

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE CUERPOS ACADÉMICOS



Compiladores:

Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

Joel Angulo Armenta

María de Jesús Cabrera Gracia

Beatriz Eugenia Orduño Acosta



ITSON

Educar para
Trascender

COMPILADORES

Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

Joel Angulo Armenta

María de Jesús Cabrera Gracia

Beatriz Eugenia Orduño Acosta

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE CUERPOS ACADÉMICOS



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

2017, 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 2017
Hecho en México

ISBN: **978-607-609-190-6**

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):

Tapia, I., Gaxiola, J., Padilla, E., Sánchez, J. y Macías, A. (2017). Rediseño del proceso de registro de programas de curso. En R. Pizá, J. Angulo, M. Cabrera y B. Orduño, *Líneas de investigación de cuerpos académicos* (pp. 10-21). México: ITSON.

DIRECTORIO ITSON

Dr. Javier José Vales García

Rector del Instituto Tecnológico de Sonora

Mtro. Misael Marchena Morales

Secretaría de la Rectoría

Dra. Sonia Beatriz Echeverría Castro

Vicerrectoría Académica

Dr. Javier Rolando Reyna Granados

Vicerrectoría Administrativa

Mtra. Mirna Yudit Chávez Rivera

Dirección Académica de Ciencias Económico-Administrativas

Mtro. Javier Portugal Vásquez

Dirección Académica de Ingeniería y Tecnología

Dr. Jaime López Cervantes

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

Dr. Joel Angulo Armenta

Lic. Liliana Vizcarra Esquer

Mtra. Beatriz Eugenia Orduño Acosta

Tecnología y diseño

Mtra. Beatriz Eugenia Orduño Acosta

Mtra. Dulce Zyanya Islas Lee

Gestión editorial

Oficina de publicación de obras literarias y científicas

Mtra. Dulce Zyanya Islas Lee

Comité técnico científico

Dra. Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

Mtra. María de Jesús Cabrera Gracia

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

COLABORADORES

Comité científico de arbitraje

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

Dra. Edna Rosalba Meza Escalante

Dr. Juan Francisco Hernández Chávez

Dra. Elsa Lorena Padilla Monge

Dra. María Del Carmen Vásquez Torres

Mtra. Nora Edith González Navarro

Dra. Elizabeth Del Hierro Parra

Dr. Joel Angulo Armenta

Dra. Sonia Verónica Mortis Lozoya

Dra. Claudia Álvarez Bernal

Dra. Isolina González Castro

Mtro. José Dolores Beltrán Ramírez

Dr. Adolfo Soto Cota

Dr. José Antonio Beristáin Jiménez

Mtro. Javier Portugal Vásquez

Mtro. Mauricio López Acosta

Dra. Sonia Beatriz Echeverría Castro

Dra. Grace Marlene Rojas Borboa

Dr. José Fernando Lozoya Villegas

Dra. Raquel Ivonne Velasco Cepeda

Dra. María Elvira López Parra

PRÓLOGO

En el Instituto Tecnológico de Sonora se promueve constantemente el desarrollo de ideas y nuevos proyectos en líneas de estudio enfocadas al fomento, promoción y desarrollo de la investigación científica, tecnológica y humanística, propiciando el equilibrio entre la docencia, la generación y aplicación de nuevos conocimientos, y las actividades de gestión.

Con esto en mente y siguiendo las líneas de investigación identificadas por los cuerpos académicos de la Institución, se atienden las necesidades de la sociedad por medio del trabajo multidisciplinario del profesorado, quienes a su vez, realizan acciones innovadoras y competentes para la formación y adquisición de competencias de los estudiantes en la universidad.

En este libro puede encontrarse una recopilación de los estudios más recientes realizados por los cuerpos académicos en los que se potencia el trabajo científico y tecnológico, por supuesto, buscando elevar la calidad de la educación de México.

Dra. Reyna Isabel Pizá Gutiérrez
Coordinadora de Desarrollo Académico
Instituto Tecnológico de Sonora
Junio, 2017

ÍNDICE

- Área temática: Ingeniería y Tecnología -

- Capítulo I. Rediseño del proceso de registro de programas de curso.** Iván Tapia Moreno, Jesús Antonio Gaxiola Meléndrez, Elsa Lorena Padilla Monge, Javier Alejandro Sánchez López y Adrián Macías Estrada. 10
- Capítulo II. eGym: prototipo de un sistema de gimnasio inteligente basado en tecnologías de I o T.** Manuel Domitsu Kono, Adrián Macías Estrada, Moisés Rodríguez Echevarría y Marco Antonio López Báez. 22
- Capítulo III. Filtro activo de potencia en paralelo para redes monofásicas basado en el convertidor en puente H.** Javier Pérez Ramírez, José Antonio Beristáin Jiménez, Jesús Héctor Hernández López y Diana Merari Herrera Escobedo. 34
- Capítulo IV. Desarrollo de un demapeador reconfigurable QAM-4/16/64/256 de tipo hard-decision.** Eduardo Romero Aguirre, Darcy Daniela Flores Nieblas, Alba Lucía Ibarra Leyva y Sadrach Acosta Rosales. 46

- Área temática: Ciencias Naturales -

- Capítulo V. Determinación de plomo en agua marina y camarón (*Litopenaeus vannamei*) en la Bahía de Lobos, Sonora, México.** José de Jesús Balderas Cortés, María Mercedes Meza Montenegro, José Luis Antonio Solórzano Meza, Iram Mondaca Fernández y Cinthya Guadalupe Soto Islas. 57
- Capítulo VI. Bioestimulante múltiple en el desarrollo y producción pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de casa sombra en el Valle del Yaqui.** Maritza Arellano Gil, Ofelda Peñuelas Rubio, Catalina Mungarro Ibarra, Abel Alberto Verdugo Fuentes y Gilberto Gómez García. 66
- Capítulo VII. Respuesta de pepino a diferentes tratamientos de fertilización orgánica y química en un suelo arcillo compactado bajo invernadero en el Valle del Yaqui.** Luis Carlos Valdez Torres, Karen Alicia Granillo Moreno, Germán Eduardo Dévora Isiordia, Rodrigo Gonzalez Enríquez y Maritza Arellano Gil. 77
- Capítulo VIII. Eliminación de compuestos fenólicos con microalgas marinas.** Edna Rosalba Meza Escalante, Ruth Gabriela Ulloa Mercado, Denisse Serrano Palacios, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Pablo Gortáres Moroyoqui, Fernanda Mercado Gamboa y María Fernanda López Gándara. 89

- Capítulo IX. Desarrollo de un sistema hidropónico de pepino Cucumis sativus utilizando agua residual proveniente de un cultivo de camarón Litopenaeus vannamei en baja salinidad.* Juan Carlos Gil Núñez, Rafael Apolinar Bórquez López, Ramón Casillas Hernández, José Cuauhtémoc Ibarra Gámez y Karla Janeth Arévalo Sainz. 102
- Capítulo X. Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de bajo costo para evaluar el consumo de oxígeno del camarón blanco (Litopenaeus vannamei).* Rafael Apolinar Bórquez López, Ramón Casillas Hernández, Juan Carlos Gil Núñez, José Cuauhtémoc Ibarra Gámez y Ovidio Alejandro Villaseñor López 112
- Capítulo XI. Detección de la enfermedad de Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND) en camarón blanco (L. vannamei) de granjas del sur de Sonora, México.* Roberto Rodríguez Ramírez, Gabriel Amilcar Barco Mendoza, Luz Angélica Ávila Villa, Ernesto Uriel Cantú Soto y María Fernanda Villa Cárdenas. 122
- Área temática: Ciencias Sociales y Humanidades -**
- Capítulo XII. Estudio diagnóstico de clima laboral en departamento académico en institución de educación superior en municipio de Cajeme.* Marisol Sánchez Guerrero, Maribel Guadalupe Gil Palomares y María de Lourdes Serrano Cornejo. 132
- Capítulo XIII. Análisis estadístico de las principales causas que generan enfermedades de trabajo de tipo ergonómico en empresas afiliadas al IMSS en Sonora.* Julio César López Figueroa, Luz Elena Beltrán Esparza, Elizabeth González Valenzuela, Lizbeth López Baldenegro y Brenda Selene García Cruz. 145
- Capítulo XIV. Análisis dual sobre la percepción del servicio en el gimnasio Potros de Instituto Tecnológico de Sonora en 2015 y 2016.* Blanca Giselle Veja Martínez, Eddy Jacobb Tolano Fierros, Jorge Sánchez Rodríguez y José Luis Rivera Martínez. 159
- Capítulo XV. Gestión del talento humano en microfinancieras del Sur de Sonora.* Luis Fernando Erro Salcido, Yazbet Mendivil Valdez y Marco Antonio Hernández Aguirre. 172
- Capítulo XVI. Capacitación para la mejora del clima organizacional en un Corporativo de distribución de energéticos.* Claudia García Hernández, Eneida Ochoa Ávila, Santa Magdalena Mercado Ibarra, Rafael Octavio Félix Verduzco y María Teresa Fernández Nistal. 184

- Capítulo XVII. Cumplimiento de la capacitación de la pequeña y mediana empresa, desde una perspectiva de género.* María del Carmen Vásquez Torres, Ricardo Alonso Carrillo Armenta, Víctor Manuel Valenzuela Hernández y Zulema Isabel Corral Coronado. 196
- Capítulo XVIII. Confiabilidad y validez de un instrumento para medir la ansiedad al hablar en público.* Nadia Lourdes Chan Barocio, Ricardo Sandoval Dominguez y Karina Imay Jacobo. 208
- Resumen. Análisis de la potencia específica de nado de un nadador sonoreense que posee el récord absoluto mexicano en 100 metros libres.* Carlos Artemio Favela Ramírez, Pedro Magdaleno Castillo, Hebert David Quintero Portillo y Humberto García Reyes. 220

Área temática: Ingeniería y Tecnología

Capítulo I. Rediseño del proceso de registro de programas de curso

Iván Tapia Moreno¹, Jesús Antonio Gaxiola Meléndrez¹, Elsa Lorena Padilla Monge¹, Javier Alejandro Sánchez² López y Adrián Macías Estrada¹

¹Departamento de Computación y Diseño, ²Coordinación de Desarrollo Académico
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. itapia@itson.edu.mx

Resumen

La Coordinación de Desarrollo Académico (CDA) cuenta con el área de Innovación Curricular, responsable de administrar el Proceso de registro de programas de curso y planes de clase, que valida el registro para oficializar la implementación de los lineamientos curriculares orientados al enfoque por competencias. Sin embargo, el proceso no ha estado funcionando eficientemente debido a que el tiempo promedio de un registro supera en doble lo establecido por el mismo; además, de no contar una administración eficaz de solicitudes, desconociendo el número de estas y el estatus de cada uno de los trámites de registro. El objetivo del presente trabajo es rediseñar el proceso de registro de programas de curso y planes de clase para disminuir el tiempo empleado en concluir las solicitudes con el uso eficiente y eficaz de tecnologías de información. La metodología utilizada para el rediseño del proceso fue Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (por sus siglas en inglés DMAIC) de Seis Sigma. Como resultado se logró optimizar el proceso de registro, al disminuir en un 31% el tiempo promedio en concluir una solicitud de registro; adicional a esto, se obtuvo una administración de solicitudes, la cual da certeza en cuantos al estatus, número de solicitudes en trámite, productividad del proceso, entre otros.

Introducción

El Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) es una universidad comprometida en ofrecer programas educativos pertinentes, diferenciados y de buena calidad, brindando a la sociedad y mercado laboral egresados competentes para enfrentar los desafíos y necesidades que se requieren en la actualidad. La base de su éxito como institución es su personal administrativo, el cual depende de una Vicerrectoría Administrativa, así como del personal académico, el cual depende de la Vicerrectoría Académica, además de contar con procesos certificados por normas nacionales.

Uno de los pilares de la Vicerrectoría Académica es la Coordinación de Desarrollo Académico (CDA), área académica – administrativa, cuyo funcionamiento provee a la

comunidad institucional de aquellos requerimientos, procesos y asesoría metodológica que facilitan la labor educativa y docente.

Dentro de la estructura de la CDA se encuentra el Área Innovación Curricular que tiene la función del área es orientar hacia el buen desarrollo de la acción curricular de la Institución, a través de la administración de procesos y recursos relacionados con los planes de estudio. Tiene como objetivo generar estrategias de intervención, seguimiento, evaluación y certificación en el desarrollo curricular de los programas educativos, bajo un marco de planeación estratégica institucional.

También, el Área de Innovación Curricular es responsable de administrar el Proceso de Registro de Programas de Curso y Planes de Clase, el cual tiene como objetivo validar el registro de programas de curso y planes de clase para contribuir en la implementación curricular del enfoque por competencias. Adicional a esto, impacta directamente en parte de la Misión del ITSON "...formación de profesionistas íntegros, competentes y emprendedores...".

Planteamiento del problema

El Área de Innovación Curricular recibe al año, en promedio, 123 solicitudes de registro y/o modificaciones a programas de curso; de las cuales, el 30% no son concluidas en el tiempo establecido por los lineamientos del proceso, los cuales definen una duración máxima de 20 días para finalizar una solicitud de registro; en la Tabla 1 se muestra el indicador de desempeño del proceso con el valor actual, así como los valores aceptable e ideal, mismos que se utilizarán para la medición de este proyecto.

Tabla 1. Indicador de desempeño del proceso.

Indicador global	Valor actual	Valor aceptable	Valor ideal
Tiempo en concluir una solicitud de registro	42	20	12

Fuente: elaboración propia

Utilizando un diagrama de Causa-Efecto (Pande, Neuman & Cavanagh, 2002) se realizó un análisis para obtener las probables causas raíz del problema: el tiempo del proceso de registro es mayor al esperado. Entre otros, no se cuentan con lineamientos establecidos para periodos de

recepción, lo que ocasiona sobrecarga de trabajo para las tres personas responsables del proceso; la asignación de solicitudes se realiza de manera ineficiente entre las responsables, ocasionando pérdida de tiempo en asignarlas conforme se van recibiendo, también se considera la posibilidad de no atenderla y/o brindar un servicio no apegado a la normatividad; además, se requiere presentar toda la documentación en físico para realizar su registro y autorización por parte de la CDA, lo cual demora las actividades faltantes del proceso; en cuanto administración de solicitudes, solo se cuenta con un sistema de control de estatus de los programas de curso pero no existen registros de solicitudes, control de documento y formatos. Por lo anterior, el grupo disciplinar de Innovación de Procesos Basada en Tecnología de Información se planteó el siguiente problema: ¿cómo reducir el tiempo de registro de los programas de curso?

Objetivo

Rediseñar el proceso de registro de programas de curso y planes de clase para disminuir el tiempo empleado en concluir las solicitudes con el uso de tecnologías de información.

Justificación

La realización del proyecto es de suma importancia debido a que permitió efectuar mejoras al proceso actual para brindar una mayor capacidad de solicitudes atendidas, la disminución en el tiempo de atención y como consecuencia una mayor eficiencia en el servicio prestado a profesores por el Área de Innovación Curricular, ya que se incrementó el tiempo para atender otras actividades relacionados a sus funciones laborales.

Además, contar con un repositorio único el cual incluye la versión actual de cada uno de los documentos e información que intervienen durante el flujo del proceso, ayuda a tener un mejor control y administración de los registros; así mismo, la generación de reportes es más eficiente en cuanto a tiempo y contenido reciente en el Área de Innovación Curricular de la CDA. En el caso del servicio de atención a alumnos que solicitan programas de curso para revalidación al cambiarse de programa educativo o universidad, el repositorio agiliza el proceso.

De no atender la problemática que presenta el proceso actualmente, podría incrementar, aún más, el tiempo promedio de cierre de una solicitud que actualmente, está en un 30% fuera del

límite de los 20 días. Adicional a esto, como se ha mencionado anteriormente, se continuaría sin un historial de solicitudes su proyecto curricular en el total de sus Programas Educativos (Del Hierro & Torres, 2010).

El proceso para el registro del programa de curso y planes de clase se encuentra documentado y validado por el Centro Institucional de Calidad (CICA). La importancia que cumple el proceso es la validez oficial (institucional) de estos documentos, los cuales permiten respaldar el diseño del programa para ofrecer al alumno un proceso de enseñanza-aprendizaje de calidad, eficiente y eficaz, que permita lograr las metas educativas de una manera significativa. El contar con estos documentos oficializados y validados por la Coordinación de Desarrollo Académico permite a otras instancias de la institución llevar a cabo trámites como movilidad estudiantil, equivalencias de cursos, revalidación en otras universidades, entre otros.

La metodología de Rediseño de Procesos utilizada actualmente continúa siendo la delineada por Harrington (citado por Instituto para la Calidad, 2012), la cual se aplica a los procesos actuales con el fin de remover toda la demasia que genera un exceso de gasto y consumo de tiempo en cada proceso, de manera que se perfilan cada una de las actividades de los procesos para maximizar su eficiencia y eficacia.

Seis-Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo, y una meta. Como métrica, representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como filosofía de trabajo, Seis-Sigma significa mejoramiento continuo de proceso y productos apoyados en la aplicación de la estadística, además de otras de apoyo (Escalante, 2013).

El objetivo Seis-Sigma es aplicar una estrategia basada en mediciones, que se enfoca en la mejora de proceso, esto se logra con el uso de las metodologías secundarias de Seis-Sigma: Definir Medir, Analizar, Diseñar y Validar (por sus siglas en inglés DMADV) para el desarrollo de nuevos procesos o productos, y Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (por su siglas en inglés DMAIC), para la mejora de procesos existentes, la cual se utiliza para efectos del presente proyecto.

El análisis causa-efecto permite al grupo empezar con un *efecto*, es decir, un problema o, en algunos casos, un efecto o resultado buscados, y crear una lista estructurada de posibles causas (Pande, Neuman & Cavanagh, 2002).

Metodología

Sujeto: personal del proceso de rediseño de programas de curso.

Procedimiento:

1. *Definir el problema que se debe resolver en el proceso.* Las primeras actividades que se llevaron a cabo, fueron entrevistas con el personal del Área de Innovación Curricular para conocer su estructura y qué actividades realizan cada una de las tres personas que la integran. En la primera visita se estableció realizar un diagnóstico del proceso de Registro de programas de curso y planes de clase, el cual presenta problemas en cuanto al tiempo en que un registro o solicitud es concluida, esto debido a que se ha detectado que parte de solicitudes sobrepasa en tiempo lo establecido en sus lineamientos.

En posteriores reuniones, se presentó un plan de trabajo, el cual busca atacar áreas de oportunidad que puedan ser mejoradas u optimizadas para resolver la problemática expuesta, en el plan de trabajo se detalla el objetivo, se encuentra el cronograma de actividades, los productos/entregables, así como el equipo de trabajo, entre otros. Una vez expuesto y revisado cada uno de los puntos que contiene el plan de trabajo, este fue aprobado por la Coordinadora de Desarrollo Académico y validado por el personal responsable del proceso, lo cual permitió el inicio oficial de la realización del presente proyecto.

2. *Medir el desempeño actual del proceso.* En el siguiente paso de la metodología, que es medir el desempeño actual del proceso con base en indicadores, fue necesario iniciar un plan de medición para establecer los indicadores que apoyaran a establecer el comportamiento del proceso, cómo está actualmente y una vez que sea implementada la mejora que surja de las siguientes etapas, realizar nuevamente la medición para comparar el nuevo desempeño del proceso con el actual. Para establecer los indicadores, se analizaron cada una de las actividades del proceso, de lo que surgió un primer indicador global, el cual permite medir el tiempo de inicio

de la solicitud hasta que finaliza; debido a que en el desarrollo del proceso, interactúan alternamente el personal responsable de atender las solicitudes y el profesor, se determinó desglosar el indicador global en tres nuevos indicadores abarcando las fases claves, a continuación describe cada indicador.

- 1) Global (tiempo total desde el inicio de la solicitud hasta que finaliza)
- 2) Revisado (Es el tiempo en que tarda un responsable del proceso en atender/revisar una solicitud).
- 3) Liberado (Tiempo en el que el profesor atiende las observaciones y las responsables del proceso dan por cumplidos todos los requerimientos para la liberación del documento).
- 4) Registrado (Tiempo en que el profesor recaba las firmas en el formato de registro y la La CDA autoriza el registro, con esto finaliza la solicitud).

Una vez definidos los indicadores que medirán el proceso, se elaboró y ejecutó el plan de medición, realizando cálculos de los periodos de enero-julio y agosto-diciembre de 2014, con el propósito de saber el tiempo promedio de cada una de las fases del proceso, para las cuales se estableció un indicador. En la Figura 1, se puede observar el resultado obtenido en cuanto al tiempo promedio que dura cada una de las fases en ser terminada; los datos obtenidos son los siguientes: 1) Revisado, cinco días, 2) Liberado, 11 días, 3) Registrado, 26 días y por último, el indicador global con 42 días en promedio en realizar una solicitud de registro.

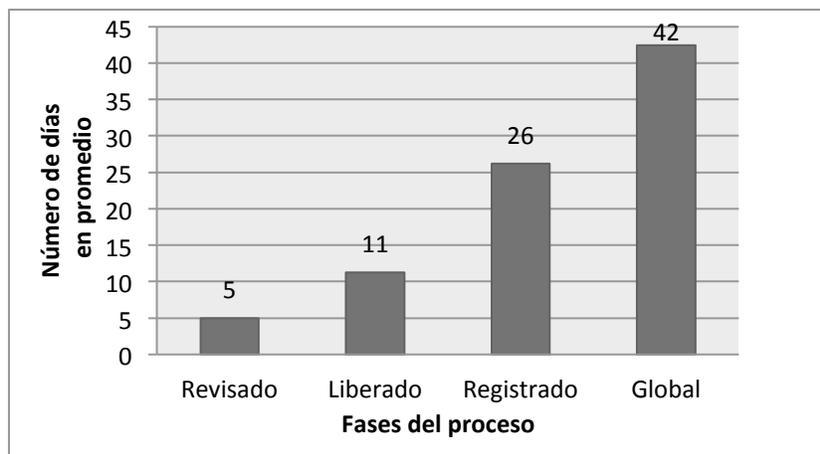


Figura 1. Tiempo promedio por fase del proceso.

Fuente: elaboración propia.

Partiendo de los datos obtenidos de las solicitudes realizadas y de los resultados de los indicadores, se puede determinar que de un promedio de 123 solicitudes de registro que se reciben al año en Área de Innovación Curricular, un 30% no son concluidas conforme a lo establecido en el proceso, el cual define claramente una duración máxima de 20 días.

3. Analizar la información para determinar las potenciales causas raíz de problema. Para dar inicio a la tercera etapa de análisis y determinar causas raíz de la problemática, se tomó la información derivada de las entrevistas y la documentación proporcionada del proceso; partiendo de esto, se realizó un análisis de valor para considerar cuáles son las actividades que añaden valor para el cliente y si agregan valor operacional.

En un segundo análisis en el cual se utilizó la herramienta de pescado-Ishikawa para obtener las probables causas raíz del problema detectado, “tiempo del proceso mayor al esperado”. A continuación se muestra el resultado de los puntos más importantes obtenidos del análisis.

- No se tienen periodos de recepción de solicitudes establecidos.
- La asignación de solicitudes se realiza erróneamente.
- En la fase de registro se requiere llenar y presentar documentación en físico para realizar su registro.
- No hay una administración de solicitudes.
- El correo electrónico es el único medio por donde se les da continuidad a los registros (se notifica, recibe y envía documentos o formatos).

4. Mejorar el proceso mediante el rediseño. En la etapa de mejora, se integró la información recabada de los distintos medios como fueron: las entrevistas con las encargadas del Área de Innovación Curricular, la revisión del proceso de registro, los resultados de las mediciones con los indicadores establecidos, los análisis de Valor al Proceso y de Espina de Pescado-Ishikawa, la cual estaba enfocada en disminuir el tiempo promedio de duración del proceso.

Con lo anterior, se trabajó en conjunto con las responsables del Área para realizar un rediseño del proceso actual, aplicando los puntos de mejora detectados en pasos anteriores de la metodología aplicada.

En la Figura 2, se puede apreciar el nuevo proceso de Registro de Programas de Curso y Planes de Clase, el cual cuenta con los aspectos de mejora detectados y la simplificación de actividades, mismos que agilizan el flujo de solicitudes.

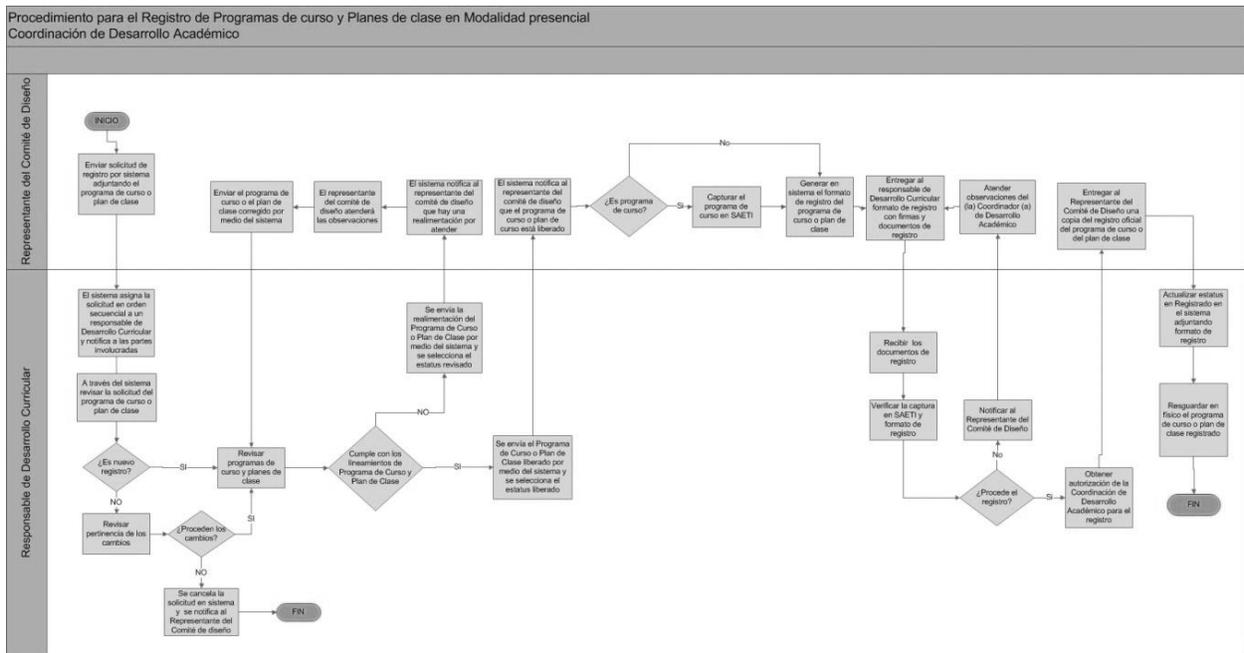


Figura 2. Proceso rediseñado del registro de programas de curso y planes de clase.

Fuente: elaboración propia

En apoyo de una correcta aplicación del nuevo proceso fue necesario crear una herramienta tecnológica, la cual fue desarrollada mediante un modelo de cascada y su arquitectura en un entorno cliente-servidor; esta herramienta sirve para controlar la continuidad de cada una de las actividades y ofrece nuevas funcionalidades como generación de reportes y repositorio único de documentos; la herramienta se denomina Sistema de Apoyo en el Registro del Programas de Curso y Planes de Clase Presenciales (SISARP).

Una vez elaborado el nuevo proceso y desarrollada la herramienta tecnológica, se procedió a la implementación del sistema SISARP, el cual estuvo en prueba aproximadamente 30 días, mismos que sirvieron para atender mejoras que se fueron presentando.

5. *Controlar el nuevo proceso.* En la última etapa de la metodología, se busca medir nuevamente el desempeño del proceso y realizar una comparación de los indicadores para establecer si se cumplió con el objetivo general del proyecto.

Pasados cuatro meses de la implementación del nuevo proceso y de la aplicación del sistema, se recolectaron los datos nuevamente, abarcando un periodo de cuatro meses de junio a septiembre de 2016.

Resultados y discusión

Con lo anterior, se realizó la medición, dando como resultado una disminución en los tiempos de cada uno de los indicadores clave del proceso y se puede establecer el desempeño global del proceso implementado (ver Tabla 2).

Tabla 2. Comparativo del indicador por fases del proceso.

Indicador por fase	Valor 2016	Valor 2014	Valor aceptable	Valor ideal
1.Revisado	4	5	3	2
2.Liberado	7	11	8	5
3.Registrado	17	26	9	5
Global	28	42	20	12

Fuente: elaboración propia.

Lo anterior se puede observar en la Figura 3 gráficamente, en relación a la mejora que se obtuvo en cada uno de los indicadores.

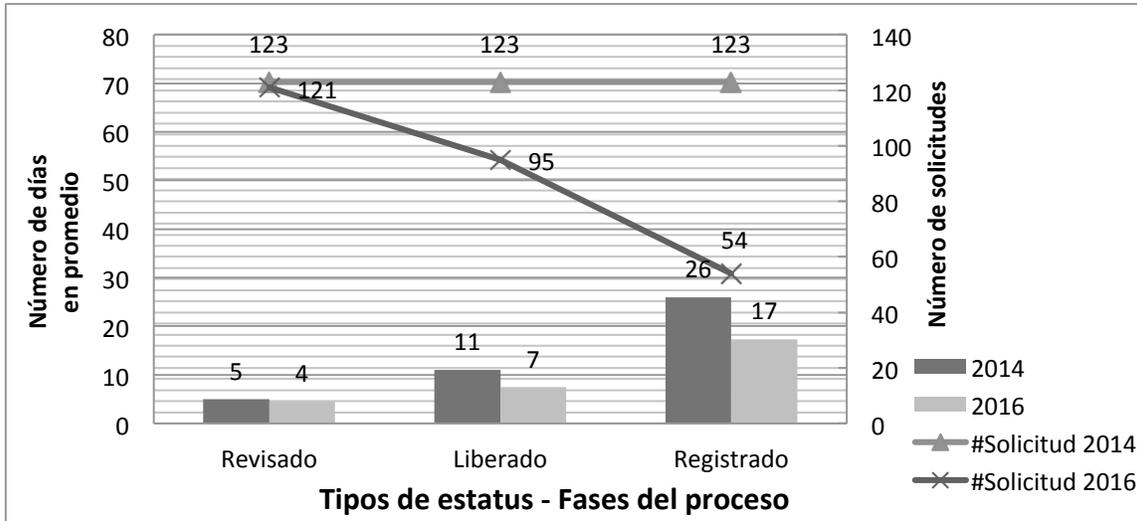


Figura 2. Comparativo del tiempo promedio por fase del proceso.

Fuente: elaboración propia.

Con base en la Tabla 2, se puede comparar que el indicador “Tiempo en atender una solicitud (Revisado-2016)” alcanzó una disminución de un día en el valor promedio comparado con el año 2014; en el indicador “Tiempo en liberar el programa de curso (Liberado-2016)”, se logró una disminución de cuatro días comparando el desempeño con el año 2014; en el último indicador “Tiempo en que se autoriza el programa de curso (Registrado-2016)”, se obtuvo una disminución de nueve días respecto al resultado del 2014. Lo anterior se puede observar gráficamente en la figura 3, con relación a la mejora que se obtuvo en cada uno de los indicadores; adicional a esto, se visualiza que en el año 2014 se atendieron 123 solicitudes en cada uno de los tres indicadores, y en el 2016, en un periodo de cuatro meses de medición, se recibieron 121 solicitudes, de las cuales 121 fueron Revisadas, 95 lograron el estatus de Liberado y 54 alcanzaron finalizar el proceso con el estatus de Registrado.

En la Figura 4, se puede apreciar gráficamente el comparativo del indicador global del proceso de registro de programas de curso y planes de clase.

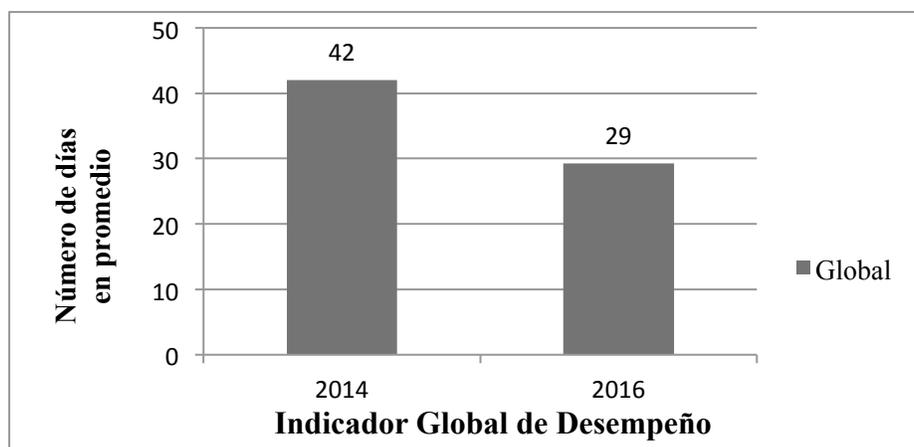


Figura 4. Comparativo del indicador Global de desempeño del proceso
Fuente: Elaboración Propia

En el comparativo se aprecia que el indicador global “Tiempo en concluir una solicitud de registro” obtuvo una reducción de 13 días, por lo que se puede considerar que la mejora al proceso y el uso de la herramienta tecnológica impactó positivamente, beneficiando tanto a las personas responsables del proceso así como al comité de diseño-profesores.

Conclusiones

Se logró un rediseño del proceso de registro de programas de curso y planes de clase del Área de Innovación Curricular en la CDA del ITSON, como resultado se obtuvo disminuir en un 31% el tiempo promedio en concluir una solicitud de registro, pasando de 42 a 29 días. Sin embargo, no se alcanzaron los valores aceptable e ideal planteados al inicio del plan, el motivo por el que no se logró un valor aceptable dentro del indicador global del proceso, es debido a que en la fase de Registrado aún se tiene un promedio alto, siendo éste de 17 días, lo que indica que ésta sola etapa está consumiendo más del 80% de los 20 días que se tienen para concluir un proceso.

El desarrollo del proyecto permite tener una administración del proceso respecto a cada una de las actividades que se realizan, tal es el caso de la asignación de solicitudes la cual se da equitativamente nivelando las cargas de trabajo, se tiene un historial e información de las solicitudes o registros realizados; la herramienta tecnológica genera un valor agregado al proceso, por facilitar actividades operativas y servir de interacción entre las personas responsables de desarrollarlo y el comité de diseño-profesor. Adicional a esto, el proceso permite tener un

seguimiento de inicio a fin respecto a solicitudes, además de tener centralizada la información relacionada a solicitudes, documentos y formatos. De tal manera, el personal podrá consultar información en cualquier momento, dando agilidad al proceso y ofreciendo un mejor servicio. Un área de oportunidad importante que se detectó en el flujo del proceso es la autorización de los formatos de registro que firman diferentes funcionarios, la cual podría realizarse por medio de una firma o sello digital, donde por sistema se pueda validar la documentación de la solicitud en trámite; esta acción traería una mejora muy significativa al desempeño global del proceso.

Referencias

- Del Hierro, E., & Torres, G. (2010). Manual de desarrollo de procesos curriculares. México: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Escalante Vázquez, E. J. (2013). *Seis-Sigma. Metodología Y Técnicas*. México: Limusa.
- Fernández Alarcón, V. (2010). Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado. Catalunya: Edicions Upc.
- Hammer, M., & Champy, J. (2002). Reingeniería de la Corporacion "Un Manifiesto para la Revolución de los Negocios". in4energy.
- Hitpass, B. (2011). ¿Reingeniería, rediseño o mejora de procesos de negocio? Obtenido de <http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?xid=523>
- Instituto Mexicano de Normalización y Certificación. (2003). Orientación sobre el concepto y uso del “Enfoque basado en procesos” para los sistemas de gestión. México: ISO.
- Instituto para la Calidad. (2012). ¿Qué debemos entender por "REDISEÑO DE PROCESOS DE GESTIÓN"? Obtenido de <http://calidad.pucp.edu.pe/el-asesor/que-es-el-rediseño-de-procesos-de-gestión#sthash.JkFKJYpO.U0GYIICX>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). Las claves de Seis-Sigma: la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. España: McGraw-Hill España.

Capítulo II. eGym: prototipo de un sistema de gimnasio inteligente basado en tecnologías de I o T

Manuel Domitsu Kono, Adrián Macías Estrada, Moisés Rodríguez Echevarría y

Marco Antonio López Báez

Departamento de Computación y Diseño

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. mdomitsu@itson.edu.mx

Resumen

En este trabajo se presenta un prototipo de un sistema de gimnasio inteligente (solución de cómputo basado en Internet de las cosas) que registre la actividad de los clientes (cualquier usuarios que recibe el servicio) y en función a su desempeño y condición física les asigne las rutinas de ejercicio a realizar, el cual se desarrolló como parte de un proyecto de investigación del cuerpo académico de Soluciones de Software como apoyo al proyecto institucional “I o T into a cloud”. A fin de cumplir con su objetivo, el sistema es capaz de identificar a los clientes, generarles las rutinas adecuadas, programar el equipo de ejercicio de manera personalizada, monitorear y registrar su desempeño. Para ello el sistema emplea las tecnologías del Internet de las cosas (I oT, por sus siglas en inglés). En este trabajo se describe un prototipo diseñado como prueba de concepto de algunos de los subsistemas del sistema completo.

Palabras clave: Ejercicio y salud, Sistemas inteligentes, Internet de las cosas.

Introducción

Muchos de los problemas de salud que aquejan a nuestra sociedad, como la obesidad y la hipertensión, tienen su origen en malos hábitos de alimentación, en la vida sedentaria o ambos (Harvard Medical School, 2009). Diferentes estudios demuestran que la actividad física realizada regularmente reduce el riesgo de desarrollar algunas de enfermedades que son causa de muerte más comunes: diabetes, presión alta, cáncer del colon. También reduce los sentimientos de depresión y ansiedad; ayuda a controlar el peso y promueve el bienestar psicológico (Organización Mundial de la Salud, 2009).

Para aquellas personas que deseen mejorar su condición física a través del ejercicio, existe equipo como caminadoras, escaladoras, elípticas y bicicletas que incorporan la tecnología que permite seleccionar una rutina y medir algunos parámetros físicos, tales como el ritmo cardíaco y estimar las calorías consumidas, distancia recorrida, etc., durante el ejercicio. También han proliferado dispositivos electrónicos vestibles (“wearables devices”) que permiten medir algunos

de esos parámetros (Bagga, 2016). Sin embargo, el equipo de ejercicio debe programarse de forma manual para su uso. El usuario debe establecer la rutina a realizar en el equipo, indicando valores de duración, velocidad, nivel, por ejemplo. La selección de la rutina la hace el mismo usuario o un entrenador, basados en su preferencia, experiencia, conocimientos y de su percepción de las necesidades del usuario. Esta selección no necesariamente es la mejor rutina de acuerdo al estado físico y el desempeño del usuario.

Adicionalmente, un buen número de las personas que empiezan a ejercitarse en un gimnasio pierden interés, ya sea porque no ven resultados inmediatos o porque no consideran que las rutinas establecidas por un entrenador sean las más adecuadas a sus necesidades. Esto también ocurre con muchas personas que se ejercitan por su cuenta, pues desconocen el tipo de rutinas a realizar acorde a sus necesidades.

El problema principal es que aunque existe la tecnología para medir la actividad física realizada por una persona, esa información no se usa para planear las rutinas de ejercicio que produzcan los mejores resultados en la persona que los hace.

Objetivo

Desarrollar una solución de cómputo (sistema de gimnasio inteligente) basado en las tecnologías de la Información e internet de las cosas que permita que una persona que se ejercite, ya sea en un gimnasio o fuera de él, registre la actividad realizada y que en función de sus desempeño y su condición física le asigne las rutinas de ejercicio adecuadas a los resultados que la persona espera.

Justificación

Uno de los factores que contribuyen a la salud de la población es el ejercicio físico. Sin embargo, la mayor parte de la población o no hace ejercicio o lo hace muy esporádicamente. El comprender las ventajas de hacer ejercicio y ver los resultados de ellos podría motivar a muchas personas a ejercitarse continuamente, contribuyendo de esa manera a mejorar su salud física y mental.

El uso de los equipos mencionados dentro de gimnasios establecidos no debe verse como un sustituto del entrenador deportivo, ya que su papel sigue siendo establecer las rutinas de ejercicio para aquellas personas interesadas y supervisar su ejecución para evitar que se presenten lesiones o que se ejecuten en tiempos demasiado cortos o extensos.

Fundamentación teórica

Argumentalmente, el salto tecnológico más grande en las últimas décadas ha sido el crecimiento de los dispositivos electrónicos de registros de salud (llamados EHR). En el 2009, apenas el 16% de los hospitales en EE.UU. usaban EHR, porcentaje que se incrementó a un aproximado de 80% para el 2013 (Gregg, 2014).

El Internet de las Cosas Médicas o IoMT (por sus siglas en inglés) es un término que recientemente se está adoptando y que corresponde a la colección de dispositivos médicos y aplicaciones de software que se conectan a sistemas de cuidado de la salud a través de redes. Esto permite la comunicación máquina a máquina, que es la base del concepto del IoMT. Estos componentes están ligados a plataformas en la nube para permitir recopilar y analizar todos los datos relevantes captados.

Los avances en tecnologías de uso general como el NFC/RFID, Bluetooth, sistemas de localización, entre otros, son los que permiten crear sistemas complejos de beneficio común al ser incorporados en el IoMT (Williams, 2015; Markman, 2016; Patrick, 2016).

Los varios usos de los sistemas y productos que se basan en IoMT están cambiando la manera en que las áreas de cualquier industria pueden desarrollarse. En cuanto al área de la salud, ya sea privada o pública el centro de atención son los usuarios o pacientes. Algunos usos comunes del IoMT son las aplicaciones médicas móviles o dispositivos vestibles (wearables, por su significado en inglés) que en su aplicación más extrema permiten a un sistema monitorear los datos de salud de un paciente en tiempo real, durante sus actividades del día a día. Ultrasonidos, termómetros, monitores de glucosa e incluso camas inteligentes que se ajustan a las necesidades de soporte del paciente, son algunos ejemplos más complejos del uso de la aplicación del internet de las cosas y cómo éste se está volviendo parte fundamental en las áreas que buscan mejorar la calidad de sus procesos y su diversidad (Lars, 2014).

La idea de un sistema de gimnasio inteligente no es nueva, pero hasta el momento los más grandes ejemplos de estos son solo aplicaciones de monitoreo y recomendaciones de *wearables* transportadas a máquinas de ejercicio y que en algunos casos agregan opciones de administración del equipo, lo que los convierte en lujos que no aportan algo de mayor valor que los datos que pueden ser obtenidos por medio de un dispositivo móvil (Bradley, 2016; McCullough, 2014).

Metodología

La metodología propuesta para este proyecto es la siguiente:

1. *Análisis y planteamiento*. Estudiar el estado del arte a lo largo de todo el proyecto, analizando los avances más recientes en el tema del Internet of Things. En particular, la revisión será enfocada a evaluar las tecnologías de conectividad emergentes con aplicación en soluciones IoT.

2. *Diseño de la arquitectura de la solución y de los módulos (funcionalidades) que lo conforman*. Construir las interfaces de software y los sistemas embebidos necesarios para la interconexión del sistema de monitoreo ubicuo propuesto. Se seleccionaran las tecnologías a usar en cada módulo o funcionalidad de la solución.

3. *Prototipo experimental*. Es importante señalar que este proyecto es un trabajo en proceso, ya que en este momento no se cuenta con algunos de los elementos del sistema, por ejemplo el equipo de gimnasio. Hasta este momento se implementó un prototipo como una prueba de concepto del sistema y el equipo no disponible se simuló con otras componentes. Dentro de esta sección se usó la metodología RAD (Desarrollo rápido de aplicaciones, por sus siglas en inglés) (Beynon-Davies et al, 1999), pues cada uno de los componentes del prototipo fue implementado por separado y luego integrado en un sistema completo.

4. *Pruebas de validación*. Dado que se prototipo se construyó como una prueba de concepto, lo que se busca es que muestre cómo funcionará el sistema una vez que esté construido por completo. Por lo tanto cada uno de los subsistemas se probará por separado para asegurarse responda como se esperaría lo hiciera el subsistema final aunque en algunos casos, internamente

su comportamiento se simulará. Los subsistemas se integraran y probaran para que el sistema muestre el comportamiento que tendrá el sistema final.

Es importante mencionar que este proyecto contempla el uso de los recursos que provee el Laboratorio de Internet of Things to the Cloud creado en el Instituto Tecnológico de Sonora en colaboración con la empresa Intel. Este laboratorio está equipado con varias tarjetas de desarrollo basadas en el SBC Edison de Intel y módulos de sensado.

5. *Desarrollo.* Para el desarrollo de eGym así como cualquier sistema de ejercicio inteligente, fue necesario tener una base de valores estándar que los especialistas en salud consideran ser apropiados para la realización de cierta tarea física, esto para poder crear algoritmos que determinen la calidad con la que un usuario realiza dicha actividad. En este caso, se utilizaron fórmulas semi estandarizadas por especialistas, que consideraron edad y peso para obtener los valores mínimos, máximos e ideales de ritmo cardiaco, tiempo y velocidad que una persona debe mantener para obtener el mayor beneficio de ejercitarse en una máquina caminadora (Fernández, 2015; Allen, 2014; Polar, s.f.).

Después de familiarizarse con la terminología usada, se procedió a generar la arquitectura más apropiada para el proyecto (ver Figura 1).

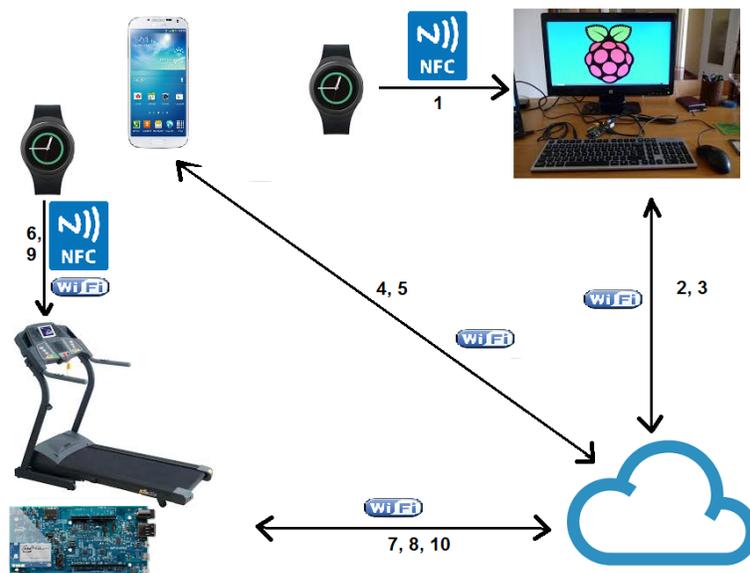


Figura 1. Arquitectura del sistema.
Fuente: elaboración propia.

A continuación se describe la secuencia que se indica en la Figura 1:

Al inicio de una sesión, el usuario se presenta a un kiosco en la entrada del gimnasio, basado en una SBC (computadora de una sola placa, por sus siglas en inglés), por ejemplo una SBC Raspberry. El kiosco reconoce al usuario (1) mediante un dispositivo NFC (Comunicación de campo cercano, por sus siglas en inglés). Luego, el kiosco, solicita (2) al servidor las rutinas para el usuario. El servidor le envía al kiosco (3) las rutinas de acuerdo al historial del usuario. El kiosco le muestra al usuario las rutinas.

Alternativamente, el usuario puede, al llegar al gimnasio registrarse con el servidor mediante una aplicación del celular (4) y pedirle las rutinas. El servidor le enviará al celular del usuario las rutinas (5).

Posteriormente el usuario se acerca al equipo de ejercicio. El equipo reconoce al usuario (6) mediante un dispositivo NFC.

El equipo de ejercicio solicita (7) al servidor una rutina para el usuario. El servidor le envía al equipo (8) la rutina de acuerdo al historial del usuario. El equipo se configura para la rutina descargada.

El usuario inicia la rutina y su dispositivo vestible para el registro de actividad o “*fitness tracker*” le envía periódicamente al equipo de ejercicio las lecturas sobre su actividad física (9). El equipo de ejercicio reenvía las lecturas al servidor (10).

Del mismo modo, si el dispositivo “*fitness tracker*” detecta una situación de riesgo para el usuario puede notificarle (9) al equipo de ejercicio que reduzca el nivel de la rutina o que se detenga. El equipo de ejercicio registra en el servidor el suceso (10).

Es también importante describir sus *componentes del prototipo experimental*:

Tarjeta NFC. Esta tarjeta contiene el id único de cada usuario, usado para identificarse ante los componentes del eGym.

SBC Raspberry Pi y Monitor. Usados para representar el kiosco de eGym, utilizando al Raspberry Pi y un módulo lector de NFC para leer la tarjeta del usuario, para retraer los detalles sobre la rutina de ejercicios que se deberían realizar en ese día y posteriormente desplegarlos en el monitor. En este primer prototipo, estos componentes fueron reemplazados por una tableta Sony con sistema operativo Android, debido a problemas en el uso del lector NFC.

Servidor. Se utilizó una computadora de escritorio común como servidor, agregándole una base de datos MySQL junto con el ambiente Node.js y el marco de trabajo Sails.js para la creación de un sistema REST que serviría a los componentes del sistema.

Celular. Se creó una aplicación móvil para dispositivos Android a la cual se envía la rutina de ejercicios del usuario para el día por medio de notificaciones push. Aunque el prototipo solo haya incluido una máquina caminadora, la aplicación muestra una rutina de ejercicios completa que se compone de varias máquinas y ejercicios.

Caminadora. Por no disponer de una caminadora hasta el momento, en este prototipo se simuló usando una SBC Intel Edison: Esta computadora se programó usando el IDE Intel XDK que permite el uso del ambiente Node.js (JavaScript). A este dispositivo se le añadieron sensores externos para la simulación de los componentes de una caminadora, se utilizaron servo motores para simular los motores que controlan la velocidad e inclinación, un Smart Watch Samsung Gear S2 para la obtención del ritmo cardiaco del usuario, y un celular Android como el monitor de dicha máquina. La conexión de los servo motores se realizó por medio de la placa Arduino compatible con Intel Edison, mientras que la comunicación con el Smart Watch y el celular se logró con la tecnología de WebSockets. Cabe destacar que se utilizó la versión modificada de la aplicación de captura de ritmo cardiaco nativa del Samsung Gear, utilizando el IDE de Tizen para esto.

Los componentes del kiosco, servidor y aplicación móvil fueron desarrollados de manera independiente, mientras que las funciones de los componentes que simularían la máquina caminadora fueron desarrolladas en conjunto como si se tratara de un solo sistema integrado.

Dentro de las *pruebas de validación* se realizaron tres tipos de pruebas al sistema:

- Se probó cada módulo en forma individual para asegurarse que funcionaran correctamente, de acuerdo a lo estipulado: Aplicación en el celular que simulaba el kiosco del gimnasio, aplicación en el celular que simulaba el monitor de la caminadora, SBC Intel Edison con los motores conectados, medición del ritmo cardiaco en el dispositivo Samsung Gear S2 y la base datos en el servidor.
- Se probó la comunicación e intercambio de datos entre las diferentes componentes del sistema.
- Por último se probó el sistema completo verificando que el sistema funcionará tal y como se estableció en el diseño: Que el sistema identificara al usuario y le mostrara las rutinas a realizar; que la caminadora identificara al usuario, le mostrara la rutina a realizar en esa máquina y simulara la operación de la caminadora y que mostrará los resultados de la rutina.

Resultados y discusión

Se diseñó y construyó un prototipo del sistema. Por limitaciones de tiempo y disponibilidad de equipo algunos de los módulos no se pudieron implementar físicamente, por lo que se tuvieron que simular en software. Sin embargo, el prototipo construido permitió probar el concepto y comprobar su factibilidad.

El prototipo se presentó en el evento: MITEFMxEcosistemas en la Semana de Innovación de Intel que tuvo lugar en la ciudad de Guadalajara, Jalisco del 14 al 15 de noviembre de 2016. Donde mostró gran aceptación e interés por parte del público presente, tanto de estudiantes como de empresarios y líderes de la empresa Intel ya que dentro de la evaluación y coevaluación de jurados y líderes de otras propuestas alcanzo los niveles más altos en los indicadores de madurez, escalabilidad, novedoso, notoriedad y aceptación por clientes (otros empresarios invitados por la empresa Intel).

Los resultados finales del desarrollo de la interfaz de cada componente se muestran a continuación.

- Como ya se mencionó anteriormente, al llegar al gimnasio, el usuario utiliza el Kiosco para recepción de usuarios para identificarse y visualizar las rutinas que el sistema le asigna. La Figura 2 muestra la pantalla de bienvenida del kiosco y la Figura 3 muestra las rutinas asignadas al usuario.



Figura 2. Kiosco en espera de usuario



Figura 3. Kiosco con usuario identificado.

- En lugar de usar el kiosco, el usuario puede usar una aplicación móvil desde un dispositivo móvil, celular o tableta, Figuras 4 y 5.

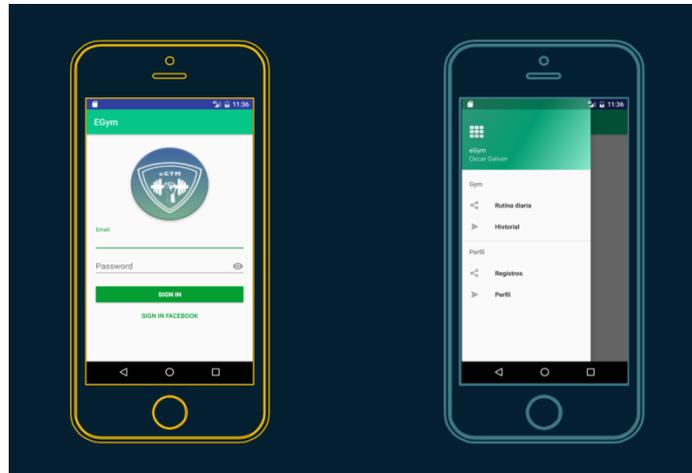


Figura 4. Inicio de aplicación móvil.

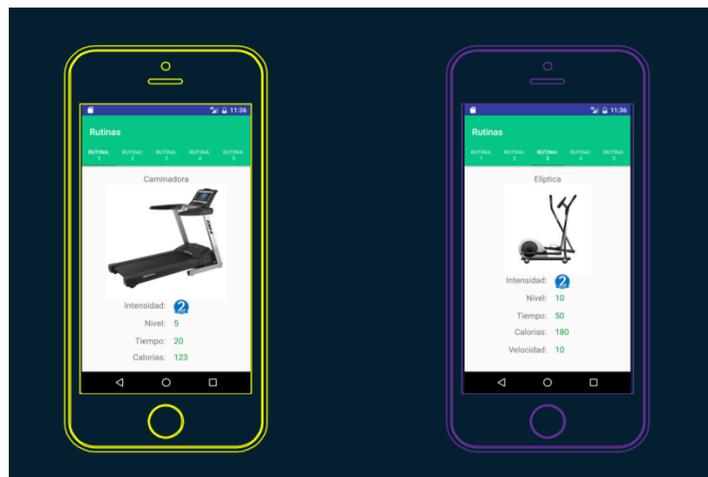


Figura 5. Aplicación móvil mostrando rutinas del usuario.

- Una vez iniciada la rutina, el sistema monitorea el desempeño del usuario y sus parámetros físicos y se los muestra en el equipo de ejercicio o en un dispositivo vestible como un reloj inteligente, Figura 6.

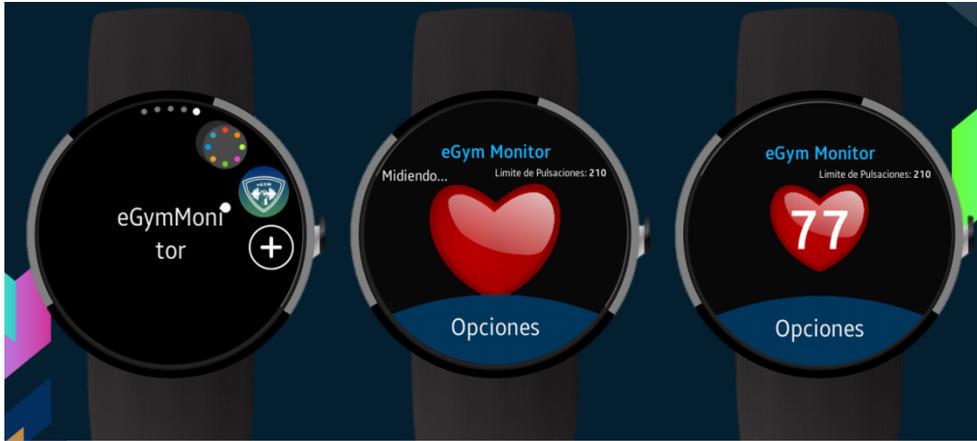


Figura 6. Aplicación de monitoreo de ritmo cardiaco.

Conclusiones

El prototipo construido permite visualizar cómo funcionará el sistema una vez terminado y probar la usabilidad de las interfaces de usuario de los diferentes módulos del sistema. Actualmente se está trabajando en la segunda etapa en la que se implementarán aquellos módulos que se simularon en la primera etapa, principalmente la modificación del equipo de ejercicio (caminadoras, escaladoras, elípticas, etc.) para que identifiquen a los usuarios y se comuniquen con el servidor para recuperar la rutina y se configuren de acuerdo a ella.

En una tercera etapa se implementará un motor que permita recabar los datos del desempeño de los usuarios a las rutinas asignadas, combinarlas con la base de conocimientos de los expertos en el ejercicio físico para generar las nuevas rutinas a asignarlas a los usuarios. Se espera que con este sistema los usuarios del gimnasio obtengan los mejores resultados y se vean motivados a mantenerse ejercitando y con ello tener una vida más saludable. Este tipo de sistemas inteligentes es factible, al aprovechar la información personal de cada usuario y poder adaptarse a cada uno. Sin embargo, la dificultad de desarrollo del sistema, más allá del capital necesario, reside en la necesidad de adaptación o creación de máquinas de ejercicio que sean capaces de cumplir las expectativas del sistema y la colaboración de un número apropiado de especialistas para crear la base del conocimiento para que el sistema genere las rutinas idóneas al estado físico y desempeño de cada usuario.

Referencias

- Bagga, S. (2016, octubre). *The impact of internet of things on healthcare*. Recuperado de <http://www.beckershospitalreview.com/healthcare-information-technology/the-impact-of-internet-of-things-on-healthcare.html>
- Beynon-Davies, P., Carne, C., Mackay, H., & Tudhope, D. (1999). Rapid application development (RAD): an empirical review. *European Journal of Information Systems*, 8(3), 211-223.
- Bradley, L. (2016, junio). *In The Fitness World, The Internet Of Things Has Become The Internet Of Gyms*. Recuperado de <http://www.sporttechie.com/2016/06/06/technology/mobile/apps/in-the-fitness-world-the-internet-of-things-has-become-the-internet-of-gyms/>
- Fernández, R. (05/11/2015). *Entrenar por pulsaciones*. 14/04/2017, de running.es Sitio web: <http://running.es/consejos/entrenar-por-pulsaciones#.WPLSs2nyv4Y>
- Gregg, H. (2014, Octubre). *7 statistics on EHR adoption since 2009*. Recuperado de <http://www.beckershospitalreview.com/healthcare-information-technology/7-statistics-on-ehr-adoption-since-2009.html>
- Harvard Medical School. (2009, junio). *Why it's hard to change unhealthy behavior — and why you should keep trying*. Recuperado de <http://www.health.harvard.edu/staying-healthy/why-its-hard-to-change-unhealthy-behavior>
- Lars, N. (2014, junio). *Connected Medical Devices, Apps: Are They Leading the IoT Revolution — or Vice Versa?* Recuperado de <https://www.wired.com/insights/2014/06/connected-medical-devices-apps-leading-iot-revolution-vice-versa/>
- McCullough, C. (2014, junio). *IoT in the gym and the future of innovation*. Recuperado de <http://thepu.sh/trends/iot-in-the-gym/>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Global Health Risks*. 26/04/2017, de Organización Mundial de la Salud Sitio web: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalHealthRisks_report_full.pdf
- Patrick, M. (2016, octubre). *How Will the Internet of Medical Things Change Healthcare?* Recuperado de <http://electronicdesign.com/iot/how-will-internet-medical-things-change-healthcare>
- Polar (s.f). *How to calculate your maximum heart rate for running*. 14/04/2017, Sitio web: <https://www.polar.com/en/running/calculate-maximum-heart-rate-running>
- Williams, M. (2015, diciembre). *What Is The Potential Of The Internet Of (Medical) Things?* Recuperado de <https://www.bsminfo.com/doc/what-is-the-potential-of-the-internet-of-medical-things-0001>

Capítulo III. Filtro activo de potencia en paralelo para redes monofásicas basado en el convertidor en puente H

Javier Pérez Ramírez, José Antonio Beristáin Jiménez, Jesús Héctor Hernández López y
Diana Merari Herrera Escobedo

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. jose.beristain.jimenez@itson.edu.mx

Resumen

Cuando las formas de onda de los voltajes y corrientes en las redes eléctricas están distorsionadas, es decir, difieren de una señal sinusoidal, se dice que hay presencia de armónicos. En el caso de los armónicos de corriente, éstos se producen debido a cargas no lineales conectadas a la red eléctrica. Debido a la gran cantidad de cargas no lineales conectadas a la red eléctrica tanto a nivel residencial, como comercial e industrial hay una afectación considerable en el rendimiento de la red eléctrica así como la afectación al funcionamiento de equipos sensibles. El cuerpo académico de utilización de la energía realiza investigación en la mitigación de armónicos de corriente mediante sistemas pasivos y activos. En este trabajo se presenta la implementación de un filtro activo de potencia para redes de corriente alterna monofásicas, el prototipo se probó a escala y se obtuvieron resultados satisfactorios logrando mitigar armónicos de corriente debidos a una carga electrónica.

Introducción

El gran auge de la tecnología electrónica y su creciente uso ha propiciado el aumento en el consumo de la energía eléctrica. Las cargas electrónicas consumen la corriente de forma distorsionada, esto debido a la presencia de circuitos rectificadores y filtrado capacitivo para la alimentación de los equipos electrónicos. La distorsión de la señal de corriente significa que ésta difiere de la forma de onda de una señal sinusoidal. A esta distorsión de la corriente se le conoce como distorsión armónica de corriente y comúnmente se dice que hay presencia de armónicos en la red eléctrica. Los equipos electrónicos, también conocidos como cargas no lineales, son usados ampliamente en todos los ámbitos de la industria, en el sector comercial y a nivel residencial, algunos ejemplos son: variadores de velocidad para motores de corriente alterna y corriente directa, fuentes de alimentación interrumpible, equipos de oficina, electrodomésticos, iluminación etc. (ABB, 2017).

Si se atiende la problemática mediante soluciones para mitigar los armónicos de corriente, es posible contribuir a la competitividad de las empresas debido a que se logra mejorar diferentes

aspectos tales como: se reduce la sobrecarga en la red eléctrica, se reducen las pérdidas en el sistema y la demanda de potencia, se puede incrementar el tiempo de vida de algunos equipos así como se reduce el riesgo de suspensión del suministro de energía eléctrica (Electric, 2017).

Una solución para el problema de armónicos de corriente consiste en la utilización de filtros pasivos, los cuales son ampliamente utilizados a nivel industrial (Allen-Bradley, 2017). Sin embargo, el riesgo de falla del filtro pasivo es latente debido a que se ven afectados por las variaciones de la frecuencia del voltaje de alimentación y que puede ocasionar la aparición de fenómenos de resonancia en algún punto de la red eléctrica.

Los inconvenientes presentados al utilizar filtros pasivos se pueden superar utilizando los filtros activos de potencia, los cuales se han convertido en una solución factible debido a los avances en los dispositivos electrónicos de potencia. Un filtro activo de potencia es una fuente de voltaje o corriente que se conecta a la red eléctrica mediante convertidores de corriente directa (*cd*) a corriente alterna (*ca*) los cuales trabajan en lazo cerrado para tener la precisión en la inyección de la tensión o corriente necesaria para mitigar los armónicos presentes en la red eléctrica. Además de la mitigación de armónicos, los filtros activos también tienen la capacidad de mejorar el factor de potencia, es decir, de compensar la potencia reactiva. Cabe mencionar que una tercera solución, llamada filtro híbrido, combina las características del filtro pasivo del filtro activo en el mismo equipo. En este caso el filtro pasivo se diseña para compensar el o los armónicos predominantes y el filtro activo se encarga de mitigar el resto de los armónicos (NHP, 2017).

En el Cuerpo Académico de Utilización de la Energía se tiene como línea de generación y aplicación del conocimiento la calidad de la energía eléctrica y una de las soluciones que se están implementando es la de filtros activos de potencia. Inicialmente se está trabajando con redes monofásicas y con prototipos que trabajen a escala para validar los conceptos de mitigación de armónicos mediante un filtro activo basado en el convertidor de potencia puente H. El objetivo de este trabajo es desarrollar un filtro activo de potencia con conexión en paralelo para mitigación de armónicos de corriente en una red eléctrica monofásica utilizando el convertidor de potencia puente H.

Fundamentación teórica

Una carga electrónica monofásica tiene, comúnmente, un circuito rectificador seguido de un filtro capacitivo y la carga a la cual se va a alimentar. El circuito equivalente se muestra en la Figura 1. Donde (v_g) es el voltaje de la red eléctrica e (i_g) es la corriente que demanda la carga electrónica, D_1 - D_4 corresponden al rectificador de *ca* a *cd*, C es el filtro capacitivo que se utiliza para disminuir el rizo de voltaje de salida y R es la resistencia equivalente de los circuitos que se conectan en paralelo con el filtro capacitivo (Bingham, 2017).

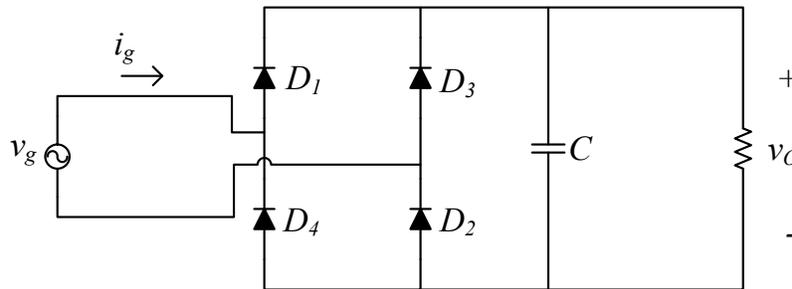


Figura 1. Circuito equivalente de una carga electrónica monofásica.

La corriente (i_g) circulará siempre que el valor absoluto del voltaje de entrada supere el voltaje en el capacitor entregando corriente al circuito. Debido a esto, la corriente de entrada se distorsiona y se aleja de la forma de una señal sinusoidal. La Figura 2 muestra las formas de onda típicas de una carga electrónica tomadas de una simulación en el software Psim[®] de la empresa Powersin. La gráfica de la izquierda muestra el voltaje de la red eléctrica y la corriente que se suministra a la carga y en la gráfica de la derecha se muestra el espectro de armónicos de dichas formas de onda. Se puede observar, en el espectro de frecuencia, que el voltaje no presenta distorsión, esto debido a que en la simulación se considera una fuente de voltaje ideal, pero la corriente si muestra armónicos de baja frecuencia múltiplos de la frecuencia fundamental.

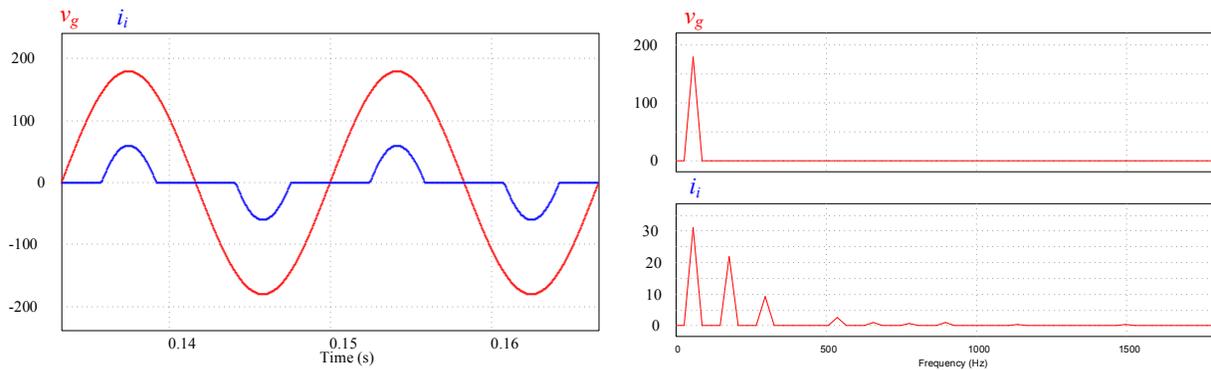


Figura 2. Formas de onda típicas de una carga electrónica y el espectro de frecuencia.

Para medir la distorsión del voltaje o la corriente de la carga electrónica se utiliza el parámetro de Distorsión Armónica Total (DAT) el cual es una relación entre la suma de todas las componentes armónicas de una señal hasta un orden especificado (H) y el valor efectivo de la componente fundamental.

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^H \left(\frac{Q_h}{Q_1}\right)^2}$$

Donde Q representa el voltaje o la corriente

H es generalmente igual a 40, aunque en algunas aplicaciones puede tomar valores mayores.

Los armónicos de corriente también afectan al factor de potencia, el cual es la relación entre la potencia activa, P (kW) y la potencia aparente, S (kVA) para un circuito dado.

$$\lambda = \frac{P(kW)}{S(kVA)}$$

Metodología

La metodología empleado se puede resumir en los pasos siguientes:

- Realizar el modelado matemático del filtro activo de potencia basado en el convertidor puente H para redes monofásicas.
- Realizar el dimensionamiento de los elementos pasivos del filtro activo de potencia.
- Realizar la validación del análisis y diseño mediante simulación.
- Realizar la implementación en el laboratorio mediante un prototipo a escala.
- Realizar pruebas de funcionamiento al prototipo de laboratorio para validar los resultados teóricos.

La Figura 3 muestra el diagrama de un filtro activo de potencia (FAP). El elemento electrónico del FAP es el inversor el cual está formado por los transistores (Q_1 a Q_4). A la entrada del inversor puente H, que corresponde a un bus de corriente directa, está conectado un filtro capacitivo (C) y en paralelo a este filtro capacitivo está conectada una resistencia R la cual no

está presente físicamente en el circuito, únicamente modela las pérdidas del sistema. A la salida del inversor se conecta un inductor L de acoplamiento con la red eléctrica.

El control del FAP regula el bus de corriente directa mediante potencia activa que toma de la red eléctrica. Si se toma a la red eléctrica como la entrada y el bus de corriente directa como la salida, el circuito se comporta como un rectificador elevador de voltaje por lo que el voltaje de cd debe ser mayor que el valor máximo de la tensión de la red eléctrica. Con el bus de corriente directa regulado, se puede realizar la mitigación de armónicos mediante la inyección de corriente i_f en el punto de conexión común (PCC), cuya referencia se obtiene utilizando un sensor de corriente en la carga para obtener una muestra y posteriormente separar la distorsión de la corriente de la señal fundamental.

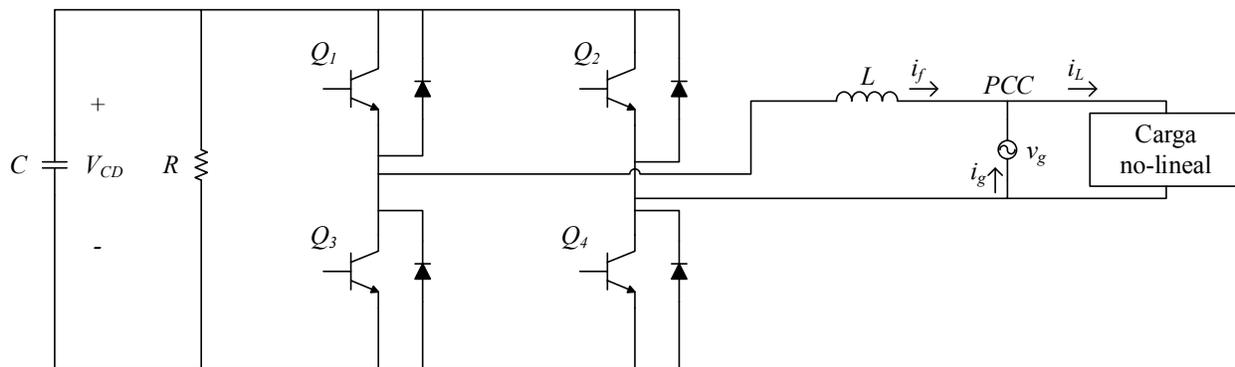


Figura 3. Diagrama eléctrico del Filtro Activo de Potencia basado en el convertidor puente H.

La estrategia de control consiste en controlar dos variables del FAP, el voltaje (v_{cd}) y la corriente (i_f), esto mediante una estrategia de control en cascada como se muestra en la figura 4. En la estrategia de control, el lazo externo asegura regular el voltaje del bus de cd (v_{cd}) al valor deseado y el lazo interno se encarga de que la corriente del FAP (i_f), se inyecte adecuadamente a la red eléctrica de tal forma que se mitiguen los armónicos (i_h) debido a la carga no-lineal. La referencia de corriente debido a la distorsión de la misma (i_h) se calcula utilizando la transformada DQ y su correspondiente transformada inversa. Asimismo, las ganancias de los controladores PI se ajustaron de forma heurística.

La modulación por anchura de pulso para conmutar los transistores del inversor puente completo se realiza mediante la comparación de la señal de control $u(t)$ y una señal portadora que corresponde a una señal triangular de alta frecuencia $c(t)$. Como resultado de la comparación se produce un tren de pulsos que se distribuyen al inversor tal como se muestra en la Figura 4. Cabe mencionar que dos transistores de la misma rama no pueden estar encendidos al mismo tiempo ya que se provocaría un corto circuito de la fuente por lo que es necesario agregar un tiempo de retraso en el disparo donde se asegure que si uno de los transistores se apaga, el otro transistor de la rama tarde un cierto tiempo para encenderse y así evitar un corto circuito en la conmutación de dos transistores de la misma rama.

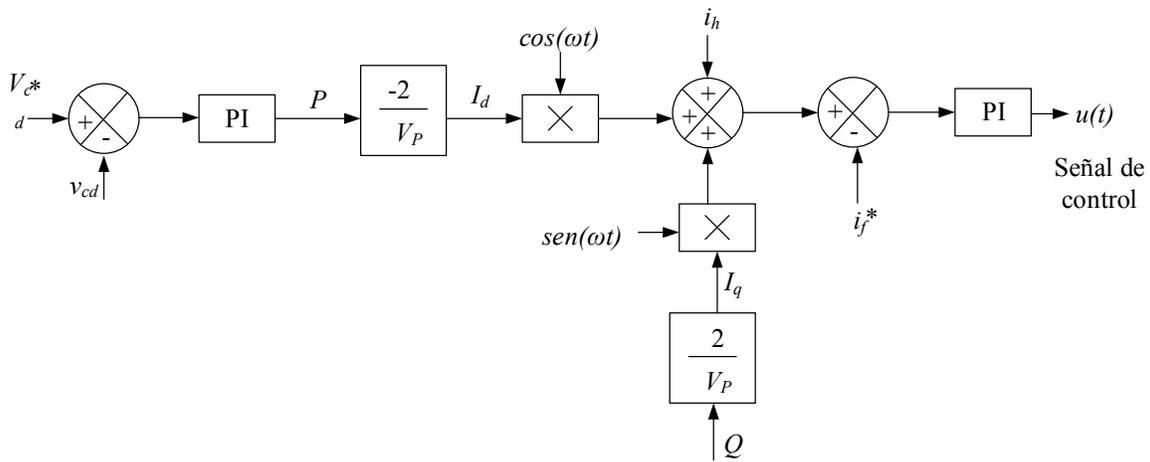


Figura 4. Esquema de control del FAP.

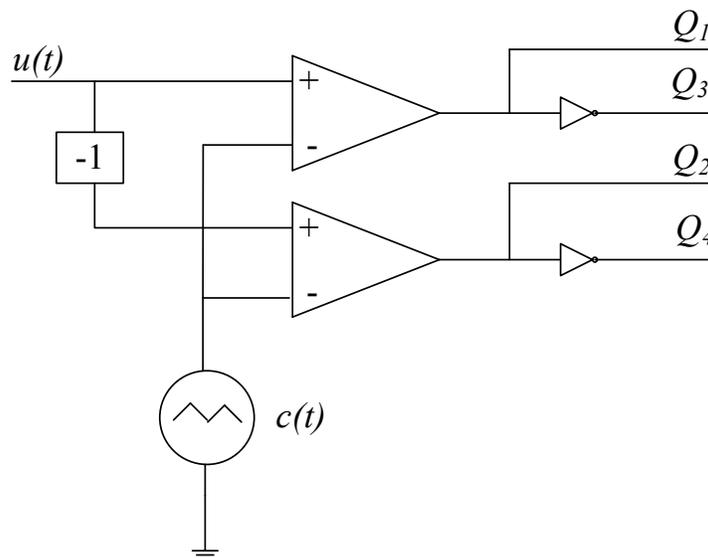


Figura 5. Esquema de modulación.

A continuación se muestran los resultados de simulación utilizando el software Psim[®]. En primer lugar se muestra, en la Figura 6, la regulación del bus de cd, el cual se establece en 60 Volts a partir de un voltaje pico de la red eléctrica de 40 Volts. Se puede observar que el voltaje del bus de cd, después de un transitorio de inicio se establece en el voltaje de referencia. La energía necesaria para mantener el bus de corriente directa en el voltaje establecido se toma de la red eléctrica.

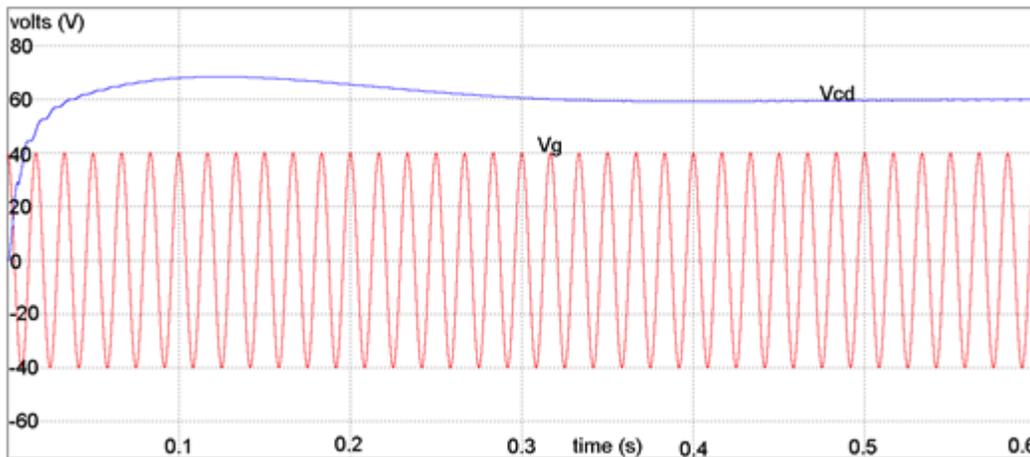


Figura 6. Voltaje de la red eléctrica y del bus de cd.

En segundo lugar se presenta, en la Figura 7, el voltaje y la corriente de la red eléctrica (la corriente (i_g) se multiplicó por 10 para tener una mejor apreciación). Se puede observar que de 0 a 0.4 segundos la referencia de corriente para compensación del filtro activo está desactivada y por lo tanto no realiza la mitigación de armónicos, la corriente que se observa durante este lapso de tiempo es debida a la carga no lineal y al filtro activo para regular el bus de cd. De 0.4 segundos en adelante se activa la referencia de corriente logrando la mitigación de armónicos de corriente. De 0 a 0.4 segundos la DAT es de 113% y una vez activado el filtro activo la DAT s de 18%.

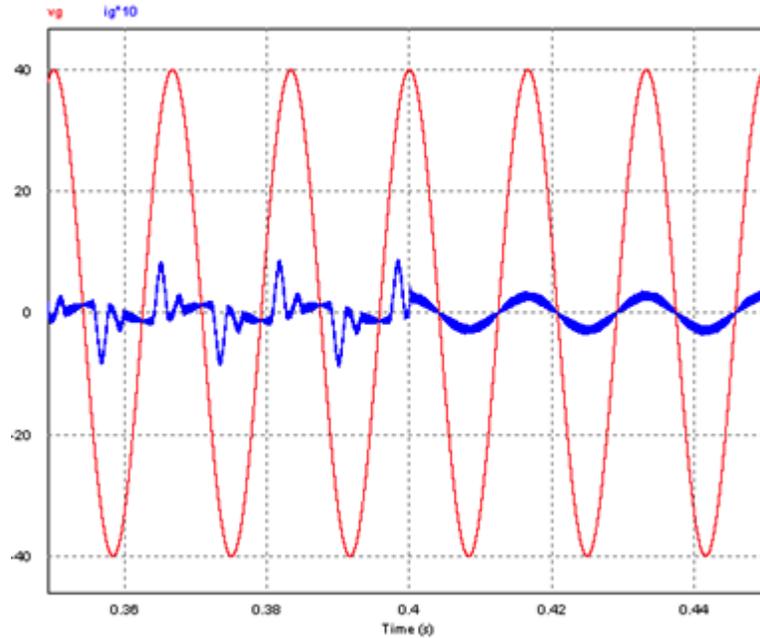


Figura 7. Voltaje y corriente de línea sin compensación vs con compensación de armónicos de corriente.

La implementación del prototipo de laboratorio a escala del FAP se puede dividir en tres partes. La primera consiste en la implementación de la etapa de potencia que incluye el convertidor puente H, los circuitos de disparo de los transistores y las fuentes de alimentación. La segunda parte consiste en la etapa de instrumentación donde se realiza la medición del voltaje del bus de corriente directa (v_{cd}), el voltaje de la red eléctrica (v_g), la corriente en la carga no-lineal (i_L), y la corriente en el inductor del FAP (i_f). Las señales obtenidas de los sensores se adecuan y se aplican a la tercera etapa de procesamiento digital, donde se realiza el control en cascada y se generan las señales de disparo de los transistores. Para la etapa digital se utiliza una tarjeta de dSpace®.

La Figura 8 muestra una imagen de la implementación del filtro activo de potencia.

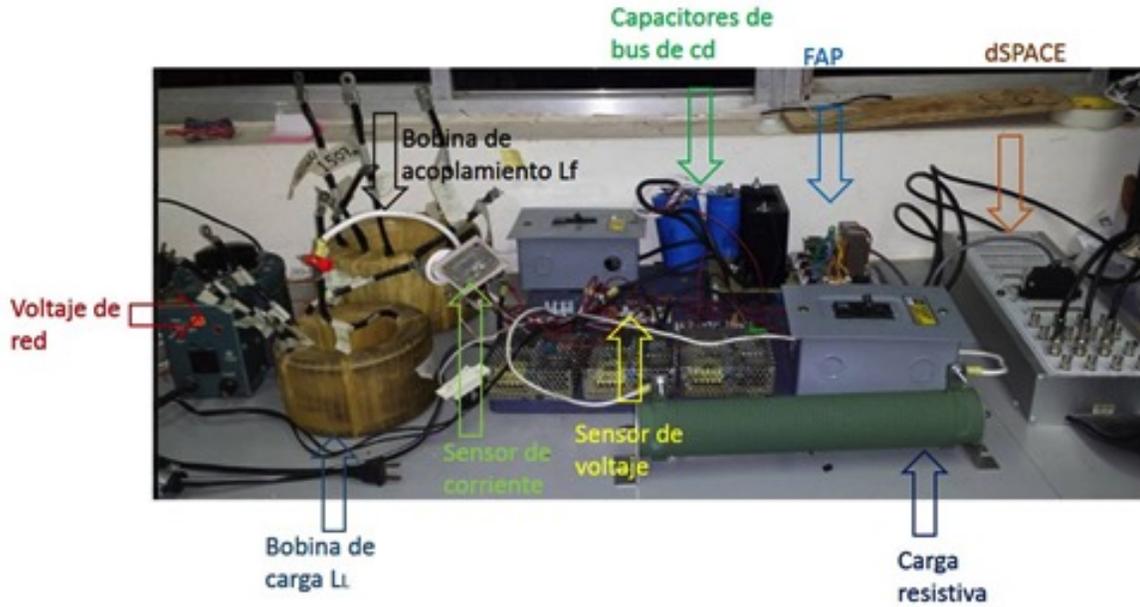


Figura 8. Imagen del compensador de potencia reactiva monofásico.

La descripción de los elementos de potencia utilizados se muestra en la Tabla 1. La descripción de los elementos de la etapa de instrumentación electrónica se muestran en la Tabla 2 y los elementos de la etapa de procesamiento digital se presentan en la Tabla 3.

Tabla 1. Elementos etapa de potencia.

Elemento	Descripción
Capacitor (bus de cd), C_{Vcd}	2000uF
Capacitor (carga), C_L	30uF
Puente H (inversor monofásico), $Q_1 - Q_4$	Transistor MOSFET SiHG20N50C, optocoplador de alta velocidad CI PC923, fuentes reguladas basadas en el CI LM7815.
Bobina de acoplamiento (filtro), L_f	5.36 mH
Bobina (Carga), L_L	5.41mH
Rectificador DB (carga no lineal)	Diodos de potencia
Resistencia (Carga), R_L	200Ω
Fuente de alimentación (red), V_g	Tomado de un variac conectado a red

Tabla 2. Etapa de instrumentación.

Elemento	Descripción
Sensor Voltaje, para V_g y V_{cd}	Basado en el OP-AMP HCPL-7800 aislador de alto rechazo
Sensor Corriente, para I_L e I_f	Basado en el sensor L08P050D15, de la marca TAMURA
Tarjeta de adecuación	Es una tarjeta de protección para el equipo de control dSPACE, basado en un divisor de voltaje resistivo.

Tabla 3. Etapa de control.

Elemento	Descripción
dSPACE	Permite programar mediante diagrama a bloques, por medio de la herramienta computacional simulink de Matlab.

La primera prueba de laboratorio que se presenta es la regulación del bus de corriente directa a partir del voltaje de línea. En esta prueba la amplitud del voltaje de línea es de 30 Volts y el voltaje del bus de cd se establece en 60 Volts. La Figura 9 presenta estos resultados.

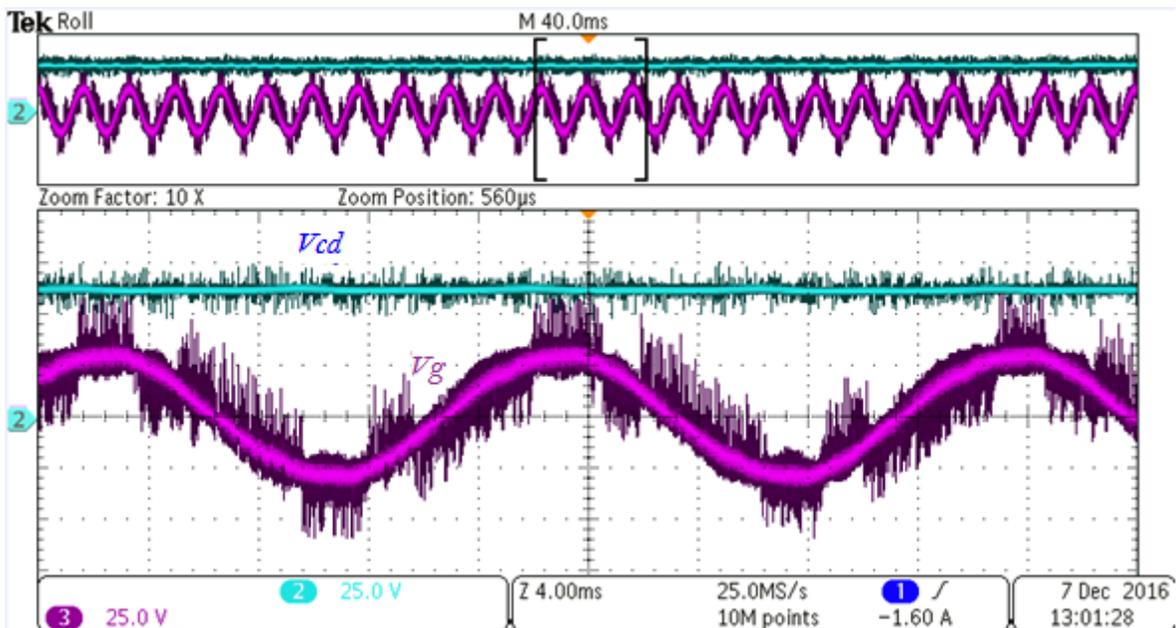


Figura 9. Voltaje regulado en el bus de cd v_{cd} y voltaje de la red eléctrica v_g .

En la segunda prueba que se presenta se encuentra operando todo el sistema. La carga electrónica está conectada a la red eléctrica y el FAP está conectado en paralelo con la red

eléctrica y en paralelo con la carga. La figura 10 muestra en el acercamiento, los primeros 3 ciclos de la corriente de la red eléctrica el FAP está con referencia de armónicos de 0 A y regulando el bus de corriente directa, en este lapso de tiempo la corriente de la red es la suma de la corriente de la carga electrónica y del FAP para regular el bus de corriente directa. Después del tercer ciclo se activa la referencia de corriente y el FAP inicia la mitigación de armónicos. La Distorsión Armónica Total se redujo del 51.3% cuando la referencia de armónicos era de 0 A a 22.1% cuando se habilitó la función de FAP. Asimismo el factor de potencia pasó de 0.74 a 0.86 durante la misma prueba. La reducción de Distorsión Armónica Total fue significativa, sin embargo en la experimentación se llegó a un límite en la mitigación de armónicos lo cual abre una línea de trabajo en la optimización del FAP.

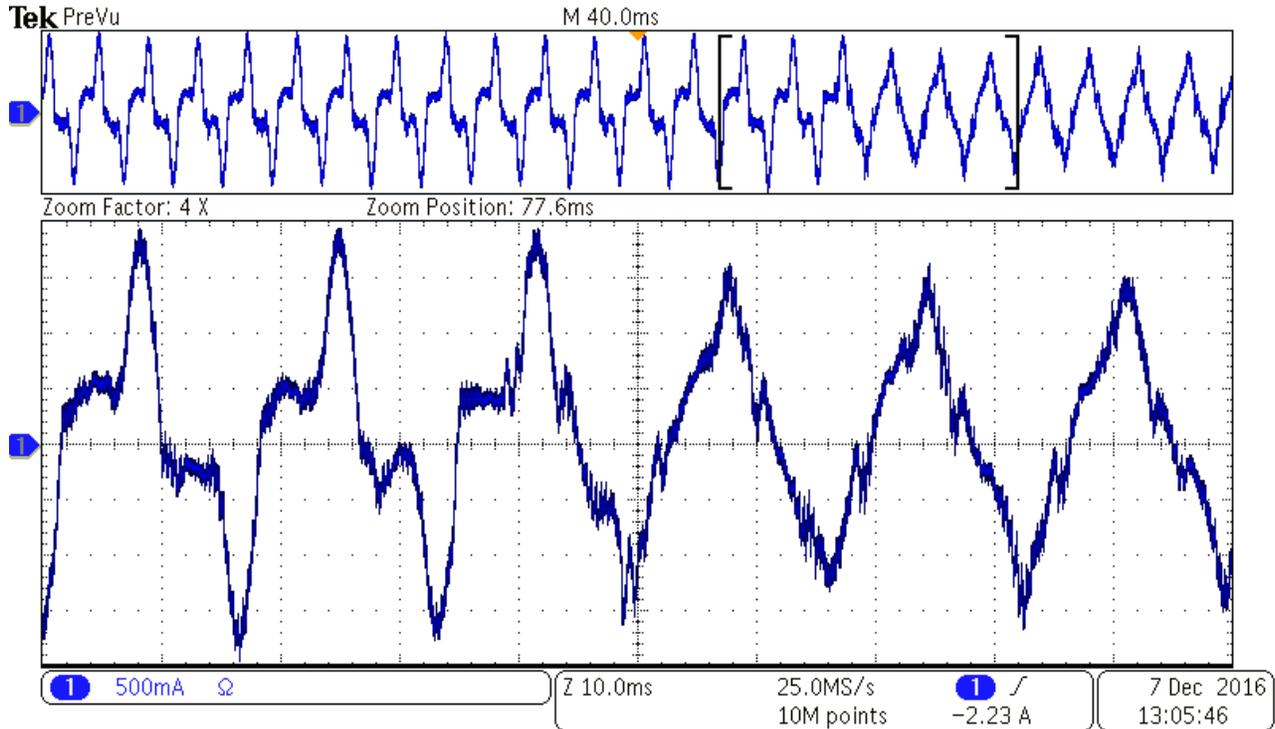


Figura 10. Corriente en la red eléctrica i_g sin referencia de armónicos y después de un tiempo con referencia de armónicos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en laboratorio muestran la capacidad del FAP de mitigación de armónicos de corriente ya que se presenta una mejora significativa en la reducción de la Distorsión Armónica Total de la corriente en la red eléctrica debida a la presencia de una carga

electrónica que consume la corriente de forma distorsionada. Asimismo, se abre una línea de trabajo en la optimización del FAP para que se logre una mayor mitigación de armónicos de corriente así como llevar a cabo el escalamiento a un prototipo de mayor potencia.

Referencias

- ABB. (19 de Mayo de 2017). *www4.abb.com*. Obtenido de [http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/18aa8879b8cc0186c125761f005035b7/\\$file/Vol.8.pdf](http://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/0/18aa8879b8cc0186c125761f005035b7/$file/Vol.8.pdf)
- Allen-Bradley. (19 de Mayo de 2017). *rockwellautomation.com*. Obtenido de http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/mvb-wp011_-en-p.pdf
- Bingham, R. P. (19 de Mayo de 2017). *dranetz.com*. Obtenido de <http://dranetz.com/wp-content/uploads/2014/02/harmonics-understanding-thefacts.pdf>
- Electric, S. (19 de Mayo de 2017). *schneider-electric.co.nz*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.co.nz/documents/automation-control/en/shared/sltd109014EN.pdf>
- NHP. (19 de Mayo de 2017). *www.nhp.com.au*. Obtenido de http://www.nhp.com.au/files/editor_upload/File/Brochures/Power-Quality/NSCHAFFC.pdf

Capítulo IV. Desarrollo de un demapeador reconfigurable QAM-4/16/64/256 de tipo hard-decision

Eduardo Romero Aguirre, Darcy Daniela Flores Nieblas, Alba Lucía Ibarra Leyva y
Sadrach Acosta Rosales

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

Resumen

La demanda continua por parte de los usuarios de que los sistemas de comunicación inalámbricos manejen cada vez mayores volúmenes de información (audio, vídeo y datos) en cualquier lado y en cualquier lugar, ha detonado la imperante necesidad de buscar algoritmos de operación más eficientes y nuevas alternativas tecnológicas para su diseño, ante las limitantes actuales de velocidad y consumo de energía impuestas por las soluciones actuales basadas en procesadores digitales de señales (DSP). Recientemente para solventar lo anterior, los arreglos de compuertas programables en campo (FPGA) han surgido como una de las tecnologías contemporáneas para implementar bloques de procesamiento digital en los sistemas de comunicación modernos. Ante esto, en este artículo se presenta el desarrollo de una arquitectura digital basada en FPGA para un demapeador (*demapper*) de tipo *hard-decision* QAM-4/16/64/256, bloque fundamental presente en todo sistema receptor. Se propone un novedoso esquema de constelación reconfigurable, distinto a la solución tradicional de cuatro constelaciones individuales fijas, con lo cual se logra una reducción drástica en la complejidad de *hardware* y el retardo total en la ruta de datos. El diseño fue implementado en una tarjeta de desarrollo Xilinx Spartan-3E alcanzando una frecuencia máxima de operación superior a los 100 MHz con una utilización de recursos del 1% del FPGA.

Introducción

Hoy en día, los sistemas de comunicación inalámbrica han llegado a ser parte de la vida cotidiana de la mayor parte de la población del mundo. Por tal motivo, existe la necesidad continua de desarrollar sistemas de comunicación que sean capaces de transmitir y recibir información a alta velocidad sin la necesidad de aumentar el ancho de banda. Técnicas como: OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales) en conjunto con el uso de constelaciones QAM (Modulación por amplitud de cuadratura) de alto orden, permiten utilizar banda amplia con manejo eficiente del espectro. En consecuencia, su correcto diseño empleando la tecnología adecuada impactará en su desempeño y por ende en el del sistema total. Las arquitecturas digitales en tecnología programables (Artetxe, 2013) son una opción atractiva desde el punto de vista de costo-desempeño para desarrollar en forma digital cualquier bloque o etapa

de un sistema de comunicación, con la ventaja adicional de una transición natural hacia un tentativo ASIC (Circuito integrado de aplicación específica).

La transmisión/recepción de información en los estándares de comunicación modernos, tales como 4G-LTE o 802.11n, requieren que sus bloques o etapas que lo conformen sean de índole 100% digital, para cumplir con los requerimientos de velocidad y consumo de potencia. El bloque demapeador QAM no es la excepción, ya que es parte vital en todo receptor inalámbrico no importando si es de portadora única o multiportadora. Trabajos afines a los que aborda en este artículo, pueden ser consultados en (Fung, 2010), donde se presenta a nivel algorítmico un demapeador QAM M-ario a nivel bit con máxima verosimilitud aplicado a un sistema OFDM. En (Pérez et al, 2011) se describe un demapeador iterativo QAM-256 con énfasis en el estándar de difusión de video digital DVB-T2, pero no se implementa. Un demapeador similar para DVB-T2 implantado en un FPGA se reporta en (Chia-Wei et al, 2006), en donde se considera una técnica de detección del mapa de constelaciones en dos dimensiones en el espacio de señales. En nuestro trabajo, como parte del proyecto PROFAPI, se propone el desarrollo en FPGA de un demapeador QAM-4/16/64/256 capaz de reconfigurar el tamaño de su constelación en tiempo de ejecución, en vez de multiplexar su funcionamiento entre varias constelaciones individuales, que es como operan las soluciones actuales. Haciendo énfasis en la implementación eficiente del algoritmo que rige su funcionamiento, para obtener un diseño compacto y veloz que le permita operar satisfactoriamente en receptores operando con cualquiera de los estándares de comunicación actuales.

Fundamentación teórica

Un sistema de comunicación es aquel circuito con elementos electrónicos el cual tiene el propósito de transmitir señales de un punto de origen a un destino, localizados en cierta ubicación geográfica, dicha ubicación puede ser en el mismo sitio o en un sitio distante. Todos los sistemas de comunicación están formados por tres grandes bloques: transmisor, medio o canal de comunicación y receptor. De manera general, los sistemas de comunicaciones pueden usar una sola portadora única (*single-carrier*) o usar varias (*multi-carrier*), para enviar la información. En este último es posible enviar de manera simultánea a través de varias frecuencias usando la técnica de multiplexación de división de frecuencias ortogonales (OFDM). Esto permite altas

velocidades de transmisión, gran ancho de banda y capacidad para afrontar el retardo multitrayectoria, fenómeno inherente en los sistemas inalámbricos (Orozco et al, 2015). En la figura 1, se visualiza el diagrama a bloques de un sistema de comunicación genérico basado en OFDM.

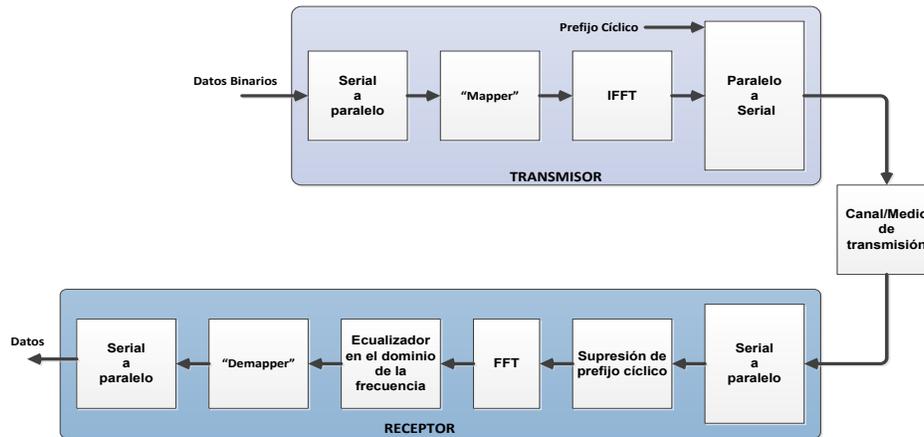


Figura 1. Sistema de comunicación multiportadora basado en OFDM

En la Figura 1, se pueden identificar en el transmisor el bloque mapeador y en el receptor, el demapeador; ambos fundamentales para la correcta operación del sistema. El objetivo del mapeador es aceptar a su entrada una secuencia de bits, agruparlos en sub-secuencias de longitud específica que se asociarán a un punto de la constelación, los cuales se combinarán con la señal portadora para su transmisión. En el lado del receptor, la demodulación consiste en el conjunto de técnicas utilizadas para recuperar la información transportada por una onda portadora. Tales técnicas dependen de la transmisión de los parámetros de la señal de banda base y de la señal portadora, tales como la amplitud, frecuencia o fase. Asimismo, existen demoduladores sofisticados que además ejecutan tareas de recuperación de reloj, compresión de pulso, detección y corrección de errores entre otras. Para el análisis de la demodulación se emplea el concepto de la distancias entre formas de onda desconocidas y un conjunto de forma de ondas conocidas, a este concepto se le llama distancia euclidiana (Li et al, 2009). En caso del modelo del canal AWGN (ruido blanco aditivo Gaussiano), la señal recibida en el receptor $r(t)$ puede describirse matemáticamente en la relación de:

$$r(t) = s_m(t) + n(t), \quad (1)$$

donde $s_m(t)$ es la señal transmitida de una las M posibles y $n(t)$ el ruido Gaussiano. El modelo del canal es similar al mostrado en la figura 2, el cual también puede ser representado en forma vectorial como:

$$\mathbf{r} = \mathbf{s}_m + \mathbf{n}, \quad (2)$$

donde todos los vectores son N -dimensionales vectores reales. El mensaje m es elegido de acuerdo a las probabilidades P_m desde el conjunto de posibles mensajes $\{1, 2, \dots, M\}$. Los componentes de ruido n_j , $1 \leq j \leq N$ son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con media cero y varianza $N_0/2$. Así que la función de densidad de probabilidad del vector \mathbf{n} está dado por:

$$p(\mathbf{n}) = \left(\frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \right)^N \exp \left(-\frac{\sum_{j=1}^N n_j^2}{2\sigma^2} \right) = \left(\frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \right)^N \exp \left(-\frac{\|\mathbf{n}\|^2}{N_0} \right) \quad (3)$$

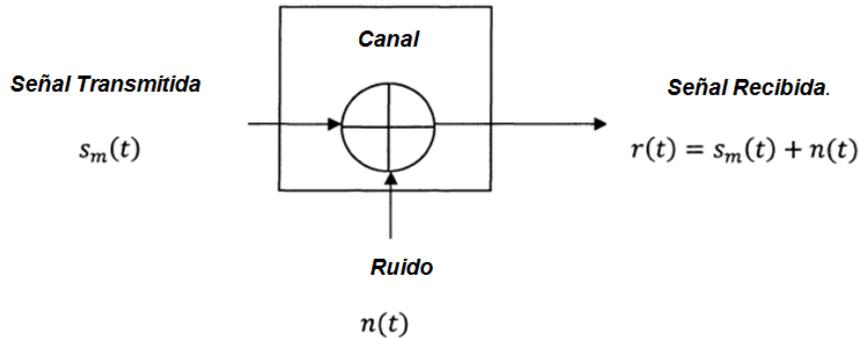


Figura 2. Modelo de señal recibida a través de un canal AWGN.

El vector r depende estadísticamente en el vector transmitido a través de las funciones condicionales de probabilidad de densidad $p(r | s_m)$. En orden de minimizar la probabilidad de error, es necesario para el detector óptimo seleccionar el mensaje que maximice $p(r | s_m)$:

$$m' = \operatorname{argmax}_{1 \leq m \leq M} p(r | s_m) = \operatorname{argmin}_{1 \leq m \leq M} \|r - s_m\|^2, \quad (4)$$

donde m' es el mensaje elegido y asume que las señales son equivalentes, en otras palabras el detector recibe r y observa entre todo s_m para encontrar el otro que se encuentre a una distancia

mínima de r utilizando el criterio de distancia euclidiana. También de (4), las métricas de distancias basadas en símbolos pueden ser expresadas como:

$$DM_{mk}^{(e)} = |r_{kc} + jr_{ks} - A_{mc} - jA_{ms}|^2, \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (5)$$

El demapeador generalizado QAM M-ario

Dentro del demodulador, el demapeador se encarga de identificar a que punto de la constelación corresponde los símbolos recibidos con la ayuda de las señales de las componentes real (I) e imaginaria (Q) de la señal recibida. Para el realizar el *demapping* de los datos recibidos existen dos métodos, *hard-decision* y *soft-decision*. En el primero, que es el que se aborda en este proyecto, la palabra código es comparada con todas las posibles símbolos conocidos y el símbolo que resulte más cercano será seleccionado por medio de la mínima distancia de Hamming o Euclidiana.

Para el caso de los sistemas multiportadora con *demapper hard-decision* se consideran constelaciones cuadradas QAM con codificación Gray, cuyo tamaño va de $M = 2^{2n}$ ($n = 1, 2, 3 \dots$), donde $2n$ es el total de bits recibidos, la mitad de ellos a través de la componente I y la otra mitad por la Q. Cabe resaltar que el método de demodulación de la primera mitad de los bits es el mismo que el de la segunda mitad, por lo que la función para demapear los bits de la componente I se puede reutilizarse para los bits de su contraparte Q. A continuación se describe el algoritmo (Fung, 2010) para identificar los bits de la componente I, $b_{(I,k)}$ con $k = 0, \dots, n - 1$ de QAM generalizado M-ario ($M = 2^{2n}$). El proceso será similar para el caso de la componente Q, $b_{(Q,k)}$ y el número total de comparaciones para el *demapper* será de $2(2^n - 1)$.

- 1) El bit de menor peso es equivalente a:

$$b_{(I,0)} = \begin{cases} 1, & r \geq 0 \\ 0, & \text{cualquier otro caso.} \end{cases} \quad (6)$$

- 2) Si $n \geq 2$, entonces:

$$b_{(I,1)} = \begin{cases} 1, & \text{si } |r| \leq 2^{n-1} \\ 0, & \text{cualquier otro caso.} \end{cases} \quad (7)$$

- 3) Si $n \geq 3$, usar de manera sucesiva:

$$b_{(I,k)} = \begin{cases} 1, & \text{si } (4i - 3)2^{n-k} \leq |r| \leq (4i - 1)2^{n-k} \\ (i = 1, 2, 3, \dots, 2^{n-k}) & k = 2, 3, \dots, n - 1 \\ 0, & \text{cualquier otro caso.} \end{cases} \quad (8)$$

Metodología

La Figura 3, muestra el procedimiento para el desarrollo de la arquitectura digital del demapeador. Cabe señalar que a pesar de que no se indique explícitamente, cada una de las etapas puede ser de carácter cíclico.

Por principios de cuenta se hizo una investigación de conceptos y del estado del arte, con lo que se contextualizó el proyecto y se contrastó con trabajos similares. Después se replicó el funcionamiento del demapeador, programando en MATLAB el algoritmo en cuestión y se identificó condiciones de operación “tipo” que se usaron como referencia para corroborar el correcto funcionamiento del modelo programado. Luego se trasladó dicho algoritmo al dominio de la aritmética de precisión finita y se procedió a la descripción de *hardware* a nivel RTL (Transferencia a nivel registro) usando lenguaje Verilog. La descripción se realizó a partir de un sistema completo permitiendo que los submódulos fueran descritos también como bloques funcionalmente independientes. La descripción final con el nivel jerárquica más alto, conocida como *Top-level*, permitió interconectar todos submódulos que conforman al *demapper*. Finalmente se implementó en una tarjeta de desarrollo FPGA Spartan 3E y se procedió a su verificación por medio de *test-benches* en un entorno de simulación alrededor de la arquitectura. Los resultados de cada *test-benches* se analizaron en su conjunto para determinar la validez del *demapper*.

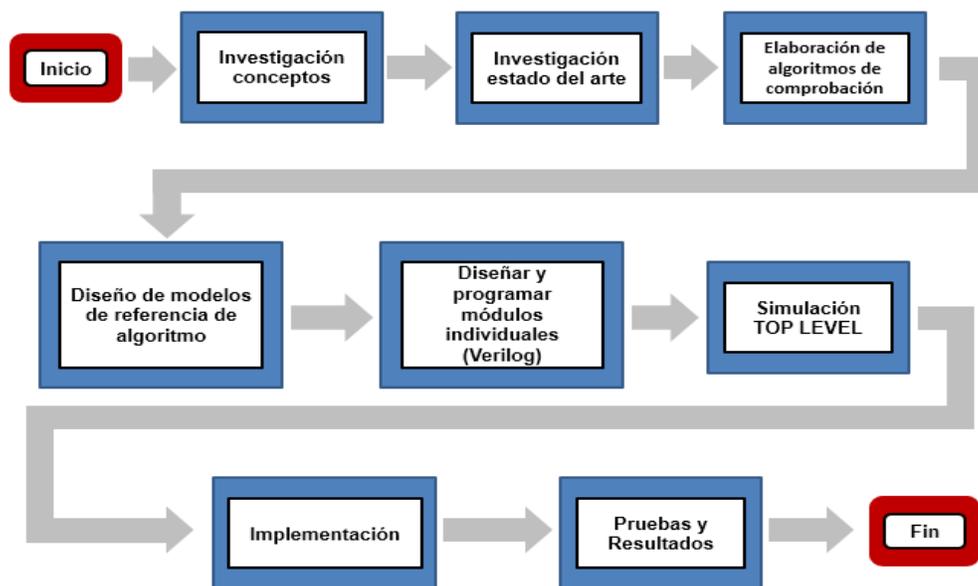


Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología para el desarrollo del *demapper* propuesto.

Diseño de la arquitectura de hardware del demapeador

El demapper en cuestión se diseñó para identificar los símbolos ya sea en constelaciones QAM de 4, 16, 64 y 256 bits, aunque en este documento se pondrá énfasis en la constelación de mayor tamaño. Se presupone que los símbolos han pasado por un proceso de ecualización, es decir se han restaurado las componentes de frecuencia afectadas por el medio y que la perturbación restante corresponde a la componente de un ruido gaussiano blanco. La técnica de diseño usada fue la *Top-Down*, ya que inicialmente se pensó en la arquitectura como un todo y luego se definieron los submódulos que la conforman y su jerarquía. En la Figura 4 se puede ver tal propuesta de *hardware* del demapper.

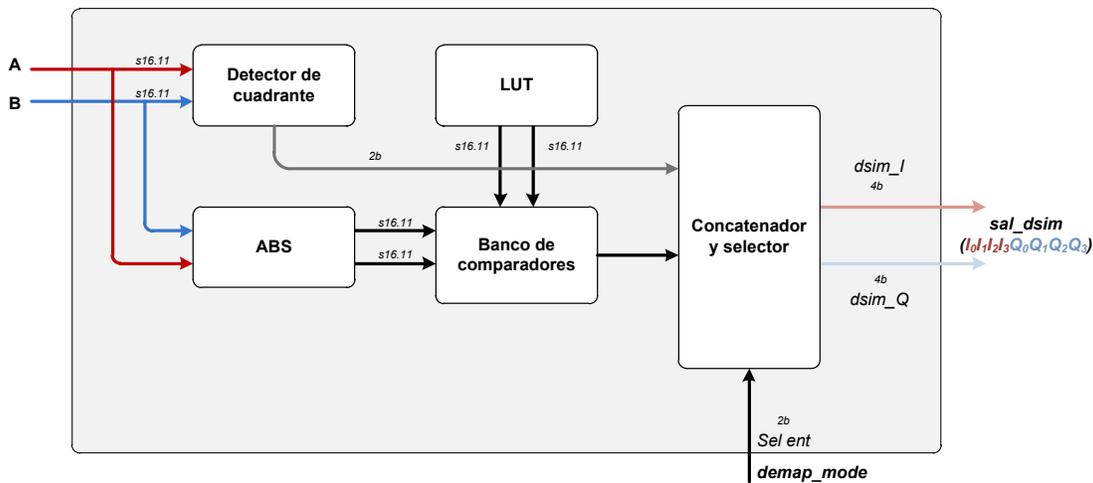


Figura 4. Arquitectura digital del demapper.

El funcionamiento de la arquitectura es el siguiente, en los buses de entradas A y B se reciben las componentes de la señal contaminada con ruido, las cuales entran simultáneamente al detector de cuadrante, que verificará la posición del símbolo dentro de la constelación y luego al bloque ABS que detectará la magnitud presente en las entradas. El detector de cuadrante determinará el valor de los bits de menor peso para I e Q y los enviará al concatenador. En el banco de comparadores la señal se compara con las constantes almacenadas del bloque LUT para poder definir la ubicación del símbolo y así lograr su correcta identificación. Por último, se tiene el módulo concatenador que incluye un selector que recibe la información procesada proveniente del bloque detector de cuadrante y la del bloque de comparadores. Tales señales conforman todos los posibles resultados de bits que son parte de los cuatro tipos de constelaciones para que

posteriormente a través de la señal de entrada del selector *sel_ent* sea elegida el tipo de modulación QAM que se requiera (4/16/64/256), obteniendo así un símbolo de 8 bits con componentes I e Q (salida *sal_sim*).

Resultados y discusión

A continuación se describirán las pruebas hechas al demapeador y se variarán algunos de los parámetros de operación, para su análisis y discusión. Cabe aclarar que por cuestiones de espacio, tales pruebas se centrarán únicamente en el modo de operación QAM-256. También no fue posible compararlo con propuestas similares debido a las diferencias en tecnología, herramientas, condiciones del entorno de verificación por mencionar algunas.

Resultados de síntesis

Debido a que todos los bloques del demapeador fueron descritos a nivel de abstracción RTL usando lenguaje Verilog, se garantizó su síntesis en su totalidad empleando la herramienta de desarrollo ISE 14.7. El resultado se resume en la Tabla 1, donde se aprecia con claridad el bajo consumo de recursos del FPGA del diseño. De igual manera, en la Figura 5 puede visualizarse (de forma parcial) el resultado de la síntesis a nivel arquitectural.

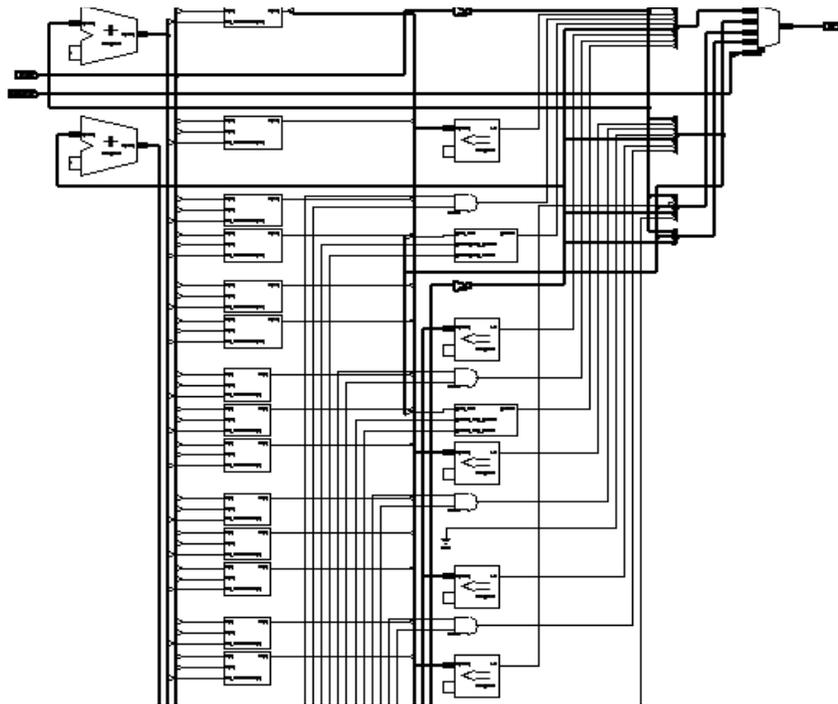


Figura 5. Fragmento del diagrama del demapper QAM 4/16/64/256 sintetizado.

Tabla 1. Resultados de la síntesis del demapeador.

Resumen de utilización de recursos del FPGA			
<i>Recursos</i>	<i>Usado</i>	<i>Disponible</i>	<i>Utilización</i>
Número de Slices	76	14752	1%
Número LUTs de 4 entradas	144	29504	1%
Número de IOBs	42	250	16%
Frecuencia máxima	121.276 MHz		

Pruebas y resultados funcionales

Para validar el correcto funcionamiento del *demapper*, se presenta en la Figura 6a, el conjunto de bloque de mil símbolos recibidos simultáneamente, así como su correcta asignación a un punto determinado dentro de la constelación QAM-256 (Figura 6b).

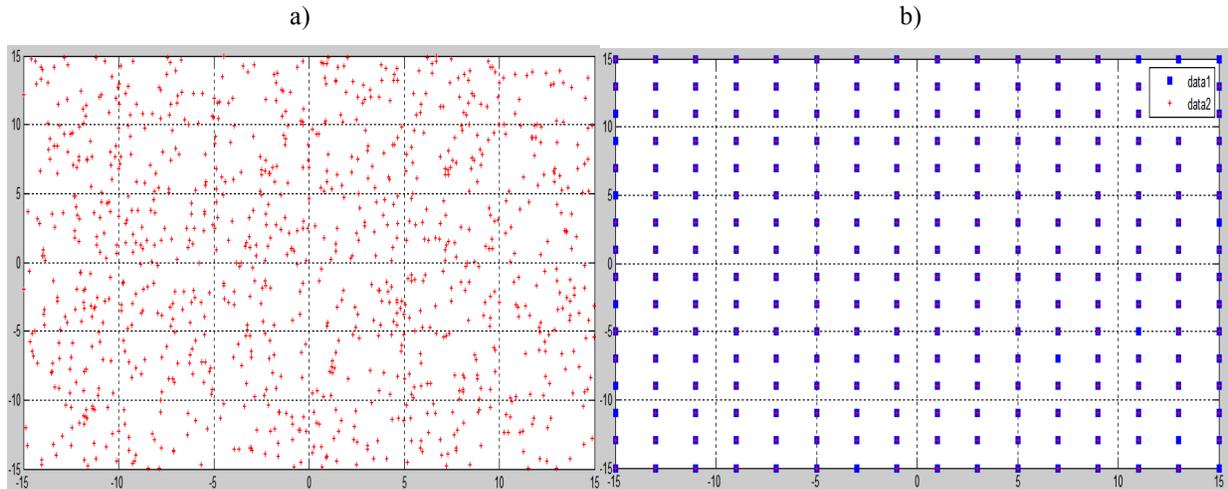


Figura 6. Bloques de 1000 símbolos aleatorios alimentados al demapeador: a) entrada, b) salida.

La Figura 7, muestra una porción del cronograma del experimento anterior, usando como referencia un símbolo recibido en el primer cuadrante de la constelación. El *demapper* recibe las dos componentes de la señal codificadas en 16 bits, denominados $A = 14.2568$ (720Eh) y $B = 2.2549$ (120Ah) siendo ambos positivos. Tales son “demapeadas” para obtener el símbolo original de 8 bits en la salida $Z = 8Dh$, esto es 1000 y 1101.

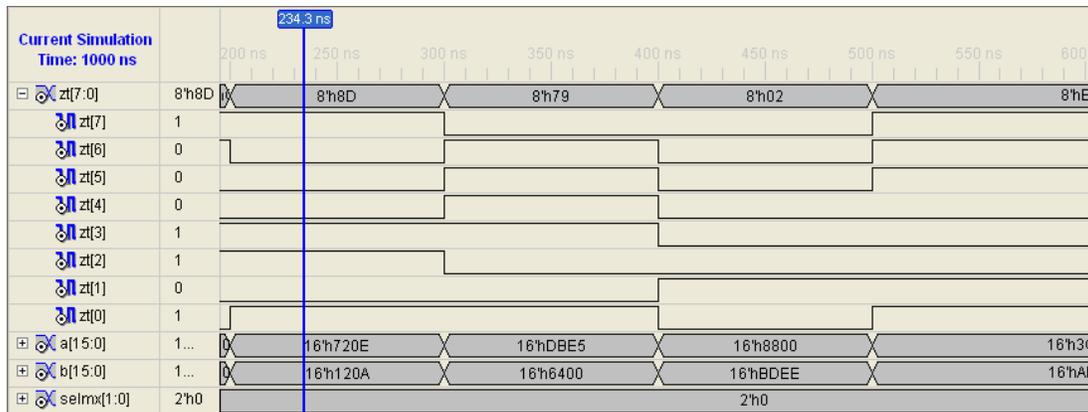


Figura 7. Fragmento del cronograma para un símbolo ubicado en el primer cuadrante de la constelación.

Los resultados anteriores evidencian que el *demapper* QAM-256 trabaja de manera eficaz siendo capaz de identificar gran cantidad de símbolos sin comprometer su velocidad o frecuencia de procesamiento, con una arquitectura compacta y eficiente a nivel *hardware*.

Conclusiones

El diseño digital usando FPGA es una alternativa para el procesamiento de señales en diversas áreas, en este caso el área de telecomunicaciones. La etapa en cuestión llamada *demapper*, demuestra como el uso de tecnología lógica programable como los FPGAs, constituyen una alternativa atractiva para lograr mayores frecuencias de operación (>70 MHz), baja utilización de recurso de hardware (1%) y con el valor agregado de la configurabilidad (cuatro modos de operación). Cabe mencionar que a pesar de que se trabajó con herramientas de Xilinx, la descripción final está libre de librerías o *IP-cores* propietarios, de tal forma que es portable y puede ser implementado en FPGA's de cualquier otro fabricante. Para finalizar es importante también recalcar que el *demapper* es capaz de identificar una gran cantidad de símbolos recibidos, no solo para la constelación de 256 bits, sino que también nos permite hacerlo para las constelaciones de 4,16 y 64 bits según sea lo requerido, esto sin la necesidad de aumentar el consumo de los recursos internos del FPGA ni comprometer la velocidad de procesamiento de los datos.

Referencias

- Artetxe Q., Itsaso. (2013). Tecnologías actuales para dispositivos lógicos programables, Tesis de licenciatura, UPV.
- Chia-Wei Chang, Po-Ning Chen & Yunghsiang S. Han. (2006). A systematic bit-wise decomposition of M-ary symbol metric, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 5, no. 10, pp. 2742-2751.
- Fung, Andy. (2010). Suboptimal soft-bit level demapper for M-QAM-OFDM Systems, MSc. Thesis, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
- Li, M., Nour, C. A., Jago, C., & Douillard, C. (2009). Design of rotated QAM mapper/demapper for the DVB-T2 standard. *Signal Processing Systems, 2009. SiPS 2009. IEEE Workshop on* (pp. 018-023). IEEE.
- Orozco Galván, L., Parra Michel, R. & Romero Aguirre, E. (2015). Reconfigurable architecture based on FPGA for OFDM transmitter, *7th IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*, Arequipa, 2015, pp. 1-6.
- Perez-Calderón, D., Baena-Lecuyer, V., Oria, A. C., Lopez, P., & Doblado, J. G. (2011). Rotated constellation demapper for DVB-T2. *Electronics Letters*, 47(1), 31-32.

Área temática: Ciencias Naturales

Capítulo V. Determinación de plomo en agua marina y camarón (*Litopenaeus vannamei*) en la Bahía de Lobos, Sonora, México

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

Resumen

El sur del estado de Sonora cuenta con una gran diversidad de siembra y pesca de organismos acuícolas, entre los que destaca el camarón en Bahía de Lobos. Es considerado uno de los estuarios más grandes de Sonora y México. En este trabajo se evaluaron las concentraciones de plomo en agua marina y su exposición en camarón (*Litopenaeus vannamei*). Se tomaron muestras mensuales de agua marina en 5 puntos estratégicos de la bahía durante un periodo de 8 meses. Las muestras de camarón se tomaron en la temporada de pesca (es una especie vedada) con ayuda de los pescadores locales de la bahía. Se realizaron pruebas de espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados muestran que el plomo está presente en agua y no en exoesqueleto y músculo de camarón; lo que demuestra que las concentraciones de plomo en agua no están siendo bioacumuladas por este organismo. Los resultados de agua superan los límites máximos permisibles por la normatividad mexicana para los estuarios y la protección de la vida acuática, pero no superan los límites máximos permitidos para el consumo humano.

Introducción

Las actividades diversas del hombre han causado contaminación de los recursos naturales, incluyendo el mar y los estuarios, donde se ven afectados organismos vivos autóctonos (Alarcón, 2003). La seguridad ecológica para los seres humanos depende en gran parte de los estuarios, ambientes productivos que soportan el 70 % de la población mundial (Hao *et al.* 2017). Las zonas costeras suelen ser los receptores finales de contaminantes orgánicos e inorgánicos de origen antropogénico (Calderón y Valdés, 2012).

Uno de los principales contaminantes de los diversos ambientes es el plomo, que se ha empleado en grandes cantidades a través del tiempo y en diferentes actividades, tales como: industriales, minería, agrícolas, automotriz, pinturas, construcción (Dutta *et al.* 2005).

La contaminación del mar ha traído consigo un incremento en los niveles de metales, perjudicando la flora y fauna del lugar, así como a los seres humanos (Zarazúa *et al.* 2013). Esta contaminación se convierte en un problema para las actividades marinas (incluida la pesca), el deterioro de la calidad del agua de mar y la reducción de los atractivos naturales (Alarcón, 2003). El Pb es uno de los elementos más tóxicos y dañinos que existen, además este posee efectos acumulativos en tejido de organismos acuáticos y no desempeñar ninguna función biológica en los seres vivos (Lemus *et al.* 2014; Romero, 2009).

El objetivo de este estudio fue analizar la concentración de plomo en agua marina y su exposición en crustáceos de interés comercial (*Litopenaeus vannamei*) de la Bahía de Lobos, Sonora. Por lo anteriormente mencionado es de suma importancia su monitoreo y conocer el impacto que ocasiona en la salud humana.

Fundamentación teórica

Bahía de Lobos, localizada en el sur del Estado de Sonora, es uno de los estuarios más grandes de México, aun así son inexistentes los estudios de contaminación de metales pesados en el lugar.

Hansen *et al.* (2013) llevaron a cabo experimentos de laboratorio con sedimentos en embalses tropicales para demostrar el riesgo de liberar diversos contaminantes al agua, incluyendo metales pesados, evaluando la persistencia de estos contaminantes durante cualquier época del año asociada a la resuspensión ocasionada mediante las corrientes. Éste tipo de experimentos coincide con el realizado por Lima *et al.* (2005), en el río Almendares, Cuba, en donde se plantea que la contaminación encontrada en el agua se puede deber a los sedimentos, mecanismo por el cual también pueden llegar a diferentes organismos por bioacumulación y biomagnificación.

Un ejemplo en México son los estudios realizados en el Río Lerma, uno de los cuerpos de agua más contaminados del país, en donde Zarazúa en el 2013, analizó metales pesados entre ellos plomo y su bioacumulación en vegetación acuática (*H. ranunculoides*), usada como bioindicadores de contaminación.

En el lago Poopó de Bolivia, Molina *et al.* (2012) llevó a cabo experimentos de biomagnificación por metales pesados en peces (*Odonthestes bonariensis* y *Orestias agassizii*), en donde el plomo se encontró en altas concentraciones pudiendo resultar en un problema para el consumo humano.

Uno de los primeros estudios encaminados a la cuantificación de metales se remonta 25 años atrás, en donde Ávila-Perez y Zarazúa-Ortega (1993) determinaron plomo en aguas superficiales para sedimento y ostión (*Crassostrea virginica*), reportándose en aquellos estudios, concentraciones hasta 8 veces mayores al límite máximo permitido por la normatividad mexicana para el desarrollo de organismos acuáticos. Además de encontrarse en altas cantidades en sedimentos y ostión, reportándose perjudiciales para la salud humana en caso de consumo.

Esto demuestra que la contaminación por metales (plomo) es un hecho que ha trascendido durante décadas, en donde al no haber una solución permanente, eficaz y práctica, siga siendo un problema de índole regional y nacional. Este descuido ha ocasionado problemas de contaminación ambiental, afectando los ecosistemas y la salud humana al consumir organismos contaminados, ocasionando a su vez desequilibrio ecológico en la flora y fauna de estos lugares.

Metodología

Área de estudio. Bahía de Lobos se localiza en el Municipio de San Ignacio Río Muerto del Estado de Sonora, México sus coordenadas geográficas son Longitud: 27° 21' 0.6'', Latitud: 110° 27' 17'' (Figura 1).



Figura 1. Localización de Bahía de Lobos, Sonora.

Muestreo de agua. Las muestras de agua fueron tomadas mensualmente en 5 puntos distribuidos en el desemboque del dren agrícola que alimenta directamente a la Bahía y sus alrededores durante el periodo Mayo-Diciembre, analizando un total de 40 muestras de agua.

Las muestras de agua (acidificadas con 1mL de HNO₃ al 70% J.T. Baker, grado absorción atómica) fueron tomadas de la capa superficial en frascos de polietileno de 500 mL. Todas las muestras se resguardaron en hieleras a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ y se transportaron al laboratorio de toxicología ambiental ubicado en el edificio CIIBAA del Instituto Tecnológico de Sonora.

Se tomó una alícuota de 100 mL de agua, conservándose a -20°C en un congelador GENERAL ELECTRIC modelo FCM 7DTA WH hasta su posterior análisis siguiendo la NMX-AA-051-SCFI-2001 (SE, 2001).

Muestreo de camarón. Las muestras de camarón se recolectaron en la temporada legal de pesca del crustáceo, en septiembre de 2016 con la ayuda de los pescadores locales (Figura 2) y se transportaron en bolsas herméticas de polietileno de 1 galón. Todas las muestras se resguardaron en hieleras a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ y se transportaron al laboratorio de toxicología ambiental ubicado en el edificio CIIBAA del Instituto Tecnológico de Sonora. Las muestras de camarón se conservaron completas, guardándose a -20°C en un congelador GENERAL ELECTRIC modelo FCM 7DTA WH hasta su posterior análisis siguiendo la NOM-242 SSA1-2009 (SSA, 2009).

Lavado del material. El material fue lavado previamente durante 24 h, en solución de Extrán al 2%, con dos enjuagues posteriores de agua corriente y dos enjuagues de agua destilada. Después se sumergió el material en HNO₃ al 10% durante 24 h, con sus posteriores lavados de agua corriente y agua destilada.

Equipo. Para la realización de las lecturas por flama, se utilizó el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica (E.A.A.) Agilent 200 Series AA Systems.

Procedimiento

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 crearon 5 puntos de la curva de calibración 0.5 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L y 5mg/L.

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 fortificado con una concentración conocida de plomo a 3 mg/L.

*Procesado de las muestras de *Litopenaeus vannamei*.* Se pesaron individuos completos, tejido muscular y exoesqueleto (*Litopenaeus vannamei*) en vidrio de reloj (para el pesaje se utilizó una balanza analítica marca Sartorius Modelo TE64) al igual que para los 2 fortificados. Posteriormente, las muestras pesadas se trasladaron del vidrio de reloj a vasos precipitados de 100 mL, adicionando a cada uno 5mL de ácido nítrico al 70 % (libre de metales). Seguido de esto se pasaron a la parrilla de calentamiento (todo ello llevado a cabo dentro de la campana de gases) procurando que esta no hierva hasta obtener un volumen de 5 mL con una coloración amarilla ámbar.

Después que las muestras pasaron por la digestión ácida, se enfriaron a temperatura ambiente. Posteriormente se filtraron, utilizando papel filtro Whatman #42 y embudos cónicos en un matraz volumétrico de 100 mL. Una vez filtradas, se aforaron para llevar a un volumen conocido de 100 mL con agua destilada y por último pasarlas al E.A.A. por flama para su lectura (Figura 3).

Procesado de las muestras de agua. Se tomaron 25 mL de agua por muestra y fortificado. Posteriormente se pasaron a vasos de precipitados de 100 mL, adicionando a cada uno 5mL de ácido nítrico al 70 % (libre de metales).

Calidad del análisis. Se preparó un banco de reactivos y material así como fortificados de cada una de las matrices (agua marina y *Litopenaeus vannamei*) adicionando una concentración

conocida del estándar de Pb por triplicado para garantizar la calidad y recuperación del metal de interés.

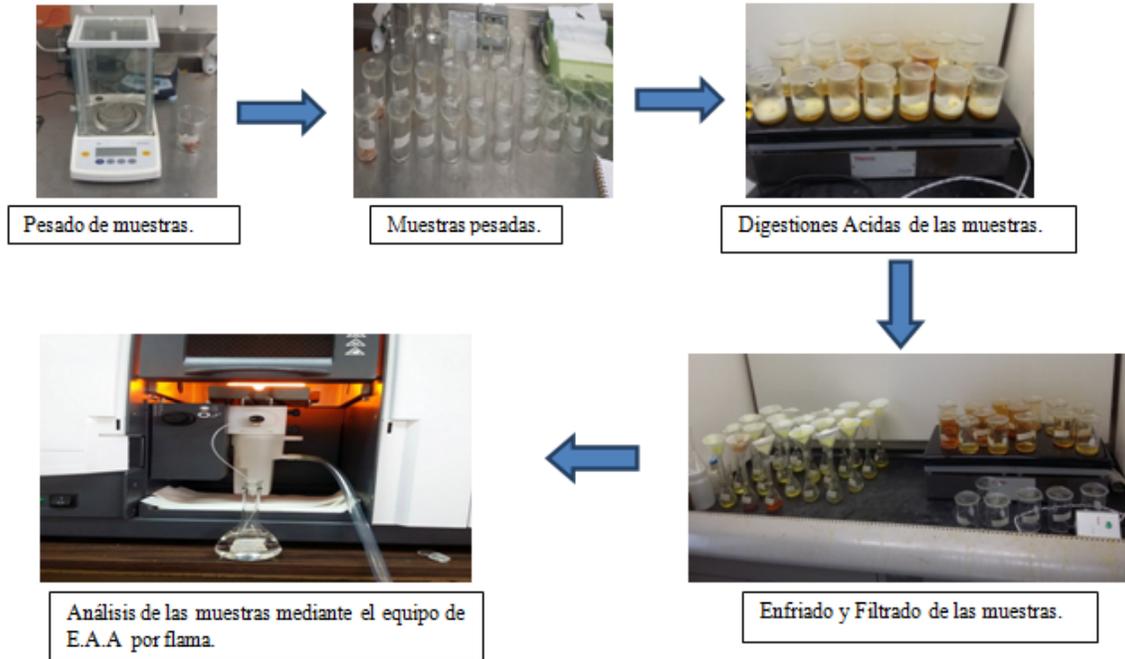


Figura 2. Digestión y análisis de las muestras.

Resultados y discusión

Se obtuvieron los resultados de plomo en Bahía de Lobos, convirtiéndose en la primera referencia de este tipo. Como se puede observar, el mes que presentó mayor presencia de plomo fue julio con una concentración media de 2.81 mg/L (Tabla 1), seguido de septiembre, agosto, mayo, noviembre, octubre, junio y diciembre.

Tabla 1. Medias y rangos de las concentraciones de Pb en agua de Bahía de Lobos.

Meses	Agua (mg/L)
Mayo	1.05 (0.47-1.66)
Junio	0.47 (0.47-0.47)
Julio	2.81 (0.47-6.06)
Agosto	1.85 (0.47-3.66)
Septiembre	2.48 (0.47-4.5)
Octubre	0.80 (0.47-2.16)
Noviembre	0.89 (0.47-2.16)
Diciembre	0.47 (0.47-0.47)

Si se toma en cuenta la NOM-001-ECOL-1996 (SEMARNAP 1996) que establece los límites máximos permisibles diarios para Pb en estuarios con un valor de 0.4mg/L que coincide con el de la protección de la vida acuática, todos los meses analizados incumplen con lo establecido en la norma mexicana. El límite máximo permitido diariamente llegó a sobrepasar hasta 15.15 veces lo establecido para un estuario y la misma cantidad de veces ha sobrepasado lo establecido para la protección de la vida acuática.

La NOM-001-ECOL-1996 (SEMARNAP 1996) establece también los límites máximos permisibles mensuales para Pb en estuarios y la protección de la vida acuática con un valor de 0.2 mg/L. Todos los meses analizados incumplen con lo establecido en la norma mexicana sobrepasando hasta 30.30 veces lo establecido para un estuario y para la protección de la vida acuática.

Haciendo una comparación respecto a los niveles de Pb en agua en México y otros lugares del mundo, tenemos que: en el río Ganga en Bengal, India se han encontrado niveles máximos de 3.35 mg/L (Dutta *et al.* 2005). Las concentraciones más altas encontradas por Ismail *et al.* (2016), en el estrecho de Malacca, Malasia fueron de 0.160 mg/kg y en el río Lerma, México se han encontrado niveles máximos de 0.193 mg/L (Zarazúa *et al.* 2013).

Mientras que en bahía de Lobos la concentración máxima ha sido de 6.06 mg/L, lo que es 1.8 veces más que lo encontrado en el río Ganga; 37.87 veces más que en el estrecho de Malaca y 31.39 veces lo encontrado en el río Lerma. Así podemos decir que Bahía de Lobos, Sonora supera en contaminación a otros lugares de México y el mundo.

Los resultados para crustáceos cumplieron los límites de 0.5 mg/kg de Pb que establece la NOM-242-SSA1-2009 para el consumo humano, no detectándose el metal de estudio en el músculo, exoesqueleto y cabeza de los camarones analizados.

Conclusiones

Se concluye que las muestras de agua de Bahía de Lobos, Sonora tiene presente niveles de plomo superiores a la normatividad existente, pero estos no se han visto reflejados en

bioacumulación en el camarón (*Litopenaeus vannamei*) especie comestible y de alto interés comercial y uno de los pilares de la economía sonorensis. Se recomienda realizar un muestreo ambiental y biológico más amplio para realizar mapeos y visualizar como se distribuye la pluma de contaminación del Pb en el lugar y cómo puede afectar a otras especies.

Referencias

- Alarcón, S. (2003). Determinación de Elementos traza (Cd, Cu, Ni, Pb, Hg y As) en Agua de Mar y Sedimento de la Bahía de Puerto Montt. Tesis. Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 84 p.
- Ávila-Pérez, P. y Zarazúa-Ortega, G. (1993). Concentración de metales pesados en ostiones (*Crassostrea virginica* Gmelin), del canal de Chijol, Veracruz, México. Revista internacional de contaminación ambiental, 9(2), 53-64.
- Calderón, C. y Valdés, J. (2012). Metals content in sediments and benthic organisms of San Jorge Bay. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 45(1), 121-133.
- Dutta, S., Kole, R. K., Gosh, S., Nath, D. y Vass K. K. (2005). Impact assessment of Lead on water quality of River Ganga in west Bengal, India. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 75, 1012-1019. DOI: 10.1007/s00128-005-0850-5.
- Hansen, A. M., Mahé, F. y Corzo-Juárez, C. E. (2013). Metodología para determinar la liberación de metales del sedimento al agua en lagos y embalses. Revista internacional de contaminación ambiental, 29(3), 179-190.
- Hao, H., Bin, C., Zhiyuan, M., Zhenghua, L., Senlin, Z., Weiwei, Y., Jianji, L., Wenjia, H., Jianguo, D. y Guangcheng, C. (2017). Assessing the ecological security of the estuary in view of the ecological services- A case study of the Xiamen Estuary. Ocean & Coastal Management, (137), 12-23. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2016.12.003
- Ismail, A., Toriman, M. E., Juahir, H., Zain, S. M., Habir, N. L. A., Retnam, A., Kamarudin, M. K. A., Umar, R. y Azid, A. (2016). Spatial assessment and source identification of heavy metals pollution in surface water using several chemometric techniques. Marine Pollution Bulletin, (106), 292-300. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2015.10.019.
- Lemus, M., Castañeda, J. y Chung, K. (2014). Heavy metals in fish and invertebrates from the gulf of Paria, Venezuela. Revista internacional de contaminación ambiental, 30(2), 137-142.

- Lima, L., Olivares-Rieumont, S., Columbie, I., de la Rosa, D. y Gil., R. (2005). Niveles de plomo, zinc, cadmio y cobre en el río Almendares, ciudad Habana, Cuba. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 21(3), 115-124.
- Molina, C.I., Ibañez, C. y Francois-Marie, G. (2012). Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperalino (Poopó, Oruro, Bolivia): Posible riesgo en la salud de consumidores. *Ecología en Bolivia*, 47(2), 99-118.
- Romero, K. P. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1), 45-46.
- SE (2001). Norma Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2001. Análisis de agua-Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Secretaría de Economía. *Diario Oficial de la Federación*. 13 de agosto del 2001.
- SEMARNAP (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. *Diario Oficial de la Federación*. 6 de enero de 1997.
- SSA (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009. Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Secretaría de Salud. *Diario Oficial de la Federación*. 10 de febrero de 2011.
- Zarazúa, G., Ávila-Pérez, P., Tejeda, S., Valdivia-Barrientos, M., Zepeda-Gómez, C. y Macedo-Miranda, G. (2013). Evaluación de los metales pesados Cr, Mn, Fe, Cu, Zn y Pb en sombrero de agua (*Hydrocotyleranunculoides*) del curso alto del Río Lerma, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(2), 17-24

Capítulo VI. Bioestimulante múltiple en el desarrollo y producción pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de casa sombra en el Valle del Yaqui

Maritza Arellano Gil, Ofelda Peñuelas Rubio, Catalina Mungarro Ibarra, Abel Alberto Verdugo Fuentes y Gilberto Gómez García
Dirección de Recursos Naturales
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. maritza.arellano@itson.edu.mx

Resumen

México es el 8vo productor mundial de pepino, el dinamismo del mercado internacional, hace necesario el aumento del rendimiento para aprovechar las ventanas de comercialización. Potencialmente se pueden alcanzar hasta 179 ton ha⁻¹, por lo que se hace indispensable la validación de estrategias para alcanzarlo. El objetivo de este proyecto fue valorar la aplicación de un bioestimulante con base en: algas marinas, extractos vegetales, aminoácidos y fitoreguladores en el cultivo intensivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de casa sombra en el Valle del Yaqui, Sonora. Se aplicaron por drench cuatro tratamientos: 0, 1, 1.5 y 2 L ha⁻¹ del bioestimulante, se evaluó altura, rendimiento, calidad, firmeza, biomasa aérea y radical. En altura y calidad (longitud y diámetro de fruto) no hubo diferencias entre tratamientos; sin embargo hubo 71, 69 y 65% más frutos y 27, 22 y 17% más peso al aplicar 2, 1 y 1.5 L ha⁻¹, respectivamente con respecto al testigo. En la biomasa aérea y radical destacaron las plantas que se les aplicó 2 L ha⁻¹ con 17 y 88% más que el testigo. Con los resultados obtenidos se evidencia el importante aumento en rendimiento lo cual, considerando lo corto del ciclo de cultivo, es derivado de la bioestimulación de la raíz de las plantas de pepino.

Introducción

La producción de pepino en nuestro país alcanzó en 2015 un valor de 243 millones de dólares, los principales productores son Sinaloa y Sonora y concentran la producción entre diciembre y marzo de acuerdo a la demanda del mercado estadounidense que se ha perfilado como el principal consumidor (SIAP-SAGARPA, 2016). La planta de pepino tiene un potencial de rendimiento en invernadero hasta de 179 T ha⁻¹, sin embargo a nivel nacional se reportan de 6 a 105 T ha⁻¹ dependiendo del nivel de tecnificación del sistema de producción. El cultivo de pepino es corto y sumamente intenso, por lo que la estimulación del desarrollo de la raíz es fundamental para mantener la capacidad productiva de la planta.

Además de proveer los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos, en la agricultura se utilizan bioestimulantes para favorecer el crecimiento de las plantas, los cuales según el Consejo

Europeo de la Industria de Bioestimulantes (EBIC, 2017)) se definen como “una sustancia o mezcla de ellas o un microorganismo diseñado para ser aplicado solo o en mezcla sobre plantas de cultivo, semillas o raíces (rizósfera) con el objetivo de estimular procesos biológicos y, por tanto, mejorar la disponibilidad de nutrientes y optimizar su absorción; incrementar la tolerancia a estreses abióticos; o los aspectos de calidad de cosecha”. Estos funcionan a través de complejos modos de acción que están orientados de manera general al desarrollo de la raíz y a favorecer la absorción de macro y micronutrientes (Calvo *et al.*, 2014) cualidades que han sido reportadas en los extractos de algas (Battacharyya *et al.*, 2015), aminoácidos (Colla *et al.*, 2015), fitorreguladores (Ariza *et al.*, 2015) y extractos vegetales (Grijalva *et al.*, 2012). Sin embargo, existe una brecha entre los estudios de laboratorio con un bioestimulante único y la eficiencia en situaciones prácticas de campo considerando la multitud de factores que afectan el crecimiento de una planta (Du Jardin, 2015), por lo cual se evaluó el efecto de un bioestimulante múltiple en el desarrollo y producción pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de casa sombra en el Valle del Yaqui.

Fundamentación teórica

En los últimos años los bioestimulantes se emplean en conjunto con fertilizantes, no como un reemplazo, para obtener un mejor desarrollo de los sistemas vegetales. Se reportan los siguientes beneficios en el uso de bioestimulantes (Du Jardin, 2015):

- Germinación más rápida y completa.
- Mejoran los procesos fisiológicos como: fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, etc.
- Favorecen al desarrollo y multiplicación celular.
- Incrementan el volumen y masa radicular.
- Mejoran la capacidad de absorción de nutrientes y agua del suelo.
- Aumentan la resistencia de la planta a condiciones ambientales adversas, plagas y enfermedades.
- Participan activamente en mecanismos de recuperación de plantas expuestas al estrés.
- Aumento de la producción y calidad de las cosechas.

Fósforo. La mayoría de los suelos son deficientes en formas de fósforo asimilables, por lo que se requiere de la aplicación de fertilizantes fosforados para alcanzar niveles aceptables de productividad. Sin embargo, la mayor parte del fósforo aplicado es rápidamente fijado en el suelo en fracciones que están pobremente disponibles por las raíces de las plantas. La interacción del fósforo con diferentes nutrientes del suelo es de gran importancia en la absorción, traslocación y utilización de este elemento por el vegetal. Una nutrición inadecuada de fósforo puede provocar severos trastornos fisiológicos en las plantas, las cuales se consideran más eficientes cuando en el aprovechamiento de este nutriente aún bajo determinadas condiciones nutricionales, normales o adversas, consiguen utilizarlo para su crecimiento y desarrollo (Fernández, 2007).

Potasio. Es un macroelemento activador de enzimas que participan en fotosíntesis, respiración y formadoras de almidón y proteínas, también se encuentra involucrado en el transporte de fotoasimilados. Este ion juega un papel indispensable en la osmorregulación celular y su deficiencia ocasiona pérdida de turgencia y marchitamiento (Alcántar *et al.*, 2013). Su presencia da firmeza a los tejidos y grosor a las paredes celulares; la deficiencia genera descomposición del tejido parenquimatoso.

Extractos de algas marinas. 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 (Craigie, 2011; Mattner *et al.*, 2013). Los efectos bioestimulantes de las algas marinas se relacionan con la presencia de fitoreguladores y compuestos de bajo peso molecular, sin embargo, se ha investigado también el papel de algunas moléculas grandes y complejas como polisacáridos y polifenoles; laminaran, fucoïdan y alginatos no presentes en plantas terrestres también favorecen la resistencia al stress (Khan *et al.*, 2009; González *et al.*, 2013).

Reguladores de crecimiento vegetal (ácido naftalenacético y ácido indolbutírico). Dentro de las sustancias reguladoras de crecimiento, las auxinas son las que presentan mayores efectos en la formación de raíces adventicias siendo las hojas jóvenes y yemas activas, la principal fuente de auxinas endógenas, que permiten la rizogénesis en ausencia de auxina exógena (Yakhin, *et al.*,

2016). La aplicación exógena de auxinas induce la formación de raíces adventicias, las más utilizadas son el ácido 3-indolbutírico (AIB) y el ácido naftalénacético (ANA), resultando más efectivas en la inducción rizogénica que la auxina natural, el ácido 3-indolacético (AIA). A través de estas sustancias se puede interferir en procesos fisiológicos y/o morfológicos tales como germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación, senescencia y abscisión. Estos productos favorecen un equilibrio hormonal en la planta y producen una relación adecuada del sistema radical aumentando el número y la profundidad de raíces, las que aportan una mayor absorción de agua y nutrientes. Además, mantienen por más tiempo las hojas con una fotosíntesis activa (Kearney *et al.*, 2011).

Metodología

Establecimiento del experimento. Se inició en Octubre 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 pepino; se efectuó siembra directa, en doble hilera con una separación entre semilla de 50 cm. Se regó utilizando un sistema presurizado por goteo con una cintilla de 30 cm entre goteros, dependiendo de las necesidades del cultivo; se fertilizó inyectando en el sistema de riego semanalmente, una dosis total 250-210-600-80 (NPK) Kg ha⁻¹; se aplicaron extractos botánicos (cítricos, canela, gobernadora, chile y ajo) como repelentes de plagas y prevención de enfermedades.

Diseño experimental y tratamientos. Se aplicó un diseño experimental de cuatro bloques al azar con cuatro tratamientos, conformando 16 unidades experimentales de 6m² con 16 plantas cada uno de las cuales se utilizaron las 10 plantas centrales como parcela útil. En total el experimento fue de 96 m², con 255 plantas. Se evaluaron cuatro dosis: 0, 1, 1.5 y 2 L ha⁻¹ del bioestimulante múltiple que corresponden a T1, T2, T3 y T4; la aplicación de los tratamientos fue por triplicado, cada 15 días después de la germinación por drench, esto es directo a la raíz de la planta simulando inyección en el sistema de riego. El contenido garantizado se muestra en el Tabla 1.

Tabla 1. Contenido garantizado del bioestimulante múltiple.

Parámetro	Resultado
Fósforo (%)	5
Potasio (%)	4
Extractos vegetales (%)	7
Algas marinas (%)	10
Aminoácidos (%)	3
Ác. Naftalenacético (ppm)	280
Ác. Indolbutírico (ppm)	20
Oligolementos (%)	1
Materia orgánica (%)	28

<http://fiasa.mx/wp-content/uploads/2016/09/FICHA-TECNICA-FIAMIN-R.pdf>

Variables evaluadas. Altura de planta: se evaluó con cinta métrica desde la base del tallo hasta la punta de crecimiento más alta; rendimiento: se contó y pesó los frutos en los cinco cortes; calidad: longitud (cinta métrica), diámetro (vernier) y resistencia a la penetración (penetrómetro Oremor de 0 a 44 lb) de los frutos cosechados; biomasa aérea y radical: 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 en balanza analítica. En cada parámetro de evaluación se obtuvieron valores numéricos correspondientes a las 16 unidades experimentales; salvo en la biomasa radical, no se realizó análisis estadístico a la raíz debido a que es sumamente complicado extraer la raíz de una planta adulta, por lo que se tuvo solamente una muestra 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. No se detectan diferencias estadísticas significativas, sin embargo las plantas tratadas con el bioestimulante T2, T3 y T4 (1, 1.5 y 2 L ha⁻¹) muestran un comportamiento favorable respecto al testigo (T1), con 17, 16 y 14% más altura respectivamente (Figura 1). Se reporta que el uso de diversos bioestimulantes favorecen la altura de las plantas, tal es el caso de *T. harzianum* A-34 en pepino y extractos de algas (*Kappaphycus alvarezii*) en soya (Rathore *et al.*, 2009).

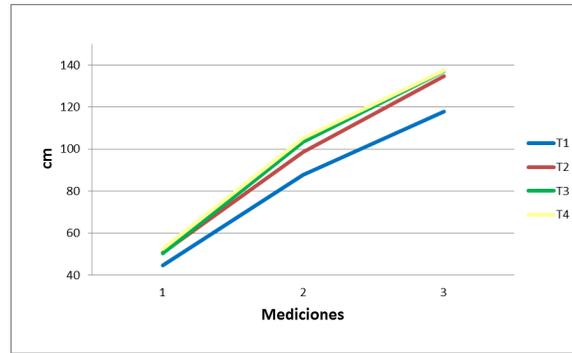


Figura 1. Altura de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) como efecto de diferentes dosis de un bioestimulante múltiple aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Rendimiento. El número de frutos (Figura 2a) reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), con 71, 69 y 65% los T4, T2 y T3 (2, 1 y 1.5 L ha⁻¹) más que el testigo; en concordancia, se detectaron diferencias estadísticas en el peso de frutos (Figura 2b), destacando T4 y T3 (2 y 1.5 L ha⁻¹) con 27 y 22 % más peso por encima del testigo sin aplicación. Los extractos de algas incrementa las cosechas y favorece la calidad de los frutos porque contienen hasta 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento (Yakhin, *et al.*, 2016); en tomate se reportan hasta 21 T ha⁻¹ más que el testigo (Álvarez, 2000); bioestimulantes con polisacáridos, aminoácidos y ácidos húmicos evitaron la pérdida de rendimiento y calidad en plantas tomate al reducir 40% la fertilización (Koleska *et al.*, 2017); el quitosano aplicado de manera foliar en pepino, aumentó 150% el rendimiento (González *et al.*, 2009).

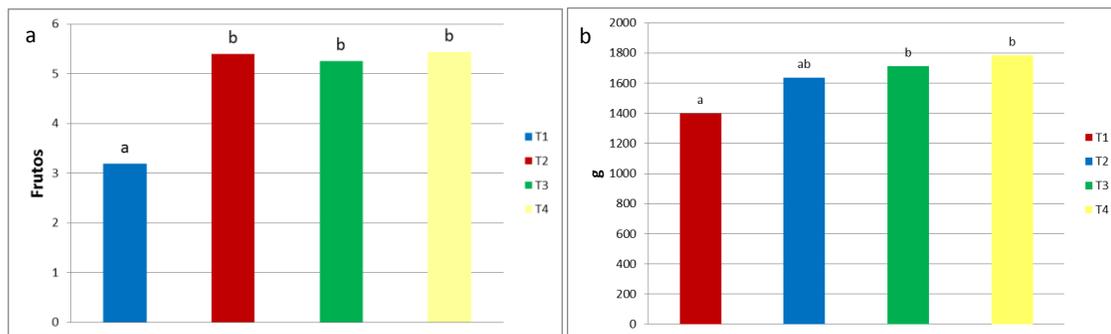


Figura 2. Número (a) y peso (b) de frutos en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) como efecto de diferentes dosis de un bioestimulante múltiple aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Calidad. No se encontró diferencia en el análisis estadístico entre los tratamientos en cuanto a longitud del fruto, sin embargo las aplicaciones de bioestimulante fueron mínimamente

más largos. El grosor del fruto de las plantas tratadas fue pequeña pero significativamente diferente, siendo los pepinos de las plantas tratadas con el T3 (1.5 L ha⁻¹) apenas 1% más gruesos. Se evidenció una diferencia estadística de todos los tratamientos por encima del testigo en la firmeza de los frutos, destacando T3 (1.5 L ha⁻¹) con el 12% más Kgf, seguido del T2 y T4 (1 y 2 L ha⁻¹) con 10 y 9% más firmeza (Tabla 2).

Tabla 2. Calidad de frutos de pepino (*Cucumis sativus* L.) como efecto de diferentes dosis de un bioestimulante múltiple aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Tratamientos	Dosis (L ha ⁻¹)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Firmeza (Kgf)
T1	0	23.75	4.63 b	2.82 a
T2	1	24.13	4.47 a	3.10 b
T3	1.5	24.08	4.65 b	3.14 b
T4	2	23.97	4.51 a	3.08 b

Se reporta que la aplicación foliar de levaduras y quitosano en plantas de pepino incrementa significativamente la calidad expresada como longitud y diámetro del fruto, así como su contenido nutrimental (Shehata *et al.*, 2012); una sinergia diferente de levaduras con extractos de algas, también de manera foliar, favoreció el diámetro y longitud de bulbos de cebolla, al igual que el contenido de nitrógeno, proteína y materia seca; las citoquininas naturales en la levadura estimulan división y alargamiento celular, así como la síntesis de proteína y ácidos nucleicos (Shafeek, *et al.*, 2015).

Biomasa. Se presentó una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) en la parte aérea, destacando el T4 (2 L ha⁻¹) con 17% más peso que el testigo. La parte de raíz no se evaluó estadísticamente ya que solo se muestra la raíz de una planta por tratamiento, sin embargo aún de manera ilustrativa se denota el T4 (2 L ha⁻¹) con 88% más que el testigo, después T3 y T2 (1.5 y 1 L ha⁻¹) con 69 y 63% más biomasa radicular.

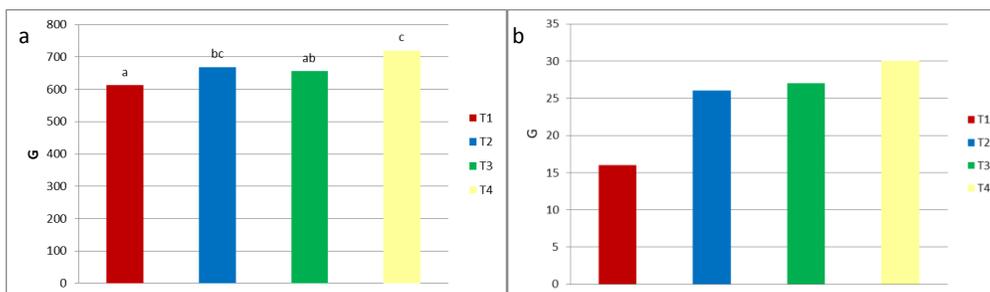


Figura 3. Biomasa aérea (a) y radical (b) de frutos en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) como efecto de diferentes dosis de un bioestimulante múltiple aplicado al suelo bajo condiciones de casa sombra.

Los mecanismos de acción de los bioestimulantes son muy diversos y pueden incluir la activación del metabolismo del nitrógeno y del fósforo, haciéndolos disponibles para las plantas, lo cual también estimula la actividad microbiana del suelo (Yakhin, *et al.*, 2016), además de las características formadoras del follaje como son desarrollo en la altura y el buen número de tallos al añadir además citoquininas y giberelinas. La aplicación exógena de auxinas induce la formación de raíces adventicias, las más utilizadas son el ácido 3-indolbutírico (AIB) y el ácido naftalén acético (ANA), resultando más efectivas en la inducción rizogénica que la auxina natural, el ácido 3-indolacético (AIA) (Geneve y Hauser, 1982). Se reporta que la aplicación foliar de extractos de algas favorecen el desarrollo de raíces en una gran variedad de especies como: tomate (Crouch & Van Staden, 1992), uva (Mugnai *et al.*, 2008), y fresas (Alam, 2013) entre otros. Las sustancias húmicas promueven el crecimiento en plantas de pepino debido a una estimulación de la distribución del nitrógeno y otros nutrientes minerales, por acción de citoquininas y poliaminas (Mora *et al.*, 2010). Lo anterior nos lleva a entender que existe sinergia en la utilización de bioestimulantes con minerales propios del desarrollo radicular en combinación con fitorreguladores, tal como ocurrió en los resultados que aquí se presentan.

No se analizó la influencia en la materia orgánica del suelo, sin embargo, dado el 28% que contiene el bioestimulante múltiple aquí evaluado, se puede esperar un efecto importante, ya que otros estudios reportan que al aplicar microalgas al suelo (Arellano *et al.*, 2016) se aumenta éste parámetro hasta en 100%, lo cual es sumamente interesante en la zona sur de Sonora que por génesis sus suelos son pobres en materia orgánica.

Conclusiones

De manera general las plantas que recibieron la aplicación del enraizante con base en bioestimulantes, fósforo y potasio respondieron destacadamente en el rendimiento (hasta 70% más frutos y 30% más peso) y calidad (9% más firmeza) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), superando al testigo sin aplicación las dosis de los tratamientos T3 y T4 (1.5 y 2 L ha⁻¹), respectivamente. De manera especial el desarrollo radical ó biomasa se perfila como la causa fisiológica de tal éxito (88% más), sin embargo se recomienda un análisis detallado sobre los efectos en la raíz a partir de la germinación.

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.
- Alcántar, G., Trejo-Téllez, L., Fernández, L., & Rodríguez, M. (2013). Elementos esenciales. En G. Alcántar & L. Trejo-Téllez (Comp). *Nutrición de cultivos* (454 p.). México, Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados.
- Álvarez, V.J. (2000). Los Extractos de Algas Marinas en el Rendimiento y Calidad del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, Mex.
- Arellano, M., Mungarro, C., Peñuelas, O., Verdugo, A.A. & Valdéz, L.C. (2016). 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. En E. Meza, A. Soto, M. González y J. Angulo (Comp.). *Avances de Investigación Colegiada en la Universidad* (pp. 55-65). México: ITSON
- Ariza, F.R., Barrios, A., Herrera, M., Barbosa, F., Michel, A., Otero M. & Alia, I. (2015). Fitohormonas y bioestimulantes para la producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1653-1666.
- Battacharyya, D., Zamani, M., Rathor, P. & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. ISSN 0304-4238,
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3–41.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R. & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture, *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38. ISSN 0304-4238.
- Craigie, J. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J Appl Phycol*, 23, 371–393.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. ISSN 0304-4238,

- EBIC (2017). European Biostimulants Industry Council. En: <http://www.biostimulants.eu>
- Fernández, M.T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. XLI(2), 51-57.
- 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.
- Grijalva, R., Grijalva, S., Macías, R., López, A. & Robles, F. (2012). Respuesta de la polinización artificial y de un bioestimulante en la productividad del olivo bajo condiciones desérticas de Sonora. *Biotecnia*, 14(3), 39-44.
- Kearney, M., Cerioni, G., Stefani, R., Morla, F., Giayetto, O., Rosso, M. & Della, J. (2011). Bioestimulante aplicado a la semilla de maní sobre la emergencia, el rendimiento y la calidad. *Boletín del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. ISSN On line 1851-4987.
- Khan, W., Rayirath, U. & Subramanian, S. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J Plant Growth Regul*, 28, 386–399.
- Koleška, I., Hasanagić, D., Todorović, V., Murtić, S., Klokić, I., Parađiković, N. & Kukavica, B. (2017) Biostimulant prevents yield loss and reduces oxidative damage in tomato plants grown on reduced NPK nutrition. *J Plant Interactions*, 12:1, 209-218.
- 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 Hort*, 29, 258–270.
- Mora, V., Bacaicoa, E., Zamarreño, A-M., Aguirre, E., Garnica, M., Fuentes, M. & García-Mina, J-M. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *Journal of Plant Physiology*, 167:8, 633-642.
- 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.

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.

Shafeek, M., Helmy, Y. & Nadia M. (2015) Use of some Bio-stimulants for Improving the Growth, Yield and Bulb Quality of Onion Plants (*Allium cepa* L.) under Sandy Soil Conditions. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 5:1, 68-75.

SIAP – SAGARPA. Recuperado el 19 de mayo de 2017, de:
<http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>

Yakhin, O., Lubyantsev, A., Yakhin, I., & Brown, P. (2016). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, 2049

Capítulo VII. Respuesta de pepino a diferentes tratamientos de fertilización orgánica y química en un suelo arcillo compactado bajo invernadero en el Valle del Yaqui

Luis Carlos Valdez Torres¹, Karen Alicia Granillo Moreno¹, Germán Eduardo Dévora Isiordia¹,
Rodrigo Gonzalez Enríquez¹ y Maritza Arellano Gil²

¹Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente, ²Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinaria
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. luis.valdez@itson.edu.mx

Resumen

La falta de materia orgánica y nutrientes en el suelo reduce el rendimiento del cultivo, lo cual exige aplicar grandes cantidades de fertilizante para obtener altas producciones; sin embargo, esta actividad ocasiona acumulación de sales y toxicidad en las plantas. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas que permitan recuperar el suelo, y una de ellas es la fertilización orgánica. Bajo este contexto, se planteó un estudio que tiene como objetivo evaluar la respuesta del pepino (*Cucumis sativus*) a cinco tratamientos de abono orgánico y un testigo (químico), con la finalidad de abastecer los requerimientos nutricionales de la planta bajo invernadero en el Valle del Yaqui. Los tratamientos utilizados fueron: pellet de gallinaza, composta, humus (sólido y líquido), combinaciones de pellet-foliar, pellet-químico y químico (control), las variables de respuesta fueron altura de planta, rendimiento por corte y total. El análisis estadístico se realizó con el diseño de bloques al azar y la comparación de medias con Tucker ($p < 0.05$). Los resultados obtenidos mostraron diferencia significativa en altura de planta a los 55 días después de la siembra con respecto al control, pero a los 99 días ya no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos. En cuanto a rendimiento, se obtuvieron los mayores estadísticamente con la combinación pellet-químico y fertilización química con 58.30 y 54.92 t ha⁻¹ respectivamente. Sin embargo la fertilización química y pellet de gallinaza fueron estadísticamente iguales, lo que confirma que la fertilización orgánica puede utilizarse en cultivo de pepino sin comprometer el rendimiento.

Introducción

En los últimos años las tierras agrícolas de la región Centro-Norte de México se han trabajado de manera intensiva, generando una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos e incrementándose las aplicaciones de productos inorgánicos (Fortis *et al.*, 2009). Al superar las dosis de fertilizantes químicos o sintéticos recomendadas se pueden ocasionar problemas de toxicidad y desbalance del equilibrio de los organismos del suelo ocasionando un empobrecimiento y degradación del mismo (Méndez y Chacón, 2009), a la vez estos químicos contaminan aguas subterráneas, donde se han encontrado concentraciones altas de nitratos provenientes de la agricultura (FAO, 2002).

Actualmente es necesario encontrar alternativas que sean económicas, amigables con el medio ambiente y que permitan obtener buenos rendimientos; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores, está el reciclado de nutrimentos a partir de fuente como el compostaje, uso de estiércol de origen animal y otras fuentes propias de los sistemas (Ramos & Terry, 2014). El uso de fertilizantes orgánicos brinda a los suelos la capacidad de absorber los distintos elementos nutritivos, reducir el uso de insumos externos, proteger la salud del ser humano y la biodiversidad, aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, mejoran su condición física, incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo (Mosquera, 2010). Además, esta acción permite darle valor agregado a los desechos de grandes industrias ya que con un buen manejo de residuos ganaderos es posible reciclarlos y transformarlos en fertilizantes orgánicos para las tierras de cultivo (Rodríguez, 2016).

La producción avícola intensiva genera desperdicios con grandes contenido de nutrientes, los cuales pueden ser aprovechados como fertilizante orgánicos en la agricultura (Estrada, 2005). La incorporación de gallinaza en la agricultura tiene un impacto benéfico sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además es fuente importante de materia orgánica, así como macronutrientes y micronutrientes indispensables para la producción (Rodríguez *et al.*, 2010).

Para tener un mejor manejo de estos residuos se ha estudiado la producción de pellets a partir de gallinaza, para facilitar su manejo y reducir el costo de su aplicación (Hadas *et al.*, 1983). Bajo el contexto anterior se planteó evaluar la respuesta de pepino (*Cucumis sativus*), a cinco tratamientos de abono orgánico y el testigo (fertilizantes químicos), con la finalidad de abastecer los requerimientos nutricionales de la planta bajo invernadero en el Valle del Yaqui.

Fundamentación teórica

Los suelos contienen todos los elementos necesarios para el desarrollo de la planta; sin embargo, en la mayoría de los casos, no en las cantidades suficientes para obtener altos rendimientos, por lo que es indispensable utilizar fertilizantes orgánicos o inorgánicos para proveerle los nutrimentos (SAGARPA, 2016). El uso adecuado de los fertilizantes enriquece el suelo y brinda a la planta los nutrientes en formas disponibles y asimilables (FAO, 2002).

Los fertilizantes inorgánicos son en general compuestos sintéticos de alta solubilidad y alta disponibilidad para las plantas, pero presentan la desventaja de que en condiciones de exceso de humedad en el suelo pueden ser desaprovechados por erosión o lixiviación, causando contaminando en las aguas superficiales y subterráneas. Los fertilizantes inorgánicos pueden ser considerados contaminantes del suelo y agua si son utilizados de forma indiscriminada, además no son considerados como mejoradores de suelo (Cubero & Viera, 1999).

Los fertilizantes orgánicos son residuos de origen animal o vegetal que se utilizan en la agricultura para mejorar el suelo a largo plazo, favorecen la actividad biológica y mejoran las condiciones fisicoquímicas (SAGARPA, 2016). Este tipo de fertilizante comúnmente es utilizado en sistemas de producción integral en conjunto con: utilización de cultivos trampa y control biológico de plagas a través de extractos vegetales (Gómez *et al.*, 1999).

Dentro de los principales fertilizantes orgánicos se encuentran los siguientes:

Humus. Es el resultado de la digestión de materia orgánica (compost, estiércol, descompuesto, vegetales, etc.) por las lombrices. Aporta nutrientes al suelo (N, P, K), mejora su calidad física, química y biológica, incrementa la producción y productividad de los cultivos (FONCODES, 2014).

Composta. Se obtiene de la descomposición del estiércol, mezclado con residuos vegetales. Los microorganismos como bacterias, hongos y lombrices descomponen los tejidos de las plantas muertas. Se debe controlar la circulación de oxígeno, la humedad y temperatura del material. Aumenta el contenido de N, P, K en el suelo y se retienen por más tiempo hasta ser utilizados por los cultivos y permite que el suelo retenga mejor el agua (FONCODES, 2014).

Estiércol. Han sido utilizados desde hace mucho tiempo para aumentar la fertilidad del suelo (SAGARPA, 2016).

Gallinaza. Es el producto de los desechos de la producción avícola intensiva, la cual contiene grandes cantidades de nutrientes y material orgánico que pudiese ser utilizado en la agricultura (Estrada, 2005). Es un abono orgánico de excelente calidad y se compone de

eyecciones de las aves de corral y el material utilizado como cama, que generalmente es cascarilla de arroz mezclada con cal en pequeñas proporciones. Es un apreciado fertilizante orgánico, relativamente concentrado y de rápida acción (Rosales *et al.*, 2007).

Este abono orgánico se diferencia de los demás por su alto contenido de nutrientes, contiene grandes cantidades de calcio, llegando a alcanzar valores de 10-12%, aunque su valor promedio es de 6% (Hernández & Cruz, 1993). Los nutrientes de la gallinaza pueden ser muy variables por la cantidad de factores que afectan a estas, pero se reportan valores de macro nutrientes N-P-K de 2.7, 0.36 y 6.3 respectivamente (Law-Ogbomo y Ajayi *et al.*, 2009). Para el elemento fósforo se reportan valores más altos de 1.21 (Mehdizadeh *et al.*, 2013). En micro-elementos como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), contiene valores en ppm de 842, 268, 55.8, respectivamente (Edwards y Daniel, 1992).

La utilización de los fertilizantes orgánicos tienen múltiples ventajas como aportar materia orgánica y microorganismos, favoreciendo la fertilidad de suelo y la nutrición de las plantas, además mejora la estructura del suelo y aumenta su capacidad de retención de agua, sin embargo el contenido de nutrientes de los abonos orgánicos es bajo, lo que implica la aplicación de grandes cantidades, convirtiéndose en una complicación para el productor (Álvarez *et al.*, 2010), problema cuya solución se encuentra en el proceso de peletización.

Metodología

El estudio se realizó en el invernadero del CETT 910 (Centro Experimental y de Transferencia de Tecnología 910) del Instituto Tecnológico de Sonora ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui en las coordenadas 27°21'45" de latitud norte y 109°55'83" de latitud en Ciudad Obregón, Sonora, México.

El invernadero cuenta con un área de 2400 m². El experimento se realizó en una superficie de 3 capillas cada una de 36 m de longitud y 8 m de ancho, dividida en 2 por un pasillo central, con un área de 864 m² en total. El ensayo se llevó a cabo en el ciclo agrícola otoño-invierno 2015-2016, en un suelo con textura arcillosa compactado.

El material vegetativo utilizado fue el híbrido de pepino (*Cucumis sativus*) SV2516CP de la casa comercial Seminis©, el cual se sembró de manera directa el día 01 de Octubre de 2015, en camas de 1.6 m de ancho con una separación entre planta de 0.3 m.

El experimento consistió en seis tratamientos, los cuales se dividieron en cuatro fuentes de fertilización (pellet de gallinaza, composta, humus, químicos) y sus combinaciones (50-50% pellet de gallinaza-químico, 50-50% pellet de gallinaza-foliares). La distribución de los tratamientos fue completamente al azar, la cual se observa en la figura 1 en donde se presentan las fuentes de fertilización utilizadas durante el experimento.

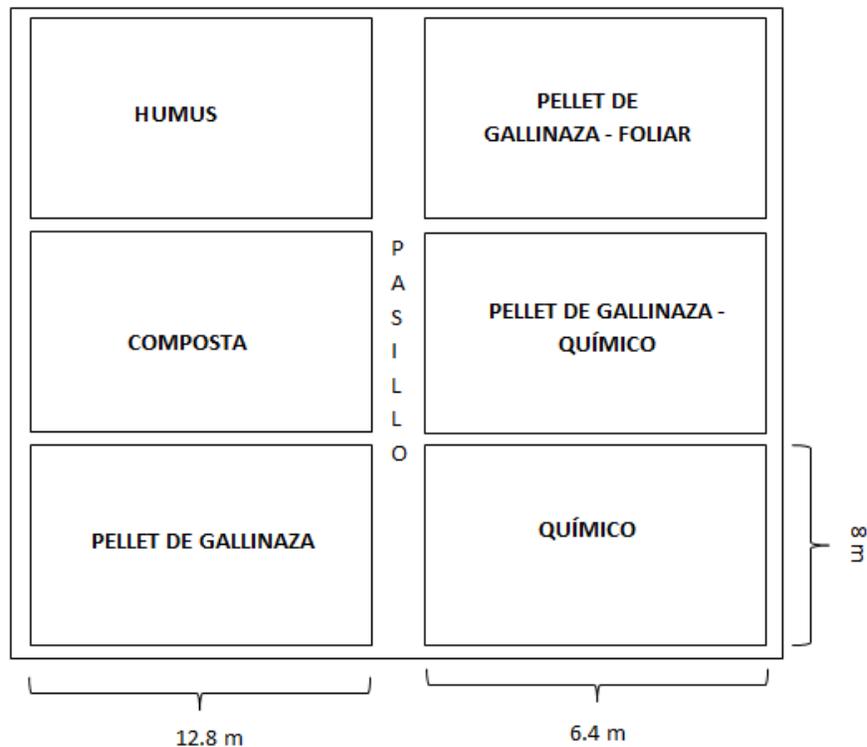


Figura 1. Distribución de los tratamientos.

Todos los tratamientos se ajustaron a un dosis total de 224-120-294 N-P-K, la cual fue obtenida de fertiberia (www.fertiberia.es) para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Para el cálculo de la cantidad de abono orgánico a aplicar en cada tratamiento se consideró la composición de nutrientes de cada fuente de fertilización (Tabla 1).

Tabla 1. Dosis de las fuentes de fertilización utilizadas.

Tratamiento	Componentes	Dosis	Nutrientes (N-P-K)
T1 – Pellet de gallinaza	100% Pellets de gallinaza	9.0 t/ha	2.5-3.25-2.5
T2 - Composta	100% Composta	9.5 t/ha	2.38-1.86-3.59
T3 - Humus	Humus sólido	5.6 t/ha	2-1.3-1
	Humus líquido	5,600 l	
T4 – Pellet de gallinaza-Foliar	Pellet de gallinaza	4.5 t/ha	2.5-3.25-2.5
	Pellet de gallinaza (foliar)	4.5 t/ha	
T5 – Pellet de gallinaza–Químico	Pellet de gallinaza	4.5 t/ha	2.5-3.25-2.5
	Fertilizantes químicos	112-60-147	
T6 - Químico (Control)	Fertilizantes químicos	224-120-294	

La aplicación de los pellets de gallinaza, composta y humus sólido se realizó de manera manual a una profundidad de 15 cm, aplicándose el total de la cantidad requerida antes de la siembra. La fertilización química se llevó a cabo por medio del sistema de riego por goteo o de manera foliar según el tratamiento y se dividió en quincenas según la etapa fenológica del cultivo.

Las variables que se evaluaron durante el desarrollo del experimento fueron: Altura de planta, rendimiento por corte y rendimiento total. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, con 6 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento. Los resultados se analizaron por el programa estadístico Statgraphics 5.1, realizando un análisis de la varianza y prueba de comparación de medias de Tukey con un valor de significancia de 5%.

Resultados y discusión

Altura de planta

La dinámica de crecimiento de las plantas de pepino en los diferentes tratamientos evaluados se muestra en la Figura 2. En los primeros días después de la siembra se presentó diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, siendo el tratamiento químico el de menor altura y los tratamientos de composta y pellet de mayor altura e iguales estadísticamente.

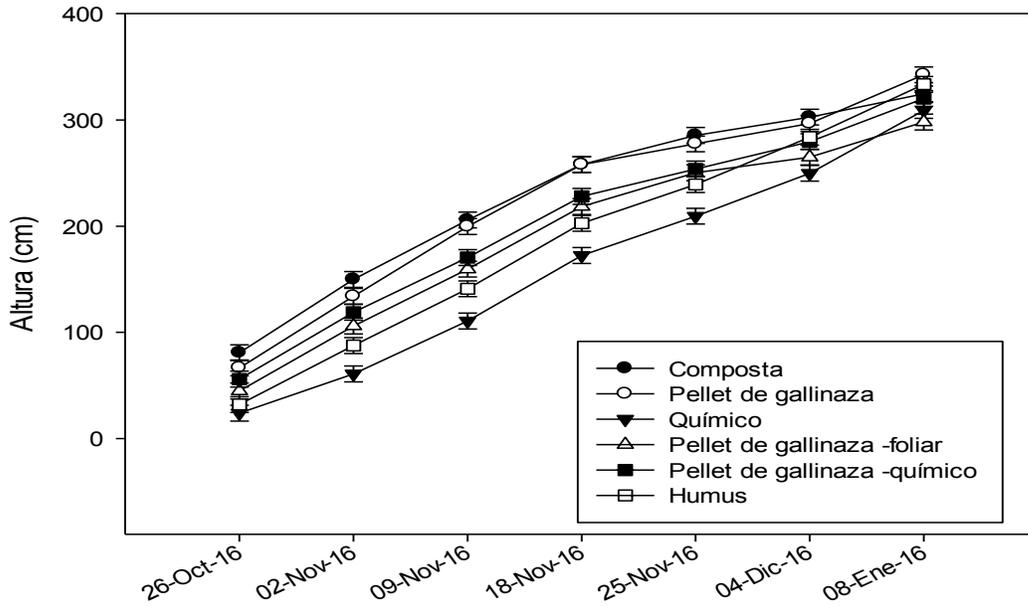


Figura 2. Comportamiento de la altura de planta en el cultivo de pepino.

El ciclo del cultivo finalizó a los 99 días después de la siembra (dds), en esta etapa se observó que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) en las mediciones de altura de los distintos tratamientos, superando los 3 m.

Rendimiento por corte

El corte del cultivo comenzó a los 53 dds, en la Figura 3 se muestra los rendimientos en los 9 corte de pepino realizados, observándose que en los primeros cortes se presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, siendo pellet de gallinaza, composta, pellet de gallinaza-foliar y pellet de gallinaza-químico los que presentaron rendimientos mayores. El tratamiento químico presentó un retardo en la producción de una semana.

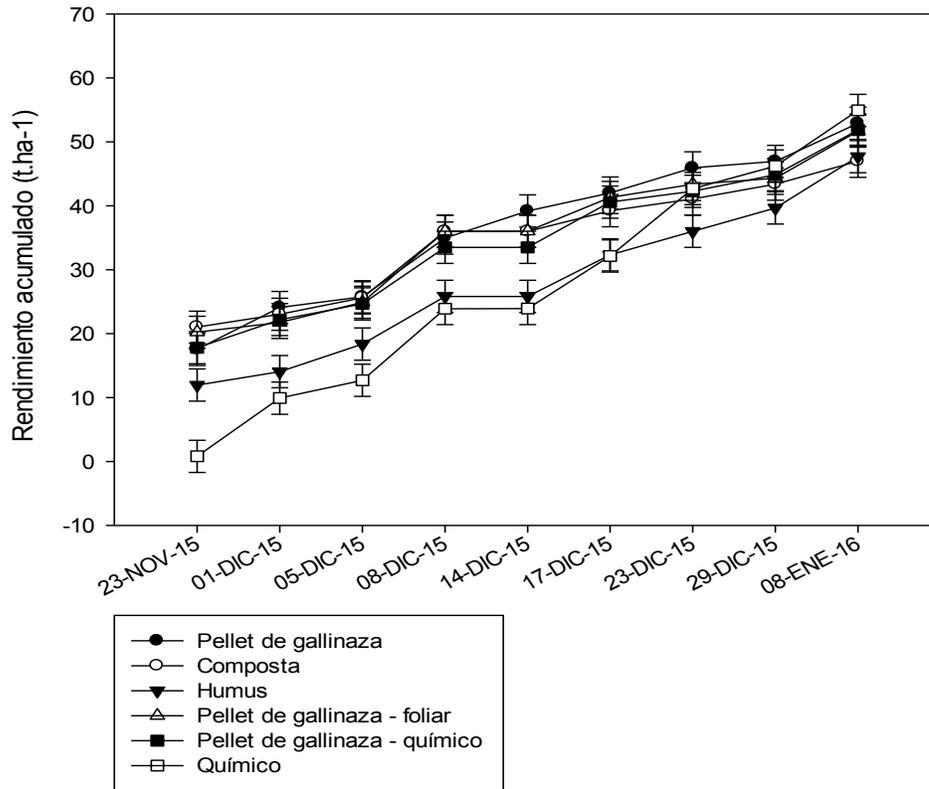


Figura 3. Rendimiento acumulado de pepino durante el ciclo agrícola.

Rendimiento total

En la Figura 4 se presenta el rendimiento total del cultivo, donde se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los distintos tratamientos, siendo las mejores fertilizaciones la de pellet de gallinaza-químico y químicos entre los cuales no existe diferencia significativa. Sin embargo la fertilización química y el pellet de gallinaza no muestran diferencia significativa, esto indica que las distintas fuentes de fertilización orgánica y química pueden ser utilizadas sin afectar el rendimiento ya que suministran una cantidad de nutrientes suficientes para que logre el desarrollo de la planta de pepino.

Los rendimientos más bajos se obtuvieron en los tratamientos de composta y humus, los cuáles presentan diferencia significativa ($P < 0.05$) con el tratamiento de pellet de gallinaza, combinación de pellet de gallinaza-químico y químico.

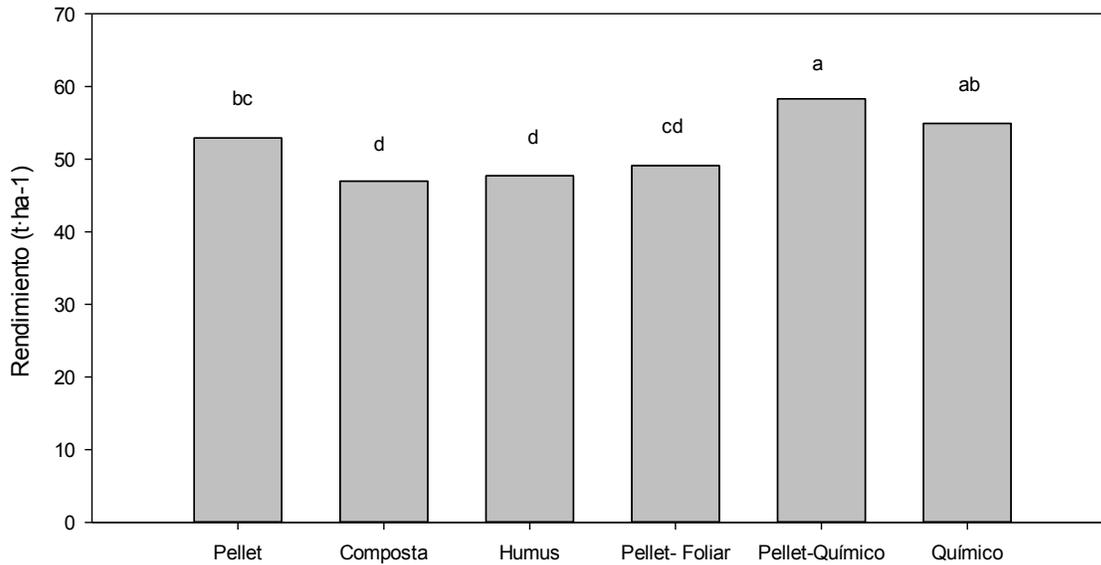


Figura 4. Rendimiento de planta de pepino (*Cucumis sativus*) prueba de Tukey ($P \leq 5\%$).

Autores como Bedada *et al.*, (2014), mencionan que con una aplicación de composta de 27 t·ha⁻¹), y fertilizantes químicos se obtiene un aumento del rendimiento del 26% más en comparación con solo aplicar fertilizantes químicos, donde se atribuye esto a la sinergia que existe entre la composta y fertilizantes químicos. Además Mugnai *et al.*, (2012) reportan que aplicando solamente 15 t·ha⁻¹ de compost se logra mantener la producción de uva a través de 9 años, además de mejorar significativamente las características del suelo.

Los rendimientos obtenidos por todos los tratamientos evaluados en este estudio concuerdan con el promedio reportado para el municipio de Cajeme en el ciclo 2013-2014 por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera que fue de 46.29 t·ha⁻¹ para pepino bajo riego (SIAP, 2016).

Raviv *et al.* (2004) mencionan que la aplicación de composta logró cubrir los requerimientos durante cuatro meses después del trasplante del cultivo de tomate. Márquez y Cano (2005) determinaron que los elementos nutritivos contenidos en la composta, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry.

Conclusiones

El cultivo presentó un comportamiento igual estadísticamente en altura de planta y rendimiento por corte siendo mayor al principio del ciclo en los tratamientos de pellet de gallinaza y composta; sin embargo, al final todos los tratamientos se emparejaron y ya no se presentó diferencia significativa. Esto se debe a las dosis de fertilización aplicadas al inicio del cultivo. Ya que a los orgánicos se aplicó la dosis total al inicio y en el químico se distribuyó en el ciclo vegetativo.

La combinación de pellet de gallinaza y fertilizantes químico y el testigo fueron los tratamientos que presentaron mejor rendimiento estadísticamente, y esto se debe a la sinergia entre fertilizaciones.

La fertilización orgánica puede sustituir a fertilización de productos químicos, ya que no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos de pellet de gallinaza y el testigo (fertilización química).

Referencias

- Álvarez, J.; Gómez, A.; León, N.; Gutiérrez, E. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz.
- Bedada, W., Karlun, E., Lemenih, M., y Tolera, M. (2014). "Agriculture, Ecosystems and Environment Long-term addition of compost and NP fertilizer increases crop yield and improves soil quality in experiments on smallholder farms". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 195:193 –201.
- Cubero, D. y Viera, M. (1999). Abonos orgánicos y fertilizantes químicos. ¿Son compatibles con la agricultura? XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos.
- Edwards y Daniel, 1992 Technology, B. Environmental Impacts of OnFarm Poultry Waste Disposal A Review, 41: 9–33
- Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*. 2(1): 43-48.

- FAO. (2002). Agricultura mundial. Hacia los años 2015/2030. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 17 de junio de 2016 de: <http://www.fao.org/3/a-y3557s.pdf>
- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES). (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Pp: 10, 22, 31.
- Fortis, M.; Leos, J.; Preciado, P.; Orona, I.; García, J.; García, J.; Orozco, J. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*. 27 (4): 329-336.
- Gómez T., Gómez M., Schwentesius R., (1999). Desafíos de la Agricultura Orgánica. s.n.t. p. 224.
- Hadas A., Bar B., Davidov S y Sofer M. (1983). Effect of Pelleting, Temperature, and Soil Type on Mineral Nitrogen Release from Poultly and Dairy Manures. *Soil Science Society of America Journal*. 47(6).
- Hernández, J.; Cruz, A. (1993). “Boletín informativo sobre el uso de subproductos: Gallinaza”. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. p. 5.
- Law-Ogbomo, K. E., y Ajayi, S. O. (2009). “Growth and yield performance of *Amaranthus cruentus* influenced by planting density and poultry manure application”. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 195.
- Márquez, C.; Cano, P. (2005). Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas portuguesas de horticultura*. 5(1): 219-224.
- Mehdizadeh M, Darbandi EI, Naseri-Rad H, Tobeh A. (2013). Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by different organic fertilizers. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. Vol., 4 (4), 734-738
- Méndez J. y Chacón C. (2009). Evaluación de tres dosis de fertilización con abono orgánico y sintético en la producción de zapallo (*Cucurbita pepo*). Zamorano, Honduras.
- Mosquera B. (2010). Abonos orgánicos: protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Fondo para la Protección del Agua (FONAG). Manual Técnico

- Mugnai, S., Masi, E., Azzarello, E., Mancuso, S. (2012). "Influence of Long-Term Application of Green Waste Compost on Soil Characteristics and Growth, Yield and Quality of Grape (*Vitis vinifera* L.)". *Compost Science & Utilization*, 20(1): 29-33.
- Ramos, D.; Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*. 35 (4): 52-59.
- Raviv, M., Medina, S., Krasnovsky, A. y Ziadna, H. (2004). "Organic Matter and Nitrogen Conservation in Manure Compost for Organic Agriculture". *Compost Science & Utilization* V 12 (1).
- Rodríguez, C. (2016). La intensificación ganadera como proceso de producción de residuos. UNRC. Recuperado en Junio del 2016 de:
<http://www.fertilizando.com/articulos/La%20Intensificacion%20Ganadera.asp>
- Rodríguez, J.; Velandia, J.; Viteri, S. (2010). Evaluación de Microorganismos aislados de gallinaza por su potencial para el biocontrol de *Fusarium (F. oxysporum)* en plántulas de Uchuva (*Physalis peruviana*). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 63 (2): 5499-5509.
- Rosales, N. L., Bermúdez, J., y Moronta, R. (2007). "Gallinaza : un residual avícola como fuente alternativa de nutrientes para producción de biomasa microalgal". *Revista Colombiana de Biotecnología* 9(141):48
- SAGARPA (2016). Utilización de estiércoles. Secretaria de desarrollo agricultura, ganadería, desarrollo rural y pesca. Recuperado el 17 de junio de 2016 de:
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/Documents/fichasaapt/utilizaci%F3n%20de%20esti%E9rcoles.pdf>
- SIAP. (2016). Cierre de la producción agrícola por estado. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. Recuperado el 17 de Agosto del 2016 de:
<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Capítulo VIII. Eliminación de compuestos fenólicos con microalgas marinas

Edna Rosalba Meza Escalante, Ruth Gabriela Ulloa Mercado, Denisse Serrano Palacios, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Pablo Gortáres Moroyoqui, Fernanda Mercado Gamboa y María Fernanda López Gándara
Ciencias del Agua y Medio Ambiente
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. edna.meza@itson.edu.mx

Resumen

Los compuestos fenólicos son reconocidos como de alta toxicidad y son generados por industrias como la farmacéutica, textil y petroquímica por lo que es de interés primordial el encontrar estrategias de eliminación de los mismos en los efluentes generados por estas industrias, sobre todo en aquellos con concentraciones altas de salinidad que un tratamiento biológico convencional no pueda sostener. En el presente estudio se evaluó la capacidad de la microalga marina *Nannochloropsis oculata* para la eliminación de una mezcla de compuestos fenólicos: fenol, *o*-cresol y *p*-cresol. Se realizaron cinéticas de consumo a 25, 50, 100 y 200 mg/L de concentración inicial de cada compuesto fenólico, obteniéndose eficiencias de consumo de 100% para los tres compuestos fenólicos a las tres primeras concentraciones estudiadas. El incremento de concentración a 200 mg/L, causó una disminución de las eficiencias de consumo, logrando como máximo una eficiencia del 60%. De acuerdo a los resultados obtenidos con la microalga marina *N. oculata* es viable para la eliminación de efluentes que contengan una mezcla de compuestos fenólicos sobre todo cuando estos compuestos estén presentes en efluentes con alta salinidad y en concentraciones similares a las evaluadas en este trabajo.

Introducción

En muchas partes del mundo, la introducción de contaminantes originados por la actividad humana ha degradado mucho la calidad de la misma, hasta el grado de convertir corrientes cristalinas en sucios canales a cielo abierto, con pocas formas de vida y sin la posibilidad de uso para la sociedad (Perez y Camacho, 2011).

Los compuestos fenólicos, constituyen parte de los contaminantes provenientes de actividades antropogénicas y se encuentran entre las sustancias orgánicas consideradas como subproductos no deseados en numerosos procesos industriales. Estos compuestos son fáciles de detectar, por medio del olfato o por sabores irritantes, a concentraciones bajas como 5 µg/L y son venenosos para la vida acuática. Al ser ingeridos por los humanos de manera constante a una concentración de 10 a 250 µg/L, puede llegar a causar diarreas, excreción de orina oscura, así

como problemas de la vista. Se ha detectado que la concentración letal de fenol en sangre, oscila aproximadamente de 4.7 a 130 mg/L (Cuizano y col., 2009).

Existe una amplia variedad de tratamientos que pueden ser utilizados en la eliminación de compuestos fenólicos, los cuales se clasifican como tratamientos físicos, químicos y biológicos. La elección del tratamiento más eficaz generalmente viene condicionada por las características del efluente (Gómez y col., 2006).

Las algas son consideradas unos de los organismos más antiguos del planeta, con aproximadamente 100,000 especies. De estas especies de algas, 6000 son algas rojas, 1800 algas pardas, y 8000 verdes, de las cuales 1000 son marinas y el resto de agua dulce. De todas estas especies, conocidas apenas el 1%, han sido estudiadas y no más de 6 especies han sido explotadas a gran escala (García y Durán, 2010).

Estudios recientes de Safafar y col. (2015) han demostrado que algunas microalgas pueden crecer en aguas residuales, y captar nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y algunos compuestos fenólicos, reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO) y producir oxígeno durante este proceso. El objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad de eliminación de una mezcla de compuestos fenólicos con microalgas marinas bajo condiciones de cultivo establecidas a nivel laboratorio.

Fundamentación teórica

En los últimos años, los problemas de contaminación ambiental han adquirido tal magnitud, que la sociedad ha ido tomando cada vez mayor conciencia de los riesgos actuales, y más aún, de los posibles efectos potenciales de algunos contaminantes (Jiménez, 2001). Aunque la contaminación de las aguas puede provenir de fuentes naturales, actualmente la mayor parte de la contaminación proviene, sin duda, de las diversas actividades antropogénicas. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas (Echarri, 2007).

Contaminación por compuestos fenólicos

La presencia de fenoles en el medio ambiente es consecuencia tanto de acciones naturales como del aporte antropogénico, principalmente de carácter agrícola e industrial (Camacho, 2009). Estudios efectuados en la década de los 80 permitieron corroborar la presencia de compuestos fenólicos en diferentes tipos de cuerpos de aguas: subterráneas (Goerlitz y col., 1985), de río (Wegman y Van der Broek, 1983), de mar (Xie y col., 1986), potable (Ventura y Rivera, 1986) y de manantial (Frank y col., 1987).

Los compuestos fenólicos son contaminantes que aparecen en los efluentes de numerosas industrias, y su presencia es perjudicial, tanto para el medio ambiente, como para la salud humana, al tratarse de sustancias tóxicas y corrosivas difíciles de degradar. Incluso, a pesar de su presencia de forma natural en el agua, a concentraciones bajas pueden constituir una fuente de contaminación importante. Según Mohan (2004), los procesos de producción industrial como son: farmacéutica, perfumería, explosivos, resinas fenólicas, plásticos, textiles, petróleo, colorantes, cuero, papel, coquerías, destilerías de alquitrán, pesticidas y plaguicidas expulsan alrededor del 26.3% de los compuestos fenólicos al aire, aproximadamente el 73.3% a las aguas y cerca del 0.4% en el suelo y los sedimentos acuáticos.

Con el fin de realizar procesos benéficos para el medio ambiente, se han implementado soluciones que implican el uso de microorganismos como bacterias, hongos y algas, los cuales tienen la capacidad de atrapar y/o degradar algunas veces estas sustancias hasta su mineralización (Garzón-Jiménez y Barragán-Huerta, 2008).

Microalgas en la degradación de compuestos fenólicos

La versatilidad del metabolismo de las microalgas las hace extremadamente interesantes; además, de ser la biomasa que presenta un crecimiento más rápido, su cultivo controlado supone ventajas relativas a su capacidad de almacenamiento de CO₂, acumulación de lípidos (para producción de biodiesel), producción de fitometabolitos (para una nueva generación de productos farmacéuticos) y además de propiedades como la fitodepuración (Scarsella y col., 2010).

De manera general, se ha determinado que las clorofitas (algas verdes) son más resistentes y las crisofitas (algas verde amarillento) las más sensibles, mientras que las cianofitas (algas verde azules) tienen una resistencia intermedia a los compuestos fenólicos (Torres y Calva, 2002).

Adicionalmente, las microalgas tienen aplicación como biofertilizantes y su uso se ha extendido al tratamiento de aguas residuales para eliminar contaminantes químicos como nitritos, nitratos, fósforo, metales pesados (Cr^{+3} , Cd^{+2} , Cu^{+2} y otros), contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos, compuestos fenólicos, disolventes orgánicos y además eliminar los patógenos del agua residual (Brennan y Owende 2010).

Nannochloropsis oculata pertenece a la clase Eustigmatophyceae, la cual agrupa a las especies que contienen la mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), especialmente ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido araquidónico (ARA), docosahexaenoico (DHA), que son de gran importancia en la nutrición de animales marinos, especialmente en el crecimiento y desarrollo de larvas de peces, moluscos y crustáceos (Morales y Torres, 2008). Algunas de sus características físicas son: estructuras celulares de 2 a 4 micras (Figura 1), color verde oscuro y su crecimiento óptimo se establece en temperaturas de 20 a 24 °C y después de 11 días alcanza su fase estacionaria de crecimiento, también presenta cualidades mixotróficas, es decir, para la realización de la fotosíntesis pueden utilizar como fuente de energía la luz u oscuridad por medio de compuestos orgánicos o inorgánicos (Romo-Piñera, 2002; Sánchez-Torres y col., 2008).

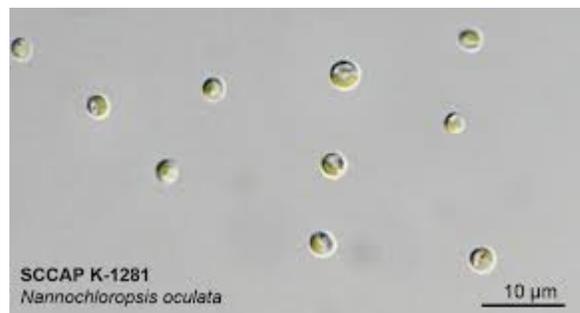


Figura 1. Imagen de célula de *Nannochloropsis oculata*.

Metodología

*Cultivo de microalga marina *Nannochloropsis oculata**

Inicialmente, el cultivo de las microalgas marinas *Nannochloropsis oculata* se realizaron en sistemas en lote, iniciando en tubos de ensayo de 60 mL de volumen de trabajo, después en 150 mL de cultivo en matraz Erlenmeyer, y finalmente se cultivó con 800 mL, a nivel y condiciones de laboratorio similares. Las cepas de las microalgas con las que se trabajaron provenían del cepario del Centro de Investigación Científica de Ensenada (CICESE), en la ciudad de La Paz, Baja California Sur. Se utilizó agua de mar esterilizada en un autoclave marca ALL AMERICAN UL a 15 lb/in² durante 15 minutos, con salinidad de entre 3 y 3.5 % previamente medida con un refractómetro marca ATAGO 2491 Master-S de uso manual. Una vez a temperatura ambiente, se le adicionó el medio algal, el cual consiste en una solución estéril de nutrientes (Fábregas y col., 1985) para la biomasa de *Nannochloropsis oculata*.

Para el cultivo de la microalga, se utilizó un arreglo de soporte y lámparas luminosas marca PHILLIPS de 60 W con intensidad luminosa de 250 $\mu\text{mol quanta}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ y un flujo de aire de 0.55 vvm (volumen aire/volumen de medio por minuto) enriquecido con pulsos de CO₂ de 10 s cada 10 minutos para mantener el pH de entre 7 y 8. La temperatura se mantuvo a 20°C y un ciclo de luminosidad de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. Los conteos celulares se realizaron durante las primeras horas luz, hasta llegar al término de la fase exponencial del cultivo. El conteo celular se realizó colocando en una cámara de Improved Neubauer y haciendo lectura con un microscopio óptico Labomed CxL, realizando diluciones para limitar la cantidad de células entre 30 y 300 por cuadrante.

Cinéticas en lote

Se realizaron cinéticas en lote por duplicado con concentraciones de 25, 50, 100 y 200 mg/L de cada uno de los compuestos fenólicos bajo estudio (fenol, *o*-cresol y *p*-cresol). Se utilizaron botellas serológicas con un volumen de trabajo de 60 mL en los que se incluían a los 3 compuestos fenólicos en las concentraciones definidas, se agregó HCO₃⁻ como fuente de carbono y 1 g de SST/L de biomasa, selladas finalmente con tapones que incluían dos agujas para propiciar el intercambio gaseoso. Se realizaron dos cinéticas adicionales, una como control abiótico (ausencia de biomasa) y otra con biomasa inerte, sometidas a las mismas condiciones de

incubación de las cinéticas con biomasa activa, para confirmar que la remoción de los compuestos fenólicos se debe a la actividad de la biomasa de microalgas.

Cada botella con su respectivo duplicado fue colocada en un agitador a 200 rpm las 24 horas del día, con una ubicación cercana al soporte de lámparas luminosas para obtener la intensidad luminosa adecuada. Se tomó 1 mL de muestra para los análisis a diferentes tiempos: 0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas. Las muestras fueron filtradas a través de una membrana de 0.45 μm , almacenadas y refrigeradas en viales de cristal color ámbar.

Determinación del consumo de fenol, p-cresol y o-cresol

Para la determinación de la concentración de los compuestos fenólicos, dentro de la mezcla, se elaboraron curvas de calibración para cada compuesto. Se utilizó un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC), usando agua:acetonitrilo (70:30, v/v) como fase móvil, con un flujo de 1.2 mL/min, una presión de 80 atm y un tiempo de corrida de 15 min en una columna C₁₈ para identificación de fenoles.

Resultados y discusión

Las cinéticas de control realizadas, descartan un consumo de sustrato y compuestos fenólicos mediante alguna reacción química en ausencia de biomasa. Los resultados confirman también, el inexistente consumo de sustrato y compuestos fenólicos mediante adsorción en la pared celular de biomasa inerte. Lo anterior demuestra que la remoción y consumo de los contaminantes a tratar se deben únicamente a un proceso biológico realizado por las microalgas marinas utilizadas.

a) Estudio cinético de consumo en una mezcla de compuestos fenólicos a una concentración de 25 mg/L de cada compuesto

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la concentración de los compuestos fenólicos en la cinética a concentración de 25 mg/L. Se observa que a partir de las 12 horas de cinética disminuye en su totalidad los compuestos fenólicos, por lo que el porcentaje de remoción fue de 100 %. En la tabla 1 se presentan las velocidades específicas de consumo de los compuestos fenólicos evaluados con *Nannochloropsis oculata*, observándose la afinidad de esta

microalga por el fenol, seguida por el *p*-cresol con velocidades de 0.89 y 0.65 mg C.F. /g SST.h , respectivamente. Comparando las velocidades de consumo obtenidas anteriormente en un estudio similar realizado por López (2016) utilizando la microalga *Tetraselmis suecica*, se obtiene 0.848 y 0.60215 para fenol y *p*-cresol, lo cual indica que *N. oculata* degrada los compuestos aproximadamente a la misma velocidad dentro de la mezcla, cuando éstas se encuentran con una concentración que oscila entre las 25 ppm.

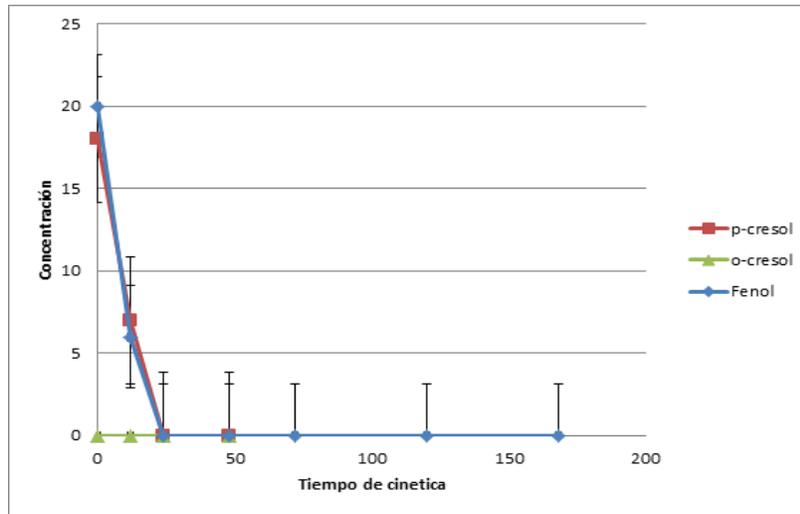


Figura 2. Consumo de una mezcla de fenol, *p*-cresol y *o*-cresol con una concentración de 25 mg/L de cada compuesto.

Tabla 1. Velocidades específicas de consumo para los compuestos fenólicos a 25 ppm con *Nannochloropsis oculata*.

Compuesto	Velocidad específica de consumo (mg C.F. /g SST.h)
Fenol	0.89 ± 0.24
<i>p</i>-cresol	0.658 ± 0.09
<i>o</i>-cresol	ND

ND: No Determinado

b) Estudio cinético de consumo en una mezcla de compuestos fenólicos a una concentración de 50 mg/L de cada compuesto

En la Figura 3, se muestra el comportamiento del consumo de compuestos fenólicos a una concentración de 50 mg/L con la microalga *N. oculata*. Se observa que a las 24 h se logra la remoción total del *o*-cresol mientras que la remoción de fenol y *p*-cresol se logra a las 48 h. Este comportamiento se confirma con la velocidad específica de consumo (Tabla 2), donde el *o*-cresol

muestra una mayor afinidad, obteniendo la mayor velocidad de consumo (1.79 mg C.F. /g SST.h) con respecto al fenol y *p*-cresol (0.52 y 0.46 mg C.F. /g SST.h, respectivamente).

Al momento en que la microalga está en contacto con una mayor concentración de fenol y *p*-cresol, se presenta un efecto inhibitorio, lo cual afecta en la velocidad de consumo. Lo anterior queda demostrado comparando la velocidad de consumo de la mezcla de 50 ppm con la de 25 mg/L, siendo 1.71 veces más lenta para fenol y 1.43 veces para *p*-cresol. El mismo efecto fue identificado por López (2016) en el estudio bajo las mismas condiciones, utilizando *Tetraselmis suecica* como alga depuradora.

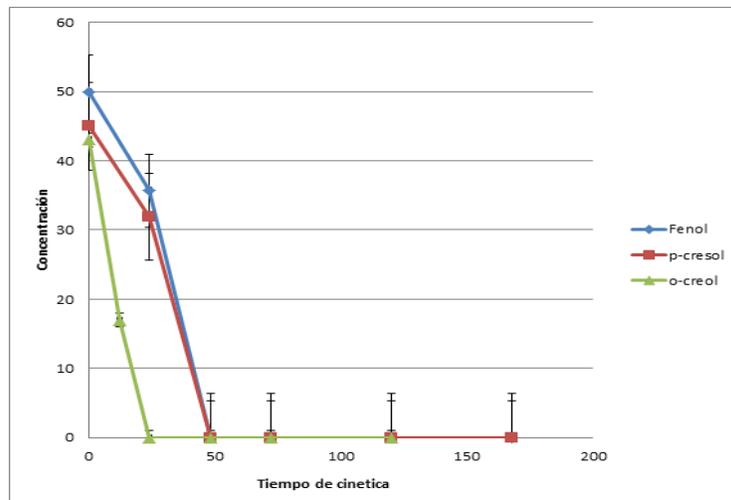


Figura 3. Consumo de una mezcla de fenol, *p*-cresol y *o*-cresol con una concentración de 50 mg/L de cada compuesto.

Tabla 2. Velocidades específicas de consumo para los compuestos fenólicos a 50 ppm.

Compuesto	Velocidad específica de consumo (mg C.F. /g SST.h)
Fenol	0.52 ± 0.73
<i>p</i> -cresol	0.46 ± 0.66
<i>o</i> -cresol	1.79 ± 0

c) Estudio cinético de consumo en una mezcla de compuestos fenólicos a una concentración de 100 mg/L de cada compuesto

En la siguiente gráfica (Figura 4) se aprecia el *p*-cresol como primer compuesto degradado, seguido por *o*-cresol. En la cinética de fenol se muestra una fase de adaptación de la

microalga a la concentración ensayada de aproximadamente 48 h, a partir de ese punto, la degradación se logra en sus totalidad al igual que con el *p*-cresol y *o*-cresol, a las 72 h.

En la Tabla 3 se muestran las velocidades de consumo específica, donde se observa la clara afinidad de *N. oculata* por el *p*-cresol a la concentración ensayada, mostrando la máxima velocidad (1.8 mg C.F. /g SST.h). Para el fenol y el *o*-cresol no se observa diferencia significativa, con velocidades de 1.23 y 1.04 mg C.F. /g SST.h, respectivamente. De manera similar en estudios previos realizados por López (2016) y Lepe (2015), al aumentar la concentración a 50 ppm, la microalga marina tiene mayor afinidad por consumir el *o*-cresol obteniendo valores de velocidad de consumo al menos 3.5 veces mayor que los demás compuestos fenólicos; en cambio, al aumentar la concentración a 100 ppm, la microalga muestra una preferencia sobre fenol y *p*-cresol, disminuyendo de manera considerable la velocidad del *o*-cresol, lo que sugiere el efecto inhibitorio debido al incremento de la concentración de este fenólico.

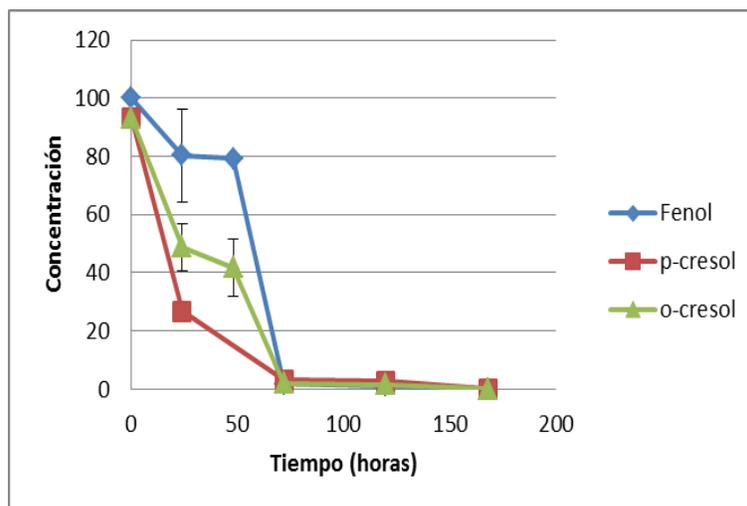


Figura 4. Consumo de una mezcla de fenol, *p*-cresol y *o*-cresol con una concentración de 100 mg/L de cada compuesto.

Tabla 3. Velocidades específicas de consumo para compuestos fenólicos a 100 pm.

Compuesto	Velocidad específica de consumo (mg C.F. /g SST.h)
Fenol	1.23 ± .050
<i>p</i> -cresol	1.87 ± 0
<i>o</i> -cresol	1.04 ± .1332

d) Estudio cinético de consumo de compuestos fenólicos a concentración de 200 mg/L de cada compuesto.

Al incrementar la concentración de cada compuesto fenólico en la mezcla, no se logra obtener un consumo total de los mismos en el tiempo del ensayo realizado (Figura 5). Como se puede observar, se presenta una disminución en las eficiencias de consumo obteniéndose valores de $46.14 \pm 0.52\%$ para el fenol, $41.83 \pm 1.28\%$ del *p*-cresol y $60.69 \pm 0.0\%$ para el *o*-cresol en un tiempo de 24 h. Este comportamiento fue observado también por Lepe (2015) para los mismos compuestos fenólicos utilizando *Tetraselmis suecica*.

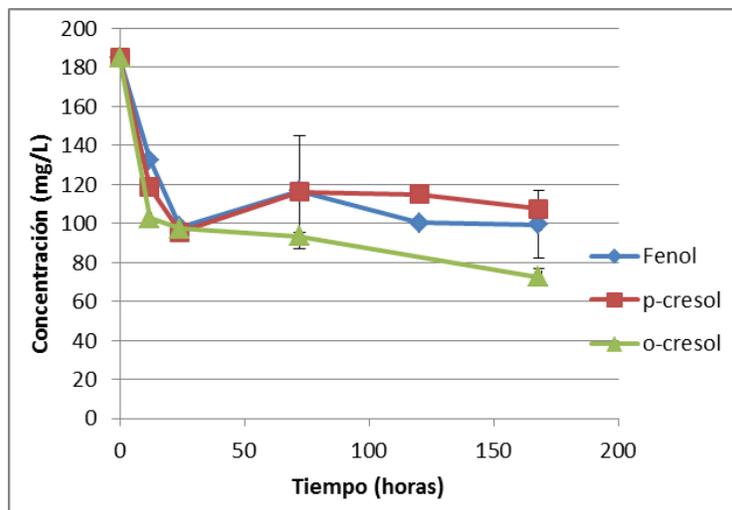


Figura 5. Evaluación de consumo de fenol, *p*-cresol y *o*-cresol en una mezcla a una concentración de 200 mg/L cada compuesto por *N. oculata*.

En la Tabla 4 se aprecia que el *o*-cresol es el compuesto que tiene mayor velocidad de consumo, seguido por el *p*-cresol y finalizando con el fenol. Existe una relación aproximada de 1.7 entre el compuesto con mayor *versus* menor velocidad de consumo. Con respecto a las velocidades obtenidas a 50 ppm, éstas son aproximadamente 6 veces menores que las obtenidas por el fenol y *p*-cresol a las 200 ppm y 9 veces menor a la obtenida para el *o*-cresol.

Tabla 4. Velocidades específicas de consumo de cada compuesto fenólico a 200 mg /L en mezcla.

Compuesto	Velocidad específica de consumo (mg C.F./g SST. h)
<i>o</i> -cresol	6.847 ± 0
<i>p</i> -cresol	4.633 ± 1.28
Fenol	3.981 ± 0.52

Un comportamiento similar fue obtenido en evaluaciones anteriores con la misma microalga al aumentar la concentración de los sustratos (Mercado, 2017). Sin embargo, en el estudio en mención, la microalga mostró inicialmente una mayor afinidad al *o*-cresol, la cual disminuyó al aumentar su concentración, debido a la reducción del valor de velocidad específica de consumo obtenida. De forma contraria, en el presente estudio, las velocidades de consumo aumentaron para los 3 compuestos fenólicos al incrementarse la concentración; además, se pudo observar una mayor afinidad de la microalga en el consumo de *o*-cresol, lo que pudo ser debido al medio de cultivo utilizado.

Conclusiones

La microalga marina *Nannochloropsis oculata* es capaz de eliminar compuestos fenólicos contaminantes, específicamente fenol, *p*-cresol y *o*-cresol, por lo cual hace de este método biológico una opción viable para su utilización en el tratamiento de aguas residuales y efluentes industriales, sobre todo aquellos que contienen condiciones salinas. Se observó una mayor afinidad de la microalga para el consumo del *o*-cresol a bajas concentraciones; sin embargo, al incrementar la concentración de los compuestos fenólicos en la mezcla, se presenta un efecto inhibitorio en el consumo de este fenólico disminuyendo su velocidad de consumo, aumentando a la vez la de los otros compuestos.

Referencias

- Brennan, L., Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae. A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and coproducts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14(2):557-577.
- Camacho Campos, C. (2009). Compuestos fenólicos y el medio ambiente. Centro de Tecnología Enzimática (CETENZ). Universidad de Matanzas, Cuba.
- Cuizano, N.A., Llanos B.P., Navarro A.E. (2009). Aplicaciones ambientales de la adsorción mediante biopolímeros naturales: Compuestos fenólicos. *Revista de la Sociedad Química de Perú*. 75(4): 495-508.
- Echarri, L, (2007). Tema 8: Contaminación del agua. Universidad de Navarra. P: 10.

- Fábregas J., Herrero C., Cabezas B., Abalde J. (1985). Mass culture and biochemical variability of the marine microalga *Tetraselmis suecica* Kylin (Butch) with high nutrient concentration. *Aquaculture*. 49 (3-4): 231-244.
- Frank, R.; Clegg, B.S.; Ripley, B.D.; Braun, H.E. (1987). Investigations of pesticide contaminations in rural Wells, 1979 - 1984, Ontario, Canada. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 16(1): 9-22.
- García Vicente, M.J., Durán Altisent, J. M. (2010). Captura de CO₂ mediante algas unicelulares. Edit. Universidad Politécnica de Madrid. P:20-28.
- Garzón-Jiménez, C., Barragán-Huerta, B.E. (2008). Inmovilización microbiana: Técnicas y usos en el tratamiento de residuos tóxicos. *Revista Sistemas Ambientales*. 2(1): 23-34.
- Goerlitz, D.F.; Troutman, D.E.; Godsy, E.M.; Franks, B.J. (1985). Migration of wood-preserving chemicals in contaminated groundwater in a sand aquifer at Pensacola, Florida. *Environ. Sci. Technol.* 19(10): 955-961.
- Gómez G., M., Gómez G., E., Bódalo S., A., Hidalgo M., A. M., Murcia, M. D., Gómez C., J.L. (2006). Eliminación de compuestos fenólicos en aguas residuales (I) Tratamientos químicos. *Ingeniería Química*. Universidad de Murcia. 431: 141-146.
- Jiménez C., B. E. (2001). La Contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Editorial Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México, A.C., Instituto de Ingeniería de la UNAM y FEMISCA. México. P: 29-32.
- Lepe, L.G. (2015). Eliminación de compuestos fenólicos con la microalga marina *Tetraselmis suecica*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- López, L.G. (2016). Evaluación de la eliminación de una mezcla de compuestos fenólicos por microalgas marinas. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- Mercado, F. (2017). Evaluación del efecto de la concentración de compuestos fenólicos en su eliminación con *Nannochloropsis oculata*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- Mohan, J., Prakash, R., Behari, J.R. (2004). Electrochemical detection and catalytic oxidation of phenolic compounds over nickel complex modified graphite electrode. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2(2): 25-33.

- Pérez Alarcón, F. E., Camacho Alcalá, K. L. (2011). Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas. Tesis de posgrado. Universidad Veracruzana. México.
- Romo-Piñera, A. (2002). Manual para el cultivo de microalgas. Universidad Autónoma de Baja California Sur. México.
- Safafar, H., Van Wagenen, J., Moller, P., Jacobsen, C. (2015). Carotenoids, Phenolic Compounds and Tocopherols Contribute to the Antioxidative Properties of Some Microalgae Species Grown on Industrial Wastewater. *Marine Drugs*. 13(12): 7339-7356.
- Sánchez-Torres, H., Juscamaita-Morales, J., Vargas-Cárdenas, J., Oliveros-Ramos, R. (2008a). Producción de la microalga *Nannochloropsis oculata* (Droop) Hibberd en medios enriquecidos con ensilado biológico de pescado. *Ecología Aplicada*. 7(1-2): 149-158.
- Sánchez-Torres, H., Juscamaita, J., Vargas, J. (2008b). Crecimiento mixotrófico de la microalga marina *Nannochloropsis oculata* (Eustigmatales: Monodopsidaceae) en ensilado biológico de pesacado. *The Biologist*. 6(2): 94-100.
- Scarsella, M., Belotti, G., De Filippis, P., Bravi M. (2010). Study on the optimal growing conditions of *Chlorella vulgaris* in bubble column photobioreactors. *Chem Eng*. 20: 85-90.
- Torres A., R., Calva B, L.G. (2002). Compuestos fenólicos: origen, distribución y efectos en los ecosistemas marinos. *ContactoS*. 44: 31-43.
- Ventura, F., Rivera, J. (1986). Potential formation of bromophenols in Barcelona's tap water due to daily salt mine discharges and occasional phenol spills. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 36(2): 219-225.
- Wegman, R.C., Van der Broek, H.H. (1983). Chlorophenols in river sediments in The Netherlands. *Water Research*. 17(2): 227-230.
- Xie, T.M., Abrahamsson, K., Fogelqvist, E., Josefsson, B. (1986). Distribution of chlorophenolics in a marine environment. *Environ. Sci. Technol*. 20(5): 457-463.

Capítulo IX. Desarrollo de un sistema hidropónico de pepino *Cucumis sativus* utilizando agua residual proveniente de un cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* en baja salinidad

Juan Carlos Gil Núñez, Rafael Apolinar Bórquez López, Ramón Casillas Hernández, José Cuauhtémoc Ibarra Gámez y Karla Janeth Arévalo Sainz

Dirección de Recursos Naturales

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. jegil0612@gmail.com

Resumen

Se conoce que del total del alimento empleado en la camaronicultura se aprovecha una mínima cantidad de nutrientes, el cual corresponde al 10 y 20% para el fósforo y nitrógeno respectivamente; el resto de los nutrientes (80-90%) son liberados en los diferentes cuerpos de agua causando problemas ambientales con lo que se ha buscado utilizar estos compuestos residuales como soluciones nutritivas vegetales. El objetivo del experimento fue desarrollar un sistema hidropónico de pepino (*Cucumis sativus*) utilizando agua residual rica en nutrientes provenientes de un cultivo de baja salinidad de *Litopenaeus vannamei* alimentados con diferentes dietas con el fin de reutilizar los compuestos residuales y así disminuir el impacto ambiental. Se probaron 3 tratamientos (PV25, PV35 y PV45). Se recolectó el agua residual del sistema acuícola y fue depositada en contenedores del cultivo hidropónico para su reutilización como solución nutritiva. Los resultados de las variables evaluadas mostraron En el caso del número de hojas, los resultados mostraron 9.69 ± 1.93 , 9.86 ± 3.72 y 7.71 ± 1.94 en los tratamientos PV25, PV35 y PV45, respectivamente; donde existe una diferencia estadísticamente significativa por parte del tratamiento PV45 cuando se comparó con el resto de los tratamientos, esto con un 95% de confiabilidad. Se obtuvo una mayor área foliar en el tratamiento PV35 con un área de 463.74 cm^2 , mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con los demás tratamientos donde se obtuvieron áreas de 297.39 y 337.12 cm^2 en los tratamientos PV25 y PV45, respectivamente. En esta investigación se comprobó la posible reutilización de agua residual en cultivos de camarón a baja salinidad en cultivos hidropónicos como el de pepino.

Introducción

El concepto de hidroponía ha sido descrito como el cultivo de plantas en ausencia de suelo utilizando sustratos alternativos como soporte vegetal adicionando los micro y macro nutrientes necesarios para las plantas a partir de una solución nutritiva (Resh, 2013; Beltrano, 2015). Es una técnica de producción vegetal que se ha incrementado en muchas partes del mundo en las últimas décadas (Zhang *et al.*, 2017), esto como respuesta al incremento de la demanda per cápita de alimento a nivel mundial y los beneficios de este tipo de técnica de cultivo ofrece como el aprovechamiento de espacios de producción reducidos, ahorro de agua, la disminución en el

desgaste del suelo así como la obtención de frutos y/o productos de mayor calidad y la disminución del impacto de plagas (Karakas *et al.*, 2017). El cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) es un cultivo con un alto interés de consumo humano por lo cual es importante nuevas estrategias de producción de este fruto (Petre *et al.*, 2014).

Por otro lado, la producción de camarón en sistemas acuícolas ha tenido un incremento en la producción a nivel mundial, generados al igual que la agricultura por el aumento en la población y la gran demanda del producto de origen marino; como también a su alto valor comercial (Tan *et al.*, 2005; Sánchez, 2009; Gómez *et al.*, 2017). Se conoce que la acuicultura es una actividad que tiene varios retos, dentro de los cuales resaltan la viabilidad económica y la sustentabilidad (Troell *et al.*, 2003; Martínez, 2009).

El gran crecimiento de la producción acuícola, antes mencionado, ha traído consigo problemas de impacto ambiental y contaminación en los ecosistemas acuáticos (Wang *et al.*, 2015). Del total del alimento que se suministra en la camaronicultura, solo se aprovecha un 10 y 20% de la concentración de fósforo y nitrógeno respectivamente, el resto no se recupera como biomasa de camarón y pasa a formar parte de la fracción soluble como un impacto negativo al ambiente (Burford *et al.*, 2002; Barraza *et al.*, 2015). La integración de la acuicultura y la agricultura, denominada hidroponía o acuaponía, ha llamado bastante la atención en los últimos años. Esta técnica ofrece la oportunidad de reutilizar los residuales ricos en nutrientes generados por peces y otras especies en soluciones nutritivas en sistemas de producción vegetal (Petre *et al.*, 2014). Es por eso que esta investigación tiene como objetivo conocer si hay diferencias en el desarrollo vegetativo de un cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) cultivado un sistema hidropónico cuando se utiliza agua residual provenientes de un cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* de baja salinidad alimentado con dietas a diferentes niveles de proteína.

Fundamentación teórica

La actividad hidropónica desde hace algunos años se ha adoptado como una forma eficiente de producción vegetal. De la misma manera, la utilización de agua residual generada en distintos cultivos acuícolas como ya se mencionó anteriormente tiene el potencial para ser reutilizada como solución nutritiva con éxito en muchos casos (Fierro, 2011; Mariscal *et al.*,

2012). Se han realizado varios ensayos con el fin de reutilizar compuestos residuales (nutrientes y iones) provenientes de sistemas acuícolas como fuentes de nutrientes necesarios para el desarrollo vegetal en distintos cultivos de interés comercial. Sikawa y Yakupitiyage (2017), emplearon agua proveniente de un cultivo de bagre (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) filtrada en diferentes materiales (espuma de poliestireno como control, arena y grava) en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) obteniendo contenidos de nitrógeno adecuado en los tejidos donde se utilizó filtro de grava llegando a la conclusión que puede ser viable utilizar el agua residual de esta especie de pez como fertilizante en la producción hidropónica.

Knaus y Palm (2017), investigaron el efecto de la integración de residuales de cultivos de peces (tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* y carpa común *Cyprinus carpio*) sobre el crecimiento de distintos cultivos (pepino *Cucumis sativus*, tomate *Solanum lycopersicum* y lechuga *Lactuca sativa*) durante 70 días; los resultados mostraron resultados satisfactorios en la obtención de biomasa fresca vegetal resultando las mejores crecimientos de las plantas en combinaciones entre *O. niloticus* con tomate y *C. carpio* con pepino. Aunque ya se han realizado un buen número de investigación con el fin de llevar a cabo la integración de los dos sistemas (acuícola y agrícola), existe la necesidad de conocer el efecto del uso de dietas con diferentes porcentajes de proteína utilizadas en la alimentación de camarones sobre el crecimiento de las plantas en el sistema vegetal.

Metodología

Ubicación. Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de acuicultura perteneciente al Instituto Tecnológico de Sonora, unidad Obregón, campus Centro localizado en Cd. Obregón, Sonora, México.

Material biológico. Se utilizaron semillas comerciales para la obtención de plantas de pepino *Cucumis sativus*.

Germinación. Se llevó a cabo en charolas de plástico de 200 cavidades (Figura 1). El sustrato utilizado fue Peat Moss Tourba®. Se aplicó un riego pesado con agua de la llave para que las semillas y el sustrato quedaran completamente húmedas y se taparon con una capa más

ligera del mismo sustrato y se siguió con riego diariamente hasta el trasplante; las plántulas se mantuvieron con luz encendida las 24 horas.

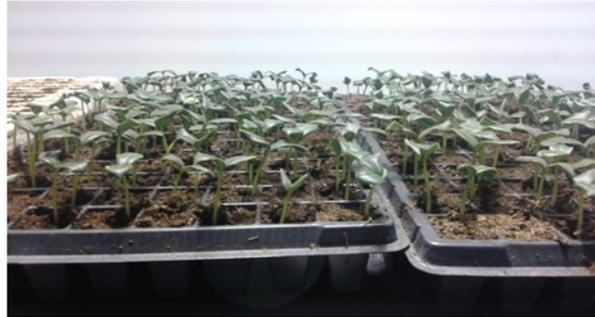


Figura 1. Siembra de la plántula en charolas.

Trasplante. Una vez que las plántulas alcanzaron un aproximado de 10 cm de altura, fueron extraídas de la charola con ayuda de una espátula. Se seleccionó las plantas en mejor estado y desarrollo. Se les aplicó a las plantas un lavado de raíz con agua potable para lograr retirar el sustrato adherido a la raíz, antes de ser colocadas en el sistema hidropónico.

Diseño del sistema hidropónico. Se utilizó un sistema hidropónico descrito por Cooper (1988) el cual estuvo compuesto de una base de acero inoxidable. Para cada tratamiento, se utilizó un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro el cual contaba con 19 cavidades (repeticiones) donde se colocarían las plantas. Se llevó a cabo el tutoreo de las plantas utilizando rafia y sostenidas por los zarcillos (Figura 2).



Figura 2. Sistema hidropónico NFT utilizado para la realización del experimento.

Iluminación. Se utilizaron lámparas Radiant 8" Air Cooled Reflector marca Hydrofarm con bombillas Multi-Vapor R400 MVR400/U 400W marca General Electric. Se emplearon fotoperiodos de 12 horas (Luz/Oscuridad).

Adición del agua residual. Se colectó el agua residual generada en un cultivo de camarón blanco *L. vannamei* en agua de baja salinidad con un contenido de sal de 2 UPS, los cuales fueron alimentados con diferentes dietas formuladas con 25, 35 y 45% de contenido proteico. Los tratamientos en el sistema hidropónico, se diferenciaron dependiendo de la dieta utilizada en la alimentación de los sistemas acuícola los cuales fueron PV25, PV35 y PV45. El agua obtenida del sistema acuícola se diluyo 1:1 con agua de la llave con el fin de disminuir el efecto negativo de la sal sobre el cultivo de *C. sativus*. Este procedimiento se llevó a cabo durante 3 semanas, agregando 12 litros de agua residual (más 12 litros de agua de la llave) en cada semana.

Parámetros fisiológicos de las plantas. Se realizaron semanalmente después de haber instalado las plantas en el sistema hidropónico.

Altura. Para medir la altura de las plantas en cada biometría semanal, se empleó una regla graduada de 50 centímetros.

Número de hojas. Se contaron semanalmente de manera visual, durante las 4 semanas que duro el experimento.

Área foliar. Se llevó a cabo al final del experimento ya que es un método invasivo/destructivo. Se tomaron fotografías únicamente de las hojas de la planta, acomodándolas de manera horizontal en un fondo de contraste negro para determinar mediante diferenciación de pixeles en el software ImageJ®, el área foliar de cada planta.

Clorofila. Para la medición de clorofila se utilizó el spad 502 plus de Konica Minolta, resultados expresados en unidades SPAD que son proporcionales a la cantidad de clorofila presente; se realizó la medición cada dos días.

Análisis de agua. Se llevó a cabo un análisis al agua residual utilizada como solución nutritiva. Se midieron las concentraciones de nitratos (NO₃-N), amonio (NH₄-N), potasio (K), magnesio (Mg) y Calcio (Ca). Se utilizó un equipo Spectroquant 300 de la marca Merck.

Análisis estadístico. Los resultados obtenidos fueron analizados usando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI.I. Se realizó una comparación de medias y posteriormente se usó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante el experimento el cual se llevó hasta la etapa de desarrollo vegetativo dentro de 38 días. La Tabla 1, muestra un resumen de los valores obtenidos en cada uno de los parámetros productivos que se midieron durante el ensayo.

Tabla 1. Parámetros productivos obtenidos en cada uno de los tratamientos probados en el sistema hidropónico.

Parámetro productivo	Tratamientos		
	PV25	PV35	PV45
Altura (cm)	38.48±13.76 ^a	42.53±13.54 ^a	35.59±9.61 ^a
Numero de hojas	9.69±1.93 ^a	9.86±3.72 ^{ab}	7.71±1.94 ^b
Área foliar (cm ²)	297.39	463.74	337.12
Clorofila	15.72	16.12	15.98

Luego del análisis estadístico, los tratamientos no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en altura y clorofila. En el caso del número de hojas, los resultados mostraron 9.69±1.93, 9.86 ±3.72 y 7.71±1.94 en los tratamientos PV25, PV35 y PV45, respectivamente; donde existe una diferencia estadísticamente significativa por parte del tratamiento PV45 cuando se comparó con el resto de los tratamientos, esto con un 95% de confiabilidad. Se obtuvo una mayor área foliar en el tratamiento PV35 con un área de 463.74 cm², mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con los demás tratamientos donde se obtuvieron áreas de 297.39 y 337.12cm² en los tratamientos PV25 y PV45, respectivamente.

Tabla 2. Concentración de los principales nutrientes y de iones presentes en la solución nutritiva en el sistema hidropónico, para cada tratamiento analizado.

Compuesto	Tratamientos		
	PV25	PV35	PV45
Nitrato (NO ₃ -N)	5.25	5.30	4.70
Amonio (NH ₄ -N)	0.15	0.16	0.12
Potasio (K)	21.50	22.50	21.20
Magnesio (Mg)	67.50	67.80	62.20
Calcio (Ca)	11.40	11.40	1.80

Se obtuvieron las concentraciones de nitrato (NO₃-N) y amonio (NH₄-N) que son las principales formas de nitrógeno disponible para las plantas y de los principales iones (K, Mg, Ca) necesarios para el buen desarrollo vegetal (Beltrano, 2015) las cuales se muestran en la Tabla 2. Se pudo observar como en la solución acuosa del tratamiento PV45 hubo deficiencias de nitrato, amonio, magnesio y calcio en comparación al agua empleada en los tratamientos PV25 y PV35.

Los resultados obtenidos en los parámetros productivos mostrados por las plantas en cada uno de los tratamientos utilizados pueden estar estrechamente relacionados a la concentración de iones y nutrientes presentes en el agua de riego, que son aportados directamente dependiendo del alimento utilizado en la producción de camarón. La poca producción de hojas en las plantas evaluadas en el tratamiento PV45, puede ser el resultado de la baja concentración de nitrógeno presente en la solución nutritiva, ya que Favela *et al.* (2006) menciona que al haber deficiencia de este compuesto el crecimiento de los órganos de las plantas se disminuye o se detiene. Este resultado también puede estar sujeto a la baja concentración de calcio, el cual fue el ion que mostro mayor deficiencia; Beltrano (2015) menciona que el calcio está encargado de un amplio número de funciones metabólicas importantes en las plantas y que la deficiencia de este compuesto también puede causar un limitado crecimiento vegetal. En el caso del magnesio, aunque no se mostró una deficiencia muy aguda en la solución nutritiva del tratamiento PV45, la baja concentración puede haber interferido en el desarrollo vegetativo reflejado en el número de hojas. Se sabe que el magnesio forma parte de la estructura de la molécula de clorofila cumpliendo un rol importantes en el metabolismo energético (Favela *et al.*, 2006; Beltrano, 2015).

Conclusiones

Se mostró una mejor respuesta en el desarrollo vegetal en los tratamientos PV25 y PV35. Aunque en la mayoría de los parámetros productivos no se mostró diferencias significativas, se puede concluir que es importante la caracterización del alimento que se utilice en un sistema acuícola destinado a la integración de un sistema hidropónico para la producción vegetal. Se pudo comprobar, como las concentraciones de los compuestos residuales van variando respecto al alimento utilizado en el sistema acuícola y a su vez como puede tener un efecto diferente en las plantas. Con este ensayo se deducir la posible reutilización de agua residual en cultivos de camarón a baja salinidad en cultivos hidropónicos.

Referencias

- Allan Cooper. (1988). 1. The system. 2. Operation of the system. En *The ABC of NFT. Nutrient Film Technique*(3-123). Londres, Inglaterra.: Grower Books .
- Beiping Tan, Kangsen Mai, Shixuan Zheng, Qicun Zhou, Lihe Liu & YuYu. (2005). Replacement of fish meal by meat and bone meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 36, 439-444. 17 March 2005, De Wiley Online Library Base de datos
- Burford M.A.,N.P. Preston, P.M. Glibert y W.C. Dannison. (2002). Tracing the fate of N-enriched feed in an intensive shrimp system. *Aquaculture*, 206: 199-216.
- Ceren Karakaş, Didem Özçimen, Benan İnan. (2017). Potential use of olive stone biochar as a hydroponic growing medium. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 125, 17-23. 31 Mayo 2017, De ScienceDirect Base de datos.
- Daniel C. Sikawa, Amararatne Yakupitiyage. (2017). The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) pond water: Potentials and constraints. *Agricultural Water Management*, Volume 97, Issue 9, 1317-1325. 15 de Abril 2017, De ScienceDirect Base de datos.
- David Gómez Ríos, Rolando Barrera Zapata, Rigoberto Ríos Estepa. (2017). Comparison of process technologies for chitosan production from shrimp shell waste: A techno-economic approach using Aspen Plus. *Food and Bioproducts Processing*, 103, 49-57. 30 Mayo 2017, De ScienceDirect Base de datos.

- Esteban Favela Chavez, Pablo Preciado Rangel, Adalberto Benavides Mendoza. (2006). Funciones de los nutrimentos en las plantas. En manual para la preparación de soluciones nutritivas (15-30). Torreón, Coahuila.: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Guangjun Wang, Ermeng Yu, Jun Xie, Deguang Yu, Zhifei Li, Wen Luo, Lijiang Qiu, Zonglin Zheng. (2015). Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 443, 98–104. 30 Mayo 2017, De ScienceDirect Base de datos.
- Jing Zhang, Xinjie Wang, Qifa Zhou. (2017). Co-cultivation of *Chlorella* spp and tomato in a hydroponic system. *Biomass and Bioenergy*, 97, 132–138. 31 Mayo 2017, De ScienceDirect Base de datos.
- José Beltrano. (2015). Introducción al cultivo hidropónico. En *Cultivo en hidroponía* (10-33). Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Juan Francisco Fierro Sañudo. (2011). Análisis de factibilidad económica del cultivo integral de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y cultivo hidropónico de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando agua de pozo con baja salinidad y baja tasa de recambio. (Tesis de pregrado). Universidad autónoma de Sinaloa Facultad de ciencias del mar. Mazatlán, Sinaloa.
- M. Martín Mariscal Lagarda, Federico Páez Osuna, José Luis Esquer Méndez, Ildelfonso Guerrero Monroy, Alonso Romo del Vivar, Rubén Félix Gastelum. (2012). Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: Management and production. *Aquaculture*, 366-367, 76-84. 12 Junio 2017, De ScienceDirect Base de datos.
- Martínez Córdova, L.R., Martínez Porchas, M., Cortés Jacinto, E. (2009) Camaronicultura Mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante?. *Revista Internacional Contaminación Ambiental.*, 25, 181-196.
- Ramón Héctor Barraza Guardado, José Alfredo Arreola Lizárraga, Anselmo Miranda Baeza, Manuel Juárez García, Antonio Juvera Hoyos and Ramón Casillas Hernández. (2015). Enhancing Ecoefficiency in Shrimp Farming through Interconnected Ponds. *BioMed Research International*, V2015, 10. 20 Abril 2017, De US National Library of Medicine National Institutes of Health Search database Base de datos.
- Resh MH (2013). *Hydroponic food production. A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower.* (1-511). 7ª edición CRC Press.

Ricardo Sánchez Díaz. (2012). Monitoreo de *Streptococcus* spp. en camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en tres granjas del sur de sonora, México. (Tesis de doctoral). Instituto Tecnológico de Sonora. Ciudad Obregón, Sonora, México.

Sorin Petre, Maria Pele, Elena Maria Draghici. (2014). Influence of using perlite and eco fertilizers for hydroponic cucumbers culture. *Journal of Biotechnology*, 185S (2014) , S37–S125. 10 Abril 2017, De ScienceDirect Base de datos.

Sumeth Wongkiew, Zhen Hu, Kartik Chandran, Jae Woo Lee, Samir Kumar Khanal. (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76, 9–19. 10 Marzo 2017, De ScienceDirect Base de datos

Troell M., Halling C., Neori A., et al. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*. 2003; 226 (1–4):69–90.

Capítulo X. Diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de bajo costo para evaluar el consumo de oxígeno del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

Rafael Apolinar Bórquez López, Ramón Casillas Hernández, Juan Carlos Gil Núñez,
José Cuauhtémoc Ibarra Gámez y Ovidio Alejandro Villaseñor López

Dirección de Recursos Naturales

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. rafael.borquez10@gmail.com

Resumen

La acuicultura de precisión es una nueva área desarrollada bajo las tecnologías de la información (IT) que permiten a los productores tener un mayor control de los procesos de sus granjas acuícolas, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia. Las IT son tecnologías sofisticadas con la aplicación de actividades interdisciplinarias como la biología, electrónica (hardware) y programación (software). El objetivo de este proyecto fue desarrollar un sistema automatizado para la evaluación del consumo de oxígeno disuelto del camarón blanco. El costo total del equipo desarrollado fue en un 90% más económico en comparación con los equipos comerciales que se encuentran en el mercado (Microx TX3). Los resultados muestran que en un cultivo semi-intensivo el camarón consume en promedio 0.02mg/L de oxígeno. Con el modelo matemático obtenido con un R^2 de 0.96, indica que en la columna de agua sin ningún tipo de aporte de oxígeno, solo soportaría al cultivo por 4 horas hasta llevarlo a niveles críticos de 0.5 mg/L.

Introducción

La AqP (Acuicultura de precisión) puede ser considerada como la aplicación de las tecnologías de la información como software y hardware utilizada al campo de la biología acuícola para asegurar los sistemas de producción. En la actualidad, está muy bien aprendido que la calidad del agua en la actividad es de gran importancia, por lo que las necesidades para el desarrollo de sistemas de monitoreo de medio ambiente del agua que generen alertas tempranas son esenciales para los acuicultores. En los países en vías de desarrollo, es de gran relevancia optar por el desarrollo de tecnologías adaptadas a las necesidades de cada región ajustándose a costos accesibles para los productores locales. El monitoreo de variables físicas como oxígeno disuelto, temperatura y pH en el agua, permite controlar y tener un mejor manejo de calidad del agua ayudando así a prevenir condiciones indeseables que pueden contribuir a colapso del ecosistema de un cultivo acuícola (Ferreira et al., 2011).

Se conoce que las especies acuáticas son altamente sensibles a condiciones bajas de oxígeno disuelto, abruptas variaciones de temperatura y cambios en los niveles de pH, es por eso que la aplicación de sistemas de instrumentación que cuentan con estos sensores para monitorear la calidad del agua pueden ayudar en la toma de decisiones a tiempo (Harun et al., 2012). Para el desarrollo de los sistemas de instrumentación, se encuentran las plataformas de hardware a código abierto (open source hardware - OSH) que son nuevas herramientas para el desarrollo de proyectos electrónicos. Arduino es una plataforma comercial a código abierto y ha sido muy popular en las comunidades estudiantiles debido a que es un sistema que permite desarrollar de forma interactiva, además de la disminución en tiempo de desarrollo y fue creada en el 2005 por el Interaction Design Institute Ivrea, Italy. Los OSH cada día son más utilizados debido a su versatilidad en aplicaciones como en la robótica, automatización, agricultura de precisión solo por mencionar algunos (Bonarini et al., 2014; Faugel and Bobkov, 2013; Mesas-Carrascosa et al., 2015).

La incorporación de redes inalámbricas de sensores (WSN, Wireless sensor network) en los OSH se han convertido en una herramienta útil para ayudar a transmitir la información sin el uso de cables, esto es altamente recomendado en aplicaciones como la acuicultura por las condiciones climáticas agresivas a las que se someten los equipos, además las WSN ayudan a procesar la información de manera eficiente para laboratorios, ya que ellos requieren de tiempo para analizar una muestra (Zhang et al., 2011), hoy en día los dispositivos WSN se están utilizando para el monitoreo de la calidad de agua en tiempo real; que han demostrado ser una herramienta fiable para la medición de distintas variables fisicoquímicas en sistemas automatizados como oxígeno disuelto, temperatura y pH (Yoshikawa et al., 2007; Lin et al., 2011; Ferdoush et al., 2014). Para el diseño y desarrollo de sistemas de monitoreo de calidad de agua en la acuicultura considerando sensores de pH, oxígeno disuelto y temperatura basados en WSN con protocolo de transmisión ZigBee, es posible: manejar y analizar la información del entorno de los organismos, tomar decisiones, manejar mayores densidades de cultivo al tener un mejor control de los parámetros críticos de dichas variables mencionadas, mejorar la tasa de conversión de alimento y tasa de crecimiento bajo el efecto consumo de alimento – temperatura y oxígeno del agua (Miller et al., 2014), mantener niveles deseados de calidad de agua (Ehret et al., 2011), reducir eutrofización y nitrificación en la descargas a los efluentes de los ecosistemas

receptores, prevenir estrés, evitar enfermedades en los animales (Yi-Chich et al., 2014) y reducción de capital humano (Espinosa-Calderon et al., 2013). Con lo mencionado anteriormente, es posible desarrollar un sistema de monitoreo de bajo costo (low cost – open source hardware, LC-OSH) que en países en vías de desarrollo, sería de gran utilidad para ayudar no solamente a mantener a los organismos bajo condiciones adecuadas, sino a seguir aprendiendo como los diferentes niveles de estas variables pueden mostrar un comportamiento anormal como pérdida de apetito o nado errático. El objetivo del presente estudio fue el diseño, implementación y validación de un equipo de bajo costo con hardware a código abierto para evaluar el consumo de oxígeno disuelto del camarón blanco.

Fundamentación teórica

Los organismos acuáticos consumen oxígeno a excepción de algunas bacterias, lo requieren para sobrevivir y crecer, debido a lo mencionado anteriormente lo hace un factor limitante muy importante. Por consiguiente, el nivel adecuado de oxígeno en el agua es uno de los elementos más significativos a considerar en un cultivo de camarón. Bajos niveles de oxígeno pueden causar una disminución en el consumo de alimento y mortalidad en los animales acuáticos (Paez-Osuna & Valencia Castañeda, 2013; Martinez – Cordova, 1999).

Para este trabajo se utilizó un kit de sensor de oxígeno disuelto que consiste en un circuito embebido con capacidad para dos protocolos de comunicaciones; puerto asíncrono universal receptor/transmisor (UART) y I2C inter – integrated circuit por sus siglas en ingles. Dentro de las características de este sensor, cuenta con lecturas de rango completo de 0.01 to +35.99 mg/L con una precisión de ± 0.2 , este kit cuenta con compensación de temperatura, salinidad y presión atmosférica, su voltaje de operación es de 3.3V hasta 5.0V siendo compatible con cualquier microprocesador que soporte comunicación UART. Su calibración es requerida una vez por año dependiendo de las condiciones sometidos y su tiempo de uso, la calibración se logra a través de una solución de referencia de 0 mg/L (Atlas-Scientific).

Metodología

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Acuicultura del Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Centro, localizado en Ciudad Obregón Sonora. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio. Se inició en agosto de 2016 y se terminó en enero de 2017.

Sensor de oxígeno disuelto utilizado

El sensor de oxígeno disuelto utilizado en el sistema automatizado para el monitoreo continuo de datos consta de las siguientes características y especificaciones (Atlas-Scientific).

Especificaciones:

- Rango: 0-20 mg/L
- Tipo de material: epoxy y noryl (alta resistencia a la corrosión)
- Temperatura máxima: 50°C
- Presión máxima: 690 kPa (1000 psi)
- Profundidad máxima: 60 M (197 ft)
- Calibración en un punto en el aire
- Peso: 52 gramos
- Dimensiones: 16.5 mm x 116 mm
- Conector: BNC
- Tiempo de respuesta: = 0.06 mg/L por segundo
- Esterilización

Diseño del hardware

En este estudio se utilizaron las plataformas Iteaduino/Arduino versión Mega que contienen un chip ATmega 2560 (hoja de especificaciones 2560, Atmel), al ser de código abierto de Arduino, la placa utilizado es 100% compatible contando con las mismas características con el mismo número de pines de entradas/salidas, modulador de ancho de pulso con resolución de 8 bit, un cristal oscilador de 16 MHz, puerto de comunicación serial universal UART, 256 KB de memoria flash, solo por mencionar algunas características eléctricas de la plataforma Iteaduino/Arduino MEGA. En la figura 1 se muestra una fotografía de la placa electrónica (plataforma) utilizada y el depurador. El depurador empleado es fabricado por atlas scientific con la función de introducir la información a la computadora y recibir las instrucciones del software,

trabaja como un simple convertidor de usb a serial; con este dispositivo es posible energizar dispositivos externos que requieran alimentación de 5 voltios o 3 voltios de corriente directa.

Validación del sistema de monitoreo

Se colocó un organismo en un recipiente con 6 litros de agua marina por tres repeticiones a una temperatura de 28 °C, los animales utilizados fueron de un peso promedio de 7±0.5 g. los sensores se colocaron en cada uno de los recipientes en la parte superior, se fijaron y se sellaron por completo para evitar algún movimiento e intercambio de aire que pueda afectar en la precisión y exactitud de la lectura. Para el procesamiento de datos fue necesario sacar un promedio de las tres repeticiones, esto se realizó en el paquete computacional Excel de Microsoft así como la determinación de la tasa de consumo de oxígeno mediante la ecuación (1), Para realizar las gráficas de los comportamientos, los datos fueron sometidos al paquete computacional SigmaPlot 12.0, Las funciones matemáticas fueron determinadas por el paquete computacional MATLAB con el uso del toolbox Curve fitting (The MathWorks, 2012). Se seleccionaron las curvas que mejor se ajustaron al comportamiento obtenido por las pruebas hechas de temperatura y oxígeno disuelto, los criterios de selección fueron el coeficiente de determinación (r^2),

$$\text{Tasa de Consumo de Oxígeno} = \frac{\sum_{i=0}^n O_f - O_i}{n} \quad \text{Ecuación (1)}$$

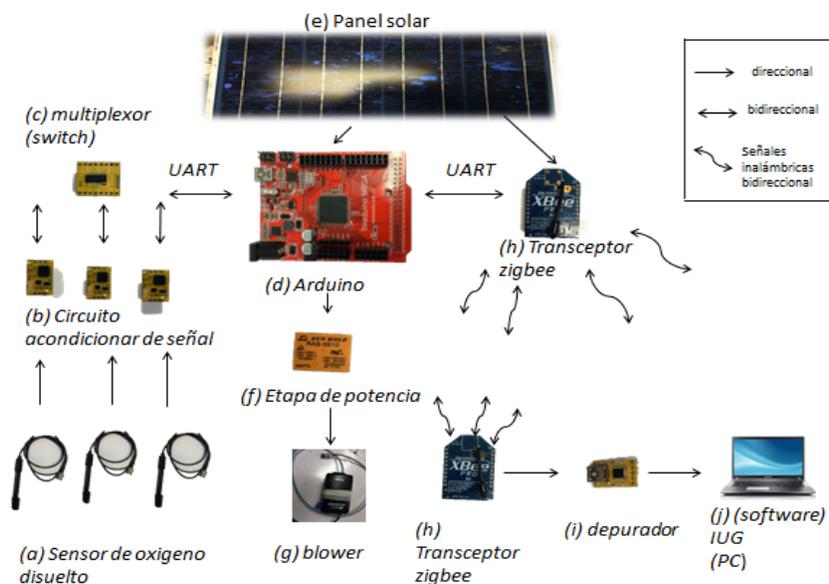


Figura 1. Descripción del sistema de adquisición de datos.

Resultados y discusión

Con el equipo de monitoreo desarrollado fue posible reducir los costos en un 95% presentando el equipo comercial la desventaja que solo tiene una sola sonda para medir el nivel de oxígeno disuelto mientras el que se desarrolló en laboratorio tiene capacidad para 3 sondas con lecturas simultáneas. El desarrollo de sistemas de monitoreo no solamente presenta ventajas económicas sino que también se fabrican los equipos a las necesidades que se tienen en la región logrando ser más accesibles para los productores de camarón al también ser un equipo no dependiente de monedas extranjeras. La Tabla 1 muestra la comparación del sistema de monitoreo desarrollado siendo comparado con un equipo comercial.

Tabla 1. Comparación de del sistema monitoreo desarrollado con un equipo comercial.

Sistema de monitoreo desarrollado		Equipo Comercial	
Descripción	Costo MN	Descripción	Costo MN
Tarjeta electrónica Iteaduino MEGA	\$279.50	Sensor de Oxígeno de fibra óptica	\$6,710.09
Multiplexor	\$204.79	Medidor de Oxígeno	\$115,120.06
Depurador	\$297.88		
Circuito acondicionador de señal	\$2,457.54		
Sensor de Oxígeno	\$11,058		
Total	\$15,712.21	Total	\$115,120.06

La relación entre el consumo y disponibilidad de oxígeno disuelto se puede observar en la Figura 2. La gráfica muestra unas crestas con puntos mínimos y máximos en la que la disponibilidad presenta un comportamiento sigmoide con tendencia a un coeficiente de correlación negativo y no lineal lo que indica que conforme pasa el tiempo la disponibilidad de oxígeno disminuye. Se logró observar que en los valores mínimo de cada cresta, el animal entraba en un estado de reposo y al recuperarse el nivel de oxígeno en el agua, es decir en los picos máximos de las crestas el organismo comenzaba de nuevo a con sus movimientos o nado de forma normal hasta agotar de nuevo las reservas disponibles de oxígeno disuelto.

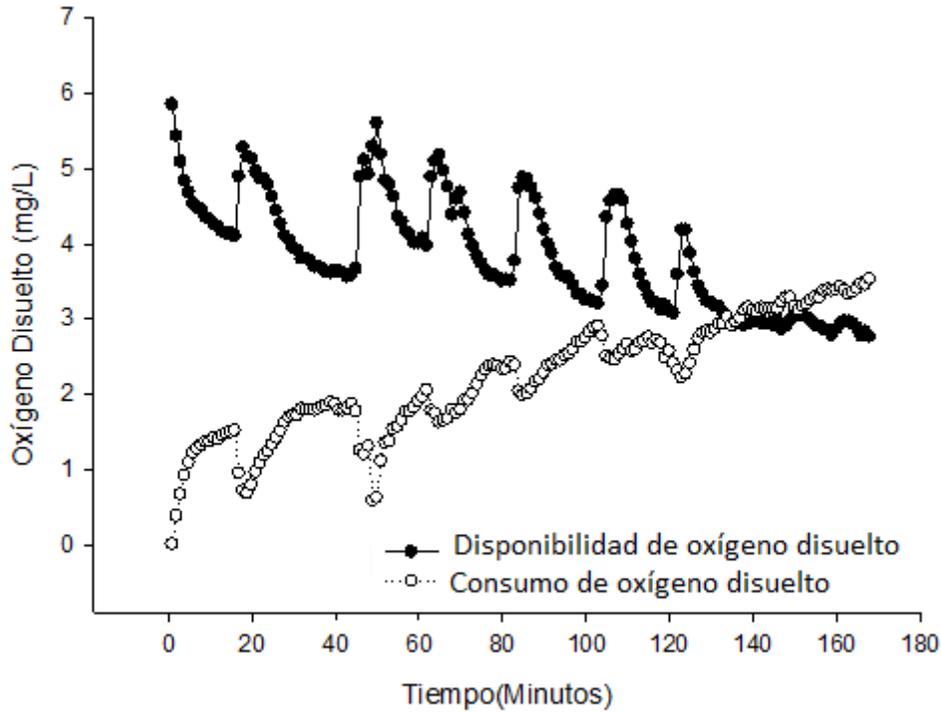


Figura 2. Comparación de la disponibilidad y el consumo de oxígeno disuelto.

Mediante el modelo obtenido (Figura 3) en Matlab ($CO(t)$) fue posible predecir el tiempo en el que el nivel de oxígeno disuelto llega a su punto crítico considerando este un nivel menor de 0.5 mg/L. La bondad de ajuste del modelo matemático obtenido con una confianza de 0.95 presentó una $r^2 = 0.96$, suma de cuadrados del error (SSE) de 0.8215 y el error cuadrático medio (RMSE) de 0.083, el tiempo máximo calculado con el modelo fue de 248 minutos (4 horas) disponibles de oxígeno o para llegar al nivel crítico.

En la Figura 4 se puede observar la comparación de la disponibilidad de oxígeno con la presencia de un organismo en el agua y sin organismo presentando un descenso para ambos casos más sin embargo se puede ver que sin organismo el nivel de oxígeno tiene a estabilizarse aproximadamente en 60 minutos, como consecuencia, no es el camarón quien consume en su totalidad el oxígeno, esto se puede deber a la presencia natural de bacterias presentes en el agua marina representado hasta en un 80% del consumo de oxígeno.

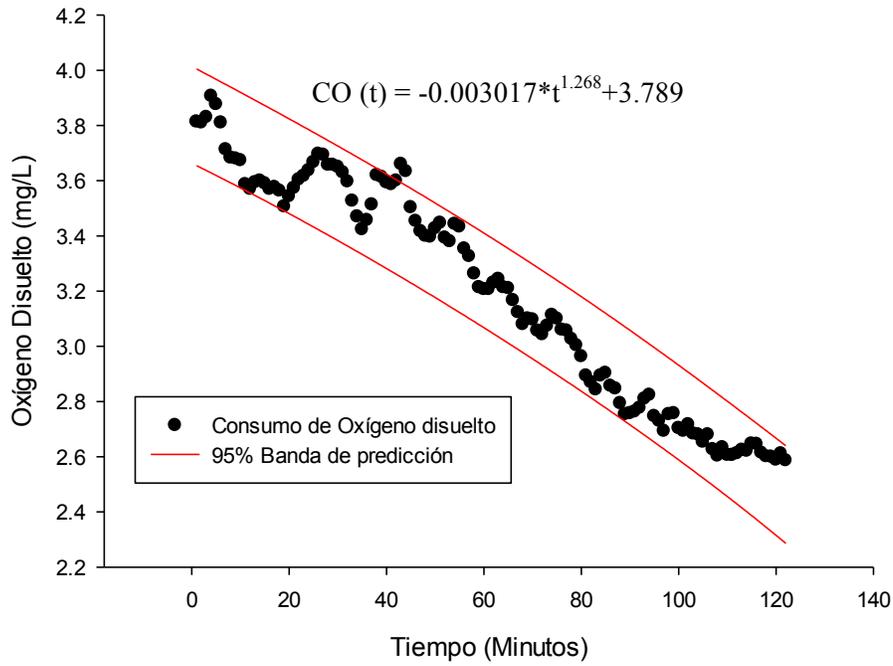


Figura 3. Disponibilidad de oxígeno disuelto.

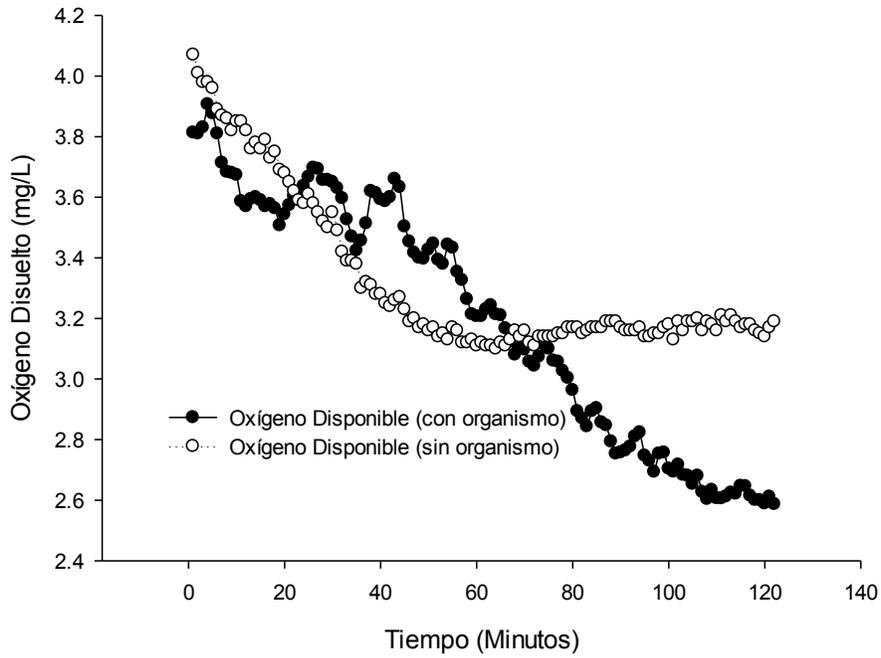


Figura 4. Comparación de la disponibilidad de oxígeno disuelto con organismo contra un tratamiento de control.

Conclusiones

Fue posible desarrollar un sistema de monitoreo de consumo de oxígeno disuelto con un

bajo presupuesto obteniendo un ahorro significativo del 95%. Mediante la aplicación del sistema de monitoreo, se logró evaluar el consumo de oxígeno del camarón y la disponibilidad en el agua. El comportamiento esperado en cuanto al consumo era de forma lineal con una correlación negativa, más sin embargo con este sistema se lograron ver crestas en la gráfica con picos máximos y mínimos con una frecuencia aproximada de 20 minutos. El total del oxígeno disuelto disponible en la columna de agua no es consumido por los camarones sino por las bacterias presentes de forma natural en el agua marina.

Referencias

- Bonarini, A., Matteucci, M., Migliavacca, M. & Rizzi, D. (2014). R2P: An open source hardware and software modular approach to robot prototyping. *Rob. Auton. Syst.* 62, 1073–1084. doi:10.1016/j.robot.2013.08.009
- Ehret, D.L., Hill, B.D., Helmer, T. & Edwards, D.R. (2011). Neural network modeling of greenhouse tomato yield, growth and water use from automated crop monitoring data. *Comput. Electron. Agric.* 79, 82–89. doi:10.1016/j.compag.2011.07.013
- Espinosa-Calderon, A., Borquez-Lopez, R. A., Rico-Garcia, E., Olmos-Lopez, M. & Guevara-Gonzalez, R. G. (2013). Optical spectroscopy as a first step for noninvasive plant nutrition evaluation. Mexican Optics and photonics meeting. Ensenada, Mexico.
- Faugel, H. & Bobkov, V. (2013). Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running. *Fusion Eng. Des.* 88, 1276–1279. doi:10.1016/j.fusengdes.2012.12.005
- Ferdoush, S. & Li, X. (2014). Wireless Sensor Network System Design Using Raspberry Pi and Arduino for Environmental Monitoring Applications. *Procedia Comput. Sci.* 34, 103–110. doi:10.1016/j.procs.2014.07.059
- Ferreira, N., Bonetti, C. & Seiffert, W. (2011). Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture. *Aquaculture* 318, 425–433.
- Harun, A., Ndzi, D.L., Ramli, M.F., Shakaff, A.Y.M., Ahmad, M.N., Kamarudin, L.M., Zakaria, A. & Yang, Y. (2012). Signal propagation in aquaculture environment for wireless sensor network applications. *Prog. Electromag. Res.* 131, 477–494.

- Martínez-Cordova, L.R. (1999). Cultivo de Camarones Peneidos. Principios y Prácticas. A.G.T. Editor, México, D.F. 283.
- Mesas-Carrascosa, F.J., Verdú Santano, D., Meroño, J.E., Sánchez de la Orden, M. & García-Ferrer, A. (2015). Open source hardware to monitor environmental parameters in precision agriculture. *Biosyst. Eng.* 137, 73–83. doi:10.1016/j.biosystemseng.2015.07.005
- Miller, G.A., Farahani, H.J., Hassell, R.L., Khalilian, A., Adelberg, J.W. & Wells, C.E. (2014). Field evaluation and performance of capacitance probes for automated drip irrigation of watermelons. *Agric. Water Manag.* 131, 124–134. doi:10.1016/j.agwat.2013.09.012
- Lin, Q., Jian, Z., Xu, M., Zetian, F., Wei, C. & Xiaoshuan, Z. (2011). Developing WSN-based traceability system for recirculation aquaculture. *Math. Comput. Model.* 53, 2162–2172. doi:10.1016/j.mcm.2010.08.023
- Paez-Osuna, F. & Valencia-Castañeda, G. (2013). Calidad del agua en cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con baja salinidad. *Camaronicultura en agua de baja salinidad*. Trillas Editor, México, D.F. 136.
- Yi-Chieh C., Pen-Yuan Y. & Griffith, T.E. (2014). A wireless communication system for automated greenhouse operations. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. Pages 78–85.
- Yoshikawa, T., Murata, O., Furuya, K. & Eguchi, M. (2007). Short-term covariation of dissolved oxygen and phytoplankton photosynthesis in a coastal fish aquaculture site. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74, 515–527.
- Zhang, M., Li, D. & Wang, L. (2011). Design and Development of Water Quality Monitoring System Based on Wireless 629–641.

Capítulo XI. Detección de la enfermedad de Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND) en camarón blanco (*L. vannamei*) de granjas del sur de Sonora, México

Roberto Rodríguez Ramírez, Gabriel Amilcar Barco Mendoza, Luz Angélica Ávila Villa, Ernesto Uriel Cantú Soto y María Fernanda Villa Cárdenas
Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. roberto.rodriguez@itson.edu.mx

Resumen

La acuicultura contribuye con más del 50% de la producción de camarón que se comercializa en México; sin embargo, la mayor amenaza para el desarrollo de la industria camaronícola sostenible son las diferentes enfermedades que atacan a esta especie. A principios de 2013 se presentó una enfermedad emergente denominada síndrome de mortalidad temprana (EMS, por sus siglas en inglés) dicha enfermedad causó mortalidades masivas de este crustáceo en estanques de cultivo, por la sintomatología presentada se le ha relacionado a una enfermedad bacteriana producida por *Vibrio*, denominado *V. parahaemolyticus*. Este *Vibrio* afecta principalmente dos especies de camarón el langostino jumbo (*Penaeus monodon*) y el camarón blanco (*L.vannamei*) las cuales son las principales especies utilizadas para este fin. Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue identificar la presencia *Vibrio parahaemolyticus* causal AHPND en camarón blanco mediante técnicas de biología molecular en granjas del sur de Sonora. Para lograr lo anterior se tomaron muestras de camarones en granjas de la zona sur del estado de Sonora, en las cuales se detectó la presencia de AHPND en los estanques 3, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 70 y 75, los cuales corresponden a las granjas de la región de los Mélagos, Atanasia y lobos con lo cual se confirma la presencia de esta enfermedad en el estado de Sonora.

Introducción

La acuicultura, es una actividad económica de gran importancia a nivel mundial, ello debido a que es una de las principales fuentes de subsistencia, nutrición e ingresos para millones de personas; actualmente la acuicultura aporta aproximadamente el 40% de la producción total del comercio pesquero en el mundo, estimando un consumo per cápita promedio es de 20 Kg (Korkut, 2017; FAO,2013), de los cuales, el camarón es uno de los principales productos de comercialización internacional, representando este el 15 % de los productos pesqueros, con el cual se generan derramas económicas de \$102.00 millones de dólares anuales (Karunasagar, 2012).

En México, la producción de camarón a nivel nacional se encuentra en segundo lugar; sin embargo, por su valor económico se posiciona en primer lugar. No obstante, la acuicultura de camarón enfrenta grandes retos, el principal problema de producción son las enfermedades que afectan a este tipo de cultivos, dentro de las cuales se encuentran las de origen viral como el virus de mancha blanca (WSSV, por sus siglas en inglés), el virus de taura (TVS), el virus de cabeza amarilla (YHV) entre otros, así como las de tipo bacteriano como la necrosis hepatopancreática (NHP) y las Vibriosis, causadas por cepas patógenas extracelulares de varias especies como *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. campbellii*, *V. parahaemolyticus* entre otros.

Aunado a lo anterior se encuentran las enfermedades emergentes, estas se caracterizan por ser enfermedades de aparición reciente o aquellas que se consideraron controladas anteriormente y emergen nuevamente (Lightner, 2012). Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue Identificar la presencia *Vibrio parahaemolyticus* causal de EMS/AHPND en camarón blanco mediante técnicas de biología molecular.

Fundamentación teórica

En el año 2009 un claro caso de enfermedad emergente en el ámbito acuícola, se registró en países asiáticos, el cual generó un alto índice de mortalidades en estanques de cultivo. Para el año 2012 esta enfermedad se extendió hacia Tailandia y Malasia por ello fue considerada como síndrome de mortalidad temprana /Síndrome de Necrosis hepatopancreática (EMS/AHPNS por sus siglas en inglés), trayendo como consecuencia grandes pérdidas económicas y de suministro de este crustáceo a varios países.

Dado a la magnitud del problema un grupo de investigadores realizaron ensayos de inmersión utilizando camarones infectados con EMS/AHPNS de áreas endémicas, logrando identificar una cepa de *Vibrio* como el agente causal de dicha enfermedad más específicamente de la especie *V. parahaemolyticus*, con la identificación del agente causal de esta enfermedad se reconsidera el nombre a enfermedad nombrándose enfermedad de la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), (Lightner, 2012; Tan, 2013).

Los principales síntomas presentados en camarones infectados por AHPND se dan aproximadamente dentro de los primeros 10 – 30 días después de la siembra en estanques, donde se observa un crecimiento de manera lenta, nado en forma circular o entorpecida, así como de una coloración pálida y pérdida del exoesqueleto. El hepatopáncreas presenta una reducción de tamaño que puede variar entre un 30-50 %, presentando una coloración de blanco a transparente, esto debido a la pérdida de pigmento de las células R del hepatopáncreas (HP).

Estudios histopatológicos de secciones de hepatopáncreas han mostrado una disminución en la actividad mitótica para la producción de las células tipo E, las células tipo B, F y R; así como un masivo desprendimiento de células epiteliales del túbulo central. En fases terminales se presentan rayas o manchas negras debido a la agregación masiva hemolítica (por la deposición de melanina a partir de la actividad de hemocitos) seguido de infecciones bacterianas secundarias. (Leaño, 2012; Jyoti, 2014; Tran, 2013).

Las investigaciones han indicado que este patógeno afecta principalmente a las especies de camarón *P.monodon* y *L.vanamei*. Estas toxinas no representan un riesgo a la salud humana, solo las toxinas termolisina directa termoestable (THR) y la hemolisina directa termoestable (TDH) encontradas en cepas de *V. parahaemoliticus* O3:K6 han sido registradas como patógenas al ser humano causando cuadro de gastroenteritis (FAO, 2013).

Estudios de secuenciación han logrado la caracterización de alrededor de 10 cepas causales de AHPND en regiones de China y Tailandia en las cuales se ha encontrado el plásmido codificante para las toxinas PirAB^{VP} de aproximadamente 69 kbp, Además de una cepa encontrada en el estado de Sinaloa, México, las cuales se encuentran registradas en el GeneBank (Kondo, 2014; Yang, 2014; Gomez-Gil, 2014).

En México, el estado de Sonora está considerado como el segundo estado de mayor producción de camarón, la producción anual de este crustáceo está entre las 40 a 50 mil toneladas anuales. Sin embargo, en el 2013, se presentó un alto índice de mortalidades en granjas del estado de Sonora, estas se presentaron en etapas tempranas del ciclo de producción, por lo que generó una alta incertidumbre entre los productores.

Debido a las características presentadas en los estanques productivos, estas mortalidades se adjudicaron la enfermedad de AHPND registrada en países asiáticos. A finales de año la producción anual registrada fue de 25 mil toneladas registrando así una disminución del 50% con respecto a años anteriores (SAGARPA, 2013), por ende, se registró una disminución considerable de unidades productoras acuícolas en el estado, así como un aumento considerable en el precio de este crustáceo.

De momento la única forma de controlar esta enfermedad es seguir estrictos protocolos de bioseguridad, así como de mantener una constante vigilancia por parte de técnicos y entidades correspondientes, es importante mantener un buen sistema de filtrado del agua utilizada para los estanques con el fin de evitar la entrada de patógenos a los sistemas productivos (Cuellar, 2012).

La propagación de esta enfermedad es una de las principales preocupaciones ante las autoridades sanitarias. Recientemente se detectó la presencia de *V. parahaemolyticus* causal de AHPND en las Filipinas, la presencia se confirmó mediante métodos microbiológicos y técnicas moleculares por PCR donde se registraron incidencias de mortalidades; las principales regiones afectadas de dicho país fue Luzon (33%), Visayas (21%) y Mindanao (5%) siendo este el primer registro de dicha enfermedad (Leobert, 2015).

Metodología

Área de estudio y muestreo

El presente trabajo se llevó a cabo en granjas camaronicolas en el estado de Sonora, México, localizadas en San Ignacio Rio Muerto en tres áreas Melagos, Atanasia y Lobos con coordenadas 27° 18' 13.5'' N; 110° 25' 13.9''. Donde se realizó un muestreo dirigido seleccionando estanques y camarones que presentaron signos claros de la enfermedad (AHPND). A los cuales se le extrajo el hepatopáncreas y se preservó en alcohol al 70% para su posterior análisis.

Extracción de ADN genómico a partir de Hepatopáncreas

Para la extracción de ANDg se partió de hepatopáncreas de camarón. Para lo cual se pesó aproximadamente 50 a 100 mg de tejido en un tubo de microcentrifuga (ependorf®) de 1.5 mL a

los cuales se les adición 400 μ L de solución de lisis (100 mM NaCl, 10 mM Tris-HCl, 25 mM EDTA y 2% SDS) y 20 μ L proteinasa K (20 mg/ml) encubando por 65°C por 15 minutos. Se adicionaron 200 μ L de solución cloruro de sodio saturada y se centrifugando a 12000 g por 5 minutos, se separó el sobrenadante al cual se le adicionaron 400 μ L de cloroformo: fenol: alcohol isoamílico (24:25:1) agitándose en vortex por 10 s. se centrifugo a 14,000 g por 10 min. El sobrenadante se colocó en un tubo nuevo para adicionar 400 μ L de isopropanol frio, para ser centrifugado a 14000 g por 5 min, se decantó el sobrenadante para obtener el pellet, al cual se le realizaron dos lavados con 400 μ L de alcohol al 70% y centrifugado a 14000 g por 5 min. se dejó secar el pellet a temperatura ambiente para posteriormente resuspender el pellet en 50 μ L de agua milliQ el cual se almacenó a -20°C para su posterior utilización.

Cuantificación de integridad de ADNg por espectrofotometría

La medición de concentración, pureza e integridad del DNAg se determinó mediante espectrofotometría UV utilizando un espectrofotómetro Multiskam Go (Thermo Fisher scientific, FI-01620, Finlandia), la integridad se mido mediante la relación de absorbancia a una longitud de onda 260 y 280 nm, mientras que la concentración a una longitud de onda de 260 nm. Para lo cual se utilizaron 2 μ L por muestra utilizando una micro placa μ Drop (Thermo Fisher scientific), los valores obtenidos se analizaron mediante el software Skanit RE 3.2.

Detección de AHPND mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

La detección de AHPND se llevó a cabo mediante PCR utilizando los primers AP3 (Forward: 5'-ATG AGT AAC AAT ATA AAA CAT GAA AC-3') (Reverse: 5'-GTG GTA ATA GAT TGT ACA GAA-3'). Para lo cual se realizó una mezcla de la reacción de PCR utilizando el kit GoTaq G2 colorless master mix (Promega) de acuerdo a la especificaciones del fabricante donde se utilizó 1 μ L de ADNg de hepatopáncreas en un volumen final de 12.5 μ L . La PCR se llevó a cabo bajo el siguiente protocolo de amplificación: una desnaturalización de 95°C por 2:00 min, Seguido de 40 ciclos a 95°C por 30s, 53°C por 30s. 72°C por 40s, con una extencion final de 72°C por 5:00 min.

Electroforesis en gel de agarosa

Se utilizaron 5 μL de producto de amplificación de PCR por muestra, los cuales fueron sometidos a una electroforesis en gel de agarosa al 1.2% a un voltaje de 90V por 55 min. Se utilizó un marcador de peso molecular 1 Kb Plus DNA Ladder (Thermo Fisher Scientific). Finalmente, los productos los obtenidos se observaron utilizando un Fotodocumentador DNR MiniBis pro Bio-Imaging Systems (DNR Bio-Imaging Systems Ltd., Jerusalén, Israel) utilizando el software “Gelcapture software”.

Resultados y discusión*Cuantificación de integridad de ADNg por espectrofotometría*

La concentración obtenida de ADNg a partir de hepatopáncreas fue de buena cantidad y calidad con una concentración entre 418 a 1948 ng/ μL con una pureza de 1.7 a 2.10 (Tabla 1), lo cual nos indica una muestra libre de proteínas, pigmentos o solventes que puedan interferir en la realización de la PCR, mostrando que el método de extracción utilizado es el indicado para este tipo de muestras las cuales presentan un alto contenido de lípidos y pigmentos siendo estos los de mayor problema de eliminación sin llegar a dañar la integridad de ADNg.

Tabla 1. Concentración e integridad de ADNg de hepatopáncreas de camarón *L. vannamei*.

Muestra	Concentración ng/ μL	Pureza 260/280
Estanque 3	1948	2.0
Estanque 6	916	1.7
Estanque 7	602	1.8
Estanque 8	508	2.09
Estanque 9	491	2.10
Estanque 10	1200	2.23
Estanque 19	967	2.08
Estanque 20	1327	2.10
Estanque 70	418	2.05
Estanque 75	442	2.09
Estanque 88	467	2.13

Resultados similares fueron obtenidos por Lopera-barrero (2008) el cual estudio la adición de cloruro de sodio para la extracción de ácidos nucleicos a partir de aletas caudales y larvas de peces, obteniendo una integridad entre 1.8 a 2.19, dando resultados similares a los métodos donde se utilizan agentes tóxicos como el fenol, con el cual se obtuvo además una

concentración considerable de ADN para la realización de pruebas de PCR y utilización de marcadores RAPD.

Detección de AHPND mediante reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Las muestras analizadas por PCR en el presente estudio presentaron una amplicon de 336 pares de bases (pb) lo cual indica la presencia de AHPND en los estanques 3, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 70, 75y 88, provenientes de granjas de la región de los Mélagos, Atanasia y lobos (Figura 1). Este amplicon corresponde a la región codificante para la producción de las toxinas PirAB^{VP} involucradas en la patología de AHPND. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sirikharin, (2014) donde se analizaron 49 aislados bacterianos de *V. parahaemolyticus* previamente confirmados a AHPND y 35 aislados no patógenos, donde los 49 aislados resultaron positivos a AHPND utilizando los primers AP3 mostrando un amplicon de 336pb y una especificidad del 100% en comparación a los métodos previamente reportados como AP1 y AP2 los cuales presentaban falsos positivos (Flegel, 2014).

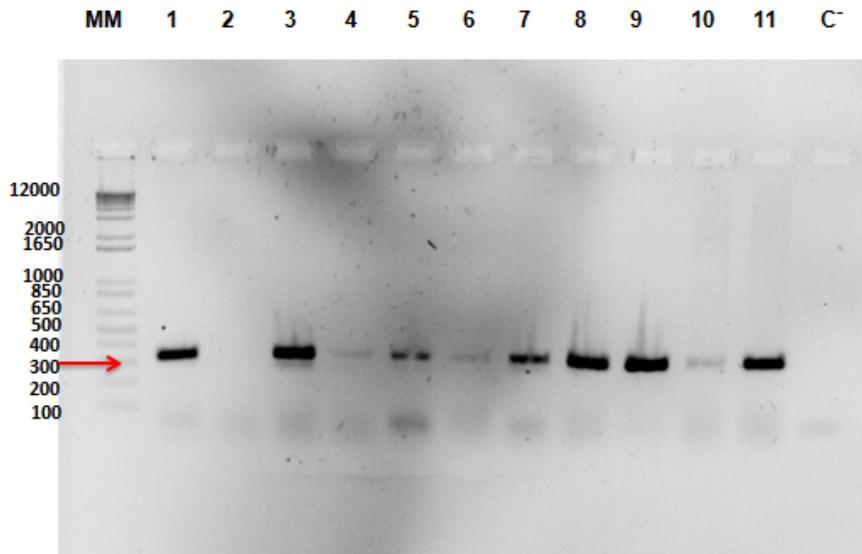


Figura 1. Productos de PCR en gel de agarosa al 1.2% carril MM: marcado molecular, carril 1 estanque 3, carril 2 estanque 6, carril 3 estanque 7, carril 4 estanque 8, carril 5 estanque 9, carril 6 estanque 10, carril 7 estanque 19, carril 8 estanque 20, carril 9 estanque 70, carril 11 estanque 88, C-: control negativo.

Resultados similares fueron encontrados por Nunan, (2014) en la región noreste del país donde se realizaron muestres en granjas afectadas en el año 2013 mediante la utilización de los

primers 89F/89R los cuales están basados en la detección del plásmido pVA3-1 encontrado en cepas patógenas a AHPND.

Los camarones infectados con AHPND presentaron hepatopáncreas transparente, con un tamaño reducido en comparación con hepatopáncreas sanos, así como de un intestino con ausencia de alimento (Figura 2) estas características son típicas en camarones infectados con esta patología, estas mismas características físicas fueron encontradas en camarones obtenidos de granjas acuícolas de VietNam los cuales fueron estudiados por Tran (2013) a los cuales se les realizaron cortes histológicos observando así el daño causado a los túbulos del hepatopáncreas.



Figura 2. Hepatopáncreas de camarón sanos de coloración amarilla y hepatopáncreas infectado con AHPND sin coloración.

Conclusiones

Las muestras de hepatopáncreas analizadas por PCR mediante los primers AP3 resultaron positivas a AHPND con lo cual se confirma la presencia de este patógeno en granjas acuícolas del sur de Sonora.

AHPND ha causado grandes impactos en la producción acuícola por lo que las técnicas moleculares como la PCR es una herramienta que puede ser utilizada como diagnostico confirmativo de esta enfermedad.

El sector acuícola en México presenta nuevos retos para producir de manera sostenible esta actividad, para lograr reducir al mínimo los efectos de esta patología y/o controlar esta y otras enfermedades, se tienen que tomar medidas entre las instituciones gubernamentales, centros de investigación y el sector productivo.

Referencias

- Cuéllar-Anjel, J. (2012). Síndrome de Mortalidad Temprana (EMS). In Memorias de la Conferencia técnica presentada a miembros de la OIE, Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA–DINASA) y sector privado camaronero panameño. Estación de Aguas Estuarinas Ing. Enrique Enseñat, Aguadulce (Coclé), Panamá.
- FAO (2013) Report of the FAO/MARD Technical Workshop on Early Mortality Syndrome (EMS) or Acute Hepatopancreatic Necrosis Syndrome (AHPND) of Cultured Shrimp (under TCP/VIE/3304). Hanoi, Viet Nam, 25–27 June 2013. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1053. Rome. 54 pp
- Flegel, T. W., & Lo, C. F. (2014). Free release of primers for specific detection of bacterial isolates that cause acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA). Recuperado de >
http://www.enaca.org/modules/news/articles.php?article_id=2015
- Gomez-Gil, B., Soto-Rodríguez, S., Lozano, R., & Betancourt-Lozano, M. (2014). Draft genome sequence of *Vibrio parahaemolyticus* strain M0605, which causes severe mortalities of shrimps in Mexico. *Genome announcements*, 2(2), e00055-14.
- Jyoti J, Jiraporn S, Viet H, I-TungChen , Bunlung N, Orasa S, Chu F, Timothy W. Flegel, Kallaya S, Siripong T. (2014). Variation in *Vibrio parahaemolyticus* isolates from a single Thai shrimp farm experiencing an outbreak of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) *Aquaculture* 428–429) 297–302
- Karunasagar, I. y Ababouch, L. (2012). Shrimp Viral Diseases, Import Risk Assessment and International Trade. *Indian J. Virol.* July–September 2012 23(2):141–148.
- Kondo, H., Tinwongger, S., Proespraiwong, P., Mavichak, R., Unajak, S., Nozaki, R., & Hirono, I. (2014). Draft genome sequences of six strains of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from early mortality syndrome/acute hepatopancreatic necrosis disease shrimp in Thailand. *Genome announcements*, 2(2), e00221-14.
- Korkut, A. Y., Kop, A., Saygi, H., Göktepe, Ç., Yedek, Y., & Kalkan, T. (2017). General evaluation of fish feed production in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(1), 223-229.
- Leaño, E. M., & Mohan, C. V. (2012). Early mortality syndrome threatens Asia's shrimp farms. *Global Aquaculture Advocate*, 2012(7/8), 38-39

- Leobert, D., Cabillon, N. A. R., Catedral, D. D., Amar, E. C., Usero, R. C., Monotilla, W. D., ... & Saloma, C. P. (2015). Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) outbreaks in *Penaeus vannamei* and *P. monodon* cultured in the Philippines. *Diseases of aquatic organisms*, 116(3), 251-254.
- Lightner, D. V., Redman, R. M., Pantoja, C. R., Noble, B. L., & Tran, L. (2012). Early mortality syndrome affects shrimp in Asia. *Global Aquaculture Advocate*, 15(1), 40.
- Lopera-Barrero, N. M., Povh, J. A., Ribeiro, R. P., Gomes, P. C., Jacometo, C. B., & Silva Lopes, T. D. (2008). Comparación de protocolos de extracción de ADN con muestras de aleta y larva de peces: extracción modificada con cloruro de sodio. *Ciencia e investigación agraria*, 35(1), 77-86.
- Nunan, L., Lightner, D., Pantoja, C., & Gomez-Jimenez, S. (2014). Detection of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Mexico. *Diseases of aquatic organisms*, 111(1), 81-86.
- Sirikharin, R., Taengchaiyaphum, S., Sritunyalucksana, K., Thitamadee, S., Flegel, T. W., Mavichak, R., & Proespraiwong, P. (2014). A new and improved PCR method for detection of AHPND bacteria. *Network of Aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand* <http://www.enaca.org/modules/news/article>.
- SAGARPA, (2013). Suspende SAGARPA importación de camarón de naciones asiáticas para proteger producción del país. 11/11/15, de CONAPESCA Sitio web: http://conapesca.gob.mx/wb/cona/18_de_abril_de_2013_mazatlan_sin_
- Tran, L., Nunan, L., Redman, R. M., Mohney, L. L., Pantoja, C. R., Fitzsimmons, K., & Lightner, D. V. (2013). Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Diseases of aquatic organisms*, 105(1), 45-55
- Yang, Y. T., Chen, I. T., Lee, C. T., Chen, C. Y., Lin, S. S., Hor, L. I., ... & Wang, H. C. (2014). Draft genome sequences of four strains of *Vibrio parahaemolyticus*, three of which cause early mortality syndrome/acute hepatopancreatic necrosis disease in shrimp in China and Thailand. *Genome announcements*, 2(5), e00816-14

Área temática: Ciencias Sociales y Humanidades

Capítulo XII. Estudio diagnóstico de clima laboral en departamento académico en institución de educación superior en municipio de Cajeme

Marisol Sánchez Guerrero, Maribel Guadalupe Gil Palomares y
María de Lourdes Serrano Cornejo
Departamento de Ciencias Administrativas
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. m.sanchez.gro@gmail.com

Resumen

En la actualidad las estrategias aplicadas para la dirección y desarrollo del personal es uno de los temas importantes a tratar ya que conlleva hacia el logro de los objetivos organizacionales. En lo antes mencionado el factor humano es el elemento vital para el desarrollo de cualquier proceso aplicado en organización. Para ello la medición del clima organizacional permite revisar el nivel de satisfacción del personal en general. En el presente documento se muestra un diagnóstico del clima organizacional realizado en el departamento de ciencias administrativas de una institución a nivel superior ubicada en el municipio de Cajeme, cuyos resultados son manejados a través de conclusiones globales, involucrando a los estamentos pertenecientes a la universidad y agrupándolos de la siguiente manera: ambiente físico de trabajo, calidad de vida, comunicación, estructura, identidad, motivación, liderazgo, equidad de género, relaciones interpersonales e impacto de la encuesta. El objetivo del estudio ha sido elaborar propuestas de mejoras, a través de la identificación de las variables más relevantes a las que debe darse prioridad a la gestión del clima para lo cual se generó un comparativo de los años 2013,2014 y 2015.

Palabras clave: clima organizacional, factores del clima, cambio organizacional.

Introducción

La situación actual de esta nueva era liderada por la información y el conocimiento ha modificado el rumbo lograr la calidad integral universitaria. Las iniciativas para lograr la calidad integral en este sector ya son numerosas; sin embargo, esta actividad requiere de una interdependencia con otras áreas. Así, quienes trabajan en gestionar la calidad en la enseñanza nivel superior según Mejías, Reyes y Arzola (2006), necesitan estar en mayor contacto con las ciencias humanas, pues las tendencias sugieren un componente más humano en los diferentes modelos de calidad a proponer, para ello el clima organizacional es un factor determinante en el logro de la calidad integral en las Instituciones educativas.

Sin embargo para clarificar aún más sobre el tema, es necesario subrayar que el término clima organizacional ha sido conceptualizado a través del tiempo por diversos autores (Payne, Fineman & Wall, 1976; Forehand & Glimer, 1964; Frenlander & Margulies, 1969; James & Jones, 1974; James & Sell, 1981; Joyce & Slocum, 1984; Ostroff & Schmit, 1993; Pyane, Litwin y Stringer, 1978; Schneider y Hall, 1972; Schneider y Reichers, 1983), como las características, propiedades, percepciones o consenso de las representaciones cognitivas individuales que interviene entre el comportamiento y las características organizacionales.

Por otro lado, cabe destacar que para la administración educativa, aún no exista suficiente consenso que unifique los criterios en torno a la definición del clima organizacional, así como a la delimitación de los elementos que la conforman; sin embargo, la mayoría de los estudios según López (2011), comparten la idea de que una organización educativa responde a los mismos principios de cualquier otra organización, por lo cual se deduce que esto se hace extensivo, también, a los principios referidos a la administración. Así pues para efectos de este estudio se presenta el clima organizacional desde la misma perspectiva, como el resultado de las percepciones compartidas por el personal de la organización respecto al trabajo, el ambiente físico en que éste se da, las relaciones interpersonales que tienen lugar en torno a él y las diversas regulaciones formales que afectan a dicho trabajo. La definición deriva de los diferentes enfoques de medida múltiple de atributos organizacionales y la medida perceptiva de esos atributos, con los cuales se desarrolló este trabajo.

El presente estudio se ha realizado con el propósito de obtener datos sobre la percepción del clima laboral que tienen los colaboradores pertenecientes al Departamento de Ciencias Administrativas, en relación a los aspectos que influyen en los procesos y comportamientos organizacionales. En los años 2013, 2014 y 2015, a través de la Coordinación de Desarrollo organizacional, se aplicó para el Departamento de Ciencias Administrativas, una encuesta de Clima laboral, la cual se hizo de manera digital a una muestra de colaboradores de planta y eventuales adscritos al departamento. Con los resultados se elaborará un plan de mejoras que impacten positivamente sobre el logro de la calidad en el medio ambiente laboral del departamento y de la propia Institución.

Planteamiento del problema

El analizar el clima organizacional permite estudiar la percepción que los empleados tienen de su organización, el ambiente laboral que por ende se estima afecta en la conducta de sus integrantes e impacta en el desempeño laboral a nivel departamental e institucional. El clima organizacional es un tema de gran relevancia hoy en día para todas las instituciones, las cuales buscan un continuo mejoramiento de su ambiente laboral, para así alcanzar un incremento de productividad, establecer relaciones armoniosas y sobre todo una calidad integral educativa.

Aunado a lo descrito, si el ambiente laboral no es el adecuado, puede originar obstáculos que posiblemente impactaran para el buen desempeño del departamento y de la institución. Por ello el clima se puede caracterizar en este caso como en las percepciones compartidas por los miembros de una organización respecto al trabajo, el ambiente físico en que éste se da, las relaciones interpersonales que tienen lugar en torno a él y las diversas regulaciones formales que afectan dicho trabajo (Rodríguez, 1999).

Es por tal razón que el Departamento de Ciencias Administrativas del Instituto Tecnológico de Sonora, tiene como uno de sus objetivos crear relaciones humanas adecuadas propias de un clima laboral motivador necesario para generar equipos de trabajo capacitados y orientados hacia el logro de los objetivos del mismo departamento y de la propia institución.

En la actualidad, se espera que las organizaciones educativas sean eficientes en cuanto al servicio que brindan con la finalidad de lograr una enseñanza aprendizaje de mejor calidad. Para ello se interactúa con factores un tanto psicosociales, de política interna y externa a nivel de gestión tanto administrativa como pedagógica, que funcionalmente genera un estilo de comportamiento tanto personal como grupal dentro de la institución que se proyecta hacia el contexto social.

Ante esta realidad un adecuado funcionamiento directivo conlleva a que el trabajador, profesional o empleado conviva en un ambiente armonioso, generando mejores desempeños laborales. Con el presente estudio se pretende iniciar el rumbo hacia una mejora continua sobre el comportamiento antes mencionado del personal, para establecer un compromiso de reflexión integral sobre las condiciones laborales en las que se desenvuelve el personal, teniendo presente

el hecho de que el buen clima laboral es un factor determinante para el logro de una calidad integral educativa.

Para ello se pretende resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el nivel del clima laboral dentro del Departamento de Ciencias Administrativas, Campus Obregón en sus dimensiones ambiente físico de trabajo, calidad de vida, comunicación, estructura, identidad, motivación, liderazgo, equidad de género, relaciones interpersonales, impacto de la encuesta?

Objetivo

Analizar el nivel de clima laboral del Departamento de Ciencias Administrativas, Campus Obregón, a través de la identificación de las variables ambiente físico de trabajo, calidad de vida, comunicación, estructura, identidad, motivación, liderazgo, equidad de género, relaciones interpersonales, impacto de la encuesta; comparándolo a través de los años 2013, 2014 y 2015 con el propósito de mejorar el ambiente laboral.

Fundamentación teórica

El concepto de clima surge en momentos en que se ve la necesidad de dar cuenta de fenómenos globales, pero al mismo tiempo por ser un concepto simple para la utilización práctica del diagnóstico de clima organizacional. Para ello Rodríguez (1999) menciona que el concepto de clima organizacional se refiere a las percepciones compartidas por los miembros de la organización con referencia al trabajo, el ambiente físico, las relaciones interpersonales que tienen lugar en torno a él y las diversas regulaciones formales que afectan a dicho trabajo.

Litwin y Stinger (1978), citados por: Goncalves, A. (1997), proponen un esquema donde el clima organizacional es un filtro por el cual pasan los fenómenos objetivos (estructura, liderazgo, toma de decisiones), por lo tanto, evaluando el Clima Organizacional se mide la forma como es percibida la organización. Este comportamiento tiene obviamente una gran variedad de consecuencias para la organización como, por ejemplo, productividad, satisfacción, rotación, adaptación, etc.

Por otro lado es importante destacar que Likert (1961) y Katz y Kahn (1966), llevaron a cabo estudios en los cuales enfatizaban el contexto humano de las organizaciones en los que no

solo analizaban los resultados y la eficacia de la organización, sino las consecuencias que había en el personal. Ellos consideraban que las condiciones (atmosfera, clima) que se formaban en el área en donde laboraban, tienen consecuencias importantes en los empleados.

Así mismo Elton Mayo (1880-1949) logro determinar cuáles eran los elementos que explicaban las necesidades internas del ser humano, donde la organización se ubicaba como el espacio en el cual los individuos pasan una gran parte de su tiempo y con esto una de las actividades de interacción social relevante, en base a esto distinguió una novedosa relación entre directivos y trabajadores (Rubio, 2003).

En relación a todo lo antes visto, se puede afirmar que hoy en día, el clima organizacional es entendido como un reflejo claro de la vida interna de una empresa u organización, es un concepto dinámico que cambia en función de las situaciones organizacionales así como de la percepción que los empleados tienen referente a estas. Y finalmente el clima laboral es afectado por diversas variables estructurales, entre estas se pueden mencionar las políticas, el estilo de dirección y los planes de gestión, sistemas de contratación y despido; promoción y movilidad funcional entre otras, y todas estas a su vez se pueden ver afectadas por el clima laboral.

Metodología

Tipo de investigación. La presente investigación es de tipo documental, de nivel exploratorio - descriptivo que según Ander (1982), consiste en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. Esta investigación describirá los resultados del clima organización del Departamento de Ciencias Administrativas de los años 2013,2014 y 2015. Para ello se realizó un análisis de los resultados proporcionado con la metodología utilizada por el Departamento de Personal a través de la Coordinación de Desarrollo organizacional quienes fueron los que desarrollaron la encuesta de clima laboral. Para lo anterior se requiere de la participación del departamento de ciencias administrativas para la revisión y análisis de los resultados.

Con ello se espera el desarrollar una propuesta de mejora, ya que este estudio de la medición de los niveles de clima organizacional es relevante desde el punto de vista práctico educativo porque se observa que las formas de convivir en un determinado ambiente laboral

repercuten en forma directa en la comunidad educativa y que su buena práctica tiene vinculación con los resultados de aprendizaje de los estudiantes y la mejora en el desempeño de los docentes. La investigación impacta en la en la actitud, aptitud y emociones de los directivos, docentes y estudiantes, por la forma de cómo afecta el buen o mal clima organizacional de la institución.

Sujetos. Los sujetos de estudio son los empleados de planta y eventuales adscritos al Departamento de Ciencias Administrativas en los años 2013, 2014 y 2015.

Materiales. Los materiales utilizados para el desarrollo del trabajo fueron los resultados de los tres diagnósticos aplicados por el Departamento de Personal a través de la Coordinación de Desarrollo organizacional en los años 2013, 2014 y 2015 al Departamento de Ciencias Administrativas. Los instrumentos aplicados por cada año constaron de 48 reactivos en total, clasificados en los siguientes 10 factores: ambiente físico de trabajo, calidad de vida, comunicación, estructura, identidad, motivación, liderazgo, equidad de género, relaciones interpersonales e impacto de la encuesta.

Definición de las dimensiones evaluadas en el instrumento de medición

Se midieron 10 dimensiones estrechamente vinculadas al clima laboral de las cuales se interpretan de la siguiente manera: (a) Ambiente físico de trabajo, son las condiciones de funcionalidad y seguridad de las instalaciones en las que el personal realiza sus labores; (b) Calidad de vida, es el bienestar general que experimenta un individuo respecto a su vida y que le otorga la capacidad de actuar y funcionar en relación a sus objetivos, expectativas, normas e inquietudes; (c) Comunicación, es la percepción sobre la funcionalidad, calidad y medios de la comunicación interna en la Institución para el cumplimiento de sus objetivos; (d) Estructura, grado de conocimiento de la estructura organizacional institucional entendida como las reglas, políticas, directrices y consignas que establece la Administración, así como la organización de las áreas y las relaciones interdepartamentales; (e) Identidad, es el sentimiento de pertenencia a la Institución y al grupo de trabajo, así como el grado en que se comparten los objetivos personales con los organizacionales; (f) Motivación, apoyo en general, incentivos, reconocimientos, entre otros que desarrolla la organización a favor de los empleados para el logro de objetivos tanto personales, profesionales e institucionales; (g) Liderazgo, grado en que el jefe inmediato está interesado en el progreso de los integrantes de su equipo de trabajo, en apoyarlos en sus

esfuerzos, mantener un clima amistoso de colaboración para el cumplimiento de los objetivos; (h) Equidad de género, evalúa el grado de cumplimiento de la Institución hacia los principios, valores y disposiciones de la no discriminación y la percepción del personal respecto a la práctica de la equidad; (i) Relaciones interpersonales, se refiere a la percepción acerca de la existencia de un ambiente de trabajo grato y de buenas relaciones sociales tanto entre compañeros como entre jefes y subordinados; (j) Impacto de la encuesta, indica la difusión de los resultados de la encuesta y las acciones de mejora que la Institución promueve para mejorar el clima organizacional.

Procedimiento

Para obtener la información que sustenta el presente trabajo se llevó a cabo el siguiente procedimiento: primero se solicitaron los resultados del clima organizacional del departamento de Ciencias Administrativas de los años 2013, 2014 y 2015; posteriormente se analizaron los resultados; después de elaboró un concentrado de los resultados de los tres años en estudio; seguido se realizó una comparativa de los resultados basados en las tablas y gráficas de tres años; se generó la interpretación de los resultados y efectuaron recomendaciones para cada factor; se desarrollaron estrategias para minimizar la resistencia a los cambios de las de las propuestas elaboradas; se dieron a conocer los resultados de este proyecto al jefe de departamento y a los compañeros de trabajo de Ciencias Administrativas; se elaboró el informe técnico, y finalmente se implementarán las propuestas de mejora.

Resultados y discusión

A partir de los resultados presentados del clima organizacional por el Departamento de Personal a través de la Coordinación de Desarrollo organizacional en los años 2013, 2014 y 2015 al Departamento de Ciencias Administrativas y de la revisión documental de la literatura existente para efectos del análisis, se muestran los siguientes resultados.

Resultados generales obtenidos

A continuación se presentan los resultados, que muestran el promedio general total por año en orden ascendente.

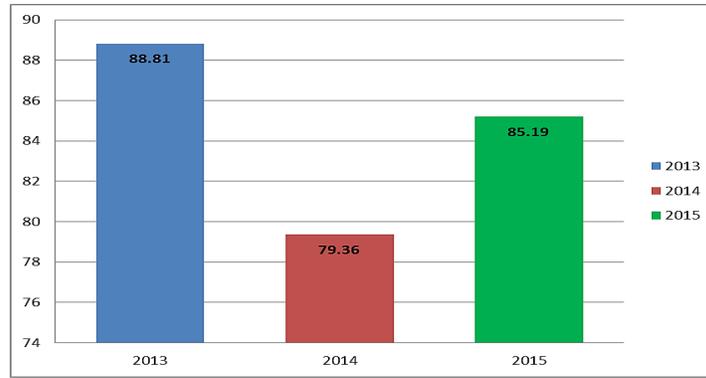


Figura 1. Comparativo Promedio general por año.
Fuente: elaboración propia, 2016.

El resultado para el Departamento de Ciencia Administrativas mostró una Media del 84% comparándolo con los resultados de los tres años. En la Figura 1 se puede observar el promedio general total por año en orden ascendente. El año que mostro un promedio favorable de clima laboral resulto el 2013, en comparación con los años 2014 y 2015.

En la siguiente información se arroja la comparación de los resultados de las diferentes dimensiones con el promedio general del Departamento de Ciencias Administrativas por año.

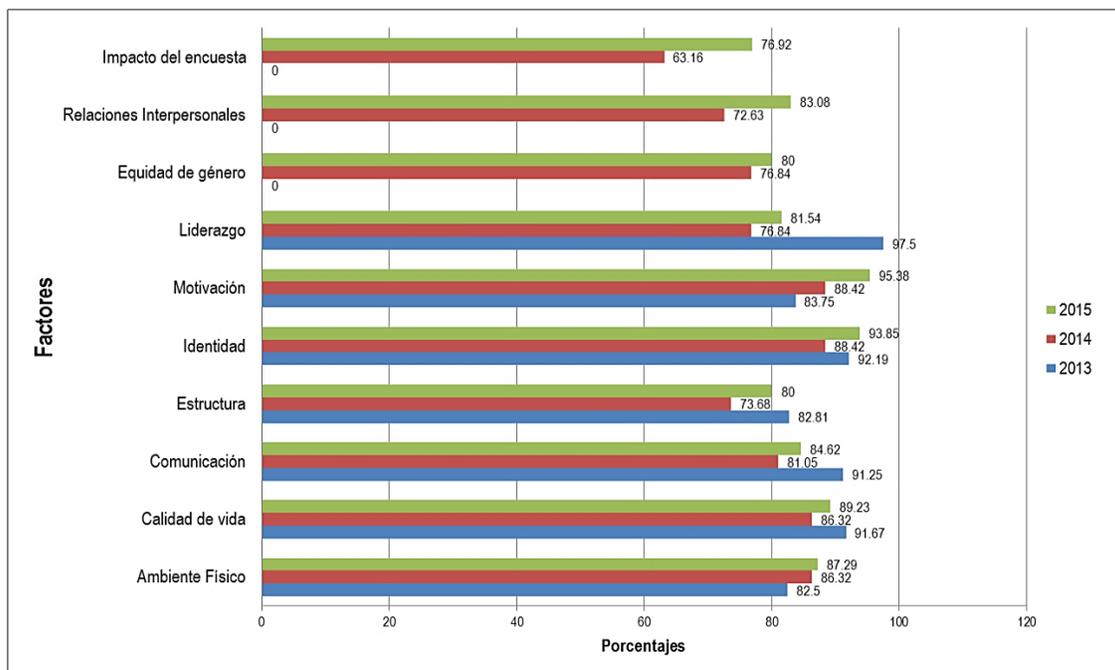


Figura 2. Comparativo del promedio general por año de las dimensiones.
Fuente: elaboración propia, 2016.

Si se comparan los resultados de las diferentes dimensiones con el promedio general del Departamento de Ciencias Administrativas de 84.45 (Tabla 1), se observan cuatro dimensiones (motivación, identidad, calidad de vida y ambiente físico) con promedios que superan este valor y seis ubicados por debajo del mismo (impacto de la encuesta, relaciones interpersonales, equidad de género, liderazgo, estructura, comunicación).

Tabla 1. Promedio numérico general por año.

	2013	2014	2015	Promedio General total
PROMEDIO	88.81	79.36	85.19	84.45

Nota: elaboración propia, 2016.

En ninguna de las categorías se refleja un clima laboral que alcancen puntuaciones mayores a 90 puntos (Tabla 2). Las puntuaciones máxima y mínima registradas es de 91.49 y 70.04 respectivamente.

Tabla 2. Promedio general numérico de las dimensiones por año.

	2013	2014	2015	Promedio General total
Ambiente Físico	82.5	86.32	87.29	85.37
Calidad de vida	91.67	86.32	89.23	89.07
Comunicación	91.25	81.05	84.62	85.64
Estructura	82.81	73.68	80	78.83
Identidad	92.19	88.42	93.85	91.49
Motivación	83.75	88.42	95.38	89.18
Liderazgo	97.5	76.84	81.54	85.29
Equidad de género	0	76.84	80	78.42
Relaciones Interpersonales	0	72.63	83.08	77.86
Impacto del encuesta	0	63.16	76.92	70.04

Nota: elaboración propia, 2016

Las dimensión mejor valoradas son la de Identidad, seguida de Motivación, Calidad de vida y Comunicación, las cuales pueden ser calificada de Muy buenas (su promedio supera el 84.45%). La peor valorada es el impacto de la encuesta con un promedio de apenas un 70.04 seguido de la dimensión Relaciones Interpersonales con un 77.86 por lo que puede ser

catalogada como bajas. Con un impacto medio a regular se sitúan las dimensiones de Ambiente Físico, Liderazgo, Estructura y Equidad de género respectivamente (Figura 2).

Conclusiones

Los hallazgos permitieron visualizar en términos globales, los resultados del clima organizacional del Departamento de Ciencias Administrativas, donde el mayor grado de Satisfacción encontrado fue en las dimensiones de Identidad, Motivación, Comunicación, Calidad de Vida. Estas constituyen fortalezas pertenecientes al ámbito valórico del área cognitiva-afectiva, su alto grado de internalización en la organización, posee un significado de poderosa fuerza, que posibilitan el mejoramiento de cualquiera de los otros ámbitos.

Partiendo del análisis de las teorías y términos sobre clima organizacional, se concluye que el término es de relevante importancia, puesto que para lograr mejoras a corto plazo en la productividad, es indispensable mejorar las relaciones interpersonales, ya que juegan un papel fundamental en el desarrollo integral de las personas. A través de ellas, el individuo obtiene importantes refuerzos sociales del entorno más inmediato que favorecen su adaptación al mismo. En contrapartida, la carencia de estas habilidades puede provocar rechazo, aislamiento y, en definitiva, limitar la calidad de vida.

La ejecución y difusión de los resultados obtenidos en el presente estudio, tendrán un alcance representativo para diseñar estrategias que optimicen el fortalecimiento del clima organizacional en el área de ciencias administrativas de la institución. Desde la visión socio-educativa, estudiar en las organizaciones educativas aquellos comportamientos específicos como componentes del clima organizacional permite generar la preparación de programas de apoyo formativo para superar aquellas actitudes limitantes o debilidades actitudinales en el contexto organizacional educativo. En tal sentido, conocer el clima organizacional dentro del departamento ciencias administrativas servirá para la formación holística de directores y docentes, orientándolos hacia mejoras en las diferentes competencias que favorezcan la misión y la visión de la Institución.

En relación al aspecto cultural, directamente con la literatura especializada, es posible encontrar mucho más la temática en estudio a nivel del ámbito organizacional empresarial, específicamente en publicaciones en el campo de la psicología organizacional, que ha sido vinculada y adaptada al campo educativo. Desde el punto de vista legal, las instituciones educativas, a través de los directivos, promueve las mejores condiciones materiales y de clima institucional para el adecuado desempeño profesional de los docentes y para que los educandos logren aprendizajes significativos. Es decir, tienen el deber de velar y garantizar una educación de calidad ya que el derecho a la educación es un derecho fundamental de todo alumno.

En relación al aspecto social, si contamos en nuestro país con instituciones educativas que brinden un servicio de calidad, entonces estaremos garantizando un futuro mejor para todos los miembros de la nación.

Recomendaciones

Con base a los hallazgos en la investigación es posible sugerir lo siguiente. Respecto a la motivación laboral, generar un plan de desarrollo para el desarrollo de la profesionalización de los miembros, a partir de la valoración de actividades de capacitación e integración. Con respecto al Liderazgo, es necesario fortalecer prácticas de supervisión para focalizar el rol en la administración del desempeño y resultados deseados, incorporando la retroalimentación periódica como herramienta metodológica.

En relación a las relaciones interpersonales, es necesario fortalecer prácticas de trabajo en equipo, comunicación y manejo de conflicto. Para asegurar una continuidad en las estrategias, hay que reevaluar el clima de manera anual, identificando avances y dificultades. También es indispensable difundir políticas que permitan al personal involucrarse y participar en aspectos que ayuden a reforzar y mejorar la cultura organizacional. Las políticas deberán proyectarse por toda la organización a fin de captar al personal para trabajar sobre su importancia.

Así mismo se recomienda establecer un seguimiento de la inducción a los nuevos empleados y a los que ya tienen tiempo, a fin de fortalecer constantemente la cultura en la organización por parte de sus integrantes. Además de evaluar los resultados obtenidos por los

diagnósticos y dar un nuevo direccionamiento interno. Finalmente, se recomienda fijar un porcentaje de meta por cada dimensión y un porcentaje global de satisfacción en el clima organizacional, para así poder realizar una medición sobre el alcance de las metas establecidas.

Referencias

- Ander, E. (1982). *Técnicas de Investigación Social*. Argentina: Editorial Humanistas.
- Friedlander, F. & Margulies, N. (1969). Multiple impacts of organizational climate and individual value system upon job satisfaction. *Personnel Psychology*, 22, 171-183
- Forehand, G. & Gilmer, B. (1964). Environmental variation in studies of organizational behavior. *Psychological Bulletin*, 62, 361-382
- Goncalves, A. (1997). Dimensiones del Clima Organizacional. Consultado en www.calidad.org/articles/dec97/2dec97.htm
- Hall, R. (1996). *Organizaciones, Estructura, Procesos y Resultados*. México: Printice Hall.
- James, L. & Jones, A. (1974). Organizational climate: *A review of theory and research*. *Psychological Bulletin*, 81, 1096-1112.
- James, L. & Sells, S. (1981). *Psychological climate: theoretical perspectives and empirical research*. En D. MAGNUSSON (Ed.), *Toward a psychology of situations: An interactional perspective*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum
- Joyce, W. & Slocum, J. (1984). Collective climate: Agreement as a basis for defining aggregate climates in organizations. *Academy of management journal*, 27, 721-742.
- Katz, D. & Kahn, R. (1966). *The social psychology of organizations*. New York: Wiley.
- Likert, R. (1961). *New Patterns of Management*. New York: McGraw-Hill.
- Litwin, G. Y Stringer, R. (1978). *Organizational climate*. New York: Simon & Schuster
- López, J. (2011). Diagnóstico Clima Organizacional Colegio Gran Bretaña, Concepción. (Tesis de doctorado inédita). Universidad Paya Ancha, Valparaiso, Chile.

- Mejías, A., Reyes, O. y Arzola, M. (2006). Medición del clima organizacional en instituciones de educación superior. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(38), 55-61.
- Ostroff, C. & Schmit, N. (1993). Configurations of Organizational Effectiveness and Efficiency. *Academy of Management Journal*, 36(6).
- Payne, R. L , Fineman, S. & Wall, T. (1976). Organizational climate and job satisfaction: A conceptual synthesis. *Organizational Behavior and Human Performance*, 16, 45- 62
- Rodríguez, D. (1999). *Diagnóstico organizacional*. México: Alfaomega.
- Schneider, B. (1990). *Organizational Climate and Culture*. San Francisco: Jossey-Bass
- Schneider, B. & Hall, D. (1972). Toward specifying the concept of work climate: A study of Roman Catholic diocesan priests. *Journal of Applied Psychology*, 56, 447-455.
- Schneider, B. And Reichers, A. (1983). On the etiology of climates. *Personnel Psychology*, 36, 19-39.

Capítulo XIII. Análisis estadístico de las principales causas que generan enfermedades de trabajo de tipo ergonómico en empresas afiliadas al IMSS en Sonora

Julio César López Figueroa, Luz Elena Beltrán Esparza, Elizabeth González Valenzuela, Lizbeth López Baldenegro y Brenda Selene García Cruz
Departamento de Ingeniería Industrial,
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. julio.lopez@itson.edu.mx

Resumen

La presente investigación se desarrolló en el departamento de Seguridad en el Trabajo del IMSS con el objetivo de analizar la tendencia de las enfermedades de tipo ergonómico denominadas Trastornos Músculo Esqueléticos (TME), las cuales en caso de no atenderse generan importantes costos hacia el IMSS y al interior de las empresas. En esta investigación se presentan algunos organismos que regulan las condiciones de seguridad laboral así como los principales fundamentos de la literatura especializada correspondientes a la ergonomía y a los métodos estadísticos inferenciales, los cuales proporcionaron las herramientas para el estudio de las tendencias y los pronósticos de ocurrencia de los cuatro padecimientos más frecuentes de TME: hombro doloroso, tendinitis, lumbalgia y síndrome del túnel carpiano, para posteriormente elaborar las propuestas de mejora consistentes en la implementación de medidas ergonómicas para la reducción del impacto negativo económico y social generado por los padecimientos mencionados.

Introducción

La literatura especializada manifiesta que existen regulaciones legales que establecen que las organizaciones deben proporcionar a su personal un ambiente de trabajo que les brinde seguridad y comodidad al momento de realizar sus labores, pues de lo contrario están expuestas a ser penalizadas. En México existe el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo (2014) el cual tiene como objetivo principal determinar las disposiciones en materia de la seguridad y la salud que deberán observarse en las empresas, además de verificar que cuenten con las condiciones para prevenir riesgos y garantizar a los empleados entornos laborales que aseguren su vida y salud, pues tal como lo señalan la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud, ningún trabajador debe correr riesgos de sufrir accidentes o enfermedades en el trabajo, además de que todas las empresas deben cumplir con los requerimientos mínimos de salud y seguridad en las condiciones laborales (Delgado, 2012).

Sin embargo, Niebel (2009) expone que la implementación de mejores condiciones de trabajo no tiene como objetivo lograr un aumento en la producción o en la moral del trabajador, sino específicamente reducir el número de accidentes ya que ocasionan lesiones y la pérdida de bienes organizacionales, afectando con ello la calidad de los procesos y los productos ; es así que actualmente los programas de seguridad son implementados como consecuencia del elevado costo de los servicios médicos y tienen el propósito de evitar la presencia de enfermedades de trabajo tales como las de tipo ergonómico. Las principales causas que presentan los trabajadores en el ámbito laboral relacionadas con este tipo de enfermedades se originan por los trastornos músculo esqueléticos (TME) los cuales son definidos por el Instituto Navarro de Salud Laboral (2007) como un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, entre otros; sus localizaciones más frecuentes se observan en cuello, espalda, hombros, codos, muñecas y manos. Se dice que los diagnósticos más comunes son las tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, mialgias, cervicalgias y lumbalgias.

En relación a lo anterior, la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (2016) establece que la mayoría de los trastornos músculo esqueléticos se relacionan con el trabajo que se desarrolla a lo largo del tiempo en las organizaciones; es importante señalar que normalmente no hay una única causa, sino que son varios los factores que trabajan conjuntamente. Entre las causas físicas y los factores de riesgos organizativos se pueden incluir las siguientes: la cargas especialmente al agacharse y girarse, movimientos repetitivos o forzados, vibraciones, iluminación deficiente o entornos de trabajo fríos, trabajo a un ritmo elevado y estar de pie o sentado durante mucho tiempo en la misma posición, entre otros.

En México, Sandoval y Gil (2014) realizaron una investigación acerca de las tendencias y las consecuencias de las enfermedades de trabajo y los costos correspondientes que generan, estableciendo como objetivo principal caracterizar los TME en el Estado de Sonora con el fin de generar información estructurada que facilite a las instancias correspondientes orientar sus acciones de control y prevención en las organizaciones. Los resultados de esta investigación señalaron primeramente la presencia de 423 casos de trastornos músculo esqueléticos identificados en los tres principales sectores productivos: comercio, manufactura y servicio durante el período de 2010-2012; en segundo lugar, se obtuvieron la cifra de los gastos que

dichas enfermedades generaron al IMSS por concepto de incapacidades registradas: para el año 2010 se tuvo un costo de 7.76 millones de pesos, en el 2011 de 8.8 millones de pesos y por último en el 2012 un total de 16.58 millones de pesos, lo cual puso en alerta al Instituto debido al aumento en estos costos.

El IMSS manifiesta que los principales problemas que se presentan en las empresas al ocurrir un riesgo de trabajo están relacionados con los costos directos que se generan por el pago de las cuotas o aportaciones por concepto de seguro de riesgo de trabajo, la inversión en materia de prevención de riesgos de trabajo, las primas o costos de los seguros adicionales para la empresa y trabajadores, los costos indirectos que son los costos perdidos de las jornadas laborales, los daños causados a las instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas, las pérdidas en materia prima, subproductos o productos, el deterioro de ritmo de producción, la pérdida de cliente o mercado y el deterioro de imagen corporativa, también los costos del trabajador que son los gastos de transportación hacia los lugares de atención médica, las pérdidas en prestaciones adicionales al salario base, los gastos en medicamentos, las erogaciones con relación a asesoría jurídica y a la interposición de demandas de carácter laboral y por último los costos a las familias afectando en la disminución del ingreso económico. Es por esta razón que la presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis estadístico de las principales causas que generan enfermedades de trabajo en las empresas afiliadas al IMSS en Sonora, con la finalidad de estudiar e inferir sus tendencias y de esta manera elaborar propuestas para disminuir su impacto negativo tanto económico como social.

Fundamentación teórica

Las condiciones de seguridad en los centros de trabajo han mostrado una importante evolución desde la revolución industrial del siglo XIX hasta la actualidad, pues al principio este tema no importaba a los dueños de las industrias por lo que los empleados eran obligados asumir el riesgo de daños físicos o a su salud y toleraban las condiciones peligrosas inherentes a su labor casi siempre sin estar conscientes del peligro al que estaban expuestos (Arellano y Rodríguez, 2013). Por el contrario, hoy en día la seguridad y la higiene en el trabajo ocupan un lugar importante en las agendas de las directivas, pues estos conceptos conllevan al establecimiento de las normas técnicas y las medidas sanitarias que tengan por objeto: a) eliminar o reducir los

riesgos de los distintos centro de trabajo; b) estimular y desarrollar en los trabajadores una actitud positiva y constructiva respecto a la prevención de accidentes y enfermedades profesionales; c) el logro, individual y colectivo, de un óptimo estado sanitario (Cortés, 2007).

Este establecimiento de normas de seguridad y medidas de higiene laborales requirió de un análisis de las tareas a desarrollar por el personal, lo que derivó además en una identificación de las exigencias de esas tareas hacia los individuos en términos fisiológicos y biomecánicos que a la postre redundó en los primeros estudios ergonómicos efectuados para explicar y comprender la ejecución de una actividad laboral (Castillo, 2010). En este orden de ideas Llaneza (2007) indica que existen varias definiciones acerca de lo qué es la Ergonomía, dentro de las cuales se pueden mencionar la proporcionada por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) quien la define como la “aplicación de las ciencias biológicas humanas para lograr la óptima recíproca adaptación del hombre y su trabajo”, mientras que por su parte la Ergonomics Research Society la determina como “el estudio científico de los factores humanos en relación con el ambiente de trabajo y el diseño de los equipos”.

De ambas definiciones es posible concluir que la Ergonomía pretende analizar las actividades humanas con el propósito de mejorarlas en términos de salud y eficiencia para el beneficio de la calidad de los sistemas organizacionales y sociales, pues tal como lo señalan Mondelo, Gregory y Barrau (2010) la Ergonomía no solamente persigue mejorar la calidad de vida del individuo, sino que además facilitar su adaptación incrementa la eficiencia de los sistemas, ya que propone soluciones posibilistas en términos de las potencialidades de los empleados y de la viabilidad económica presente en la empresa.

El Artículo 42 del Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo (2014) establece que en relación con los Factores de Riesgo Ergonómico del centro de trabajo, los patrones deberán llevar a cabo las siguientes acciones: I) Contar con un análisis de los Factores de Riesgo Ergonómico de los puestos de trabajo expuestos a los mismos; II) Adoptar medidas preventivas para mitigar los Factores de Riesgo Ergonómico en sus instalaciones, maquinaria, equipo o herramientas del centro de trabajo; III) Practicar exámenes médicos al personal ocupacionalmente expuesto; IV) Informar a los trabajadores sobre las posibles alteraciones a la

salud por la exposición a los Factores de Riesgo Ergonómico; V) Capacitar al personal ocupacionalmente expuesto sobre las prácticas de trabajo seguras, y VI) Llevar los registros sobre las medidas preventivas adoptadas y los exámenes médicos practicados.

Es indispensable que las directivas atiendan estas acciones mencionadas, pues los riesgos ergonómicos aparte de generar lesiones en los trabajadores, también elevan los costos económicos de las empresas ya que perturban la actividad laboral dando lugar a bajas por enfermedad e incapacidad laboral. Las lesiones más frecuentes derivadas de riesgos ergonómicos se derivan de la adopción de posturas forzadas, la realización de trabajos repetitivos, la inadecuada manipulación manual de cargas y la incorrecta aplicación de fuerzas durante las tareas laborales, donde éstas pueden dar lugar a trastornos músculo esqueléticos, es decir lesiones de tipo inflamatorio o degenerativo de músculos, tendones, nervios, articulaciones, ligamentos, entre otros (Fundación para la prevención de riesgos laborales, 2013). De acuerdo al Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) (2012) el trastorno músculo esquelético es una lesión de los músculos, tendones, ligamentos, nervios, articulaciones, cartílagos, huesos o vasos sanguíneos de los brazos, las piernas, la cabeza, el cuello o la espalda que se produce o se agrava por tareas laborales como levantar, empujar o jalar objetos, y donde los síntomas pueden incluir dolor, rigidez, hinchazón, adormecimiento y cosquilleo.

Una investigación realizada por Sandoval y Gil (2014) concluyó que los trastornos músculo esqueléticos presentan una tendencia a la alza, no sólo en el número de casos certificados registrados en el estado de Sonora, sino también por el elevado costo que están generando estos padecimientos al sector salud. Para analizar la tendencia de este tipo de enfermedades es pertinente la aplicación de métodos estadísticos inferenciales tales como la regresión lineal y la prueba de hipótesis. La regresión lineal analiza si los valores de una variable a la que se denomina “dependiente” puede predecirse mediante un modelo lineal, conociendo los valores de otra(s) variable(s), a la(s) que se denomina(n) “independiente(s)” (Álvarez, 2007); además, el análisis de regresión también permite identificar el tipo de relación matemática que existe entre la variable dependiente y la independiente, para con ello cuantificar el efecto que los cambios en la variable independiente tienen sobre la variable dependiente (Levine, Krehbiel y Berenson, 2006). La aplicación de modelos como la regresión lineal está justificada por el hecho

de que si se utiliza información estadística de buena calidad, es posible obtener predicciones que tengan un alto nivel de confianza (Pérez, Caso, Río y López, 2012), lo que permitirá inferir de manera óptima el comportamiento futuro de las variables analizadas en una investigación.

Otro de los métodos inferenciales más importantes es la prueba de hipótesis, definida por Lind, Marchal y Wathen (2012) como un procedimiento que está basado en la evidencia de una muestra y en la teoría de la probabilidad para determinar si la hipótesis (un enunciado relativo a un parámetro de una población que está sujeto a verificación) de una investigación es una afirmación razonable. En el mismo orden de ideas Spiegel, Schiller & Alu (2013) declaran que cuando se supone a una hipótesis en particular como verdadera y se encuentra que los resultados observados en una muestra aleatoria difieren notablemente de los aquéllos esperados bajo la hipótesis que está basada únicamente en la coincidencia, entonces es posible concluir que las diferencias observadas son significativas, por lo que se debe descartar dicha hipótesis; estos autores agregan que los procedimientos que permiten decidir si se acepta o descarta una hipótesis se conocen como prueba de hipótesis, pruebas de significancia o reglas de decisiones.

Mendenhall, Beaver & Beaver (2010) explican que una prueba estadística de hipótesis está formada por cinco partes: 1) La hipótesis nula, denotada por H_0 ; 2) La hipótesis alternativa, denotada por H_1 ; 3) El estadístico de prueba y su valor p; 4) La región de rechazo; 5) La conclusión. La decisión de rechazar o aceptar la hipótesis nula se encuentra basada en información contenida en una muestra extraída de la población de interés para el estudio. El estadístico de prueba y el valor p son el soporte para que el investigador tome la decisión acerca de rechazar o aceptar la hipótesis nula.

Metodología

El objeto bajo estudio fue el departamento de Salud en el Trabajo del IMSS de Cd. Obregón, Sonora el interesado en este proyecto, los materiales empleados fueron: a) Reglamento de la Ley del Seguro Social en materia de afiliación, recaudación y fiscalización; b) Procedimiento para la dictaminación y prevención de las enfermedades de trabajo; c) Base de datos del departamento de Salud en el Trabajo correspondiente a los registros de los TME en las empresas afiliadas al IMSS de los años 2014-2016. El procedimiento desarrollado para lograr el objetivo fue el siguiente: a) Realizar un informe del objeto bajo estudio: se recopiló información

histórica de casos registrados en los años 2014, 2015 y 2016 y se determinó las causas que generaron un riesgo de trabajo, específicamente enfermedades de trabajo de tipo ergonómicas en diferentes empresas afiliadas al IMSS en el Estado de Sonora, además se seleccionaron las causas que presentaron mayor registro de casos presentados; b) Aplicar un análisis estadístico inferencial: se desarrollaron un análisis de regresión lineal y pruebas de hipótesis para obtener la tendencia y los pronósticos en el comportamiento de los cuatro TME más frecuentes.

Resultados y discusión

a) Realizar un informe del objeto bajo estudio: se recopilaron los casos calificados que generaron una incapacidad temporal de los años 2014 al 2016, se registró un total de 1,153 casos, se consideró las nueve principales causas con más ocurrencia y se obtuvo en el año 2014 un total de 346 casos, 272 casos en 2015 y 354 en 2016, con un total por los tres años de 972 casos (ver anexo A); b) Aplicación del análisis estadístico inferencial: se determinó que los cuatro TME más frecuentes son: hombro doloroso (371 casos), tendinitis (189 casos), lumbalgia (178 casos) y síndrome de túnel carpiano (85 casos). Los resultados de la aplicación de los métodos de regresión lineal y prueba de hipótesis para analizar cada uno de los TME más frecuentes fueron los siguientes.

1) *Hombro doloroso*. Tomando como base la información registrada en el Anexo A, se aplicó un análisis de regresión lineal, el cual arrojó la ecuación $y = 13.32 - 0.16x$ que permitió generar la Figura 1.

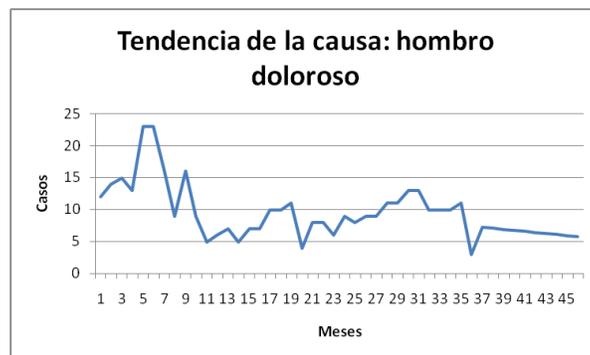


Figura 1. Tendencia de la lesión de hombro doloroso.
Fuente: elaboración propia.

En la figura anterior se observa que los pronósticos obtenidos de la regresión lineal indican que este trastorno disminuirá con el transcurso de los meses. Para complementar el análisis inferencial se desarrolló una prueba de hipótesis utilizando un $\alpha = 5\%$, donde el departamento de Salud en el Trabajo consideró a que si $\mu \geq 10$ casos entonces las empresas requerirían de implementar medidas ergonómicas para la prevención de este tipo de TME. Utilizando MINITAB se obtuvieron los resultados siguientes:

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Datos	36	10.306	4.452	0.742	11.559	0.41	0.659

Debido a que el valor p es mayor a α se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, el número promedio mensual de casos de hombro doloroso serán 10 o más, lo que manifiesta la necesidad de que las empresas implementen medidas ergonómicas.

2) *Tendinitis*. Con base en la información del Anexo A, se aplicó un análisis de regresión lineal, el cual arrojó la ecuación $y = 5.30 - 0.003x$ que permitió generar la Figura 2.

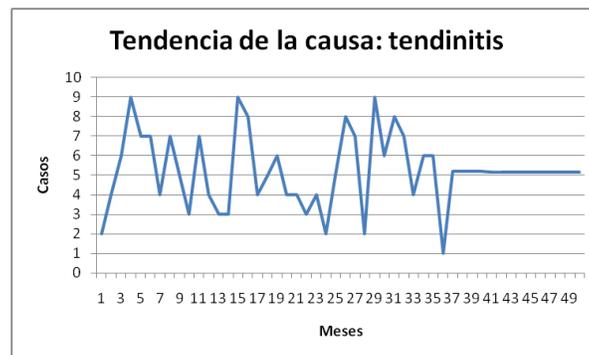


Figura 2. Tendencia de la tendinitis.
Fuente: elaboración propia.

En la figura se observa que la regresión lineal indica que este padecimiento va a mantenerse en el mismo número de casos durante los meses siguientes. Se desarrolló una prueba de hipótesis con un $\alpha = 5\%$ donde se consideró a $\mu \geq 6$ casos debido a que el departamento de Salud en el Trabajo informó que si este valor permanece igual o aumenta a través del paso de los

meses, se consideraría que las empresas requerirían de implementar medidas ergonómicas para la prevención de este tipo de TME. Utilizando MINITAB los resultados obtenidos fueron:

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Datos	36	5.250	2.196	0.366	5.868	-2.05	0.024

El valor p es menor a α y se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, el número promedio mensual de casos de tendinitis será de menos de 6, por lo que únicamente será necesario que la empresa permanezca al pendiente de la ocurrencia de posibles cambios en la tendencia.

3) *Lumbalgia*. Con base en la información del Anexo A, se aplicó un análisis de regresión lineal, el cual arrojó la ecuación $y = 2.88 + 0.11x$ que permitió generar la Figura 3.

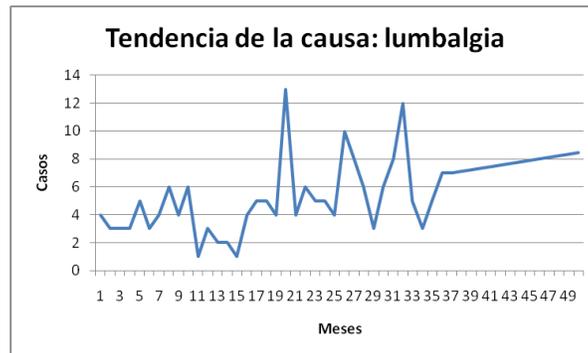


Figura 3. Tendencia de la lesión de lumbalgia.

Fuente: elaboración propia.

La figura ilustra que la tendencia de este tipo de TME va a aumentar, por lo que las empresas deben adoptar las medidas ergonómicas correspondientes. Se aplicó una prueba de hipótesis con un $\alpha = 5\%$ donde se consideró a $\mu \geq 3$ casos ya que este valor fue seleccionado como la referencia para, en caso de ser superado, urgir a las empresas la implementación de medidas ergonómicas. A continuación se muestran los resultados que se obtuvieron utilizando MINITAB:

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Datos	36	4.944	2.672	0.445	5.697	4.37	1.000

Debido a que el valor p es mayor a α se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, el número promedio mensual de casos de lumbalgia será de 3 o más, por lo que las empresas requerirán de

implementar medidas ergonómicas.

4) *Síndrome de túnel carpiano*. Con base en la información del Anexo A, se aplicó un análisis de regresión lineal, el cual arrojó la ecuación $y = 3.03 - 0.036x$ cuya gráfica resultante se observa en la Figura 4.

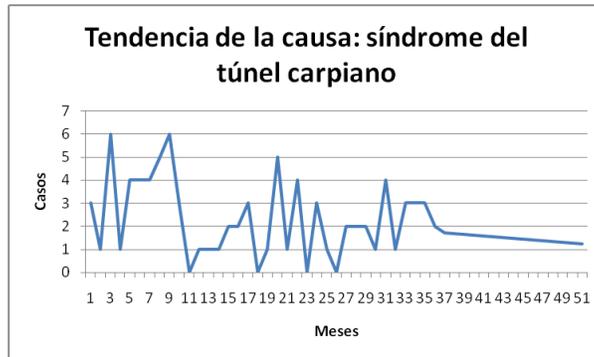


Figura 4. Tendencia de la lesión de túnel carpiano.
Fuente: elaboración propia.

La figura anterior se muestra que la tendencia de este tipo de TME va a disminuir en el número de casos presentados, por lo que las empresas solamente deben estar pendientes de los posibles cambios que puedan presentarse en esta tendencia. Se desarrolló una prueba de hipótesis con un $\alpha = 5\%$ donde se consideró a $\mu \geq 4$ casos ya que este valor fue seleccionado por el departamento de Salud en el Trabajo como la referencia para, en caso de ser superado, urgir a las empresas la implementación de medidas ergonómicas. Utilizando MINITAB se obtuvieron los siguientes resultados:

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
Datos	36	2.361	1.676	0.279	2.833	-5.87	0.000

Debido a que el valor p es menor a α se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, el número promedio mensual de casos de tendinitis será de menos de 4, por lo que únicamente será necesario que la empresa permanezca al pendiente de la ocurrencia de posibles cambios en la tendencia

Conclusiones

Se concluye que la presente investigación cumplió con su objetivo debido a que se obtuvieron las tendencias y pronósticos de los principales Trastornos Músculo Esqueléticos, resultando las lesiones de hombro doloroso y de lumbalgia como aquellos padecimientos cuyo comportamiento se espera que se incrementen, situación que conduce a las empresas a implementar medidas ergonómicas para proteger a su personal y evitar costos organizacionales. Se recomienda llevar a cabo los métodos ergonómicos mostrados en la Tabla 1 para disminuir los TME correspondientes a las lesiones cuyo pronóstico generado en el proyecto indica un incremento: hombro doloroso y lumbalgia.

Tabla 1. Propuestas de prevención mediante métodos de evaluación ergonómicos.

TME	Origen	Métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo
Hombro doloroso	Movimientos repetitivos, posturas forzadas, vibraciones y aplicación de estas fuerzas combinadas. Flexión y/o rotación, extensión, y/o abducción repetitiva del hombro.	- Métodos de Carga Postura EPR (Evaluación Postural Rápida). RULA (Evaluación rápida de la extremidad superior).
Lumbalgia	Carga física, posturas forzadas, vibraciones de cuerpo completo, operación de maquinaria con o sin asientos ergonómicos por largo tiempo, levantamiento de cargas de forma inapropiada, trabajo estático. Movimientos repetitivos de flexo extensión lumbar, entre otros.	OWAS (Ovako Working Analysis System). REBA (Evaluación de posturas forzadas). - Métodos de Repetitividad OCRA (Acción Repetitiva Ocupacional).

Fuente: elaboración propia.

Es imperativo señalar que la prevención es clave, puesto que no sólo engloba la protección de las vidas y formas de vivir de los trabajadores y sus familias, sino que también contribuye a fortalecer el desarrollo económico y social, debiéndose concientizar a los trabajadores, empresarios e instituciones de salud acerca las enfermedades profesionales y abordar las principales causas de los problemas que estos generan. La combinación de una cultura preventiva en materia de seguridad y salud necesita del diálogo social entre gobiernos, organizaciones de trabajadores y de empresas respecto a los intercambio de conocimientos y de los recursos adecuados.

Referencias

Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo. (3 de Noviembre de 2016). *Trastornos músculo esqueléticos*. Recuperado de <https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>

Álvarez, R. (2007). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. España: Editorial Díaz de Santos

Arellano, J. & Rodríguez, R. (2013). *Salud en el trabajo y seguridad industrial*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.

Castillo, J. (2010). *Ergonomía: Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas*. Bogotá: Editorial Universidad del Rosario

Cortés, J. (2007). *Seguridad e higiene del trabajo: Técnicas de prevención de riesgos laborales*. 9ª Ed. Madrid: Editorial Tébar, S. L.

Delgado, D. (2012). *Riesgos derivados de las condiciones de trabajo y de la percepción de salud según el género de la población trabajadora en España*. Madrid: Universidad de Alcalá. Recuperado de <http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/18221/TESIS%20DOCTORAL%20RIESGOS%20DERIVADOS%20DE%20LAS%20CONDICIONES%20DE%20TRABAJO%20Y%20PERCEPCION%20SALU%20DE%20TRABAJADORES%20.pdf?sequence=1>

Fundación para la prevención de riesgos laborales. (2013). *Riesgos ergonómicos y medidas preventivas*. Recuperado de http://www.ajemadrid.es/wp-content/uploads/aje_ergonomicos.pdf

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. (Febrero de 2012). *Centros para el control y la prevención de enfermedades*. Recuperado de https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-120_sp/

Instituto Navarro de Salud Laboral. (Octubre de 2007). *Trastornos músculo esqueléticos de origen laboral*. Recuperado de <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/76DF548D-769E-4DBF-A18E-8419F3A9A5FB/145886/TrastornosME.pdf>

Llaneza, F. (2007). *Ergonomía y psicología aplicada*. 8ª Ed. España: Editorial Lex Nova

Levine, D., Krehbiel, T. & Berenson, M. (2006). *Estadística para administración*. 6ª Ed. México: PEARSON

Lind, D., Marchal, W. & Wathen, S. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. 15ª Ed. México: McGraw-Hill

- Mendenhall, W., Beaver, R. & Beaver, B. (2010). *Introducción a la probabilidad y estadística*. 13ª Ed. México: CENGAGE Learning
- Mondelo, P., Gregori, E. & Barrau, P. (2010). *Ergonomía I. Fundamentos: Diseño de puestos de trabajo*. Barcelona: Ediciones UPC
- Niebel, B. & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12ª Ed. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Pérez, R., Caso, C., Río, M. & López, A. (2012). *Introducción a la estadística económica*. Dpto. de Economía Aplicada, Campus del Cristo. Universidad de Oviedo, España. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/256278076_Introduccion_a_la_Estadistica_Economica
- Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo. (14 de Noviembre de 2014). *SEGOB*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5368114&fecha=13/11/2014
- Sandoval, J. & Gil, A. (2014). *Caracterización de los trastornos músculo esqueléticos de tipo laboral en el Estado de Sonora*. México: Instituto Tecnológico de Sonora. Recuperado de http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/765_sandoval_montero.pdf
- Spiegel, R., Schiller, J. & Alu, R. (2013). *Probabilidad y estadística*. 4ª Ed. México: McGraw-Hill Interamericana

Anexos

Anexo A. Principales TME que generaron una incapacidad temporal de los años 2014 al 2016.

Principales Trastornos Músculo Esqueléticos por Periodo												
2014												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Contusión				1	1		2		1	2	2	2
Contractura muscular		1					2	1		1		1
Esguince			1	1	1	1		2	2	2		
Epicondilitis	1			1	1		1		1			
Hombro doloroso	12	14	15	13	23	23	16	9	16	9	5	6
Lumbalgia	4	3	3	3	5	3	4	6	4	6	1	3
Síndrome de túnel carpo	3	1	6	1	4	4	4	5	6	3		1
Tendinitis	2	4	6	9	7	7	4	7	5	3	7	4
Tenosinovitis						2				1	1	1
2015												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Contusión			2	2	1			2	2	1	1	1
Contractura muscular	1		1	1	2	1	1	1		1		1
Esguince		2	3	2			1	1	2			2
Epicondilitis					1	3	1				1	1
Hombro doloroso	7	5	7	7	10	10	11	4	8	8	6	9
Lumbalgia	2	2	1	4	5	5	4	13	4	6	5	5
Síndrome de túnel carpo	1	1	2	2	3		1	5	1	4		3
Tendinitis	3	3	9	8	4	5	6	4	4	3	4	2
Tenosinovitis				2			1				1	
2016												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Contusión				1				1		3		1
Contractura muscular	1		2	1	3		3		1	1	1	1
Esguince		1	2	2	1	1	3	3	3	3	2	
Epicondilitis	1	1		2	1		2		2	2	2	
Hombro doloroso	8	9	9	11	11	13	13	10	10	10	11	3
Lumbalgia	4	10	8	6	3	6	8	12	5	3	5	7
Síndrome de túnel carpo	1		2	2	2	1	4	1	3	3	3	2
Tendinitis	5	8	7	2	9	6	8	7	4	6	6	1
Tenosinovitis	2		2	3	1		1		1		1	1

Capítulo XIV. Análisis dual sobre la percepción del servicio en el gimnasio Potros de Instituto Tecnológico de Sonora en 2015 y 2016

Blanca Giselle Vea Martínez¹, Eddy Jacobb Tolano Fierros¹, Jorge Sánchez Rodríguez² y José Luis Rivera Martínez³

¹Departamento de Sociocultural, ²Departamento de Ciencias Administrativas, ³Departamento de Contaduría y Finanzas
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. giselle_vea@hotmail.com

Resumen

Actualmente, organismos deportivos consideran en mayor medida la satisfacción que perciben sus clientes a través del servicio que ofrecen. Gestores deportivos, utilizan con mayor frecuencia herramientas administrativas que les permitan obtener resultados eficaces y viables otorgando calidad en su servicio, y con ello, aumentando su rentabilidad como organismo. El presente trabajo tiene como objeto realizar un análisis dual sobre la percepción del servicio en el gimnasio Potros de Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) en el año 2015 y 2016. La primera evaluación, se realizó en el año 2015 y la segunda en el año 2016, siendo ambas, en los meses de Noviembre – Diciembre, donde se tomaron como referencia diversas áreas de evaluación como son: Atención al cliente, instalaciones y espacios deportivos, diversidad en el servicio y evaluación de los instructores. Dando como resultado, que el gimnasio Potros no mejoró sus servicios en el año 2016, observándose en tres áreas de evaluación una disminución de clientes satisfechos (as) y en dos áreas un aumento en clientela insatisfecha.

Introducción

Actualmente el estándar del servicio que recibe el cliente, es factor determinante para evaluar una empresa. Se obtiene una percepción de lo que se le está ofreciendo y enjuicia una serie de factores recibidos, los cuáles pueden ser negativos o positivos. La gran diversidad en el mercado, ha originado en las empresas la implementación de la mejora continua, siendo ésta desde la fabricación de un producto hasta la entrega a las manos del cliente, el uso de la tecnología en su servicio, su imagen, la infraestructura y en una difusión atractiva al cliente, lo cual genera un sentimiento de confianza, seguridad y en muchas ocasiones lealtad al producto y al servicio. Por ello, la calidad en el servicio ha sido para muchas empresas una herramienta que ha marcado la diferencia en su crecimiento y permanencia en el mercado. Las tendencias culturales (educativas, empresariales, tecnológicas, de investigación, entre otras) de países como Estados Unidos, Japón, China, Suiza, Alemania entre otros, han influido de manera determinante en el desarrollo y evolución en la oferta de un servicio de calidad.

Celestino y Biencito (2012) utilizan en su investigación, el cuestionario de Cronin y Taylor (1992, citado por Celestino y Biencito, 2012) como instrumento para determinar la satisfacción de los clientes externos en organizaciones de fitness, siendo 584 encuestados (as), todo ello, con el objeto de conocer las dimensiones que lo componen y su posible relación, así como las características sociodemográficas de los clientes(as), efectuándose las encuestas en cuatro comunidades de Madrid, todos ellos dependientes de la misma organización empresarial, situados en diferentes municipios y con diferentes ambientes sociales. En el cual, el estudio encontró una correlación positiva entre el valor de las dimensiones y el valor de la satisfacción.

La importancia de estudiar la satisfacción de la clientela, recae en que un cliente (a) satisfecho deja de lado a la competencia, y por lo general, vuelve a adquirir el servicio, comunicando a otros posibles clientes (as), sus experiencias positivas (Kotler y Lane, 2006, citado por García et.al. 2012). Actualmente, la difusión cultural sobre el cuidado de la salud, la estética corporal, el acondicionamiento físico o fitness y la terapia física a través de ejercicios de musculación, han generado en la sociedad el aumento del servicio en gimnasios, y con ello, el requerimiento de infraestructura, aparatos, opciones de servicio deportivo y atención al cliente.

Esta misma tendencia deportiva se hace extensiva a la comunidad universitaria, donde los jóvenes ven la oportunidad de práctica deportiva, así como maestros y personal administrativo utilizando el servicio que la institución ofrece. En su investigación Alonso, Rial, J. y Rial A., (2013) mencionan que la práctica deportiva depende en gran medida al servicio proporcionado, por ello planten en su estudio, desarrollar un instrumento capaz de evaluar de forma válida y fiable la calidad de los servicios deportivos universitarios, de manera que pueda ser utilizada de forma periódica con garantías para los responsables de servicios deportivos en universidades españolas. El estudio dio como resultado que la medida desarrollada posee propiedades psicométricas satisfactorias, tanto de la parte interna como de su validez, siendo una medida parsimoniosa de interesante potencial práctico, incorporando sistemáticamente la opinión de la clientela sobre los servicios deportivos.

La investigación presente, tiene como objetivo determinar la percepción del servicio, tal cuestión precede de los inicios de la apertura del gimnasio Potros, donde la atención al personal

docente fue la prioridad del servicio y su satisfacción el resultado. Hoy por hoy, el gimnasio recibe gran variedad de clientela, logrando generar mayor opinión sobre su oferta y con ello mayor exigencia en su servicio. Las nuevas tendencias en el estilo de vida de la sociedad, son el principal componente sobre la dirección del servicio que se pretende ofrecer. La evaluación sobre la percepción del servicio, establece las dimensiones y elementos que definen el servicio como tal, incidiendo en el comportamiento del cliente (a) y su satisfacción final. Al no contar con indicadores que reflejen las áreas de oportunidad y que solicitan mayor soporte, el contexto de mejora será insuficiente para el gimnasio, considerando solo especulaciones y datos al aire, que al ser estimados como referencias, solo perjudicaran el desempeño con el cliente (a).

Si concretamos en lo que de verdad atañe a este trabajo, podemos ver que autores como, Martínez–Tur, Peiró y Ramos (2001) consideran que la calidad de servicio percibido es tanto un antecedente como una consecuente de la satisfacción, al igual que otros investigadores como Parasuraman, Zeithaml, & Berry, 1994; Rust & Oliver, 1994 (citado por Calabuig, F., Molina, N., Núñez, 2012). Por ello, determinar por parte del gimnasio Potros la percepción de la clientela, permite dirigir de manera acertada sus estrategias y acciones. Presentado como objetivo de estudio el análisis dual sobre la percepción del servicio en el gimnasio Potros de Instituto Tecnológico de Sonora en el año 2015 y 2016.

Fundamentación teórica

Existe en la literatura diferentes antecedentes respecto a la evaluación del servicio en organismos deportivos. Kim, S. y Kim, D. (1995) desarrollaron un instrumento específico para evaluar la calidad de servicio en centros deportivos de Corea (QUESC – *Quality Excellence of Sports Centers*). A su vez, Absher, Crilley, Howat y Milne, (1996) elaboraron una escala para evaluar la calidad del servicio en Centros Deportivos y de Ocio (CERM-CSQP). En tanto, Papadimitriou y Karteroliotis (2000) desarrollaron una nueva herramienta (FITSSQ - *Fitness and Sport Service Quality*) a partir del trabajo de Kim y Kim (1995). Y otros autores como Alexandris, Grouios, Tsorbatzoudis y Zahariadis, (2004) propusieron una herramienta específica para clubs de salud privados.

En el caso de España existen también antecedentes recientes como las escalas desarrolladas por Hernández-Mendo (2001); Martínez y Martínez (2008); Morales, Hernández-Mendo y Blanco, (2009); Rial, Varela Rial y Real, (2010) o Serrano, Rial, García y Hernández-Mendo, (2010). Sin embargo, se desconocen antecedentes de evaluación dirigidos exclusivamente al ámbito de los servicios deportivos universitarios (Alonso, Rial, Rial, 2013).

La calidad en el servicio como objetivo empresarial resulta bastante novedosa en México, más aún si nos centramos en el sector de los servicios universitarios, en este caso - deportivos, donde a pesar del notable aumento en el interés, son muy escasas las referencias sobre el desarrollo de planes de calidad. En la actualidad han aumentado las exigencias y también las expectativas de los usuarios respecto a los servicios deportivos, y ya no se conforman con el acceso a la práctica y a un espacio donde desarrollarla, sino que demandan una gran variedad de programas de actividad física, profesionales cualificados, instalaciones adecuadas en cuanto a imagen, dimensiones, higiene, seguridad, etc., por ello, las administraciones tienen la obligación de hacer frente a todas estas demandas y cumplir con las expectativas a través de servicios deportivos que logren satisfacerlas (Gálvez, 2011). Hoy en día, es difícil determinar las pautas que especifiquen a un gimnasio de calidad, principalmente por la cambiante tendencia sobre la práctica deportiva, pero Dorado y Gallardo (2005) basados en la norma ISO 9000:200 definen en ocho principios la gestión de la calidad, utilizados para un mejor desempeño organizacional, y son; Enfoque al cliente, liderazgo, participación del personal, enfoque basado en procesos, enfoque de sistemas para la gestión, mejora continua, enfoque basado en hechos para la toma de decisión y relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

La determinación de ofrecer espacios para la práctica deportiva de calidad y la necesidad de atender las demandas de los usuarios, precisan de un plan de acción para mejorar el funcionamiento de las instalaciones disponibles, las cuales implican adaptación y remodelación de las ya existentes, aunado a ello se exige que el equipamiento deportivo sea diseñado en base a criterios de accesibilidad, utilidad, prevención de riesgos y funcionalidad, así como el establecimiento de criterios básicos en el diseño de las instalaciones deportivas para que sean

funcionales, tengan una mejor gestión y faciliten su mantenimiento, lo cual hará posible atender de manera eficaz las necesidades demandadas (Rodríguez, citado en Dorado, 2005).

Metodología

Tipo de investigación

La presente investigación se basó en la metodología de Hernández et al., (2006) la cual es de carácter cualitativo-descriptivo, ya que se pretende identificar las brechas que existen entre la percepción y las expectativas de la clientela en dos tiempos. Es una investigación no experimental de diseño transversal, ya que se aplicó un instrumento de la evaluación de la clientela del gimnasio Potros ITSON, para determinar el nivel de percepción sobre el servicio ofertado.

Sujetos

Se aplicó el instrumento de evaluación a la clientela del gimnasio, presentándose en la primera aplicación la edad mínima de 15 años y la mayor de 79 años, dando un promedio de edad de 26 años. El porcentaje de encuestados (as) fue, 32% clientes de sexo femenino, 59% del sexo masculino y el 9% no respondió sobre su género en la encuesta, y en la segunda aplicación, la edad mínima fue de 14 años y la máxima de 53 años, dando un promedio de edad de 21 años. El porcentaje de encuestados (as) fue, el 29% del sexo femenino y 71% del sexo masculino. La clientela inscrita son maestros (as), entrenadores (as), alumnos (as) y personal administrativo de la institución, así como personas de la comunidad de Ciudad Obregón, siendo éstas últimas en minoría.

Muestra

Dada la naturaleza cualitativa de la investigación y el tipo de resultados que se busca obtener, el tipo de muestra que se utilizó fue probabilístico de selección aleatoria simple que asegure que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser elegidos. Se utilizó la metodología de Gálvez (2011) en su investigación sobre la calidad de los servicios deportivos aplicado en España.

Instrumento

El instrumento utilizado, fue el cuestionario de evaluación de la calidad percibida en servicios deportivos (CECASDEP – v 1.0), el mismo que se aplicó en la primera evaluación del gimnasio Potros en el año 2015. El cual se tomó de Gálvez (2011) en su investigación calidad en los servicios deportivos aplicada en España.

Procedimiento

Se aplicó por segunda ocasión el cuestionario a la población del gimnasio en sus distintos horarios, una vez recopilados los datos, se procesaron mediante el programa de excel, posteriormente se analizaron y compararon con los resultados del año 2015 y 2016, para ser presentados.

Resultados y discusión

En la Figura 1, se muestra la evaluación realizada a instructores, donde la población evaluada presenta un 90% en 2015 y un 79% en 2016, respondiendo que se encuentran satisfechos, observando un declive en el servicio del 11% en 2016, solo el 6% en 2015 y el 13% en 2016 mencionan que no se encuentran satisfechos ni insatisfechos, aumentando el 7% en 2016, siendo estas respuestas de indiferencia en el servicio para el gimnasio. Y finalizando con el 3% en 2015 y 6% en 2016, se encuentran insatisfechos (as) con el servicio, aumentando el 3% de insatisfacción con el servicio ofertado en el gimnasio en 2016. Está claro que en el año 2016 el servicio de los instructores (as) no fue satisfactorio. Como lo menciona Oliver (1993, citado por García et al. 2012), para que un cliente pueda definir su grado de satisfacción necesita una experiencia, por lo tanto es necesario rectificar la actuación de los instructores (as). Siguiendo con el mismo autor Oliver (1993, citado por García et al. 2012), que considera que la calidad puede ser percibida sin necesidad de experiencia de consumo. A sí mismo, García et al. (2013) en su investigación, destaca que los empleados (as) fueron la mayor varianza sobre la calidad percibida, seguida de programas y en última instancia, instalaciones.

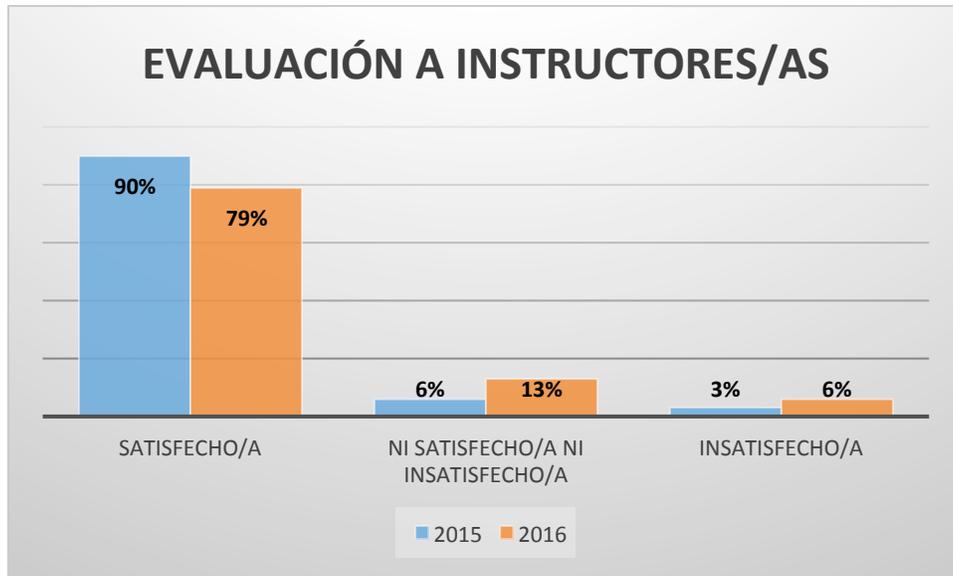


Figura 1. Evaluación a instructores (as).

En la Figura 2, se muestran los resultados de la evaluación de instalaciones y espacios deportivos del gimnasio, donde el 65% en 2015 y 68% en 2016, respondieron que se encuentran satisfechos con el servicio, porcentajes que no muestran gran aceptación por parte de los clientes (as), a pesar de aumentar un 3% en el nivel de satisfacción en 2016. El 16% en 2015 y 18% en 2016, no muestran estar satisfechos ni insatisfechos con el servicio, aumentando en 2016 el 2% de indiferencia en el servicio. Y el 18% en 2015 y 12% en 2016, respondieron estar insatisfechos con los servicios recibidos, observándose una reducción en el porcentaje de insatisfacción en 2016. Cabe resaltar a Zairi (2000, citado por García et al. 2012) donde advierte que un cliente satisfecho es propenso a compartir la experiencia con cinco o seis personas más, pero un cliente insatisfecho, lo comparte con diez personas. Situación similar ocurrió en los resultados sobre satisfacción, donde se aumentó un 3% de satisfacción y se disminuyó en el nivel de insatisfacción con un 6%, suponiendo la validación sobre la divulgación del servicio por parte de la clientela, en su mayoría estudiantes, personal docente y administrativo de la universidad. García et al. (2013) muestra que los gerentes (as) de gimnasios han de prestar mayor atención en el servicio brindado por los empleados (as), y una menor prioridad a la instalación, tal resultado se basó en la muestra de su investigación, siendo los encuestados adultos (as) mayores.

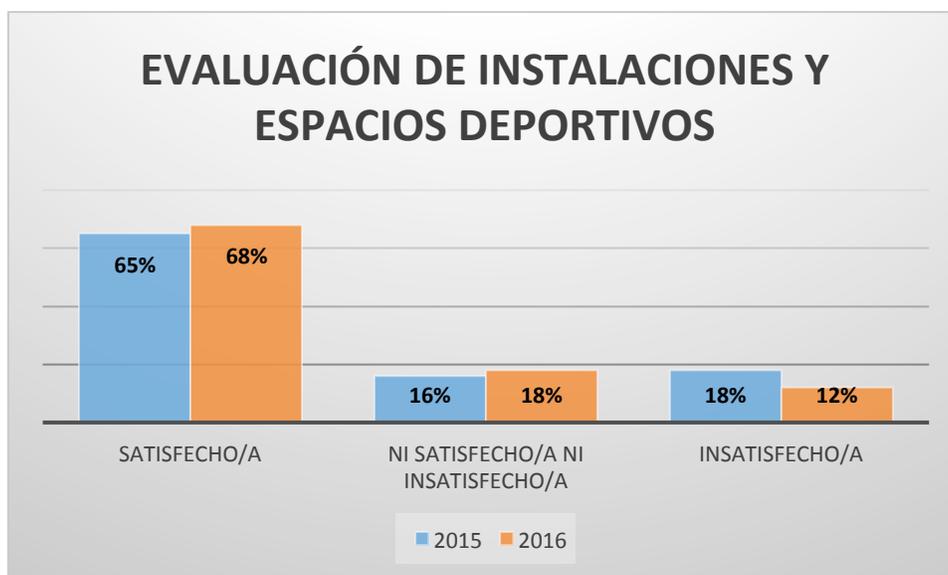


Figura 2. Evaluación de instalaciones y espacios deportivos.

En la Figura 3, se muestran los resultados de la evaluación en atención a la clientela, principalmente al momento de inscribirse, solicitar información o solucionar algún problema. El 76% en 2015 y 73% en 2016, respondieron que se encuentran satisfechos (as) con el servicio, disminuyendo en un 3% el nivel de satisfacción en la clientela en el año 2016. García et al. (2013), destaca las diferencias que pueden existir entre los usuarios en cuanto a su percepción y a las características de los mismos. El 15% en 2015 y 17% en 2016, no se muestran satisfechos (as) ni insatisfechos (as) con el servicio recibido, aumentando en un 2% el desinterés de la clientela en el servicio del gimnasio en el año 2016, y el 8% en 2015 y el 8% en 2016, muestran el porcentaje de insatisfacción con la atención recibida, siendo el mismo en los dos años. Pedragosa y Correia (2009) mencionan que la calidad percibida y fidelidad del cliente se basa en los programas aplicados y en los empleados (as). Lee y Kim (2011) también mencionan como la fidelidad de los usuarios de centros fitness venía determinada por los empleados (as), donde sus capacidades técnicas y habilidades interpersonales eran la fuente de diferenciación de servicios, satisfacción y en última instancia, la retención de la clientela. No para el caso de Mañas et al. (2008) donde el equipamiento y la aparatología que disponía la instalación obtenían una mayor importancia frente a los programas y a los recursos humanos de la organización deportiva.

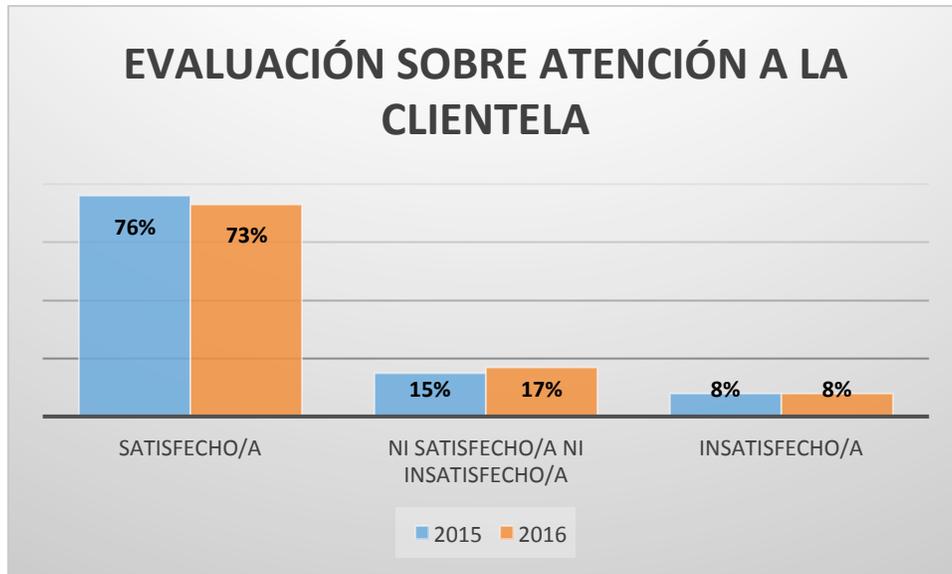


Figura 3. Evaluación sobre atención a la clientela.

En la Figura 4, se muestra la evaluación sobre la diversidad en el servicio, donde el 83% en 2015 y 81% en 2016, respondieron que se encuentran satisfechos, disminuyendo en 2016 un 2% en la satisfacción a la clientela. El 12% en 2015 y 11% en 2016, no se encuentran ni satisfechos (as) ni insatisfechos (as) con el servicio, y el 4% en 2015 y 7% en 2016 se encuentran insatisfechos (as) con el servicio, aumentando en el 2016 el nivel de insatisfacción a la clientela en un 3%. Según Alonso, Rial J., Rial, A. (2013) los resultados obtenidos, revelan una incidencia significativa en la satisfacción de los usuarios (as), por lo que no debe ser descuidado ninguno de ellos (as). Para Howat, et al. (1996) las instalaciones y equipamiento son un aspecto principal del servicio a medir, mientras que Papadimitriou y Karteroliotis (2000) y Chelladurai y Chang (2000) mencionan que los incluyen en dimensiones separadas con diferentes términos (infraestructuras, atracción, modo de operar), y diferente contexto (instalaciones, localización y equipamiento) respectivamente. Además, es aparente que hay un hueco entre la actual conceptualización de la calidad de servicio en programas recreativos de fitness y aquellos estudios del servicio provenientes de la literatura general del marketing (Calabuig, Molina, Núñez, 2013). Como se menciona, cada área de evaluación muestra la cara del servicio del gimnasio, y con ello el reflejo de lo que se ofrece a la clientela, no importa como distribuyas la oferta del servicio, siempre y cuando la misma lo perciba de manera positiva considerando las variables de su contexto.

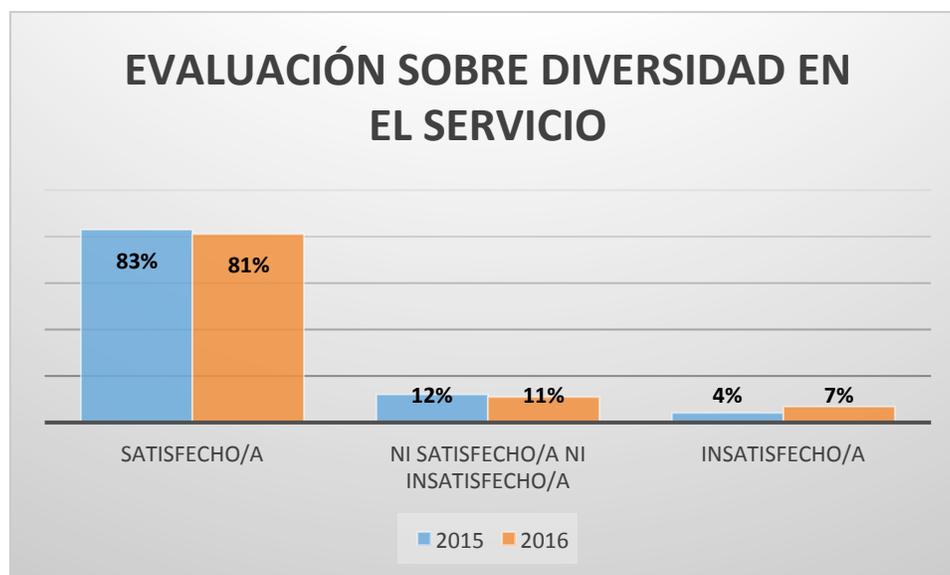


Figura 4. Evaluación sobre diversidad en el servicio.

Conclusiones

En la presente investigación se llega a la conclusión que la evaluación en el área de servicio por parte de los instructores (as) aprecia un declive en su trabajo en el año 2016. Siendo ésta, un área de gran trascendencia en el servicio, según Lee y Kim (2011) describen que la fidelidad de la clientela se encuentra en la interacción que existe con los empleados (as). Cabe destacar, que la segunda percepción que se obtiene después de la percepción visual es la interacción con los empleados del gimnasio, por ello, se recomienda mejorar el trato a la clientela, estableciendo estrategias que puedan utilizar los instructores (as), permitiéndoles aumentar el nivel de satisfacción a los usuarios (as).

En el área de espacios e instalaciones deportivas, a pesar de aumentar sus porcentajes y pronosticar resultados positivos, no lo es, ya que los niveles de satisfacción en ambos años son muy bajos, apenas por encima del 60%. Por lo tanto es un área de oportunidad para el gimnasio no solo de mejorar sus instalaciones si no para aumentar el número de la clientela satisfecha y atraer nuevos cliente (as).

Otra de las áreas de evaluación fue la atención a la clientela, donde no se percibió aumento en la mejora de los servicios, el nivel de satisfacción permanece por encima del 70% en

ambos años y no hay reducción de clientes insatisfechos (as), por lo tanto no se aprecia mejora en la atención.

Y para finalizar, se evaluó el área de diversidad en el servicio, donde a pesar de encontrarse por encima del 80% en su nivel de satisfacción en 2016 no se logró mejorar los resultados del año anterior.

Considerando las variables de la investigación, el gimnasio Potros no mejoró sus servicios en el año 2016, observándose en tres áreas de evaluación una disminución de clientes satisfechos (as) y en dos áreas un aumento en clientela insatisfecha. Tales números pueden generar a futuro situaciones de inconformidad con el servicio, disminución de clientes, mala publicidad, bajos ingresos de inscripción, entre otros. Por ello, se recomienda concientizar al personal del gimnasio sobre el servicio que se está ofreciendo, a su vez, evaluar su desempeño cada determinado tiempo.

Con ello se concluye el análisis realizado sobre el servicio que ofrece la institución a la comunidad universitaria y clientes externos, mostrando el análisis de los años 2015 y 2016, basándose en la percepción de los clientes (as), sobre el servicio ofertado.

Referencias

- Alexandris, K., et al. (2004). An empirical investigation of the relationships among service quality, customer satisfaction and psychological commitment in a health club context. *European Sport Management Quarterly*, 4, 36-52.
<http://dx.doi.org/10.1080/16184740408737466>
- Alonso, D. Rial, J. Rial, A. (2013). Evaluación de la calidad percibida de los servicios deportivos en el ámbito universitario. *Revista de Psicología del Deporte*. Vol. 22, núm. 1, pp. 143-150.
- Bitner, M. (1990). Evaluation service encounters the effects of physical surroundings and employee responses. *Journal of Marketing*, 54, 69-82.

- Calabuig, F., Molina, N., Núñez, J. (2012). Una aplicación inicial del modelo tridimensional de calidad de servicio en centros deportivos privados. *E-balonmano.com: Journal of sport science*. Vol 8.
- Celestino, A. Biencito, C. (2012). La satisfacción del cliente externo en organizaciones de fitness. Estudio empírico en centros de la comunidad de Madrid. *European Journal of Human Movement*, 2012: 29, 115-132.
- Chelladurai, P., & Chang, K. (2000). Targets and standards of quality in sports services. *Sport Management Review*, 3(1), 1-22.
- Dorado, A., y Gallardo L. (2005). *La gestión del deporte a través de la calidad*. Editorial INDE. España.
- Gálvez, P. (2011). Cuestionario para evaluar la calidad de servicios deportivos: estudio inicial de las propiedades psicométricas. Servicio de publicaciones de la Universidad de Málaga, España.
- García, J. et al. (2012). La satisfacción de clientes y su relación con la percepción de calidad en Centro de Fitness: utilización de la escala CALIDFIT. *Revista de Psicología del Deporte* 2012. Vol. 21, núm. 2, pp. 309-319.
- García, J. et. al. (2013). La calidad percibida de servicio y su influencia en la fidelidad de usuarios mayores en centros de fitness públicos. *Escritos de Psicología*, vol. 6, núm. 2. Pp. 26-34 Universidad de Málaga, España.
- Hernández Mendo, A. (2001). Un cuestionario para evaluar la calidad en programas de actividad física. *Revista de Psicología del Deporte*, 10 (2), 179-196.
- Hernández, S., Baptista, L. (2006). *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill, México.
- Howat, G., et al. (1996). Measuring customer service in sports and leisure centres. *Managing Leisure*, 1, 77-89.
- Kim, D. y Kim, S. Y. (1995). QUESC: An instrument for assessing the service quality of sport centers in Korea. *Journal of Sport Management*, 9, 208-220.
- Lee, J., et al. (2011). The influence of service quality on satisfaction and intention: A gender segmentation strategy. *Sport Management Review*, 14, 54-63.

- Luna, R. (2000). Bases para la Dirección de Entidades Deportivas. Valencia: Promolibro.
- Mañas, M., et al. (2008). Los tangibles como predictores de la satisfacción del usuario en servicios deportivos. *Psicothema*, 20, 243-248.
- Martínez, J. y Martínez, L. (2008). La medición de la calidad percibida en servicios deportivos; un enfoque en primera persona. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 8(31), 244-255.
- Martínez-Tur, V., Peiró J., & Ramos, J. (2001) Calidad de Servicio y Satisfacción del Cliente. *Psicología social*, Madrid.
- Morales, V., Hernández-Mendo, A. y Blanco, A. (2009). Evaluación de la calidad en organizaciones deportivas: adaptación del modelo SERVQUAL. *Revista de Psicología del Deporte*, 18(2), 137-150.
- Papadimitriou, D., & Karteroliotis, K. (2000). The service quality expectations in private sport and fitness centers: A reexamination of the factor structure. *Sport Marketing Quarterly*, 9(3), 157-164.
- Parasuraman, A., Berry, L. y Zeithaml, V. (1991). Refinement and reassessment of the SERVQUAL scale. *Journal of Retailing*, 67, 420-450
- Parasuraman, A., Zeithaml, V., & Berry, L. (1994). Alternative scales for measuring service quality: a comparative assessment based on Psychometric and Diagnostic Criteria. *Journal of Retailing*, 70(3), 201-230.
- Pedragosa, V. y Correia, A. (2009). Expectations, satisfaction and loyalty in health and fitness clubs. *International Journal of Sport Management and Marketing*, 5, 450 – 464.
<http://dx.doi.org/10.1504/IJSMM.2009.023371>
- Rial, J., et al. (2010). Modelización y medida de la calidad percibida en centros deportivos: la escala QSport-10. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 18(6), 57-73.
- Rust, R., & Oliver, R. (1994). Service Quality: Insights and managerial implications from the frontier. En Rust, R.T., & Oliver, R.L. (Eds.) *Service Quality: New Directions in Theory and Practice*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Serrano, V., et al. (2010). La evaluación de la Calidad Percibida del Servicio como elemento clave para la gestión de los clubs de golf en España. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 102, 95-105.

Capítulo XV. Gestión del talento humano en microfinancieras del Sur de Sonora

Luis Fernando Erro Salcido, Yazbet Mendivil Valdez y Marco Antonio Hernández Aguirre

Unidad Navojoa

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. lferro@itson.edu.mx

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo conocer la aplicación de la gestión del talento humano, su importancia en la satisfacción de los empleados, así como en el logro de los objetivos de la empresa, específicamente en las microfinancieras ubicadas en el Sur de Sonora, considerando las aportaciones hechas por Chiavenato, respecto al concepto de la gestión del talento humano, donde se examinó a la totalidad de las empresas de este giro existentes en Navojoa, Sonora. Analizando las dimensiones sobre el talento humano en relación a los procesos de reclutamiento, selección, capacitación, plan de vida y carrera, bonos e incentivos, que detone en los empleados los compromisos necesarios para el crecimiento de la empresa. Se utilizó una encuesta elaborada por Restrepo, la cual consta de 33 preguntas referentes a los factores que intervienen en la gestión del talento humano como son el reclutamiento, selección, capacitación, recompensas, evaluación del desempeño, remuneración y calidad de vida, con opciones de respuesta en escala tipo Likert, aplicándose a la totalidad de los empleados que laboran en estas empresas (50 funcionarios). Los resultados obtenidos demuestran un amplio nivel de compromiso del personal a las dimensiones propuestas en este estudio.

Introducción

En la actualidad, del total de empresas establecidas en México, el 97.6% son microempresas, que concentran al 75.4% del personal ocupado; le siguen las pequeñas empresas, que equivalen al 2% y, que ocupan al 13.5% de los trabajadores. Las medianas empresas, sólo representan un 0.4% pero ocupan arriban de un 11% del personal, esto según los datos tomados del INEGI en 2016, en su boletín de prensa (INEGI, 2016).

Tomando en consideración lo anterior, las microfinancieras que se encuentran integradas dentro de los datos antes mencionados, representan un tipo de empresa que es conveniente investigar por la aportación, no sólo en la contratación de personal, sino por ser un medio de apoyo (financiación) para la supervivencia de muchas de las empresas establecidas en el país.

Por otra parte, (Ramo, 2017) menciona que las instituciones financieras que se enfocan a los microcréditos, se clasifican en tres distintas categorías las cuales son: organizaciones no

gubernamentales, cooperativas y uniones de crédito, bancos e instituciones financieras no bancarias. Estas a su vez también cuentan con tres clasificaciones: las dedicadas a otorgar microcréditos a prestatarios individuales, aquellas que lo hacen por medio de grupos solidarios, y las que utilizan el modelo de bancos comunitarios.

Estudios, como el realizado por (Borsic, 2017) sobre la gestión del talento humano, con el fin de comprender la estructura, procesos y las fuerzas que motivan con el objetivo de analizar la relación existente entre la gestión del talento, la inteligencia emocional y el desempeño de los docentes universitarios, donde concluyó que sí tienen estos conceptos una relación positiva. Por su parte (Jaramillo, 2005), buscó conocer la situación actual en un grupo de Mipymes del sector de alimentos y confecciones en Colombia, en materia de reclutamiento y selección, descripción de puestos, orientación del empleado, entrenamiento, entre otras áreas de recursos humanos, sus hallazgos pudieron en evidencia las difíciles situaciones por las que pasan las Mipymes en materia de gestión del recurso humano, esto debido a la capacidad financiera, cultura y estructura organizacional que nos les permite disponer de áreas específicas para atender los requerimientos del personal que labora en las empresas estudiadas.

Teniendo en cuenta la facilidad con la que se crean las micro, pequeñas y medianas empresas y, lo complejo que es lograr que estas sobrevivan en la actualidad, es importante considerar la gestión del talento humano en los colaboradores, para que estos contribuyan con el logro de los objetivos de la empresa y que esta se posicione y se mantenga en el mercado. Por lo cual surge el siguiente cuestionamiento ¿Qué elementos de la gestión del talento humano se efectúan en las microfinancieras del municipio de Navojoa, Sonora?

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene por objetivo constatar que elementos de la gestión del talento humano son llevados a cabo por el personal que labora en la microfinancieras de la región del mayo, a través de una encuesta propuesta por especialistas, para identificar las opiniones de estos respecto a las políticas y prácticas aplicadas en el ejercicio de su trabajo.

Fundamentación teórica

El desarrollo y buen funcionamiento de las microfinancieras se debe al talento humano, el cual tiene un papel fundamental en las empresas, para esto se consideran las aportaciones hechas por (Chiavenato, 2009), respecto al concepto del talento humano, el cual debe reflejar un grupo de aspectos esenciales para la competitividad individual, que son: conocimiento (es decir, el saber, entendido este como la capacidad de aprender a aprender de forma continua), habilidades (saber hacer, es decir aplicar y utilizar el conocimiento), juicio (saber analizar la situación y el contexto, es decir obtener datos e información, contar con espíritu crítico, juzgar los hechos, ponderar con equilibrio y definir prioridades) y actitud (saber hacer que ocurra, el emprender las acciones que permitan lograr metas, asumir los riesgos, actuar como agente de cambio, agregar valor, llegar a la excelencia y enfocarse en los resultados).

El recurso humano es de suma importancia en una empresa, es el principal elemento para alcanzar los objetivos y la misión establecida en ella; la gestión del talento humano hoy en día, se ha vuelto de vital importancia en el mundo de los negocios (Jaramillo, 2005), por esto surge la necesidad de ayudar a las organizaciones a ser más competitivas, suministrando empleados bien entrenados y motivados, capaces de autorrealizarse, por lo que es importante crear en los trabajadores una actitud abierta al cambio, establecer políticas éticas, que desarrolle en ellos un sentido de responsabilidad social con la empresa y su entorno.

Debido a la importancia que debe tener la satisfacción de los empleados para lograr el éxito de las empresas, es necesaria la identificación de los elementos de la gestión del talento humano que según (Chiavenato, 2009) es un conjunto de políticas y prácticas necesarias para dirigir todos los aspectos relacionados con las personas, incluidos reclutamiento, selección, capacitación, recompensas, evaluación del desempeño, remuneración y calidad de vida, para lo cual se consideró al personal que labora en las microfinancieras establecidas en Navojoa, Sonora, como objeto de estudio de esta investigación.

En el caso del reclutamiento, según (Chiavenato, 2007) es un proceso que varía de acuerdo con la organización. En muchas empresas, el inicio de este proceso depende de una decisión del jefe de línea. En otras palabras, el departamento de reclutamiento no tiene autoridad

para efectuar ninguna actividad al respecto, sin que el departamento donde se encuentre la vacante a ser ocupada, haya tomado la decisión correspondiente, una vez solicitado el inicio de este proceso, puede lanzarla, de distintas maneras, ya que existen tres diferentes métodos de reclutamiento; primero el interno, que es cuando se tiene una determinada vacante, y la empresa trata de llenarla mediante el reacomodo de sus empleados, los cuales pueden ser promovidos (movimiento vertical) o transferidos (movimiento horizontal) o transferidos con promoción (movimiento diagonal).

El segundo método es el externo, que es cuando la vacante se trata de cubrir con personas externas a la empresa atraídos mediante las técnicas de reclutamiento. Este incide sobre candidatos reales o potenciales, disponibles o empleados en otras organizaciones y puede ser llevado a cabo mediante una o más de las técnicas de reclutamiento. Como último se tiene la opción de un reclutamiento mixto, el cual es llevado a cabo de las dos formas mencionadas anteriormente, la convocatoria para la vacante es lanzada tanto interna como externamente y, en ambos se tiene la misma oportunidad siempre y cuando se cumpla con los requisitos de la vacante.

La siguiente etapa es la selección, la cual se encarga de buscar entre los candidatos reclutados al más adecuado para cada uno de los puestos que existen en la empresa, con la intención de mantener o aumentar la eficiencia y el desempeño del personal, así como la eficacia de la organización. Así la selección busca solucionar dos problemas básicos que suelen aparecer, la adecuación de la persona al trabajo y, la eficiencia y eficacia de la persona en el puesto.

El proceso de inducción se encarga de proveer al candidato de herramientas que faciliten la adaptación y socialización con la cultura de la empresa, entendiendo ésta como el conjunto de creencias, valores, actitudes, sentimientos y formas de pensar compartidos por todos los miembros del grupo, así como también las normas que rigen la empresa, a fin de proporcionar al nuevo empleado, relaciones de desempeño que contribuyan al éxito en la organización, con ello posteriormente implementar un proceso de capacitación que eduque a corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, conocimientos, habilidades y competencias en función de objetivos definidos.

La capacitación propicia la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a los aspectos de la organización, la tarea y el ambiente, así como el desarrollo de habilidades y competencias. (Chiavenato, 2007)

Un paso más en la gestión del talento humano son los métodos de incentivar al empleado también conocido como compensación, que corresponde al pago total que se le hace al trabajador por la realización de las labores por las que se le contrató. En las que se considera a los incentivos, prestaciones y beneficios (Jaramillo, 2005).

Metodología

Esta investigación es de corte cuantitativa por que busca medir qué elementos de la gestión del talento humano se efectúan en las microfinancieras del municipio de Navojoa, Sonora y es transversal por que se aplicará en una sola ocasión como un proyecto que busca documentar la información aplicable en este tipo de empresas.

El instrumento utilizado fue una encuesta, la cual fue elaborada para evaluar el área de gestión del talento humano en una empresa, propuesta por (Restrepo, 2017) y modificada para los fines de la presente investigación. Consta de 33 preguntas referentes a los factores que intervienen en la gestión del talento humano como son: el reclutamiento, selección, capacitación, recompensas, evaluación del desempeño, remuneración y calidad de vida (Chiavenato, 2009). El cuestionario fue segmentado en 6 dimensiones, que son: 1) Auditoría de la cultura organizacional, 2) auditoría de procesos de selección de personal, 3) auditoría de proceso de formación y desarrollo, 4) auditoría de procesos de medición del desempeño, 5) auditoría de proceso de mantenimiento de personal y 6) auditoría de proceso de formación y desarrollo de evidencias de producto.

La encuesta se aplicó en las microfinancieras existentes en Navojoa, Sonora. Se encuestó al total de empleados de las microfinancieras, desde los puestos gerenciales hasta los de cobradores. Los rango de edades de los encuestados oscilaban entre los 25 y 45 años, haciendo un total de 50 encuestas, de los cuales el 56% son mujeres y el 44% hombres.

El procedimiento utilizado fue: investigación documental para la elección del instrumento, se adecuaron las preguntas a través de un grupo focal validado por expertos responsables de las áreas de talento humano en empresas de la región e investigadores del tema, se obtuvo un instrumento para piloto, se analizó estadísticamente y se validó por grupos contrastados para determinar el instrumento final. Se acordó una cita con los responsables de las microfinancieras establecidas en la ciudad, se explicó el objetivo de la investigación y los beneficios que obtendrían con la información, se pactó un horario de aplicación, con un tiempo promedio de 10 minutos para su llenado y una semana para lograr la aplicación total. La información recabada se capturó en el sistema SPSS, Ver. 19, y se logró una confiabilidad de 0.865 de Alfa de Cronbach. Se agruparon las preguntas por dimensiones y análisis de frecuencias, obteniendo los resultados del estudio.

Resultados y discusión

A continuación se presenta las siguientes gráficas con porcentajes obtenidos de las encuestas realizadas a los empleados de las microfinancieras de Navojoa, Sonora. Se encuestó a un total de 50 empleados que laboran en las microfinancieras existentes en Navojoa, Sonora, desde los puestos gerenciales hasta cobradores, de los cuales el 56% son mujeres y el 44% son hombres (Figura 1).

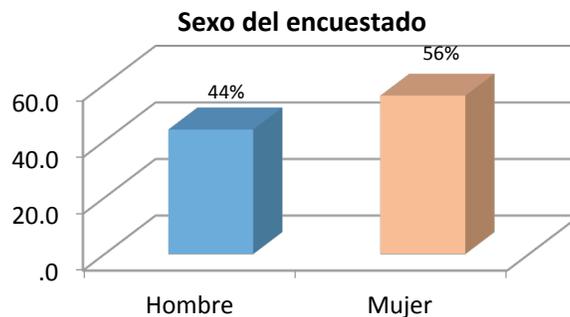


Figura 1. Sexo del encuestado.

Del total de encuestados como se muestra en la Figura 2 se obtuvo que las edades de los empleados oscilaban entre los 18 a 25 años con un 8%, como mayor porcentaje un 56% que representa al rango de 26 a 35 años, de 36 a 44 años representado por un 32%, más de 45 años con un 4%.

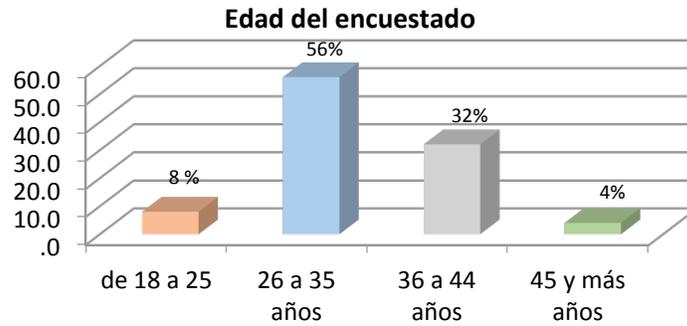


Figura 2. Edad del encuestado.

En la dimensión de auditoría de la cultura organizacional, como se observa en la Figura 3, los resultados obtenidos muestran que existe un nivel de aceptación a esta dimensión ampliamente reconocida por el personal que labora en las microempresas financieras de la región del Mayo, lo que quiere decir que el personal tiene claridad con lo que es cultura organizacional, así como también la misión visión y valores que en éstas se establecen donde se obtuvo un porcentaje del 86% en respuestas con tendencias más a favor a la organización de la empresa y tan sólo un 14% con tendencias en desacuerdo con ésta.

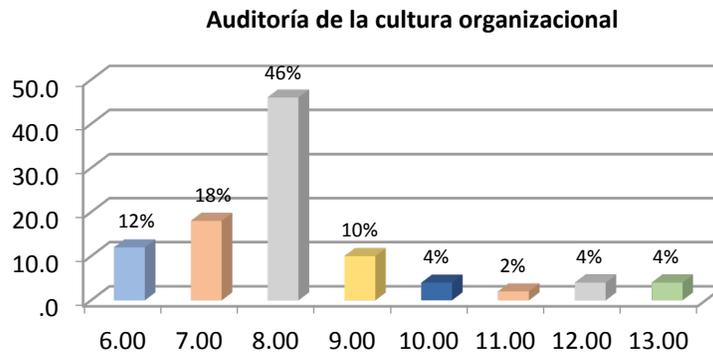


Figura 3. Auditoría de la cultura organizacional.

En la Figura 4 se puede observar que los resultados de la auditoría de procesos de selección de personal fueron favorables ya que muestran que existe un nivel de aceptación a esta dimensión ampliamente reconocida por el personal esto quiere decir que el personal tiene claridad con las competencias establecidas en la empresa así como también los perfiles de cargo y la divulgación del proceso de selección donde un 78% coincidió con una tendencia de acuerdo y

tan sólo un 22% no se encuentra de acuerdo con los procesos de selección de personal que se tienen establecido en la empresa.

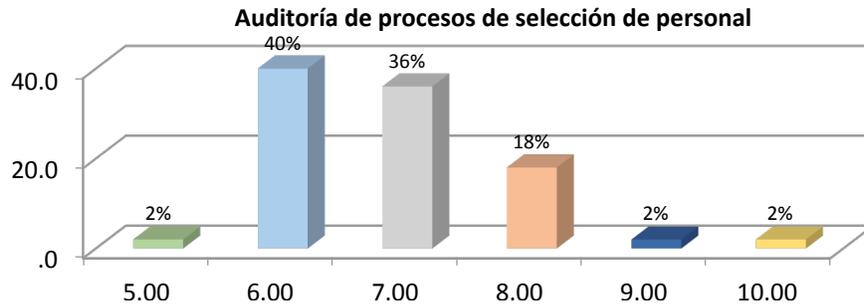


Figura 4. Auditoría de procesos de selección de personal.

En los resultados obtenidos en la dimensión de auditoría de proceso de formación y desarrollo plasmados en la Figura 5, se puede apreciar que un 78% de los encuestados manifestó estar de acuerdo con la productividad establecida, además de contar con el compromiso del personal al logro de los objetivos e indicadores establecidos en la dirección y a la formación orientada al logro, que en este tipo de entidades se establecen. De la misma manera, el otro 22% de los encuestados muestra una tendencia hacia el desacuerdo con esta dimensión, esto debido a que no tiene un total conocimiento sobre los elementos que integran esta dimensión.

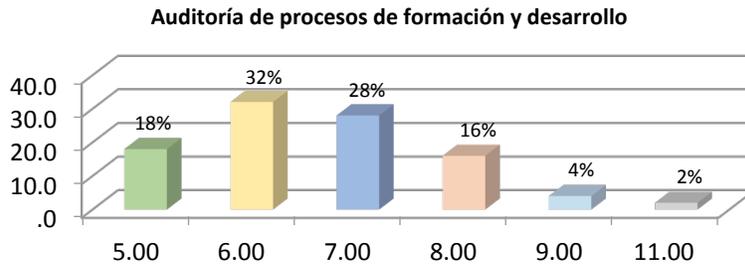


Figura 5. Auditoría de procesos de formación y desarrollo.

Como se observa en la Figura 6, en la dimensión de auditoría de procesos de medición del desempeño, los resultados obtenidos muestran que existe un nivel de aceptación a esta dimensión ampliamente reconocida por el personal que labora en las microfinancieras encuestadas en Navojoa, Sonora, lo que quiere decir que el personal tiene claridad con lo que es una evaluación del desempeño y sobre todo una aceptación de cómo es orientado su desempeño a lograr una permanencia y garantizar su desarrollo en éstas, donde se obtuvo un porcentaje del 88% en

respuestas con tendencias más a favor formas de medición del desempeño de la empresa y tan sólo un 12% con tendencias a desacuerdo con ésta.

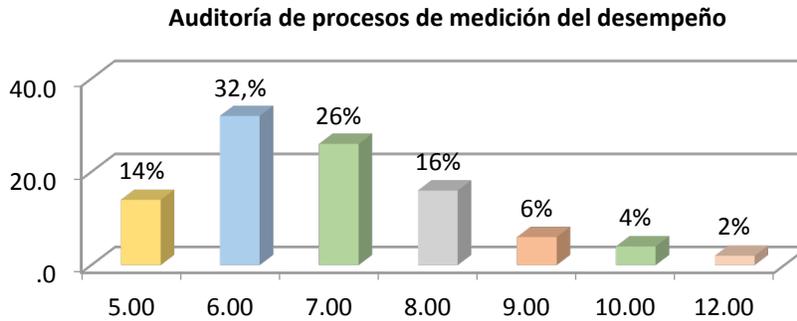


Figura 6. Auditoría de procesos de medición del desempeño.

En la Figura 7, se puede observar que los resultados de la auditoría de proceso de mantenimiento de personal fueron favorables ya que muestran que existe un nivel de aceptación a esta dimensión ampliamente reconocida por el personal esto quiere decir que el personal tiene claridad sobre los programas existentes para el mantenimiento de personal, así como también el interés que tiene la empresa de mantener satisfecho a el recurso humano con su empleo brindando un plan de bonos e incentivos y buscando mantener un buen clima organizacional donde un 74% coincidió con una tendencia de acuerdo con lo anteriormente mencionado y tan sólo un 22% no se encuentra de acuerdo con los procesos de mantenimiento de personal.

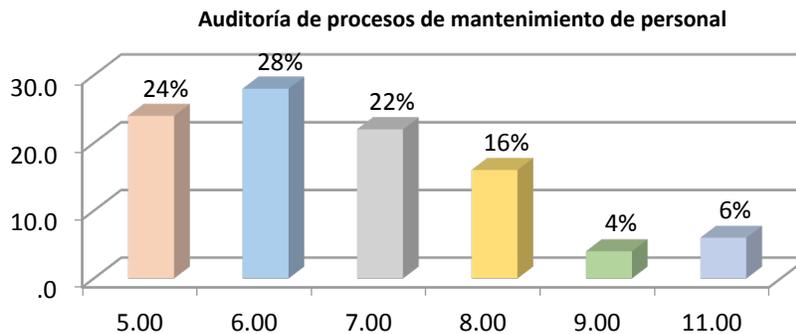


Figura 7. Auditoría de procesos de mantenimiento de personal.

En los resultados obtenidos en la última dimensión que es de auditoría de proceso de formación y desarrollo de evidencias de producto plasmados en la Figura 8, se puede apreciar que un 78% de los encuestados manifestó estar de acuerdo con los diagnósticos de necesidades de

formación de nuevas competencias, los registros de logros en competencias, así como también con los manuales de inducción existentes que les ayuda a alinear su comportamiento que en este tipo de empresas se requiere. De la misma manera, el otro 22% de los encuestados muestra una tendencia hacia el desacuerdo con esta dimensión, esto debido a que quizá no se tiene un total conocimiento sobre los elementos que la integran.

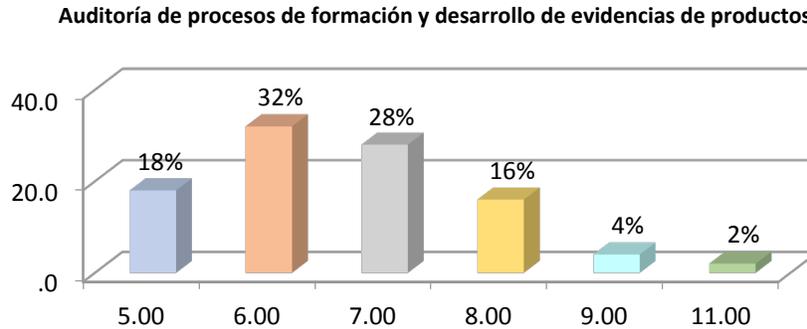


Figura 8. Auditoría de procesos de formación y desarrollo de evidencias de productos.

Discusiones

Los resultados obtenidos de la presente investigación de acuerdo con el objetivo planteado se puede observar que el instrumento propuesto por (Restrepo, 2017), trae una gran contribución a esta ya que permite observar como es llevada a cabo la gestión del talento humano en las empresas, en este caso las microfinancieras de Navojoa, Sonora, donde analizando las dimensiones de este instrumento se puede concluir que el personal tiende a estar totalmente de acuerdo con las dimensiones a las que hace referencia, por mencionar algunos factores, la gestión del talento humano, el conocimiento de la misión y visión de la empresa, la cultura organizacional, los perfiles de cargo, desempeño laboral entre otros, lo que refiere que hay un alto nivel de compromiso respecto a las políticas y prácticas desarrolladas en el ejercicio de su trabajo, así también se observa que la gestión del talento humano y el desempeño laboral llevado a cabo en estas, tiene relaciones positivas.

Esta investigación corrobora hallazgos anteriormente expuestos en otras investigaciones como los trabajos elaborados por (Borsic, 2017), en la cual fue utilizado el mismo instrumento y se concluyó que, al igual que en la presente investigación, las variables de gestión del talento

humano y el desempeño laboral aplicada, en este caso a docentes de instituciones de educación superior, obtuvo una relación positiva, así como las variables de gestión del talento humano y la inteligencia emocional de los docentes de instituciones de educación superior.

Conclusiones

De acuerdo con el objetivo planteado al inicio del presente estudio se puede concluir que de acuerdo con las dimensiones propuestas por Restrepo (2017) en su trabajo, se aprecia que en todas ellas el personal tiende a estar totalmente de acuerdo, lo que refiere que hay un alto nivel de compromiso respecto a las políticas y prácticas desarrolladas en el ejercicio de su trabajo, teniéndose en cuenta tales resultados se puede decir que la gestión del talento humano considerando las aportaciones de (Chiavenato,2009) que nos dice que es un conjunto de políticas y prácticas necesarias para dirigir todos los aspectos relacionados con las personas, incluidos reclutamiento, selección, capacitación, recompensas, evaluación del desempeño, remuneración y calidad de vida es llevada a cabo en estas empresas de una buena manera ya que se considera que tiene una buena aplicación y por consecuencia se logra un buen funcionamiento en ellas así como también satisfacción con su trabajo y remuneración por parte del recurso humano.

Referencias

- Borsic Laborde, Z. D. (19 de 05 de 2017). *XXI congreso internacional de contaduría , administracion e informatica*. Obtenido de La gestion del talento humano y la inteligencia emocional en el desempeño laboral del cuerpo docente de las instituciones de educacion superior: <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xxi/docs/3.07.pdf>
- Chiavenato, I. (2007). *Administración del recurso humano. El capital humano de las organizaciones*. Octava edición. México. McGraw-Hill.
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano*. Tercera edición. México. McGraw-Hill.
- INEGI. (13 de 07 de 2016). *Boletín de prensa Num. 285/16*. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_07_02.pdf
- Jaramillo Naranjo, O.L. (2005). *Gestión del talento humano en la micro, pequeña y mediana empresa vinculada al programa Expopyme de la Universidad del Norte en los sectores de*

confecciones y alimentos. *Pensamiento & Gestión*. Núm. 18, 18, julio, 2005, pp. 103-137. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64601805>.

Ramo, M. (07 de 06 de 2017). *Proteja su dinero. Microfinanzas*. Obtenido de *Microfinanzas: Un gran impulso*. Recuperado de <http://www.condusef.gob.mx/Revista/PDF-s/2012/152/micro.pdf>

Restrepo Escobar, F. E. (19 de Mayo de 2017). Instrumento para auditar la gestion del talento humano una propuesta de competitividad y productividad, Recuperado de http://upacifico.edu.ec/cladea_2009/PDF2/upac01_submission_452.pdf

Capítulo XVI. Capacitación para la mejora del clima organizacional en un Corporativo de distribución de energéticos

Claudia García Hernández, Eneida Ochoa Ávila, Santa Magdalena Mercado Ibarra,
Rafael Octavio Félix Verduzco y María Teresa Fernández Nistal

Departamento de Psicología
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. cgarcia@itson.edu.mx

Resumen

Se realizó una evaluación de clima organizacional en un corporativo de distribución de energía con motivo de conocer la situación en la que se encuentran las empresas del grupo respecto al tema, para mejorar el clima por medio de la implementación de un programa de capacitación sobre los resultados obtenidos. El grupo de participantes está conformado por 71 trabajadores correspondientes a las distintas empresas que conforman el corporativo. El instrumento aplicado cuenta con 80 reactivos dividido en diez áreas (liderazgo, trabajo en equipo, valores colectivos, calidad organizacional, coherencia, sentido de pertenencia, disponibilidad de recursos, estabilidad, reconocimiento y retribuciones). Según la evaluación inicial realizada se puede apreciar que las variables de conocimiento de planes, desarrollo, reconocimiento así como sueldos y prestaciones presentan un nivel moderado de dificultad dentro de la organización. Considerando los resultados obtenidos por medio de la evaluación, a solicitud del corporativo, la propuesta de intervención se centró en mejorar las siguientes variables: liderazgo, comunicación e identidad. Posterior al programa de intervención se puede realizar un comparativo de los resultados obtenidos donde al momento de la primera aplicación del instrumento, los empleados mostraban una puntuación de 75.15 en la variable liderazgo, después obtuvieron 87.06 puntos; en comunicación subieron su puntuación de 77.71 a 89.00, mientras que en identidad alcanzaron 91 puntos tras haber obtenido 79 en la primera evaluación, lo cual deja ver claras mejoras producto de la intervención realizada.

Introducción

El Clima Organizacional (CO), surge de la idea de que el ser humano se desenvuelve en entornos complejos y dinámicos, puesto que las organizaciones están compuestas de personas, grupos y colectividades que generan comportamientos diversos y que afectan ese ambiente. Méndez (citado por García, 2009), refiere que el principio del CO está en la sociología; en donde la teoría de las relaciones humanas destaca el valor del individuo en función del trabajo y su participación en un medio social.

Actualmente el CO, de acuerdo a Juárez (2012), ha obtenido un valor vital y se le considera parte elemental de la estrategia de una organización para su buen funcionamiento ya que esto permite conocer cómo es vista la organización por sus empleados identificando fortalezas o aspectos valorados de la cultura organizacional, de igual manera, los orígenes de insatisfacción que ayudan a desplegar actitudes negativas dentro de la misma.

En relación al trabajo sobre Clima Organizacional y Gerencia, Maldonado et. al (2006), hablan de tres razones que justifican el estudio del clima organizacional:

1. El clima se desarrolla desde la cotidianidad, por lo que es capaz de desencadenar obstáculos o facilitar el logro de los objetivos y metas de la organización.
2. El clima es un factor importante para evaluar a las organizaciones de una manera holística, sistémica y considerando la fenomenología global.
3. El clima permite la auto-reflexión de la percepción compartida en los trabajadores consultados

Así mismo, una vez se evalúa es importante fomentar en los trabajadores el desarrollo de competencias relacionadas con los aspectos a mejorar producto de dicha evaluación, de ahí la importancia de considerar la capacitación como un sistema donde se pueda ver la formación y fortalecimiento de valores, destrezas y cualidades de liderazgo, necesarias para una organización. Esencialmente está considerada como un desarrollo formativo a corto plazo el cual se basa en un procedimiento planeado, sistemático y organizado Brito, Hernández y Cruz (2009).

Al respecto Siliceo (2006), considera ocho objetivos fundamentales por los que debe considerarse una capacitación:

1. Crear, difundir, reforzar, mantener y actualizar la cultura y valores de la organización.
2. Clarificar, apoyar y consolidar los cambios organizacionales.
3. Elevar la calidad del desempeño.
4. Resolver problemas.
5. Habilitar para una promoción (a un puesto mejor).
6. Inducción y orientación del nuevo personal en la empresa.
7. Actualizar conocimientos y habilidades.

8. Preparación integral para la jubilación.

Algunas de las investigaciones que se presentan sobre el Clima Organizacional son como la de Ferro, Páez, Bermúdez, Velosa y Gómez (2012), quienes muestran los resultados de la evaluación diagnóstica de la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia. El método de evaluación fue mediante un cuestionario de 67 ítems que mide la percepción, el cual fue respondido por 1093 miembros de la facultad (estudiantes, profesores y personal administrativo). Las dimensiones que se utilizaron fueron: colaboración, compromiso, pertenencia, respeto, imagen, coherencia, claridad organizacional, disponibilidad de recursos, tipo de autoridad, reconocimiento, trabajo en equipo, estabilidad y medio universitario. Los resultados obtenidos del análisis descriptivo mostraron que las dimensiones de pertenencia, imagen, compromiso y trabajo en equipo son percibidas favorablemente en la facultad. El análisis por medio de regresión múltiple estándar evidenció una correlación estadísticamente significativa y confiable al 95% entre la percepción de coherencia, tipo de autoridad y claridad organizacional y que explican el 48,5% del bajo nivel de respeto percibido. El presente estudio, identificó la pertinencia de un plan de mejoramiento de la calidad del clima organizacional que incluía a los tres grupos de participantes encuestados.

En una investigación realizada por Aburto y Bonales (2011), se estableció que las variables (liderazgo, comunicación, motivación, manejo del conflicto y formación de equipos) afectan fuertemente el clima organizacional, ya que existe una vinculación considerable entre estas. Por lo tanto el impacto que tienen las variables mencionadas son: el liderazgo, que afecta el clima organizacional en un 0.932, la comunicación en 0.897, la motivación en 0.828, el manejo del conflicto en 0.661 y la formación de equipos en 0.035. Por lo que el liderazgo es el que tiene mayor influencia.

Por otro lado Juárez (2013), realizó un estudio donde el objetivo fue establecer cómo se manifiesta el clima organizacional en los hoteles A y B de cuatro estrellas de la cabecera departamental de Huehuetenango. Los participantes en la investigación fueron el personal administrativo y operativo, con 65 personas, utilizando la Escala de Clima Organizacional, con 40 preguntas de opción múltiple. En los resultados obtenidos se apreció que existe un clima

aceptable, pero con oportunidad de mejora en la dirección y la retribución, por lo que se propuso implementar una reordenación organizacional, así como una evaluación periódica del clima, e implementar una guía de comunicación integral y un plan de capacitación con el fin de fortalecer los factores negativos o desfavorables.

En otra investigación realizada por Ojeda (2011), sobre una Propuesta para determinar la reacción entre el clima organizacional y el desempeño laboral, en la Universidad Nacional Autónoma de México, se concluyó que el clima organizacional es uno de los mejores indicadores, para poder determinar el funcionamiento de una organización, a nivel individual, grupal u organizacional, además ayuda a determinar los factores que intervienen en la organización, identificando claramente las distintas problemáticas en el funcionamiento global de la empresa pudiendo determinar el nivel de intervención, y las áreas susceptibles de mejora y cambio.

Finalmente Rodríguez (2014), realizó un estudio Diagnóstico del Clima Organizacional en la Dirección General de Recursos Humanos de la Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal. Los resultados Obtenidos posicionan a la SEDESOL en el 14 de 20 dependencias gubernamentales, lo que significa que el clima organizacional y cultura organizacional es favorable pero requiere implementar acciones eficaces para mejorar la imagen interna y externa de la Secretaría.

En relación a lo anterior el presente trabajo, pretende realizar un reforzamiento de distintas variables importantes para el funcionamiento adecuado del corporativo AGM , ya que de acuerdo con Valencia (2005), para que una empresa sea exitosa sin importar el tamaño, giro o sector al que pertenezca, debe trabajar constantemente en la medición y mejora del desempeño de todas las personas que la constituyen, sin importar jerarquía, ubicación y condición, debido a que son estas personas las poseedoras de habilidades, conocimientos, relaciones sociales, actitudes, valores, etc. y son ellas mismas las que deciden cuándo y dónde utilizar sus recursos, lo que conlleva al éxito o al estancamiento de la empresa. por lo cual el Corporativo AGM ha decidido monitorear periódicamente el CO desde el año 2012 ya que consideran que al mejorarse esta variable, también se mejoran las relaciones y los procesos dado que al invertir tiempo, dinero y

esfuerzo al capital humano el corporativo será más sólido, de ahí que el presente trabajo tenga por objetivo la implementación de un programa de capacitación para la mejora del clima organizacional del Corporativo AGM para fortalecer la actitud hacia el cambio, liderazgo, trabajo en equipo, recompensas y propósito.

Fundamentación teórica

El CO se define según Segredo (2013), como el conjunto de percepciones, mediadas por factores internos y externos, de los trabajadores basados en cómo desarrollan las tareas dentro de la organización para dar respuesta a los objetivos planteados por dicha organización. Estos factores dan lugar a determinado clima, derivado de las percepciones de los miembros; valores, actitudes y creencias, el resultado de este clima promueve determinados comportamientos en los trabajadores y estos comportamientos incurren en el funcionamiento de la organización, por consiguiente, en el clima.

Por otro lado, la capacitación, es entendida como un proceso a través del cual se adquieren, actualizan y desarrollan conocimientos, habilidades y actitudes para el mejor desempeño de una función laboral o conjunto de ellas, y que tiene como objetivos fomentar el desarrollo integral de los individuos y en consecuencia el de la empresa, proporcionar conocimientos orientados al mejor desempeño en la ocupación laboral, disminuir los riesgos de trabajo, contribuir al mejoramiento de la productividad, calidad y competitividad de las empresas (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2016).

Los campos de aplicación de la capacitación son muchos, pero en general entran en una de las cuatro áreas siguientes (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2016):

- **Inducción:** Es la información que se brinda a los empleados recién ingresados. Generalmente lo hacen los supervisores del ingresante. El departamento de RRHH establece por escrito las pautas, de modo de que la acción sea uniforme y planificada.
- **Entrenamiento:** Se aplica al personal operativo. En general se da en el mismo puesto de trabajo. La capacitación se hace necesaria cuando hay novedades que afectan tareas o funciones, o cuando se hace necesario elevar el nivel general de conocimientos del

personal operativo. Las instrucciones para cada puesto de trabajo deberían ser puestas por escrito.

- **Formación básica:** Se desarrolla en organizaciones de cierta envergadura; procura personal especialmente preparado, con un conocimiento general de toda la organización. Se toma en general profesionales jóvenes, que reciben instrucción completa sobre la empresa, y luego reciben destino. Son los "oficiales" del futuro.
- **Desarrollo de Jefes:** Suele ser lo más difícil, porque se trata de desarrollar más bien actitudes que conocimientos y habilidades concretas. En todas las demás acciones de capacitación, es necesario el compromiso de la gerencia. Aquí, es primordial el compromiso de la gerencia general, y de los máximos niveles de la organización. El estilo gerencial de una empresa se logra no solo trabajando en común, sino sobre todo con reflexión común sobre los problemas de la gerencia. Deberían difundirse temas como la administración del tiempo, conducción de reuniones, análisis y toma de decisiones, y otros.

Metodología

Participantes

La población está conformada por 71 trabajadores correspondientes a las distintas empresas que conforman el corporativo, de los cuales 31.4% son mujeres y el 68.6% hombres. Donde el 27.1% tienen una antigüedad de menos de un año, de 1 a 3 años el 40%, de 3 a 7 años el 18.6%, de 8 a 15 años el 10% y el 4.3% tienen una antigüedad mayor a 15 años. El 28.6% de la población estudió solamente hasta secundaria, el 28.6% hasta la preparatoria, mientras que el resto concluyó sus estudios superiores (41.5%).

El 34.3% trabaja dentro del área de servicios, 34.3% en área administrativa, mientras que el 1.4% en producción, 1.4% calidad, el 5.7% en sistemas y control, 5.7% ventas o comercial, logística y distribución 15.7%, ingeniería 1.4%.

Instrumento

Para realizar el diagnóstico de necesidades se aplicó la escala ECO IV de Clima Organizacional Toro (2001) tipo Likert de 4 puntos, con extremos de completamente en

desacuerdo (1) y completamente de acuerdo (4). Se trata de un instrumento psicométrico factorial que, a través de 80 reactivos, evalúa diez variables de clima organizacional (Liderazgo, trabajo en equipo, valores colectivos, calidad organizacional, coherencia, sentido de pertenencia, disponibilidad de recursos, estabilidad, reconocimiento y retribuciones). Dicho instrumento es evaluado por medio de rangos, donde la puntuación de 0 a 50 representa serias dificultades organizacionales, de 51 a 74 puntos simboliza dificultades moderadas, mientras que una puntuación de 75 a 100 significa el adecuado funcionamiento de la empresa.

Procedimiento

- 1) Contacto con el corporativo AGM.
- 2) Realización del convenio con el Instituto Tecnológico de Sonora y a través del departamento de psicología.
- 3) Reunión con el jefe de Recursos Humanos para saber las necesidades detectadas en previas evaluaciones.
- 4) En base a reportes anteriormente realizados y a lo reportado por el jefe de Recursos Humanos, se decidió hacer un diagnóstico de clima organizacional por medio de la Escala de Clima Organizacional IV (ECO).
- 5) Diseño de plan de intervención de acuerdo a las necesidad encontradas a partir del instrumentos anteriormente mencionados.
- 6) Implementación del programa de intervención.
- 7) Post evaluación de los empleados a través del ECO IV.
- 8) Elaboración del análisis de los resultados.
- 9) Elaboración del informe técnico del proyecto desarrollado dentro del Corporativo AGM.
- 10) Presentación y entrega del informe técnico a los representantes de psicología del Instituto Tecnológico de Sonora y al jefe de Recursos Humanos del corporativo.

Resultados y discusión

Según el análisis general realizado al corporativo se puede apreciar que este se encuentra en parámetros aceptables respecto a clima organizacional. Obteniendo un adecuado funcionamiento en las variables: liderazgo, comunicación, ambiente laboral, identidad, instalaciones físicas y estructura; mientras que conocimiento de planes, desarrollo,

reconocimiento así como sueldos y prestaciones presentan moderadas dificultades. Como se muestra en la Figura 1.

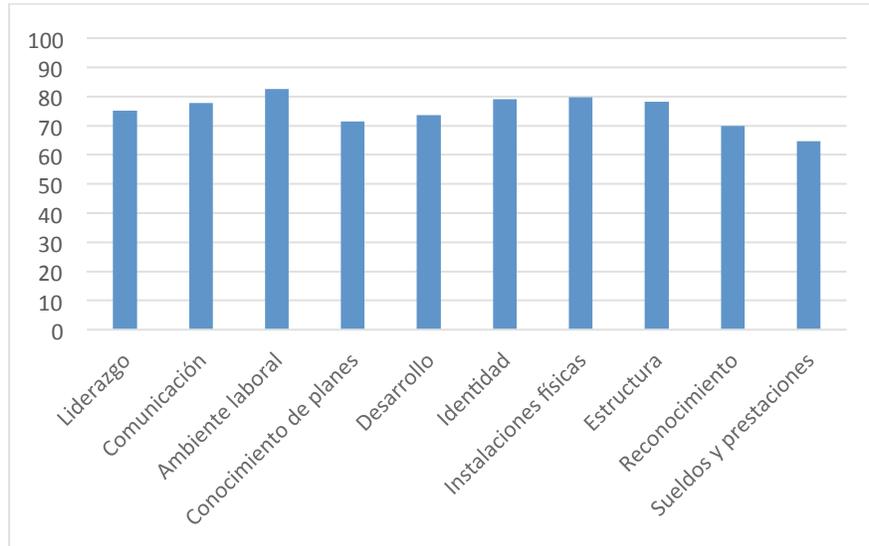


Figura 1. Resultados obtenidos.

De acuerdo con las puntuaciones obtenidas, todas las variables medidas pueden ser sujetas a mejoras, si bien se encuentran en un rango que no representa dificultades serias para la empresa, ninguno alcanza el valor ideal, lo que representa un área de oportunidad para mejorarlas. Como se muestra en la Figura 2.

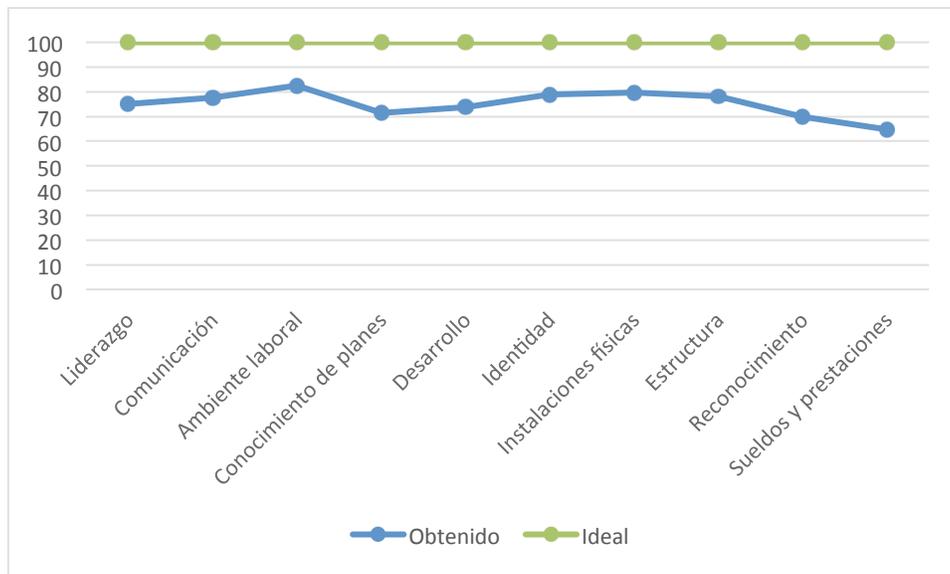


Figura 2. Puntuación obtenida vs ideal.

Considerando los resultados obtenidos por medio de la evaluación diagnóstica a través del ECO IV aplicados en febrero del 2017 y a la solicitud del corporativo por que se trabajen estas áreas, la propuesta de intervención se centró en mejorar las siguientes variables: liderazgo, con la finalidad de influenciar e inspirar a que otros elementos contribuyan a la efectividad y al éxito del corporativo; comunicación que complementa las habilidades de los trabajadores haciendo más rápido las tareas, perfeccionando ideas, además de otros beneficios entre los empleados de las distintas empresas que conforman el corporativo; y por último Identidad.

Posterior al programa de intervención sobre las temáticas solicitadas se puede realizar un comparativo de los resultados obtenidos donde al momento de la primera aplicación del instrumento, los empleados mostraban una puntuación de 75.15 en la variable liderazgo, después obtuvieron 87.06 puntos; en comunicación subieron su puntuación de 77.71 a 89.00, mientras que en identidad alcanzaron 91 puntos tras haber obtenido 79 en la primera evaluación, lo cual deja ver claras mejoras producto de la intervención realizada, lo cual puede observarse en la Figura 3.

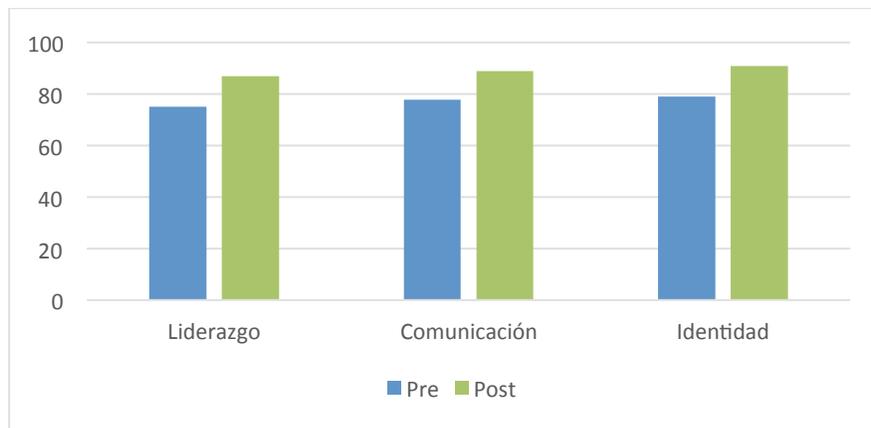


Figura 3. Evaluación previa y posterior de las variables intervenidas.

Conclusiones

Tras el diagnóstico realizado dentro de AGM y a pesar de que las variables medidas obtuvieron valores aceptables, el jefe de recursos humanos solicitó que se trabajara con los elementos descritos con anterioridad.

En una investigación realizada por Ojeda (2011), se menciona la reacción entre el clima y el desempeño laboral, concluyendo que el clima organizacional es uno de los principales indicadores que determinan el ambiente de trabajo, a través del funcionamiento de la organizacional, tanto de manera individual como grupal, por lo que determina la armonía con la que los trabajadores se relacionan, esto avala los resultados obtenidos en el presente trabajo, donde los resultados obtenidos en un inicio por los empleados fueron de 75% para liderazgo, 77.71% para comunicación y 79% para identidad, los cuales se incrementaron considerablemente después de la intervención.

Los resultados obtenidos dentro del presente trabajo concuerdan con lo encontrado por Aburto y Bonales (2011) para quienes las variables de liderazgo, comunicación, afectan fuertemente el clima organizacional lo cual deja ver como el considerar estas variables son necesarias para mantener un ambiente ideal dentro del centro laboral. Así mismo lo encontrado por Juárez (2013), sobre la manifestación del clima organizacional es coherente con los resultados encontrados en este estudio, ya se requiere la implementación de una comunicación integral y un plan de capacitación que fortalezca los factores favorables del ambiente de trabajo

Derivado de la mejoría lograda en las variables trabajadas, se espera en un futuro se fijen y se cumplan metas relacionadas al liderazgo, mediante la delegación de responsabilidades según intereses y capacidades de los subordinados, la participación de todos los miembros, la fomentación de la cooperación entre empleados, así como que los trabajadores sean ayudados por sus jefes cuando lo necesiten, entre otros beneficios. Respecto a comunicación se prevé que la información que fluya dentro del corporativo se dé adecuadamente con claridad y a tiempo, ya sea entre los mismos empleados, así como entre jefes y subordinados. En cuanto a identidad se estima que los empleados reconozcan la misión, visión, valores, objetivos y metas de su empresa y actúen de acuerdo a estos.

Para constatar lo esperado se sugiere continuar con evaluaciones constantes como se ha venido haciendo así como implementación de acciones que aseguren lograr estas conductas esperadas, además implementar capacitaciones periódicas basadas en las variables que se describen a lo largo de este trabajo.

Referencias

- Aburto, H. y Bonales, J. (2011). Habilidades directivas: Determinantes en el clima organizacional. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 51; 41-49.
- Brito, L; Hernández, A M; Cruz, A; (2009). Un acercamiento teórico a la capacitación de directivos y reservas en dirección de salud. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8() 1-10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180414044011>
- Ferro, M., Páez, F., Bermúdez, M., Velosa, J., Gómez, M. (2012) Evaluación del clima organizacional en la Facultad de Odontología de la Pontificia Universidad Javeriana desde una perspectiva integradora y participativa. *Universitas Odontológica*. 31 (66); 83-95.
- Juárez, S. (2012). Clima organizacional y satisfacción laboral. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 307-314. Recuperado el 12 de febrero del 2017, disponible en: <http://www.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=457745495014>
- Juárez, S. (2013). El Clima Organizacional en los Hoteles A y B de 4 estrellas en la cabecera departamental de Huehuetenango. (Tesis). Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Rafael Landívar, Huehuetenango
- Maldonado, M; Bustamante, S; Pérez de Maldonado, I; (2006). Clima organizacional y gerencia: inductores del cambio organizacional. *Investigación y Postgrado*, 21() 231-248. Recuperado el 8 de febrero del 2017 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65821209>
- Ojeda Galindo, R. (Octubre de 2011). Propuesta para determinar la relación entre clima organizacional y el desempeño laboral. México, México.
- Rodríguez, L. (2014). Diagnóstico de clima organizacional en la dirección general de recursos humanos de la secretaría de desarrollo social del gobierno federal. México, México.
- Segredo, A. (2013). Clima organizacional en la gestión del cambio para el desarrollo de la organización. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39() 385-393. Recuperado el 15 de febrero del 2017 de <http://oai.redalyc.org/articulo.oa?id=21430556017>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social S.T.P.S (2016). Implementación del proceso capacitador- Recuperado de: http://segob.guanajuato.gob.mx/sil/docs/capacitacion/La_funcion_de_la_capacitacion.pdf

Siliceo, A. (2006), *Capacitación y desarrollo de personal* 4a Ed. México: Limusa. Recuperado el 1 de mayo del 2017 de <https://books.google.com.mx/books?isbn=9681863860>

Toro, F. (2001), *Clima organizacional y productividad laboral*, Medellín: Temas de administración.

Valencia, M.; (2005). El capital humano, otro activo de su empresa. *Entramado*, 1() 20-33. Recuperado el 8 de febrero del 2017 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265420471004>

Capítulo XVII. Cumplimiento de la capacitación de la pequeña y mediana empresa, desde una perspectiva de género

María del Carmen Vásquez Torres¹, Ricardo Alonso Carrillo Armenta¹,
Víctor Manuel Valenzuela Hernández¹ y Zulema Isabel Corral Coronado²

¹Departamento de Ciencias Administrativas, ²Departamento de Contaduría y Finanzas

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México, maria.vasquez@itson.edu.mx

Resumen

Hablar de Género, debería ser hablar de equidad, igualdad de oportunidades, sin embargo en pleno siglo XXI no es así. La intención del estudio fue identificar si los gerentes de la pequeña y mediana empresa de Cd. Obregón, Sonora dan cumplimiento a todos los elementos de la capacitación, factor determinante en el crecimiento de la organización. El estudio tiene un alcance descriptivo y comparativo con un diseño no experimental, de corte trasversal. El instrumento está diseñado en dos secciones, la primera datos generales de la empresa, antigüedad de la empresa, datos del gerente, sexo; segundo apartado las dimensiones de la capacitación, con un total de 63 preguntas escala Likert. Los resultados más relevantes muestran que las mujeres tienen un índice más alto que los hombres, de los 6 elementos de la capacitación las mujeres lideran 4; sin embargo el 70% de los gerentes son hombres. Se puede concluir que a pesar de que las mujeres presentan índices más altos que los hombres; ambos tienen que mejorar en lo referente a los programas de capacitación en las pequeñas y medianas empresas industriales ya que sus índices están por debajo de la media.

Palabras clave: capacitación, pequeña y mediana empresa, género.

Introducción

El término género lo inicia el psicólogo John Money, quien en 1955 lo empleó por primera vez para aludir al factor educativo en la formación de la identidad sexual; en 1967 otro psicólogo, Robert Stoller, trabajó un poco más la categoría en su conceptualización y la diferenció con el término sexo, de acuerdo a Peña-Martínez (2014).

La Carta de las Naciones Unidas, firmada en 1945, fue el primer acuerdo internacional para afirmar el principio de igualdad entre mujeres y hombres. Desde entonces, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha contribuido a crear un legado histórico de estrategias, normas, programas y objetivos acordados internacionalmente para mejorar la condición de las mujeres en todo el mundo; en 1977 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó al 8 de marzo

como Día Internacional de la Mujer, continuando con la tradición de lucha en pro de la igualdad, la justicia, la paz y el desarrollo (INEGI, 2017).

Los éxitos obtenidos en la educación y en el aumento de la presencia femenina en el sector productivo, son conversiones que se han realizado en las últimas décadas, en donde dependiendo de la sociedad o país con mayor o menor notoriedad. En este sentido Bachelet (2008) menciona los logros obtenidos por las mujeres, en aulas universitarias, defendiendo y conquistando derechos políticos, trabajo remunerado, destacando la labor de los organismos internacionales, especialmente por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), siendo un convenio fundamental el no. 100, que explícitamente menciona la igualdad de remuneración por trabajo de igual valor.

El 30 de diciembre de 2015, se aprueban los lineamientos para incorporar la perspectiva de género en el Sistema Nacional de Información Estadística y Geografía, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 26 del Apartado B de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 3, 17, 30 fracciones III y IV, 32 fracción II, 58, 62, 77 fracción VIII de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (LSNIEG); y 5 fracción VIII del Reglamento Interior del Instituto; así como, lo previsto en la Regla Octava fracciones IV y XII, de las Reglas para la Integración y Operación de los Comités Ejecutivos de los Subsistemas Nacionales de Información. Esto con la finalidad de proporcionar a la sociedad información de calidad, pertinente, veraz y oportuna que contribuya al desarrollo nacional.

Lo anterior expuesto es con la finalidad de ser congruentes con el Plan Nacional de – desarrollo 2013-2018, en el que se especifica “como una estrategia transversal la perspectiva de género que garantice la igualdad sustantiva de oportunidades entre hombres y mujeres” Diario Oficial (2015) pp. 1.

En conferencia realizada en la sede de la Oficina Subregional de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para el Cono Sur de América Latina, en Santiago, de Chile, el 25 de agosto de 2008, la Presidenta de Chile, Michelle Bachelet al encabezar la inauguración del seminario internacional "Igual pago por trabajo de igual valor", afirmó “cuando mejora la

condición de la mujer, cuando sus derechos son reconocidos, cuando el 'peso de la noche' de la discriminación empieza a quedar en el pasado, no ganan sólo las mujeres: es la sociedad en su conjunto la que crece en términos humanos" pp 1.

Pareciera que hablar de género, debería hablarse de igualdad, que la desigualdad, en términos laborales estaría en el pasado, sin embargo las estadísticas indican lo contrario. La igualdad de género es un tema prioritario desde hace más de 40 años. En este sentido, se llevan a cabo acciones para eliminar la desigualdad histórica y acortar las diferencias entre mujeres y hombres, cimentando así las bases para una efectiva igualdad entre todos, (INEGI 2016).

En 2014, las mujeres participaron con el 47.9% del personal ocupado total en los servicios privados no financieros, tales como restaurantes, hoteles, contabilidad y auditoría, escuelas del sector privado, servicios legales y médicos, entre otros. Esto representa casi la mitad del total del personal ocupado en estos sectores.

El 43.8% de las personas ocupadas registradas en la economía nacional, fueron mujeres. Por cada 10 horas de carga total de trabajo remunerado y no remunerado realizadas por las mujeres, los hombres realizan 8.3 horas, de acuerdo a datos de INEGI (2016). En este orden de ideas, de 29 millones de personas en todas las unidades económicas, el 43.8% son mujeres y 56.2% hombres; 22 millones de personas en el sector privado y paraestatal, de las cuales el 41.2% son mujeres y 58.8% hombres, de acuerdo a INEGI (2014), en censo económicos, en este sentido hace referencia que la mujer tiene un 20.6% más horas de trabajo total que los hombres.

Como puede apreciarse en la Figura 1, el personal femenino ocupado por tamaño de empresa en todos es menor, a excepción de la micro empresa en donde se cuenta con un porcentaje más equilibrado al ser 49.4%.

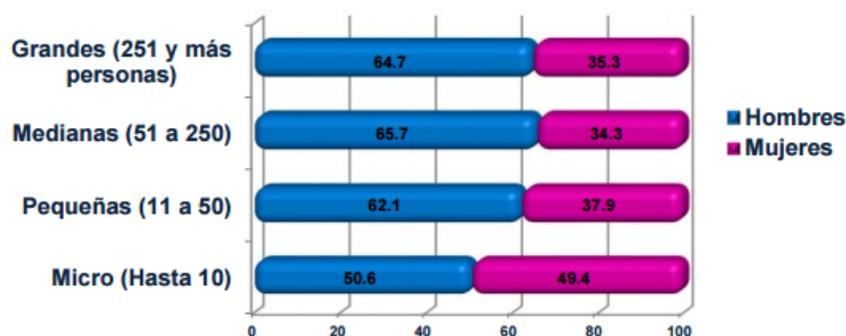


Figura 1. Personal ocupado por tamaño de empresa y sexo, 2013.
Fuente: INEGI. Censos Económicos 2014.

La Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) refiere que en el tercer trimestre de 2016, 20.8 millones de mujeres de 15 y más años formaron parte de la población económicamente activa (PEA) en el país. La tasa de participación económica fue de 43.9%, lo que significa que cerca de la mitad de mujeres en edad de trabajar tiene o está en búsqueda de un empleo, sin embargo pese a que el empleo en las mujeres ha crecido a un mayor ritmo que en los hombres en las últimas dos décadas, la participación femenina continúa siendo menor a la masculina, 78 de cada 100 hombres de 15 y más años pertenece a la población económicamente activa.

De las mujeres ocupadas 23.3% trabajan por cuenta propia, 2.3% son empleadoras y 7.5% no recibe remuneración por su trabajo. Dos de cada tres mujeres ocupadas (66.9%) son subordinadas y remuneradas, de ellas, 37.7% no cuenta con acceso a servicios de salud como prestación laboral, 41.9% labora sin tener un contrato escrito, más de la tercera parte (33.8%) no cuenta con prestaciones laborales, solo una de cada dos trabajadoras subordinadas (55.2%) goza de vacaciones pagadas, 62.6% recibe aguinaldo y 16.9% reparto de utilidades.

Respecto a la duración de la jornada laboral más de la tercera parte (37.1%) de las mujeres de 15 y más años ocupadas, cumple jornadas semanales de entre 40 y 48 horas; 19.2% cumple una jornada de más de 48 horas por semana; 29.1% de 15 a 39 horas y 14.2% menos de 15 horas por semana. Las mujeres ganan un 30.5% menos que los varones en ocupaciones industriales, 16.7% menos como comerciantes y 15.3% menos como profesionales (INEGI, 2017).

En este sentido el Dr. Juan Ramón de la Fuente, ex rector de la UNAM, menciona “No hemos avanzado suficiente”, durante la presentación del estudio Género e igualdad: análisis y propuestas para la agenda pendiente, el cual fue elaborado por la Fundación Angélica Fuentes y que muestra un panorama de los avances, retrocesos y oportunidades en este tema. La afirmación del Dr. de la Fuente viene como contrapeso a lo que normalmente se dice, que falta mucho por hacer pero hemos avanzado. Mirando el estudio, presentado el 18 de marzo por la Fundación, no puede negarse que tanto el académico como la sabiduría popular tienen razón: se ha avanzado en México pero este avance no es el necesario para acabar con la brecha que divide a hombres y mujeres, De la Fuente (2015).

En el evento, Angélica Fuentes habló sobre el trabajo que ha hecho su organización en solo un año de existir como la primera fundación privada encaminada al empoderamiento de las mujeres y niñas en Latinoamérica. También afirmó que se espera que con esta investigación se pueda incidir en el debate nacional y en la implementación de políticas públicas, ya que además de reunir datos y estadísticas sobre la situación de la mujer en nuestro país, el documento también presenta 50 recomendaciones en 5 áreas clave: salud, educación, empoderamiento económico, participación política y acceso a la justicia, Fundación Angélica Fuentes (2015).

Por lo anteriormente mencionado surge el siguiente cuestionamiento ¿existen diferencias entre los gerentes hombres y mujeres de las pequeñas y medianas empresas de Ciudad Obregón respecto a oportunidades y cumplimiento con los elementos de la capacitación? Por consiguiente el objetivo del estudio es realizar una comparación por género de los gerentes de las pequeñas y medianas empresas industriales de Ciudad Obregón, en relación a oportunidades de empleo y al cumplimiento de los elementos que componen la capacitación.

Fundamentación teórica

La Ley Federal del Trabajo (2000) plantea que en México la capacitación, como en otros países se ha implementado conforme a las necesidades, tanto organizacionales como sociales, que van unidas una de la otra.

El adiestramiento y la capacitación, deben considerarse como una herramienta esencial de las políticas de un país. Lo anterior, para asegurar el ingreso al empleo, la estancia en el mismo o

la reconversión hacia otra actividad en caso de su pérdida. También es un presupuesto de empleabilidad, es una herramienta económica que incrementa la competitividad y productividad en las empresas, Sánchez-Castañeda (2007).

Según Calderón (1997) la capacitación es percibida como una respuesta a la escasez de personal calificado, al proceso acelerado de las organizaciones y a la necesidad de contar con factor humano preparado. La capacitación es un método permanente y constante, como indica Rodríguez (2001) en términos generales debe:

- Enseñar al empleado de nuevo ingreso, con el fin de brindarle información necesaria para que tenga conocimiento de los objetivos, normas y políticas de la empresa a la que ingreso, así como sus obligaciones y derechos, a su vez debe dar las indicaciones necesarias para cumplir con el puesto que va ocupar.
- Adaptar al personal a los cambios que se realicen en equipo o maquinaria así como en procedimientos de producción o administrativos.
- Brindar seminarios y cursos cuando el DNC lo determine.
- Preparar a los trabajadores interesados, cuando haya nuevas vacantes.
- Cejas y Acosta (2012) mencionan que la capacitación trae consigo beneficios, como lo pueden ser promover la formación de líderes, agiliza la toma de decisiones y mejora la comunicación, además de incrementar la satisfacción del puesto. Ollivier, Martínez y Santini (2014) mencionan que los responsables de las áreas de recursos humanos de las empresas mexicanas opinan que la capacitación en los empleados permite mejorar su rendimiento, la calidad tanto en el producto como en el servicio y mejorar el clima laboral. Así mismo comentan que las organizaciones que constantemente dan capacitación cuentan con un bajo índice de rotación de personal.

Para Emprende pyme (2016) algunos de los beneficios que obtienen los empleados de la capacitación, entre los cuales se encuentran los siguientes: ayuda a la persona a solucionar problemas y tomar decisiones; favorece la confianza y desarrollo personal, formación de líderes; mejora las habilidades de comunicación y de manejo de conflictos; aumenta el nivel de satisfacción con el puesto; contribuye a lograr las metas individuales; da un sentido de progreso en el trabajo y como persona; disminuye temores de incompetencia o ignorancia; promueve la

promoción hacia puestos de mayor responsabilidad; y hace sentir más útil al trabajador mediante la mejora del desempeño.

Metodología

El presente estudio tiene un alcance descriptivo comparativo con un diseño no experimental, los datos obtenidos en el instrumento no se manipularon y se procesaron tal como se recolectaron. En base al tiempo en el que se realizó la investigación se considera un análisis de corte transversal y considerando los objetivos el análisis es de tipo cuantitativo ya que se aplicó un instrumento para recoger los datos acerca de la percepción sobre las características que componen la capacitación en empresas industriales de Ciudad Obregón, Sonora; el estudio se desarrolló durante los meses de febrero a junio de 2016.

Los participantes sujetos al estudio fueron empresas pequeñas y medianas del sector industrial. Se consideró una muestra no probabilística y a conveniencia de las empresas, las cuales decidieron responder la encuesta y cumplían con las características y especificaciones señaladas, por lo cual se aplicaron un total de 63 encuestas.

Respecto a la operacionalización de las variables se consideraron los componentes de la capacitación como se muestra en la Tabla 1 características que describen la capacitación, aspectos legales, capacitación en sí, presupuesto, instructores de curso, cultura, antigüedad de la empresa.

Tabla 1. Características que describen la Capacitación.

<i>Variables</i>	<i>Descripción</i>	<i>Reactivos</i>
<i>Capacitación</i>	Referido a si la empresa cuenta con programas de capacitación establecidos conforme a su misión, visión y metas	Comprende los reactivos del 1 al 16
<i>Aspectos legales de la capacitación</i>	El empresario tiene el conocimiento de las obligaciones legales con las que debe cumplir según la ley federal del trabajo	Comprende los reactivos del 17 al 23
<i>Presupuesto de capacitación</i>	Se refiere a si la empresa tiene un presupuesto destinado y exclusivo para brindar capacitación.	Comprende los reactivos del 24 al 25
<i>Instructores del curso de capacitación.</i>	Hace referencia a los instructores internos o externos que imparten los cursos de capacitación.	Comprende los reactivos del 26 al 27
<i>Cultura de capacitación</i>	Es la imagen que el empresario crea sobre la importancia de recibir capacitación.	Comprende los reactivos del 28 al 30
<i>Antigüedad en la empresa</i>	Se refiere a la lealtad del empresario hacia la empresa como factor para la implementación de cursos de capacitación.	Comprende los reactivos del 31 al 34

Fuente: adaptado de Pinto (2000).

Materiales

El instrumento se diseñó y validó por expertos del área, cuenta con un Alfa de Cronbach de 0.958. El cuestionario se dividió en dos secciones, la primera contenía aspectos generales del negocio y la segunda sección, lo relacionado con la capacitación, los reactivos diseñados para medir las 6 variables con un total de 34 preguntas. La escala utilizada fue tipo Likert con 5 opciones de respuesta que va de 1) nunca, 2) casi nunca, 3) algunas veces, 4) casi siempre y 5) siempre.

Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra las medias de los índices de cada uno de los componentes de la capacitación, en una comparación de género, pueden observarse resultados para hombres y mujeres líderes de empresas. Lo primero que se puede detonar en la tabla es que en términos generales, el índice de capacitación tiene una mayor representatividad para las mujeres que para los hombres.

Aun y cuando el porcentaje de participación de las mujeres como líderes de empresas es apenas del 30%, frente a un 70% que representan los hombres, las mujeres tienen mayores índices de capacitación en 4 de los 6 elementos que componen la capacitación.

Tabla 2. Comparaciones por género.

	Sexo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Índice_Capacitación	Hombre	44	2.3423	1.06113	0.15997
	Mujer	19	2.7105	1.15022	0.26388
Índice_aspectos_legales	Hombre	44	2.2013	1.44421	0.21772
	Mujer	19	1.9098	1.27439	0.29236
Índice_presupuesto_capacitación	Hombre	44	2.7159	1.82489	0.27511
	Mujer	19	3.1842	1.78894	0.41041
Índice_Instructores_curso	Hombre	44	1.7727	1.42834	0.21533
	Mujer	19	2.0000	1.49071	0.34199
Índice_Cultura_Capacitación	Hombre	44	2.8030	1.71679	0.25882
	Mujer	19	3.0175	1.56139	0.35821
Índice_Antigüedad_Empresa_Cap	Hombre	44	1.5966	0.74945	0.11298
	Mujer	19	1.5789	0.79518	0.18243
Índice_Gral_Capacitación	Hombre	44	2.2386	1.11745	0.16846
	Mujer	19	2.4002	1.10679	0.25391

Fuente: elaboración propia.

Haciendo un análisis de las diferencias entre hombres y mujeres en relación a los elementos que componen la capacitación, la Tabla 3 muestra los resultados en los cuales las mujeres presentan índices mayores a los hombres; asimismo, la tabla 4 muestra los resultados para aquellos elementos donde los hombres son líderes, o en otras palabras los elementos que los hombres valoran más que las mujeres; siendo estos aspectos legales, antigüedad de la empresa.

Tabla 3. Valoración mujeres.

Elementos del desempeño individual	Nivel de importancia	valor
Índice_Presupuesto_Capacitación	1	3.18
Índice_Cultura_Capacitación	2	2.83
Índice_Capacitación	3	2.71
Índice_Instructores_Curso.	4	2.00
Índice_General_Capacitación		2.40

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Valoración hombres.

Elementos del desempeño individual	Nivel de importancia	valor
Índice_Aspectos_Legales	1	2.20
Índice_Antigüedad_Empresa_Capacitación	2	1.59
Índice_General_Capacitación		2.23

Fuente: elaboración propia.

En orden de importancia para el caso de las mujeres, lo más significativo fue la toma de decisiones para la capacitación, es el presupuesto que se destina a este rubro, seguido de la cultura de capacitación que se tiene, es decir las mujeres presentan una mayor cultura de capacitación en comparación con los hombres, en tercer orden de importancia de encuentra el hecho de que las empresas tengan incluidos en su misión y visión programas formales de capacitación, y en cuarto puesto, u orden de importancia las mujeres toman en cuenta a los instructores de los cursos de capacitación.

Para el caso de los hombres lo fundamental a la hora de tomar la decisión de capacitación o no capacitación están los aspectos legales que conlleva la capacitación, y en segundo puesto la antigüedad que tiene la empresa.

Es importante denotar que en promedio, aun y cuando las mujeres presentan un índice general de capacitación mayor a los hombres, ambos presentan valores por debajo de la media, es decir tanto hombres como mujeres presentan índices de capacitación bajos.

Conclusiones

Existen diferencias en los índices generales de capacitación entre hombres (2.23) y mujeres (2.40); en términos generales las mujeres presentan un índice de capacitación mayor a los hombres, aun así, tanto hombres como mujeres presentan un índice por debajo de la media, lo cual indica que el nivel de capacitación en las empresas de las cuales son líderes son relativamente bajos.

De los seis elementos que componen la capacitación empresarial, las mujeres lideran 4, mientras que la percepción de los hombres coloca solo 2 de los 6 elementos como más importantes en relación a las mujeres.

Para el caso de las mujeres lo más importante en la decisión de implementar programas de capacitación en su empresa es el presupuesto que se tiene destinado para ello, seguido de la formalización de programas de capacitación en la misión y visión de la empresa.

Para el caso de los hombres lo más importante en la disyuntiva de que la empresa reciba capacitación o no se basa principalmente en las obligaciones que la ley federal del trabajo marca en cuestión de capacitación.

De manera general es importante denotar que las empresas encuestadas, todas de giro industrial presentan índices generales y por componente de la capacitación por debajo de la media, las diferencias en la percepción de la capacitación entre hombres y mujeres es marcada; según los resultados las mujeres presentan mayor disposición a planes y programa de capacitación, mientras que los hombres presentan una marcada tendencia a recibir capacitación solo si es estrictamente necesario u obligatorio por el sistema legal.

Con la investigación se abre la posibilidad a estudios futuros más amplios y robustos en relación a las diferencias en la percepción que presentan las mujeres líderes de empresas en comparación a los hombres.

Referencias

- Bachelet, M (2008). Presidenta Bachelet valora labor de la OIT en apoyo y promoción de la equidad de género. Seminario Igual pago por trabajo de igual valor, Oficina Subregional de la OIT para el Cono Sur de América Latina, Santiago, de Chile; 25 de agosto de 2008. Recuperado el 28 de marzo de 2017, de: http://www.ilo.org/santiago/sala-de-prensa/WCMS_SCL_157_ES/lang--es/index.htm
- Calderón (1997). Manual para la Administración del Proceso de Capacitación Personal, Editorial Limusa, México.
- Cejas, M. y Acosta, J. (2012). La capacitación laboral: Alcances y perspectivas en tiempos complejos. Anuario, Vol. 35. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/derecho/revista/idc35/art06.pdf>
- De la Fuente, J. R. (2015). Género e igualdad: análisis y propuestas para la agenda pendiente, Fundación Angélica Fuentes. Recuperado el 28 de abril de 2017, de: <http://www.expoknews.com/10-importantes-datos-sobre-equidad-de-genero-en-mexico/>
- Diario Oficial. (2015). Acuerdo por el que se aprueban los Lineamientos para Incorporar la Perspectiva de Género en el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Ji9nCr5AhZwJ:dof.gob.mx/nota_to_doc.php%3Fcodnota%3D5421750+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx
- Emprende Pyme (2016). Beneficios de la capacitación para las empresas, Recursos Humanos. Recuperado el 23 de marzo de 2017, de: <http://www.emprendepyme.net/beneficios-de-la-capacitacion-para-las-empresas.html>
- Fundación Angélica Fuentes. (2015). Género e igualdad. Análisis y propuestas para la agenda pendiente. Recuperado el 24 de abril de 2017, de https://issuu.com/funadacion_af/docs/libro_faf_1.29_singles
- INEGI (2014). Censos Económicos 2014. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx>

- INEGI (2016). Estadísticas a propósito del ... día internacional de la mujer (8 de marzo). Datos Económicos nacionales. Recuperado el 10 de abril de 2017, de http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2016/mujer2016_0.pdf
- INEGI. (2017). Estadísticas a propósito del día internacional de la mujer. Datos nacionales. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/mujer2017_Nal.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (2016). Salud y bienestar: por qué es importante. 06 de marzo de 2017 Aguascalientes, Ags. Página 16/16. Recuperado el 9 de mayo de 2017. http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wpcontent/uploads/sites/3/2016/10/3_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- Peña-Martínez, Y. (2014). La perspectiva de género y las relaciones sociales entre las mujeres y los hombres. (Spanish). Santiago, (135), 638-649.
- Pinto, V. R. (2000). Planeación estratégica de capacitación empresarial. México: Mc. Graw Hill.
- Rodríguez, V. J. (2001). Administración de pequeñas y medianas empresas, México: Ecafsa.
- Ollivier, J. Martínez, P. y Santini, V. (2014). Importancia de la capacitación laboral en el proceso de Innovación y sus resultados en las empresas. Recuperado el día 11 de julio de 2016 de: <http://ride.org.mx/1-11/index.php/RIDSESECUNDARIO/article/view/768/750>

Capítulo XVIII. Confiabilidad y validez de un instrumento para medir la ansiedad al hablar en público

Nadia Lourdes Chan Barocio, Ricardo Sandoval Domínguez y Karina Imay Jacobo

Unidad Navojoa

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. ricardo.sandoval@itson.edu.mx

Resumen

El propósito de esta investigación es construir, confiabilizar y validar un instrumento de medición para evaluar el nivel de ansiedad al hablar en público, lo cual es descrita según el modelo cognitivo de Aarón Beck como multifacética, que conlleva elementos diversos del dominio fisiológico, cognitivo, conductual y afectivo del funcionamiento humano. En primer lugar se realizó un estudio piloto con 190 sujetos, de los cuales 110 (57.9%) fueron mujeres y 80 (42.1%) fueron hombres, mostrando buena consistencia interna ($\alpha = .750$) y permitiendo efectuar los primeros ajustes y modificaciones a la escala. Se realizó un análisis factorial exploratorio con rotación varimax, lo que mostró una relación significativa entre los ítems con una consistencia interna adecuada ($\alpha = .797$) conformado por 37 ítems con una escala tipo Likert que van de 5 siempre a 1 nunca, reteniendo 4 factores que miden temor, incapacidad de afrontamiento, inseguridad y nerviosismo, que explican el 57.503 % de la varianza. Finalmente se comprobó la validez de constructo mediante un análisis factorial confirmatorio y validez de expertos por medio de 3 especialistas en el tema que procedieron a la revisión del instrumento final. Estos datos permiten concluir que el instrumento parece ser un instrumento válido y confiable para su aplicación.

Introducción

En la actualidad los jóvenes pasan por ciertos miedos durante su trayectoria escolar y uno de ellos es la ansiedad que se origina por el miedo a desempeñarse en público, ya que en ello intervienen ciertos factores que provocan la manifestación de síntomas erráticos de conducta, que causan un desempeño deficiente y deja con una insatisfacción significativa, y un sentimiento de inseguridad ante los demás.

Maldonado y Reich (2013) realizaron, un estudio en donde se exploró la relación del afrontamiento con el miedo a hablar en público en estudiantes universitarios a nivel de grado en Uruguay. La muestra estaba compuesta por 34 alumnos de segundo año y 42 alumnos de 4to. Se compuso mayoritariamente por mujeres de entre 21 a 25 años sin actividad laboral. Las estrategias de afrontamiento empleadas por los estudiantes fueron evaluadas utilizando el

Inventario Brief COPE, para el estudio sociodemográfico se utilizó una encuesta elaborada Ad Hoc, además el cuestionario de ansiedad social para adultos. Los resultados de este trabajo fueron que las mujeres de entre 21 y 25 años, cursando 2do año y sin actividad laboral evidenciaron ser la población de mayor vulnerabilidad.

Hernández, Nuño, Ramos, Herero y Fernández (2005) realizaron, un estudio para conocer el desarrollo de la competencia para hablar en público en el aula a través de la reducción de la ansiedad. La muestra estaba compuesta por 430 alumnos de la universidad de Zaragoza que cursan estudios de Magisterio en sus distintas especialidades de entre 18 y 20 años y un 23% supera los 23 años de edad, siendo en su mayoría del sexo femenino. Se utilizó la escala de Ansiedad General, una escala de motivación de logro también la escala de autoeficacia general y deseabilidad social además de un cuestionario de confianza para hablar en público (Badós, 1991). En los resultados se observó que las mujeres experimentan más ansiedad ante esta situación, igual que los estudiantes menores de 23 años. La regresión muestra que la autoeficacia específica, la autoeficacia general, el sexo, la motivación de logro y la deseabilidad social llegan a explicar hasta el 64,8% de la varianza del miedo a hablar en público.

González (2013) realizó, un estudio donde se determinó el efecto de un programa psicoeducativo basado en la Programación Neurolingüística sobre el miedo escénico de los estudiantes universitarios. La población estuvo constituida por 32 estudiantes de la carrera de Psicología de la Comunicación. Para la recolección de datos se utilizó el instrumento de Zavala (2008) además, se diseñó un programa de 5 sesiones de 4 horas cada una: con el fin de identificar la PNL como herramienta para el cambio, para analizar las formas de manifestación del miedo escénico y sus consecuencias para aplicar las herramientas de PNL como herramienta para el cambio para disminuir el miedo escénico. En los resultados se observó que después de la aplicación de las estrategias de Programación Neurolingüística, disminuyó el miedo escénico en los estudiantes universitarios.

Clark y Beck (2010) menciona que la ansiedad a hablar en público es un miedo bastante extendido entre la población en general. Ha sido estudiada por una gran cantidad de personas a lo

largo de los años, aportando un conjunto de información que hasta hoy día nos es útil en diversos contextos educativos y prácticos; aun cuando hay muchos estudios relacionados al tema de la ansiedad y el proceso de hablar en público, pocos de ellos se enfocan realmente en la glosofobia, término utilizado para referirse al miedo al hablar en público, por lo anterior el presente estudio toma vital relevancia, ya que el tópico implícito es la glosofobia, tomando como principal elemento presente a la ansiedad. Los síntomas que se suelen experimentar en las situaciones que requieren hablar en público incluyen temblor, sudoración de las manos, aumento de la frecuencia cardíaca, dificultad al respirar, tensión muscular, ruborización, pérdida de concentración molestias gastrointestinales, voz inestable, y/o vértigo. Estas situaciones suelen ir acompañadas de diversos miedos, como a ser evaluado negativamente por los demás, a no ser escuchados, a no tener nada interesante que decir, y/o a la vergüenza que se pueda pasar frente a un posible fracaso.

Según las teorías más aceptadas actualmente sobre la ansiedad a hablar en público, en su aparición intervienen varios factores. Este tipo de experiencias produce por su propia naturaleza cierta activación que el organismo necesita para afrontarla. Puede que la primera vez que una persona se enfrente a un público esta ansiedad le supere, algo completamente normal ya que como en cualquier otra destreza, es necesaria la práctica para alcanzar un nivel de actuación óptimo. Virgen, Lara, Morales y Villaseñor (2005) señalan que es posible que más adelante la persona tenga presente esta reacción en posteriores actuaciones y eso le haga re experimentar los síntomas sin dar lugar a que pueda controlarlos. Por lo tanto, es cuando la ansiedad le impide desarrollar las habilidades que de otra manera adquiriría con la práctica cuando se puede empezar a hablar de ansiedad patológica.

Por otro lado, Baeza (2010) menciona que puede que la persona no haya tenido una experiencia previa de hablar en público, pero puede haber observado esa ansiedad en alguna situación de su vida diaria, como en la exposición en clase de algún compañero. Es posible que esa persona reviva los síntomas como suyos al recordar ese momento cuando deba afrontar una situación similar en el futuro.

Por otra parte Jiménez, Valencia y Sánchez (2013) señalan que cierto grado de ansiedad es normal a la hora de hablar en público, e incluso puede ayudar a la persona a estar preparada para afrontar la situación, este tipo de ansiedad es el tipo normal que nos sirve como medio de adaptación. Aun así, para mucha gente la ansiedad experimentada es tan intensa que puede incluso llegar a bloquear la capacidad de actuación. Además, es muy frecuente que la persona generalice esta ansiedad a otros ámbitos de la vida, y acabe adoptando unas pautas de actuación con su entorno que impliquen la evitación y el escape de situaciones que produzcan ansiedad. En el caso de los estudiantes, con frecuencia este patrón se manifiesta en un aislamiento social y académico persistente.

Aquí es cuando entra en juego la ansiedad patológica, pues la ansiedad supera las capacidades adaptativas de la persona, lo que desencadena un conjunto de respuestas desadaptativas, que si se siguen repitiendo acabaran gradualmente con la competencia de las personas al momento de hablar en público.

Halgin y Whitbourne (2004) menciona que la ansiedad es básicamente un mecanismo defensivo. Es un sistema de alerta ante situaciones consideradas amenazantes. Es un mecanismo universal, se da en todas las personas, es normal, adaptativo, mejorar el rendimiento y la capacidad de anticipación y respuesta. Morales, González, y Molina (2014) señalan que la función de la ansiedad es movilizar al organismo, mantenerlo alerta y dispuesto para intervenir frente a los riesgos y amenazas, de forma que no se produzcan o se minimicen sus consecuencias. La ansiedad, pues, nos empuja a tomar las medidas convenientes (huir, atacar, neutralizar, afrontar, adaptarse, etc.) según el caso y la naturaleza del riesgo o del peligro. El peligro viene dado por la obstaculización de cualquier proyecto o deseo importante para nosotros, o bien por la degradación de estatus o logros ya conseguidos. El ser humano desea lo que no tiene, y quiere conservar lo que tiene. La ansiedad pues, como mecanismo adaptativo, es buena, funcional, normal y no representa ningún problema de salud.

Bobes (2001) menciona que expresarse de manera correcta trae consigo ventajas a las personas, ya sea en el ámbito académico, profesional, entre otros. Pero a muchas personas les

causa miedo o algún grado de ansiedad interactuar en público. Esto se debe a que se sienten con pocas habilidades, temor a equivocarse y a la burla, esto les impide hacerlo de forma correcta. Zubeidat, Fernández, Sierra y Salinas (2008) señala que muchas veces las personas se ven presionadas a interactuar frente a un público, estos tienden a evitarlo o su actuación resulta deficiente. La ansiedad que les ocasiona puede generar algún problema en las relaciones interpersonales o hasta una fobia social. El beneficio de este estudio es conocer el grado de ansiedad que las personas llegan a presentar al momento de interactuar o estar al frente de un público.

Inglés, Méndez, Hidalgo y Orgilés (2003) señalan que las personas llegan auto-limitarse en sus aspiraciones académicas, profesionales, sociales, entre otros, estas limitaciones les causa algún grado de ansiedad, que puede durar minutos, horas, días o hasta semanas antes o después de llevar a cabo la situación.

Hay muchas investigaciones al respecto, que hablan sobre la ansiedad, fobia social y estrategias o técnicas para hablar en público en jóvenes universitarios, y sin embargo, pocas son las que están realmente enfocadas al miedo a hablar en público, por lo que el estudio puede beneficiar a la población en este aspecto y dará pie a crear un instrumento más específico, claro y completo.

El beneficio de este estudio es conocer el grado de ansiedad que las personas llegan a presentar al momento de interactuar o estar al frente de un público. Como también permite conocer los factores que influyen o afectan en la actitud que toma la persona al momento de interactuar frente a un público, ya estos sean internos (cognoscitivos) y externos (socio-ambientales). Puesto a que, también permitirá conocer o identificar de forma más detallada los factores o mecanismos que trae consigo las correlaciones que hay entre ellas. Este estudio puede ser de gran beneficio para los jóvenes, para así conozcan todos estos aspectos relacionados con el MHP e identifiquen cual es el nivel de ansiedad que llegan a presentar en estas situaciones. Esto ayudara para que según los resultados puedan buscar una solución a este problema.

A largo plazo aportaremos en base a los resultados obtenidos del presente estudio, un instrumento que permita medir la variable de ansiedad, en sus diversas dimensiones, con el mínimo riesgo de sesgo y con el fin de identificar de manera clara el grado de ansiedad para así, crear una intervención acorde al nivel extraído del instrumento. Así mismo, proporcionara información para mejorar o crear técnicas más específicas que permitan controlar, sobrellevar, manejar o bajar los niveles de ansiedad en situaciones con respecto a interactuar o estar al frente de un público en los jóvenes universitarios.

El objetivo de este trabajo fue construir, validar y confiabilidad un instrumento para medir los factores de ansiedad que afectan a los jóvenes universitarios al hablar en público.

Metodología

Participantes

La muestra realizada fue de 190 participantes, de los cuales 110 (57.9%) fueron mujeres y 80 (42.1%) fueron hombres, pertenecientes a un instituto universitario del sur de Sonora, de entre 18 y 30 años de edad. La muestra que se llevó a cabo fue probabilística, ya que todos los sujetos tenían la misma posibilidad de ser seleccionados.

Instrumentos

Se elaboró un instrumento que mide la ansiedad al hablar en público. En su versión original estuvo conformado por 100 ítems distribuidos en 4 dimensiones: fisiológica, cognitiva, afectiva y conductual. El tipo de respuestas empleadas es de escala Likert con un valor de 5 a 1 donde (5 siempre, 4 casi siempre, 3 a veces, 2 casi nunca, 1 nunca).

En su versión final el instrumento quedo conformado por 37 ítems con una escala tipo Likert que van de 5 siempre a 1 nunca, que miden 4 dimensiones: temor, incapacidad de afrontamiento, inseguridad y nerviosismo.

Procedimiento

- 1) Se realizó una revisión en la literatura sobre la variable de estudio.

- 2) Se procedió con la realización de tabla de especificaciones.
- 3) Se sometió a validez de expertos, los cuales tienen un amplio conocimiento en el tema de la ansiedad, todos psicólogos.
- 4) Se aplicó a una muestra de 190 participantes universitarios, pidiendo autorización por parte de los instructores para aplicar de manera grupal, y algunos otros de manera individual en distintas áreas del campus universitario.
- 5) Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 21.0 Windows para realizar el análisis pertinente.
- 6) Se realizó un análisis de fiabilidad, para determinar el nivel de confiabilidad que tenía el instrumento.
- 7) Se procedió con el análisis exploratorio para detectar los reactivos con mayor peso factorial, eliminando los de menor peso.

Resultados y discusión

En este capítulo se presenta el análisis de fiabilidad para determinar el nivel de confiabilidad y el análisis factorial para determinar la validez de constructo del instrumento que mide la ansiedad al hablar en público.

Confiabilidad

La confiabilidad se analizó mediante el Alfa de Cronbach con 37 ítems que miden 4 dimensiones. Se obtuvo una confiabilidad de .797 con dicho análisis. En este análisis se hizo la eliminación de algunos reactivos para un aumento significativo en el valor del Alfa de Cronbach, sin embargo se considera que el instrumento cuenta con una confiabilidad media-alta.

Tabla 1. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.797	37

Validez

La validez de contenido se realizó por medio del juicio de tres expertos, los cuales coincidieron validando el instrumento de medición, sin embargo mencionaron algunas observaciones, mismas que fueron atendidas y se realizaron las modificaciones sugeridas.

Se llevó a cabo el análisis factorial del instrumento con 37 ítems de acuerdo a los resultados de confiabilidad. Los reactivos se agruparon en 4 componentes, se desarrolló la rotación Varimax de ítems y se suprimieron los valores absolutos menores que .40; lo que dió como resultado una media de adecuación muestral KMO de .855 y una varianza total acumulada de 57.503%.

En el componente de temor se incluyen 12 ítems en los cuales se evalúa la sintomatología afectiva y física producida por un evento aparentemente amenazante y del que figuran tener relación entre sí. Presenta un Alfa de Cronbach de .918 por lo que corresponde a una alta confiabilidad ya que en gran medida mide lo que pretende medir.

En el componente de incapacidad de afrontamiento cuenta con 9 ítems que muestran la incapacidad de controlar los propios pensamientos e impulsos conductuales, debido a un sentimiento de inferioridad e incompetencia. Con un Alfa de Cronbach de .870 mostrando una confiabilidad aceptable al medir exactamente la dimensión.

El siguiente componente cuenta con 10 elementos que miden el nivel de nerviosismo y la capacidad de autocontrol, por lo que se cuenta con un alfa de Cronbach de .868 siendo este un resultado bastante favorable, ya que nos indica que mide específicamente el grado de nerviosismo que siente una persona al estar frente al público.

El último componente cuenta con 6 ítems que miden la inseguridad mediante manifestaciones cognitivas y sensoriales contando con un alfa de Cronbach de .856 indicando así un alto nivel de precisión en lo que se desea medir.

Tabla 2. Pesos factoriales de los reactivos.

	Componente			
	1	2	3	4
Me entra pánico con facilidad.	.858			
Siento que mi cuerpo se pone tenso al hablar con otras personas.	.791			
Siento que soy incapaz de controlar mis nervios.	.788			
Después de terminar mi presentación pienso que otros lo hicieron mejor que yo.	.752			
Siento que se me va a salir el corazón.	.730			
Me da miedo ser el centro de atención.	.728			
Pienso que solo esperan a que cometa un error.	.723			
Me frustró cuando pienso que lo pude haber hecho mejor	.718			
Siento oleadas de calor de forma repentina.	.670			
Me abruma mis emociones.	.659			
Se me dificulta caminar cuando estoy frente a la audiencia.	.616			
Cuando soy el siguiente para estar frente a los auditores prefiero irme del lugar.	.581			
Cuando he terminado pienso que lo he hecho fatal.	.959			
Cuando tengo que hablar en público me da miedo no poder controlar mis nervios	.953			
Pienso que los espectadores me evaluarán negativamente.	.753			
Me resisto a pasar a hablar en público.	.751			
Si veo que personas se susurran, imagino que están hablando mal de mí.	.750			
Pienso que ocurrirá una tragedia.	.748			
Cuando estoy frente al público me agito exageradamente.	.747			
Cuando llega mi turno de hablar me cuesta afrontarlo.	.632			
Cuando me señalan para pasar a hablar al frente de la clase hago como si no viera que me hablan y volteo hacia otro lugar.	.455			
Cuando paso a hablar en público siento que no me puedo mover	.957			
Tengo bastante fluidez verbal.	.952			
Cuando estoy frente al grupo suelo leer la información que voy a explicar.	.749			
Me trabo al hablar o tartamudeo cuando estoy entre muchas personas.	.741			
Cuando estoy frente a personas me siento inquieto y no me puedo controlar.	.640			
Me resulta difícil ejecutar movimientos cuando estoy frente a la audiencia.	.634			
Cuando estoy realizando una exposición oral, mantengo una postura rígida.	.631			
Al hablar en público siento que muevo mucho las piernas.	.628			
Cuando estoy hablando en público hago movimientos torpes.	.626			
Me quedo callad@ por que se me olvida lo que voy a decir.	.546			
No sé cómo expresarme.			.969	
Mientras estoy frente a los espectadores la información y mis pensamientos me confunden.			.968	
Puedo superar las adversidades con facilidad.			.966	
Pienso que es mejor cuando el tema a exponer es corto.			.774	
Siento escalofríos.			.661	
Tenso la quijada			.589	

A partir de la revisión teórica de ansiedad, se construyó, válido y confiabilizó un instrumento para medir los factores de ansiedad que afectan a los jóvenes universitarios al hablar en público el cual presenta buenas características psicométricas, posee validez y confiabilidad que lo avalan para ser empleado en posteriores investigaciones y obtener información confiable.

El principal beneficio de este instrumento es la detección del nivel de ansiedad que los alumnos puedan manifestar, ya que se de esa forma se podrían implementar talleres para controlar los niveles de ansiedad, lo cual sería una notable aportación psicológica, puesto que la ansiedad conllevan a conductas que pudiesen afectar en su rendimiento académico.

Por otra parte Argibay (2006) menciona que en la actualidad muchos de los estudiantes se enfrentan a este tipo de problema durante su trayectoria escolar debido a que se ven en la necesidad de exponer su trabajo en público, ante sus profesores y compañeros. Se trata de una situación relativamente nueva para ellos en la que se ven expuestos a un gran número de miradas y oídos y por la que generalmente reciben una calificación. Olivares y García (2002) menciona que es esperable, por tanto, que aparezca un cierto nivel de miedo en cualquier alumno que se exponga a esta situación. En algunos casos dicho nivel resulta excesivo para la persona, perjudicando notablemente su capacidad para hablar en público.

Conclusiones

Según los resultados obtenidos, se puede concluir que en cuanto a la construcción del instrumento, éste se estructuró de una manera satisfactoria, midiendo realmente lo que debe medir, ya que su validez arrojó un puntaje alto, lo que lo convierte en un instrumento lo suficientemente preciso y confiable, pues la revisión tanto por parte de los expertos como los resultados al someterse a modificaciones, fue favorable. La varianza arrojó un resultado de 57.503 estando este dentro del rango aceptable para medir y explicar una variable, la cual en este caso es la ansiedad.

Referencias

- Argibay, J. (2006). Técnicas psicométricas. Cuestiones de validez y confiabilidad. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, (8). Pp. 15-33
- Baeza, C. (2010) *¿Qué es la ansiedad y que la produce?* Clínica de la ansiedad, Barcelona.
- Badós, A. (5 de Diciembre de 2005). Obtenido de [http://diposit.ub.edu/dspace/](http://diposit.ub.edu/dspace/:http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/353/1/120.pdf)
:http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/353/1/120.pdf

- Bobes, J., Gonzáles, P. y Bousoño, M. (2001). Trastornos de ansiedad y trastornos depresivos en atención primaria. Masson S.A.
- Clark, D., y Beck, A. (2010). *Terapia cognitiva para trastornos de ansiedad*. New York: Desclée de brouwer, S.A.
- González, C. (2013). Efectos de la PNL sobre el miedo escénico de estudiantes universitarios. *Redalyc*, 29, 90-106. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/310/31030401006.pdf>
- Halgin, R. y Whitbourne, S. (2004). Cap 5. Trastornos de la ansiedad. Psicología de la anormalidad. (pp. 182-183). México, Distrito Federal: McGraw-Hill. Recuperado de: <http://www.uovirtual.com.mx/moodle/lecturas/tecnicascomu/31/31.pdf>
- Hernández, S., Nuño, J., Ramos, T., Herero, M. Y Fernández, T. (2005). El desarrollo de la competencia para hablar en público en el aula a través de la reducción de la ansiedad ante esta situación. *Redalyc*, 8, 1-6. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/2170/217017146005.pdf>
- Inglés, C., Méndez, X., Hidalgo, M., Rosa, A. y Orgilés, M. (2003). Cuestionarios, inventarios y escalas de ansiedad social para adolescentes: una revisión crítica. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 8, 1-21. Recuperado de: <http://revistas.uned.es/index.php/RPPC/article/viewFile/3939/3794>
- Jiménez, L., Valencia, A. y Sánchez, R. (2013). Escala de Ansiedad Social para Adolescentes: confiabilidad y validez en una muestra mexicana. *Redalyc*, 21, 72-84. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1339/133930525008.pdf>
- Maldonado, I. y Reich, M. (2013). Estrategias de afrontamiento y miedo a hablar en público en estudiantes universitarios a nivel de grado. *Ciencias Psicológicas*, 7, 165-182. Recuperado de: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/cp/v7n2/v7n2a06.pdf>
- Morales, D., González, R. y Molina, O. (2014). Taller de manejo de ansiedad para hablar en público, Integración del enfoque cognitivo-conductual y la terapia breve centrada en soluciones. *Revista de psicología*, 2. Recuperado de: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/psicologia/article/view/23390/19221>
- Olivares, J. y García, L. (2002). Resultados a largo plazo de un tratamiento en grupo para el miedo a hablar en público. *Psicothema*, 14, 405-409. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72714234>

- Pérez, J. y Rodríguez J. (2009). Miedo a hablar en público. *AMF*, 5(11) pp. 639-643.
- Reich, M. y Maldonado, I. (2013). Estrategias de afrontamiento y miedo a hablar en público en estudiantes universitarios a nivel de grado. *Ciencia Psicológicas* Vol. 7(2) pp. 165-182.
- Virgen, R., Lara, A., Morales, G., y Villaseñor, S. (2005). Los trastornos de ansiedad. *Revista Digital Universitaria*, 6(11), 2-7.
- Zavala Y., Rivas L., Andrade R. y Reidl R., (2008). Validación del instrumento de estilos de enfrentamiento de Lazarus y Folkman en adultos de la Ciudad de México. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, Julio-Diciembre, 159-182.
- Zubeidat, I., Fernández , A., y Sierra, J. C. (1 de Junio de 2006). Ansiedad y Fobia Social: Revisión de los Autoinformes más Utilizados en Población Adulta e Infanto juvenil. *Terapia psicologica*, 24, 71-86.
- Zubeidat, I., Fernández, A., Sierra, J. y Salinas, J. (2008). Evaluación de factores asociados a la ansiedad social y a otras psicopatologías en adolescentes. *Redalyc*, 31, 189-196.
Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/582/58231304.pdf>

Resumen. Análisis de la potencia específica de nado de un nadador sonoreense que posee el récord absoluto mexicano en 100 metros libres

Carlos Artemio Favela Ramírez, Pedro Magdaleno Castillo, Hebert David Quintero Portillo y Humberto Garcia Reyes
 Departamento Sociocultural
 Instituto Tecnológico de Sonora
 Ciudad Obregón, Sonora, México. humberto.garcia@itson.edu.mx

Introducción. Los motivos del presente trabajo surgen de la necesidad de analizar la potencia específica durante el nado de crol en un atleta sonoreense que posee actualmente el record absoluto mexicano en la prueba de 100 metros libres mediante el test progresivo de cargas de nado resistido y obtener los registros que permitan compararlos con nadadores de la localidad y de otros países. Un estudio reciente muestra una fuerte correlación entre la potencia de nado medida en el dispositivo Power Rack y la velocidad máxima de nado (Arija et al., 2005). Por otra parte se encontraron investigaciones que considerando lo anterior, se inclinan por diseñar los programas de entrenamiento resistido usando como referencia lo que los autores denominan pico de potencia específica de nado (PPEN) (González-Ravé, 2009) y que corresponde al trabajo en el que el nadador realiza la máxima potencia en nado resistido, (Wright, Bramer y Stager, 2009) y que Arellano, (2010) denomina potencia específica de nado (PEN) generada con cargas externas. Con este estudio fue posible determinar ante qué carga el nadador alcanza el PPEN y en posteriores investigaciones con otros nadadores de diferente nivel realizar comparaciones y observar diferencias. **Metodología.** El sujeto del estudio es un nadador de 23 años del sexo masculino que cuenta con una experiencia en el deporte de más de 15 años y que ha participado en juegos centroamericanos, panamericanos y campeonatos mundiales de natación. Para la medición de la PEN se realizó un test progresivo de cargas de nado resistido utilizando el dispositivo Power Rack. El protocolo de prueba utilizado siguió el procedimiento descrito previamente por Patnott, Post y Northius (2003). El nadador usó un cinturón conectado a cargas de pesos externos por medio de un cable no elástico, comenzando el test en posición decúbito ventral, sin ninguna fuerza aplicada a la pared debían nadar 8 m con esfuerzo máximo comenzando con la carga (30 lbs) y en cada intento se incrementaba la carga (10 lbs), entre cada repetición descansó de manera pasiva aprox. 5 minutos entre cada intento en tanto fuera capaz de elevar por completo la carga. La PEN se obtuvo a partir de la siguiente fórmula propuesta por Maglisco (2009). $Potencia = \frac{Peso\ levantado\ (kg) \times Altura\ (m)}{tiempo(s)}$. El tipo de investigación es transversal, de tipo cuantitativo y de alcance descriptivo. **Resultados y discusión.** A

continuación se muestran los resultados de la evaluación.

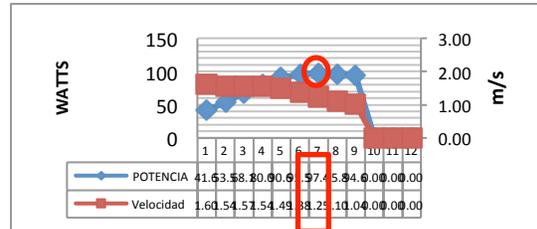


Figura 1. Potencia generada durante cada intento.

La carga con la que presentó mayor potencia (97.43 Watts) fue de 90 LBS o 40.86 KG. Estos valores son superiores a los encontrados en nadadores de nivel regional de España en un estudio de Arroyo Toledo en 2014 (49.57 Watts). La potencia relativa para el peso del nadador se encuentra por encima de 1 lo que indica una excelente eficiencia y gran generación de potencia en su técnica de nado. **Conclusiones.** Se recomienda realizar un test de batido de piernas submarino para determinar sus valores y trabajar para mejorar ese aspecto. Por otro lado es importante cuantificar y periodizar el entrenamiento de fuerza y potencia específica de nado dentro de un programa de entrenamiento. Esta investigación servirá para futuros estudios relacionados con nadadores mexicanos.

Referencias

Arellano, R. (2010). Entrenamiento Técnico en natación. Madrid: Culturalibros.
 Arija, A., Muñoz, V. Júdez, J., Juárez, D., Ureña, G., González-Ravé, J., Llop, F y Navarro, F. (2005) "Relationship of swimming power to sprint performance in swimming strokes" 10º ECSS Congress. Belgrado, Serbia. p 126-127.
 Arroyo-Toledo, J., Clemente, V., González-Ravé, J., Ramos, D., y Sortwell, A. (2014) Comparación entre Periodización Tradicional y Periodización Inversa: Rendimiento en Natación y Valores Especificos de Fuerza. PubliCE Premium.
 González-Ravé, J.M. (2009) El proyecto EVANAT. IX Congreso Deporte y Escuela (Actas). Diputación de Cuenca, Cuenca. 281-293.
 Maglisco, E. W. (2009). *Natación, técnica, entrenamiento y competición*. Badalona: Paidotribo.
 Patnott, J. R. Post, K. & Northius, M. E. (2003). Muscular power changes in collegiate swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 35(5), Supplement abstract 1454.
 Wright, B.V. Bramer, C. L. & Stager, J. M. (2009). Five week assessment of in water output in competitive swimmers. ACSM 56th. Annual Meeting, Seattle, Washington. Presentation number 1828.

“Líneas de investigación de cuerpos académicos” se terminó de editar en diciembre de 2017 en la Coordinación de Desarrollo Académico del ITSON en Ciudad Obregón Sonora, México.

El tiraje fue de 300 ejemplares impresos más sobrantes para reposición y puesto en línea en la página: www.itson.mx/publicaciones

CONTRAPORTADA



ITSON

Educar para
Trascender