



ITSON
Educar para
Trascender



La Universidad Hace Ciencia

Compiladores: Juan Francisco Hernández Chávez – José Antonio Beristáin
Jiménez – Marisela González Román – Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

COMPILADORES

Juan Francisco Hernández Chávez

José Antonio Beristáin Jiménez

Marisela González Román

Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

La Universidad Hace Ciencia



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

2014, 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 2014
Hecho en México

ISBN: **978-607-609-084-8** (Edición impresa)
ISBN: **978-607-609-085-5** (Internet)

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):

Campoy J., Pizarro A., Bernal M. y Soto A. (2014). *Diseño de un controlador con etapa de potencia y tren motriz para un colector solar parabólico*. En Hernández J., Beristáin J., González M. y Pizá R. (Comp.). *La Universidad hace Ciencia* (pp. 10-21). México: ITSON

DIRECTORIO ITSON

Dr. Isidro Roberto Cruz Medina

Rector del Instituto Tecnológico de Sonora

Mtro. Misael Marchena Morales

Secretaría de la Rectoría

Dr. Jesús Héctor Hernández López

Vicerrectoría Académica

Mtro. Jaime René Pablos Tavares

Vicerrectoría Administrativa

Dra. Imelda Lorena Vázquez Jiménez

Dirección Académica de Ciencias Económico-Administrativas

Dr. Joaquín Cortez González

Dirección Académica de Ingeniería y Tecnología

Dr. Jaime Garatuza Payán

Dirección Académica de Recursos Naturales

Dra. Guadalupe de la Paz Ross Argüelles

Dirección Académica de Ciencias Sociales y Humanidades

Mtro. Daniel Antonio Rendón Chaidez

Dirección Unidad Navojoa

Dr. Mario Alberto Vázquez García

Dirección Unidad Guaymas

COLABORADORES

Edición literaria

Dr. Adolfo Soto Cota

Dra. Edna Rosalba Meza Escalante

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

Mtra. Marisela González Román

Lic. Beatriz Eugenia Orduño Acosta

Tecnología y diseño

Marco Braulio Garibaldi Villareal

Alejandro Ayala Rodríguez

Gestión editorial

Oficina de publicación de obras literarias y científicas

Mtra. Marisela González Román

Comité técnico científico

Dr. Jesús Héctor Hernández López

Mtra. Reyna Isabel Pizá Gutiérrez

Mtra. Marisela González Román

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

COLABORADORES

Comité científico de arbitraje

Dr. Adolfo Soto Cota

Dra. Claudia Álvarez Bernal

Dr. Carlos Jesús Hinojosa Rodríguez

Dra. Elizabeth Del Hierro Parra

Dra. Elsa Lorena Padilla Monge

Dra. Edna Rosalba Meza Escalante

Dra. Grace Marlene Rojas Borboa

Dra. Isolina González Castro

Mtro. Javier Portugal Vásquez

Dr. Joel Angulo Armenta

Dr. José Antonio Beristáin Jiménez

Mtro. José Dolores Beltrán Ramírez

Dr. Juan Francisco Hernández Chávez

Mtro. José Fernando Lozoya Villegas

Mtra. Laura Elisa Gassós Ortega

Mtra. María Del Carmen Vásquez Torres

Mtra. Marisela González Román

Mtra. Nora Edith González Navarro

Mtra. Olga Lidia Tavares Sánchez

Dra. Sonia Beatriz Echeverría Castro

PRÓLOGO

En la actualidad, estamos viviendo grandes cambios tecnológicos y avances importantes en el conocimiento científico. En este escenario, las universidades juegan un papel clave ya que una de sus funciones sustantivas es el desarrollo de la ciencia y la tecnología y la extensión de sus resultados hacia la sociedad.

En el ITSON los profesores-investigadores tienen la habilitación para realizar investigación científica de calidad y para el desarrollo de esta actividad se agrupan en cuerpos académicos y grupos disciplinares con objetivos y metas orientados a la generación y aplicación de nuevo conocimiento. Asimismo, debido al alto grado de especialización que se logra alcanzar al trabajar en conjunto es posible contribuir a una buena formación de los estudiantes.

Congruente con su filosofía, el instituto tecnológico de sonora contribuye a la divulgación y transferencia de conocimiento a través de esta obra que compila algunos de los resultados derivados de los proyectos de investigación de los cuerpos académicos y grupos disciplinares de la institución.

Esperamos que esta obra sea de utilidad a la comunidad universitaria y a los interesados en conocer del impacto de las investigaciones desarrolladas por nuestros profesores-investigadores al interior y exterior de nuestra institución.

Dr. Jesús Héctor Hernández López

Vicerrector Académico

Instituto Tecnológico de Sonora

Junio, 2014

ÍNDICE

Ingeniería y Tecnología

- Capítulo I. Diseño de un controlador con etapa de potencia y tren motriz para un colector solar parabólico.** José Manuel Campoy Salguero, Andrés Othón Pizarro Lerma, Miguel Ángel Bernal Reza y Adolfo Soto Cota. **10**
- Capítulo II. Comparación práctica de captación de energía solar entre un sistema fotovoltaico con seguimiento y uno fijo.** José Antonio Beristáin Jiménez, Javier Pérez Ramírez y José Antonio López Castro. **22**
- Capítulo III. Modelo analítico de regresión lineal para el diseño de columnas de concreto reforzado sometidas a flexo-compresión uniaxial.** Dagoberto López López, José Dolores Beltrán Ramírez, Arturo Cervantes Beltrán, José Luis Arévalo Razo y Jesús Alberto Cervantes Lugo. **34**
- Capítulo IV. Estudio comparativo de costos en muros usando diferentes tipos de ladrillos de barro rojo recocido.** Humberto Aceves Gutiérrez, Oscar López Chávez, Jorge Luis Galicia Ramos, José Luis Arévalo Razo y Arcenio Zazueta Moreno. **47**
- Capítulo V. Verificación del grado de confort térmico de los espacios de una vivienda de interés social orientada al Este, en un fraccionamiento Residencial en Ciudad Obregón, Sonora.** Humberto Aceves Gutiérrez, Oscar López Chávez, Jorge Luis Galicia Ramos, José Luis Arévalo Razo y Jorge Alberto Morando Rivera. **58**
- Capítulo VI. Determinación del grado de CO₂ de una vivienda de interés Social.** Humberto Aceves Gutiérrez, José Manuel Campoy Salguero, Oscar López Chávez, José Luis Arévalo Razo, Ángel Moreno Vega y Laura Elena Soto Palafox. **69**

Ciencias Naturales

- Capítulo VII. Presencia de microcontaminantes en aguas residuales agropecuarias y sus posibles tratamientos de eliminación.** Denisse Serrano Palacios, Edna Rosalba Meza Escalante, Ruth Gabriela Ulloa Mercado, María Fernanda Navarro Aguirre y Karina Guadalupe Coronado Apodaca. **77**

- Capítulo VIII. Cultivo semicontinuo de la microalga marina *Tetraselmis Suecica* a escala laboratorio.** Ruth Gabriela Ulloa Mercado, Jesús Alfredo López García, Pablo Gortáres Moroyoqui, Ana María Rentería Mexía, Denisse Serrano Palacios y Edna Rosalba Meza Escalante. **91**
- Capítulo IX. Evaluación de un sistema acuapónico en NFT para la producción de hortalizas de interés comercial y tilapia (*Oreochromis spp.*): experiencias del cuerpo académico de Biotecnología Agrícola y Biosistemas Acuáticos.** Maritza Arellano Gil, Ramón Casillas Hernández, Catalina Mungarro Ibarra, Ofelda Peñuelas Rubio y Marco Antonio Gutiérrez Coronado. **102**
- Capítulo X. Microorganismos halófilos productores de enzimas hidrolasas extracelulares.** Raúl Balam Martínez Pérez, María Isabel Estrada Alvarado, Luis Alberto Cira Chávez, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Laura Elisa Gassós Ortega y Saúl Ruiz Cruz. **112**
- Capítulo XI. Optimización y estandarización de un método basado en dispersión de matriz en fase sólida para el análisis de plaguicidas organoclorados en leche materna.** José de Jesús Balderas Cortés, María Mercedes Meza Montenegro, Reyna Leticia Ayala Mora, Iram Mondaca Fernández y Roberto Rodríguez Ramírez **122**
- Capítulo XII. Determinación de *E. coli* Verotoxigénica O157:H7 en muestras alimentarias utilizando PCR.** Alma Cecilia Castelo Murrieta, Juan Francisco Hernández Chávez, Javier Rolando Reyna Granados, Javier Arturo Munguía Xóchihua y Lourdes Mariana Díaz Tenorio. **134**
- Ciencias Económico-Administrativas*
- Capítulo XIII. La estructura de ingresos y egresos públicos de los estados del Noroeste de México: una aproximación al estudio de las finanzas públicas.** Rodolfo Valenzuela Reynaga, María Trinidad Álvarez Medina, Yara Landazuri Aguilera, María Dolores Moreno Millanes y Blanca Rosa Ochoa Jaime. **145**
- Capítulo XIV. Aceptabilidad del mercado potencial de Cd. Obregón sobre el turismo rural en el Valle del Yaqui.** Dina Ivonne Valdez Pineda, Beatriz Ochoa Silva, Nora Edith González Navarro, Blanca Rosa Ochoa Jaime y Sergio Aharon Moreno Velarde. **157**

Ciencias Sociales y Humanidades

- Capítulo XV. Validación de instrumento para medir la percepción de la calidad de vida laboral en una institución de educación superior.* Claudia Álvarez Bernal, Domingo Villavicencio Aguilar, Juana María Luisa García Muela, José Vicente Pacheco Félix y José Luis Quintero Hernández. **169**
- Capítulo XVI. Clima organizacional y satisfacción laboral en empleadas de Trabajo Social del IMSS- HRGNo.1.* Claudia García Hernández, Eneida Ochoa Ávila, Santa Magdalena Mercado Ibarra, María Teresa Fernández Nistal y Nydia Karina Agüero Romero. **181**
- Capítulo XVII. Índice de masa corporal y nivel de actividad física en escolares Cajemenses.* Iván de Jesús Toledo Domínguez, Arturo Osorio Gutiérrez, Araceli Serna Gutiérrez, Pedro Julián Flores Moreno y Fernando Lozoya Villegas. **191**

Área temática: Ingeniería y Tecnología

Capítulo I. Diseño de un controlador con etapa de potencia y tren motriz para un colector solar parabólico

José Manuel Campoy Salguero, Andrés Othón Pizarro Lerma, Miguel Ángel Bernal Reza y Adolfo Soto Cota
Dirección de Ingeniería y Tecnología
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México adolfo.soto@itson.edu.mx

Resumen

En México existen magníficas oportunidades para aprovechar la radiación solar en la generación de energía eléctrica. Los mejores métodos de obtención son celdas fotovoltaicas y concentradores solares. La ubicación relativa del sol cambia durante el día y es diferente de un día a otro. Para garantizar la máxima incidencia solar se necesita algún tipo de seguimiento. En este trabajo se propone un control programado de seguimiento para un concentrador solar, que tome en cuenta posibles cambios de ubicación geográfica. Se generó un algoritmo que muestre la ubicación solar relativa, a toda hora todo el año, sin importar la ubicación geográfica y sin necesidad de utilizar algún tipo de sensor. Se diseñó el tren motriz y etapa de potencia adecuada tal que no se requiera medición o ajuste de ubicación. Como trabajo a futuro se tiene la integración de las etapas de programación, de potencia, tren motriz y las pruebas de funcionamiento. Debido a los altos índices de radiación en Sonora, se considera existen magníficas oportunidades para el desarrollo de proyectos solares. Además, el desarrollo y la aplicación de tecnología propia representan la oportunidad de generar empleo y empresas en el área.

Introducción

Gran parte de la generación de energía eléctrica es a base de hidrocarburos. Estos combustibles son no renovables, resultan ser una fuente energética muy costosa y su proceso de conversión de energía es nocivo para el medio ambiente. Lo anterior aunado al incremento de demanda energética, son las principales razones que motivan a países, empresas y particulares a utilizar fuentes de energía renovables en relevo de las fuentes no renovables.

La fuente de energía renovable más utilizada es la provocada por la energía potencial del agua acumuladas en ríos, presas y otras caídas de agua. Se considera renovable ya que el agua regresa por acción de la lluvia. Esta fuente de energía es poco costosa y casi totalmente amigable con el medio ambiente. Desgraciadamente salvo casos aislados (Venezuela, Brasil), no es posible que los potenciales hidráulicos puedan sustituir totalmente la generación eléctrica por hidrocarburos.

Otra fuente de energía renovable de gran potencial es la radiación directa del sol que incide en nuestro planeta. Alemania y España llevan la delantera relativa en el aprovechamiento de la energía solar para generación eléctrica. Aunque por capacidad instalada destacan Estados Unidos, China, India y Japón. En el resto del mundo también se cuenta con la tecnología y han surgido diferentes proyectos (Clean Technica, 2012; Solar insure, 2012 y Economictimes, 2013).

México utiliza fuentes renovables de energía principalmente hidroenergía, la geotermia, el viento y gases de desechos orgánicos. Las fuentes renovables son cerca del 20% de la generación total. (Electricity Information, 2010). Sonora se perfila como el estado en mejores condiciones para la generación eléctrica a partir de energía solar, alcanzando una irradiación diaria promedio de 7 a 8 kWh/m² (UNAM, 2010), muy por arriba de los 3.3 kWh/m² de Alemania, país líder en generación eléctrica por radiación solar (Consejo Nacional de Energía, 2012). Además de esto, las escasas lluvias y los pocos días nublados al año que se presentan en el estado, aumentan las posibilidades de aprovechar dicho recurso.

El sol es una fuente prácticamente inagotable de energía limpia, disponible para todos y relativamente fácil de aprovechar. En Muchas regiones es tanta la radiación que es posible obtener energía eléctrica a partir de ella. Actualmente existen dos tecnologías principales para generar electricidad por medio de radiación solar directa: la generación fotovoltaica y generación termosolar. La primera utiliza una serie de paneles fabricados a base de materiales semiconductores que toman la luz proveniente del sol y la convierten en flujo de electrones. La segunda tecnología consiste en la concentración de la radiación solar sobre un punto para el calentamiento de fluidos que accionen un generador eléctrico. La generación fotovoltaica no necesariamente requiere un direccionamiento complejo, mientras que en la generación termosolar en la gran mayoría de los casos es indispensable.

Los principales métodos para seguir la posición solar de forma automatizada, son el censado y el seguimiento por programación. El primer método tiene la ventaja de ser un sistema realimentado y no requiere conocimiento previo de la región geográfica donde se encuentre. El método por programación en cambio, tiene entre sus principales ventajas el hecho de no ser afectado por agentes externos como las nubes u otros objetos que puedan distorsionar la información acerca de la posición del sol.

En este trabajo se propone el diseño de un sistema de control para un colector solar parabólico que concentra la radiación solar y que puede ser utilizado en la generación de

electricidad. El algoritmo de control se decide que sea por ubicación programada aunque la estructura del sistema motriz y de control es adecuada para utilizar algún algoritmo de recolección del error por sensado. Como la trayectoria aparente que recorre el Sol en un día, cambia con la ubicación geográfica y el día del año, se obliga a que el sistema de control de ubicación solar se vuelva extremadamente complejo si se toman en cuenta la posibilidad de reubicación geográfica del colector. Para llevar a cabo satisfactoriamente las etapas de ubicación geográfica solar y la etapa de ajuste de ubicación temporal, la incorporación de un microcontrolador de alta gama es absolutamente necesaria. Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: Unidad de procesamiento (CPU), Memoria y Unidades de entrada y salida (Microchip Technology Inc., 2007).

Debido a que el microcontrolador encargado de enviar las señales con la información de la posición solar con respecto al colector, no entrega en sus señales de salida la potencia necesaria para accionar los motores que generen el movimiento de la estructura, es indispensable añadir una etapa de potencia que realice la adecuación requerida para dicha acción. Por lo anterior se formula la hipótesis de que es posible garantizar un posicionamiento solar satisfactorio de un colector solar a pesar de las condiciones climáticas externas, sobre todo es condiciones de nublado prolongado donde no se tiene certeza de la posición relativa del sol.

El objetivo principal de este trabajo es el diseño de un sistema de posicionamiento para un colector solar parabólico con etapa de potencia y tren motriz, utilizando posiciones programadas, para garantizar siempre la máxima incidencia solar sobre el colector. Debido a que se trata de un sistema sin realimentación, es necesario reducir el margen de error a una escala que no ocasione pérdidas significativas de radiación solar al momento de posicionar el colector.

Fundamentación teórica

Energía Solar

La energía solar es la que se obtiene a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol, y que es convertida a energía útil por el ser humano, aprovechándose en forma de luz o calor. Cada año el sol arroja 4 mil veces más energía que la que consumimos, por lo que su potencial es prácticamente ilimitado.

La intensidad de energía disponible en un punto determinado de la Tierra depende del día, del año, de la hora y de la latitud en la que se encuentre. Además, la cantidad de energía que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor utilizado. Actualmente es una de las energías renovables más desarrolladas y usadas en el mundo entero. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar directamente en electricidad —Fotovoltaica— o calor —Termosolar—. El calor, a su vez, puede ser utilizado directamente como calor o para producir vapor y generar electricidad (Striatum Energy, 2011).

Radiación Electromagnética Solar

El sol es considerado una esfera de 13.9×10^5 Km de diámetro. La superficie de este astro es aproximadamente equivalente a un cuerpo negro con una temperatura de 6000 K y emite 4.46×10^{23} kWh de energía radiante. La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro (Cameron, 2013). La radiación solar medida fuera de la atmósfera en un plano perpendicular a la radiación incidente y a distancia media al sol se le denomina constante solar (I_0) y es igual a 1353 W=m^2 . Como la órbita de la tierra es elíptica, la radiación que incide fuera de la atmósfera varía en el año; siendo su valor máximo “ I_0 ”. Esta relación se puede escribir como:

$$I(n) = I_0 \left[1 + 0.034 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right], \text{ donde } n \text{ es día.}$$

Geometría terrestre

La Tierra está dividida en paralelos de latitud como se puede observar en la Figura 1. En el hemisferio norte se considerará la latitud positiva y varía entre 0^\pm y 90^\pm , en el hemisferio sur se considera negativa y varía entre 0^\pm y -90^\pm . El paralelo de 0^\pm se le llama ecuador terrestre. El símbolo que se utilizará para la latitud sería Φ .

La Tierra también se divide en meridianos de longitud tal como se observar en la Figura 1. Se usa como meridiano 0° el que pasa por Greenwich, Inglaterra. Hacia el este y el oeste los meridianos aumentan de 0° a 180° .

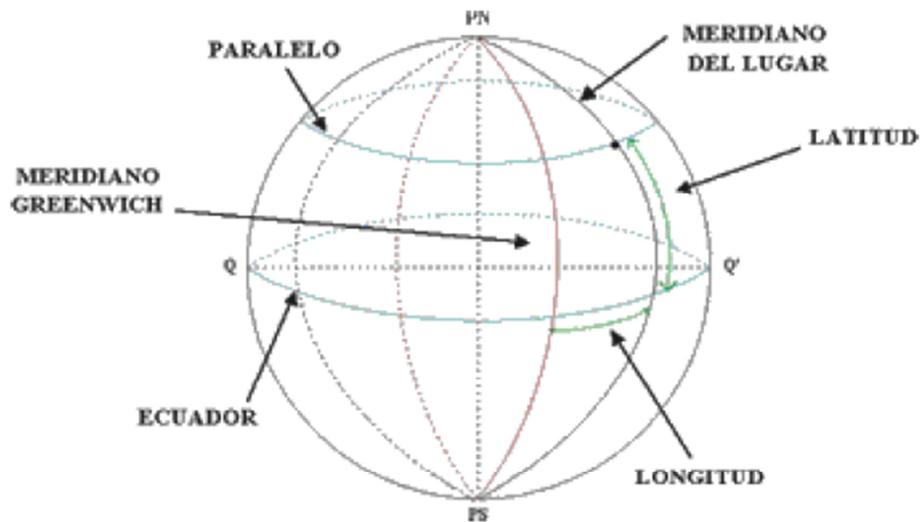


Figura 1. Paralelos y meridianos.

Definiciones generales

Zenit: Es la línea perpendicular al plano horizontal en el punto del observador.

Radiación Directa: Es la radiación solar recibida directamente desde el sol, sin sufrir dispersión en la atmósfera o reflexión en objetos cercanos. Tiene unidades de $W=m^2$.

Radiación Difusa: Es la radiación solar recibida desde el sol después que su dirección ha sido cambiada por dispersión en la atmósfera o por reflexión en objetos cercanos. Tiene unidades de $W=m^2$.

Radiación Total: Corresponde a la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

Captadores de alta temperatura

Concentrador solar: el fluido se calienta a alta temperatura mediante espejos parabólicos.

Pueden ser:

- Sistemas lineales (disposición cilíndrica): el fluido se calienta al recorrer la línea situada en el foco de la parábola
- Sistemas puntuales (disposición esférica): con forma de plato, utilizado para concentrar más los rayos y obtener así temperaturas más altas cuando la infraestructura es de dimensiones limitadas.

Espejos planos o lentes Fresnel lineales: (Pye John, 2011), tienen una idéntica función que los concentradores solares lineales.

- Espejos en una central térmica solar: estos reflejan la radiación solar y la concentran en un único punto situado en una torre, en donde se genera vapor de agua para producir electricidad.
- Espejos en un horno solar: este es variante donde se utilizan espejos planos y posteriormente espejos parabólicos para obtener muy altas temperaturas.

Colectores solares desarrollados

En los últimos 30 años ha habido variados intentos por utilizar de manera eficiente los colectores parabólicos para generar energía eléctrica.

Advaco Corporation produjo un disco parabólico de 11 metros de diámetro, el cual ocupaba un motor Stirling en su foco para generar electricidad. El conjunto disco-motor tuvo el record histórico en eficiencia de conversión de energía solar en eléctrica, el cual fue de 31%. Sin embargo, el proyecto fue cerrado debido a los altos costos del colector y de mantenimiento. Otra conocida planta solar existía en Shenandoah, Georgia. Esta planta contaba con 114 colectores parabólicos, los cuales totalizaban un área de colección de 4352 m².

Fue diseñada para generar 450 kW y su eficiencia final fue de 17%. Debido a sus altos costos de instalación y mantenimiento, el proyecto fue concluido en 1990. Sandia National Laboratories en EEUU y Almería en España son dos centros de investigación donde se pueden encontrar aplicaciones experimentales del conjunto disco parabólico-Motor Stirling, sin embargo, no se le ha dado un uso comercial aún (Kalogirou, 2004).

En el campo de los colectores cilindro-parabólicos, la empresa MAN Solar Millennium GmbH es la empresa líder a nivel mundial en la instalación de centrales termoeléctricas con este tipo de colectores. Las potencias nominales de estas centrales oscilan entre los 20 y 250 (MW).

Metodología

El presente proyecto consiste en llevar a cabo el control de un colector solar que cuenta con dos grados de libertad, cada uno accionado por un motor de 12 Vcd. El control se realizará por medio de un microcontrolador que recibe como dato de entrada la señal de un reloj de tiempo real y entregará dos señales que indiquen la dirección y el tiempo de giro de ambos motores. Se

utilizará el enfoque básico de diseño de Ingeniería: Análisis, Diseño, Construcción, Pruebas y Realimentación. El procedimiento es el siguiente:

- a) Primero se realizará una investigación de tipo cualitativa donde se definieron los posibles requerimientos para el correcto funcionamiento del colector.
- b) Después, se siguió una metodología clásica de diseño, donde a partir de la recolección de datos y un estudio exploratorio, se crean modelos prototipos de simulación para cada una de las etapas del sistema de control del colector.
- c) Posteriormente, se seleccionó el conjunto de prototipos que en simulación mostraran los mejores desempeños.
- d) En una segunda fase, con la interpretación de los datos surgieron las primeras preliminares del diseño y se elaboraron los prototipos.
- e) Se realizaron las pruebas de verificación correspondientes.

Resultados y discusión

Esquema general

El colector solar en su etapa final debe de ser un sistema autónomo y con características de confiabilidad y robustez aceptables. El sistema de control debe de ser capaz de seguir el movimiento relativo del sol, todo el día todo el año en cualquier posición geoestacionaria que se tenga. Es importante aclarar que no se obtendrán mediciones físicas de la orientación del colector hacia la máxima incidencia solar. Lo anterior nos previene de tener resultados erróneos ante un nublado prolongado o ante la disminución natural de la incidencia solar por ejemplo a medida que se acerca el otoño. En su lugar se tendrán una programación y una base datos que posicionará al colector sin la necesidad del sensado. El controlador entregará dos señales que indiquen la dirección y el tiempo de giro de ambos motores. Como dichas salidas no presentan los niveles de voltaje y corriente necesarios para controlar los motores, se requiere de una etapa de potencia que adecue las señales de tal manera que pueda ser interpretada por los motores. Para ello es necesario contar con dos fuentes de voltaje que suministren la potencia requerida para cada una de las etapas, esto se soluciona tomando una fuente de 12 Vcd para el tren motriz, para la etapa de control se utiliza la misma fuente pero con la adaptación de un reductor de voltaje a 5 V cd. Ambos voltajes se utilizan en la etapa de potencia.

La adecuación de los motores a la estructura debe ser lo suficientemente robusta para evitar movimientos no deseados, causados por la inercia que presentan los motores al retirarles la alimentación o por factores externos como vientos fuertes. Diagrama general, ver Figura 2.

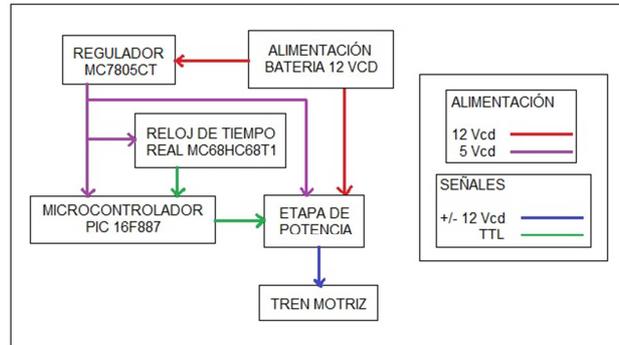


Figura 2. Diagrama general del controlador del seguidor solar.

Alimentación

El sistema de alimentación consiste en una batería de 12 Vcd, Este es el mayor nivel de voltaje requerido por el sistema, la etapa de potencia necesita de dos niveles de voltaje distintos: 12 Vcd para la alimentación de los motores y 5 Vcd para la alimentación de los circuitos de lógica digital que se encargan de proteger el integrado de fallas provocadas por posibles errores en las entradas a la etapa de potencia.

Debido a que el microcontrolador, el reloj de tiempo real y una parte de la etapa de potencia deben ser alimentados con un voltaje de 5 Vcd, se utilizará la misma fuente pero con la adaptación de un circuito regulador de voltaje, en este caso un circuito integrado MC7805CT con encapsulado TO-220 que puede reducir la señal de entrada de 12 Vcd a 5 Vdc y brindar hasta 1 A. (Ver Fairchild Corporation, 2001). Este mismo voltaje se utilizará como voltaje de referencia para el circuito integrado que formara parte de la etapa de potencia.

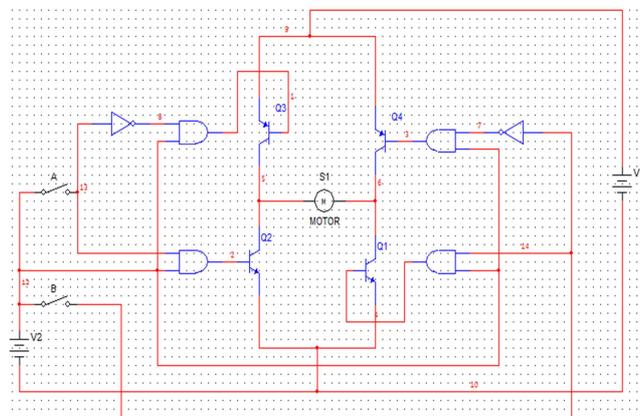


Figura 3. Diagrama de puente H con protecciones para corto circuito.

Tabla 1. Tabla de verdad de puente h del circuito integrado L298N

A	B	MOTOR
0	0	Circuito abierto
0	1	Avance
1	0	Retroceso
1	1	Circuito abierto

Nota: El habilitador correspondiente al motor a controlar, debe estar en Alto.

Etapa de potencia

En esta etapa se utiliza el circuito integrado L298N con encapsulado Multiwatt15, (STM Microelectronic, 2000). Este dispositivo cuenta con dos puentes H, por lo tanto un mismo integrado puede controlar dos motores con una alimentación no mayor a 50 Vcd y es capaz de soportar corrientes de hasta 3A por motor, sus entradas son compatibles con señales tipo TTL las cuales se adaptan fácilmente a las salidas que entrega el microcontrolador.

El puente H es un circuito que permite controlar motores de corriente directa mediante la utilización de interruptores (generalmente transistores) que se encuentran conectados como se muestra en la Figura 3. Los interruptores se cierran y abren en pares, por ejemplo: Q1 y Q3 se activa mientras que Q2 y Q4 se desactivan.

La activación de los transistores se encuentra controlada por las entradas A y B, ambas son señales TTL provenientes del microcontrolador, existen cuatro posibles combinaciones, de las cuales dos no realizan ninguna acción, mientras que las otras dos hacen funcionar los motores en una dirección o en la dirección contraria.

La tabla de verdad del puente H implementado dentro de este circuito integrado se muestra en la Tabla 1, se puede observar cómo es que sin importar la combinación de señales de entrada la fuente nunca se pondrá en corto circuito. Para obtener este funcionamiento es necesario enviar una señal de tipo Alto al habilitador correspondiente al motor que se desea controlar.

Para evitar que los transistores se activen de tal forma que provoquen un corto circuito y para habilitar o des habilitar puentes, se utiliza un sistema de compuertas lógicas que evitan que la fuente de 12 Vcd entre en corto circuito, para la alimentación de esta parte del circuito es necesario utilizar un voltaje de 5 Vcd, es por eso que la etapa de potencia utiliza dos niveles de voltaje.

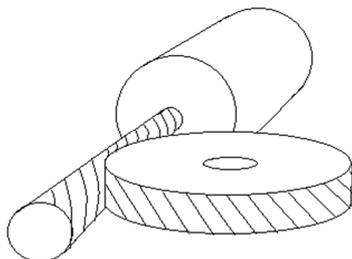


Figura 4. Esquema de tornillo sin fin y rueda dentada.

Tren motriz

El tren motriz que mueve la estructura consta de dos motores, cada uno adaptado a un tornillo sin fin con una rueda dentada (Pulido, 2009), ver Figura 4. Los motores funcionan con 12 Vcd y demandan una corriente alrededor de un Ampere. Estos por sí solos presentan una velocidad muy elevada para los requerimientos del seguidor solar, tiene mucha inercia al momento de retirarles la alimentación y cuentan con la gran desventaja de ser un mecanismo reversible, por lo tanto la posición del colector indicada por el puente H se ve afectada de forma significativa.

La solución a estos problemas es la adaptación de un tornillo sin fin con una rueda dentada. El tornillo sin fin cuenta con un solo diente de forma trapezoidal tallado helicoidalmente sobre un eje cilíndrico, en el mismo eje del rotor del motor. La rueda dentada es un engrane helicoidal de eje paralelo, por un lado adaptado al tornillo sin fin y por el centro se encuentra adaptado al eje que finalmente se desea mover.

La gran ventaja de este tipo de sistemas mecánicos es que se trata de un mecanismo no reversible, a pesar de que el tornillo sin fin mueve a la rueda, esta no puede mover al tornillo. Utilizando este sistema se garantiza que la posición indicada por la etapa de potencia será realmente la obtenida por el colector.

Controlador

Para esta etapa se utiliza un microcontrolador de tecnología CMOS, PIC 16F887, (Microchip Technology Inc., 2007). Tiene una frecuencia de operación de 0-20MHz y cuenta con la ventaja de contar con oscilador interno con un rango de frecuencia de 8-31MHz el cual puede ser seleccionado por programación. Recibe 5 Vcd como voltaje de alimentación, presentara como dato de entrada la señal proveniente del temporizador en tiempo real MC68HC68T1 (también

debe ser programado), ver Figura 5. De las 35 entradas/salidas TTL con las que cuenta el microcontrolador, 6 se utilizan para brindarle la información necesaria a la etapa de potencia: dos para habilitar los transistores pertenecientes a cada puente H y cuatro para el control de ambos motores.

El programa toma como referencia las señales de entrada provenientes del temporizador en tiempo real (Motorola, 1996), previamente se le indicará en que coordenadas geográficas se encuentra la estructura para posteriormente realizar los cálculos necesarios para obtener la posición del sol en este momento y obtener también la dirección de orientación de la estructura. El microcontrolador proporciona como datos de salida trenes de pulsos para que puedan interpretarse por la etapa de potencia. El lenguaje de programación es MikroC.

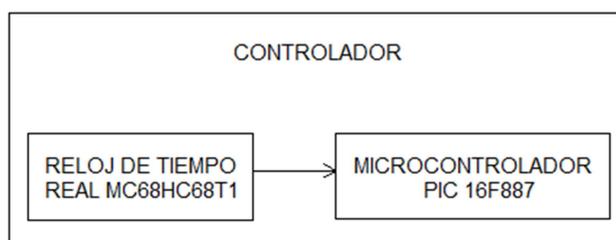


Figura 5. Diagrama del controlador.

Conclusiones

El presente trabajo muestra las alternativas de solución para el problema clásico de seguimiento solar programado. La principal aportación está en la base de datos completa de las diferentes posiciones del sol durante todo el año. El reto más importante es garantizar que la programación de la posición solar represente un movimiento gradual controlado que maximice siempre la radiación solar sobre el colector, sin necesidad de ajustes posteriores. Como trabajo a futuro se tiene la terminación en tarjeta de todas las partes electrónicas. El ajuste final del tren motriz, la integración de todas las partes y las pruebas de funcionamiento. Debido a la gran incidencia solar en nuestra región, se considera existen magníficas oportunidades para el desarrollo de proyectos solares. Además, el desarrollo y la aplicación de tecnología propia representan una ventaja competitiva y la oportunidad de generar empleo y empresas en el área. Lo que nos preparará para adaptarnos a los cambios que inevitablemente traerá el desabasto de los combustibles tradicionales.

Referencias

- Cameron Michelle H. (2013). *Agentes físicos en rehabilitación*. Tercera Edición, Elsevier Saunders.
- Clean Technica. (2012). *Incremento termnosolar en China*. Recuperado de <http://cleantechnica.com/2012/03/30/china-to-have-3-gw-of-concentrated-solar-thermal-power-csp-by-2020/>.
- Consejo Nacional de Energía. (2012). *Energía solar*. Recuperado de http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=197.
- Economicimes. (2013). *Solar power plants bussines in India*. Recuperado de http://articles.economicimes.indiatimes.com/2013-09-21/news/42272580_1_solar-power-power-purchase-agreements-power-development.
- Electricity Information. (2010). *Energy Balances of OECD Countries 2010, Energy Balances of Non-OECD Countries 2010*. International Energy Agency.
- Fairchild Corporation. (2001). *MC78XX/LM78XX/MC78XXA 3-Terminal 1 A Positive Voltage Regulator*, Fairchild Semiconductor Corporation.
- Kalogirou, S. (2004). *Solar Thermal Collector and Applications, Progress in Energy and Combustion Science 30* Microchip Technology Inc. (2007). *Microprocessors PIC16F882/883/884/886/887Data Sheet*.
- Motorola, Inc. (1996). *Real-Time Clock plus RAM with Serial Interface CMOS*.
- Pulido, A. (2009). *El tornillo sin fin y la rueda dentada*. Recuperado de <http://aprendemostecnologia.org/2009/03/19/el-tornillo-sinfin-y-la-rueda-dentada/>
- Pye John (2011). *Compact Linear Fresnel Reflector*. Recuperado de <http://jpye.dyndns.org/>.
- Solar insure. (2012). *Largest solar power plants*. Recuperado de <http://www.solarinsure.com/largest-solar-power-plants>.
- STM Microelectronic (2000). *L298 DUAL FULL-BRIDGE DRIVER*, STMicroelectronics, Italia.
- Striatum Energy (2011). *Energía Solar*. Recuperado de <http://www.gstriatum.com>
- UNAM (2010). *Relación de incidencia solar*. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf?sequence=5>

Capítulo II. Comparación práctica de captación de energía solar entre un sistema fotovoltaico con seguimiento y uno fijo

José Antonio Beristáin Jiménez, Javier Pérez Ramírez y José Antonio López Castro

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Instituto Tecnológico de Sonora

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

Resumen

La academia de electrónica de potencia, en la materia de optativa III, ha incluido en el programa de curso la aplicación de la electrónica de potencia al uso de energías renovables, especialmente al uso de la energía solar fotovoltaica. Durante este curso se realizan proyectos que permiten visualizar las ventajas y desventajas de la tecnología que se utiliza en la actualidad y al ser desarrollado por los propios alumnos, éstos aplican sus conocimientos y habilidades adquiridos en el transcurso de la materia. Uno de los principales temas que se abordan es cómo hacer más eficiente un sistema de generación de energía eléctrica y lo que implica desarrollarlo. En este artículo se plantea la comparación práctica de captación de energía solar entre un sistema fotovoltaico con seguimiento en un solo eje (este-oeste) y un sistema de captación fijo. Los resultados muestran que es posible incrementar la captación de energía solar con un sistema de seguimiento y que con un sistema electromecánico adecuado se puede destinar muy poca de la energía captada para realizar el movimiento que permita el seguimiento solar.

Introducción

El cuerpo académico de utilización de la energía incide en las carreras de ingeniero electrónica e ingeniero en mecatrónica a través de cursos de especialización que se imparten en las materias de optativa (Sonora, 2014). En el semestre agosto-diciembre de 2013, se ofreció la materia de Optativa III que se orientó hacia la aplicación de la electrónica de potencia al uso de energías renovables, siendo la energía solar fotovoltaica una de las más importantes en la región debido a la cantidad de recurso solar con el que se cuenta (solar, 2014). Como parte de la materia se desarrolló un proyecto que consiste en un sistema de seguimiento solar, utilizando sensores, para optimizar la captación de energía durante la mayor parte del día (Castro, 2014). El proyecto consta de dos etapas las cuales se describen a continuación: la primera etapa se basa en construir una estructura que tenga la capacidad de soportar el peso de un panel fotovoltaico y que al mismo tiempo se pueda mover sobre un eje utilizando un motor de corriente directa. Dicha estructura incluye una transmisión para aumentar el torque proporcionado por el motor para hacer girar el panel fotovoltaico. La segunda etapa consiste en diseñar un sistema de control utilizando un microcontrolador y sensores de luz que permitan controlar un motor de corriente directa para realizar el giro necesario del panel fotovoltaico. De esta forma, el objetivo del trabajo es realizar

una comparación entre la captación de radiación solar entre un sistema solar fijo y uno con seguimiento electromecánico basado en sensores de luz.

Fundamentación teórica

La energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales que son ilimitadas ya sea porque una vez utilizadas se pueden regenerar para volver a utilizarlas o bien, porque la enorme cantidad de energía que poseen puede perdurar por millones de años, tal es el caso de la energía solar la cual llega a la tierra en forma de radiación electromagnética comprendida en un gran espectro de frecuencia, la cual está formada básicamente por “luz” y “calor”. A lo largo del día el sol tiene un movimiento de oriente a poniente y a lo largo del año su trayectoria cambia ya sea un poco hacia el norte o hacia el sur. En el hemisferio norte, en verano, el sol sale al norte del este y en invierno al sur. Lo mismo sucede cuando se oculta al poniente, es decir que el movimiento del sol es distinto durante todo el año.

La energía solar se puede convertir directamente en electricidad utilizando el efecto fotovoltaico, el cual se basa en la utilización de materiales que absorban la luz del sol y la transformen en energía eléctrica. El dispositivo que realiza esta función se conoce como celda fotovoltaica. La Figura 1 muestra una celda fotovoltaica monocristalina y su correspondiente curva corriente-voltaje.

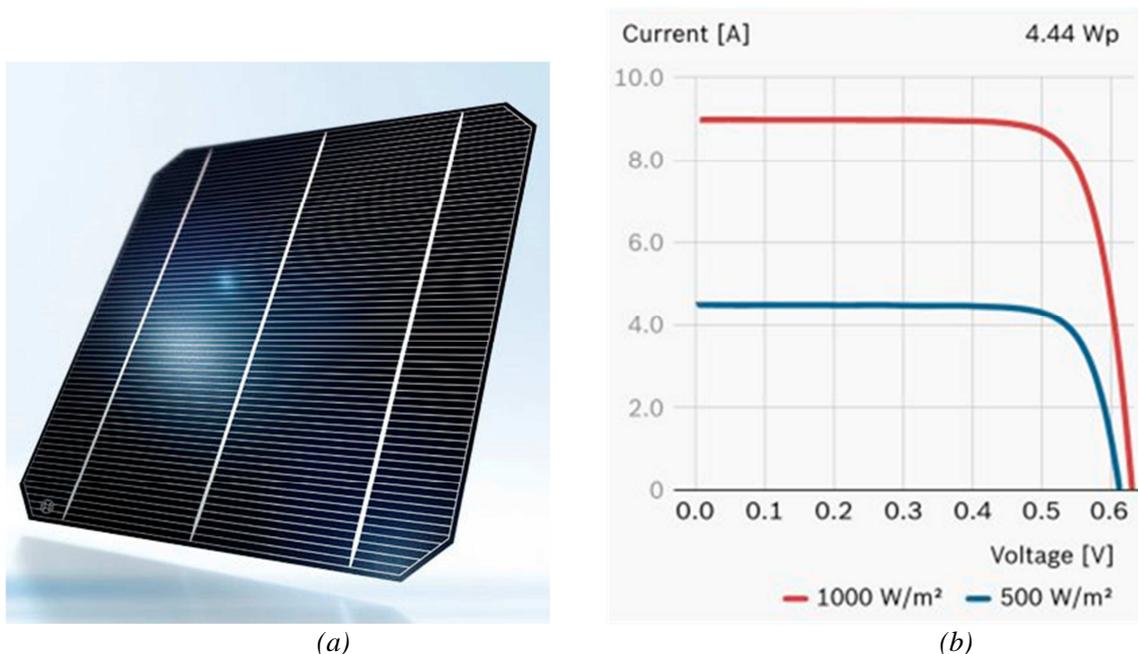


Figura 1. Celda fotovoltaica y su correspondiente gráfica i-v (cell, 2014).

La representación típica de la característica de salida de una celda fotovoltaica se denomina curva corriente-voltaje. La corriente de salida se mantiene prácticamente constante dentro del rango de operación de la celda, la corriente y tensión a la cual opera la celda están determinadas por la radiación solar incidente, por la temperatura ambiente, y por las características de la carga eléctrica conectada al mismo. La Figura 2 muestra una curva de voltaje-corriente típica de una celda fotovoltaica y su correspondiente curva de potencia-voltaje donde se aprecia el punto de máxima potencia, P_{mp} .

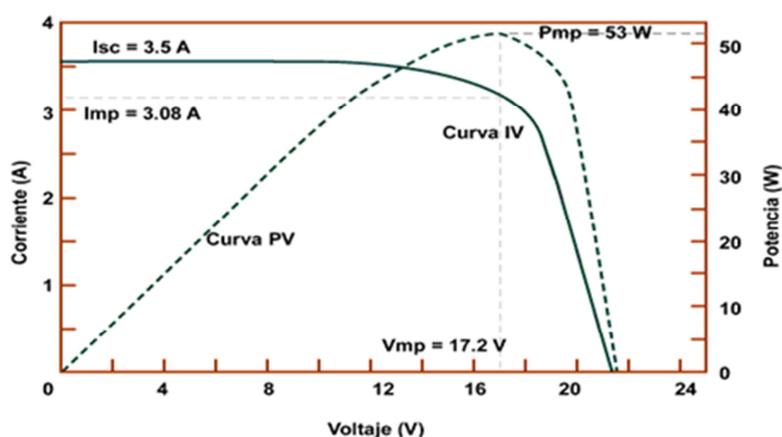


Figura 2. Curva potencia-voltaje y corriente-voltaje una celda fotovoltaica típica (Solar, 2014).

Los parámetros más importantes de una celda fotovoltaica son: corriente de corto circuito, I_{sc} , que es la máxima corriente que puede entregar la celda fotovoltaica bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura a tensión cero y potencia cero. La tensión de circuito abierto, V_{oc} , es la máxima tensión que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiendo a corriente cero y potencia cero. La potencia pico, P_{mp} , es la máxima potencia que puede entregar el dispositivo y corresponde al punto de la curva potencia-voltaje donde el valor es máximo.

La radiación solar que incide sobre un panel fotovoltaico varía con el ángulo que forma el panel y el sol. La captación es máxima cuando la posición del panel está perpendicular a la radiación directa del sol. La inclinación de los rayos del sol respecto a la superficie es variable a lo largo del año (máxima en verano y mínima en invierno).

Los sistemas fotovoltaicos se pueden dividir según su aplicación. Por un lado están los sistemas fotovoltaicos autónomos, los cuales se utilizan principalmente en lugares donde no se tiene acceso a la red eléctrica y se caracterizan por tener baterías como elemento de

almacenamiento. Por otro lado están los sistemas interconectados a la red eléctrica los cuales están permanentemente conectados a la red y no requieren de baterías debido a que si existe un exceso de generación de energía eléctrica, ésta se inyecta a la red y en caso de necesitar más energía, ésta se obtiene de la misma red eléctrica. En ambos casos, es posible incrementar la potencia entregada por el sistema fotovoltaico incluyendo un sistema de seguimiento electromecánico.

Si el sistema fotovoltaico es fijo, éste sólo aprovecha al máximo la radiación solar durante las horas pico, cuando el sol incide directamente sobre el panel fotovoltaico. En el caso de los sistemas de seguimiento se utilizan mecanismos electromecánicos para mantener los paneles fotovoltaicos directamente frente al sol, de modo que se aproveche al máximo la radiación directa del sol. Con los sistemas de seguimiento se consigue que los paneles fotovoltaicos tengan la máxima captación de energía solar durante el día, y según cambie la posición del sol en las estaciones del año; según (Díaz, 2008) se pueden obtener rendimientos de 20 a 40% más en comparación de los sistemas fijos.

Los seguidores solares se pueden clasificar mecánicamente como de un eje y de dos ejes. En el primer caso el seguimiento es de este a oeste y en el segundo caso el giro es de este a oeste incluyendo además un movimiento para ajustar el ángulo de elevación que sigue el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

Metodología

Se consideró un sistema de seguimiento solar con las siguientes características:

Una estructura capaz de soportar el peso de un panel fotovoltaico monocristalino de 100 Watts. Un sistema de engranaje (transmisión) que eleve el torque del motor para que sea capaz de hacer girar el panel solar junto con la estructura y romper el momento de inercia. Un sistema de accionamiento que incluya una etapa de sensado, una etapa de procesamiento y una etapa de driver para el motor.

Una vez armado el prototipo se realizan pruebas de funcionamiento donde se comprueba la funcionalidad de la estructura, la transmisión y el sistema de accionamiento, y quedando listo para la etapa de comparación. En esta etapa se realiza la comparación de un sistema fijo con uno móvil considerando los voltajes y corrientes entregados por el panel fotovoltaico.

En la implementación de este proyecto se utilizó software de simulación, materiales y maquinaria para la construcción de la estructura, materiales para la realización del sensor y el procesamiento de las señales así como un motor de corriente directa. A continuación se destacan algunos materiales de importancia en la implementación: motor de corriente directa de 12 Volts a 4 Amperes, panel solar de 100 Watts monocristalino marca siemens con un peso de 12 kg, microcontrolador 16f887, sensores LDR de 2 M Ω .

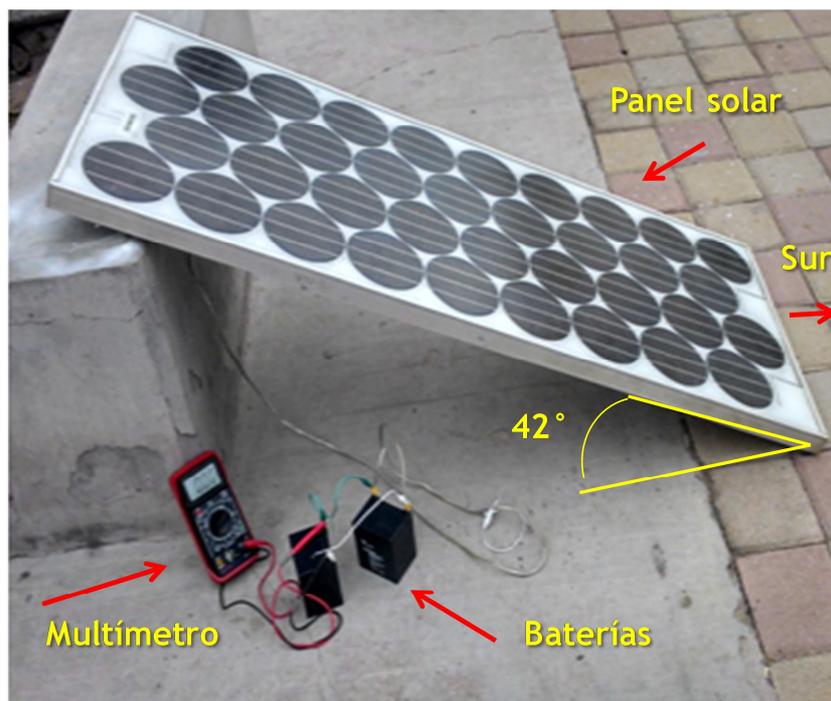


Figura 3. Paneles solares para la prueba de sistema fijo.

La Figura 3 muestra la disposición del panel fotovoltaico para las pruebas del sistema fijo. El panel está orientado hacia el sur y tiene un ángulo de inclinación de 42 °. Se utilizó un multímetro para medir voltajes y corrientes de corto circuito y de circuito abierto así como para la carga de una batería.

La Figura 4 muestra la disposición del panel fotovoltaico montado en la estructura con la integración del sistema de seguimiento. La inclinación del panel fotovoltaico se adapta para que coincida con el sistema fijo y se puedan realizar las comparaciones entre los dos. En la figura 4 se puede observar la ubicación de los sensores, la dimensión de la transmisión y la orientación e inclinación del panel fotovoltaico. Cabe mencionar que el ángulo de inclinación se puede ajustar

de forma manual mediante un sistema de cadenas para el posicionamiento y permanece fijo para el sistema de seguimiento.

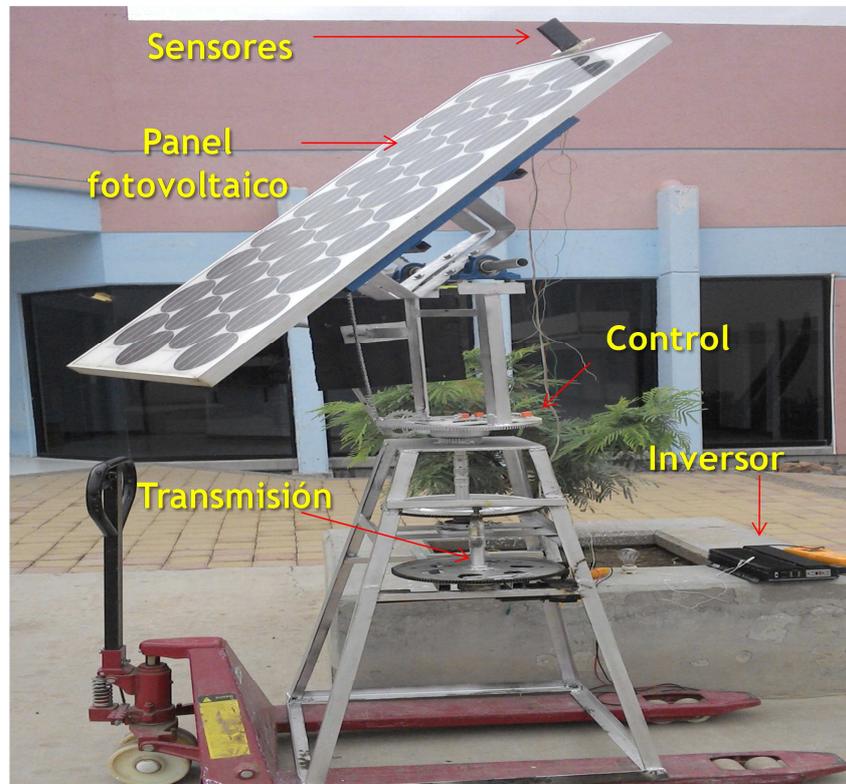


Figura 4. Disposición del seguidor solar para realizar las pruebas de seguimiento.

Las mediciones para el sistema fijo se efectuaron en días y condiciones diferentes; con cielo totalmente despejado, con cielo nublado y con cielo medio nublado. Las mediciones se realizaron en diferentes días del mes de noviembre de 2013. Los parámetros que se midieron del panel fotovoltaico son: voltaje en circuito abierto, V_{oc} , y corriente de corto circuito, I_{sc} . Los intervalos de medición fueron cada 30 min.

Las mediciones para el sistema de seguimiento se realizaron en días y condiciones diferentes y los intervalos de medición fueron de 30 min. También con cielo despejado, nublado y medio nublado.

Resultados y discusión

La estructura del seguidor solar es funcional y cumple con los requerimientos básicos como lo es soportar el panel fotovoltaico y realizar el seguimiento solar.

La figura 5 muestra los resultados de la medición de voltaje en circuito abierto, V_{oc} , en el sistema fijo sin seguimiento solar de las 8 de la mañana a las 6 de la tarde con diferentes condiciones climáticas.

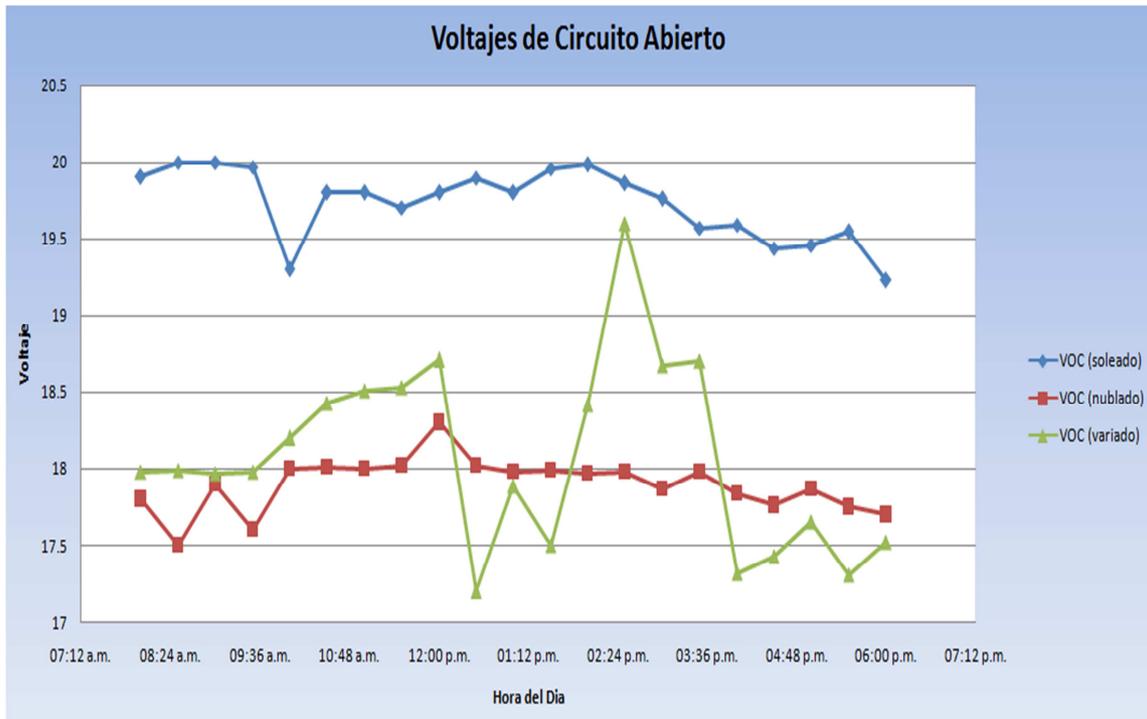


Figura 5. Voltajes de circuito abierto, V_{oc} , en un sistema fijo.

Como se puede observar en la Figura 5, los valores obtenidos varían considerablemente en el transcurso del día y dependen de las condiciones climáticas. Se puede puntualizar que en día soleado y nublado el voltaje de circuito abierto permanece dentro de una variación de un Volt. A diferencia de los resultados en día medio nublado donde la variación es de tres Volts.

La figura 6 muestra las mediciones de corriente de corto circuito, I_{sc} , realizadas en el sistema fijo en tres días diferentes con condiciones climáticas de totalmente soleado, medio nublado y nublado.

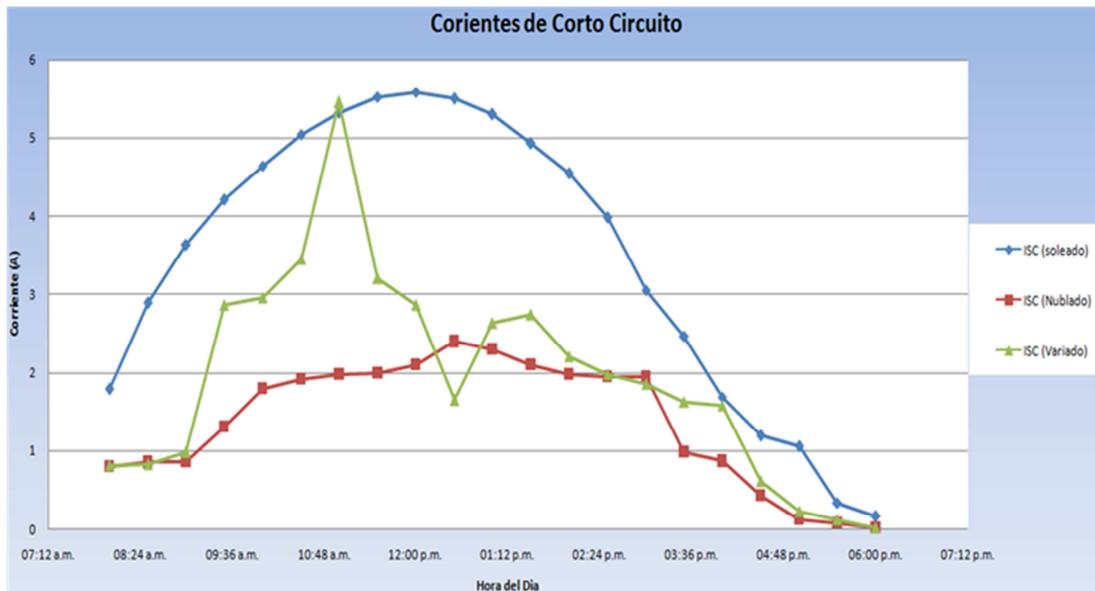


Figura 6. Corriente de cortocircuito en el sistema fijo.

En la Figura 6 se puede observar que las variaciones de la corriente de corto circuito en el panel fotovoltaico son importantes, esto coincide con que la corriente de corto circuito es proporcional a la radiación que se está captando del sol. En un día soleado, se reproduce una especie de campana donde la corriente comienza con un valor muy pequeño por la mañana alcanza su valor máximo al medio día y se hace muy pequeño nuevamente por la tarde. Así mismo, se puede observar cómo en un día nublado la forma es similar pero la corriente se reduce considerablemente.

La Figura 7 muestra el voltaje de circuito abierto en el sistema con seguimiento con condiciones climáticas diversas.

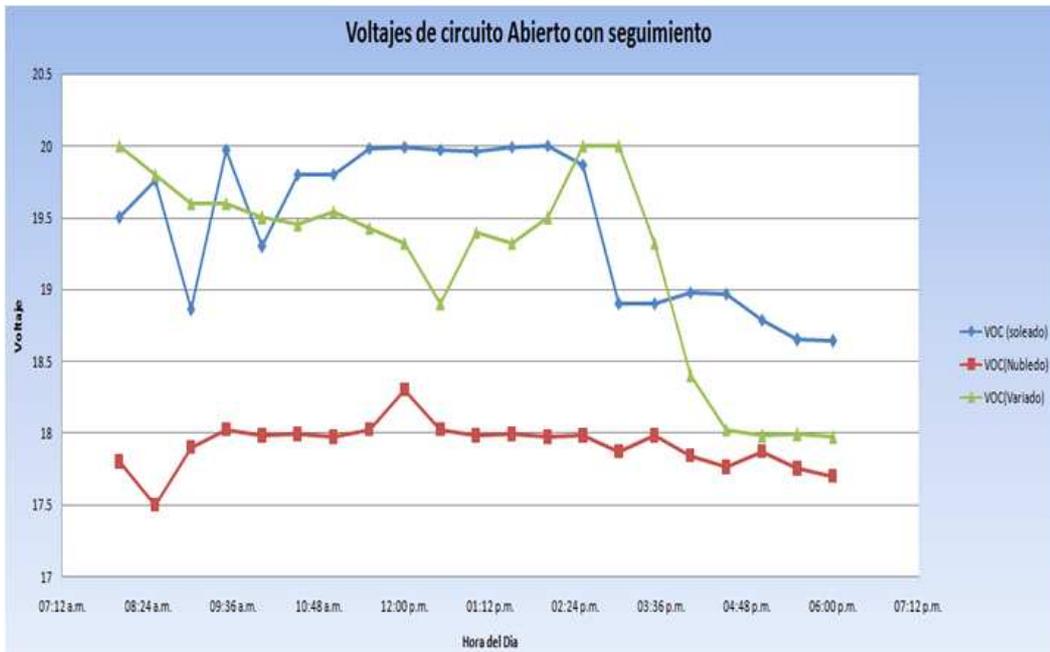


Figura 7. Voltaje de circuito abierto en el sistema con seguimiento.

Se puede observar en la figura 7 que los voltajes presentan variaciones en un rango de un Volt en día soleado y nublado y menor a dos Volts en un día medio nublado.

La Figura 8 muestra la gráfica de la corriente de corto circuito en el sistema con seguimiento.

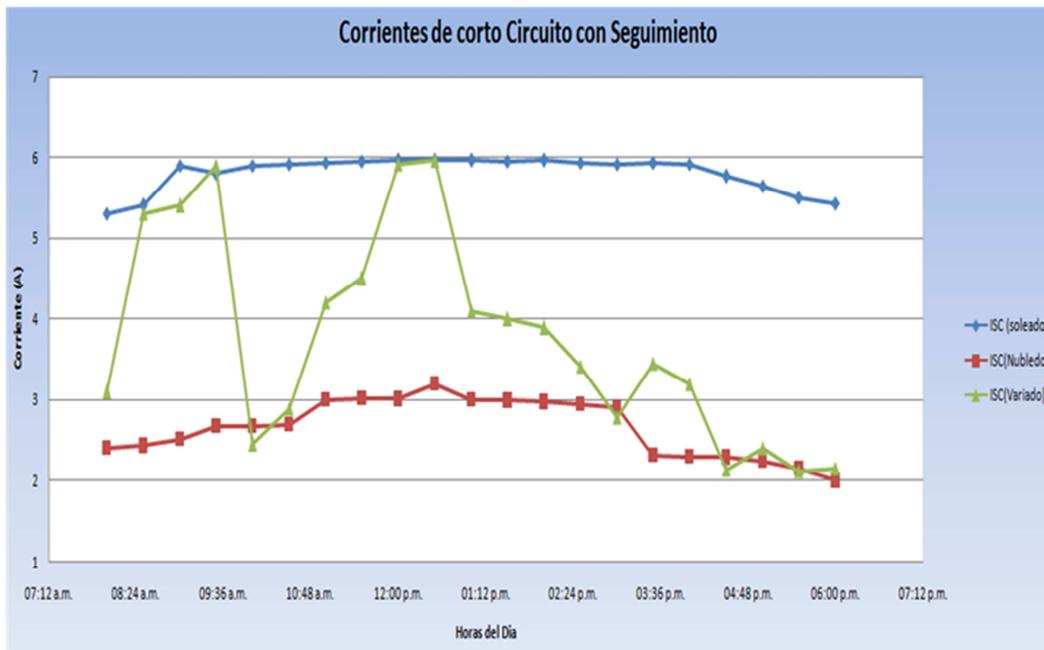


Figura 8. Corriente de corto circuito en un sistema con seguimiento.

Se puede observar en la figura 8 que cambia significativamente la forma en el sistema con seguimiento principalmente por la mañana y por la tarde donde el panel fotovoltaico está orientado hacia el este y el oeste respectivamente. Asimismo, en el día nublado se presenta la característica de mejor aprovechamiento de la radiación solar por la mañana y por la tarde.

Como se observa en las figuras 5-8 la atención se centra en la corriente de corto circuito ya que se sabe que tiene una relación directa con la radiación solar que está incidiendo en el panel fotovoltaico. La Figura 9 incluye las gráficas de corriente de corto circuito del sistema fijo y del sistema con seguimiento en un día soleado.

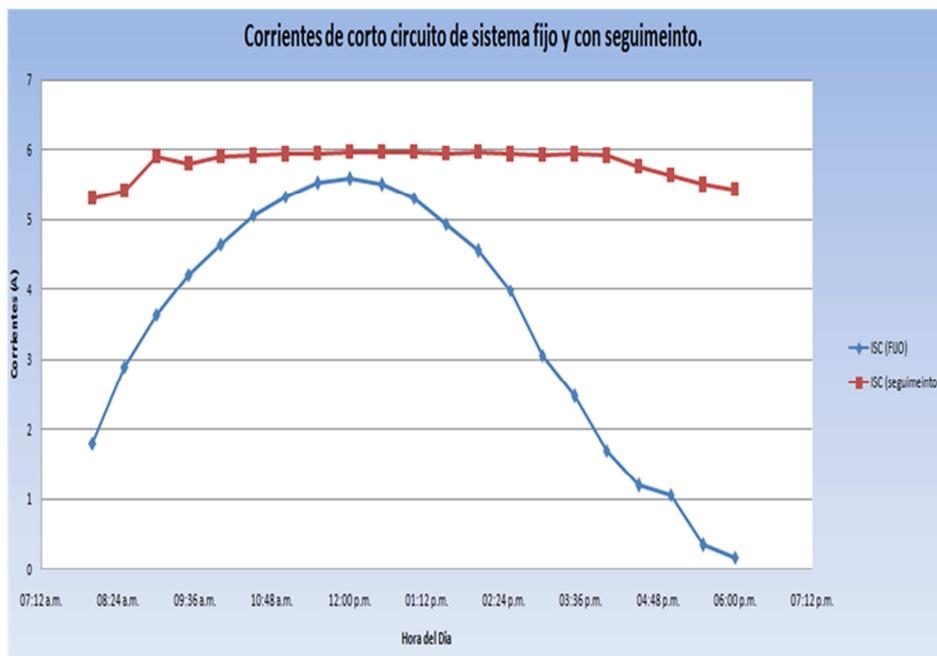


Figura 9. Corrientes de corto circuito en ambos sistemas.

Debido a que las mediciones se hicieron en días soleados distintos se tiene una diferencia en el máximo valor de corriente de corto circuito en la figura 9. El valor máximo debería coincidir si el experimento se hubiese realizado en el mismo día. Sin embargo, lo que se evidencia es una mejora en la captación de radiación solar utilizando el sistema de seguimiento.

Par a obtener valores aproximados de la potencia generada se multiplicaron los valores de corto circuito tanto en voltaje como en corriente por un factor de 0.8 de tal forma que se tenga un valor aproximado de la potencia que se pudiera estar generando en esas condiciones de radiación solar. La Figura 10 muestra los resultados de esta operación.

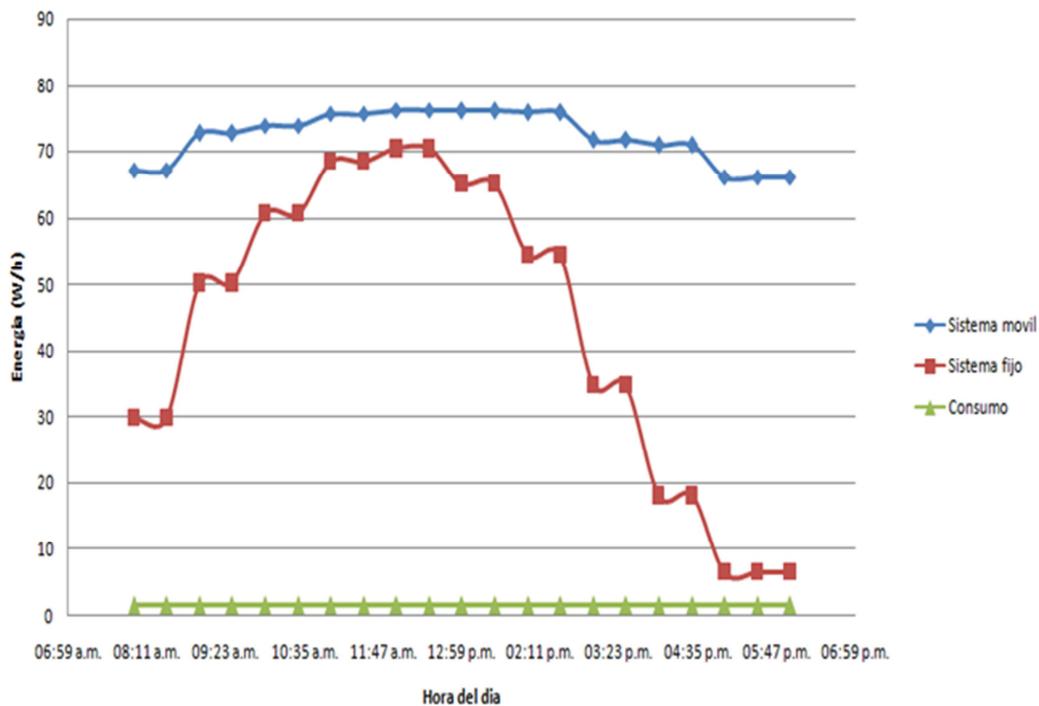


Figura 10. Valores aproximados de potencia disponible en los dos tipos de sistemas.

Como se puede observar en la figura 10, la potencia aproximada que pudiera entregar el panel fotovoltaico es menor a 100 Watts debido a que en estas pruebas el panel fotovoltaico se expone al calor, reduciendo su eficiencia drásticamente. En esta gráfica se incluye también la cantidad de potencia que está consumiendo el sistema de seguimiento cuyos valores son muy pequeños en comparación con el incremento en la producción de la potencia disponible. En esta prueba, la energía disponible en el sistema fijo fue de 404 Watts-hora/día y en el sistema con seguimiento fue de 726 Watts-hora/día. La medición de potencia consumida por el sistema de seguimiento junto con el tiempo en que duró la prueba indica que el sistema de seguimiento consume 14.45 Watts-hora/día, por lo que la energía total disponible es de 726 Watts-hora/día. De aquí se puede calcular que la energía que consume el sistema de seguimiento corresponde al 2% de la energía disponible para generación en un día de operación. Cabe señalar que un elemento importante que permite reducir el consumo de energía del sistema de seguimiento es la transmisión mecánica del seguidor, por lo que su diseño se vuelve muy importante para la optimización del sistema de generación fotovoltaica con seguimiento solar.

Conclusiones

En este documento se muestra la comparación práctica respecto a la captación de energía de un sistema fijo y un sistema de seguimiento solar fotovoltaico en condiciones climáticas diferentes. Los resultados se muestran en términos de los voltajes de circuito abierto y de la corriente de corto circuito medidos en las terminales del panel fotovoltaico y con tales mediciones se realiza un cálculo aproximado de la potencia disponible para generación y de la energía disponible para producirse en el transcurso de un día. A pesar de que las mediciones se realizaron en días distintos, se puede observar un incremento significativo en la eficiencia del sistema con seguimiento en relación al sistema fijo. Uno de los aspectos claves en estos resultados es la transmisión mecánica que permite que el consumo de energía del sistema de seguimiento se mantenga en valores relativamente pequeños.

Referencias

- Castro, A. L. (2014). Tesis: *Implementación de un seguidor solar fotovoltaico utilizando sensores para aprovechamiento de la máxima radiación solar*. Ciudad Obregón Sonora: Instituto Tecnológico de Sonora.
- Cell, B. s. (22 de Mayo de 2014). *Bosh solar*. Obtenido de sitio web de Bosh solar: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/bosch-solar-energy-ag/bosch-solar-cell-m-3bb-c4-1200/54351-449555.html#open>
- Díaz, J. A. (2008). *Tecnología Fotovoltaica. Boletín IEE, 58-63*. Cuernavaca, Morelos, México : Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Solar (22 de Mayo de 2014). *New Mexico State University*. Obtenido de sition web de New Mexico State University: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html
- Solar, E. (22 de Mayo de 2014). *www.energiasolar.mx*. Obtenido de sitio web de energía solar: <http://www.energiasolar.mx/mexico/energia-solar-sonora-tiene-gran-potencial-superior-paises-europeos.html>
- Sonora, I. T. (22 de Mayo de 2014). *Ingeniero en Mecatrónica*. Obtenido de sitio web del Instituto Tecnológico de Sonora: <http://www.itson.mx/oferta/imt/Paginas/imt.aspx>

Capítulo III. Modelo analítico de regresión lineal para el diseño de columnas de concreto reforzado sometidas a flexo-compresión uniaxial

Dagoberto López López, José Dolores Beltrán Ramírez, Arturo Cervantes Beltrán, José Luis Arévalo Razo y Jesús Alberto Cervantes Lugo
Departamento de Ingeniería Civil
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. dagoberto.lopez@itson.edu.mx

Resumen

Se presenta un modelo analítico de regresión lineal múltiple para el diseño de columnas de concreto reforzado sujetas a flexo-compresión uniaxial de acuerdo el reglamento ACI-318-11. Tal planteamiento permite desarrollar el diseño de columnas de manera ágil y con un grado de precisión mayor al obtenido al usar los diagramas de interacción típicos propuestos por el American Concrete Institute ACI-318. La metodología consiste en generar los diagramas de interacción de columnas para el rango de valores considerado en las variables involucradas en la resistencia del elemento, con la base de datos generada se desarrolla un análisis de regresión lineal múltiple para encontrar el modelo analítico de regresión más apropiado. El modelo analítico de predicción para fallas de compresión en columnas presenta un coeficiente de correlación de 0.9893, con un error típico de 2.19%. Mientras que para fallas de tensión en columnas el modelo presenta un coeficiente de correlación de .9740, con un error típico de 1.05%.

Introducción

En la estructuración de un edificio, las columnas son los elementos estructurales verticales que resisten y bajan las cargas gravitacionales de los entrepisos hacia niveles inferiores hasta el sistema de cimentación, además de resistir las fuerzas laterales inducidas por las cargas accidentales (sismo y viento). Las columnas se consideran los elementos estructurales de mayor importancia por la función que desempeñan en el edificio y su falla implicaría grandes pérdidas económicas y de vidas humanas. Por tal motivo en su diseño deben tomarse mayores precauciones al momento del diseño. Los elementos mecánicos que deben resistir son compresión, flexión en uno y dos ejes, además del cortante.

De acuerdo al tipo de elementos mecánicos que rigen el diseño y la forma de la columna de concreto reforzado, se proponen arreglos de refuerzo en dos caras (Tipo E y L), en cuatro caras (Tipo R) y circular (Tipo C).

Según el Código de diseño del American Concrete Institute ACI-318-11 y la bibliografía que desarrolla el diseño de columnas de concreto reforzado (Nawy, 2008), (Nilson, 2009), et al, se sabe que las variables principales que inciden en la resistencia de columnas, son:

- Forma de la sección transversal (Cuadrada, rectangular, circular, etc.).
- Forma de la distribución del refuerzo (Tipo E, L, R ó C).
- Resistencia del concreto. ($f'c$)
- Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo. (f_y)
- Recubrimiento del acero de refuerzo. (γ)
- Porcentaje de refuerzo. (ρ)
- Excentricidad de la carga. (e)

Desde que el ACI-318 incorporó el método de resistencia última al código de diseño de elementos de concreto reforzado, diversos autores como Bresler (1961), Panell (1963), Everard (1965), Weber (1966) discuten y han propuesto métodos de diseño para columnas de concreto reforzado que se fundamentan en los denominados diagramas de interacción y que a su vez se apoyan en el uso de ayudas gráficas, en las cuales se involucran todas las variables anteriormente mencionadas. En la actualidad se han desarrollado herramientas tecnológicas soportadas en software como PCCOL de la Portland Concrete Association (PCA) y programas de cómputo de diseño estructural como SAP2000 que agilizan el proceso de diseño y que se fundamentan en estos mismos métodos. Estos métodos gráficos son usados aún con frecuencia por los diseñadores haciendo el diseño tedioso debido a que frecuentemente es requerido desarrollar un proceso iterativo, además de impreciso ya que hay que obtener lecturas de manera visual de los diagramas de interacción de diseño, lo cual se presta a errores de apreciación.

En el presente estudio desarrollado por el área de estructuras y el cuerpo académico de Construcciones Sustentables, se pretende expresar esta serie de ayudas gráficas a través de un modelo analítico de regresión lineal que exprese con una precisión adecuada la solución al diseño de columnas, haciéndolo más ágil y que anule el proceso iterativo que frecuentemente es requerido.

Planteamiento del problema

El Método convencional de diseño de columnas del ACI-318-11 propone una gran diversidad de ayudas de diseño gráficas denominados diagramas de interacción de diseño, donde

se involucran todas las variables que inciden en la resistencia de columnas de concreto reforzado. Este proceso es un tanto engorroso y tedioso ya que involucra correlacionar muchos parámetros visuales que hay que observar en diferentes diagramas de interacción; uno para cada valor de las variables involucradas.

Debido a lo anterior, se plantea la siguiente interrogante: ¿será posible expresar esta diversidad de ayudas gráficas o diagramas de interacción en una ecuación de regresión lineal que exprese la resistencia de diseño de columnas de concreto reforzado sujetas a flexo-compresión uniaxial en función de las principales variables involucradas en el diseño?

$$\phi P_n = f(\text{Forma}, \text{Tipo armado}, \rho, \gamma, e)$$

Objetivo

Proponer un método alternativo de diseño al establecido por el ACI-318-11 para el diseño de columnas de concreto reforzado sometidas a flexo-compresión uniaxial que sea más ágil y sencillo de llevar a cabo.

Fundamentación teórica

Las columnas son elementos comúnmente verticales de los marcos estructurales que soportan el sistema de vigas y entrepisos en un edificio. Resisten las cargas gravitacionales de los entrepisos superiores hasta transferir la carga al sistema de cimentación. Puesto que las columnas son elementos que trabajan principalmente a compresión, la falla frecuentemente es por aplastamiento del concreto, es frágil y súbita y puede ocasionar el colapso de los pisos concurrentes al elemento o en el peor de los casos el colapso del edificio completo. Esto conlleva a una gran pérdida de vidas y humanas y del punto de vista económico, (Nawy, 2008).

Las columnas se pueden clasificar en base a su forma en cuadradas, rectangulares y circulares. De acuerdo a la disposición del acero de refuerzo longitudinal se tienen armados tipo E, Tipo L, Tipo R y Tipo C, atendiendo a la posición de la carga que resiste, una columna puede trabajar a compresión pura a flexo-compresión uniaxial y flexo-compresión biaxial. Por el tipo de refuerzo transversal, se puede tener una columna con estribos o una columna con refuerzo helicoidal. En lo que respecta a su relación de esbeltez una columna puede ser corta a larga.

El concreto simple es una mezcla heterogénea fraguada de cemento, agua, arena, grava, aire y con frecuencia aditivos minerales o químicos. La mezcla plástica se coloca compacta en la

cimbra, luego se cura para facilitar la reacción química de la hidratación de la mezcla agua-cemento produciendo un gel que en el tiempo endurece y proporciona resistencia y rigidez. El producto terminado tiene una alta resistencia a compresión y una baja resistencia a tensión. Debido a esto es requerido proporcionar acero de refuerzo para compensar esta debilidad y evitar fallas frágiles y súbitas.

Tanto el concreto como el acero de refuerzo deben ser proporcionados de tal manera que se utilicen en óptima para garantizar un comportamiento satisfactorio y obtener un diseño seguro y económico.

McCormac (2002) define al concreto reforzado como una combinación de concreto y acero en la que el concreto proporciona la resistencia a compresión y el acero de refuerzo proporciona la resistencia a tensión que el concreto no puede desarrollar. El acero además tiene capacidad de soportar esfuerzos de compresión y se usa además para mejorar la ductilidad de los elementos y evitar las fallas frágiles.

En edificios y en otro tipo de estructuras resulta raro encontrar columnas cargadas concéntricamente. Además de la compresión en columnas casi siempre está presente el efecto de momentos flexionantes transferidos por la continuidad de los entresijos o por la distribución desigual de las cargas gravitacionales o también bajo el efecto de las cargas horizontales producidas por sismo o viento. Aun cuando los cálculos de diseño demuestren que un elemento está cargado axialmente, las imperfecciones inevitables de la construcción causarán excentricidades y la consecuente flexión de las columnas. Por esta razón, los elementos que deben diseñarse a compresión y flexión simultáneas son muy frecuentes en todos los tipos de estructuras.

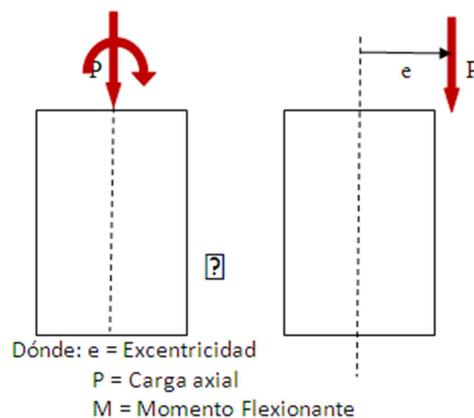


Figura 1. Flexo-compresión uniaxial en columnas. Sistema de cargas estáticamente equivalentes.

Cuando un elemento está sometido a compresión axial P_u combinada con un momento flexionante M_u , por lo general es conveniente remplazar la carga axial y el momento flexionante por una carga equivalente de igual magnitud P aplicada a una excentricidad $e = M_u/P_u$, como se muestra en la figura 1, las dos situaciones de carga son estáticamente equivalentes. Todas las columnas pueden entonces clasificarse en términos de la excentricidad equivalente. Aquellas con un valor de e relativamente pequeño se caracterizan por una compresión a lo largo de toda la sección transversal y si se sobrecarga fallarán por aplastamiento del concreto junto con la fluencia del acero a compresión en el lado más cargado. Las columnas con excentricidades grandes se someten a tensión sobre, al menos una parte de la sección y, cuando se sobrecargan, pueden fallar por fluencia del acero a tensión en el lado más alejado de la carga equivalente.

El diseño de columnas se basa, entonces en el estado de cargas factorizadas, para el cual la resistencia requerida no debe de exceder de la resistencia de diseño, es decir:

$$(\phi P_n, \phi M_n) \geq (P_u, M_u)$$

El diagrama de interacción es la representación gráfica de todas las combinaciones de carga axial y momento flexionante que producen la falla sobre una columna. Cada punto del diagrama representa una coordenada $(\phi P_n, \phi M_n)$, un valor de la excentricidad y una profundidad c del eje neutro.

Dentro del diagrama de interacción mostrado en la figura 2, pueden ser identificados los siguientes puntos, (López, 2013):

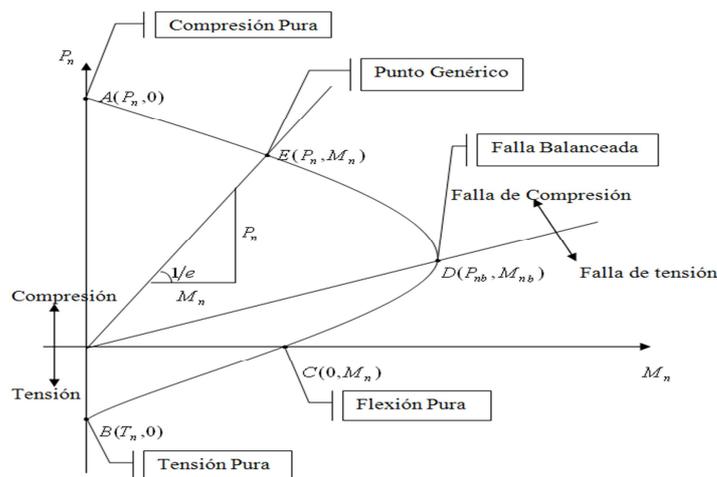


Figura 2. Diagrama de interacción típico de una columna sometida a flexo-compresión uniaxial.

Punto A. Compresión Pura

La resistencia de la columna viene dada por las ecuaciones deducidas para compresión pura.

$$P_n = 0.85f'_c(A_g - A_s) + A_s f_y$$

Dónde:

P_n = Carga Axial resistente de la columna

f'_c = Resistencia a compresión del concreto

A_g = Área general de la sección Transversal

A_s = Área de Acero

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero

Punto B. Tensión Pura

Cuando la columna se somete a tensión, se considera que el concreto no tiene ninguna capacidad de resistir tensiones por lo que el acero tendrá que soportar la fuerza de tensión total.

$$T_n = A_s f_y$$

Punto C. Flexión Pura. (Comportamiento de Viga)

El momento nominal resistente puede ser calculado a partir de las ecuaciones estudiadas en el tema de vigas sujetas a flexión, pero de manera más genérica puede ser evaluado a partir del proceso general definido en el último paso (Punto E).

Punto D. Falla balanceada

Esta condición corresponde al caso en que el acero alcanza la fluencia al mismo tiempo que el concreto su compresión máxima. Puede ser deducida al igual que el caso anterior con las ecuaciones de vigas sometidas a flexión, pero también será evaluado a través del proceso general que se desarrolla enseguida.

Punto E. Punto Genérico

El punto E representa la resistencia (P_n, M_n) que presenta una columna para una excentricidad dada. Esta resistencia puede ser evaluada a partir de las ecuaciones deducidas en el tema de Flexo-compresión.

El procedimiento para generar el diagrama de interacción de una columna es el siguiente:

1. Suponga un valor para la profundidad del eje neutro (c).
2. Determine la profundidad del bloque de esfuerzos (a).

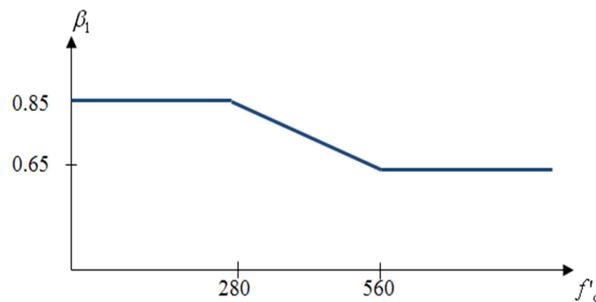
$$a = \beta_1 c$$

Dónde:

β_1 = Factor de reducción de resistencia

$$\beta_1 = 0.85 \quad \text{Si } f'c \leq 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\beta_1 = 1.05(1 - f'c/1400) \quad \text{Si } 280 \text{ Kg/cm}^2 \leq f'c \leq 560 \text{ Kg/cm}^2$$



$$\beta_1 = 0.65 \quad \text{Si } f'c \geq 560 \text{ Kg/cm}^2$$

Figura 3. Factor de reducción de resistencia β_1 .

3. Determine el nivel de esfuerzo en cada línea de refuerzo.

$$f_{si} = 6300 \left(\frac{d_i - c}{c} \right) \leq f_y$$

4. Determine la fuerza de compresión en el concreto.

$$C_c = 0.85 f'_c ab$$

- Determine la fuerza de Tensión o compresión en cada línea de acero, según sea el caso.

$$F_{si} = A_{si} f_{si}$$

- Determine la resistencia de la columna.

$$P_n = C_c + \sum F_{si}$$

$$M_n = C_c \left(\bar{x} - \frac{a}{2} \right) + \sum F_{si} \left(\bar{x} - d_i \right)$$

El diagrama de interacción así construido representa las resistencias nominales de una columna, a partir del cual se obtienen los diagramas de interacción de diseño a partir de llevar a cabo una estandarización de las variables involucradas en la resistencia de la columna. Ejemplo de un diagrama de interacción para diseño es el que se muestra en la Figura 4.

La regresión lineal es una técnica que permite cuantificar la relación existente entre diversas variables, todas ellas cuantitativas. Los dos objetos fundamentales de este análisis es por un lado determinar si las diversas variables están asociadas y en qué sentido se da dicha asociación (correlación de Pearson), y por otro lado, estudiar si los valores de una variable pueden ser utilizados para predecir y determinar el efecto en el valor de la otra.

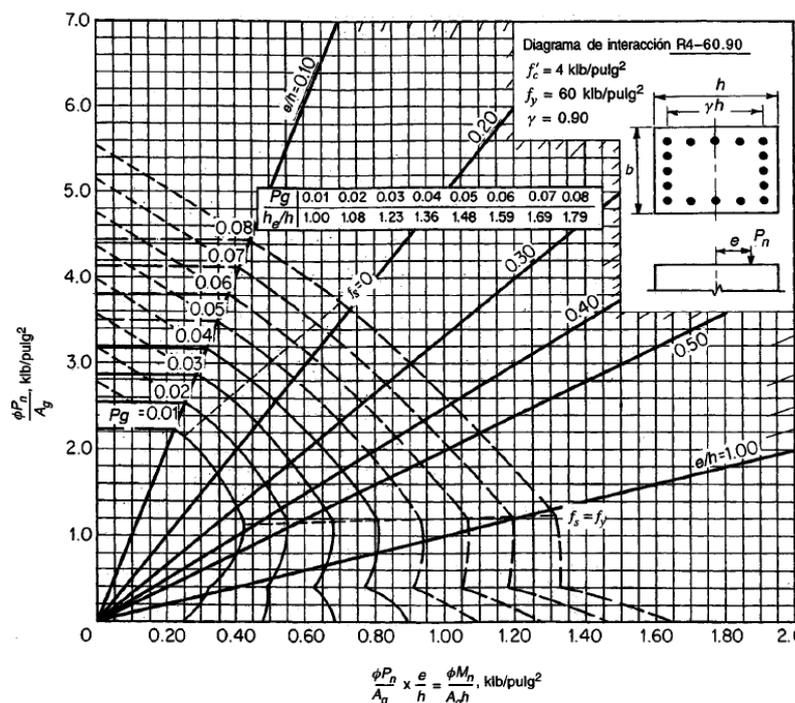


Figura 4. Diagrama de interacción típico para el diseño de columnas sometidas a flexo-compresión uniaxial. Tomado del libro Diseño de Estructuras de Concreto (Nilson, 1994)

En la regresión lineal existen dos tipos de variables, la variable independiente ubicada en el eje X y la variable dependiente ubicada en el eje Y.

Existen dos tipos de regresión lineal y se mencionan a continuación:

Simple: Una sola variable exógena (independiente).

Múltiple: Más de una variable exógena (independientes).

Cabe mencionar que el análisis de regresión lineal se determina en base a un diagrama de dispersión. Según Moore (2005) un diagrama de dispersión es la representación gráfica de la relación entre dos variables cuantitativas.

El coeficiente de correlación lineal es la medida numérica de la intensidad de la relación entre dos variables. El coeficiente refleja la consistencia del efecto que el cambio en una variable tiene sobre la otra. El valor del coeficiente de correlación lineal ayuda a determinar el grado de relación que guardan las dos variables. El coeficiente de correlación lineal siempre tiene valores entre -1 y 1. Un valor de +1 significa una correlación positiva perfecta, mientras que un valor de -1 significa una relación negativa perfecta. El valor del coeficiente de correlación r está definido por la fórmula del coeficiente de correlación de Pearson:

$$r = \rho_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{\sum(x - \mu_x)(y - \mu_y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Dónde:

σ_{xy} = Es la covarianza de (x , y)

σ_x = Es la desviación típica de la variable x.

σ_y = Es la desviación típica de la variable y.

El coeficiente de determinación (r^2) expresa la parte proporcional de un análisis indicando la varianza de los factores comunes, es decir, es el porcentaje de cuanto cambia una variable cuando la otra lo hace. Para el cálculo del coeficiente de determinación basta con elevar a la segunda potencia el valor del coeficiente de correlación. Es un indicativo del grado de correlación que existe entre los datos estudiados y el modelo analítico que los representa.

Metodología

Lugar de la investigación. Aplica para ser desarrollada en cualquier lugar.

Sujetos. Columnas de concreto rectangulares con refuerzo longitudinal en 4 caras.

Las variables consideradas en el presente estudio son:

VARIABLES INDEPENDIENTES:

Resistencia del concreto $f'_c = (200, 250, 300, 350, 400) \text{ Kg/cm}^2$

Porcentaje de refuerzo $\rho = (.01, .02, .03, .04)$

Recubrimiento del acero de refuerzo $\gamma = (0.75, .80, .85, .90)$

Excentricidad de la carga $e/h = (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9)$

VARIABLE DEPENDIENTE:

Resistencia a compresión: $\left(\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} \right)$

El modelo a construir es de la forma:

$$\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} = f(\rho, \gamma, e/h)$$

$$\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} = \alpha_0 + \alpha_1 \rho + \alpha_2 \gamma + \alpha_3 \left(\frac{e}{h} \right) + u$$

DÓNDE:

ϕ = Factor de reducción de resistencia.

P_n = Resistencia a compresión de la columna

A_g = Área gruesa de la columna. Producto del peralte y el ancho de la sección transversal.

f'_c = Resistencia a compresión del concreto.

$\rho = \frac{A_s}{bh}$ = Porcentaje de refuerzo en la columna.

$\gamma = \frac{h-2r}{h}$ = Recubrimiento del acero de refuerzo.

$\left(\frac{e}{h} \right)$ = Excentricidad de la carga dividida entre el peralte de la columna.

Instrumentos. Para el desarrollo del estudio fue una plantilla de Excel para generar los diferentes diagramas de interacción para cada uno de los valores de las variables involucradas. Una rutina para el análisis de regresión lineal múltiple incorporado dentro del programa de Excel.

Procedimiento. El procedimiento desarrollado para llevar a cabo el estudio fue:

1. Desarrollar la plantilla en Excel para trazar los diferentes diagramas de interacción cubriendo todo el rango de valores de las variables independientes y siguiendo el procedimiento para la construcción de diagramas de interacción descrito páginas arriba.
 2. Efectuar el análisis de regresión lineal múltiple con la rutina incorporada en Excel.
 3. Obtener la ecuación analítica que mejor representa al conjunto de datos obtenido de la base de datos, a partir de ensayar diferentes formas del modelo buscado.
 4. Obtener el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación para el modelo de regresión seleccionado.
 5. Determinar los porcentajes de error que arroja el modelo analítico construido.
 6. Calibrar el modelo con ejemplos prácticos para verificar el grado de precisión.
- El presente estudio es cuantitativo, correlacional, propositivo y transversal.

Resultados y discusión

En la base de datos construida se acotaron los valores de la excentricidad (e/h) entre 0 y 1, que conllevan a una falla de compresión en la columna. Se realizó el análisis de regresión múltiple considerando las variables ρ , γ y $Ln(e/h)$, lo cual arrojó resumen de resultados expresados en la Tabla 1. Se puede notar que el coeficiente de correlación tiene un valor de 0.9893 muy cercano a la unidad, lo que denota una correlación positiva casi perfecta con un error típico de apenas el 2.19%. El modelo analítico que mejor representa el conjunto de datos tiene la forma:

$$\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} = 8.4364\rho + 0.1992\gamma - .2563 \ln\left(\frac{e}{h}\right) - 0.0239$$

Tabla 1. Estadísticas de la regresión lineal para falla de compresión.

	Coefficientes	Error típico
Intercepción	-.02387	.0154
ρ	8.4364	.0910
γ	.1992	.0177
$Ln(e/h)$	-.2563	.0018
Coefficiente de correlación múltiple r		.9893
Coefficiente de determinación r ²		.9787
r ² ajustado		.9785
Error típico		.0219

Tabla 2. Estadísticas de la regresión lineal para falla de tensión.

	Coefficientes	Error típico
Intercepción	-.00059	.0152
ρ	3.2479	.0940
γ	.0895	.0179
$Ln(e/h)$	-.1057	.0032
Coeficiente de correlación múltiple r		.9740
Coeficiente de determinación r ²		.9487
r ² ajustado		.9473
Error típico		.0105

En la base de datos construida se acotaron los valores de la excentricidad (e/h) mayores a 1, que conllevan a una falla de tensión en la columna. Se realizó el análisis de regresión múltiple considerando las variables ρ , γ y $Ln(e/h)$, lo cual arrojó resumen de resultados expresados en la Tabla 2. Se puede notar en este caso que el coeficiente de correlación tiene un valor de 0.9740 muy cercano también a la unidad, lo que denota una correlación positiva casi perfecta con un error típico de apenas el 1.05%. El modelo analítico que mejor representa el conjunto de datos tiene la forma:

$$\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} = 3.2479\rho + .0895\gamma - .1057 \ln\left(\frac{e}{h}\right) - 0.0006$$

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de regresión lineal múltiple se concluye que es factible reemplazar toda la serie de ayudas gráficas que proporciona el ACI-318-11 por un modelo analítico de regresión lineal múltiple fácil y expedito de emplear en casos prácticos.

Para fallas de compresión con valores de excentricidad (e/h) entre 0 y 1 el modelo analítico queda representado por la ecuación

$$\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} = 8.4364\rho + 0.1992\gamma - .2563 \ln\left(\frac{e}{h}\right) - 0.0239$$

Con un error típico de 2.19%

Mientras que para fallas de tensión con valores de excentricidad (e/h) > 1 el modelo analítico queda representado por la ecuación

$$\frac{\phi P_n}{A_g f'_c} = 3.2479\rho + .0895\gamma - .1057 \ln\left(\frac{e}{h}\right) - 0.0006$$

Con un error típico de 1.05%

Referencias

- Bresler B. (1961). *Design Criteria for Reinforced Columns Under Axial Load and Biaxial Bending*. ACI Journal.
- Johnson R., Kubby, P. (2004). *Estadística elemental: Lo esencial (3ª Ed)*: Cengage learning editores.
- López D. (2013). *Estructuras de concreto II. Material didáctico para la clase no publicado*. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.
- McCormac J. (2002) *Diseño de concreto reforzado (4ta ed.)*. México, D.F. Editorial Alfaomega.
- Moore, D. (2005). *Estadística aplicada básica. (2da. Ed.)*. Barcelona, España: Antoni Bosch editor.
- Nawy, E. (2008). *Concreto reforzado. Un enfoque fundamental. (6ta Ed.)*. México D.F. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.Ec. 1
- Nilson, A (1995). *Diseño de Estructuras de Concreto. (11va Ed.)*, Colombia, McGraw Hill.

Capítulo IV. Estudio comparativo de costos en muros usando diferentes tipos de ladrillos de barro rojo recocido

Humberto Aceves Gutiérrez, Oscar López Chávez, Jorge Luis Galicia Ramos, José Luis Arévalo Razo y Arcenio Zazueta Moreno
Departamento de Ingeniería Civil
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. haceves_itson@hotmail.com

Resumen

El propósito del presente estudio es el de determinar el ahorro económico que se puede obtener derivado de una correcta selección de tabiques en un muro de una vivienda de clase media en Cd. Obregón, Sonora. En nuestra comunidad es muy común encontrar una diversidad de tamaños del tabique o ladrillo de barro recocido y no se toma en cuenta este aspecto creyendo que todos los ladrillos son del mismo tamaño ya que se considera erróneamente que es una medida estándar. La investigación fue realizada por maestros y alumnos de la carrera de ingeniero Civil como parte de los productos generados por la academia de Construcción correspondiente al departamento de Ingeniería Civil, para realizar el estudio y determinar los resultados obtenidos se utilizaron los conocimientos de los procesos constructivos y las técnicas de costo empleados para la presupuestación de obras civiles. Los resultados obtenidos permitieron demostrar que existe una diferencia significativa de aproximadamente el 5% por el concepto de muros y esto de manera masiva puede representar mayor número de viviendas o en caso de una sola vivienda que se le coloquen mejores acabados.

Introducción

La vivienda, es un edificio, o parte de él, destinado a ser habitado (Ulsamer, 2005). Como valor de cambio, en su proceso aparecen una serie de agentes que la producen, la promueven y la comercializan y, como tal. Se ofrece a un mercado real de demandantes para muchos de los cuales se vuelve cada vez más difícil adquirirla, por lo limitado de sus ingresos.

Para ellos la obtención de una vivienda se articula con factores económicos, políticos, sociales y culturales, en un país compuesto por una sociedad heterogénea y polarizada, para la cual siempre ha representado un bien duradero que, como propiedad, proporciona seguridad y herencia destinada a los descendientes del grupo familiar.

México padece un déficit estructural de vivienda tanto cualitativo como cuantitativo, que se manifiesta en la reducida oferta para la población de menores recursos económicos que difícilmente pueden ser sujetos de crédito ante los distintos organismos de financiamiento de las viviendas, por tanto resulta evidente la importancia que adquiere el financiamiento en la

composición de la demanda con esquemas dirigidos a la población de menores ingresos económicos. Pues la llamada vivienda popular tiene un costo de entre dos o tres veces el ingreso promedio anual de la mayoría de las familias mexicanas.

En resumen el problema de la vivienda no puede reducirse a una visión de mercado que focaliza solo el déficit, y su solución plantearse en términos de vivienda construida la problemática estriba, más que nada, en que la mayoría de la población no puede acceder a ningún tipo de financiamiento, o carece de ingresos estables para comprometerse con una deuda hipotecaria; lo anterior aunado a una crisis de desempleo intensificada en México durante los últimos años.

La construcción no es únicamente edificatoria, incluye la obra de la ingeniería como parte de su aportación temática, e indirectamente aquellas aportaciones sobre el conocimiento de los materiales utilizados, los métodos de cálculo para su validación la técnica y los procedimientos constructivos empleados, y los procesos intermedios, acondicionamiento ejecución, mantenimiento o restauración.

El empuje de la construcción en el último siglo, podríamos puntualizar incluso, a partir de los años cincuenta, se produce a tal velocidad que, tanto los materiales, como las técnicas y procedimientos constructivos con que se llevan a cabo en las obras de edificación como las de obra civil se someten a un continuo proceso de reciclaje y actualización (Ponce, Sánchez, 2007). Por ello resulta necesaria la implementación de métodos en la construcción, que logren una optimización de materiales y todos los factores que en ella intervengan, para lograr una baja en el costo de la vivienda; y así pueda estar dentro del alcance de los sectores más vulnerables de la sociedad.

Unos de los elementos que componen la vivienda son los muros, los cuales pueden ser de diversos materiales como los son tabique y ladrillo rojo recocido de diversa medidas, el block compuesto de una mezcla de cemento arena, panel W, o de materiales con propósitos sustentables como pacas de paja de trigo entre otros. Los muros en las construcciones representan entre el 14 y el 18 % del monto total de la obra (González, Robles, 2005).

En el caso de Cd. Obregón, Sonora, existe una gran tendencia a utilizar dos tipos de materiales uno es el block y el otro el tabique o ladrillo rojo recocido el cual desde hace muchos años se produce en la región y que presenta muy diversos tamaños y calidades, lo cual ha provocado que se traiga este producto de otras regiones como son Álamos o Querobabi al Norte de la ciudad de Hermosillo, Sonora, esto se ha realizado buscando diversos aspectos como son

la calidad, la economía y el acabado aparente de los muros , aun tomando en cuenta el costo del traslado de los mismos.

Planteamiento del problema

El alza de precios en materiales de construcción y mano de obra, es un problema social, que afecta a la población que tiene la necesidad de donde vivir pues esto representa un incremento directo en el costo de las viviendas, por esto es necesaria y vital la implementación de nuevos métodos constructivos para aminorar estos costos.

Si los tabiques de 5 x14 x 26 cms, son el común denominador en Cd Obregón, Sonora lo que provoca el uso de un determinado número de piezas por metro cuadrado en un muro y tomando en cuenta que con mayor frecuencia se esta comercializando tabique de la región de Álamos Sonora, principalmente por la calidad del mismo y su apariencia que es mucho mejor que la del tabique tradicional, surge entonces la interrogante de ¿Representa el uso del tabique de dimensiones 7 x 15 x 37 cms originario del municipio de Álamos Sonora un mayor costo por m² en la construcción de una vivienda , contemplando solo los costos de los materiales empleados?

Objetivo

Determinar cuál es la diferencia por m² en costos, de dos muros de tabique, uno de ellos con tabique de 6 x 14 x 26 cms y otro de la región de Álamos de 7 x 15 x 37 cms, utilizando una junta de cemento arena 1:4 de 2cms de espesor promedio y acabado aparente, utilizando para ellos las técnicas de análisis de costos y los precios de los materiales puestos en la obra en Cd Obregón, Sonora para abril del año 2014.

Hipótesis

El costo por M² de muro realizado con tabique de Álamos, Sonora, es de un 3 % a un 7 % más costoso del muro de tabique convencional de Cd Obregón Sonora, considerando solo los materiales, sin los aspectos de Mano de Obra.

La Hipótesis fue plateada con los criterios de (ITCH, 2003) que establece que este tipo de hipótesis unilaterales se desarrollan en un nivel de confianza o significancia de 90%.

Justificación

El hecho de variar las dimensiones de los tabiques en la construcción de muros de una vivienda, es para optimizar en materiales y por consiguiente el costos y tiempo, lo cual genera beneficios de tipo económico para el constructor como para el propietario de la vivienda. El propietario conocerá de una manera técnica y científica si el tabique de otra región es más costoso que usar el tabique tradicional lo que le permite tener una economía en el costo de la obra, de esta manera podrá destinar a otros conceptos de obra los importes ahorrados derivados del uso el tabique de la región una vez costeados por m². como puede ser ampliando espacios o teniendo mejores acabados, instalaciones o detalles que tuvo que descartar al inicio del proyecto por falta de presupuesto. También puede destinar el dinero para actividades ajenas de la obra, como invertir en su familia, educación de sus hijos, salud o adquirir otros bienes.

Si el propietario de la obra es un desarrollador de viviendas en fraccionamientos locales este podrá destinar el capital ahorrado a la construcción de más viviendas y por consiguiente podrá tener mayores utilidades.

El estudio es en Cd. Obregón Sonora , con costos de materiales y mano de obra del mayo del 2014 , se utilizó una mezcla de cemento arena 1: 4 de 2 cms de espesor promedio en ambos tipos de muro de acabado no aparente , .la vivienda es de un nivel, las medidas de los materiales (tabiques) son basada en la investigación de campo , los cantidades de los básicos de los materiales son tomadas de (Suárez, 2011).

Fundamentación teórica

La vivienda ha sido abordada y definida de muchos modos, pero casi todos coinciden en que es la casa, la morada, el lugar con límites definidos que proporcionan estabilidad y permanencia a sus moradores (Maya, 2000; Cortes, 1995). Si bien es cierto que la cantidad de viviendas construidas en los municipios es cuantiosa, esto es, la oferta, por el lado de la demanda el problema aun persiste, pues la vivienda no está siendo accesible para una parte importante de la población debido a su alto costo y, particularmente, a los bajos salarios que percibe gran parte de la población mexicana.

De acuerdo a (Sociedad Hipotecaria Federal, 2012), el rezago habitacional (RH) totaliza 9'037,690 hogares y representa 31.1% de las viviendas particulares habitadas del país. Por componente se registra como sigue: hacinamiento1 concentra 561,294 hogares, por su parte las

viviendas con materiales en deterioro 2 y regulares 3 agrupan 1'140,839 y 7'255,082 viviendas, respectivamente. El número de personas en RH asciende a 35'752,705, población equivalente a la de los estados de México, Distrito Federal, Veracruz y Oaxaca, considerados de manera conjunta.

En materia habitacional según señala (Sociedad Hipotecaria Federal, 2012), la política de gobierno federal ha sido la de mantener como objetivo ampliar el acceso a la vivienda a un número cada vez mayor de mexicanos procurando atender de manera prioritaria a los grupos de menores ingresos. El análisis de lo realizado en los últimos 5 años, permite a todos los involucrados en este proceso, hacer un balance de los resultados de la política y detectar nuevos fenómenos dentro del sector, a partir de lo programado y alcanzado

Sigue citando (Sociedad Hipotecaria Federal, 2012), que en el plan Nacional de desarrollo 2007-2012 se menciona que la demanda habitacional tiene su origen en el comportamiento demográfico de la población y tomado en cuenta estas tendencias en período(2005 -2030), se proyectan la necesidad de 650 mil nuevos hogares por año , con lo cual a este ritmo la demanda de vivienda en el periodo 2012-2018 alcanzará una demanda de vivienda de 3.9 millones que sumados a los 2.9 millones de viviendas en rezago se tendrá una demanda total de de 6 millones de vivienda .

A todos estos aspectos hay que agregar que debido al creciente número de trabajadores con bajos salarios, (GPS, 2014) señala que la industria de la vivienda en México se derrumbó, al pasar de 700 mil construidas en el 2010 a solo 250 mil en el 2014. Según reportes del INEGI, el banco BBVA y los organismos de la industria de la vivienda; es la inexistencia de suficientes mexicanos que ganen más de 5 salarios mínimos lo que hace inviable el invertir en la construcción de unidades habitacionales nuevas en el país y lo que domina ahora en el "mercado" es la venta de casas usadas, la ampliación o la remodelación de estas.

En México, la llamada Población Económicamente Activa o PEA, creció entre el 2010 a 2013 ha 52 millones de personas, y las que tienen ocupación dentro de estas pasaron de 44.2 millones a 49.6 millones. Sin embargo, un 91%, son personas que devengan salarios menores a los 5 salarios mínimos, lo que los descalifica como probables sujetos de los créditos del Infonavit, los cuales en realidad son de la banca y el organismo es solo un intermediario (GPS, 2014).

Los elementos de una vivienda son cimientos, estructura, Instalaciones diversas, muros, fachadas, acabados y losas (González, Robles; 2005). Todos ellos forman parte de los componentes del presupuesto de una vivienda unos en mayor proporción que otros, en este caso el análisis corresponde solo a los muros.

Dentro de las generalidades de los muros se pueden tener por su trabajo mecánico: (a) muros de carga, que reciben y soportan las cargas de la estructura y la transmiten a la cimentación; (b) muros divisorios, que separan espacios sin recibir carga alguna más que su propio peso y aíslan de calor, frío, humedad, etc.; (c) muros de contención o retención, que soportan empujes laterales y horizontales; (d) decorativos, con fines estéticos y arquitectónicos (García, 2008).

Los muros de los edificios se pueden construir de diferentes maneras usando diversos materiales. Con objeto de apreciar las diferentes técnicas de construcción y sus ventajas relativas, es necesario conocer las funciones de los muros en distintos sitios. Estos deben tener suficiente espesor para que los esfuerzos se mantengan dentro de los límites permisibles de los esfuerzos de compresión en los materiales del muro, por ejemplo, los tabiques y el mortero (Seeley, 2002).

Los materiales que intervienen en la construcción de los muros de tabique de arcilla recocida son los siguientes: (a) tabique; (b) cemento; (c) arena; (d) agua. Al sistema que engloba el proceso de colocación a mano de estos elementos y materiales se le conoce como mampostería.

Mampostería se entiende según Herrera y Madrid (s.f.) como “la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades... cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con el elemento que se va a construir y cuyo peso y tamaño depende del sistema de manejo que se vaya a emplear”.

Con relación a lo anterior, los materiales más usuales para la construcción en muros en nuestra región son el block y el tabique. La herramienta necesaria para la construcción de muros incluyen palas, la cuchara de albañil, nivel, plomada, hilos y regla.

El tabique, también conocido como tabique, es una pieza de pasta arcillosa en forma rectangular que es producida a través de un proceso de moldeo, secado y cocción a temperatura elevada, lo que le otorga las características de color, textura y resistencia.

Según Herrera y Madrid (s.f.), “El ladrillo o unidad de mampostería maciza, es un elemento prefabricado, con forma recta, macizo o con perforaciones, generalmente verticales, que no superan el 25% de su área bruta. Se utiliza para elaborar mamposterías (por lo general muros

de fachada), y es el responsable, en buena medida de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías.”

Seeley (2002) menciona acerca de los tabiques que “su tamaño pequeño y su variedad de colores y texturas los hacen una propuesta atractiva...” y los clasifica de acuerdo a su variedad y función como: (a) Comunes: adecuados para la obra general de edificación pero generalmente de mala apariencia; (b) para fachada: hechos especialmente o escogidos para dar una apariencia atractiva; (c) de ingeniería: fuertes para límites de absorción y resistencia.

Las piezas de tabique se colocan y se unen con mortero, mezcla constituida por el ligante o conglomerante, áridos finos o aglomerados, agua de empaste y eventualmente aditivos químicos y adiciones que le otorgan características especiales (Guía Técnica de Morteros, s.f.).

Mortero, en su definición más general es toda mezcla de [cemento + arena+ agua] y de acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra. De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros en relación 1:n queriendo indicar por partes de cemento:arena, haciendo uso para este análisis la dosificación 1:4. Los morteros premezclados húmedos, aquellos constituidos por materiales cementantes, agregados, agua y eventualmente aditivos, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. Los morteros premezclados secos, que son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados secos y aditivos en polvo, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. El proceso de mezclado del mortero seco debe concluirse en la obra, con la adición de agua, siguiendo las recomendaciones hechas por el fabricante.

Además los morteros se pueden clasificar según el material cementante que se utilice en la mezcla. Comúnmente se usan como ligantes, materiales que por efecto químico unen los componentes del mortero, el cemento Portland, cal, cemento de albañilería o una combinación de éstos (Seeley, 2002). En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen total de material; no obstante su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje (Salamanca, 2001).

Los costos en los general de acuerdo a (Suárez, 2011,) se clasifican en directos e indirectos, los que forman parte de este trabajo, son los costos directos, que se definen todos los gastos en que se incurra para realizar el trabajo como por que intervienen directamente en la realización del trabajo directamente atribuibles al mismo. Sus componentes pueden ser, la mano de obra, los materiales, equipo menor, equipo mayor, herramienta menor y mando intermedio.

En México (Hernández, Domínguez, s.f), establecen que el 80% del costo corresponde a los materiales y el 20% a la mano de obra. Esto coincide con lo planteado para Cuba, en obras de estructura y arquitectura: materiales 70%, mano de obra 20% y equipos 10%, a pesar de que se emplean tanto técnicas semiartesanales como alta tecnología para la construcción de viviendas. De aquí la importancia y área de oportunidad del presente trabajo.

Metodología

Participantes. Para la elaboración del presente proyecto se contó con la colaboración de 3 Profesores de Tiempo Completo y dos alumnos de práctica profesional, ellos del Instituto Tecnológico de Sonora, del programa de Ingeniería Civil

Instrumentos. Las herramientas que se utilizaron para llevar a cabo la investigación fueron, Auto CAD: Programa para dibujar y diseñar, formatos para realizar cuantificación de conceptos de obra en Microsoft Excel, Opus: Software auxiliar en el área de presupuestos de obra, Microsoft Word: Herramienta para redactar el informe y plasmar resultados, información bibliográfica para brindar sustento a la investigación.

Procedimiento. Se seleccionó una variedad de tabiques de barro rojo recocido sobre el cual se trabajó. Se realizó el concepto de un metro cuadrado de muro de tabique para cada una de sus variaciones, mencionando sus especificaciones y unidades según sea el caso. Se procedió a cuantificar los conceptos de obra según sus unidades, Se investigaron los precios de los materiales utilizados, en cotizaciones hechas en Ciudad Obregón en mayo del año 2014, luego se dieron de alta en Opus, en el caso de la mano de obra, se crearon grupos de trabajo y sus rendimientos de acuerdo a sus actividades, según Suárez Salazar como lo presenta en su obra *Costo y tiempo en edificación*. Por medio de Opus se generó un presupuesto, donde los costos generados presentan factor de indirectos. Se sacó un presupuesto para cada uno de los procesos constructivos y así se realizó una comparación del precio de ambos métodos. Se hizo una comparación de ambos presupuestos. Se transforman en nuevas categorías y concepciones organizadas.

Tabla 1. Presupuesto de los Muros.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PU	IMPORTE
001	Muro de tabique rojo recocido 5 x 14 x 26 cms de 14.00 cms de espesor acabado no aparente, asentado con mezcla cemento arena 1:4, de 2 cms de espesor elevación manual hasta una altura de 4.00mts, acarreo horizontal en carretilla a una distancia de 8.00 mts incluye material, mano de obra, herramienta.	M2	176.16	\$ 429.56	\$ 75,671.29
002	Muro de tabique rojo recocido 7 x 15 x 37 CMS, procedente de Álamos , Sonora de espesor acabado no aparente, asentado con mezcla cemento arena 1:4, de 2cms de espesor elevación manual a hasta una altura de 4.00mts, acarreo horizontal en carretilla a una distancia de 8.00 mts incluye material puesto en obra, mano de obra, herramienta.	M2	176.16	S 451.73	\$ 79,576.76

En la tabla se presentan los presupuestos de los dos tipos de muros, sus características, los volúmenes de obra, los precios unitarios a costo directo y el importe de cada uno de ellos, con el propósito de que sirva para analizar el correspondiente análisis.

Resultados y discusión

Realizando un análisis de la tabla 1, podemos observar que mientras en el tabique convencional se generó un concepto con un precio unitario de \$ 429.56 el segundo, con el tabique de Álamos se generaron un precio unitario de \$ 451.73., esto no corresponde solo a la diferencia de los tabiques, sino que esta implícito que también existe una diferencia en el costo de la junta de cemento arena 1; 4, derivado de que el ancho de las piezas es diferente, mas no la longitud ya que esta corresponde a un ml, por otro lado el número de hiladas verticales y horizontales varia.

Por lo tanto son varios los factores que alteran el costo unitario del muro, no solo el tamaño del tabique o la cantidad de la mezcla para elaborar la junta, pues como se puede observar en el estudio a pesar de que el muro compuesto por el tabique de Álamos requiere un 45% menos elementos de barro rojo recocido, su precio es mayor que el del tabique tradicional local.

Finalmente el diferencial del presupuesto de los muros es de \$3,905.47, que en relación con el costo del muro con tabique convencional, representa un 5.16% más alto que el del tabique de Álamos.

Conclusiones

Podemos concluir como parte del presente estudio, que la hipótesis planteada se cumple ya que el rango establecido es del 5.16% y queda comprendido dentro del 3 al 7% establecido, todo ello solamente en relación con los materiales que intervienen y en las condiciones establecidas para el estudio y por tanto el muro con tabique convencional es más económico.

Este diferencial puede crecer si las construcciones son masivas o si se incrementa el número de m² de la vivienda y sin embargo puede desaparecer o revertirse al considerarse que el muro es de acabado aparente.

Referencias

- García, J. L (2008). *Manual de Técnico Construcción*. México: Ed. Fernando Porrúa.
- GPS Económico (2014). *Bajos salarios derrumban la industria*. *Regio.com* [en línea] 16 de de Enero 2014, recuperado el 15 de mayo del 2014 <http://elregio.com/editoriales/gps-economico/86005-bajos-salarios-derrumban-industria-de-la-vivienda.html>
- González, Robles; (2005). *Fundamentos del concreto reforzado*. Editorial Limusa S.A. De C.V. 4a edición. México
- Hernández, D. I y Domínguez, C.A.(s.f.). *El costo en la construcción de viviendas: realidades y perspectivas*. s.f., Centro Universitario Municipal, recuperado el 13 de mayo del 2014 de <http://xn--caribea-9za.eumed.net/wp-content/uploads/viviendas.pdf>
- Herrera, A. M., & Madrid, G. G. (s.f.). *Manual de Mampostería de Concreto*. Colombia.
- ITCH (2003). *Instituto Tecnológico de Chihuahua*. Recuperado el 3 de junio de 2014, de Instituto Tecnológico de Chihuahua: <http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/estadistica1/toc.html>
- Maya (2000). *La producción de vivienda del sector privado y su problemática en el municipio de Ixtapaluca*. UNAM México.
- Seeley, I. H. (2002). *Tecnología de Construcción*. México, D.F.: Limusa, S.A. de C.V.

Sociedad Hipotecaria Federal (2012). *México: Rezago habitacional, Demanda de vivienda 2012 y Bono demográfico*. Abril, 2012, recuperado el 10 de mayo del 2014 de http://www.cmic.org/comisiones/sectoriales/vivienda/2012/SHF/lo_nuevo/RH_y_Demanda_de_vivienda_2012.pdf

Sociedad Hipotecaria Federal (2012). *Estado actual de la vivienda en México, 2012*, recuperado el día 10 de mayo del 2014 de <http://www.shf.gob.mx/estadisticas/costoanualtotal/CAT2010/Documents/Entrega%202012.pdf>

Suárez Salazar (2011). *Costo y tiempo en edificación*. 3ª edición. Limusa México.

Guía Técnica de Morteros. (s.f.). Recuperado el 12 de Septiembre de 2013, de Klaukol: http://www.matransrl.com.ar/fichas/Klaukol/guia_morteros.pdf

Ulsamer, Federico (2005). *Como se proyecta una vivienda*. Barcelona (España).

Capítulo V. Verificación del grado de confort térmico de los espacios de una vivienda de interés social orientada al Este, en un fraccionamiento Residencial en Ciudad Obregón, Sonora

Humberto Aceves Gutiérrez, Oscar López Chávez, Jorge Luis Galicia Ramos, José Luis Arévalo Razo y Jorge Alberto Morando Rivera
Departamento de Ingeniería Civil
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. haceves_itson@hotmail.com

Resumen

De manera general para evitar las condiciones adversas de temperatura en la región del sur de Estado de Sonora se utiliza el aislamiento térmico y un mismo tipo de material para construir las viviendas sin tomar en cuenta que las condiciones de temperatura, humedad y sensación térmica varían de acuerdo al espacio de la vivienda y a las condiciones en las que cada uno está expuesto. La investigación fue apoyada por PROFAPI 2013 y en vinculación con una empresa local desarrolladora de viviendas, fue realizada por maestros y alumnos de la carrera de ingeniero Civil como parte de los productos generados por la academia de Construcción correspondiente al departamento de Ingeniería Civil. Para realizar el estudio se utilizaron los conocimientos de construcción y de medio ambiente, mientras que en la determinación de los espacios con mejores condiciones de confort se estableció esta zona de en el rango de sensación térmica entre 21° a 27° centígrados, con esto se logró conocer los espacios que requieren aislarse térmicamente y cuáles no, proponiendo una alternativa de protección del asolamiento más económica que disminuya las condiciones térmicas adversas y que pueden representar un ahorro económico para los dueños de las viviendas o los desarrolladores de las mismas. El trabajo fue realizado en un fraccionamiento de Cd. Obregón Sonora en una vivienda de dos plantas, con block en muros y el sistema de vigueta y bovedilla en las losas, durante el período comprendido entre Septiembre del 2013 y enero del 2014.

Palabras clave: vivienda, temperatura, confort, humedad.

Introducción

México tiene una variedad de climas que van desde el templado hasta el cálido seco y el cálido húmedo; sin embargo pese a esta variedad de climas, más del 70% corresponde a climas cálidos y de este 70% casi el 50% es clima seco o muy seco. Aunque predomina el clima cálido, existen regiones del territorio nacional, particularmente la zona norte y las regiones montañosas, donde estacionalmente se presentan bajas temperaturas (INEGI, 2010).

En el noroeste del país, que es considerada una región de las más cálidas del país, se registran normalmente valores de temperatura mayores a los 40 ° C, como es el caso de Mexicali en Baja California y Hermosillo en Sonora por nombrar algunos ejemplos (CONAGUA, 2010).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2010) reportó un incremento extraordinario en la temperatura de 44 °C y una sensación térmica de 57 °C a la sobra, esto en ciudad Obregón, Sonora, en julio de 2013, lo cual afecta directamente a todos los que habitamos en esta ciudad, provocando un malestar físico directo sobre nuestro cuerpo que pueden provocar problemas de salud desde leves a graves. Esto es generado por dos elementos uno la temperatura del medio ambiente y otro la humedad que en su conjunto provocan la sensación térmica dentro de la cual se inserta el concepto de confort térmico que según (ASHRAE) se define como aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico

La investigación realizada forma parte de diversos estudios que el Instituto Tecnológico de Sonora ha estado realizando en el Departamento de Ingeniería Civil, en la academia del boque de construcción y en vinculación con desarrolladores de vivienda locales con el propósito de apoyarlos a que las viviendas que ofertan cumplan con las mejores condiciones de confort posible, de tal manera que los clientes se vean beneficiados

Como parte de estos trabajos de investigación –vinculación en junio de 2013 se presentó un estudio titulado “Comportamiento del confort térmico en 4 casas habitación de acuerdo a su orientación”, en el cual se comparaban la temperatura y la humedad relativa (factores de la sensación térmica) de cuatro casas de interés social con diferente orientación, para así determinar cuál de las orientaciones es la más bioclimáticamente aceptable, de lo cual se obtuvo que la casa con mejor confort térmico en el período de prueba de marzo-mayo 2013 fue la casa orientada hacia el norte y la de menor confort térmico en el período de prueba la casa orientada hacia el sur.

Planteamiento del problema

A partir de los años cuarenta, pero sobre todo cuando México se volvió una potencia petrolera, el país experimentó un acelerado proceso de urbanización, sobre todo en el norte del país, por la actividad industrial y agrícola, y en las zonas costeras, debido a la pesca y al turismo. Ciudades como Mexicali, Hermosillo o Chihuahua, pudieron crecer hasta superar los 600 mil habitantes, todo esto gracias a la disponibilidad de energía eléctrica a precios subvencionados.

A pesar de lo anterior, el sector de la construcción en México, sobre todo el sector habitacional, no ha experimentado cambios que reflejen una preocupación por el medio ambiente, el ahorro de energía ni el confort de los usuarios, por lo regular las viviendas se diseñan y construyen bajo criterios predominantemente comerciales.

Esta situación se puede dar por el desconocimiento del comportamiento térmico de los diferentes espacios de la vivienda lo que provoca que en muchas ocasiones el aislamiento térmico no se haya colocada en los espacios que realmente lo requieran o en el peor de los casos se queden sin aislamiento. Esto provoca que cuando un cliente adquiera una vivienda, en lo primero que tiene que invertir es en la colocación de un aislante térmico que le mejore las condiciones de confort, sólo que la pregunta es ¿Dónde colocar este aislamiento de una manera óptima en una vivienda con orientación hacia el este? ¿Cuál de las habitaciones de una vivienda en el fraccionamiento Las Misiones ubicada hacia el este es la más confortable, con respecto a las inclemencias del clima de Ciudad Obregón Sonora?

Objetivo

Verificar el comportamiento térmico de cada habitación de la vivienda determinado la habitación de menor confort en la vivienda orientada hacia el este en el fraccionamiento Las Misiones Residencial de Ciudad Obregón Sonora, con la finalidad de minimizar los costos por aislamiento térmico así como los costos de energía eléctrica provocada por los aparatos para acondicionamiento climático.

Fundamentación teórica

El Municipio de Cajeme presenta un clima cálido, semidesértico, poco extremo con tendencia a cálido seco durante la mayor parte del año. Las lluvias suelen presentarse durante los meses de julio, agosto, y septiembre. Estas lluvias, según el Anuario Estadístico Municipal de Cajeme (2009).

La real academia española define temperatura como la magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente; Ciudad Obregón cuenta con temperaturas máximas elevadas oscilando entre los 35°C y los 50°C (CONAGUA, 2009).

INEGI (2009) define vivienda como el espacio delimitado normalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente.

Organi-k en 2011 define que la vivienda sustentable debe ser capaz de optimizar varios recursos para entonces ser capaz de generar y sostener su propias demandas tales por ejemplo como electricidad, ventilación y almacenamiento del agua a través de actos de la naturaleza tales como la lluvia, la luz solar, los acuíferos subterráneos, neblina, aire, todo esto sin comprometer el

confort de sí misma, esto se debe lograr para no comprometer los recursos de las futuras poblaciones.

Una casa ecológica es aquella que debido a la forma que tiene y a los materiales con los que está construida (respetando el medio ambiente) y según los criterios bioclimáticos del lugar, debe de presentar las condiciones de un mayor ahorro energético y económico para los residentes de la vivienda, y por lo tanto un crecimiento sostenible (Schleifer, 2007).

El confort es aquello que produce bienestar y comodidades. Cualquier sensación agradable o desagradable que sienta el ser humano le impide concentrarse en lo que tiene que hacer. La mejor sensación global durante la actividad es la de no sentir nada, indiferencia frente al ambiente. Una temperatura de confort es la temperatura en la que el cuerpo se siente cómodo, esta temperatura se suele utilizar en los comercios para crear un espacio agradable al usuario (Triveri, 2008).

El concepto de temperatura está ligado casi de una manera indivisible con la humedad el cual es un término que indica la concentración de vapor de agua a la atmósfera y es un factor importante a la hora de definir la sensación de calor o sensación térmica dentro de la vivienda (Rechea, 2002). El mecanismo por el cual se elimina el calor del organismo es a través de la transpiración, cuando más humedad haya, menor será la transpiración; por eso es más agradable un calor seco que un calor húmedo (Guasch, 2007). El cuerpo humano mantiene una temperatura de 37 °C esto se logra mediante la sudoración, que tan fácil o difícilmente logra el cuerpo esto depende de la temperatura así también como de la humedad del ambiente.

La sensación térmica según (Gutiérrez, 1991) se define como una cantidad que expresa el malestar que se siente como un resultado de los efectos combinados de la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del viento. De modo que la sensación térmica se puede entenderse como una temperatura que está en función de la temperatura de un termómetro simple y la humedad relativa del área.

La carta bioclimática de (Olgay, 1973), determina que por la temperatura del aire entre los 21° C y los 27° C y la humedad relativa entre 20% y 75%, con una zona de exclusión para el aire demasiado cálido y húmedo (sudor).

Metodología

El presente trabajo se elaboró con un enfoque cuantitativo, con un nivel descriptivo y su aplicación es para un proyecto factible. La ubicación de la zona de estudio se localiza en Cd.

Obregón, en los 27°27'45.86"N de latitud norte y a los - 109°54'31.74"O de longitud al oeste del meridiano de Greenwich (CAJEME, 2009).

A continuación se hará mención de los instrumentos y el procedimiento que se llevó a cabo para la determinación del comportamiento térmico.

Instrumentos:

Papelería

Formatos de Convenios de trabajo.

Sensores Data logger para la medición de humedad y temperatura

Cámara fotográfica y de video

Computadora

Impresora

Procedimiento:

1. Se Formalizaron los acuerdos de trabajo con la empresa fraccionadora donde se realizó el estudio.
2. Seleccionaron los sensores de medición de humedad y temperatura.
3. Se Seleccionó la vivienda motivo del estudio.
4. Se colocaron y monitorearon los sensores en las viviendas.
5. Se procedió a la recolección de información generada por los sensores relacionada con la temperatura y humedad.
6. Con el apoyo de software adecuado se procedió a Elaborar gráficas e interpretar la información obtenida.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el estudio así como las gráficas comparativas más relevantes del mismo.

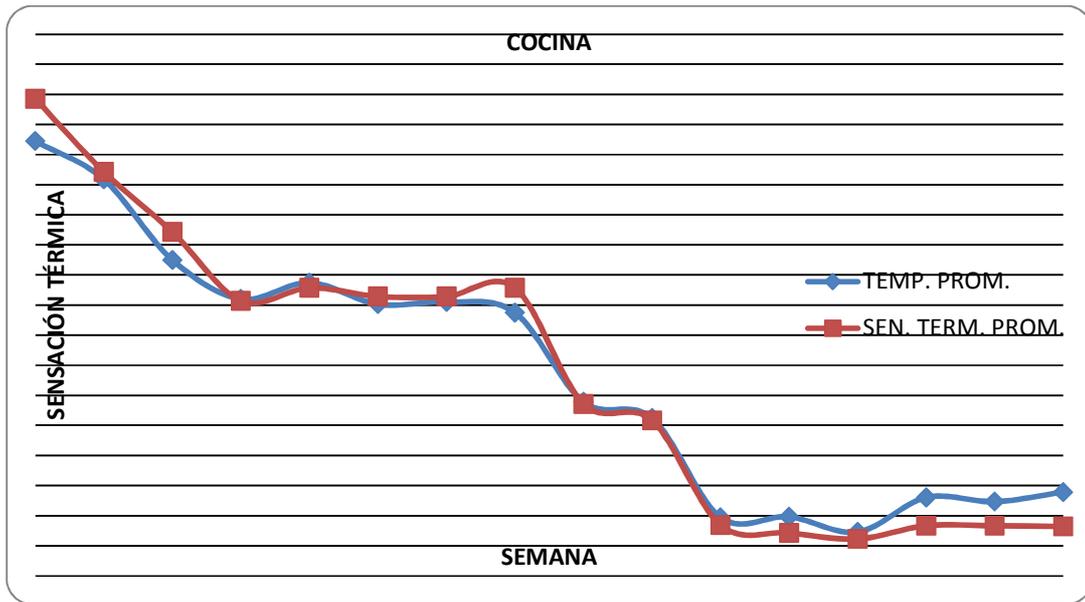


Figura 1. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la cocina.
Fuente: elaboración propia.

En la cocina que corresponde a la figura 1 se observan gráficas escalonadas descendentes, con una sensación térmica máxima de 33.8°C , así como una diferencia de temperatura de 1.41°C . A diferencia de las gráficas anteriores se percibe que hay una mayor variación del comportamiento de las curvas, ya que, la sensación térmica es mayor a la temperatura de la semana 1 a la 4 y de la semana 6 a la 9, en los lapsos de la semana 4 a la 5 y de la 9 a la 16 se invierten los resultados teniendo ahora que las mayores temperaturas son las registradas que las de la sensación térmica, en algunos casos esta es una diferencia de temperatura de 0.1°C .

La figura 2 corresponde a la recámara principal, al igual que en el caso anterior las gráficas son descendentes con una sensación térmica máxima de 35.8°C , con una diferencia de temperatura máxima de 3.53°C . la sensación térmica es mayor de la semana 1 a 3 y de la semana 5 a la 7, den el período de la semana 4 a la 5 hay una diferencia de 0.5°C , después de la semana 7 la sensación térmica es menor a la temperatura registrada.

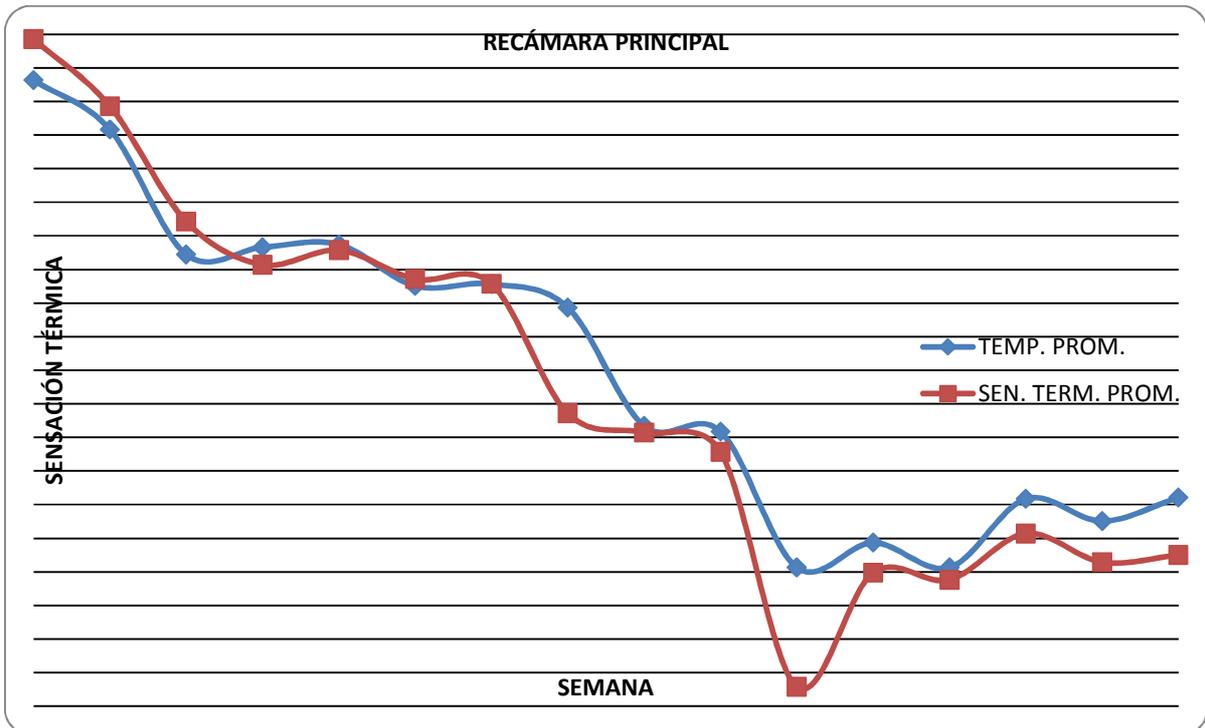


Figura 2. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la recámara principal.
Fuente: elaboración propia.

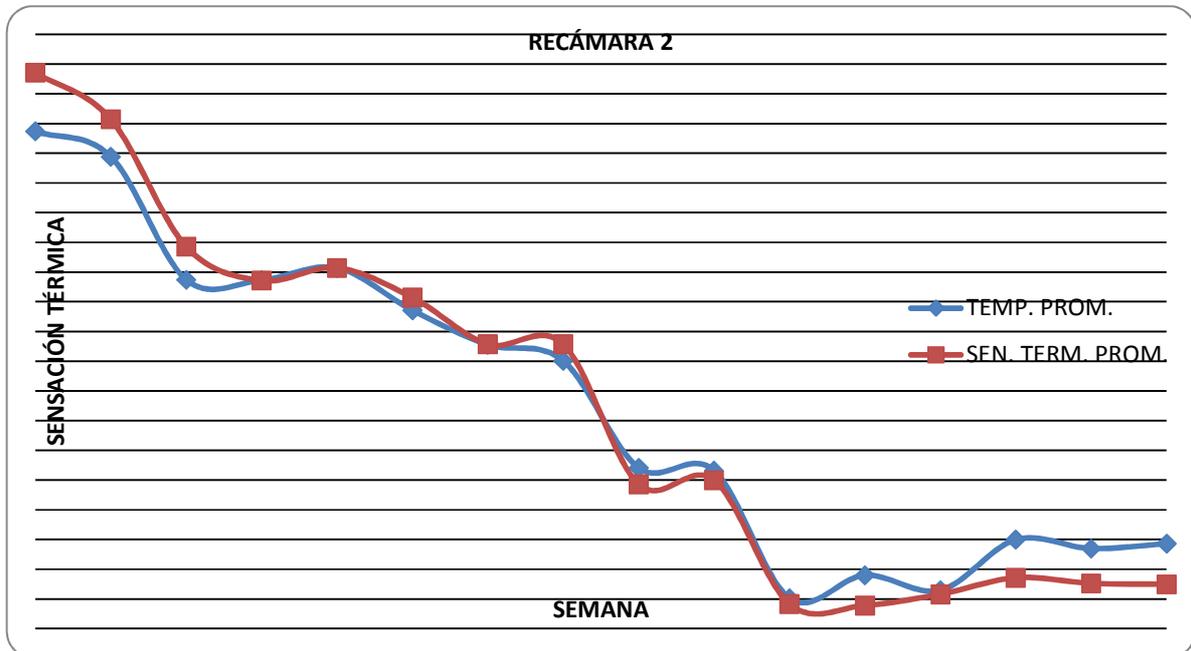


Figura 3. Comparación de temperatura promedio contra sensación térmica registrada en la recámara 2.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 de la recámara 2, se ilustran gráficas descendentes con una sensación térmica máxima de 36.71 ° C, de igual manera una diferencia de temperatura máxima de 1.97 ° C, manteniendo una sensación térmica mayor a la temperatura hasta la semana 8, después de la semana 9 la sensación térmica presenta es menor a la temperatura registrada.

Mediante la siguiente gráfica comparativa se realizó un análisis de la sensación térmica registrada en cada una de las habitaciones

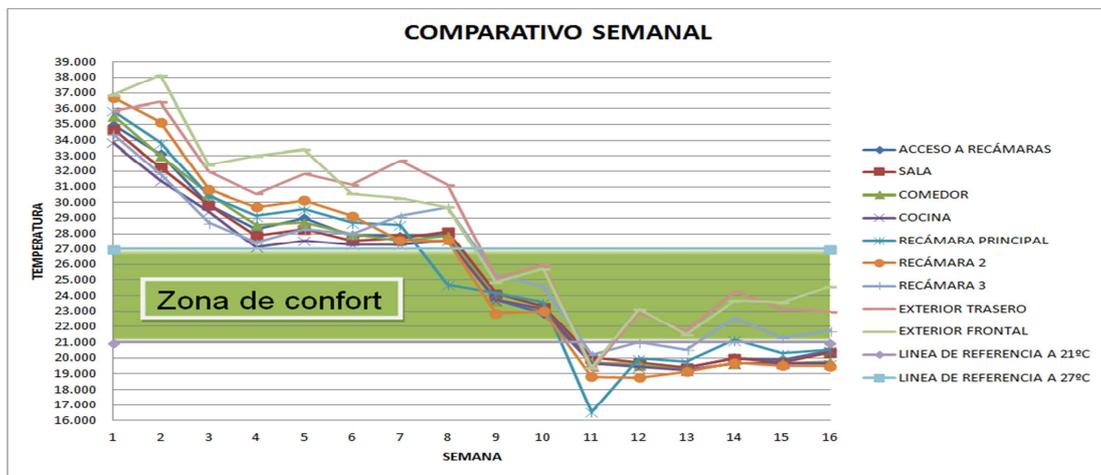


Figura 4. Comparativa semanal de cada habitación de la vivienda y las lecturas exteriores frontal y trasera.
Fuente: elaboración propia

Del análisis de la figura 4 se obtuvieron los siguientes resultados:

- La habitación con menor confort térmico es la recámara 2.
- La habitación de mayor confort térmico fue la cocina.
- Las habitaciones obtuvieron una sensación térmica de confort desde la semana 3 en adelante.
- En la primer semana la recámara 2 obtuvo una sensación térmica mayor a la registrada en la intemperie.
- La recámara 2 tuvo un comportamiento térmico muy diferente al que tuvo la recámara 3.
- La recámara principal registró la temperatura más baja en el período de estudio.
- Todas las habitaciones tuvieron un comportamiento térmico descendente y similar, pero diferente al que se registro al exterior de la vivienda.

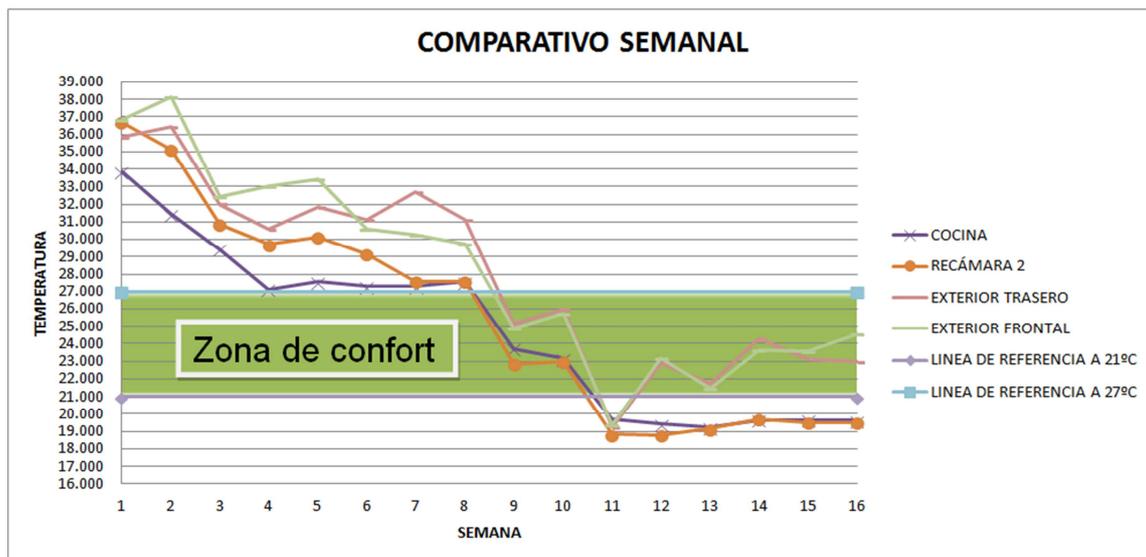


Figura 5. Comparativa semanal de la recámara 2, cocina y la lectura exterior trasera y delantera.
Fuente: elaboración propia.

Se observa en la figura 5 una comparación entre la cocina y la recámara 2 que corresponden al peor y mejor comportamiento térmico respectivamente y las temperaturas del exterior trasero y delantero, en ella se puede ver que las temperaturas más agradables se dan al estar dentro de la vivienda y no en el exterior, los diferenciales presentados son de 3 a 5 °C aproximadamente.

Discusión

Haciendo énfasis en la recámara 2, es el espacio con menor confort térmico, lo cual se entiende ya que en el registro en general es la que más se aleja de la zona de confort. De igual manera es importante tomar en cuenta que las recámaras 2 y 3 tiene una diferencia de comportamiento térmico muy grande a pesar de tener condiciones similares, como son las dimensiones de las habitaciones y la localización de la ventana. En la figura 5 se observa más claramente que la recámara 2 obtiene una temperatura mayor a la registrada en la intemperie esto en el lapso de la semana 1 a la 2.

Conclusiones

Como se mencionó anteriormente la recámara 2 fue la que obtuvo comportamiento térmico más desfavorable, por lo que se le recomienda instalar una capa de aislante térmico en la zona de la azotea de la recámara para minimizar el incremento y decremento de temperatura.

Después en la discusión de resultados si hizo referencia a la diferencia entre el comportamiento térmico de las recámaras 2 y 3, de la cual se puede llegar a la conclusión que el asoleamiento que se presento en una pared incremento la temperatura en las recámaras 2 y principal pero no afecto la recámara 3.

Como conclusión general al estudio se determinó que la vivienda se mantuvo en la zona de confort desde la semana 8 hasta la 11, pero haciendo consideraciones generales de la semana 4 a la 8 y de la semana 11 a la 16 se mantuvo apegada a la zona de confort lo cual se puede considera como una zona de sensación térmica agradable.

Referencias

- ASHRAE (s.f.). <https://www.ashrae.org/>. Recuperado el 14 de FEBREO de 2014, de <https://www.ashrae.org/education--certification/online-learning>
- CAJEME (2009). *Anuario Estadístico 2009*. Cd. Obregon: CHAN JIMÉNEZ .
- CONAGUA (2010). <http://www.conagua.gob.mx/>. Recuperado el 2014, de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77
- CONAGUA (2009). <http://www.conagua.gob.mx/inicio.aspx>. Recuperado el 14 de febrero de 2014, http://smn.cna.gob.mx/index.php?searchword=SONORA&searchphrase=all&Itemid=2&option=com_search
- Real Academia de la lengua (2001). *Diccionario de la Real Academia de la lengua*. Recuperado el 26 de febrero de 2014 de <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=IHY443zYADXX29EFoJ1f>
- Guasch, J. (2007). *Confort térmico*. Barcelona, España: INSHT. Servicio de Ediciones y Publicaciones.
- Gutiérrez, J. A. (1991). *El clima urbano de Bahía Blanca*. Buenos Aires: casa del libro.
- INEGI (2010). <http://www.inegi.org.mx/>. Recuperado el 29 de enero de 2014, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/espaciales/revista-inter/RevistaDigital4/Doctos/RDE_04_Art07.pdf
- INEGI (2009). <http://www.inegi.org.mx/>. Recuperado el 2014 de marzo de 28, de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/espaciales/revista-inter/num_1_2010/Doctos/RDE_Num01_Nov2010_Art01.pdf
- Olgay, O. &. (1973). *Solar control and shading devices*. New Jersey: Ed. Princenton University Press.

Organi-k. (2011). <http://www.organi-k.org.mx/>. Recuperado el 26 de enero de 2014, de http://www.organi-k.org.mx/nsp/viewpage.php?page_id=19&c_start=220

Rechea, F. J. (2002). *Bases de la física medioambiental*. Barcelona: Ariel, S.A.

Schleifer, S. (2007). *Pequeñas casas ecológicas*. Alemania: J.B.METZLER.

Triveri, F. (2008). *Sensación térmica: lo que mata es la humedad*. Revista de la construcción , 44-46.

Capítulo VI. Determinación del grado de CO₂ de una vivienda de interés Social

Humberto Aceves Gutiérrez, José Manuel Campoy Salguero, Oscar López Chávez, José Luis Arévalo Razo, Ángel Moreno Vega y Laura Elena Soto Palafox
Departamento de Ingeniería Civil
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. haceves_itson@hotmail.com

Resumen

El propósito del presente estudio es el determinar las cantidades de CO₂ que se generan al construir una casa habitación en su etapa de obra negra con la utilización de los materiales de uso más común en la región sur del Estado de Sonora, ya que se sabe que la industria de la construcción es responsable en gran medida de la contaminación al consumir alrededor de un 50% de los recursos naturales del mundo. La investigación fue realizada por maestros y alumnos de la carrera de ingeniero Civil como parte de los productos generados por la academia de Construcción correspondiente al departamento de Ingeniería Civil, para realizar el estudio y determinar los resultados obtenidos se utilizaron los conocimientos de los procesos constructivos y las técnicas de cuantificación empleados para la presupuestación de obras civiles, los resultados obtenidos muestran que la construcción de una casa habitación de 100.7 m² de construcción produce poco más de 25 toneladas de CO₂ por los materiales utilizados en su proceso constructivo lo cual es bastante comparado con otras industrias.

Introducción

En los últimos años, los problemas de contaminación han adquirido tal magnitud y diversidad que la sociedad ha ido tomando cada vez mayor conciencia de los riesgos actuales, y más aún, de los potenciales. Como resultado de la presión social generada, quienes toman las decisiones muestran una creciente voluntad política para resolver los problemas. Ahora, es necesario que especialistas sólidamente formados les ofrezcan soluciones realistas. En la industria, la condición de sostenibilidad implica la reconversión tecnológica para volver los procesos más eficientes en el uso de materiales, insumos y recursos naturales sin contaminar (Fúquene, 2007).

La mayor parte del dióxido de carbono se produce en la respiración y, en gran medida, en las combustiones de productos fósiles (petróleo y carbón). Debido al desarrollo industrial el nivel de CO₂ en la atmósfera ha aumentado de modo alarmante durante los últimos años. Por otra parte se sabe que al aumentar la concentración de CO₂ en la atmósfera aumenta la energía que queda en la tierra procedente del sol y ello lo hace en forma del calor, este efecto se conoce como el efecto

invernadero, y es causado por la transparencia del CO₂, que por una parte permite pasar mejor la radiación solar y por otra provoca una mayor retención de la radiación infrarroja emitida (Soledad, 2009).

Planteamiento del problema

La industria de la construcción es responsable de más de la tercera parte de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂) y genera cerca del 40% de los residuos generados por la humanidad (Starke, 2007).

En términos estadísticos, se puede decir que el sector de la Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados. Las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2002 fueron de 553 millones de toneladas en CO₂ equivalente y registran un incremento del 30% comparada con las emisiones de 1990 (Arenas, s.f.).

El índice de desarrollo humano se mide por las condiciones de vida de los habitantes en cada de región e incluye el tipo de vivienda en que se habita, y uno de los elementos para medir el desarrollo de las ciudades es por el número de personas que tienen una vivienda, por lo cual es necesario la construcción de suficientes casas habitación que permitan mejorar este indicador.

Los 3 niveles de gobierno, Federal, Estatal y Municipal impulsan la construcción de viviendas sin tomar en cuenta ¿Qué emisión de CO₂ es producida por el proceso constructivo de una casa-habitación? , y cuáles son sus efectos en la contaminación del medio ambiente

Objetivo

El objetivo de esta investigación fue determinar el grado de contaminación por CO₂ que produce una casa habitación en su proceso de construcción, específicamente en la etapa de obra negra, cuantificando los materiales de construcción más comunes que se utilizan en la región sur del Estado de Sonora.

Justificación

Conocido es que los materiales de construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde su primera fase; esto es, desde la extracción y procesado de materias primas, hasta el final de su vida útil; es decir, hasta su tratamiento como residuo; pasando por las

fases de producción o fabricación del material y por la del empleo o uso racional de estos materiales en la edificación.

La presente investigación permitió diagnosticar el grado del problema de la contaminación que se genera en la construcción de una vivienda tipo en Cd. Obregón Sonora de tal manera que se pueda extrapolar el impacto de la contaminación que se genera anualmente derivado de los materiales con que se construye en la región, de tal manera que se puedan aplicar medidas preventivas con el propósito de disminuir y eliminar el problema que se está generando, esto debe de incluir como solución llegar a obtener una construcción sustentable haciendo uso de otro tipo de materiales de construcción, los cuáles por sus características no son agresivos para el medio ambiente una vez que se haya determinado el grado de CO₂ producido por una casa-habitación.

Fundamentación teórica

Desde los orígenes de la vida humana la construcción de habitáculos y otros refugios son, junto al vestido, las más importantes creaciones del hombre, lo que pone de relieve su capacidad de adaptación al entorno, capaz de sobrevivir en parajes tan dispares como el Polo Norte y el Polo Sur, pasando por el Ecuador. Las edificaciones surgen como consecuencia de los deseos de las personas de conseguir un determinado espacio en un ambiente adecuado para satisfacer sus necesidades (Cortés, 2010).

De esta forma, la construcción de viviendas y de vías de transporte se convirtió, desde la antigüedad, en una de las actividades culturales más importantes que el hombre ha desarrollado a través del tiempo (Cortés, 2010).

La actividad constructora alcanzó en 2001 una producción total de 95.2 miles de millones de euros, con una variación positiva del 5.6% respecto a la cifra del ejercicio anterior. El sector público (22% del total de la producción) aumentó alrededor del 9% y el sector privado (78% del total de la producción) alcanzó una tasa cercana al 5% (Pellicer, 2004).

El sector de la construcción empieza a ser problemático desde el mismo momento en que se busca su encuadre dentro de los tres grandes niveles en que se agrupan las actividades económicas (primario, secundario y terciario) (Pellicer, 2004).

La vivienda ha sido abordada y definida de muchos modos, pero casi todos coinciden en que es la casa, la morada, el lugar con límites definidos que proporciona estabilidad y permanencia a sus moradores (Maya, 2005).

La vivienda, es también una mercancía que posee un valor de uso con significados y valores depositados por quien o quienes la habitan. Como valor de cambio en su proceso aparecen una serie de agentes que la producen, la promueven y la comercializan (Sambricio, 2004).

En la tabla 1 se muestra la cantidad de viviendas demandadas en el año 2012 según la Sociedad Hipotecaria Federal.

Tabla 1. Total Nacional de Viviendas Demandadas en el Año 2012.

Demanda de Vivienda por Entidad Federativa, 2012						
<i>Entidad Federativa</i>	<i>Demanda de Viviendas</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Entidad Federativa</i>	<i>Demanda de Viviendas</i>	<i>Porcentaje</i>	
Estado de México	113,298	32.30%	Coahuila	25,728	15.70%	
Veracruz	107,668		San Luis Potosí	20,211		
Distrito Federal	64,545		Hidalgo	19,290		
Chiapas	60,574		Durango	18,125		
Baja California	55,304	32.20%	Morelos	15,839		
Chihuahua	55,088		Sinaloa	15,813		
Oaxaca	50,657		Zacatecas	14,572		
Jalisco	50,550		Querétaro	14,386		
Puebla	45,224		Quintana Roo	12,882		
Michoacán	45,205		Campeche	11,598		
Guanajuato	42,482	15.30%	Nayarit	9,853		4.50%
Tabasco	36,896		Tlaxcala	8,607		
Nuevo León	34,692		Yucatán	7,927		
Guerrero	31,729		Colima	7,243		
Tamaulipas	30,987		Aguascalientes	7,136		
Sonora	30,033		Baja California Sur	7,101		
Total Nacional				1,071,243	100%	

Materiales de Construcción

El grado de protección, comodidad y placer que proporciona un edificio de cualquier clase durante su vida útil, depende no poco de la medida en que se usen los materiales para dar la forma física a las visiones y aspiraciones de todos aquellos que intervienen en su construcción y cuidado. En la construcción de estructuras, el concreto armado va a seguir siendo el material idóneo por excelencia. De sus buenas propiedades ya de por sí comentadas, hay que indicar un aspecto medio ambiental importante: el cemento está capacitado para capturar y almacenar el CO₂ que hay en la atmósfera (Crespo, 2010).

El concreto armado es una tecnología relativamente reciente que se popularizó a gran velocidad desplazando a cualquier competidor. Las primeras noticias sobre su existencia son de mediados del siglo XIX cuando William Wilkinson patentó un sistema que incluía en su interior armaduras de hierro (López, 2008). Se mantiene en período de experimentación por más de 50 años para aparecer con fuerza coincidiendo con el nuevo siglo. En 1900 se construye el primer edificio con hormigón armado (Crespo, 2010).

La energía consumida en los procesos de fabricación y construcción es un factor inherente a cualquier tipo de actividad, implica modificación del entorno y conlleva una serie de impactos ambientales reconocidos. Por ejemplo, el consumo de energías fósiles comporta la emisión de CO₂ a la atmósfera, lo que puede contribuir al calentamiento global del planeta. El sector de la edificación representa uno de los sectores con mayor incidencia en las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, emisión en su mayor parte debida al elevado consumo energético (García, Fortea, Reyes, 2012).

La fase de producción o fabricación de los materiales de construcción representa igualmente otra etapa de su ciclo de vida con abundantes repercusiones medioambientales. Lo cierto es que en el proceso de producción o fabricación de los materiales de construcción, los problemas ambientales derivan de dos factores: de la gran cantidad de materiales pulverulentos que se emplean y del gran consumo de energía necesario para alcanzar el producto adecuado. Los efectos medioambientales de los procesos de fabricación de materiales se traducen, pues, en emisiones a la atmósfera de CO₂, polvo de suspensión, ruidos y vibraciones, vertidos líquidos al agua, residuos y el exceso de consumo energético (Arenas, s.f.).

Metodología

Participantes. Para la elaboración de la presente investigación se contó con la participación de 3 Profesores de tiempo completo y 2 alumnos del Programa de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Sonora.

Instrumentos. Para realizar la presente investigación se hizo uso de distintas herramientas las cuáles fueron: Plano de construcción de casa – habitación, presupuesto de casa – habitación, explosión de insumos para determinar cantidad de materiales utilizados, tabla de cantidades de CO₂ producido por material, formatos para realizar la cuantificación y generar los conceptos de obra de la edificación en Microsoft Excel, información bibliográfica acerca de investigaciones

realizadas para determinar la cantidad de CO₂ que genera cada material de construcción, así como herramientas para realizar el informe y plasmar resultados.

Procedimiento. Se seleccionó el plano de una casa habitación de dimensiones comunes en Ciudad Obregón, Sonora. Se realizaron los conceptos de obra con el fin de determinar qué tipo de materiales se utilizarían en tal edificación. Se procedió a cuantificar los conceptos de obra que se obtuvieron y a través de un análisis de precios unitarios se determinó la cantidad de material necesario para cada concepto de obra que se utilizó en la construcción de una casa habitación. Conocidos los materiales y sus cantidades se procedió a realizar una investigación bibliográfica para determinar las cantidades de CO₂ emitidas por cada material cuantificado. Al obtenerse las emisiones de CO₂ producidas por cada material se calculó la producción total de CO₂ correspondiente a la casa habitación analizada. A partir de los resultados se realizaron comparaciones de la contaminación producida por las diferentes industrias que existen y por último se realizaron recomendaciones para reducir tales emisiones de CO₂ en la etapa de obra negra de una casa habitación.

Resultados y discusión

Tabla 2. Cantidad Total de Contaminación por CO₂

Contaminación Total por CO₂			
<i>Material</i>	<i>Peso Total del Material (kg)</i>	<i>Contaminación Unitaria por CO₂ (kg)</i>	<i>Contaminación Total (kg)</i>
Cal	3,764	0.320	1,204.48
Hilo	0.17	0.09	0.02
Cemento	13,901	0.41	5,699.41
Grava ¾ , Arena, Tierra de Relleno	215,494	0.007	1,508.46
Varilla Corrugada 3/8", Alambión ¼", Armex 15x15	3,090.32	2.88	8,900.12
Membrana p/ Curado e Impermeabilizante	19.245	16.28	313.31
Block 15x20x40 y Yeso	5,121.08	0.245	1,254.67
Ladrillo 6x14x30, Gárgolas BAP, Piso Cerámico 35x35, Piso Antiderrapante 15x20 y Azulejo 15x15	33,137.27	0.180	5,954.71
Pegazulejo	614.0	0.43	264.02
Pintura Vinílica Exterior e Interior	4.84	3.64	17.62
Tubo PVC 4"	15.68	10.34	162.13
Total de CO ₂			25,278.95

Como se puede observar se realizó la cuantificación de los materiales utilizados más importantes en la construcción de una casa-habitación los cuales fueron 23 en total.

Con la obtención de la cuantificación, se puede observar en la tabla 2 las cantidades de contaminación por CO₂ correspondientes a cada uno de los materiales, lo cual en total fue 25.278 toneladas de CO₂ para una casa-habitación de 100.7 m² de construcción.

Se puede observar que los materiales que mayor contaminación producen son el grupo de aceros, el cual esta formado por varilla corruga 3/8", alambón 1/4" y armex con 8,.90 Ton de emisión en el CO₂.

La razón por la cual los aceros contaminan más es por que durante el periodo de inyección de oxígeno en el proceso de fabricación de acero se produce una gran cantidad de gases con contenidos de polvo, por esta razón es conveniente que se realicen mejoras en el sistema de producción del acero.

Conclusiones

Como se observó en los resultados, se obtuvo que una casa habitación produce poco más de 25 toneladas de CO₂ solo por los materiales usados en su construcción, esto hace ver que la contaminación es bastante comparada a otras industrias. Además se debe tener en cuenta que la industria de la construcción nunca dejará de desarrollarse, por lo que la contaminación generada seguirá aumentando si se siguen utilizando los métodos convencionales de construcción, así como los mismos materiales.

La magnitud del problema de la contaminación ambiental generado por la industria de la construcción solo en el sector de construcción de vivienda se puede dimensionar al tomar como la información de la tabla 1 donde se señala que durante el año 2012 se tuvo una demanda de 1,071,243 viviendas en México lo que generó aproximadamente 26.78 millones de toneladas de CO₂

El CO₂ es el principal responsable del calentamiento global y es causante de gran variedad de enfermedades muy severas en los seres humanos e incluso en animales y plantas. De aquí la importancia de generar construcciones más amigables con el medio ambiente, mediante la utilización de materiales alternativos y evitando desperdicios.

Una solución que podría usarse es la implementación de materiales alternativos, como la sustitución de tabiques por pets, esto representaría que lo que es basura, se convirtiera en un

elemento que evita la contaminación por el uso del tabique. Otra opción es el uso de cal en lugar de cemento en algunos conceptos como levantamiento y aplanado de muros, tomando en cuenta que el cemento contamina casi un 30% más que la cal.

Es de vital importancia que las personas que se desarrollan en la industria de la construcción tomen conciencia de los daños causados al medio ambiente y por consiguiente se tomen medidas para reducir la contaminación ambiental.

Referencias

- Arenas, C. F. (sf). *Los materiales de construcción y el medio ambiente*. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de http://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html
- Cortés, J. (2010). *Principios de construcción*. España. Editorial Club Universitario.
- Crespo, S. (2010). *Materiales de construcción para edificación y obra civil*. España. Editorial Club Universitario.
- Fúquene, C. (2007). *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Bogotá, Colombia. Editorial Joveriana.
- García, S.C J., Fortea, L.M. y Reyes, R. A.M. (2012). *Sostenibilidad ambiental entre bóvedas de albañilería y estructuras de hormigón*. Recuperado el 15 de mayo del 2014 de <http://www.scielo.cl/pdf/ric/v27n1/art01.pdf>
- Maya, E. (2005). *La producción de vivienda del sector privado y su problemática en el municipio de Ixtapaluca*. México. Plaza y Valdez Editores.
- Pellicer, T. (2004). *El control de gestión en las empresas constructoras*. Valencia, España. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Sambricio, C. (2004). *Madrid, Vivienda y Urbanismo*. Madrid, España. Ediciones Akal.
- Soledad, B. (2009). *La contaminación ambiental y sus consecuencias toxicológicas*. Venezuela. Universidad Central de Venezuela.
- Starke, L. (2007). *La situación del mundo*. Barcelona, España. Icaria Editorial.

Área temática: Ciencias Naturales

Capítulo VII. Presencia de microcontaminantes en aguas residuales agropecuarias y sus posibles tratamientos de eliminación

Denisse Serrano Palacios¹, Edna Rosalba Meza Escalante¹, Ruth Gabriela Ulloa Mercado²,
María Fernanda Navarro Aguirre¹ y Karina Guadalupe Coronado Apodaca¹

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

Resumen

Las aguas residuales generadas por la explotación de los diferentes sectores productivos, cuentan con características propias de la fuente de origen, las cuales determinan el nivel de afectación a los cuerpos receptores. Así mismo, estas aguas se han visto integradas con la presencia de contaminantes emergentes no regulados en México y que pueden llegar a serlo como en el caso de Estados Unidos o de la Unión Europea donde se está haciendo actualmente. La regularización de los contaminantes emergentes o microcontaminantes dependerá de las investigaciones de sus potenciales efectos sobre la salud y de los datos disponibles que pueden demostrar su existencia y persistencia en el ambiente. Ejemplos de compuestos que se han considerado emergentes últimamente y que tienen gran relevancia son los antibióticos y hormonas provenientes del sector pecuario; así como también los plaguicidas de origen agrícola. Debido a las bajas concentraciones en las que se han detectado (ppb o ppt) y a sus complejas estructuras químicas, se han comprobado a través de diversas investigaciones que los tratamientos convencionales de aguas residuales y las plantas de tratamiento de agua para el consumo humano, no son suficientemente eficientes para eliminar estos compuestos. Es por ello, que este trabajo está enfocado en dar a conocer a través de una revisión bibliográfica la presencia de microcontaminantes de origen agropecuario, los medios utilizados para su detección y propuestas de tecnologías adecuadas para su eliminación.

Introducción

Las actividades desarrolladas por los grandes productores van encaminadas hacia la explotación de los sectores agrícolas y pecuarios, los cuales se han visto incrementados con el objetivo de satisfacer cada vez más las necesidades de la sociedad. Se ha demostrado que con la intensa explotación de los sectores antes mencionados, que con el fin de desarrollar sus actividades, y sin tenerlo en cuenta, estos pueden generar gran cantidad de residuos como lo son las Aguas Residuales (AR). Los macro y microcontaminantes generados presentes en las AR, pueden repercutir enormemente en la calidad del agua, medio ambiente y la salud (Serrano,

2011). Por lo anterior, surge el interés en investigar los tipos de microcontaminantes presentes en aguas de descargas y que tienen su origen en los sectores agropecuarios.

Los tratamientos de aguas residuales convencionales están diseñados para la eliminación de macrocontaminantes en concentraciones de $\mu\text{g/L}$ y ng/L como son sólidos, nutrientes como nitrógeno, fósforo y materia orgánica, siendo la gran mayoría muy eficaces para su eliminación. Sin embargo, los microcontaminantes pueden ser eliminados en fracciones no muy significativas debido a las concentraciones traza en las que se detectan en el medio ambiente, variando su eficiencia de eliminación entre cada Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), dependiendo del diseño de operación de cada sistema de tratamiento, así como de su funcionamiento (Pérez & Barceló, 2007; Serrano, 2011). Por lo tanto, los microcontaminantes pueden ser un gran problema, causando grandes riesgos en el ambiente, así como en la biota, por lo cual ha ido en aumento la necesidad de identificar los posibles riesgos que causan en la salud y tratar de mitigar los impactos de estos compuestos, proponiendo nuevos tratamientos para aumentar su eliminación.

El término microcontaminantes representan grandes desafíos para investigadores, técnicas de detección empleadas y tecnología empleada para su eliminación, esto ha hecho que se despierte el interés por conocer los efectos que tienen estos compuestos en el ambiente por sustancias utilizadas en la explotación agropecuaria; a su vez, es necesario conocer las características fisicoquímicas y de persistencia de cada microcontaminante para proponer y diseñar trenes de tratamiento adecuados para la depuración de las aguas contaminadas, buscando minimizar la cantidad de macro- y microcontaminantes emergentes en los cuerpos receptores de agua. En nuestro país debido al incremento de la explotación agropecuaria, este ha demandado grandes cantidades de AR, siendo Sonora uno de los principales productores de descarga de desechos agrícola y pecuario debido a su alta explotación en ambos sectores. Por lo cual, esto representa un gran foco expuesto a microcontaminantes, lo cual motiva a investigar la ruta de fuentes de contaminantes, los efectos por la exposición ante estos compuestos y sus posibles propuestas de tratamiento.

Por lo anterior, en el Instituto tecnológico de Sonora surge un proyecto de investigación sobre la presencia de microcontaminantes en aguas residuales de origen agropecuario, siendo el Valle del Yaqui una fuente importante de descarga de estos contaminantes, siendo el objetivo principal la elaboración de una revisión bibliográfica sobre presencia de microcontaminantes en

aguas residuales de origen agropecuario y a su vez, proponer los posibles tratamientos más adecuados para mejorar su eliminación.

Fundamentación teórica

En México existe una gran explotación del sector agropecuario y para ello cuenta con un total de 145 millones de hectáreas. La agricultura es un sector productivo importante para el país, ya que contribuye al desarrollo económico, el social y ambiental, teniendo gran incidencia para el consumo y prácticamente originándose la mayor producción de alimentos (FAO, 2009). De igual manera, el sector pecuario es de gran importancia, tal es el caso de México el cual se ha posicionado en lugares importantes en cuanto a producción mundial en algunos giros (porcino, ovino, bovino, etc.), siguiendo con un aumento en la producción de este sector de acuerdo a proyecciones realizadas para los próximos años (SAGARPA, 2008). Sin embargo debido al desarrollo y a la intensa explotación de ambos sectores, estas tienen efectos que repercuten en el medio ambiente, siendo en particular estas actividades consideradas como una de los mayores productores de aguas residuales.

Con el fin de ofrecer al mercado un producto atractivo para el mercado, algunos productores del sector pecuario suministran ciertas sustancias como hormonas (EPA, 2013) y algunos antibióticos al ganado (Chen y col., 2012; García y col., 2013) para la crianza, prevención de enfermedades y promover el crecimiento del animal, generando residuos que no logran ser completamente metabolizados en el organismo del animal y que son desechados en forma de microcontaminantes a través de la excreta de heces y orina (Combalbert & Hernandez, 2010), algunos compuestos detectados en AR generadas del sector pecuario son los antibióticos: tetraciclina, oxitetraciclina, clortetraciclina, doxiciclina, sulfadiazina; y hormonas: 17 β -estradiol, estriol, estrona, y testosterona (Chen y col., 2012; García y col., 2013).

Tanto los antibióticos como hormonas son considerados como Compuestos Disruptores Endocrinos (CDE), el mayor efecto de estos compuestos es que puede alterar el sistema endocrino humano y la función inmune vegetal, el sistema nervioso, así como el desarrollo reproductivo y sexual (Cai y col., 2010; Combalbert y col., 2012). Esto último se ha observado con la aparición de hormonas en cuerpos de agua y que afectan directamente a los peces, ocasionando cambios en su edad madura y temprana, en su genética y diferenciación sexual (Leet y col., 2011).

Se considera que en el estado de Sonora, la agricultura es uno de los mayores desarrolladores de la actividad agrícola y es la más importante. Durante la producción agrícola, las personas encargadas del cuidado de los cultivos hacen uso de plaguicidas, insecticidas y herbicidas para el control adecuado de plagas que pueden obstaculizar la producción de los cultivos de interés (Carrillo, 2010). La exposición de los residuos generados de esta actividad al ambiente, se origina de las aplicaciones provenientes de suelos agrícolas, siendo la sorción un proceso importante de movilidad y biodisponibilidad de los pesticidas, por ejemplo de los compuestos endosulfán y clorpirifos, compuestos que se adsorben sobre el suelo pocas horas después de ser aplicados, y debido a su gran movilidad puede permanecer en las AR agrícolas y llegar a alcanzar cuerpos de agua naturales, estos compuestos se caracterizan por su baja biodegradabilidad y alta persistencia (Tiwari & Guha, 2012). Los plaguicidas tienen propiedades tóxicas y muchas veces por la falta de conocimiento no se utilizan con racionalidad por los agricultores, ya que hace de su uso un abuso y no se tiene la precaución debida, ocasionando que se descarguen en grandes cantidades hacia el suelo, aire y agua (Carrillo, 2010). Por otro lado, la irrigación es un factor fundamental para el sector agrícola, muchas veces se utiliza agua residual porcina “tratada” como fuente de agua para riego, pero es necesario mencionar que estas aguas cuentan con una carga alta de materia nitrogenada, además de microcontaminantes como hormonas y antibióticos en concentraciones trazas, que al estar en contacto con los cultivos, pondrían afectar directamente a los humanos al consumir dichas cosechas. Lo anterior, se ha demostrado mediante diversos estudios, por ejemplo se han detectado algunos antibióticos como la sulfadiazina y clortetraciclina en cultivos de trigo, oxitetraciclina en cultivos de alfalfa, y sulfametazina en cultivos de maíz, cebada y mijo (Du & Liu, 2012). También, se han reportado detecciones de plaguicidas como endosulfán, el sulfato de endosulfán, heptacloro, aldrina, epóxido de heptacloro, dieldrina, en granos de arroz (Ravikumar et al., 2013), clorpirifos, endosulfán, paratión metílico, metamidofos, permetrina en chiles, cilantro, tomate y calabaza, todos ellos producidos en México (Pérez y col., 2013).

Uno de los desafíos a los que se han enfrentado los investigadores relativos al desconocimiento de la presencia de estos compuestos y su evolución es el de las dificultades para su análisis. Son productos complejos, muy polares y deben detectarse en concentraciones trazas y, a veces, en matrices complejas. Por ello, es necesario hacer uso de sistemas de extracción y análisis sofisticados, capaces de proporcionar mayor precisión (Snow y col., 2013). Los avances

en estos últimos tiempos en los sistemas de cromatografía líquida (LC) y, sobre todo, su acoplamiento a la espectrometría de masas (MS), así como la aparición de los sistemas “tándem” de MS, han permitido avanzar en cuanto a la detección de un gran número de microcontaminantes como pueden ser algunos plaguicidas y compuestos farmacéuticos (Huntscha y col., 2012). Hoy en día una de las mejores metodologías existentes la constituye la extracción en fase sólida (SPE) y la utilización de LC/MS/MS (doble o triple MS), usando ionización electrospray (ESI) en diversas variantes. Muchas veces se pueden emplear métodos combinados de cromatografía líquida con la espectrofotometría de masas, obteniéndose como resultado una gran sensibilidad, selectividad y eficiencia del sistema y detección del compuesto (Petrovic, 2004).

Hoy en día existen una serie de procesos estandarizados utilizados para disminuir la concentración de microcontaminantes en tratamientos de agua por transformación o eliminación, tal es el caso del uso de la oxidación biológica ó química, adsorción, sedimentación y filtración (Schwarzenbach y col., 2006). Un método biológico de eliminación que se utiliza convencionalmente son los sistemas de lodos activados, que es eficaz solamente para la eliminación parcial de algunos microcontaminantes (Serrano, 2011), dicha eliminación depende de las características de los lodos presentes y de algunos factores que afectan la biotransformación como la adaptación de biomasa, tiempo de retención de lodos y pretratamiento (Gianico y col., 2013). Para mejorar la eliminación de microcontaminantes en sistemas biológicos se puede añadir el uso de aditivos adsorbentes, tal es el caso del carbón activado ya sea granular o en polvo (Serrano, 2011). Además de la utilización de carbón activado, la ozonización puede ser otro proceso viable para reducir drásticamente las concentraciones de microcontaminantes descargadas al ambiente y además, puede lograr una desinfección parcial de las AR como ventaja adicional (Joss y col., 2008). De igual forma, otras investigaciones mencionan procesos más avanzados para conseguir una eliminación de microcontaminantes superior y más consistente, como lo son: procesos de nano-filtración, procesos de oxidación avanzada (ozonización, Ozono/peróxido de hidrógeno, etc.) y biorreactores de membrana. Sin embargo, las propiedades fisicoquímicas y estructuras de los microcontaminantes juegan un papel importante, de esto depende su eliminación sea cual sea la tecnología de eliminación empleada (Luo y col., 2014).

Metodología

El trabajo que se presenta en este escrito, está basado en una extensa búsqueda bibliográfica, la cual se ha dividido en distintos pasos. A continuación se describen cada uno de ellos.

1. Determinación del tema a desarrollar a lo largo de la presente investigación, además de delimitar el área y sectores de estudio.
2. Para la consulta de información adecuada y confiable, se realizó una búsqueda minuciosa sobre los microcontaminantes de origen agropecuario, basándonos principalmente en publicaciones recientes de artículos arbitrados y/o indexadas, además de tesis doctorales y diagnósticos ó reportes técnicos de organizaciones como SAGARPA y FAO. Se tomó como base que la literatura consultada fueran publicaciones recientes, con un tiempo no menor de publicación del 2000. Toda la recopilación de la información, así como su análisis se llevó a cabo durante 3 meses, seleccionando los artículos más relevantes, siendo estos más de 20, los cuales se obtuvieron de diversas bases de datos (Springer, EBSCO, y otras como Google scholar y Elsevier) de la biblioteca de ITSON.
3. Selección bibliografía de todos los temas relacionados a los microcontaminantes de origen agropecuario: i) identificación de compuestos de mayor uso agrícolas y pecuarios; ii) detecciones de microntaminantes de origen agropecuario en matrices ambientales; iii) efectos sobre el medio ambiente y organismos; iv) métodos y técnicas de detección de este tipo de microntaminantes; y v) tecnologías empleadas para mejorar la eficiencia de eliminación de este tipo de microcontaminantes.
4. Finalmente, se llevo a cabo el análisis e interpretación de los resultados de diversas investigaciones, concretando datos en forma de tablas de resultados que se muestran a lo largo de esta investigación.

En el siguiente esquema (figura 1), se muestra la jerarquización del orden y desarrollo de la consulta de bibliografía empleada para la realización del análisis de los datos mostrados en esta investigación.

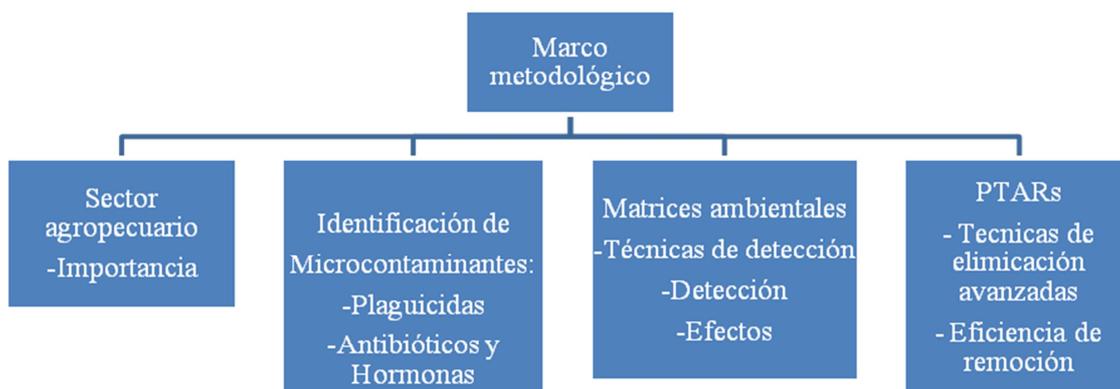


Figura 1. Orden y desarrollo de la consulta de bibliografía.

Resultados y discusión

Es indiscutible el uso de sustancias que suelen utilizarse durante la crianza del animal en diferentes partes del mundo, algunos compuestos que suelen emplearse para el control de enfermedades, fomentar el crecimiento y engorda del animal suelen ser los antibióticos y hormonas. La Tabla 1 hace una recopilación de diversos trabajos de investigación de microcontaminantes de origen pecuario: antibióticos y hormonas, detectados en diferentes cuerpos de agua y así como de sus concentraciones típicas. Como se puede observar, los rangos de concentraciones de cada compuesto muestran una variabilidad, esto debido a que las tasas de excreción tanto de antibióticos como hormonas varían dependiendo del tipo de compuesto, la dosis suministrada, la especie del animal, edad, sexo y estado de reproducción. Así mismo, el uso excesivo de estos compuestos hace que las tasas de excreción aumenten y por tanto, la presencia de estos en el ambiente, los cuales pueden repercutir negativamente en los cuerpos receptores de agua donde son descargados continuamente sin ningún tipo de restricción y que a su vez pueden causar efectos directos sobre los organismos acuáticos que ahí habitan (Du & Liu, 2012; Gal y col., 2013; EPA, 2013).

Tabla 1. Microcontaminantes procedentes del sector pecuario: Antibióticos y Hormonas, detectados en diversas matrices ambientales.

Tipo de Microcontaminante	Nombre del compuesto	Lugar de detección	Concentración detectada	Referencia
Antibióticos	Monensina	AR	980 -12900 ng/L	Bartelt y col. (2011)
		AS	180-2350 ng/L	
	Eritromicina	AR	310-470 ng/L	
		AS	72-2380 ng/L	
	Sulfatiazol	AR	500 ng/L	Wei y col. (2012)
	Ciprofloxacina	AS	2-7 µg/L	
		AS	1-6 µg/L	
	Enrofloxacin	AR	1-9 µg/L	
		AS	0.2-4 µg/L	
	Florfenicol	AR	0.3-2 µg/L	
AS		0.4-2 µg/L		
Tilosina	AR	72 µg/L	García y col. (2013)	
Hormonas naturales	Estrona	AS	40-390 ng/L	Bartelt y col. (2011)
	Testosterona		30 ng/L	
	4-Androstenediona	AR	240-470 ng/L	
	Androsterona		2500- 3100 ng/L	
	Estrogeno	Estiércol	36 µg/L	EPA (2013)
	Testosterona		25 µg/L	
	Progesterona		64 µg/L	
Hormonas sintéticas	α-Zearalanol	Estiércol	47 µg/L	
	Acetato de melengestrol		2-7 µg/L	
	17α-trenbolona		31 µg/L	
	17β-Boldenona	AR	120 ng/L	Liu y col. (2012)
			6 ng/L	
Norgestrel		10800 ng/L		

AR= Agua Residual, AS= Agua Superficial.

Por otra parte, la agricultura también es una fuente importante de descarga de microcontaminantes que causan graves efectos al medio ambiente. Hansen y col. (2013), realizó investigaciones sobre el herbicida Atrazina utilizado ampliamente a nivel mundial, para controlar la maleza en zonas de cultivo, es el microcontaminante más comúnmente detectado en AR y AS, se caracteriza por ser un agente contaminante recalcitrante y muy tóxico para las aguas receptoras. En México el uso de Atrazina aún no se regula, por lo tanto aún no se contemplan límites máximos para la presencia de este herbicida en el ambiente. Romano (2012), evalúa y clasifica al herbicida Atrazina como un CDE que puede alterar el desarrollo y diferenciación sexual masculina. En el valle del Yaqui, el uso de plaguicidas ha sido evidente, reportes realizados durante cinco años mencionan el uso intensivo de cuatro insecticidas: Endosulfán, Cipermetrina, Paratión Metílico y Metamidofos, utilizados para controlar insectos que afecta a cultivos como algodón, soja, sésamo, sandía, calabaza, melón, tomate, papa y pimiento (Martínez

y col., 2006). La Tabla 2 muestra una revisión bibliográfica de diversos estudios analizando la presencia de plaguicidas en las aguas y suelos, así como el nivel de detección en el medio ambiente.

Tabla 2. Microcontaminantes procedentes del sector agrícola: plaguicidas, detectados en diversas matrices ambientales.

Familia Química	Nombre del Plaguicida	Lugar de detección	Concentración detectada	Referencia y *Lugar
Carbamato	Metiocarb	ASU	5 µg/L	García de Llasera & Bernal (2001) *Valle del Yaqui
	3-Hidroxicarbofurano	AS	18 µg/L	
Organoclorados	Endosulfan		0.002 µg/L	Sarkar y col. (2003) *India
	DDT		0.07 µg/L	
Triazina	Atrazina		80 ng/L	Romano (2012) * España
Peritroide	Ciflutrina		Suelo	9 µg/L
	Fenvelerato	17 µg/L		
	Cipermetrina	16 µg/L		
	Cialotrina	12 µg/kg		
Organofosforado	Diazinon	AR	55 µg/Kg	Kóck y col. (2013)
	Dimetoato		133 ng/L	
Triazina	Atrazina		4 ng/L	
	Deisopropilatrazina		1 ng/L	
	Terbitulazina		39 ng/L	
		21 ng/L		

AR= Agua Residual, AS= Agua Superficial, ASU= Agua Subterránea.

Los plaguicidas observados en la tabla anterior se consideran CDEs, teniendo diversos efectos perjudiciales en la salud. Por ejemplo, un estudio realizado por Romano (2012), demuestra el riesgo por contraer o desarrollar cáncer de mama y que a su vez aumenta dependiendo de la exposición combinada a microcontaminantes como DDE, Aldrin, Endosulfán y Lindano. Además, otros de los efectos diversos de estos compuestos, son daños neurológicos en niños que están expuestos a plaguicidas del tipo organofosforados y organoclorados (Yáñez, 2010). En Sonora también se han hecho algunos estudios, Cejudo y col. (2012) realizaron investigaciones para evaluar el efecto de la exposición de niños a plaguicidas en comunidades rurales (cerca de zonas agrícolas) y en zonas urbanas, los resultados encontrados en suero sanguíneo de niños fueron niveles de lindano y endosulfán de 0.7 ± 0.2 µg/L y 1.0 ± 0.9 µg/L, respectivamente, los cuales eran concentraciones superiores a las encontradas en niños de la zona urbana, en la cual sólo se detectó Endosulfán en concentraciones de 0.4 ± 0.2 µg/L.

En los últimos años la preocupación por la incidencia de estos microcontaminantes ha ido en aumento, es por ello que se han diseñado o hecho uso de nuevas tecnologías que ayuden a mejorar la eliminación de estos compuestos persistentes. Sabiendo que las actuales PTARs no son adecuados para una eliminación parcial o completa de microcontaminantes, es recomendable cambiar parte del proceso o utilizar un sistema de tratamiento terciario adecuado que ayude a mejorar el porcentaje de eliminación de estos compuestos, algunos tratamientos que se han evaluados y han sido efectivos es la ozonización, la adsorción con carbón activado, la nanofiltración, la oxidación avanzada con ozono y peróxido (Andreozzi y col, 2004; Yargeau y Leclair, 2008; Abegglen, 2009).

De igual manera que en otros tratamientos la combinación de varios métodos ofrecen una mejor eficiencia y mayor remoción del contaminante deseado. La Tabla 3 muestran los posibles tratamientos más factibles evaluados en diversos estudios para eliminar microcontaminantes, así como del porcentaje de remoción obtenido en cada uno de ellos.

Tabla 3. Tecnologías empleadas para la eliminación de diversos microcontaminantes.

Microcontaminante	Tipo de Tratamiento	% Remoción	Referencia
Antibióticos	Peróxido de Ozono	90-100	Yargeau y Leclair, (2008) Abegglen, (2009)
	Carbón activado	40	
	Nanofiltración	98	
Hormonas	Tratamiento Electroquímico	80-90	Renge y Col, (2012)
Pesticidas	Cloración/Ozonacion	25-100	Ormad M. y Col. (2009)

Conclusiones

Tanto los plaguicidas utilizados en el sector agrícola como los antibióticos u hormonas utilizados en el sector pecuario, son compuestos químicos que aportan beneficios al ser humano, básicamente en el campo de la salud pública, la agricultura y en la ganadería, y que hasta la fecha continúan siendo recursos de primera elección en muchas actividades de estas áreas específicas. Sin embargo, potencialmente el medio ambiente se ha visto afectado por sus usos indiscriminados, excesivos y en muchos casos poco cautelosos. Por ello, es importante informar y fomentar un uso racional de estos compuestos así como promover la investigación en el área de producción de estos compuestos con el fin de lograr productos inocuos al ser humano y a su entorno. Además, es necesario y relevante avanzar en la investigación sobre los posibles daños a la salud del ser humano resultante de la exposición prevalente a los microcontaminantes que poco caso se ha hecho hasta ahora por su uso y descarga en forma indiscriminada.

Referencias

- Abegglen, C., Joss, A. & Siegrist, H. (2009). *Eliminating micropollutants: wastewater treatment methods*. Recuperado el 18 de mayo del 2014 de: http://www.eawag.ch/medien/publ/eanews/news_67/en67e_abegglen.pdf
- Andreozzi, R., L. Campanella, B. Frayssé, J. Garric, A. Gonnella, R. Lo Giudice, R. Marotta, G. Pinto, and A. Pollio. (2004). “*Effects of Advanced Oxidation Processes (Aops) on the Toxicity of a Mixture of Pharmaceuticals*”. *Water Sci. Technol.*, 50(5):23–28 (2004).
- Bartelt, S., Snow, D., Damon, T., Miesbach, D. (2011). *Occurrence of steroid hormones and antibiotics in shallow groundwater impacted by livestock waste control facilities*. *Journal of contaminant Hydrology*. 123, 94-103
- Cai K, Phillips, D. H., Elliott, Ch., Van der Heiden, E., Scippo, M. L. Muller, M., Connolly, L. (2010). *Removal of Androgens and Estrogens from Water by Reactive Materials*. *J. Water Resource and Protection*. 2, 990-993.
- Carrillo, J. (2010). *Uso y abuso de plaguicidas en los sistemas de producción agrícola*. VIII congreso Mexicano de Toxicología. Instituto Tecnológico de Sonora, 26-28.
- Cejudo, E., Meza, M., Balderas, C., Mondaca, H., Rodríguez, R., Renteria, M. & Félix, F. A. (2012). *Exposición a plaguicidas organoclorados en niños indígenas de Potam, Sonora, México*. *Ra Ximhai: Contaminación y medio ambiente* 8(2): 119-126.
- Chen, Y., Zhang H., Luo, Y. & Song, J. (2012). *Occurrence and dissipation of veterinary antibiotics in two typical swine waste- water treatment systems in east China*. *Environ Monit Assess* 184:2205–2217.
- Combalbert, S., Bellet, V., Dabert, P., Bernet, N., Balaguer, P., Hernandez-Raquet, G., (2012). *Fate of steroid hormones and endocrine activities in swine manure disposal and treatment facilities*. *Water Research*. 46, 895-906.
- Combalbert, S. & Hernandez, G. (2010). *Occurrence, fate, and biodegradation of estrogens in sewage and manure*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 86:1671–1692.
- Du, L. & Liu, W. (2012). *Occurrence, fate, and ecotoxicity of antibiotics in agro-ecosystems. A review*. *Agronomy for Sustainable Development*. 32: 309-327.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *Literature Review of Contaminants in Livestock and Poultry Manure and Implications for Water Quality*. Recuperado el 16 de mayo del 2014: <http://water.epa.gov/scitech/cec/upload/Literature-Review-of-Contaminants-in-Livestock-and-Poultry-Manure-and-Implications-for-Water-Quality.pdf>
- FAO (2009). *LA FAO EN MÉXICO: Más de 60 años de cooperación 1945- 2009*. Recuperado el 2 de marzo del 2014 de: http://www.fao.org.mx/documentos/Libro_FAO.pdf

- Gall, H., Sassman, S., Jenkinson, B., Lee, S. & Jafvert, C. (2013). *Hormone loads exported by a tile-drained agroecosystem receiving animal wastes*. *Hydrological Processes*, 28, 1318-1328.
- García de Llasera, M. & Bernal, M. (2001). *Presence of carbamate pesticide in environmental water from the northwest of Mexico: determination by liquid chromatography*. *Water Research*. 35 (8), 1933-1940.
- García, L., Garzón, M., Buelna, G., Moeller, G., Noyola, A., Avilez, M. & Estrada, E. (2013). *Occurrence of tylosin in swine wastewater in Mexico*. *Water Science & Technology*. 68(4), 894-900.
- Gianico A1, Braguglia CM, Mascolo G, Mininni G. (2013). *Partitioning of nutrients and micropollutants along the sludge treatment line: a case study*. *Environmental Science and Pollution Research International*. 20(9):6256-65.
- Hansen, A., Treviño, L., Márquez, J., Villada, M., González, L., Guillén, R. & Hernández, A. (2013). *Atrazina: un herbicida polémico*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29: 65-84.
- Huntscha, S., Singer, H., McArdell, C., Frank, C. & Hollender, J. (2012). *Multiresidue analysis of 88 polar organic micropollutants in ground, surface and wastewater using online mixed-bed multilayer solid-phase extraction coupled to high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry*. *Journal of Chromatography A*, 74-83.
- Joss, A., Siegrist, H., Ternes, T.A., (2008). *Are we about to upgrade wastewater treatment for removing organic micropollutants*. *Environmental Science and Technology* 57 (2), 251-255.
- Köck, M., Villagrasa, M., López de Alda, M., Céspedes, R., Ventura, F. & Barceló, D. (2013). *Occurrence and behavior of pesticides in wastewater treatment plants and their environmental impact*. *Science of the Total Environment* 458-460, 466-476.
- Leet, J., Gall, H., Sepulveda, M., (2011). *A review of studies on androgen and estrogen exposure in fish early life stages: effects on gene and hormonal control of sexual differentiation*. *J. Appl. Toxicol.* 31, 379-398.
- Liu, S., Ying, G., Zhou, L., Zhang, R., Chen, Z. & Lai, H. (2012). *Steroids in a typical swine farm and their release into the environment*. *Water Research*, 46:3754-68
- Luo, Y., Guo, W., Ngo, H., Nghiem, L. & Hai, F. (2014). *A review occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment*. *Science of the Total Environment*, 473-474 (March), 619-641.
- Martínez, J, Servín, R., Nava, U., Cortez, E. & García, J. (2006). *A five year study of insecticide resistance in whitefly Bemisia Argentifolli bellows & Perring from the Yaqui Valley, Mexico*. *Southwestern entomologist*, 31(4), 307-320.

- Moreno, E., Aldana, M., Silveira, M., Rodríguez, G., Valenzuela, A. y Meza, M. (2012). *Análisis de peritroides en suelo y agua de zonas agrícolas y urbanas de los Valles del Yaqui y Mayo*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 28 (4), 303-310.
- Ormad M., Garcia F.y Munarriz B. (2009). *Eliminación de plaguicidas en aguas de abastecimiento mediante cloración, ozonización y adsorción con GAC, Zaragoza*. Tecnologías del Agua 314, 24-29.
- Pérez, S. & Barceló, D. (2007). *Fate and occurrence of X-ray contrast media in the environment*. Anal Bioanal Chem, 387:1235–1246.
- Pérez, M., Navarro, H. & Miranda, E. (2013). *Residuos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo en México*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 29: 45-64.
- Petrovic, M., Eljarrat, E., Lopez de Alda, M.J., & Barceló, D. (2004). *Endocrine disrupting compounds and other emerging contaminants in the environment: a survey on new monitoring strategies and occurrence data*. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 378(3), 549-562.
- Ravikumar, Ch., Srinivas, P. & Seshaiyah, K. (2013). *Determination of organochlorine pesticide residues in rice by gas chromatography tandem mass spectrometry*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 5(1):361-366.
- Renge V., Khedkar S., Khushabu S. y Bhoyar. (2012). *Micropollutant removal from waste water treatment plant- a review*. India. International Journal of Advanced Engineering Technology, 3:30.
- Romano, D. (2012). *Disruptores endocrinos, Nuevas respuestas para nuevos retos*. Instituto Sindical de Trabajo, ambiente y salud (ISTAS). Recuperado el 3 de marzo de 2014 de: http://www.istas.coo.es/descargas/disruptores_endocrinos_final.pdf
- SAGARPA (2008). *Situación del sector pecuario en México*. Recuperado el 2 de marzo del 2004 de: https://www.globalmethane.org/documents/events_ag_20080423_luis_villamar_angulo.pdf
- Sarkar, U., Basheer, V., Singh, A. & Srivastava, S. (2003). *Organochlorine Pesticide Residues in Water and Fish Samples: First report from rivers and stream of Kumaon Himalayan Region, India*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 70:485–493.
- Serrano, D. (2011). Tesis Doctoral. *Effect of Activated Carbon on the Removal of Organic Micropollutants in Activated Sludge and Membrane Bioreactors*. Universidad de Santiago de Compostela.
- Schwarzenbach, R., Escher, B., Fenner, K., Hofstetter, T., Johnson, C., Gunten, U., Wehrli, B., 2006. *The challenge of micropollutants in aquatic systems*. Science 313, 1072–1077.

- Snow, D., Cassada, D., Papastavros, E., Bartelt, S., Li, X., Zhang, Y., Zhang, Y, Yuan, Q. & Sallach, J. (2013). *Detection, Occurrence and Fate of emerging contaminants in agricultural environments*. Water Environment Research, 85(10), 869-888.
- Tiwari, M. & Guha, S. (2012). *Role of Soil Organic Matter on the Sorption and Cosorption of Endosulfan and Chlorpyrifos on Agricultural Soils*. Journal of environmental engineering. 138, (4), 426-435.
- Wei, R., Ge, F., Chen, M. & Wang, R. (2012). *Occurrence of ciprofloxacin, enrofloxacin, and florfenicol in animal wastewater and water resources*. Journal of environmental Quality, 41(5):1481-6
- Yargeau V. y Leclair C. (2008). *Impact of operating conditions on decomposition of antibiotics during ozonation: A review*. Ozone: Science and Engineering, 30: 175–188.
- Yañez, L. (2010). *Efectos a la salud por la exposición a mezclas de plaguicidas*. VIII congreso Mexicano de Toxicología. Instituto Tecnológico de Sonora, 29.

Capítulo VIII. Cultivo semicontinuo de la microalga marina *Tetraselmis Suecica* a escala laboratorio

Ruth Gabriela Ulloa Mercado¹, Jesús Alfredo López García¹, Pablo Gortáres Moroyoqui¹, Ana María Rentería Mexía¹, Denisse Serrano Palacios² y Edna Rosalba Meza Escalante².

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

Resumen

En los últimos años, el estudio de las microalgas ha tomado un interés especial. Desde el cultivo hasta las aplicaciones de los compuestos bioactivos obtenidos de diversas especies de microalgas, han permitido el desarrollo de nuevos medios de cultivo, condiciones especiales de producción y hasta cepas mejoradas genéticamente con el objetivo de lograr una mayor productividad de compuestos de interés como lo son pigmentos, proteína, lípidos, ácidos grasos omega 3, fitoesteroles, entre otros compuestos. En el presente trabajo se cultivó la microalga marina *Tetraselmis suecica* en reactores de 60 ml con medio de cultivo algal con adición de Mg, Si y Sr, en modo de operación semicontinuo. Se determinaron los parámetros cinéticos del cultivo. Así mismo, se determinó el peso seco, el contenido de proteína y de los pigmentos clorofila a, b y total y el contenido de carotenos totales. Los resultados muestran que la adición de los microelementos mencionados no presenta diferencia significativa en el crecimiento algal con respecto al control, ya que la velocidad específica de crecimiento calculada mostró valores entre 0.35 y 0.37 d⁻¹. Para el contenido de proteína se tiene que la adición de Mg-Sr combinados induce una mayor producción de proteína en la célula, logrando hasta 51.03 pg cel⁻¹. Éste mismo tratamiento logra el mejor contenido de clorofila a, b y total, así como carotenos totales. Con lo anterior se concluye que la adición de microelementos para inducir la producción de metabolitos de interés en la microalga puede ser de gran utilidad y lograr mayor productividad.

Introducción

El cultivo de microalgas a escala industrial ha sido objeto de un gran interés académico e industrial durante los últimos años (Milledge, 2011). El hecho de que las microalgas se hayan convertido en una fuente inagotable de nuevas sustancias con aplicación en muchas áreas se debe a su diversidad excepcional y a que representan un grupo de organismos altamente especializado que puede adaptarse a hábitat variados. Las microalgas presentan ventajas indudables en relación a las plantas por su rápido crecimiento, alto rendimiento de una gran cantidad de biomoléculas y la posibilidad de uso de cualquier tipo de agua para su cultivo (Satyanarayana *et al*, 2011). Adicionalmente, las microalgas marinas tienen características bioquímicas únicas no encontradas en las plantas superiores.

Debido a la estructura celular sencilla de las microalgas, la acumulación de energía química después del proceso fotosintético no se desperdicia en la construcción de estructuras complejas, sino que se orienta a un uso más eficiente de formación de nuevas células (Satyanarayana *et al*, 2011). En este sentido, los microorganismos fotosintéticos son la base de todas las cadenas alimenticias, y por tanto de la vida en el planeta (Hosikian *et al*, 2010). Como las microalgas poseen estructuras sencillas su composición consiste básicamente en carbohidratos, proteínas y lípidos, aunque también son fuente de vitaminas como la A, B1, B2, B6, C, y E. La célula al contener éstas vitaminas, las requerirá en la formulación de su medio de cultivo. También contienen pigmentos y fitoesteroles característicos de cada especie de microalga. Asimismo, son una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados y de compuestos antioxidantes como los polifenoles. Las microalgas tienen un alto contenido en proteínas, sobre todo de aquéllas usadas como fuente de nutrientes. En cuanto a los carbohidratos, éstos se encuentran principalmente como almidón, glucosa y otros polisacáridos de alta digestibilidad.

En éste contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la adición simultánea de Mg, Si y Sr al cultivo de la microalga marina *Tetraselmis suecica* en modo de operación semicontinuo.

Fundamentación teórica

La disponibilidad de nutrientes y la fuente de energía son elementos clave para la biosíntesis de los componentes celulares en el crecimiento, reproducción y mantenimiento de la vida. Las microalgas, al ser organismos fotoautótrofos, dependen de la luz (que puede ser suministrada por el sol o por lámparas de luz fría), de temperatura adecuada, de una fuente de carbono (proviene del CO₂), hidrógeno y oxígeno. Además, necesitan de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, magnesio, calcio y azufre, micronutrientes como hierro, cobre, molibdeno, manganeso, sodio, cobalto, vanadio y silicio, y de factores de crecimiento como las vitaminas del complejo B (biotina, tiamina y cianocobalamina) (Zaborsky, 1983).

Los macronutrientes son esenciales para las microalgas en cantidades de gramos por litro de medio de cultivo y son necesarios para la síntesis de los compuestos celulares, ya que forman parte de su estructura. Los micronutrientes son aquellos que son requeridos por las microalgas en cantidades de mg ó µg, y que juegan un papel crucial para el adecuado funcionamiento enzimático celular.

Por otra parte, el cultivo de microalgas se puede llevar a cabo mediante diversos modos de operación: discontinuo o *batch*, semicontinuo o *fed-batch* y continuo. Se ha demostrado que la operación en continuo es una opción viable para el cultivo de microalgas, ya que de este modo se alcanzan mayores productividades, se facilita una elevada homogeneidad del producto y una mayor regularidad de la producción. No obstante, su mantenimiento y control es difícil y se opta por el cultivo semi-continuo en régimen de quimiostato que ha sido ampliamente utilizado para estudiar la ecología y bioquímica de las microalgas, pero con la variante de que incluye ciclos de luz/oscuridad imitando el proceso en la naturaleza. Para evitar confusiones, al cultivo en quimiostato con esta variante de sincronización mediante ciclos de luz/oscuridad se le ha denominado ciclostato (Gotham y Rhee, 1982). El cultivo semicontinuo en ciclostato, aunque metodológicamente es distinto de un quimiostato, se ajusta a los modelos de crecimiento de un sistema en continuo.

El cultivo fototrófico es aquel que utiliza la luz como fuente de energía y el CO₂ como fuente de carbono (Huang *et al*, 2010). En base en lo anterior, las condiciones de cultivo deben proporcionar estos dos requerimientos básicos de las microalgas, además de aportar los nutrientes y factores de crecimiento necesarios para un desarrollo óptimo. En este sentido, en los cultivos autotróficos se suministra la luz necesaria para la fotosíntesis a través de dos fuentes: lámparas de luz o luz solar. Cuando el objetivo es la producción a gran escala con altas productividades volumétricas y alto rendimiento de biomasa, se suele utilizar la luz solar, ya que permite disminuir considerablemente los costes de producción (Zijffers *et al*, 2010). Sin embargo, cuando se trabaja al aire libre, los cultivos están expuestos a cambios ambientales que podrían afectar al desarrollo normal de la microalga. Debido a ello, es común la utilización de gases de combustión ricos en CO₂, que previenen la limitación de la fuente de carbono y permiten por consiguiente, que la productividad pueda mantenerse a niveles elevados. Así, el cultivo autotrófico es considerado el método más deseable para el cultivo de microalgas ya que la luz solar es una fuente gratuita que redundará en una mayor eficiencia del proceso biológico (Azma *et al*, 2011). Por otra parte, el cultivo a pequeña escala, escala laboratorio, se utilizan los fotobiorreactores que permiten el cultivo de las microalgas en condiciones controladas de nutrientes, temperatura, transferencia de gases (CO₂ disuelto), pH, evaporación del medio de cultivo y prevención de agentes contaminantes.

Tetraselmis suecica es una microalga marina unicelular móvil, debido a la presencia de flagelos, es de color verde por el contenido de clorofila del tipo *a* y *b*. Inicialmente fue denominada *Platymonas* y se clasificó en la clase *Chlorophyceae*, pero actualmente se clasifica en la clase *Prasinophyceae* dentro de la división *Chlorophyta*. Su tamaño es de alrededor de 10 micras de diámetro (Morineau *et al*, 2001). Esta microalga es ampliamente utilizada en acuicultura como alimento vivo para crustáceos y moluscos. Aunque no es una microalga que se reconozca por su alto contenido en lípidos, *T. suecica* es una de las microalgas con más potencial para la producción de biodiesel, por su alta productividad celular y por la facilidad de su cultivo en sistema continuo (Rodolfi *et al*, 2009). Debido a las ventajas que presenta y por su alta resistencia, facilidad de cultivo y alta productividad, la hace atractiva para la obtención de los metabolitos que contiene.

Metodología

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ingeniería de procesos del CIIBAA del ITSON, como parte del trabajo del cuerpo académico de Bioprocesos y Bioproductos. La cepa de *Tetraselmis suecica* fue adquirida del cepario del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) de La Paz, BCS.

El medio de cultivo control utilizado es agua de mar con salinidad del 3.5%. El agua una vez esterilizada se le agregó la solución estéril de nutrientes denominada “algal” (Ulloa *et al*, 2012). Además se agregó la mezcla de Mg-Si, Mg-Sr y Si-Sr a una concentración de 3 mM para Mg y Si y de 0.1 mM para Sr.

Se inoculó la microalga marina *T. suecica* con una densidad inicial de 2.0×10^6 cel·mL⁻¹ en fotobiorreactores tubulares de vidrio para cultivo de 25 mm de diámetro y fondo cóncavo con 60 ml de medio. Los tubos se colocaron en un soporte con las lámparas de luz integradas que proporcionaban una intensidad luminosa de $200 \mu\text{mol quanta}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Los cultivos se sometieron a un ciclo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Se incubaron en una cámara de cultivo a una temperatura de 20°C, con un flujo de aire de 1.5 vvm (volumen aire/volumen de medio por minuto) enriquecido con un pulso de 10 s de CO₂ cada 10 minutos para mantener el pH con valores entre 7 y 8. La renovación del cultivo se realizó durante la primera hora de luz con agua de mar estéril enriquecida con los mismos nutrientes a la concentración inicial, hasta concluir con la recolección de biomasa, la cual se inició una vez que el cultivo estaba estabilizado; eso se

estima al tener una renovación de 2 veces el volumen de cultivo (Fábregas *et al*, 1996), manteniéndose la densidad celular con poca variación (dentro del 10%) durante 30 días. Una vez alcanzada la fase de estabilización del cultivo, donde la densidad celular permanece con una concentración estable, con una variación no mayor al 10% durante la renovación del medio, se recogió diariamente un volumen de muestra equivalente al 40% del volumen del cultivo, se centrifugó a 3900 g durante 10 min y se congeló a -20°C para los análisis que así lo requerían y otras muestras se liofilizaron. La biomasa se utilizó posteriormente para hacer los análisis de contenido de proteína, peso seco, concentración celular, La concentración celular se midió diariamente en muestras frescas tomadas en la primera hora de luz, por el método de conteo directo al microscopio óptico en cámara Improved Neubauer. Se determinó el peso seco, para ello se utilizaron filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C a secado hasta peso constante (80°C durante 12 horas). Una vez estabilizados, se pesaron en una balanza analítica de alta precisión; una vez registrado el peso del filtro, se filtraron 3 ml de cada muestra de cultivo, haciendo 5 lavados con 3 ml de formiato de amonio 0.5 M (Zhu y Lee, 1997). Posteriormente, se secaron en un horno a 80°C durante 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo, se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron. La diferencia entre el peso del filtro más la muestra menos el peso del papel nos da el peso seco.

Se determinó el contenido de proteína, para lo cual se utilizó el método de Lowry modificado por Herbert *et al* (1971); para la determinación se preparó una curva patrón de seroalbúmina bovina (BSA) disuelta en NaOH 1 N, en un rango de concentraciones entre 25 y 400 µg/ml. La concentración que tienen las muestras se determina por interpolación de los valores de absorbancia en la curva patrón. Se centrifugaron 5 ml de cultivo fresco a 3900 g durante 10 min en tubos de rosca; en este caso se determinó este volumen de acuerdo a la densidad celular que presentaba el cultivo, de forma que la muestra entrara en el rango de la curva patrón. Se añadieron 2 ml de NaOH 1N y se metieron las muestras al baño maría a 95 – 100°C durante 1 hora, se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 15 min y se centrifugaron a 3900 g durante 10 min en una centrífuga. Se transfirieron 0.1 ml del sobrenadante a un tubo de ensayo (por triplicado) y se añadieron 0.4 ml de H₂O destilada y 0.3 ml de NaOH 1N y se agitaron en un vórtex. Se preparó una solución de Na₂CO₃ al 5% y se mezcló en proporción 1:1 con una solución de tartrato de sodio y potasio al 1% con CuSO₄ · 5 H₂O al 0.5% en peso. Ésta mezcla se realizó justo antes del análisis y se añadieron 2 ml a cada una de las

muestras a analizar, tanto a la curva patrón como al blanco y se agitó inmediatamente para homogenizar. Después de 10 min se añadieron 0.4 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu (1:1 en agua destilada) y se agitaron inmediatamente en un vórtex. Se dejaron en reposo durante 30 min a temperatura ambiente y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro 750 nm en cubetas de vidrio de 1 cm de paso óptico. La clorofila y los carotenoides totales fueron extraídos de 3 mg de biomasa liofilizada con 5 ml de acetona:metanol (2:1 v/v). Para la completa extracción de los pigmentos, las muestras se dejaron en oscuridad a 4°C durante 24 h. Los extractos se clarificaron por centrifugación (3900 g durante 10 min) y después se midió la absorbancia a 480, 664 y 647 nm en un espectrofotómetro. El contenido de clorofila y carotenoides totales fueron estimados de acuerdo con las fórmulas establecidas por Jeffrey y Humphrey (1975):

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

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

$$\text{Carotenoides totales (}\mu\text{g/ml)} = 4 A_{480}$$

Donde A es la absorbancia de la muestra a diferente longitud de onda.

Resultados y discusión

Crecimiento celular. Debido a los resultados obtenidos en trabajos anteriores (Ulloa *et al*, 2012), los cuales mostraban una alta densidad celular obtenida en los cultivos con magnesio a una concentración 3 mM, silicio a una concentración 3 mM y estroncio a concentración 0.1mM, en el presente trabajo se realizó un cultivo en el cual se adicionó una mezcla de estos micronutrientes para verificar si existe un efecto sinérgico de los elementos. Teniendo en cuenta de que la alta productividad está siempre relacionada con la alta densidad celular.

El cultivo en *batch* alcanzó la fase estacionaria a los 6 días, con una densidad celular de 8 a 9×10^6 cel ml^{-1} y una tasa específica de crecimiento (μ) de 0.35 a 0.37 d^{-1} en promedio para los cultivos. Aunque la que presentó mayor tasa específica de crecimiento fue el cultivo con Mg-Sr con 0.37 d^{-1} . Así mismo, la densidad celular en el estado estabilizado del cultivo, alcanzó hasta 7×10^6 cel $\cdot\text{ml}^{-1}$ (Figura1), siendo ligeramente superior la del control que la del resto de los tratamientos. Como se puede observar, la adición de los micronutrientes al medio de cultivo no promovió una mayor densidad, pero tampoco la inhibió, obteniendo resultados similares entre el control y los tratamientos evaluados; En cualquier caso, la densidad celular de todas las

concentraciones ensayadas fue similar a las reportadas por Otero y Fábregas (1997) y Ulloa *et al* (2012), cuando se operó en condiciones similares a las del cultivo control de este trabajo.

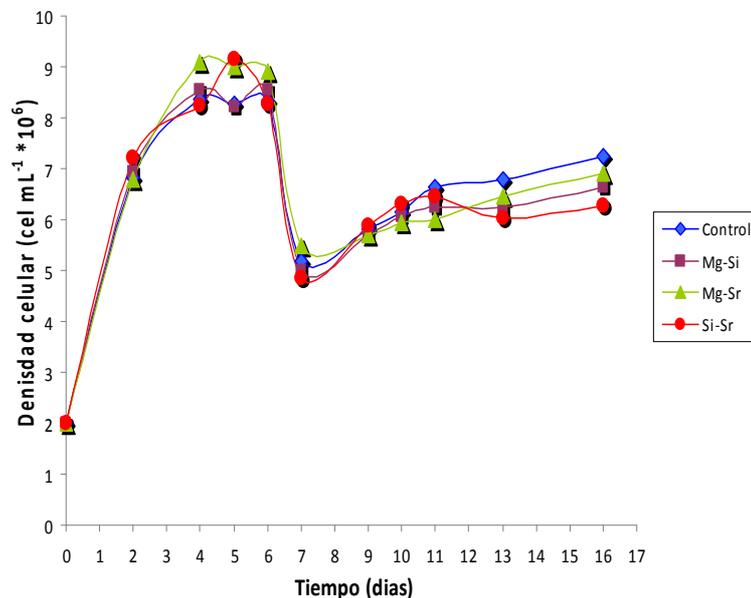


Figura1. Cinética de crecimiento celular en el cultivo de *T. suecica* en presencia de Mg-Si, Mg-Sr y Si-Sr y el control.

Peso seco

La adición de los micronutrientes al medio de cultivo no parece influenciar al peso seco celular como se desprende de los datos mostrados en la Figura 2, de hecho, el control fue el que logró el mayor peso seco celular con $162 \pm 3.51 \text{ pg cel}^{-1}$, lo que aunado a la densidad celular, se traduce en una mayor productividad que en el resto de los tratamientos. Así se obtuvo un peso seco de 151.25, 106.48 y 146.38 pg cel^{-1} para los tratamientos con Mg-Si, Mg-Sr, Si-Sr, respectivamente. Los resultados obtenidos en el presente trabajo se esperaban que fueran mayores a los reportados por Ulloa *et al* (2012), ya que se están combinando los elementos traza que afectaron positivamente tanto la densidad celular, peso seco y la productividad; sin embargo, no ha se ha logrado igualar los resultados, tal vez porque la cepa de trabajo se obtuvo de diferente fuente y aunque en el laboratorio se le da las mismas condiciones, la respuesta biológica es diferente.

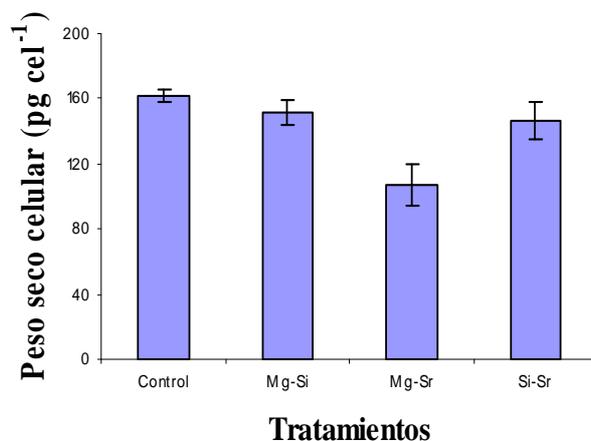


Figura 2. Peso seco celular alcanzado por *T. suecica* en los diferentes tratamientos.

Contenido de proteína

Como se ha mencionado previamente, la composición bioquímica de *T. suecica* y de cualquier microalga, varía de acuerdo con las condiciones de cultivo, las técnicas de cultivo, la composición del medio y hasta el método de cosecha (Martínez *et al*, 2014). En este trabajo se adicionó la combinación de magnesio, silicio y estroncio con el fin de modificar la composición del medio de cultivo, manteniendo la concentración de N-NO₃ a 4 mM y una tasa de renovación del 40%. El porcentaje de proteína se presenta con base al peso seco celular y al peso seco celular libre de cenizas.

Con respecto al contenido de proteína, en la Figura 3, se observa que la adición de la combinación de Mg-Sr y Si-Sr promueve una mayor producción de proteína en base seca, logrando un contenido de 51.3 y 44.0 pg cel⁻¹, respectivamente; lo que equivale a un 40.5 y 30.0 % del contenido celular; siendo visiblemente superiores al cultivo control y al Mg-Si con 28.6 y 33 pg cel⁻¹ lo que equivale a un 17.6 y un 26.0 % del contenido celular.

Por otra parte, como se están adicionando minerales al medio de cultivo, es interesante calcular el contenido de proteína en la biomasa seca libre de cenizas, ya que se puede establecer que a mayor contenido de minerales en el medio, la microalga tiene la capacidad de asimilarlos y por ende se verá afectado el contenido de cenizas. Posteriormente, se realizó el cálculo y se observa que la tendencia de mayor porcentaje de proteína se mantiene en los tratamientos con Mg-Sr y Si-Sr con un 45.6 y 47.3 % respectivamente, lo que indica que el cultivo con Mg-Sr asimiló menor cantidad de minerales y se respresenta con menos contenido inorgánico (de cenizas) que el

cultivo con Si-Sr, ya que la fracción orgánica de este último fué menor y el contenido de proteína representa un mayor porcentaje.

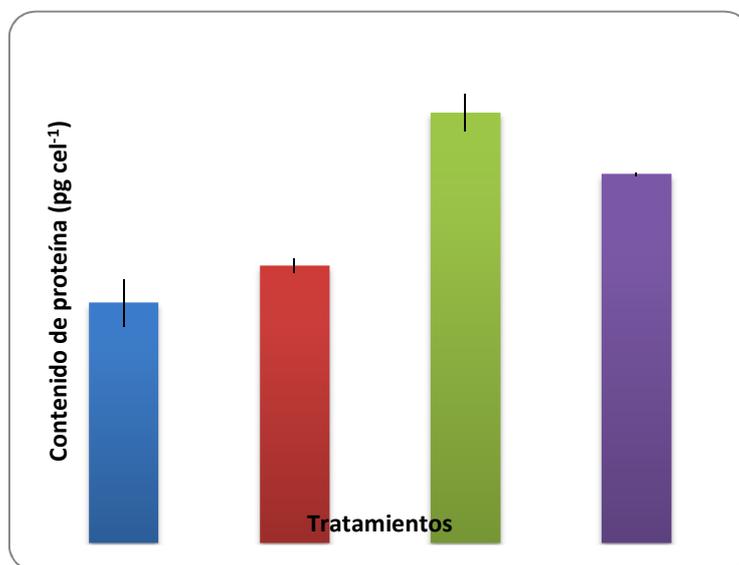


Figura 3. Contenido de proteína en las células de *T. suecica* cultivada en modo semicontinuo con adición de la combinación de Mg, Si y Sr.

Contenido de clorofila y carotenos totales

Las moléculas presentes en la biomasa de microalgas pueden representar una potencial fuente de moléculas con actividades interesantes, tal es el caso de los pigmentos, a los cuales se les atribuye ser uno de los responsables de la actividad antioxidante en microalgas; por ello se analizó el contenido de pigmentos totales en la biomasa de *T. suecica*, como la clorofila *a*, clorofila *b* y los carotenos totales. Se observó que el sistema de cultivo afectó al contenido y la variedad de los pigmentos; en este sentido, el máximo contenido de clorofila se observa en la biomasa obtenida del cultivo con Mg-Sr, seguida por el de Mg-Si. Sin embargo, esta diferencia no se observa tan marcadamente para el contenido de carotenos, pues prácticamente no hay diferencia con el control. Se puede establecer entonces, que la presencia de Mg en el cultivo de la microalga favorece la producción de la clorofila en la microalga, tanto del tipo *a* como la *b*. Se ha demostrado que algunas especies de microalgas presentan una actividad antioxidante considerable, representando una potencial fuente natural de compuestos con esta propiedad. Además, la ventaja de producir este tipo de compuestos a partir de microalgas es que su composición va a estar influenciada en gran medida por las condiciones de cultivo, lo que puede suponer una herramienta útil para su control (Sánchez *et al*, 2008).

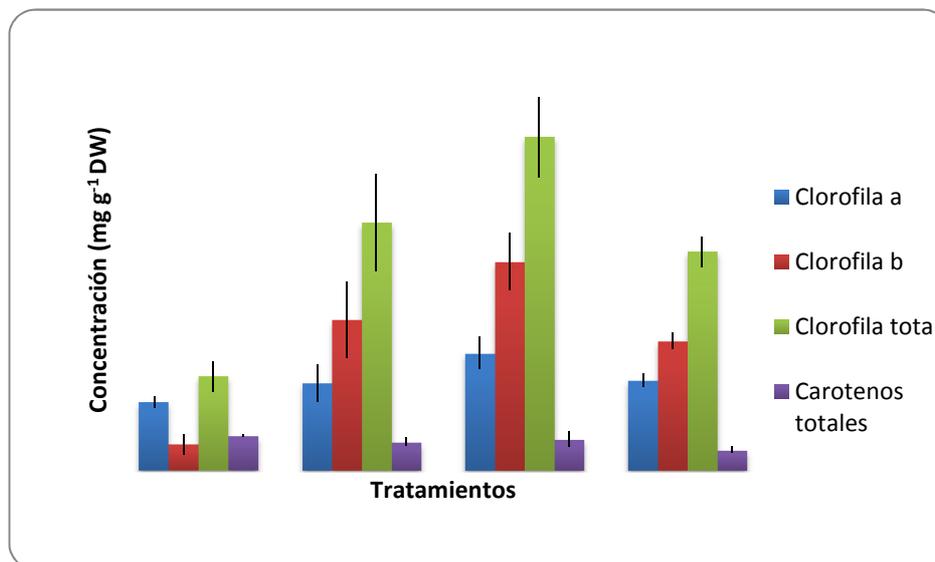


Figura 4. Contenido de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenos totales en biomasa de la microalga marina *T. suecica*.

Conclusiones

La adición de microelementos al medio de cultivo de la microalga marina *T. suecica* presentó una gran diferencia con respecto al control en el contenido de proteína y de los pigmentos clorofila y carotenos totales. No así, para la densidad celular y el peso seco, aunque no existió una diferencia significativa entre el control y los cultivos con la combinación de Mg, Si y Sr. Al combinar todas estas variables, finalmente se puede concluir que la densidad celular es similar en todos los tratamientos, pero la diferencia se muestra en la composición celular, lo que se traduce a una mayor productividad de proteína y de pigmentos.

Referencias

- Azma M., Mohamed M.S., Mohamad R, Abdul-Rahim R., Ariff A.B. (2011). *Improvement of medium composition for heterotrophic cultivation of green microalgae, Tetraselmis suecica, using response surface methodology*. Biochemical Engineering Journal. 53:187–195.
- Fábregas J., Patiño M., Morales E., Cordero B., Otero A. (1996). *Optimal renewal rate and nutrient concentration for the production of the marine microalga Phaeodactylum tricornutum in semicontinuous cultures*. Appl Environ Microbiol. 62:266-268.
- Herbert D., Phipps P.J., Strano R.E. (1971). *Chemical analysis of microbial cells*. In: Norris JR and Robbins DW (eds) *Methods in microbiology*. Academic Press, China. p. 209-234.

- Gotham I.J., Rhee G. J. (1982). *Effects of nitrate and phosphate limitation on cyclostat growth of two freshwater diatoms*. Journal of General Microbiology. 128:199-205.
- Hosikian A., Lim S., Halim R., Danquah M.K. (2010). *Chlorophyll Extraction from Microalgae: A Review on the Process Engineering Aspects*. International Journal of Chemical Engineering. DOI:10.1155/2010/391632.
- Huang W.Y., Cai Y.Z., Zhang Y.B. (2010). *Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention*. Nutr Cancer. 62:85 1-20.
- Jeffrey S.W., Humphrey G.F. (1975). *New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton*. Biochem Physiol Pflanz. 167:191-194.
- Martínez R, Ulloa G, Beristain R, Saldivar J, Meza E (2014). *The best recovery of Nannochloropsis oculata from the culture broth and effect on content of lipids*. Journal of Renewable and Sustainable Energy. 6,013111.
- Milledge J.J. (2011). *Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review*. Rev Environ Sci Biotechnol. 10:31–41.
- Morineau T.O., Legentilhomme P., Jaouen P., Lepine B., Rince Y. (2001). *Influence a swirl motion on the interaction between microalgal cells and environmental medium during ultrafiltration of a culture of Tetraselmis suecica*. Biotechnology Letters. 23:1539-1545.
- Otero A., Fábregas J. (1997). *Changes in the nutrient composition of Tetraselmis suecica cultured semicontinuously with different nutrient concentrations and renewal rates*. Aquaculture. 159:111-123.
- Rodolfi L., Chini Z.G., Bassi N., Padovani G., Biondi N., Bonini G., Tredici M. (2009). *Microalgae for oil: Strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low cost photobioreactor*. Biotechnol Bioeng. 102(1):100-112.
- Sánchez J.F., Fernández-Sevilla J.M., Ación F.G., Cerón M.C., Pérez-Parra J., Molina-Grima E. (2008). *Biomass and lutein productivity of Scenedesmus almeriensis: influence of irradiance, dilution rate and temperature*. J Appl Microbiol Biotechnol. 79:719–729.
- Satyanarayana KG, Mariano AB, Vargas JVC (2011). *A review on microalgae, a versatile source for sustainable energy and materials*. Int. J. Energy Res. 35:291–311.
- Ulloa G, Otero A, Sánchez M, Sineiro J, Núñez MJ, Fábregas J (2012). *Effect of Mg, Si, and Sr on growth and antioxidant activity of the marine microalga Tetraselmis suecica*. J Appl Phycol. 24:1229–1236.
- Zaborsky R.O., Mitsui A., Clanton C., Black Jr. (1983). *Handbook of biosolar resources*. CRC Prees, Inc, Florida, USA. p. 657.
- Zhu C.J., Lee Y.K. (1997). *Determination of biomass dry weight of marine microalgae*. J Appl Phycol. 9:189–194.
- Zijffers J.W.F., Schippers K.J., Zheng K., Janssen M., Tramper J., Wijffels R.H. (2010). *Maximum Photosynthetic Yield of Green Microalgae in Photobioreactors*. Mar Biotechnol. 12:708–718.

Capítulo IX. Evaluación de un sistema acuapónico en NFT para la producción de hortalizas de interés comercial y tilapia (*Oreochromis* spp.): experiencias del cuerpo académico de Biotecnología Agrícola y Biosistemas Acuáticos

Maritza Arellano Gil, Ramón Casillas Hernández, Catalina Mungarro Ibarra, Ofelda Peñuelas Rubio y Marco Antonio Gutiérrez Coronado
Dirección de Recursos Naturales
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. maritza.arellano@itson.edu.mx

Resumen

La acuaponía es una técnica de bajo impacto ambiental para la producción de alimentos, procesa biológicamente los residuos generados en sistemas de recirculación acuícola y los convierte en un efluente rico en nutrientes asimilables para la producción de biomasa vegetal. Este proyecto se dividió en dos fases: producción de albahaca, coliflor y pak choi (joi choi y mei qing choi) con tilapia e hidroponía bajo condiciones controladas en el Laboratorio de Sistemas Integrados del Instituto Tecnológico de Sonora; como segunda fase la integración del cultivo de lechuga, pak choi (cultivar rubi) y tilapia, bajo condiciones de invernadero en la Universidad de Arizona. En la fase uno los factores de conversión alimenticia más altos del sistema acuícola (1.75 y 1.71 kg) se obtuvieron durante los ensayos de joi choi y coliflor; la mayor ganancia en biomasa acuícola con joi choi y albahaca (4.92 y 3.69kg). La respuesta fisiológica del cultivo de mei qing choi y coliflor no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) versus control hidroponía. Durante la segunda fase se obtuvo con pak choi, 4.99 kg de ganancia de peso en tilapias. El efluente acuícola en ambas fases de los experimentos presentó concentraciones de nitrógeno suficientes para hortalizas de hoja, sin embargo se requiere suplementar calcio, magnesio y hierro. Los requerimientos de luz son superiores a los proporcionados por el sistema de la fase 1. Los cultivos evaluados son susceptibles de integrarse a la producción de tilapia en recirculación.

Introducción

La acuicultura intensiva es una técnica en la cual se manipulan las condiciones ambientales de organismos acuáticos con la finalidad de obtener mayor producción para consumo humano, por otra parte en un sistema hidropónico las raíces son sumergidas en una solución nutritiva disuelta en agua, en la que se cuenta con los elementos químicos esenciales para el desarrollo de la planta (Suárez, 2009). En el pasado, ya se realizaban cultivos sin necesidad de suelo agrícola, jeroglíficos que datan cientos de años a.C. en los que describen cultivos de plantas en agua, los jardines colgantes de Babilonia, las chinampas de los Aztecas, y los cultivos de China imperial (Resh, 2006).

La acuaponía se define como un sistema biológico que integra la horticultura hidropónica

y la acuicultura con la finalidad de obtener alimentos de manera sustentable. En un sistema acuapónico se busca el equilibrio de estos sistemas, básicamente se tiene un efluente rico en nutrientes proveniente del estanque de peces y es utilizado para fertirrigar las camas hidropónicas (Diver, 2006). Se han estudiado diversas combinaciones de especies acuícolas y vegetales con efectividad. Especies tales como tilapia, carpa, bagre, perca e inclusive camarón, han dado como resultado desarrollo de biomasa vegetal y cultivos económicamente rentables. Esto debido a que los efluentes de los sistemas acuícolas pueden proveer el nitrógeno necesario para la obtención de biomasa vegetal. Algunos de estos ensayos se han utilizado diversos sustratos, sistemas de filtración y suplementación con macro y micronutrientes a las plantas, obteniendo producción comparable con sistemas hidropónicos (Graber y Junger, 2009; Sikawa y Yakupitiyage, 2010; Roosta y Hamidpour, 2011; Radovich *et al.*, 2012). De acuerdo con el contexto señalado, se establece el objetivo de evaluar la respuesta fisiológica de los cultivos de albahaca, coliflor, pak choi y lechuga en un sistema integrado de acuaponía para el cultivo de tilapia en comparación con hidroponía como propuesta de producción sustentable en el sur de Sonora

Fundamentación teórica

La seguridad alimentaria de una creciente población mundial hace necesaria la optimización en las actividades económicas relacionadas con la producción de alimentos; la agricultura es la principal actividad económica a nivel global, sin embargo en los últimos años la acuicultura ha tenido un crecimiento anual del 10% (FAO, 2012; Karthik *et al.*, 2005). En ambos sistemas de producción predomina el uso extensivo y poco racional de suelo, agua, combustibles fósiles, nutrientes inorgánicos, plaguicidas sintéticos y algunos fármacos lo que ha ocasionado un grave deterioro de la calidad de aguas superficiales y mantos freáticos (eutrofización, formación excesiva de amonio, metano y ácido sulfhídrico), además de erosión del suelo (Raven *et al.*, 2010; Withgott y Laposata, 2012; Midlen y Redding, 1998; WWF, 2013).

Los problemas mundiales y regionales de escasez de agua involucra a ambos sistemas de producción, dando como resultado la sobreexplotación de los mantos acuíferos e intrusión salina y por ende pérdidas económicas en las actividades productivas además de problemas sociales (Reyes y Quintero, 2009). A nivel mundial, las principales zona de pesca han llegado a su máximo potencial, para mantener el nivel actual de consumo *per cápita*, la producción mundial de la acuicultura tendrá que alcanzar los 80 millones de toneladas en 2050. Es importante

remarcar que las preferencias de los mercados, el comercio y el consumo, influyen fuertemente en el crecimiento del sector, con demandas para producir alimentos seguros y de calidad (FAO, 2012).

Existen alternativas intensivas para la producción de alimentos en las cuales se optimiza el uso del suelo, agua e insumos. En el área agrícola la técnica de película nutritiva o NFT (Nutrient Film Technique) consiste en cultivar plantas en canales o tubos impermeables en los cuales fluye una corriente de muy poca profundidad con recirculación de una solución nutritiva completa. De esta manera la raíz se desarrolla en lo ancho del canal, anclándose establemente y brindando sostén a la planta, tal como si se cultivaran en suelo (DeLong *et al.*, 2009). Los Raft o camas flotantes son sistemas de cultivos de gran utilización en el sector comercial. El diseño consiste en hacer crecer las plantas sobre camas de poliestireno, cuales actúan como soporte de las plantas. Los sistemas de camas flotantes utilizan grandes volúmenes de agua pero con mínima evaporación. Para la producción de acuícola se utilizan los sistemas de recirculación acuícola (SRA). Los SRA consisten en un conjunto organizado de procesos complementarios que permiten que al menos una parte del agua que sale de un tanque de cultivo de peces a ser reacondicionado y posteriormente se reutiliza en el tanque de cultivo de peces mismo u otros tanques de cultivo de peces; el aumento en el uso de éstos sistemas a escala comercial ha aumentado drásticamente en la última década (Timmons *et al.*, 2002; Dunning *et al.*, 1998).

Los sistemas acuapónicos integran la producción intensiva de peces y plantas, de manera sustentable ya que el procesamiento biológico (por acción de bacterias nitrificantes) de los desechos producidos en el sistema acuícola los transforma a formas asimilables para las plantas, utilizándose como insumo en un sistema vegetal; esto permite mejorar la productividad y abatir costos, elevando la rentabilidad de las empresas hasta en un 65% (TGMFS, 2012)

La elección de las especies en los sistemas integrados es de vital importancia y dependerá de la adaptabilidad de los peces o plantas a las condiciones climáticas de la zona donde se pretende establecer el sistema, la demanda del mercado meta y la accesibilidad a éste, el nivel de tecnificación, entre otros.

Metodología

La metodología se llevó a cabo bajo el siguiente esquema:

Fase uno: laboratorio de sistemas integrados de producción acuícola-agrícola, del Instituto

Tecnológico de Sonora. Se evaluaron dos tratamientos de aporte de nutrientes: agua procedente del biofiltro del sistema de recirculación acuícola (T1) y solución nutritiva completa (Steiner, 1984) (T2), ambos con 3 repeticiones y 18 unidades experimentales en cada una, bajo un esquema de diseño anidado. El SAR consistió en dos tanques de 1.8m³ y una unidad de filtración completa que utiliza un sistema de doble drenaje para separar y eliminar los sólidos, además de un bioreactor de lecho móvil (fish farmTM de aquatic ecosystems); las plantas se instalaron en un sistema NFT de dos secciones con 3 tubos de pvc de 4" y 18 cavidades para una planta en cada tubo. Se iluminó con 3500 luxes de luz blanca fluorescente. Las variedades utilizadas fueron albahaca grande (*Ocimum basilicum L.*), pak choi (*Brassica chinensis L.*) variedad mei qing choi y joi choi, coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*) y tilapias: azul (*Oreochromis aureus*), del nilo (*O. niloticus*) y roja (*O. mossambicus sp.*). Las variables analizadas fueron: número y peso de peces, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura, altura, clorofila, biomasa, área foliar, análisis nutrimental.

Fase dos: Controlled Environment Agriculture Center de la Universidad de Arizona en Tucson Arizona. Se evaluaron dos tratamientos de alimento (Star Milling Co. 35% de proteína) para tilapia del Nilo; bajo un sistema de biofiltración conformado por bioesferas y aireación constante, se cultivaron 180 plantas de pak choi variedad rubí en ambas camas flotantes (RAFT). El T1 recibió 100g diarios de alimento durante 18 días y 200g hasta los 34 días, el T2 200g durante los primero 18 días y posteriormente se incrementó a 300g. Se evaluó la biomasa en peces, clorofila en plantas, temperatura del agua aire y humedad relativa, en agua: fosfatos, amoníaco no ionizado, nitratos, nitritos, hierro, dureza como carbonato de calcio, solidos totales disueltos y pH. El equipo utilizado fue el colorímetro 850 de HACH y pH el potenciómetro HQ11d de HACH.

Resultados y discusión

Fase I. Biometrías

La producción de tilapia en asociación con joi choi se muestran en la tabla 1. La ganancia en peso fue la mayor de todos los cultivos, la tasa de crecimiento fue también superior lo cual se reflejó en la ganancia de biomasa, sin embargo la supervivencia fue menor de lo esperado. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Producción de tilapia asociada a joi choi. Fase uno.

Tanque	Biomasa inicial	Biomasa final	Densidad de cultivo (No.m ³)	Tasa de crecimiento (g.día)	FCA	Supervivencia (%)
1	20.088	26.353	87	2.630	1.8	93.5
2	20.809	24.491	83	1.640	1.7	96.6
Promedio	20.499	25.422	85	2.138	1.75	95

FCA: factor de conversión alimenticia en kg.

Calidad del agua

Los valores de los parámetros de calidad del agua se muestran en la Tabla 2, donde se muestran los valores de cada parámetro durante cada ciclo de cultivo hortícola. El valor de temperatura del sistema acuícola durante los ciclos de cultivo de albahaca y coliflor estuvo por debajo de los óptimos para el cultivo de tilapia, los cuales están entre 27 y 30°C, según lo reportado por Lim y Webster (2006) y USDA (2010). La conductividad eléctrica permaneció por debajo de los límites de tolerancia del organismo en estudio que según Graber y Junge (2009) es de <1200 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Tabla 2. Calidad del agua en los ensayos con diferentes cultivos

		<i>Albahaca</i>	<i>Mei qing choi</i>	<i>Joi choi</i>	<i>Coliflor</i>	<i>Tomate</i>
<i>T</i>	1	23.46(±0.03)	24.69(±0.02)	30.04(±3.63)	23.41(±0.10)	27.83(±0.05)
	2	23.29(±1.24)	24.61(±0.65)	26.80(±3.99)	23.34(±1.34)	27.40(±0.12)
<i>Ce</i>	1	443.36(±2.47)	492(±0.46)	551.70(±4.28)	806.68(±22.51)	886.83(±2.91)
	2	440.16(±66.23)	480.89(±72.19)	559.98(±74.97)	816.22(±249.99)	880.12(±13.91)
<i>Ph</i>	1	7.47(±0.01)	7.33(±0.01)	7.02(±0.06)	8.27(±1.10)	7.74(±0.20)
	2	7.36(±0.86)	7.35(±0.50)	7.74(±0.45)	7.58(±0.91)	7.7(±0.10)
<i>Ox</i>	1	6.45(±0.05)	5.51(±0.05)	4.29(±0.48)	6.61(±0.42)	5.99(±0.01)
	2	6.66(±1.03)	5.96(±0.63)	5.30(±1.64)	6.67(±0.85)	6.22(±0.2)

T: Temperatura en °C; Ce: Conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$; HR: humedad relativa en porcentaje; Ox: Oxígeno en mg/L; 1: Tanques acuícolas; 2: Biofiltro

Durante todos los ensayos el pH estuvo en los rangos óptimos para el proceso de biofiltración, siendo de 7 a 8. Cuando el pH es menor de 6 las bacterias pueden inhibir el proceso de nitrificación y por consiguiente no eliminar los residuos nitrogenados tóxicos Sin embargo, los

peces generalmente toleran un rango de pH de 6 a 9.5, aunque un cambio rápido puede ser dañino (Masser *et al.*, 1999). El autor mencionado en el párrafo anterior nos menciona que para el caso del oxígeno para la una mejor nitrificación debe permanecer por arriba de los 5mg.L-1, ya que niveles inferiores a 2mg.L⁻¹ hace que las bacterias nitrificantes no sean eficientes. Para el caso particular de las tilapias cuando se tienen niveles bajos de oxígeno, los factores de conversión pueden resultar afectados. De esta manera se recomiendan concentración de 5 a 7.5mg.L-1 como óptimas para este organismo (DeLong *et al.*, 2009). En base a lo anterior las concentraciones de oxígeno en todos los ciclos estuvieron en dicho rango.

VARIABLES FISIOLÓGICAS

Las variables fisiológicas de mei qing choi se muestra en la Tabla 3. En este ensayo no se mostraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros fisiológicos evaluados. Al final de este ensayo se observaron diferencias significativas en el desarrollo de biomasa vegetal y por consiguiente en el rendimiento. Los valores obtenidos de biomasa de peso promedio por planta son muy bajos comparados por los obtenidos por Radovich *et al.*, (2012), con promedio de 153 gramo con 60.12 gramos de peso promedio por planta en tratamiento acuapónico. Resulta evidente que el rendimiento no es eficiente en comparación a un ensayo realizado en campo abierto. Esto sugiere que la luz de sistema no es la más eficiente para estas plantas.

Tabla3. Parámetros fisiológicos de mei qing choi en asociación con tilapia.

Parámetros fisiológicos	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Altura	26.92a	25.08a
Clorofila	29.23a	28.21a
No. Hojas	13.00a	13.00a
Peso aéreo	36.50a	60.12b
Área foliar	483.331a	484.162b
Producción	657.1a	484.162b
Longitud de raíz	32.82a	36.80a
Volumen raíz	7.16a	5.88b
Peso fresco raíz	6.09a	6.84b

Altura y longitud en cm; Clorofila en unidades Spad; Biomasa en g; Área foliar en cm²; Volumen en mL.*Letra distintas en cada valor de las columnas presentan diferencia significativa según la prueba LSD P ≤0.05

Perfil nutrimental de los tratamientos

En la Tabla 4 se muestra el perfil nutrimental de los tratamientos empleados. Es evidente que en todos los tratamientos hubo presencia suficiente de nitratos. Sin embargo las plantas no

podieron desarrollarse tal como lo hacen en condiciones de luz adecuadas. Para el caso de tratamiento acuapónico la principal deficiencia fue el hierro.

Tabla 4. Caracterización nutrimental de los tratamientos evaluados.

		Albahaca	Mei qing choi	Joi choi	Coliflor	Tomate
Nitratos	1	97(±2.64)	200(±6.92)	225.33(±0.08)	126.05(±63.66)	106.9(±5.95)
	2	41.7(±2.88)	324(±67.29)	301(±0.27)	463.4(±260.65)	112(±10.58)
Fosfatos	1	37.67 (±2.08)	14(±1.73)	33.33(±0.58)	64.92(±13.43)	60.67(±1.15)
	2	130(±66.23)	143.33(±7.63)	63(±2.65)	79.96(±144.18)	255(±5.00)
Potasio	1	12(±0.01)	12.67(±1.15)	14(±1)	49.42(±6.80)	12(±0.00)
	2	12(±0.01)	85.59(±2.08)	63.33(±2.89)	210.5(±56.83)	76(±0.10)
Hierro	1	0.02(±0.05)	0.013(±0.02)	0.02(±0)	0.01(±0.010)	0.01(±0.010)
	2	0.98(±1.03)	0.59(±0.212)	0.24(±0.05)	0.02(±0.04)	0.02(±0.04)

Fase dos. La producción de biomasa acuícola se muestran en la tabla 5, donde el factor de conversión fue mejor para el T2 y una mejor tasa de crecimiento, debido a la pequeña cantidad de alimento administrado a los peces, los cuales a lo largo del día se mostraban inquietos, señal de que no alcanzaban saciedad con el alimento administrado y por consiguiente entrar en un estado catabólico. Sin embargo lo que se buscaba era la total ingesta del alimento administrado y evaluar la calidad nutrimental del efluente acuícola utilizado para la fertirrigación de las plantas.

Tabla 5. Producción de tilapia asociada a pak choi. Fase dos.

Tratamiento	Biomasa inicial	Biomasa final	Tasa de crecimiento	FCR	Supervivencia
			(g.día⁻¹)		
1	14.301	15.587	1.68	3.58	96 %
2	13.960	18.954	6.53	1.44	100%

Parámetros ambientales.

La temperatura se mantuvo adecuada, estable ($28.78 \pm 0.65^\circ\text{C}$) y la humedad relativa adecuada para las condiciones del cultivo ($53.3 \pm 7.4\%$). Sin embargo el pH estuvo por arriba de

los 6.8, que se considera el máximo para cultivos de hoja y la PAR presentó fluctuaciones atribuibles a factores ambientales incontrolables (416 ± 127).

Variables fisiológicas

La producción vegetal en este bioensayo fue doblada por las plantas del T1 en comparación con el T2, con diferencia estadísticamente significativa, lo cual nos da una idea muy clara que iniciar la alimentación de las tilapias con 200g diarios no es la mejor opción; esto ocurrió en la mayoría de variables fisiológicas excepto índice de clorofila el cual no presentó diferencia significativas; éste parámetro es difícilmente modificable, a menos que exista una deficiencia marcada de algún elemento esencial.

Tabla 6. Variables fisiológicas de pak choi en asociación con tilapia.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Altura	24.76a	19.05b
Índice de clorofila	20.67a	19.75a
Clorofila	38.28a	37.38a
No Hojas	12a	11b
Peso aéreo	79.29a	37.71b
Área foliar	853.24a	460.29b
Producción	1427a	679b
Longitud de raíz	23.75a	3.56b
Peso fresco de raíz	32.26a	19.21b

Altura y longitud en cm; Clorofila en unidades spad; Peso en g; Área foliar en cm²; Producción en kg.ha; *Unidad spad calculada utilizando ecuación facilitada en el sitio web de apogee instruments.

A pesar de que el T2 tuvo menor biomasa vegetal, exhibió las características propias de la variedad comercial descritas por la compañía semillera Sakata ® en cuanto a número de hojas, peso fresco y color (Figura 1).

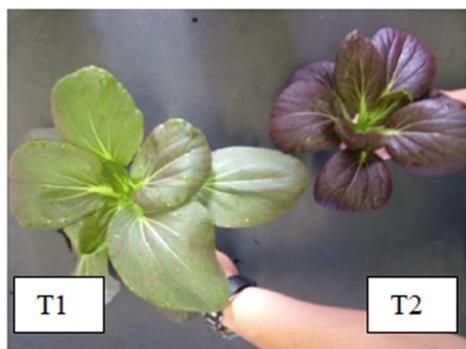


Figura 1. Fotografía de las plantas de pak choi variedad rubí.

Conclusiones

Durante los ensayos en la fase 1, aun que la hidroponía superó a la acuaponía en la mayoría de los cultivos evaluados, las diferencias no fueron significativas. Los cultivos de coliflor y pak choi no presentaron un adecuado desarrollo para ambos tratamientos, debido a que las condiciones de iluminación no fueron las adecuadas para los cultivos. El efluente acuícola presentó concentraciones de nitrógeno por arriba de las recomendadas en literatura, algunos síntomas de déficit nutrimental fueron visibles

En la fase 2 se obtuvo buen desarrollo de biomasa vegetal en la dosis de 100g diarios para tilapias ya que superó en biomasa al T2, sin embargo éste último mostró mejores características visuales como color y tamaño de hoja.

Los ensayos llevados a cabo en la Universidad de Arizona, que proveen iluminación difusa con fuente en radiación solar, indican que la cantidad y calidad de luz es clave en el desarrollo de ambas especies, por lo que se recomienda realizar cambios en la iluminación del sistema utilizado en la primera fase.

Referencias

- Diver, S. (2006). *Aquaponics- Integration of Hydroponics with Aquaculture*. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service. 1-25 p. Consultado 2012.
<http://backyardaquaponics.com/Travis/aquaponic.pdf>
- Dunning, R., T. Losordo and A. Hobbs (1998). *The Economics of Recirculating Tank Systems: A Spreadsheet for Individual Analysis*. SRAC Publication No. 456, 8 p.
- FAO (2012). *El estado mundial de la pesca y la agricultura*. Consultado en Junio 2013.
<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>
- Graber A. and Junge R. (2009). *Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production*. *Desalination* 246:147-156p.
- Karthik, M., J. Suri, N. Saharan and S. Biradar (2005). *Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system*. *Aquaculture Engineering* 32:285-302p.
- Lim, C. and C. Webster (2006). *Tilapia: biology, culture and nutrition*. Food products press. London. 678p.
- Masser, M., J. Rakocy and T. Losordo (1999). *Recirculating aquaculture tank production systems: management of recirculating systems*. SRAC publiacion No.452.

- Middlen, A. and T. Redding (1998). *Environmental management for aquaculture*. Chapman & Hall. 1st Edition. Germany. 215p
- Radovich. T., A. Pant, K. Fox, C. Tamaru, L. Bright, J. Uyeda and V. Daly (2012). *Yield and phytonutrient content of aquaponically growth pak choi (Brassica rapa, chinensis group)*. Hanai' Ai. The food provider.
- Raven, P., L. Berg and D. Hassenzahl (2010). *Environment*. 7th Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 589p.
- Resh, H. M. (2006). *Cultivos hidropónicos*. Ediciones Mundi-Prensa. 5ª ed. 558 p.
- Reyes, M. y S. Quintero (2009). *Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de sonora*. Revista digital universitaria. 10 (6).
- Roosta, H. R. and Hamidpour M. (2011). *Effects of foliar application of some macro and micro nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems*. Scientia Horticulturae 129(3):396-402p.
- Sikawa, D. C. and Yakupitiyage A. (2010). *The hydroponic production of lettuce (Lactuca sativa L) by using hybrid catfish (Clarias macrocephalus x C. gariepinus) pond water: potentials and constraints*. Agricultural Water Management 97:1317-1325p.
- Steiner, A. (1984). *The universal nutrient solution*. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands.
- Suárez, S. R. (2009). Tesis de licenciatura. *Diseño de sistema de acuaponia para la producción de tilapia (Oreochromis mossambicus) y lechuga (Lactuca sativa) en el Valle del Yaqui*. Instituto Tecnológico de Sonora. 112 p.
- The Global Magazine for Farmed Seafood TGMFS (2012). *The advocate global aquaculture*. 15(1):88p.
- Timmons, M., J. Ebeling, F. Wheaton, S. Summerfelt and B. Vinci (2002). *Recirculating Aquaculture Systems*. 2nd Edition. Cayuga AquaVentures, Ithaca, NY 14850, USA. 800 p. NRAC Publication No. 01-002.
- USDA (2010). *Tilapia: Environmental Biology and Nutritional Requirements*. FS963-02 Withgott, J. and M. Laposata (2012) Essential environment. Pearson Ed. USA. 418p.
- WWF (2013). Word wildlife fund. *Aquaculture problems: pollution*. Consultado en Julio del 2013. http://wwf.panda.org/about_our_earth/blue_planet/problems/aquaculture/pollution/

Capítulo X. Microorganismos halófilos productores de enzimas hidrolasas extracelulares

Raúl Balam Martínez Pérez, María Isabel Estrada Alvarado, Luis Alberto Cira Chávez, Lourdes Mariana Díaz Tenorio, Laura Elisa Gassós Ortega y Saúl Ruiz Cruz
Departamento de Biotecnología y Ciencias agroalimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. maria.estrada@itson.edu.mx

Resumen

Los microorganismos halófilos son un grupo poco considerado para aplicaciones biotecnológicas; sin embargo, estos presentan la ventaja de ser estables a altas concentraciones de salinidad, lo que constituye una fuente interesante de enzimas para usos biotecnológicos ya que pueden producir diversos metabolitos de importancia industrial. El exlago de Texcoco proporciona una gran variedad de microorganismos que no han sido explotados hasta el momento y poco se conoce sobre su metabolismo y su capacidad para producir exoenzimas. Del suelo salino del ex lago se logro aislar diferentes cepas microbianas A53 (08), H3 (22), H442 (18), 30333, HJ023, 303342, HJ026 (122), HJ019, H222 (11), RBN1, HJ09, M1F y M1N, las cuales mostraron producción de enzimas proteasas, carboxilesterasas, quitinasas y quitina desacetilasa, siendo la actividad quitinasa la que se presentó con menor frecuencia en las cepas evaluadas, mientras que M1F y M1N produjeron proteasas, carboxilesterasas y quitina desacetilasas. Las cepas evaluadas tienen la capacidad de producir enzimas de interés industrial y biotecnológico.

Introducción

Las enzimas hidrolíticas producidas de forma extracelular, tales como amilasas, proteasas, carboxilesterasas, DNasas y xilanasas tienen diversos usos potenciales en diferentes áreas industriales, tales como la industria de alimentos, de aditivos para alimentación animal, ciencias biomédicas, industria del papel, aditivo en detergentes o en la producción de biocombustibles (Rao et al., 1998; Kulkarni et al., 1999; Niehaus et al., 1999; Pandey et al., 1999., 2000).

Los procesos industriales se llevan a cabo en condiciones físicas y químicas específicas que no pueden siempre ser ajustados a los valores óptimos requeridos para la actividad de las enzimas disponibles en el mercado actualmente. Debido a esto, el conocimiento de enzimas que muestren actividad óptima en diferentes valores de las concentraciones de sal, temperatura y pH sería de importancia para realizar diversos procesos que difícilmente se podrían llevar a cabo actualmente. Los halófilos son la fuente más probable de dichas enzimas, ya que no sólo son enzimas tolerantes a concentraciones variables de sal, sino que gran variedad de microorganismos halófilos también son termotolerantes y con la capacidad de mantenerse activos a pH alcalinos. Las bacterias halófilas son un grupo de microorganismos halófilos capaces de crecer de manera óptima en medios que contienen una amplia gama de concentraciones de NaCl (3-15 % de NaCl)

capaces de producir enzimas extracelulares ofrecerá la posibilidad de tener actividades óptimas en diferentes concentraciones de sal (Ventosa et al., 1998). Estos constituyen un grupo heterogéneo de microorganismos, tales como hongos, levaduras y bacterias, los cuales se han estudiado con la finalidad de conocer su ecología, fisiología, bioquímica y más recientemente su genética (Reshetnikov et al., 2011; Ventosa et al., 1998). Sin embargo, sus posibilidades biotecnológicas no han sido ampliamente explotadas, a pesar de que producen enzimas tolerantes a la sal extracelulares con un gran potencial para su uso en procesos industriales (Litchfield, 2011; Ventosa y Nieto 1995; Ventosa et al., 1998).

Sólo algunas enzimas se han caracterizado: una nucleasa de *Bacillus sp.* (Onishi et al., 1983) y una α -amilasa de *Halomonas meridiana* que muestra actividad óptima a altas concentraciones de sal (Coronado et al., 2000a, 2000b). Por otro lado, en los últimos años una variedad de enzimas lipolíticas de microorganismos no halófilos con diferentes especificidades de sustrato se han caracterizado y los correspondientes genes han sido clonados (Arpigny y Jaeger 1999; Niehaus et al., 1999). Sin embargo, xilanasas y enzimas lipolíticas producidas por microorganismos halófilos no se han estudiado o descrita hasta la fecha. Además, hasta ahora, no hay evidencia de la producción de enzimas extracelulares en los diferentes grupos de bacterias moderadamente halófilas. Un programa de búsqueda realizado en hábitats salinos para el aislamiento de productores de enzimas extracelulares proporcionará información sobre la posibilidad de utilizar diferentes halófilos moderados como fuente de enzimas extremófilos en procesos biotecnológicos.

El objetivo de este estudio fue realizar una búsqueda de los posibles microorganismos con capacidad de producir enzimas extracelulares aislados del ex lago de Texcoco.

Planteamiento del problema

Los microorganismos utilizados en la industria generalmente son cultivados a gran escala para obtener productos de interés comercial, éstos pueden ser anticuerpos, aditivos, o algunos productos químicos como el ácido cítrico, enzimas, entre otros. La producción de enzimas se realiza a gran escala para ser purificadas y utilizadas en procesos de bioconversión. Algunas de las más importantes son las proteasas, carboxilesterasas, amilasas y quitinasas.

Actualmente la industrias que se dedican a la producción de enzimas para uso comercial como Novozymes se encuentran en la búsqueda de enzimas que soporten condiciones extremas

de de pH, temperatura, salinidad, entre otras variables. Enzimas con estas características pueden ser utilizadas en procesos biotecnológicos en los que las actuales enzimas utilizadas no pueden trabajar eficientemente y producen pocas ganancias.

Debido a esto, la búsqueda de enzimas producidas por organismos que habitan en condiciones extremas podría ser una alternativa factible, ya que al ser habitantes de un nicho extremo y sobrevivir en el mismo les da la capacidad de producir extremoenzimas. Las extremoenzimas muchas veces se producen de forma intracelular y su purificación es más costosa debido a que se tiene que llevar a cabo una lisis celular para poder obtenerlas, por otro lado las enzimas extracelulares son más fáciles de obtener y en medios y condiciones adecuadas se puede obtener una mayor concentración enzimática en el medio que las obtenidas por lisis.

Debido a lo anterior, en este estudio se llevó a cabo la búsqueda de exoenzimas de organismos halófilos obtenidos del ex lago de Texcoco para producir enzimas de interés biotecnológico e industrial.

Fundamentación teórica

Ambientes salinos e hipersalinos son ampliamente distribuidos alrededor del mundo en (Mar muerto, El gran lago salado, entre otros), así también en minas saladas (Solotvino–Ucrania, Cave Berzniki–Rusia).

Los ambientes hipersalinos muestran condiciones adversas para la vida normal pueda existir, sin embargo, una variedad de microorganismos como las bacterias y arqueas pueden sobrevivir. Estos organismos han evolucionado en estos ambientes extremos con grandes concentraciones de sal. A pesar de esto, se pueden diferenciar en diferentes categorías, incluyendo halotolerante, halófilo moderado y halófilo extremo (Madigan y Oren, 1999). Como resultado de esta adaptación a vivir en nichos ecológicos salinos, estos microorganismos producen enzimas únicas y metabolitos capaces de desarrollar actividades biológicas en condiciones en las que sus contrapartes no podrían ser funcionales (Kushner y Kamecura, 1998; Oren, 2002). Las bacterias halófilas el citoplasma contiene bajas concentraciones de sal en comparación con el entorno circundante, pero tiene altos niveles de soluto orgánicos.

Las enzimas extracelulares son moléculas de carácter proteico que actúan como catalizadores biológicos, llevando a cabo reacciones bioquímicas a muy altas velocidades, no se consumen durante la reacción y en general presentan un elevado grado de especificidad. Todas

las células, incluyendo microorganismos y organismos superiores, producen enzimas. Esto se debe a que su acción está estrechamente ligada a las reacciones metabólicas, debido a que las transformaciones químicas que realizan las enzimas son llevadas a cabo para mantener viable a la célula y por ende vivo al organismo (Wingender et al., 1999).

Así mismo, las enzimas tienen la capacidad de catalizar reacciones muy específicas; es decir, su intervalo de acción se limita a un determinado tipo de compuesto que debe reunir ciertas características estructurales para que pueda ser utilizado como sustrato. Su especificidad es la característica que las hace diferentes a muchos catalizadores no biológicos. Los microorganismos pueden sintetizar enzimas extracelulares dependiendo del sustrato o los nutrientes que se encuentren disponibles.

Algunas de las enzimas que pueden sintetizar son proteasas, que son capaces de hidrolizar el enlace peptídico de las proteínas. En el mercado existen proteasas comerciales de origen vegetal (papaína, ficina y bromelina), de origen animal (pepsina, tripsina, quimotripsina y renina) y microbianas (de hongos y bacterias). Estas pueden tener acción endo o exo; en éste último caso pueden ser carboxipeptidasas que se encargan de la hidrólisis del último aminoácido del extremo carboxilo o aminopeptidasas si es que la hidrólisis se lleva a cabo desde el extremo amino (Wingender et al., 1999).

Las proteasas producidas por microorganismos son la de mayor importancia comercial, principalmente usadas en la formulación de detergentes, todos los organismos son capaces de producir proteasas para consumir fuentes de nitrógeno complejas, sin embargo, son solo aquellas enzimas producidas de forma extracelular las que son producidas en grandes cantidades y utilizadas en la industria (Fejoo-Siota y Villa, 2010).

Los microorganismos también pueden producir carboxilesterasas que son las que catalizan la hidrólisis del enlace éster, éstas son ubicuas, se han purificado y estudiado desde diferentes fuentes, incluyendo Eucarya, Bacteria y Archaea. Aunque estas enzimas han sido ampliamente estudiadas, para explicar funciones fisiológicas en mamíferos, pero es más escasa la información en carboxilesterasas bacterianas. Recientemente, estas enzimas han despertado un gran interés debido a sus potenciales aplicaciones biotecnológicas en la medicina, la química sintética (por ejemplo, la síntesis de compuestos quirales) y procesamiento de alimentos. Para lo que la estabilidad con respecto a la temperatura, disolventes orgánicos, detergentes y desnaturalizantes de proteínas comunes también es importante.

Así también los microorganismos son capaces de sintetizar quitinasas y quitina desacetilasas. La mayor producción de quitinasas se da en microorganismos comparados con plantas y animales complejos (Matsumoto et al., 2004). En bacterias se encuentran *Serratia*, *Chromobacterium*, *Klebsiell*, y *Streptomyces*; en hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Lecanicillium*, *Neurospora*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Myrothecium*, *Conidiobolus*, *Metarhizium*, y *Agaricus* (Shirai, 2006).

Aunque se ha reportado que las enzimas quitinolíticas son constitutivas en los microorganismos (Shirai, 2006), Las enzimas quitinasas pueden ser inducidas con la adición de quitina coloidal como fuente de carbono al medio en el que se inoculen (Matsumoto, 2001). Se sabe que para la producción de quitinasas de *Pseudomonas aeruginosa* K-187 y en *Bacillus cereus*, se utilizan como sustratos los desperdicios de crustáceos para la producción enzimática (Wang y Hwang, 2001).

En la producción de quitinasas de *Vibrio alginolyticus*, *Streptomyces griseus*, *Arthrobacter* G12, *Bacillus* sp. y *Cytophaga* sp., se utilizó un medio con quitina coloidal, favoreciéndose la producción de las enzimas; sin embargo, cuando a este mismo medio se le adiciona glucosa, las quitinasas no son detectadas a causa de la represión que ocasiona este sustrato (Matsumoto, 2001).

La quitobiosa también resulta ser inductor en la producción de quitinasas en *Serratia marscescens*, sin embargo la *N*-acetilglucosamina reprime estas enzimas (Shirai, 2006).

Metodología

Obtención de microorganismos

La toma de muestra se llevo a cabo a partir de suelo salino del exlago de Texcoco. Las muestras fueron diluidas en forma serial en agua destilada estéril (se resuspendió en 10 mL de agua destilada hasta obtener una dilución 10^{-6}) y propagada en agar nutritivo y agar marino seguido por incubación por 24-48 h a 37 °C para el crecimiento de microorganismos. Las colonias microbianas, las cuales crecieron en agar marino fueron purificadas y sometidas a ensayos para la identificación de enzimas extracelulares de interés.

Actividad enzimática extracelular

Actividad proteasa

Las colonias puras se inocularon en agar marino suplementado con leche descremada (2%), determinando la actividad proteolítica por medio de la aparición del halo de hidrólisis a una temperatura de 35 ± 2 °C a las 24 h. Posteriormente, la cepa HJ01 fue cultivada durante 72 h en matraces de 250 mL conteniendo caldo marino suplementado con 2% de leche descremada, para posteriormente medir actividad proteolítica (Ayala 2007).

Actividad carboxilesterasa

La actividad carboxilesterasa se realizó utilizando polisorbato 80 como fuente de carbono. El medio agar marino fue adicionado con polisorbato 80 (Tween 80) 10g/L, posteriormente se esterilizó a 121°C (15 lb/in²) durante 15 min. Se inocularon las cepas correspondientes mediante punto central. Los medios inoculados se incubaron durante 24-48 horas a una temperatura de 37 °C, posteriormente se exponen a luz ultravioleta para revelar el halo de hidrólisis formado alrededor de la colonia bacteriana (Kumar et al., 2012).

Actividad quitinasa

La actividad quitinasa se realizó utilizando quitina coloidal como fuente de carbono. El medio agar marino fue adicionado con quitina coloidal (2%), posteriormente se esterilizó a 121°C (15 lb/in²) durante 15 min, las cepas se inocularon mediante punto central y se incubaron 24-48 horas a una temperatura de 37 °C. La actividad quitinolítica es revelada por un halo transparente alrededor de la colonia bacteriana (Ayala, 2007).

Actividad quitina desacetilasa

La actividad quitinasa desacetilasa se realizó utilizando quitina coloidal como fuente de carbono. El medio agar marino fue adicionado con quitina coloidal (2%) y rezasurina (0.015%), posteriormente se esterilizó a 121°C (15 lb/in²) durante 15 min, las cepas se inocularon mediante punto central y se incubaron 24-48 horas a una temperatura de 37 °C. La actividad quitina desacetilasa es revelada por un halo rojo alrededor de la colonia bacteriana (Ayala, 2007).

Resultados y discusión

Las cepas aisladas del ex lago de Texcoco mostraron algún tipo de actividad, sin embargo, la mayoría de ellas no lograron producir enzimas quitinasas, al contrario fue más común la producción de proteasas y carboxilesterasas. Solo la cepa H442 (18) pudo producir los cuatro tipos de actividad ensayados (Tabla 1).

En comparación con otros estudios realizados en lagos hipersalinos de Irán se lograron detectar bacterias productoras de enzimas a partir de diferente zonas. Estas cepas bacterianas lograron producir una amplia variedad de enzimas hidrolíticas incluyendo DNasa , inulinasa , amilasa , lipasa , pectinasa , proteasa , quitinasa , pululanasa, celulasa , xilanasa, siendo las más comunes DNasa e inulinasa, lipasas, pululanasa y celulasa (Babavalian et al., 2013).

Otros estudios realizados con una cepa JAS4 aislada del suelo de Arabal de la costa oeste de Karnataka, India, mostró tener potencial para producir las enzimas extracelulares tales como amilasa, proteasa, inulinasa y gelatinasa, sin embargo la producción de lipasas fue negativa (Jayachandra et al., 2012).

Tabla 1. Capas aisladas del ex lago de Texcoco con actividad hidrolítica.

Cepa	Proteasas	Carboxilesterasas	Quitinasa	Quitina Desacetilasa
A53(08)	-	+	-	+
H3(22)	+	+	-	-
H442(18)	+	+	+	+
30333	+	+	-	-
HJ023	+	+	-	-
303342	+	+	-	-
HJ026(122)	+	+	-	-
HJ019	+	-	-	+
H222(11)	+	+	-	+
RBN1	+	-	-	+
HJ09	+	-	-	+
M1F	+	+	-	+
M1N	+	+	-	+

+: Producción de exoenzima positiva

-: Producción de exoenzima negativa

Otro de los aspectos importantes de este estudio es la capacidad de la cepa H442 (18) para producir quitinasas ya que son pocos los estudios sobre bacterias halófilas capaces de producirlas. El primer reporte de la caracterización de la una enzima quitinasa fue en la especie *Virgibacillus*

marismortui, siendo su actividad y la naturaleza termotolerante de la enzima quitinolítica lo que permiten su potencial uso en aplicaciones agrícolas e industriales (Essghaier et al., 2012).

Conclusiones

Las cepas aisladas del ex lago de Texcoco produjeron exoenzimas, las enzimas más comunes fueron carboxilesterasas y proteasas; sin embargo, también lograron producir quitinasas y quitina desacetilasas siendo uno de los pocos reportes hasta el momento de este tipo de enzimas en bacterias halófilas. Este estudio sienta las bases para seguir con la purificación y caracterización bioquímica de las enzimas producidas por estos microorganismos ya que tienen gran valor biotecnológico, así como es uno de los pocos estudios que se enfocan a la búsqueda de exoenzimas de bacterias halófilas.

Referencias

- Arpigny, L.L. and Jaeger, K.-E. (1999). *Bacterial lipolytic enzymes: classification and properties*. *Biochemistry Journal* 343, 177–183.
- Ayala Borda P. V. (2007). *Aislamiento, caracterización parcial y perfil de producción enzimática de bacterias halófilas y halotolerantes de la laguna Chairkota, Potosí – Bolivia*. Centro de Biotecnología – Universidad Mayor de San Simón.
- Babavalian, H., Amoozegar, M.A., Pourbabaee, A.A., Moosazadeh Moghaddam, M., Shekeri, F. (2013). *Isolation and identification of moderately halophilic bacteria producing hydrolytic enzymes from the large hypersaline playa in Iran*. *Microbiology*, 82:4, 466-474.
- Coronado, M.J., Vargas, C., Hofemeister, J., Ventosa, A. and Nieto, J.J. (2000a). *Production and biochemical characterization of an α -amylase from the moderate halophile Halomonas meridiana*. *FEMS Microbiology Letters* 183, 67–71.
- Coronado, M.J., Vargas, C., Mellado, E., Tegos, G., Drainas, C., Nieto, J.J. and Ventosa, A. (2000b). *The α -amylase gene amyH of the moderate halophile Halomonas meridiana: cloning and molecular characterization*. *Microbiology* 146, 861–868.
- Essghaier, B., Hedi, A., Beji, M., Jijakli, H., Baudobous, A., Sadfi-Zauaoui, B. (2012). *Characterization of a novel chitinase from a moderately halophilic bacterium, Virgibacillus marismortui strain M3-23*. *Annals of Microbiology*, 62(2): 835-841.
- Feijoo- Siota, L. y Villa, T.G. (2010). *Native and biotechnologically Engineered Proteases whit Industrial Applications*. *Food Bioprocess*, 4:1066-1088.

- Jaeger, K.-E., Ransac, S., Dijkstra, B.W., Colson, C., van Heuvel, M. and Misset, O. (1994). *Bacterial lipases*. FEMS Microbiology Reviews 15, 29–63.
- Jayachandra, S.Y., Anil Kumar, A., Merley, D.P. y Sulochana, M.B. (2012). *Isolation and characterization of extreme halophilic bacterium salinicoccus sp. JAS4 producing extracellular hydrolytic enzymes*, Recent Research in Science and Technology 4(4): 46-49.
- Kulkarni, N., Shendye, A. and Rao, M. (1999). *Molecular and biotechnological aspects of xylanases*. FEMS Microbiology Reviews 23, 411–456.
- Kumar, D., Kumar, L., Nagar, S., Raina, C., Parshad, R. y Kumar Gupta, V. (2012). *Screening, isolation and production of lipase/esterase producing Bacillus sp. Strain DVL2 and its potential evaluation in esterification and resolution reactions*, Archives of applied Science Research, 4 (4): 1763-1770.
- Kushner DJ, Kamekura M. (1998). *Physiology of halophilic eubacteria*. Halophilic Bacteria, 1, Rodriguez-Valera F, ed., CRC Press, Boca Raton, 109–140 pp.
- Litchfield, A.D. (2011). *Potential for industrial products from the halophilic Archaea*. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, Vol. 38, p. 1635-1647.
- Madigan M.T., Oren A. (1999). *Thermophilic and halophilic extremophiles*. Current Opinion in Microbiology 2, 265–269.
- Matsumoto Y, Saucedo-Castañeda, G., Revah, S., Shirai, K. (2004). *Production of N-acetylhexoaminidase of Verticillium lecanii by solid state and submerged fermentations utilizing shrimp waste silage as substrate and inducer*. Process Biochemistry 39: 665-671
- Niehaus, F., Bertoldo, C., Kahler, M. y Antranikian, G. (1999). *Extremophiles as a source of novel enzyme for industrial application*. Applied Microbiology and Biotechnology 51, 711-729
- Oren A., (2002). *Halophilic microorganisms and their environments, Cellular Origin and Life in Extreme Habitats*. Seckbach J, ed, Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 1–575.
- Onishi, H., Mori, T., Takeuchi, S., Tani, K., Kobayashi, T. y Kamekura, M. (1983). *Halophilic nuclease of a moderately halophilic Bacillus sp.: production, purification, and characterization*. Applied and Environmental Microbiology 45, 24–30.
- Pandey, A., Benjamin, S., Soccol, C.R., Nigam, P., Krieger, N. y Soccol, V.T. (1999). *The realm of microbial lipases in biotechnology*. Biotechnology and Applied Biochemistry 29, 119–131.
- Pandey, A., Nigam, P., Soccol, C.R., Soccol, V.T., Singh, D. y Mohan, R. (2000). *Advances in microbial amylases*. Biotechnology and Applied Biochemistry 31, 135–152.

- Rao, M.B., Tanksale, A.M., Ghatge, M.S. and Deshpande, V.V. (1998). *Molecular and Biotechnological aspects of microbial proteases*. Microbiology and Molecular Biology Reviews 62, 597–635
- Reshetnikov, A.S., Khmelenina, V.N., Mustakhimov, I.I., Kalyuzhnaya, M., Lidstrom, M., Torosenko, Y.A. (2011). *Diversity and phylogeny of the ectoine biosynthesis genes in aerobic, moderately halophilic methylotrophic bacteria*. Extremophiles 15: 653-663.
- Shirai K. (2006). Fungal chitinases. In: Guevara-Gonzalez RG, Torres-Pacheco I editors. *Advances in Agricultural and Food Biotechnology*. Kerala: Research Signpost. 289-304.
- Ventosa, A. (1998). *Taxonomy of moderately halophilic heterotrophic eubacteria*. In *Halophilic bacteria*. ed. Rodríguez-Valera, F. pp. 71–84. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Ventosa, A. y Nieto, J.J. (1995). *Biotechnological applications and potentialities of halophilic microorganisms*. World journal of microbiology and biotechnology 11, 85-94.
- Ventosa, A., Nieto, J.J. and Oren, A. (1998). *Biology of moderately halophilic aerobic bacteria*. Microbiology and Molecular Biology Reviews 62, 504–544
- Wang S. L., Hwang J.R. (2001). *Microbial reclamation of shellfish wastes for the production of chitinases*. Enzyme and Microbial Technology. 28: 376-382.
- Wingender, J., Neu, T.R., Flemming, Hans-Curt. (1999). *Microbial extracellular polymeric substances*. Springer-Verlag, 235-247.

Capítulo XI. Optimización y estandarización de un método basado en dispersión de matriz en fase sólida para el análisis de plaguicidas organoclorados en leche materna

José de Jesús Balderas Cortés, María Mercedes Meza Montenegro, Reyna Leticia Ayala Mora, Iram Mondaca Fernández y Roberto Rodríguez Ramírez.

Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias

Instituto Tecnológico de Sonora

Ciudad Obregón, Sonora, México. jose.balderas@itson.edu.mx

Resumen

El Valle del Yaqui es una región cuya economía depende en gran medida de la agricultura. El uso de plaguicidas empleados obliga a que la población humana sea potencialmente vulnerable a estos contaminantes. Se presume una asociación entre compuestos organoclorados y el incremento al riesgo de cáncer de mama y próstata el cual es causado por compuestos de tipo epigénico que promueven la formación de tumores a dosis bajas. El presente trabajo determina la residualidad de plaguicidas organoclorados (DDT, DDD, DDE, lindano, alfa y beta endosulfán) en muestras de leche materna en mujeres lactantes del sur del estado de Sonora mediante la estandarización de la técnica de Dispersión en Matriz en Fase Sólida (DMFS) que permita cuantificar el grado de contaminación en la población expuesta incidentalmente. Se reclutaron un total de 20 mujeres en periodo de lactancia, 10 residentes de la zona de alta exposición (Pueblo Yaqui) y las 10 restantes de la zona de referencia o de baja exposición (Cd. Obregón). Las muestras de leche materna fueron refrigeradas a 5°C y cuantificadas mediante la técnica de cromatografía de gases. Se detectó la presencia α -endosulfán en el 40% de las muestras de Cd. Obregón y p,p'-DDE en el 100% de las muestras para ambas comunidades. Al comparar los niveles de concentración de p,p'-DDE no se encontró diferencia estadísticamente significativas con $p=0.05$ entre las mujeres de ambas comunidades. El lindano, p, p'-DDD y β -endosulfán no se detectaron en ninguna de las muestras analizadas.

Introducción

Durante siglos, cientos de plaguicidas se han utilizado en el control de plagas o para la erradicación de ciertos vectores responsables de la transmisión de enfermedades. El uso de plaguicidas ha asegurado, sin duda, la disponibilidad alimentaria mundial y los niveles de vida de la población (Calva y Torres, 2008). Pese a esto, debido a la contaminación generalizada y los efectos tóxicos de los mismos, en especial los contaminantes orgánicos persistentes (COP), han sido objeto de considerable atención durante las últimas cuatro décadas (Minh *et al.*, 2004).

Los plaguicidas organoclorados (POC's) pertenecen al grupo de los contaminantes orgánico persistentes (COP's). Son tóxicos, estables, persistentes en el ambiente y lipofílicos. Esta última propiedad permiten que se bioacumulen en sustancias ricas en lípidos, especialmente

en la leche materna humana, el tejido celular subcutáneo y sangre; además de biomagnificarse a través de la cadena alimentaria (Minh *et al.*, 2004; Sudaryato, 2006; Macías *et al.*, 2008; Devanathan, *et al.*, 2009; Qu *et al.*, 2010).

La leche materna puede ser utilizada como uno de los mejores indicadores de la exposición a largo plazo en plaguicidas organoclorados al indicar los niveles de contaminantes acumulados en su grasa (Devanathan *et al.*, 2009), proporcionando información útil acerca de su cinética de acumulación y comprender la magnitud de la contaminación. Además, las concentraciones de residuos organoclorados en la leche materna son un factor clave para evaluar el potencial tóxico de los contaminantes en los bebés (Minh *et al.*, 2004; Tsydenova *et al.*, 2007).

En Sonora, el Valle del Yaqui es una región con alta actividad agrícola con tecnología altamente tecnificada e intensiva donde el uso de plaguicidas es indispensable para elevar su productividad y mantener la calidad alimentaria de las cosechas; además de proteger a los cultivos contra plagas y enfermedades. Sin embargo, en estudios que se realizaron en años recientemente se ha detectado la presencia y biodisponibilidad de estos POC's en altas concentraciones en el sur del Estado de Sonora, en diferentes matrices como: el suelo (Osorio, 2008; Orduño, 2010), agua (Flores, 2008), suero sanguíneo de mujeres embarazadas, en el líquido amniótico y el suero del cordón umbilical, en suero de niños (Orduño, 2010), de neonatos y en la leche materna (García, 1991).

Ante tal problemática es necesario identificar ¿Cuales condiciones de determinación y estandarización son necesarias para la implementación de la técnica de extracción de POC's mediante Dispersión de Matriz en Fase Sólida en leche materna de mujeres residentes del Valle del Yaqui?

Por lo anteriormente expuesto el presente estudio se dio a la tarea de determinar la residualidad de estos plaguicidas organoclorados (DDT, DDD, DDE, lindano, alfa y beta endosulfán) en muestras de leche materna perteneciente a mujeres lactantes del sur del estado de Sonora mediante la estandarización de la técnica de Dispersión en Matriz en Fase Sólida (DMFS) de tal forma que se pueda cuantificar el grado de contaminación en la población expuesta incidentalmente.

Este proyecto forma parte de las actividades de investigación de la Red Temática de Investigadores y Cuerpos Académicos para el Estudio de Contaminantes Emergentes y su Ecotoxicología.

Fundamentación teórica

Alegría *et al.* (2006), indican que el consumo de DDT en México para la agricultura y la salud pública entre 1971 y 1972 fue de 8-9 kilotoneladas (kt) por año, declinando para 1974-1981 a 3-4 kt/año y alcanzando el mínimo de 0.5-1 kt/año de 1982-1984. De 1985-1991 el DDT se incrementó de 1.5-2.5 kt/año. El uso de DDT para la salud pública se redujo a menos de 0.3 kt/año en 1999.

El Valle del Yaqui es una región inminentemente agrícola altamente tecnificada e intensiva. Este consta aproximadamente de 225,000 has de tierras de irrigación que incluye múltiples cultivos que van desde trigo, forrajes, algodón, maíz, entre otros. Este valle agrícola es uno de los más productivos del país. Esta región produce cerca de dos quintas partes de la producción anual de trigo en México (Macías, 2008). Siendo ésta zona altamente impactada por la aplicación de POC principalmente en el cultivo de algodón.

Una vez que los POC's están disponibles en el ambiente estos pueden ser absorbidos hacia el torrente sanguíneo y por sus propiedades fisicoquímicas y liposolubilidad se distribuyen entre los compartimentos de tejido graso en todo el cuerpo (Needham, *et al.* 2002). Existen poblaciones humanas que son especialmente susceptibles a la exposición y a los efectos nocivos de los POC's, como las mujeres embarazadas y los recién nacidos. Estos tienen un efecto transgeneracional, es decir, se transfieren al feto a través de la placenta o son excretados a través de leche materna.

Estudios epidemiológicos recientes han sugerido una asociación entre ciertos compuestos organoclorados y el incremento al riesgo de cáncer de mama y próstata (Minh *et al.*, 2004; Devanathan *et al.*, 2009), el cual puede ser causado por compuestos de tipo epigénico, o sea los que promueven la formación de tumores a dosis bajas, con poca o ninguna interacción con el material genético (ADN), como se presupone con el DDT.

Los estudios que se han realizado en esta región ponen de manifiesto la incidencia de contaminación por estos POC tanto en muestras ambientales como en muestras biológicas. Como lo indicó García-Calleja (2008), al encontrar muestras de agua potable en distintas comunidades del Valle del Yaqui la presencia de lindano, p'-p-DDD, p'-p-DDE, p'-p-DDT y Dieldrín. Al igual que Flores (2008), quien encontró en muestras de agua potable pp-DDE en una concentración <3.0 ppb, endosulfán y pp-DDT en una concentración <30 ppb. Además se establecieron la presencia de aldrín, endosulfán, p'-p-DDE, endrín, p'-p-DDD (TDE), p'-p-DDT, lindano, entre

otros, en muestras de suelo superficial de comunidades urbanas y rurales de los Valles del Yaqui y Mayo. Mientras que Orduño (2010), reportó en el suelo de Potam la presencia de p,p'-DDE (0.72-54.2 µg/Kg), p,p'-DDD (0.6-24.8 µg/Kg) y p,p'-DDT (0.2-17.6 µg/Kg), además de α y β -endosulfán.

En cuanto a los estudios biológicos, encontró en muestras de suero sanguíneo analizadas en niños residentes Pueblo Yaqui, la presencia de p,p'-DDE y p,p'-DDT en un intervalo de concentración de <0.250-1.947 µg/L y N.D-1.586 µg/L. Se reporta la presencia de p,p'-DDE en una concentración de 0.1 hasta 443.9 ppb (µg/L), así como endosulfán (0 – 0.25 µg/L), lindano (0.25 – 1.0 µg/L), DDT (0.25 – 1.0 µg/L) entre otros. En esta misma matriz en niños residentes de el Tobarito y Cd. Obregón registra la presencia de p,p'-DDE en ambas comunidades en un intervalo de concentración de 5.54 hasta 14.83 µg/L. y de 1.98 a 14.88 µg/L. También Orduño (2010), reportó la presencia de DDT y sus metabolitos (p,p'-DDE y p,p'-DDD) en las comunidades de Potam y Cd. Obregón en un rango de concentración de: N.D- 1.3 µg/L, 0.3-4.3 µg/L, N.D-0.7 µg/L, en Potam y para Cd. Obregón un intervalo de: N.D-1.0 µg/L, N.D-1.7 µg/L y N.D-3.0 µg/L respectivamente.

Entre los estudios realizados para determinar y cuantificar POC's en matrices lipídicas en el Valle del Yaqui se encuentra el de Reyes (1990), donde evaluó leche materna de mujeres provenientes de Pueblo Yaqui, reportando promedios de concentración de 0.21 ppm y 1.90 ppm de DDT-técnico y p,p'-DDE respectivamente. Por otro lado, se evaluaron los niveles de POCs en leche materna en esta misma comunidad, encontrando concentraciones de p,p'-DDE de 6.31 ppm y p,p'-DDT de 0.21 ppm, y otros plaguicidas. Además, al evaluar el pasaje transplacentario y la sangre del neolactante a los 3 y 6 meses de edad, reportó en el 100% de las muestras en todas las fases de estudio la presencia de DDE.

Se tiene un importante reto frente al análisis de residuos de plaguicidas ya que existe una fuerte demanda social exigiendo el control de todo tipo de contaminantes en el ambiente por lo que obliga a disponer de métodos analíticos fiables, rápidos, económicos y suficientemente sensibles que permitan el control de los compuestos tóxicos en diversos tipos de muestras biológicas de origen humano (Pitarch, 2001).

Por lo anterior surge la necesidad de estandarizar una metodología analítica de extracción de plaguicidas organoclorados en leche materna donde su implementación sea eficaz, económica, rápida, sencilla y compatible con el ambiente, que implique una reducción de la cantidad de

muestra y de solventes a emplear, así como de material de laboratorio; ya que la metodología empleada en los estudios reportados anteriormente es lenta y costosa.

Metodología

Para seleccionar el sitio de muestreo se tomó como referencia una zona impactada con productos xenobióticos siendo esta la comunidad de Pueblo Yaqui, Sonora.

Su principal actividad económica es la agricultura, y está rodeada de campos agrícolas. Se encuentra en el centro del Valle del Yaqui, a 19 km. de Ciudad Obregón ubicado a 27° 21' 13 Latitud Norte, 110° 2' 3.07'' Longitud Oeste. Cuenta con 13,124 habitantes. Se seleccionó a Cd. Obregón, Sonora, como comunidad de menor exposición (CBE) ya que esta comunidad está rodeada del Valle del Yaqui.

Se reclutaron un total de 20 mujeres en periodo de lactancia, 10 residentes de la zona de alta exposición (Pueblo Yaqui) y las 10 restantes de la zona de referencia o de baja exposición (Cd. Obregón).

Para la selección de las mujeres se consideraron los criterios de inclusión tales como: edad entre 17 y 40 años, por lo menos con residencia de 5 años en la comunidad y carta de consentimiento de las mujeres participantes.

Una vez obtenidas las formas de consentimiento firmadas de cada participante se les aplicó un cuestionario sociodemográfico con el objetivo de obtener algunos datos importantes; entre los cuales están: información familiar, antecedentes clínicos, historia clínica de embarazo, tiempo (años) de residencia en el lugar, características de su alimentación, tiempo de lactancia, actividad laboral, condiciones en las que vivían y servicios médicos con los que contaban.

La toma de muestra de leche materna de las madres lactantes fue realizada en su domicilio y por ellas mismas una vez recibidas las indicaciones apropiadas. Para la toma de muestra se usaron tubos cónicos de vidrio de 50ml. Una vez obtenidas las muestras se transportaron en hieleras a una temperatura aproximada de 5°C al laboratorio de Toxicología Ambiental del ITSON Unidad Centro, donde fueron almacenadas en refrigeración a 20°C hasta su análisis (Minh *et al.*, 2004).

Se utilizó un cromatógrafo de gases (CG) Agilent Technologies 7890A (Network GC system) equipado con un automuestreador 7683B y un detector de microcaptura de electrones (μ ECD).

Para constatar la confiabilidad de la metodología de DMFS se consideraron evaluar los parámetros de exactitud, precisión y linealidad, además de la calibración del equipo.

Se evaluó la linealidad del método, la cual está demostrada a través de las curvas de calibración de los patrones de referencia de los plaguicidas de interés. Se prepararon soluciones de trabajo de cada analito a 5 niveles de concentración en un rango de 125 µg/ml a 1000 µg/ml. De las soluciones preparadas para la curva se utilizaron 3 niveles de concentración: bajo (0.005 µg/ml), medio (0.010 µg/ml) y alto (0.020 µg/ml) del límite máximo establecido.

De cada curva de calibración se obtuvieron los coeficientes de regresión, tomando en cuenta los establecidos por la EPA-US (1998), debiendo ser de ser mayores a 0.99.

Para evaluar parámetros de precisión y exactitud del método se trabajó con un sextuplicado de muestra, la cual incluía un blanco (reactivo y cristalería), la muestra problema y la muestra fortificada con la solución de trabajo mencionado anteriormente. Los resultados obtenidos se inyectaron en el cromatógrafo. Para expresar la precisión del método con los resultados obtenidos se calculó la desviación estándar y los coeficientes de variación (desviación estándar relativa) de cada analito de interés.

La extracción de residuos POC's en leche materna se realizó mediante la técnica de dispersión de matriz en fase sólida, de acuerdo a Valenzuela *et al.* (2006), modificada para leche materna bajo las condiciones actuales de disposición de reactivos existentes en el laboratorio de Toxicología Ambiental y así constatar la confiabilidad de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Para identificación de los POC's se utilizó la técnica de Hammarstrand, (1966), que consiste en comparar los tiempos de retención de cada uno de los estándares de los POC's con los tiempos de retención obtenidos para los picos en los cromatogramas de las muestras.

Se realizó una comparación de las concentraciones de todos los plaguicidas analizados (POC's) a los diferentes niveles de concentración durante la etapa de validación del método de Dispersión de Matriz en Fase Sólida (DMFS) mediante un análisis de varianza (ANOVA simple), también se obtuvo el coeficiente de regresión (R^2) para determinar la linealidad del sistema y del método mediante un modelo de regresión lineal.

Resultados y discusión

En la figura 1 y 2 se muestran los cromatogramas obtenidos de las muestras de leche materna proveniente de la comunidad de alta exposición (Pueblo Yaqui) y de baja exposición (Cd. Obregón). El *p, p'*-DDE, se encontró en el 100% de las muestras de leche para ambas comunidades, mientras que el α -endosulfán solo se detectó en el 40% de las muestras analizadas provenientes de la comunidad de baja exposición. Los límites de detección fueron: para el lindano de 0.001 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, para el α -endosulfán y β -endosulfán fue de 0.02 y 0.04 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ respectivamente, para el *p, p'*-DDD de 0.05 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, *p, p'*-DDT de 0.03 $\mu\text{g}/\text{Kg}$, y de 0.03 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ para el *p, p'*-DDE.

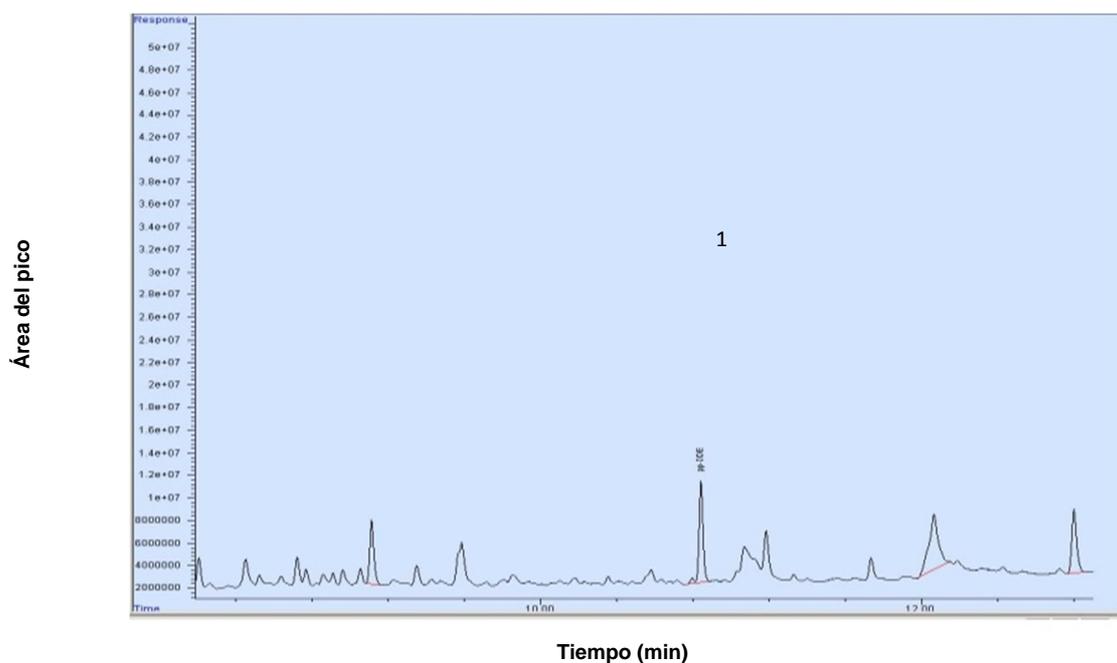


Figura 1. Cromatograma de la muestra de leche materna proveniente de la comunidad de alta exposición en la que se detectó (1) *p,p'*-DDE.

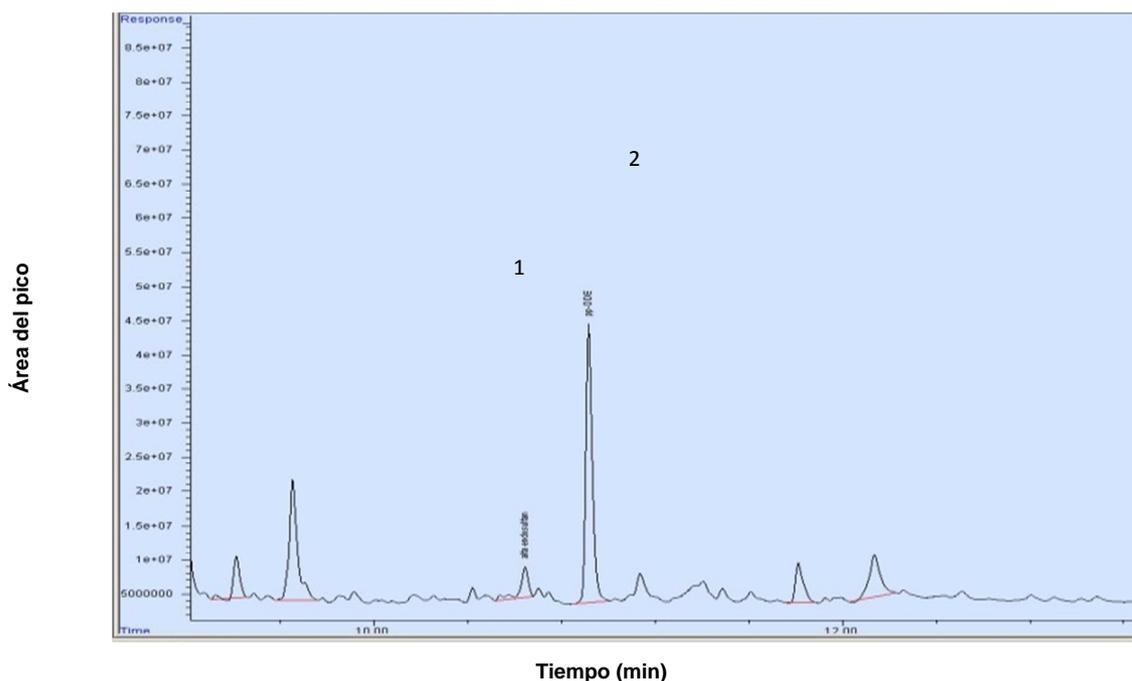


Figura 2. Cromatograma de la muestra de leche materna proveniente de la comunidad de baja exposición en la que se detectó (1) α -Endosulfán y (2) p,p' -DDE.

Macedo *et al.* (2009) indican que el mayor problema para el análisis de residuos en leche es la complejidad de la matriz ya que sus componentes pueden interferir con la recuperación. Estos investigadores por medio de esta misma técnica (DMFS) determinaron cipermetrina en leche de vaca, y encontraron que la grasa interfería en los valores del área del pico por lo que incluyeron un nuevo paso en el proceso de extracción; en su procedimiento después de la transferencia del material homogenizado a la columna se eluyó primero con 10 mL de éter de petróleo para eliminar las grasas y posteriormente con 5 mL de acetonitrilo (MeCN) para eluir el analito de interés. Bajo estos parámetros se tuvieron resultados libres de interferencias en la región de cromatograma cerca del tiempo de retención de la cipermetrina y con porcentajes de recobro (%R) de 75-92% y coeficiente de variación de 2.2-25.9% .

Sin embargo, en la extracción de bisditiocarbamato de etilo (EBDC) por medio de DMFS en muestras de almendra (contenido lipídico de 55-75% de grasa) se conoce que con empleo de columnas de alúmina es más eficaz la eliminación de materia grasa y de las interferencias de la muestra, obteniendo extractos más limpios; por lo que su uso se emplea como validación de un método de limpieza.

Durante este estudio sólo se detectó la presencia de p,p'-DDE y α -endosulfán. La incidencia de exposición a p,p'-DDE de todas las mujeres participantes fue del 100% con una concentración promedio de 19.46 ± 1.6 ppb ($\mu\text{g/L}$) y 22.86 ± 5.9 ppb ($\mu\text{g/L}$) para la comunidad de Pueblo Yaqui (CAE) y ciudad Obregón (CBE) respectivamente, siendo las mujeres de la CBE las que estuvieron 1.2 veces más expuestas a este plaguicida; aunque estadísticamente no hay diferencias significativas al correlacionar los niveles de concentración entre estas comunidades, esto debido a que la comunidad considerada como de baja exposición está rodeada a escasos metros de la zona agrícola del Valle del Yaqui por lo que se le atribuyen que sus pobladores están en contacto a altos niveles de exposición con los remanentes de POC's; además, cultivos de algodón a las cuales se les aplica el α -endosulfán están en colindancia con ésta comunidad, por lo tanto a éstas mujeres se les detectó también la presencia de α -endosulfán; con una incidencia del 40% y una concentración promedio de 8.6 ± 11.2 ppb ($\mu\text{g/L}$), con una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones (95% de confianza), respecto a las mujeres de la CAE en las que no se detectó la presencia de este compuesto. Los otros plaguicidas (lindano, p, p'-DDD y β -endosulfán) no se detectaron en ninguna muestra analizada.

Tabla 1. Niveles de plaguicidas organoclorados en la leche materna de mujeres en periodo de lactancia.

Plaguicida	N	CBE		CAE	
		Promedio ($\mu\text{g/L}$) + DE	Intervalo	Promedio ($\mu\text{g/L}$) + DE	Intervalo
Lindano*	10	N.D	N.D	N.D	N.D
p, p'-DDD*	10	N.D	N.D	N.D	N.D
p, p'-DDE	10	22.86 ± 5.9	19.8-39.0	19.46 ± 1.6	18.2-22.4
α -Endosulfán*	10	8.6 ± 11.2	N.D-25.0	N.D	N.D
β -Endosulfán*	10	N.D	N.D	N.D	N.D

(*) $p < 0.05$. N. D: No detectado.

CBE: Comunidad de baja exposición; CAE: Comunidad de alta exposición.

DE: Desviación estándar

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a los realizados en esta misma comunidad en años anteriores, Reyes (1990) y García (1991) en donde fueron detectados en ambas investigaciones la presencia de p,p'-DDE en el 100% de las muestras de leche materna en un intervalo de concentraciones promedio de 1.90 ppm y de 6.31 ppm, respectivamente. En esta investigación también se detectó el p,p'-DDE en el 100% de las muestras, pero en una menor concentración (0.019 mg/Kg y 0.022 mg/Kg), lo que indica que los niveles de exposición detectados en aquellos años fueron mayores a los detectados actualmente en 97 y 324 veces

respectivamente para la comunidad de alta y de baja exposición, demostrando su alta persistencia en el ambiente ya que desde el año 2000, este compuesto no se aplica ni para fines agrícolas o de salud pública. Los niveles de concentración de p,p'-DDE encontrados en este estudio para la comunidad de baja y alta exposición son menores al LMR establecidos por la FAO/WHO (1985); (Prado *et al.*, 2012) para DDT's, sin embargo el α -endosulfán en la CBE excede en 2.15 veces al LMR establecido para endosulfán.

Conclusiones

La precisión del método de (DMFS) empleado para la extracción y cuantificación de los POC's de interés en este estudio es adecuado para el análisis de lindano, p,p'-DDD, p,p'-DDE, α y β -Endosulfán en leche materna ya que cumple con las especificaciones y criterios de calidad implementados por la APHA-AWWA-WPCF obteniendo recobros del 87-112% y coeficientes de variación menores al 9.83%, así como una linealidad (R^2) mayor de 0.99.

Se detectó la presencia α -endosulfán en el 40% de las muestras de Cd. Obregón y p,p'-DDE en el 100% de las muestras para ambas comunidades. Al comparar los niveles de concentración de p,p'-DDE entre la comunidad de alta y de baja exposición no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al 95% de confianza entre las mujeres de ambas comunidades. El lindano, p, p'-DDD y β -endosulfán no se detectaron en ninguna de las muestras analizadas.

Referencias

- Alegría, H., Bidleman, T. y Figueroa, M. (2006). *Organochlorine pesticides in the ambient air of Chiapas, Mexico*. Environmental Pollution 140; 483-491.
- Calva, L. y Torres, M., (2008). *Plaguicidas organoclorados*. Contactos 30, 35-46.
- Devanathan, G., Subramanian, A., Someya, M., Sudaryanto, A., Isobe, T., Takahashi, S., Chakraborty, P. y Tanabe, S. (2009). *Persistent organochlorines in human breast milk from major metropolitan cities in India*. Environmental Pollution. 157; 148-154. doi: 10.1016/j.envpol.2008.07.011.
- EPA-US (1998). *IRIS online file Arsenic, Inorganic: CASRN 7440 -38-2*. 4/10/98, 0278.
- Flores, L. (2008). *Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en muestras de agua en el Valle del Yaqui y Mayo*. Tesis. Profesional Ingeniero Biotecnólogo. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Ciudad Obregón, Sonora, México.

- García, M. (1991). *Estudio de las principales fuentes de contaminación por plaguicidas en neonatos-lactantes residentes en Pueblo Yaqui, Sonora, México*. Tesis. Profesional Químico. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Ciudad Obregón, Sonora, México. Pp. 27-37, 57-63, 76-107 33, 34, 36.
- García-Calleja, I. (1998). *Estudio preliminar de plaguicidas y metales pesados en agua potable y de uso general en el Valle del Yaqui, Sonora, México*. Tesis. Profesional Químico. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Hammarstrand, K. (1966). *Application chemist, applications laboratory, gas chromatography analysis of fatty acids*. Varian Aerograph.
- Macedo, A., Nogueira, A. y Govoni, S. (2009). *Matrix Solid-Phase Dispersion Extraction for Analysis of Cypermethrin Residue in Cows' Milk*. *Chromatographia*. 69; 571–573.
- Macías, V., Sánchez, J., Ramírez, N., y Hernández, J. (2008). *Diagnóstico de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en el Valle del Yaqui*. Instituto Nacional de Ecología. Número de registro INE/A1-006/2008. pp. 6, 10,15-18, 22, 24.
- Needham, L. y Wang, R. (2002). *Analytic Considerations for Measuring Environmental Chemicals in Breast Milk*. *Environmental Health Perspectives*.(110):6.
- Minh, N., Someya, M., Minh, T., Kunisue, T., Iwata, H., Watanabe, M., Tanabe, S., Viet, H. y Tuyen, B., (2004). *Persistent organochlorine residues in human breast milk from Hanoi and Hochiminh City, Vietnam: contamination, accumulation kinetics and risk assessment for infants*. *Environ. Pollut.* 129; 431-441.
- Orduño, R., (2010). *Niveles de plaguicidas organoclorados en niños de la comunidad de Pótam, sonora y evaluación de posibles rutas de exposición*. Tesis Maestro en Ciencias en Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Ciudad Obregón, Sonora, México. Pp. 11, 92-96.
- Osorio, C. (2008). *Determinación de plaguicidas organoclorados en suelo de comunidades rurales del Valle del Yaqui y Mayo Sonora, México*. Tesis Licenciado en Tecnología de alimentos. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Ciudad Obregón, Sonora, México. Pp. 48-49.
- Pitarch, E. (2001). *Desarrollo de metodología analítica para la determinación de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras biológicas humanas*. Tesis doctoral. Área de Química Analítica del departamento de Ciències Experimentals de la Universitat I de Castelló. pp. 137, 139.
- Prado, G., Carabias, R., Rodríguez, E. y Herrero, E. (2012). *Presencia de residuos y contaminantes en leche humana*. *Rev Esp Salud Pública*; 76: 133-147.

- Prado, G., Díaz, G., Noa, M., Méndez, I. Cisneros, I., Castorena, F. y Pinto M. (2004). *Niveles de pesticidas organoclorados en leche humana de la ciudad de México*. 60AGRO SUR 32(2); 60-69.
- Qu, W., Suri, R., Bi, X., Sheng, G., y Fu, J. (2010). *Exposure of young mothers and newborns to organochlorine pesticides (OCPs) in Guangzhou, China*. Science of the Total Environment 408; 3133–3138.
- Reyes, B. (1990). *Estudio preliminar sobre la presencia de plaguicidas organoclorados en leche materna de residentes de Pueblo Yaqui, Sonora, México*. Tesis Profesional. Químico. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Ciudad Obregón, Sonora, México. Pp. 31-52.
- Sudaryanto, A., Kunisue, T., Kajiwara, N., Iwata, H., Adibroto, T., Hartono, P y Tanabe, S. (2006). *Specific accumulation of organochlorines in human breast milk from Indonesia: Levels, distribution, accumulation kinetics and infant health risk*. Environmental Pollution 139; 107-117.
- Tsydenova, O.V., Sudaryanto, A., Kajiwara, N., Kunisue, T., Batoe, V.B. y Tanabe, S. (2007). *Organohalogen compounds in human breast milk from Republic of Buryatia, Russia*. Environmental Pollution 146 (2007); 225-232.
- Valenzuela-Quintanar, A., Armenta-Corral, R., Moreno-Villa, E., Gutiérrez-Coronado, L., Grajeda-Cota, P. y Orantes-Arenas C. (2006). *Optimización y validación de un método de dispersión en fase sólida para la extracción de plaguicidas organofosforados en hortalizas*. Rec. Fac. Agron (LUZ). Vol. 23; pp 464-474.

Capítulo XII. Determinación de *E. coli* Verotoxigénica O157:H7 en muestras alimentarias utilizando PCR

Alma Cecilia Castelo Murrieta¹, Juan Francisco Hernández Chávez¹, Javier Rolando Reyna Granados¹, Javier Arturo Munguía Xóchihua¹ y Lourdes Mariana Díaz Tenorio²

¹Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, ²Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. juan.hernandez@itson.edu.mx

Resumen

La presencia de cepas verotoxigénicas de *E. coli* O157:H7 en alimentos es causa de padecimientos que llegan a ser fatales en los humanos, como son el síndrome urémico hemolítico y la colitis hemorrágica. La necesidad de obtener diagnósticos específicos y certeros para la determinación de estas cepas, es de suma importancia. El uso de la biología molecular utilizando la Técnica de Reacción en cadena de la Polimerasa (PCR) y primers específicos para detección de cepas verotoxigénicas es el objetivo a seguir. Se utilizaron 10 muestras de intestinos de cerdo, se aislaron colonias de enterobacterias en medios selectivos de agar Mac Conkey. A éstas, se les extrajo ADN genómico para su posterior amplificación. Para la PCR, se utilizaron los primers específicos para la determinación de gen de la toxina Shiga de *E. coli*: Stx-1 y Stx-2. Para la optimización de la PCR se emplearon diversas temperaturas y tiempos. Los resultados obtenidos demuestran que la prueba realizada es robusta y eficiente, ya que los primers específicos utilizados para la determinación de cepas verotoxigénicas de *E. coli* O157:H7, presentan bandas bien definidas en amplicones de 302 pbs para Stx-2 y 516 pbs para Stx-1. Las muestras problemas no fueron positivas a la presencia de genes de la toxina shiga de la *E. coli* O157:H7. La estandarización de este protocolo utilizando los primers específicos para la determinación de genes Stx-1 y Stx-2, es una herramienta, rápida y segura para la identificación de la presencia de *E. coli* O157:H7 en alimentos destinados al consumo humano.

Introducción

Las *E. coli* verotoxigénicos (ECVT), y muy especialmente los enterohemorrágicos altamente virulentos del serotipo O157:H7, son importantes patógenos emergentes que causan patologías muy severas en seres humanos. El ganado vacuno constituye el principal reservorio de este tipo de microorganismos, siendo la carne picada y las hamburguesas los principales vehículos de transmisión. El ECVT del serotipo O157:H7 ha provocado en los últimos años un gran número de brotes de colitis hemorrágica. Las *E. coli* productoras de verotoxinas han recibido diferentes denominaciones en la literatura científica: *E. coli* verotoxigénicos (ECVT), *E. coli* enterohemorrágicos (ECEH) y *E. coli* productores de Siga-like toxins (ECSLT). Además, el ECVT del serotipo O157:H7 es conocido como bacilo O157 y la bacteria de las hamburguesas

(WHO, 2011). El reservorio más importante de *E. coli* O157:H7 es el ganado bovino aunque parece que estas cepas no producen patología en los animales. La transmisión es por alimento y persona a persona. El alimento asociado con más frecuencia a brotes es la carne bovina (especialmente hamburguesas) aunque se ha encontrado gran variedad de vehículos de transmisión como la carne de pavo, salami, leche, yogur, mayonesa, ensaladas, vegetales crudos, zumos de frutas y agua contaminadas con este microorganismo (Comisión del *Codex Alimentarius*, 2002; Rangel *et al.*, 2005).

En las últimas décadas se ha confirmado que los alimentos de origen animal y subproductos son unos de los principales vectores de gran importancia en la transmisión y propagación de diferentes enfermedades. La emergencia y diseminación de nuevos patógenos bacterianos, causantes de enfermedades infecciosas, tales como el Síndrome de Choque Séptico, Enfermedad de Lime, Síndrome Urémico Hemolítico (SUH) entre otras no menos importantes afecciones gastrointestinales. Esto da como resultado llevar a reconsiderar los métodos y técnicas utilizadas hasta ahora, para la detección acertada y oportuna del agente etiológico portador de los factores de patogenicidad causantes de enfermedades (Callaway *et al.*, 2010).

Las toxiinfecciones de origen alimentario, asociadas fundamentalmente a alimentos de origen animal, se ha incrementado en los últimos años debido, entre otras causas, a la emergencia de nuevas cepas de microorganismos patógenos (*Campylobacter*, *E. Coli verotóxicois*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*). Las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA's), están cada día presentes como responsables de infecciones o toxiinfecciones y que en algunos casos, llegan a causar la muerte. Gran parte de esta problema, están en que las manifestaciones clínicas no son diagnosticadas efectivamente, al no determinar la fuente de esa infección. Las pruebas actualmente utilizadas para el diagnóstico no son suficientemente sensibles y específicas por lo que se considera importante implementar métodos más efectivos que permitan un mejor diagnóstico. El uso de la técnica de biología molecular utilizada como herramienta diagnóstica para determinar presencia de *E. coli* verotoxigénica O157:H7 es la opción más acertada (WHO, 2011).

Por otra parte, los consumidores demandan productos con menos conservadores, frescos o mínimamente procesados. Ambas circunstancias conducen a la necesidad del desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de preparación y conservación de alimentos para garantizar su seguridad, así como al desarrollo de técnicas rápidas de detección de estos microorganismos. Por lo que el

objetivo de este trabajo es la determinación de *E. coli* O157:H7 de muestras problemas utilizando primers específicos *Shiga-Like* por PCR.

Hipótesis

El uso de los primers específicos *Shiga-Like* para la determinación de *E. coli* verotoxigénica O157:H7 es una herramienta diagnóstica en la determinación de ETA´s relacionadas con este género de bacterias enteropatógena, lo que proporciona confiabilidad del 100% en el diagnóstico

Fundamentación teórica

Entre las fuentes más comunes de infecciones transmitidas por los alimentos se incluyen productos lácteos y jugos no pasteurizados, carne elaborada y cocida, frutas y hortalizas crudas, además de un manejo y almacenamiento insalubre de los alimentos preparados (Abul, 2002). El almacenamiento y la cocción adecuados ayudan a prevenir las enfermedades transmitidas por los alimentos, incluidas aquellas causadas por las *E. coli* patógenas (Angel y Angel, 2000). Las *E. coli* patógenas se caracterizan de acuerdo con el tipo de síntomas clínicos que producen. La patogenicidad es determinada por su genoma. Las *E. coli* fácilmente pueden intercambiar genes y generar variaciones de enfermedades. Además la fuente de contaminación de las *E. coli* en los alimentos, son las heces humanas y de animales (Brandl, 2006).

La *E. coli* es una bacteria que se encuentra en el sistema digestivo de los animales y los seres humanos. Aunque generalmente son inofensivas, algunas son patógenas y pueden contaminar los alimentos, el agua y el Medio ambiente. Cientos de miles de personas se enferman cada año a causa de la *E. coli* y se producen cientos de muertes. En los últimos años, ha habido un aumento de los brotes, con un impacto significativo en los sistemas de salud y la producción agrícola (Blood y Rodostits, 1992).

La vía de contaminación puede ser muy compleja e implicar todos los aspectos de las interacciones entre humanos, animales y plantas y su relación con el ecosistema. La epidemiología de cada variedad es diferente según el reservorio de la infección, niveles de sanidad e higiene en la comunidad y sistemas de producción agrícola y de los alimentos (Blowey 1992).

La patogenicidad de las cepas de VTEC parece estar asociada con factores de virulencia, entre los que se incluyen la producción de varias citotoxinas. Estas toxinas se denominan en conjunto verotoxinas o toxinas *Shiga-like*, debido a su gran similitud con la toxina de Shiga de

Shigella dysenteriae tipo 1. Aunque se conocen más de 60 serotipos de *E. coli* capaces de producirlas, y aún se están describiendo más, el serotipo O157:H7 es el patógeno más importante dentro del grupo VTEC y uno de los más frecuentemente asociados con las infecciones humanas en todo el mundo.

La prevención y control requieren un enfoque interdisciplinario en la producción animal y vegetal, así como enfoques basados en riesgos a lo largo de toda la cadena de abastecimiento de alimentos. Éstos incluyen la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), Buenas Prácticas de Higiene (BPH) y Análisis de Riesgos y de Puntos Críticos de Control (HACCP, por sus siglas en inglés), desde la granja hasta llegar al consumidor. (FAO-OIE, 2010). Por tal motivo, el sector salud, desde hace tres décadas, ha desarrollado estrategias para la determinación de estos patógenos alimentarios basados en la manipulación genética (Voet y Voet, 2004). Estas metodologías, se basan en la introducción de fragmentos de ADN, uno de los cuales contendrá el gen de interés, en vectores. Éstos son moléculas de ADN (plásmidos o ADN de bacteriófagos) capaces tanto de transportar fragmentos ajenos a su estructura original como de multiplicarlos dentro de bacterias. Si se conoce un pequeño tramo de la secuencia de aminoácidos de una proteína cuyo gen se desea "clonar" (multiplicar), se pueden diseñar métodos para identificar qué bacterias llevan el vector que transporta dicho gen. Este reconocimiento también se puede realizar si se dispone de un anticuerpo contra la proteína resultante del gen que se desea clonar. En este caso se reconoce la bacteria portadora porque fabrica la proteína codificada por el fragmento de interés, la cual se une específicamente al anticuerpo (Rola *et al.*, 2005).

Una vez aislado el gen no sólo resulta posible determinar con exactitud su secuencia de bases o analizar en detalle la información de la que es portador, sino que también se puede estudiar su expresión (la manera en que dirige la síntesis de la proteína correspondiente) en distintos organismos y tipos celulares, introducido en células en cultivo o en animales de experimentación, por citar algunos. Estas técnicas, ya clásicas, han permitido el aislamiento y caracterización de decenas de miles de genes de microorganismos, animales y plantas, lo que provocó un cambio cualitativo en la comprensión del funcionamiento de la célula (Voet y Voet, 2004).

Metodología

El muestreo se realizó en el Municipio de Cajeme, Sonora y las pruebas de biología molecular se analizaron en los laboratorios de Biología Molecular y de Calidad y Autenticidad de Alimentos de Origen Animal adscritos al Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias del Instituto Tecnológico de Sonora. El presente trabajo se realizó en el periodo comprendido de agosto del 2013 a febrero del 2014. Las muestras fueron obtenidas de 10 aparatos digestivos de cerdos (intestino delgado y grueso), destinados a ser utilizadas como tripas para embutidos. Estas muestras fueron donadas por rastros del municipio de Cajeme tipo Inspección Federal (TIF). Posteriormente, las muestras fueron refrigeradas, para su traslado al Laboratorio de Biología Molecular para su posterior análisis de extracción y amplificación de ADN genómico bacterial.

El procedimiento se realizó tomando una asa bacteriológica y se puso al rojo vivo para esterilizarse con la ayuda de un mechero, semi-abrir la caja se dejó enfriar el asa con las paredes del medio, se tamizó la bacteria y se sembró por el método de estrías en el medio en agar Mac Conkey, posteriormente se incubó a la temperatura de 37°C por 8 horas.

Para la extracción de ADN genómico bacterial se utilizó el protocolo propuesto por Reyna-Granados *et al.* (2012), en el que se toma dos asas de las colonias positivas a *E. coli*. Se adicionó 250 µl de H₂O estéril en un vial de 1.5 ml, posteriormente se agitó vigorosamente por 15 segundos y la mezcla se calentó a baño maría a temperatura de 100°C por 5 minutos. Después se dejó enfriar para su posterior análisis de amplificación por PCR.

Los primers específicos que se utilizaron para determinación de las cepas virulentas de *E. coli* O157 H7, fueron reportados y diseñados por Blanco *et al.* (2004), con la siguiente secuencia de oligonucleótidos (5'3') Stx1 y Stx2: VT1-A forwad CGCTGAATGTCATTCGCTCTGC (Eurofins, MVG Operon, Huntsville, AL) and VT1-B reverse C`GTGGTATAGCTACTGTCACC (Eurofins, MVG Operon, Huntsville, AL); VT2-A forwad CTTCGGTATCCTATTCCCGG (Eurofins, MVG Operon, Huntsville, AL) y VT2-B reverse CTGCTGTGACAGTGACAAAACGC. Estos se utilizaron para detectar el gen de la toxina Shiga 1 y 2 del ADN genómica de la *E. coli*. Las condiciones para llevar a cabo la PCR fueron las reportadas por Reyna-Granados (2012).

Las variables a medir son la presencia o ausencia de la porción genómica de la cepa O157:H7 (Stx-1 y Stx-2). El diseño de experimentos que se utilizó en este estudio fue de tipo observacional y descriptivo (Dawson y Trapp, 1993; Estéves *et al.*, 2008).

Resultados y discusión

El método utilizado para la extracción de ADN fue el reportado por Reyna-Granados *et al.* (2012) considerado por los buenos resultados de pureza, concentración y calidad, según los reportados por anteriores investigaciones (Urtusuastegui, 2013). Estas extracciones proporcionaron una eficiente amplificación del ADN bacterial utilizando primers específicos para los genes STx 1 y Stx 2. Una vez extraído el ADN por la metodología mencionada, se tomaron 5 μ L de ADN para las reacciones de PCR. La secuencia específica de los primers, fueron tomadas del trabajo reportado por Reyna-Granados *et al.* (2012), correspondiente a los genes shiga-toxin 1 y 2 (Stx-1 y Stx-2). El amplicón esperado fue de alrededor de 516 pb para Stx-1 y 302 pb para Stx-2. Estos resultados se aprecian en la figura 1, en donde se muestra los controles positivos como parte de los primeros análisis de las muestras problemas.

Estas secuencias específicas han sido reportadas por diversos autores, coincidiendo con los resultados del presente trabajo (Blanco *et al.*, 2004; Reyna-Granados *et al.*, 2012), para la identificación de diversas cepas verotoxigénicas en animales de abasto y alimento.

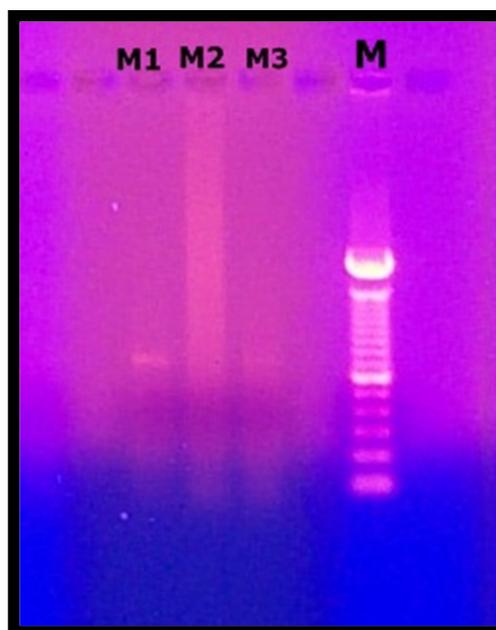


Figura 1. Análisis electroforético de productos PCR en gel de agarosa al 2%. Línea M es marcador de ADN 100 pb, M1 es la muestra y M3 control positivo a Stx- 1 y Stx-2. Las bandas se visualizan alrededor de 300 y 500 pbs. M2 control negativo.

En el desarrollo de los sistemas de amplificación de ADN, es necesario una selección y diseño de los primers adecuados, así como la optimización de la composición de la mezcla de

reacción y de los parámetros del termociclador (Hernández-Chávez *et al.*, 2011; Urtusuastegui, 2013).

Para la optimización de las condiciones de amplificación, se consideraron parámetros del termociclador como la temperatura y tiempo de las diferentes fases del mismo (desnaturalización, alineamiento y extensión), así como la composición de la mezcla de la reacción (concentración de cloruro de magnesio, deoxinucleótidos, buffer de reacción, entre otros parámetros), que afectan a la eficiencia de amplificación de secuencias de ADN por PCR, pero sin duda, la temperatura de hibridación es uno de los parámetros que mayor influencia tiene sobre la amplificación (Henegariu *et al.*, 1997).

En la Figura 2, se observan que todas reacciones de PCR fueron negativas, esto como resultados de modificar la temperatura y ciclos como se habían contemplado desde el inicio de este experimento. Evidenciando una ineficiencia en la amplificación.

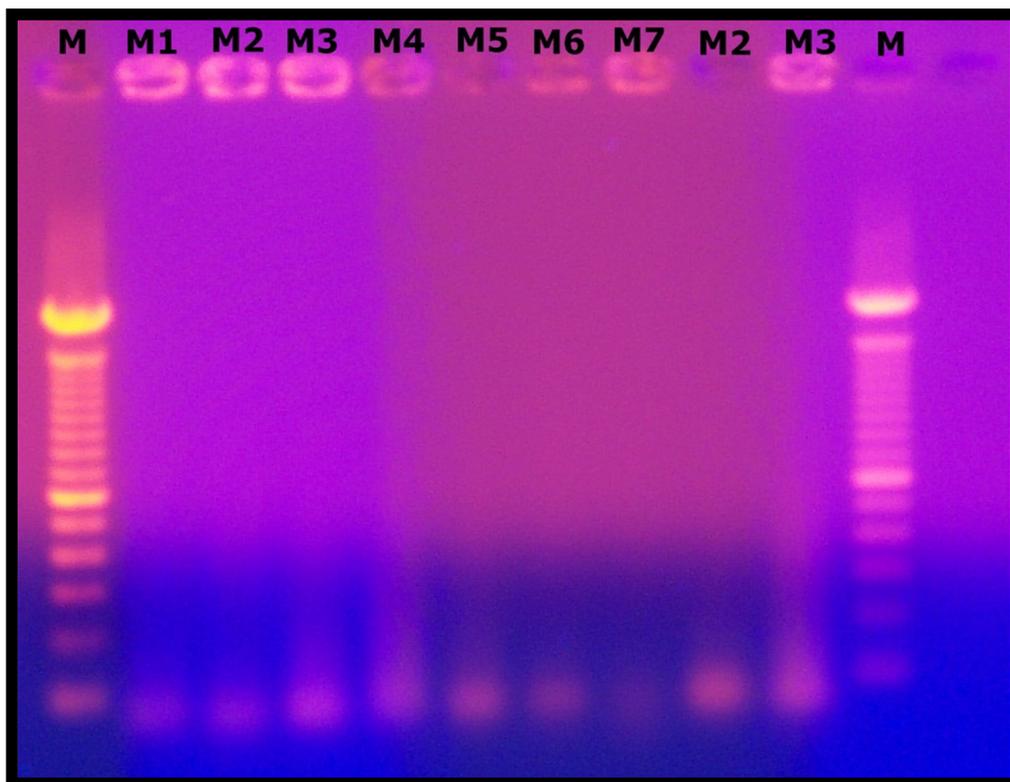


Figura 2. Análisis electroforético de productos PCR en gel de agarosa. M Marcador Molecular 100 pb. M3 y M1 control positivo; M2, control negativo (dos controles -). Líneas restantes, muestras negativas.

Para la optimización de la temperatura, se consideraron las tres etapas de la técnica PCR que son desnaturalización, alineamiento y extensión. También se consideró una temperatura de

desnaturalización previa a estas etapas, con la finalidad de evitar en lo posible, la formación de estructuras secundarias y de otros tipos (dímeros). Después de la optimización de las temperaturas, el procedimiento de PCR convencional, utiliza varios ciclos de amplificación, de 20 a 40. En cada uno, las dos cadenas de ADN son separadas por desnaturalización a temperatura elevada, ésta es entonces disminuida para lograr la hibridación de los primers a sus secuencias complementarias.

Luego la ADN polimerasa, a la temperatura de extensión y dirigida por los cebadores, sintetiza la nueva cadena de ADN complementaria a la secuencia diana. Finalmente, se obtiene una cantidad de ADN que resulta suficiente para operaciones posteriores tales como la detección, el clonaje o la secuenciación (Voet y Voet, 2004).

Diversos autores han reportado el uso de estas temperaturas y tiempos con resultados de una buena eficiencia en la amplificación del ADN analizado utilizando como primers específicos a Stx-1 y Stx-2 para determinar la presencia de cepas verotoxigénicas de *E. coli* (Blanco *et al.*, 2004; Reyna-Granados *et al.*, 2012). Resultados similares se obtuvieron en este estudio, utilizando las siguientes temperaturas y tiempos en las diferentes etapas: Desnaturalización inicial 94°C por 2 min (1 ciclo); Desnaturalización 94°C por 1 min, Alineamiento 55°C por 1 min y Extensión 72°C por 1 min (35 ciclos) y por último un ciclo de extensión final a 72 °C por 5 min. Conservándolos posteriormente a 4 °C.

Las bandas definidas que se aprecian en la figura 3, se obtuvieron a partir de la variación de la temperatura y tiempo en la etapa de extensión que inicialmente se utilizó. De 54 a 55 °C y de 30 segundos a 1 minutos. Al probar en la reacción dos pares de cebadores (correspondiente a los genes Stx-1 y Stx-2), se buscó la que presentara mejor eficiencia en la amplificación con los resultados que se observan en la figura 3.

Esto se debe a que elevadas temperaturas disminuyen la sensibilidad de la reacción. Se seleccionó la temperatura de desnaturalización inicial de 94°C a 4 minutos (1 ciclo), desnaturalización 94°C por 1 min, extensión a 55°C por 1 min (35 ciclos) y una extensión final a 72°C por 5 minutos.

En el cuadro 3, se muestra los volúmenes y concentraciones finales de la reacción de PCR que se utilizaron para optimizar la amplificación del ADN bacterial de acuerdo a Urtusuastegui (2013).

Se partió de una cantidad de dilución de 10 μL de la mezcla de componentes para llevar a cabo la reacción de PCR (Máster Mix), de cada primers 1.5 μL (a una concentración de 0.5 mM cada uno) tratando de evitar la formación de dímeros y de valorar la vida de anaquel de los primers que tenían más de un año de almacenados en congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. La cantidad de muestra de ADN problema, de de 4 a 7 μL , para finalizar con una reacción de 30 μl .

Bajo estos parámetros, se obtuvieron resultados más robustos que en los presentados en las primeras reacciones de este trabajo (Figura 1), donde se evidenciaban bandas tenues y no claramente definidas en los rangos de peso molecular de los controles positivos de los genes Stx-2 y Stx-1 de la *E. coli* O157:H7 (entre 302 y 516 pbs respectivamente). En la figura 3, se aprecia una mayor eficiencia de la amplificación de las reacciones de PCR, solo en los controles positivos ya que las muestras problemas fueron negativas al no presentar bandas definidas. Se asume que las muestras problemas fueron negativas a la presencia de cepas verotoxigénicas de *E. coli* O157:H7 ya que no se registró el bandeo correspondiente al utilizar los primers específicos Stx-1 y Stx-2.

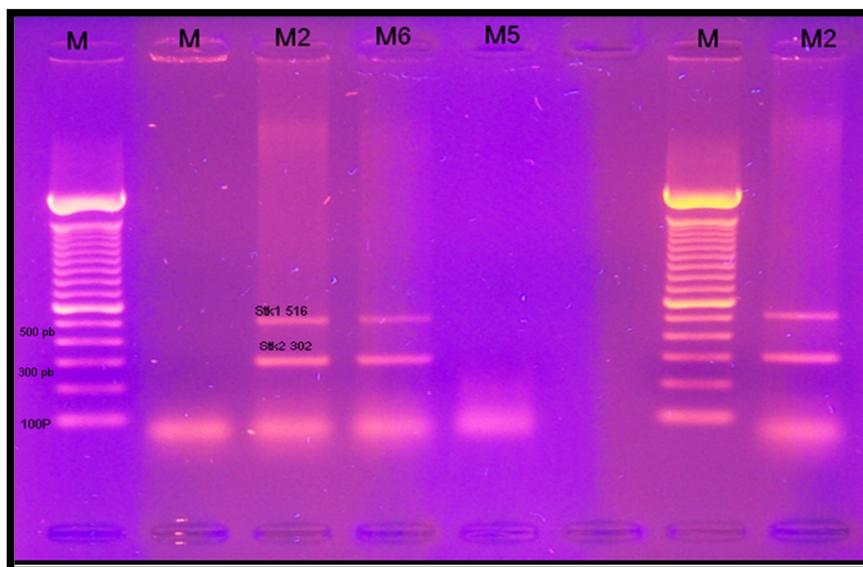


Figura 3. Análisis electroforético de productos PCR. Líneas M son los marcadores moleculares ladder 100 pb. Línea M y M6 son muestras problemas. Línea M2 y M6 controles positivos. Línea M5 control negativo.

Al ser la toxina shiga producida por la *E. coli*, una causa de colitis hemorrágica y síndrome hemolítico urémico, tanto en infantes principalmente como en personas adultas, es de suma importancia su caracterización y determinación (Reyna-Granados *et al.*, 2012), por tal motivo este trabajo cumplió el objetivo de estandarizar la técnica de PCR para la determinación de cepas

verotoxigénicas de *E. coli* en donde se puedan utilizar los primers específicos para identificar el gen Stx-1 y Stx-2.

Conclusiones

La técnica de PCR multiplex utilizando los primers descritos en este estudio, es una herramienta efectiva para la determinación de cepas verotoxigénicas de *E. coli* O157:H7. Sin embargo, se cumplió parcialmente con el objetivo y con la hipótesis, ya que de las 10 muestras problemas analizadas, todas fueron negativas. Aun así, la técnica fue reproducible determinando el control positivo. Se recomienda probar con técnicas más específicas (medios selectivos y de enriquecimiento) para el aislamiento de *E. coli* O157:H7 al igual que el número mayor de reacciones PCR por muestra. También se recomienda utilizar otros métodos para la extracción de ADN bacterial en los que la matrix alimentaria no afecte la eficiencia de la extracción.

Referencias

- Abul, K. (2002). *Inmunología Celular*. Interamericana MC GRAW HILL. Aravaca, Madrid. Pp.540.
- Angel, G. y Angel, M. (2000). *Clínica del laboratorio Panamericana*. Bogotá, Colombia. Pp. 174.
- Brandl, M. T. (2006). *Fitness of human enteric pathogens on plants and implications for food safety*. Annual Review of Phytopathology. 44:367-392.
- Blanco M., Blanco, J. E., Mora A., Dahbi G., Alonso M. P., González E. A., Bernárdez M. I. & Blanco J. (2004). *Serotypes, virulence genes, and intimin types of shiga toxin (verotoxin)-producing Escherichia coli isolates from cattle in Spain and identification of a new intimin variant gene (eae-€)*. J. Clin Microbiol. 42(2):645-651.
- Blood, D. & Rodostits, O. (1992). *Libro de Texto de las Enfermedades del Ganado Vacuno, Ovino, Porcino, Caprino, y Equino*. Vol II. Interamericana MC GRAW HILL. España pp.969
- Blowey, R.(1992). *Atlas en color de Patología de Ganado Vacuno*. Interamericana MC GRAW HILL. pp. 75-76.
- Callaway T. R., Carr M. A., Edrington T. S., Anderson R. C. & D. J. Nisbet. (2010). *Diet, Escherichia coli O157:H7, and Cattle: A Review After 10 Years*. Curr. Issues Mol. Biol. 11:67. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013. www.horizonpress.com/cimb/v/v11/67.pdf.

- Comisión del Codex Alimentarius. (2002). *Perfil de riesgos para Escherichia Coli enterohemorrágica, incluida la identificación de los productos básicos de interés, entre ellos las semillas germinadas y la carne molida de res y puerco*. CX/FH 03/5-Add. 4 de septiembre de 2002.
- Dawson S.B., Trapp R.G. (1993). *Bioestadística médica*. Manual moderno. Mexico , D.F. pp.8.
- Estévez, J., Martínez, M & Seguí, M. (2008). *Epidemiología Aplicada*. Segunda Edición. Zaragoza, España.
- FAO-OIE (2010). *Guía de Buenas Prácticas Ganaderas para la Seguridad Sanitaria de los Alimentos de Origen Animal*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013. <http://www.fao.org/docrep/012/i0482t/i0482t00.pdf>.
- Henegariu, O., Heerema, N., Dlouhy, S., Vance, G. & P.H. Vogt. (1997). *Multiplex PCR: Critical Parameters and Step-by-Step Protocol*. Research Report. BioTechniques. 23:504-511.
- Hernández-Chávez, J.F., González-Córdova, A.F., Rodríguez-Ramírez, R. & B. Vallejo-Córdoba. (2011). *Development of a polymerase chain reaction and capillary gel electrophoresis method for the detection of chicken or turkey meat in heat-treated pork meat mixtures*. Analytica Chimica Acta. 708:149-154.
- Rangel, J. M., Sparling, P.H., Crowe C., Griffin P.M. & D.L. Swerdlow. (2005). *Epidemiology of Escherichia coli O157:H7 outbreaks, United States, 1982-2002*. 2005. Emerg Infect Dis. 11(4):603-9.
- Reyna-Granados, J. R., Joens, L. A., Friedman, M. & S. Ravishankar. (2012). *Antimicrobial effect of plant compounds against virulent Escherichia coli O157:HH7 in vitro and on foods*. Department of Veterinary Science and Microbiology. University of Arizona.
- Rola, J.; Larska, M. & Polak, M. P. (2005). *Detection of bovine herpesvirus 1 from an outbreak of infectious bovine rhinotracheitis*. Bull Vet. Inst. Pulawy. 49: 267-271.
- Urtusuastegui A. (2013). *Uso de la biología molecular para la estandarización de la técnica de PCR en el diagnóstico de Herpesvirus Bovino Tipo 1 en el sur de Quiriego Sonora*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Instituto Tecnológico de Sonora.
- Voet, D. % Voet, J.G. (2004): *Biochemistry*, 3ra edición. John Wiley & Sons Inc. Chapter 5. *Nucleic Acids, Gene Expression, and Recombinant DNA Technology*. Pág: 80-126.
- WHO (2011). EHEC (Enterohaemorrhagic E. coli). *World Health organization Media Centre*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2013. www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/en

Área temática: Ciencias Económico – Administrativas

Capítulo XIII. La estructura de ingresos y egresos públicos de los estados del Noroeste de México: una aproximación al estudio de las finanzas públicas

Rodolfo Valenzuela Reynaga, María Trinidad Álvarez Medina, Yara Landazuri Aguilera, María Dolores Moreno Millanes y Blanca Rosa Ochoa Jaime
Departamento de Contaduría y Finanzas
Instituto Tecnológico de Sonora.
Ciudad Obregón, Sonora, México. rodolfo.valenzuela@itson.edu.mx

Resumen

Las finanzas públicas incorporan elementos adicionales a la administración financiera corporativa tradicional, ya que en el ámbito de lo público la obtención de ganancias no es el propósito principal, sino la incidencia que el gasto puede tener en el crecimiento y desarrollo económico. El objetivo de este trabajo es estudiar la estructura de ingresos y egresos de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Chihuahua durante el período 2008 – 2012 para identificar los principales componentes de ingresos y egresos públicos estatales. Se utiliza la técnica de porcentajes integrales así como la determinación de razones financieras para obtener datos sobre el desempeño de las finanzas públicas estatales. En el caso los ingresos públicos de los estados del Noroeste de México, en el año 2012 Baja California dependía, relativamente, en un grado superior que el resto de las entidades de las participaciones federales, y Sinaloa reportaba la mayor tasa de dependencia por aportaciones federales. En relación a los ingresos propios respecto de los ingresos totales, Chihuahua presentó el mayor valor mientras que Sonora reportó el menor. En relación al gasto corriente, se aprecia que en Baja California Sur los indicadores per cápita son los menores; en el período 2008 – 2012, Sinaloa y Sonora presentaron los mejores indicadores de esfuerzo de inversión (gasto en obras/gasto total). Se concluye que la estructura de ingresos y egresos públicos de las entidades del Noroeste del país es similar y se observa la imperante necesidad de disminuir el gasto corriente y reorientarlo hacia la inversión pública.

Introducción

El cuerpo académico Desarrollo Económico Financiero de las Organizaciones del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) realiza análisis e investigaciones en torno a los tópicos de actualidad que asocian a la administración de las finanzas públicas con el crecimiento económico.

La administración de las finanzas públicas constituye un componente que fundamenta el quehacer cotidiano de cualquier orden de gobierno¹, por lo que los esfuerzos que se realizan en materia de captación de fondos deben estar vinculados estrechamente con una adecuada asignación de los recursos públicos.

En México, la descentralización fiscal permitió que los estados cedieran sus facultades para el cobro de impuestos como el Impuesto Sobre la Renta (ISR) y el Impuesto al Valor Agregado (IVA) a la federación y, a cambio de ello, las entidades federativas y los municipios recibirían parte de los ingresos recaudados por el gobierno federal y, a la vez, asumirían mayor autonomía en el ejercicio del gasto público.

Según el Instituto Mexicano Para la Competitividad (2012), en 1990 las transferencias federales representaban el 61% de los ingresos totales de las entidades federativas y, para el año 2011, los recursos provenientes de la federación constituían el 83% de los fondos captados por los estados. Lo anterior permite suponer que los estados no tendrían suficientes incentivos para establecer mecanismos que les permitan aumentar la obtención de ingresos propios, en virtud del soporte financiero que representan las aportaciones y participaciones federales en los presupuestos de gasto estatales.

Por otro lado, la deuda pública en los gobiernos subnacionales se ha incrementado considerablemente al ser equivalente al 59% de los ingresos asegurables. De acuerdo a la teoría económica, el gasto público tendría que tener efectos primarios en aspectos como la inversión y el consumo privado, lo que eventualmente conduciría a dinamizar la actividad económica; sin embargo, dada la discrecionalidad en el ejercicio de los ingresos públicos hay entidades en las que el gasto corriente ha mantenido una tendencia alcista, lo que inhibe las posibilidades de reasignar recursos para las inversión en obras públicas y de desarrollo.

En virtud de la evolución de las finanzas públicas en México, es conveniente establecer si ¿existen similitudes entre las estructuras presupuestarias y de ingresos de las entidades del Noroeste de México?

El objetivo de esta investigación es realizar un estudio de la estructura de ingresos y egresos de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Chihuahua durante el período 2008 – 2012 para identificar los principales componentes de ingresos y egresos públicos estatales.

¹ Federal, estatal y municipal.

Fundamentación teórica

En relación a la administración de las finanzas públicas, Nolasco (2006) afirma que es importante distinguir el concepto de política fiscal, en su perspectiva de orientación del gasto público, cuya acepción va más allá de su connotación económica restringida, derivada como componente de la política económica. Es decir, las acciones que el gobierno utiliza para incidir positivamente en la economía están contenidas en todas las políticas públicas orientadoras de la actividad económica de cualquier país; por tanto, no es posible visualizar el aspecto hacendario como un mecanismo de recaudación de fondos y asignación de fondos.

De acuerdo con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, los principales capítulos o rubros de ingresos y egresos vinculados con la administración de las finanzas públicas son los siguientes.

Impuesto. Son las contribuciones establecidas en la ley que deben pagar las personas físicas y morales que se encuentren en la situación jurídica o de hecho previstas por la misma. Tributo, carga fiscal o prestaciones en dinero y/o especie que fija la ley con carácter general y obligatorio a cargo de personas físicas y morales para cubrir los gastos públicos. Es una contribución o prestación pecuniaria de los particulares, que el estado establece coactivamente con carácter definitivo y sin contrapartida alguna.

Derechos. Es la cantidad que se paga, de acuerdo con el arancel, por la importación o exportación de mercancías, o por otro acto determinado por la ley. Son las contribuciones establecidas en ley por el uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público de la nación, así como por los servicios que presta el estado en sus funciones de derecho público, excepto cuando se prestan por organismos descentralizados. También son derechos las contribuciones a cargo de los organismos públicos descentralizados por prestar servicios exclusivos del estado.

Aportaciones federales. Son el conjunto de recursos públicos condicionados a la obtención y cumplimiento de determinados objetivos en materia de educación básica y normal, servicios de salud e infraestructura social, así como para el fortalecimiento de los municipios, aportaciones múltiples, educación tecnológica y de adultos y seguridad pública que el gobierno federal presupuesta y transfiere a las haciendas públicas de los estados, municipios y el distrito federal, en el marco de la ley de coordinación fiscal. Para la identificación de este tipo de recursos se creó el ramo general 33, llamado Aportaciones federales a entidades y municipios.

Obras públicas. Agrupa las asignaciones destinadas a la creación de la infraestructura física mediante la realización de obras públicas que contribuyan a la formación de capital del

país. Incluye todo tipo de adquisiciones necesarias para la construcción, instalación, ampliación, rehabilitación, servicios relacionados con la obra pública, entre otros, así como las asignaciones para realizar estudios de preinversión.

Subsidio. Es el traslado de recursos por parte del gobierno federal a las unidades productoras de bienes y servicios para la venta con la finalidad de compensar pérdidas de operación y mantener bajos los precios de ciertos productos básicos o estratégicos.

Financiamiento. Es el conjunto de recursos monetarios financieros necesarios para llevar a cabo una actividad económica, con la característica de que generalmente se trata de sumas tomadas a préstamo que complementan los recursos propios. Recursos financieros que el gobierno obtiene para cubrir un déficit presupuestario. El financiamiento se contrata dentro o fuera del país a través de créditos, empréstitos y otras obligaciones derivadas de la suscripción o emisión de títulos de crédito o cualquier otro documento pagadero a plazo.

Ingresos corrientes. Son aquellos recursos provenientes de la vía fiscal o por las operaciones que realizan las entidades del sector paraestatal, mediante la venta de bienes y servicios (exceptuando los activos fijos), erogaciones recuperables y las transferencias del gobierno federal para gasto corriente. Son aquellas percepciones que significan un aumento del efectivo del sector público, como resultado de sus operaciones normales, sin que provengan de la enajenación de su patrimonio. Percepciones provenientes de impuestos y entradas no recuperables, que no provengan de donaciones o de la venta de bienes raíces, activos intangibles, existencias o activos de capital fijo. Son los ingresos tributarios y no tributarios que se obtienen por la ejecución de la ley de ingresos de la federación.

Ingresos de capital. Son aquellos recursos provenientes de la venta de activos fijos y valores financieros, financiamiento interno y externo. Las transferencias del gobierno federal a las entidades paraestatales para inversión física, financiera y amortización de pasivos, constituyen para ellas ingresos de capital. Son el producto de la venta de activos de capital como bienes raíces, activos intangibles, existencias y activos de capital fijo en edificios, construcciones y equipo, con un valor superior a un mínimo determinado y utilizable durante más de un año en el proceso de producción, conllevan por lo mismo operaciones de carácter extraordinario. Se dividen en ingresos derivados de la venta de bienes y valores y en recuperación de capital. Siempre tienen correspondencia con movimientos en las cuentas de activo o pasivo.

Ingresos no tributarios. Son los ingresos que el gobierno federal obtiene como contraprestación a un servicio público (derechos), del pago por el uso, aprovechamiento o

enajenación de bienes de dominio privado (productos), del pago de las personas físicas y morales que se benefician de manera directa por obras públicas (contribución de mejoras) y por los ingresos ordinarios provenientes por funciones de derecho público, distintos de impuestos, derechos, productos y aprovechamientos.

Ingresos ordinarios. Son las percepciones que constituyen la fuente normal y periódica de recursos fiscales que obtiene el gobierno federal como base fundamental para financiar sus actividades. Es una parte de los ingresos gubernamentales que obtiene el estado haciendo uso de su poder coercitivo de forma unilateral; o bien por una contraprestación obligatoria; es decir incluyen los recursos que impliquen una obligación de deuda. Estos son permanentes y previsibles. Son las percepciones que obtiene el sector público en el desempeño de sus actividades de derecho público y como productor de bienes y servicios por la ejecución de la ley de ingresos. Se clasifican en corrientes y de capital.

Egresos brutos. Son el total de gastos públicos, en efectivo, que contabiliza el gobierno sobre las erogaciones que realiza por el desempeño de sus funciones públicas en los términos establecidos con sus respectivos presupuestos de egresos y demás leyes sobre la materia.

Egresos efectivos ordinarios. Son las cantidades de dinero que el gobierno eroga para cubrir sus gastos por concepto de gastos de administración, obras públicas y fomento, y transferencias. La diferencia entre los ingresos efectivos ordinarios y los egresos efectivos ordinarios, representa el resultado de las operaciones representado por un déficit o superávit presupuestal que se refleja en variaciones de la deuda y de las disponibilidades.

Egresos por cuenta de terceros. Son las cantidades de dinero que el gobierno entrega a terceras personas físicas y morales, públicas o privadas, que recaudan según convenios o leyes al respecto. Teóricamente el monto de los egresos por cuenta de terceros debiera ser igual al contabilizado como ingresos por cuenta de terceros. Si a los egresos efectivos del año se les restan los movimientos hechos por cuenta de terceros, se tendrán los egresos efectivos propios del año.

Metodología

Los sujetos de estudio son los presupuestos de gastos y leyes de ingresos de las entidades federativas que conforman la región Noroeste del país (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa y Sonora).

El procedimiento para el desarrollo de la investigación es el siguiente. Se obtuvo la información financiera (ingresos y egresos públicos) con datos de 2008 a 2012 de las bases de datos de finanzas públicas que elabora INEGI; posteriormente, se empleó la técnica de porcentos integrales para identificar la proporción que corresponde a cada rubro de ingreso y gasto del total respectivo para el año 2012; se agruparon los ingresos por estado para establecer su origen y determinar la autonomía financiera de las entidades durante el año 2012; enseguida, se consideró la metodología empleada por Aregional y aplicada por García (2009) para el cálculo de los siguientes indicadores para el año 2010, gasto administrativo per cápita (gasto corriente/población de la entidad), inversión per cápita (egresos por obras/población de la entidad) y gasto en servicios personales per cápita (erogaciones por servicios personales/población de la entidad); finalmente, se calculó el índice de esfuerzo de inversión por cada estado y por los años 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012 (erogaciones por obras públicas/egresos totales); finalmente, se realizó el análisis, interpretación y discusión de los hallazgos localizados.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los principales hallazgos localizados en la investigación. En primer término, se establece la composición de la estructura de ingresos y egresos estatales de las cinco entidades federativas que conforman la región Noroeste del país al año 2012.

Tabla 1. Por cientos integrales de los rubros de ingresos al año 2012.

Entidad federativa	Baja California	Sonora	Sinaloa	Baja California Sur	Chihuahua
Ingresos totales	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Impuestos	5.69	3.33	2.98	4.34	4.91
Derechos	2.65	1.93	4.51	0.58	7.16
Productos	0.45	0.09	0.69	0.53	0.43
Aprovechamientos	1.86	2.35	0.07	3.71	2.59
Contribuciones de mejoras	0.11	0.00	0.24	0.00	0.00
Participaciones federales y estatales	43.11	34.21	31.70	33.65	34.24
Aportaciones federales y estatales	38.61	50.93	54.32	51.98	45.21
Otros ingresos	0.00	0.01	0.00	0.00	4.34
Por cuenta de terceros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Financiamiento	7.52	7.15	5.51	5.21	0.00
Disponibilidad inicial	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12

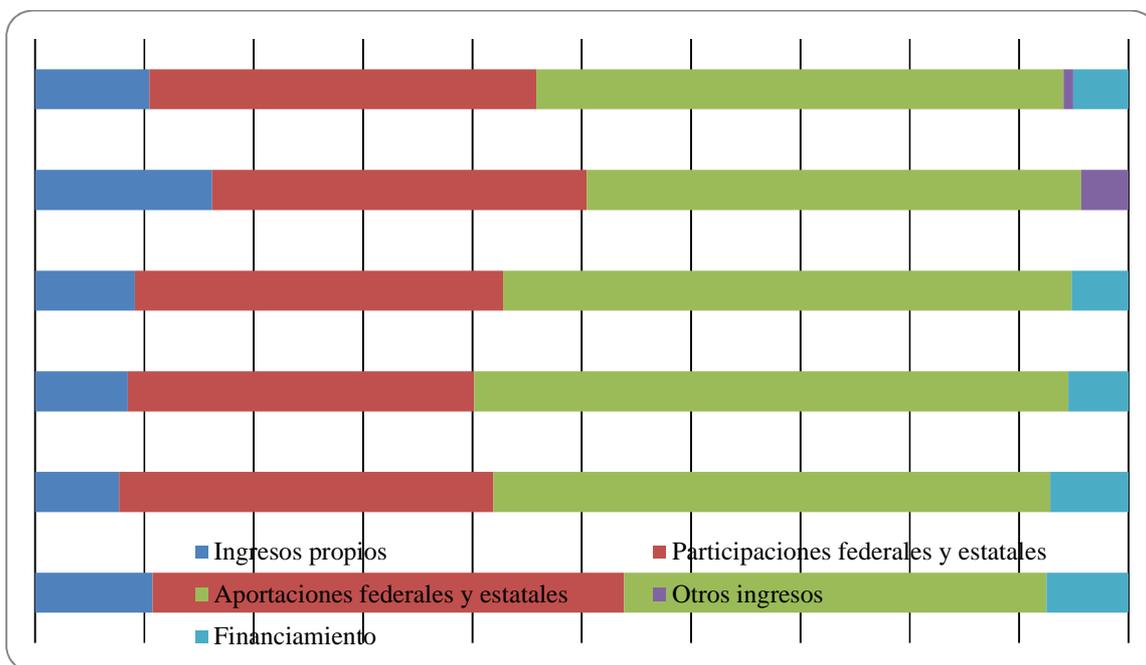
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

De las cinco entidades que conforman la región Noroeste de México, Baja California es el estado en el que las participaciones federales representaron un mayor porcentaje de sus ingresos

totales en el año 2012, es decir, de cada peso ingresado en las arcas estatales, 43 centavos corresponden a recursos enviados por la federación y que no son etiquetados (pueden ser ejercidos de acuerdo a las prioridades del gobierno estatal); por su parte, Sinaloa reportó la mayor tasa de aportaciones federales, sujetas al gasto en aspectos como salud, educación, seguridad pública, infraestructura social, entre otros, como porcentaje del ingreso global de dicha entidad.

En relación a la capacidad para generar ingresos propios (impuestos, derechos, productos, aprovechamientos y contribuciones de mejoras), Chihuahua reportó una tasa del 15.09 por ciento figurando como la entidad con el mayor porcentaje de ingresos propios en relación al total; en Sonora, el 7.7 por ciento del ingreso global es aportado localmente, por lo que en el año 2012 fue el estado con menor desempeño para generar ingresos propios en relación a los ingresos totales en la región. Por su parte, Chihuahua fue el único estado que no obtuvo ingresos por financiamientos en el año 2012 (deuda pública).

En la gráfica 1 se visualiza la composición integral de los ingresos públicos en las entidades estudiadas en relación al origen de los mismos (propios, federales y de terceros).



Gráfica 1. Porcentaje de los ingresos públicos estatales, según su origen, en el año 2012
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

De acuerdo a estos hallazgos, es posible identificar el nivel de dependencia financiera que tienen estas entidades federativas con el orden federal, lo cual podría interpretarse como producto de la falta de incentivos de los estados para generar ingresos propios a través de mecanismos de coordinación fiscal con el resto de los órdenes de gobierno; es decir, se aprecia un desequilibrio entre la capacidad y potestades recaudatorias de las entidades y la base de ingresos locales que se obtienen.

En relación al gasto de las cinco entidades en estudio, los recursos asignados al componente vinculado con los sueldos y salarios del personal que labora en las administraciones públicas estatales representó el 31.72 por ciento del egreso total de Baja California mientras que en Baja California Sur solamente el 7.92 por ciento del gasto estatal en 2012 fue destinado al pago de servicios personales. En relación a los recursos aplicados al desarrollo de obras públicas y acciones sociales, el estado de Sonora erogó el 12.12 por ciento de su presupuesto para tales efectos, mientras que en Chihuahua se canalizó el 3.54 por ciento en el mencionado rubro, asumiéndose como la entidad que asignó la menor proporción de su ejercicio presupuestal a la generación de obras de carácter público.

Tabla 2. Por cientos integrales de los rubros de egresos al año 2012.

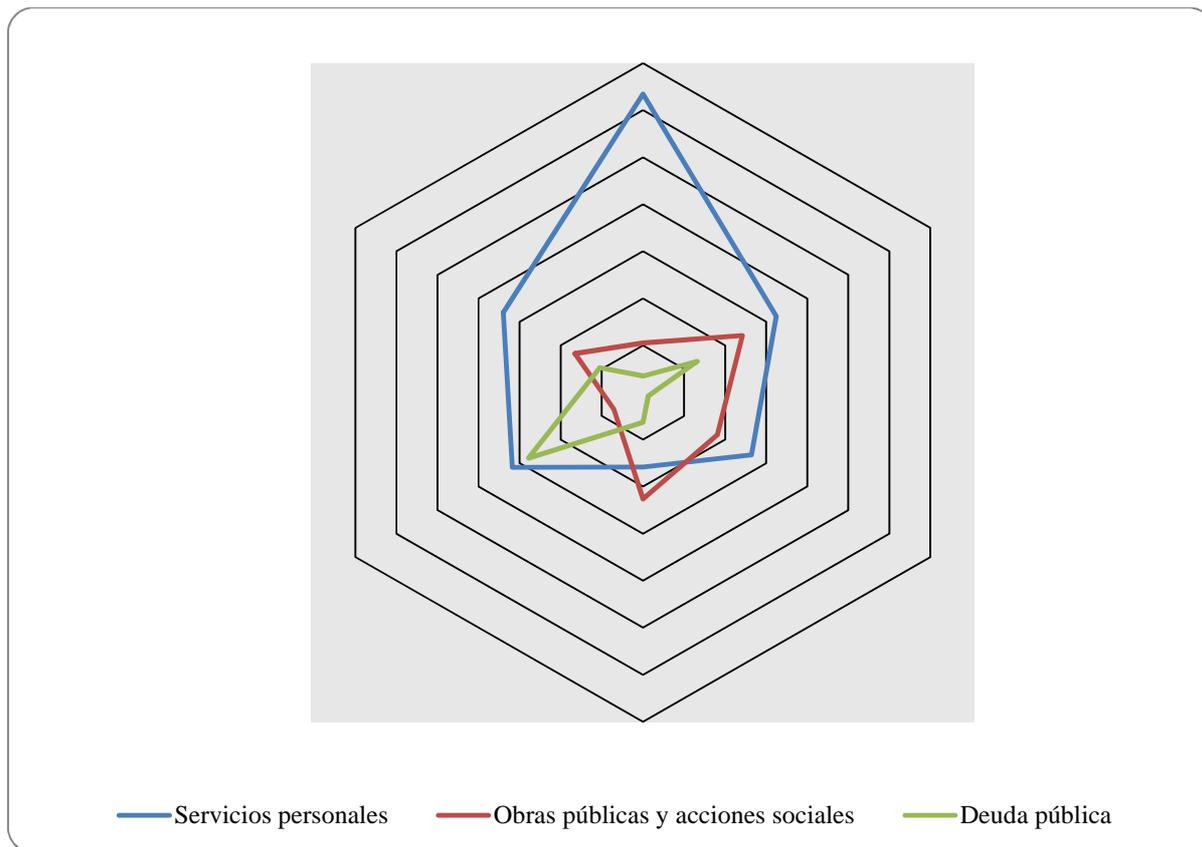
Entidad federativa	Baja California	Sonora	Sinaloa	Baja California Sur	Chihuahua
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Servicios personales	31.72	16.24	13.22	7.92	15.88
Materiales y suministros	1.41	1.39	0.44	1.06	0.66
Servicios generales	2.21	3.11	3.49	2.08	5.32
Subsidios, transferencias y ayudas	41.92	48.40	57.33	62.70	46.80
Adquisición de bienes muebles e inmuebles	0.71	0.37	0.22	0.64	1.35
Obras públicas y acciones sociales	5.28	12.12	9.04	11.32	3.54
Inversión financiera	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00
Recursos asignados a municipios	14.16	10.80	12.25	11.12	9.90
Otros egresos	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63
Deuda pública	1.76	6.62	0.67	3.17	13.92
Disponibilidad final	0.83	0.02	3.34	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

El pago de los compromisos financieros (deuda pública) en el año 2012 tuvo una participación variable en el gasto total de las entidades en estudio; por ejemplo, en Sinaloa se destinó menos de un centavo de cada peso erogado para el cumplimiento de las obligaciones

financieras; por su parte, Chihuahua erogó, aproximadamente, 14 centavos de cada peso erogado del presupuesto estatal para la amortización de su deuda.

Lo anterior denota la existencia de distintas estrategias de optimización del ejercicio financiero estatal, ya que las erogaciones correspondientes al gasto corriente son diversas en los cinco estados; también se destaca la relación inversa entre el gasto corriente y el gasto de inversión en obras, por ejemplo, en el caso de Baja California.



Gráfica 2. Participación porcentual de los egresos en tres componentes del presupuesto estatal al 2012
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

En la gráfica anterior se aprecia que solamente en Baja California Sur el gasto en obras públicas y acciones sociales es superior al pago de sueldos y salarios de los trabajadores de la administración estatal; en todos los demás casos, es mayor el egreso por concepto de servicios personales en relación al desarrollo de obras.

Otro aspecto destacable lo constituye la orientación del gasto público hacia el pago de obligaciones financieras, tal es el caso de Chihuahua, en donde la amortización de la deuda estatal representó una erogación mayor que la vinculada con el gasto de inversión en obras

públicas; esto, revela la necesidad imperante de establecer mecanismos de control que articulen la contratación de deuda con un incremento en el gasto público asociado al desarrollo de infraestructura básica y secundaria.

Enseguida se determinan algunos indicadores administrativos y de eficiencia vinculados al gasto público estatal.

Tabla 3. Indicadores per cápita por entidad federativa con datos del año 2010.

Indicador	Baja California	Sonora	Sinaloa	Baja California Sur	Chihuahua
Gasto administrativo per cápita	\$ 3,258	\$ 3,000	\$ 1,770	\$ 1,343	\$ 2,443
Inversión per cápita	\$ 343	\$ 1,770	\$ 621	\$ 528	\$ 827
Gasto en servicios personales per cápita	\$ 2,825	\$ 2,237	\$ 1,455	\$ 935	\$ 1,944

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

De acuerdo a los datos obtenidos, en Baja California se tiene el mayor gasto per cápita administrativo al considerarse que a cada habitante de esa entidad le correspondería el pago de \$ 3,258 por concepto de sueldos y salarios de los empleados de la administración pública estatal, así como por la adquisición de materiales y suministros, y el pago de servicios generales como agua potable, electricidad, entre otros; en este mismo indicador, Baja California Sur reportó el menor valor. Por otro lado, en el año 2010 la inversión per cápita de mayor valor en la región la realizó el estado de Sonora, con \$ 1,770; mientras que Baja California destinó \$ 343 por habitante a la construcción de obras públicas y acciones sociales.

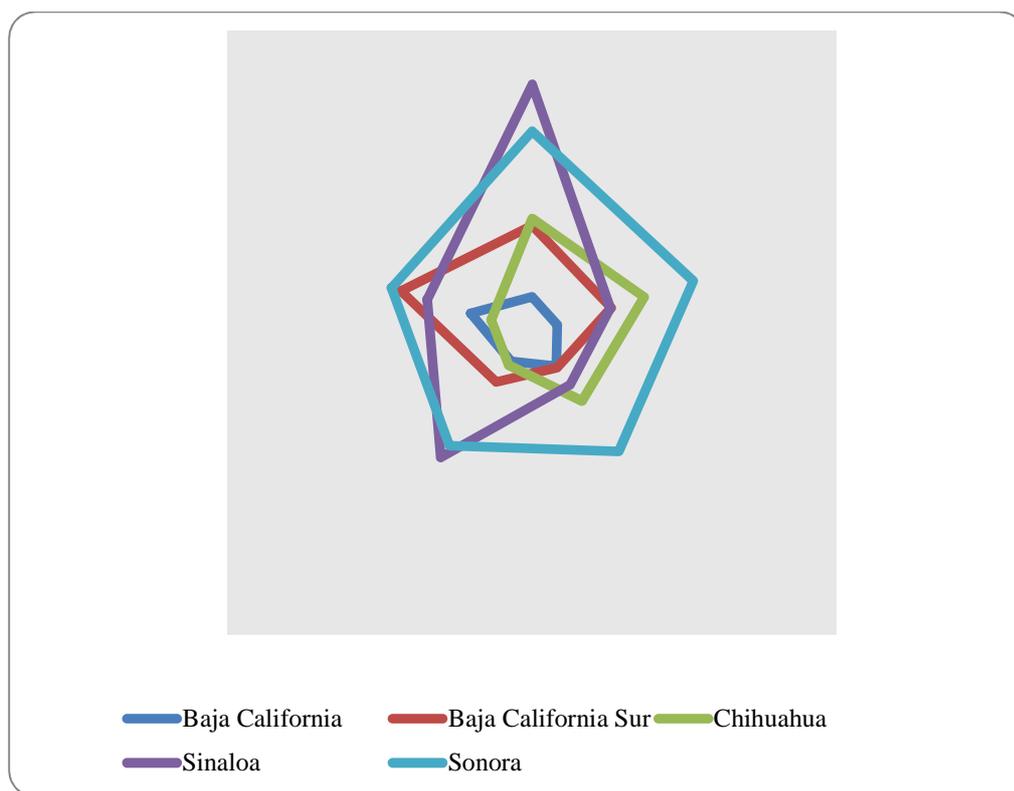
En la siguientes tabla se presenta la evolución anual del indicador esfuerzo de inversión, el cual se determina asociado el gasto que realizan los estado en obras públicas en relación a los egresos totales.

Tabla 4. Esfuerzo de inversión 2008 – 2012 por entidad federativa

	2008	2009	2010	2011	2012
Baja California	3.00	2.17	3.39	2.91	5.28
Baja California Sur	8.90	6.81	3.52	5.01	11.31
Chihuahua	9.46	9.67	6.96	3.28	3.54
Sinaloa	20.59	6.73	5.30	12.74	9.04
Sonora	16.70	13.91	12.09	11.53	12.12

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

Se aprecia que los estados de Sinaloa y Sonora han sido consistentes durante el período 2008 – 2012 respecto de la proporción del gasto que canalizan al desarrollo de obras públicas y acciones sociales; en promedio, Baja California reportó los valores mínimos de este indicador, lo cual refleja que la mayor parte de sus egresos están siendo orientados a otros rubros de gasto.



Gráfica 3. Indicador de esfuerzo de inversión por entidad federativa 2008 - 2012
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI.

Es observable la asociación entre la disminución del gasto de operación y el incremento sustancial en las erogaciones destinadas a la provisión de servicios e infraestructura pública, lo cual podría propiciar una mayor participación de la inversión privada lo que, eventualmente, conduciría al aumento de la actividad económica estatal.

Conclusiones

La estructura de ingresos y egresos públicos de las cinco entidades que conforman la región Noroeste de México es similar; no se localizaron diferencias importantes en los patrones de gasto. Sin embargo, se aprecia la necesidad de realizar esfuerzos de reorientación del gasto, ya

que una gran parte del mismo está siendo dirigido al pago de sueldos y salarios (servicios personales), materiales y suministros así como servicios generales, lo que no genera condiciones propicias para reforzar el gasto en materia de obras públicas. En el caso del endeudamiento como mecanismo para la obtención de ingresos, se considera que la deuda, por si misma, no es un aspecto negativo, sino que la inadecuada administración de la misma puede contribuir a que la entidad se involucre en circunstancias de incapacidad de solventar sus obligaciones financieras y ello contribuiría a un rezago mayor en el ámbito de la inversión pública productiva. Finalmente, se asume que el objetivo de esta investigación se ha cumplido al establecerse las condiciones para identificar con precisión la estructura de las finanzas públicas estatales de las entidades en estudio.

Referencias

- García, V. (2009). *Finanzas públicas estatales y las leyes de fiscalización en México*. Revista de Administración, Finanzas y Economía, 3(1), 1-13
- Instituto Mexicano Para la Competitividad (2012). *Gasto y finanzas públicas: la deuda de transparencia de los estados con la sociedad*. Recuperado el 8 de mayo de 2014 de: http://imco.org.mx/indice_de_competitividad_estatal_2012/archivos/libro/gasto_y_finanzas_publicas.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). *Finanzas públicas estatales*. Recuperado el 12 de mayo de 2014 de: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/finanzaspublicas/FPEst.asp?s=est&c=11288&proy=efipem_fest el
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). *Finanzas públicas estatales*. Recuperado el 12 de mayo de 2014 de: http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/censos/cpv2010/PT.asp?s=est&c=27770&proy=cpv10_pt
- Nolasco, E. (2006). *La influencia de la política presupuestal en el nuevo paradigma de administración pública*. Ed. Porrúa. México.
- Oropeza, A. (2005). *La evaluación de la función pública en México*. Ed. Plaza y Valdés. México.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2014). Glosario. Recuperado el 8 de mayo de 2014 de: <http://www.shcp.gob.mx/Paginas/default.aspx>

Capítulo XIV. Aceptabilidad del mercado potencial de Cd. Obregón sobre el turismo rural en el Valle del Yaqui

Dina Ivonne Valdez Pineda, Beatriz Ochoa Silva, Nora Edith González Navarro, Blanca Rosa Ochoa Jaime y Sergio Aharon Moreno Velarde
Departamento de Ciencias Administrativas
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. dvaldez@itson.edu.mx

Resumen

Los ranchos turísticos pretenden inyectar al sector rural una dinámica económica diferente que genere empleos y apoye al sector ganadero en el uso de ranchos. Uno de los motivos principales que lleva consigo la construcción de este proyecto, es el de poder rescatar al campo trayendo consigo empleos y aprovechamiento de los recursos naturales. Partiendo de lo anterior el problema es ¿cuál será la aceptación por parte del mercado potencial de Ciudad Obregón sobre el turismo rural en el Valle del Yaqui? El objetivo es identificar el mercado potencial de Ciudad Obregón sobre la aceptación del turismo rural en el Valle del Yaqui. Los sujetos de la investigación fueron 384 personas, hombres y mujeres de entre 15 y 60 años de Ciudad Obregón, a las cuales se les aplicó un cuestionario estructurado, los resultados obtenidos fueron positivos ya que el 81% acepta visitar los ranchos turísticos y los visitará con la familia, amigos y pareja lo que representa una gran fortaleza y que en un momento dado marca la pauta para la viabilidad de llevarse a cabo en un futuro y así fomentar el turismo rural en el Valle del Yaqui y realizar actividades eco-turísticas. Conclusión; el proyecto de ranchos turísticos con actividades recreativas en el Valle del Yaqui, servirá como herramienta para fomentar y promocionar el turismo alternativo de la región, en caso de que se lleve a cabo su implementación. Cabe hacer notar, que este tipo de proyecto cuenta con un mercado potencial en ranchos y visitantes.

Introducción

La evolución del sector turístico, en general, ha permitido la incorporación paulatina de modalidades, muchas de ellas en espacios de interior y algunas en el medio rural. Las razones son varias, pero posiblemente el factor determinante viene de la mano de las nuevas preferencias de la demanda. Cobra cada vez un mayor protagonismo al contacto con la naturaleza, y muchos turistas optan por los espacios rurales para cubrir motivaciones y sensaciones que los destinos tradicionales ya no son capaces de satisfacer (Cebrian 2008).

Mediano (2004), menciona que en la segunda mitad de los años 80's cuando empieza a hablarse de nuevas demandas turísticas y, entre ellas, del turismo rural, este no era un fenómeno nuevo en las zonas rurales. Así, ya en años anteriores a los 60's era frecuente la existencia de flujos turísticos hacia áreas rurales de personas residentes en grandes núcleos urbanos cercanos a

las mismas. Igualmente, como consecuencia de la industrialización y el traslado y mano de obra a las zonas industriales, se produce una nueva manera de turismo formado por aquellas personas que emigraron del campo a la ciudad y que regresan periódicamente para pasar sus vacaciones y visitar a sus familiares y amigos.

No se considera, sin embargo, que este tipo de desplazamientos puedan encuadrarse dentro de lo que hoy se conoce como turismo rural.

Desde los años 90 han cobrado protagonismo otras modalidades emergentes, y el turismo rural ha tenido un crecimiento espectacular.

El turismo rural, desempeña un papel esencial en el desarrollo local. El interés por la recreación en el campo inicia en el siglo XIX como una reacción a las tensiones de la urbanización e industrialización que observaba un amplio crecimiento en lugares de externalidad urbana. Es un amplio espectro que incluye las costumbres, tradiciones, folclore, ferias y fiestas, gastronomía y patrimonio histórico artístico (Carrillo, 2007).

El concepto de Turismo Rural, ha tomado auge en los países europeos en un afán de diversificar la oferta y que las grandes corrientes turísticas busquen otros espacios que no sean solamente los destinos de playa los cuales, por otra parte, muestran una tendencia a la baja en dichos países.

El turismo rural, por otra parte, tiene también la función de rehabilitar las áreas agrícolas deprimidas económicamente, ya sea por las crisis económicas recurrentes en ciertas regiones, con la consecuencia de la emigración hacia las zonas urbanas que constituye siempre un gran problema.

Bernard Lane (2004) señala que desde hace algunos años las áreas agrícolas tradicionales sufren una declinación a causa de la industrialización y del urbanismo y el crecimiento del sector terciario concentra la actividad económica en las ciudades. Sin embargo, la tensión que ocasiona la vida urbana está causando lo que en ciertos países llaman "tendencia contraurbana" y la gente sale temporalmente, y algunos permanentemente, hacia las áreas rurales. Estos son los turistas y fácilmente convertibles en turistas ecológicos.

Sonora es abundante en paisajes y ambientes propicios para una gran variedad de especies de fauna de gran valor cinegético.

Más de 600 Ranchos Cinegéticos se distribuyen por el extenso territorio del Estado, y constituye una de las principales fuentes de afluencia de visitantes que cuentan con la garantía de

que la infraestructura y la atención del servicio que reciben de las organizaciones cinegéticas constituidas es de gran calidad (Sonora Turismo, 2012).

Al sur del Estado de Sonora entre la Sierra Madre Occidental y el Mar de Cortés, al norte de Ciudad Obregón, y al sur limitando con el Valle del Río Mayo, se localiza el Valle del Yaqui; el cual es una extensión de aproximadamente de 450 000 hectáreas. Gran parte del Valle se utiliza para la siembra de trigo, que es el principal cultivo de la región, Es una de las principales regiones agrícolas de México.

El Valle del Yaqui es uno de los mayores productores de productos agrícolas en todo el estado de Sonora.

Los ranchos turísticos pretenden inyectar al sector rural una dinámica económica diferente que genere empleos y apoye al sector ganadero en el uso de los ranchos. Uno de los motivos principales que lleva consigo la construcción de este proyecto, es el de poder rescatar al campo trayendo consigo empleos y aprovechamiento de los recursos naturales.

Justificación

Los turistas, hoy en día cuentan con exigencias que van en aumento, lo que obligó a los prestadores de servicios turísticos a mantenerse en un alto nivel competitivo.

El turismo rural es el segmento más humano del turismo alternativo, ya que ofrece al turista la oportunidad de experimentar el encuentro con otras formas de vivir de las comunidades que cohabitan en un ambiente rural y lo sensibilizan sobre el respeto y valor de su identidad cultural.

Entre otros beneficios se encuentra la recuperación y el mantenimiento de las manifestaciones arquitectónicas y culturales de la región visitada, así como la protección de los entornos naturales. Esta modalidad se refleja de manera directa en el desarrollo regional y comunitario sobre todo en aquellas zonas que no tienen otra posibilidad de generar ingreso (Zamorano, 2007).

Es necesario impulsar el turismo rural, ya que es una actividad que podría diversificar la oferta turística, siendo una opción más para fomentar el desarrollo turístico.

Sonora tiene mucho potencial, y este puede ser aprovechado para crear sitios turísticos que incrementen el nivel de ingresos del estado mediante la afluencia de turistas hacia este.

Lo que se ha buscado en esta investigación es medir la oportunidad de desarrollo que tiene el Valle del Yaqui mediante el turismo rural sostenible con la implementación de ranchos turísticos en la región.

Planteamiento del problema

Con la implementación de ranchos turísticos, mediante el aprovechamiento de la riqueza que tiene la cultura Yaqui, traerá como consecuencia más y nuevas fuentes de empleos e ingresos económicos que beneficie a la comunidad en general mediante la captación de turismo al sitio, entrando este último como nueva área de oportunidad para el crecimiento económico.

Lo anterior lleva a la siguiente detonante: ¿cuál será la aceptación por parte del mercado potencial de Ciudad Obregón sobre el turismo rural en el Valle del Yaqui?

Objetivo

Identificar el mercado potencial de Ciudad Obregón sobre la aceptación del turismo rural en el Valle del Yaqui.

Fundamentación teórica

El turismo rural es "*aquella actividad que se basa en el desarrollo, aprovechamiento y disfrute de nuevos productos presentes en el mercado e íntimamente relacionados con el medio rural*" (García, 2006).

La secretaría de turismo (SECTUR, 2012) en México define este segmento como: "Los viajes que tienen como fin realizar actividades de convivencia e interacción con una comunidad rural, en todas aquellas expresiones sociales, culturales y productivas cotidianas de la misma".

El diseño del turismo rural conforme a Zamorano (2007) presenta confusiones en cuanto a la denominación del término, ya que algunos le llaman agroturismo, turismo de fincas. Sin embargo puede tener modalidades particulares, pero en general se trata de un turismo de bajo impacto tanto ambiental como sociocultural que facilita vivencias y experiencias que enriquecen el desarrollo de la personalidad, ayuda a recuperar el equilibrio físico y psicológico del turista, hace accesible la comprensión de la realidad de las comunidades anfitrionas mediante la convivencia auténtica y espontánea con sus pobladores y genera una derrama económica que llega de manera más íntegra a los prestadores de servicio de la localidad y a sus anfitriones

México cuenta con gran belleza cultural, y a partir de esto se pueden crear nuevos modelos de productos turísticos, los cuales pueden ser explotados con características únicas, lo que se lograra solamente con el apoyo de comunidades anfitrionas.

Turismo sostenible

Según la organización mundial de turismo (OMT) el turismo sostenible es: Aquel que pretende satisfacer las necesidades de los turistas así como de los destinos turísticos, protegiendo e incrementando las oportunidades de futuro.

Por tanto, el objetivo fundamental del turismo sostenible es mantenerse en el tiempo, necesitando para ello obtener la máxima rentabilidad pero protegiendo los recursos naturales que lo sostienen y respetando e involucrando a la población. Lo cual responde a los tres componentes de la sostenibilidad.

Por otro lado Según la Federación de Parques Nacionales y Naturales, el Turismo Sostenible lo constituyen “todas las formas de desarrollo turístico, gestión, y actividad que mantienen la integridad ambiental, social y económica, así como el bienestar de los recursos naturales y culturales a perpetuidad“(FNNP, 1993).

Importancia de turismo rural. Actualmente se insiste en la importancia del turismo rural como mecanismo en el desarrollo rural y como fuente de empleo. Sin duda el fenómeno del turismo rural tiene importancia en los pueblos alejaos de los entornos urbanos en cuanto que contribuye a darlos a conocer, a mejorar su accesibilidad y estimular el interés por la vida rural. Pero su significación económica, en lo que las rentas se refiere, es muy relativa. Solamente en determinadas áreas, especialmente dotadas con respecto a los deportes en la naturaleza o puntos de especial interés histórico o arqueológico, el turismo rural al llegar a tener una incidencia significativa, especialmente cuando se puede mantener durante todo el año. En el resto simplemente es un medio de promoción. Puesto que solo funciona en determinadas fechas y periodos, la rentabilidad de este tipo de actividad es discutible y se fundamenta en la explotación de la mano de obra familiar no remunerada. Los establecimientos de turismo rural se enfrentan con problemas de infraestructura que van desde los accesos por carretera a la disponibilidad de líneas telefónicas y carecen de mecanismos adecuados de promoción, de manera que, desde un punto de vista económico, son una actividad marginal que solo tiene importancia como

complemento de otras actividades, todo ello con la excepción de los lugares privilegiados por la naturaleza o por la historia. Soledad Nogués (2004).

Metodología

En la realización de esta investigación se utilizó el método cuantitativo con corte descriptivo.

Sujetos. Para conocer la aceptabilidad sobre turismo rural los sujetos utilizados en esta investigación fueron 384 personas, hombres y mujeres de entre 15 y 60 años con ocupaciones de estudiantes, comerciantes, maestros, empresarios, amas de casa, profesionistas y empleados los cuales viven en Ciudad Obregón, Sonora.

Los datos sobre la población del número habitantes en Ciudad Obregón se obtuvieron de INEG (Censo de Población y Vivienda, 2010), existen 409 310 habitantes en Cd. Obregón de los cuales 271 532 están entre un rango de edad de 15 y 60 años. Esta fue la población que se tomó para la elaboración de la muestra. La cual ayudó a ver la magnitud de la demanda que se puede tener con este proyecto.

Materiales. Se utilizó un cuestionario estructurado que consta de 17 preguntas de las cuales cinco son dicotómicos y 12 de opción múltiple.

Procedimiento. Se utilizó la metodología del proceso de la investigación de mercados de Kinnear (2000).

1. Establecer la necesidad de información. Se determinó la información para ver la Aceptación del turismo rural en el Valle del Yaqui, mediante la implementación de ranchos turísticos sostenibles para su desarrollo.
2. Especificar los objetivos de la investigación y necesidades de información. Se definió el objetivo del proyecto el cual es: Conocer el mercado potencial de Cd. Obregón sobre turismo rural en el Valle del Yaqui.
3. Determinar el diseño de la investigación y fuentes de datos. Se establecieron las fuentes externas las cuales fueron en su mayoría libros, pero también se utilizó información confiable de páginas de internet y para contar con fuentes de información interna se realizaron encuestas, las cuales se aplicaron en diferentes puntos de Ciudad Obregón Sonora, para así mediante ellas obtener información que sea de gran ayuda para ver la viabilidad del proyecto. Se determinó que la investigación sería descriptiva cuantitativa

debido a que esta consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas.

4. Desarrollar el procedimiento de recolección de datos. Se diseñó un cuestionario y se realizó una prueba piloto para comprobar la confiabilidad de dicho cuestionario, posteriormente se corrigieron pequeños errores y se elaboró la encuesta, que consta de 17 preguntas de las cuales cinco son dicotómicos y 12 de opción múltiple.
5. Diseñar la muestra. Se utilizó el método de población finita usando una formula estadística.

$$n = \frac{S^2 N p q}{e^2 (N-1) + S^2 p q}$$

$$n = \frac{(1.96^2)(271532)(.5)(.5)}{(.05^2)(271532-1) + 1.96^2(.5)(.5)}$$

$$n = 383.6186 = 384 \text{ personas.}$$

6. Recopilar los datos. Se dividió un equipo de seis personas para la aplicación de las 384 encuestas. Se eligieron ciertos puntos de la ciudad, por ser donde más afluencia de personas hay, los cuales fueron: ITSON Campus Centro, Wal-Mart Norte, Plaza Goya, ITSON Campus Nainari, Plaza Tutuli y Wal-Mart Sur.
7. Proceso de datos. Se procesaron los datos de las graficas mediante una tabulación en Excel de las 17 preguntas plasmadas en el instrumento aplicado en los distintos puntos estratégicos de Ciudad Obregón.
8. Analizar los datos. Posteriormente se paso a realizar las graficas de cada una de las preguntas plasmadas en la encuesta a través de un cuestionario dando así un informe breve de los resultados arrojados en cada una de las graficas.
9. Presentar los resultados de la investigación. Se realizo un informe general de las 384 encuestas aplicadas en Ciudad Obregón en los distintos puntos estratégicos mencionados anteriormente dando así un diagnostico más certero de los resultados arrojados del total de las graficas.

Resultados y discusión

Se presentan los resultados más importantes de las encuestas aplicadas en Ciudad Obregón.

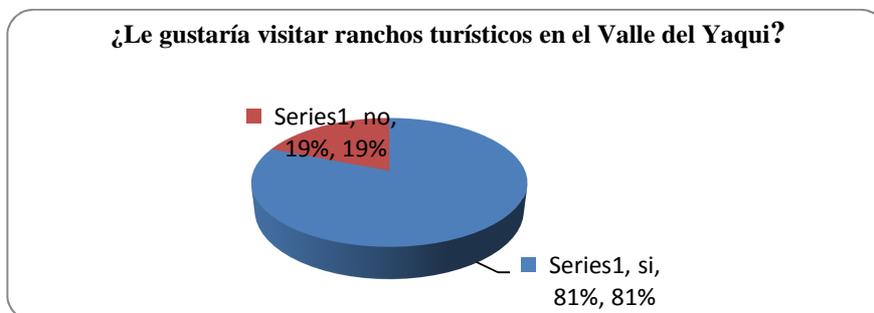


Gráfico 1. ¿Le gustaría visitar ranchos turísticos?

El 81% de las personas encuestadas les gustaría visitar ranchos turísticos en el Valle del Yaqui, mientras que el 19% de los encuestados coincidieron en que no les interesa.

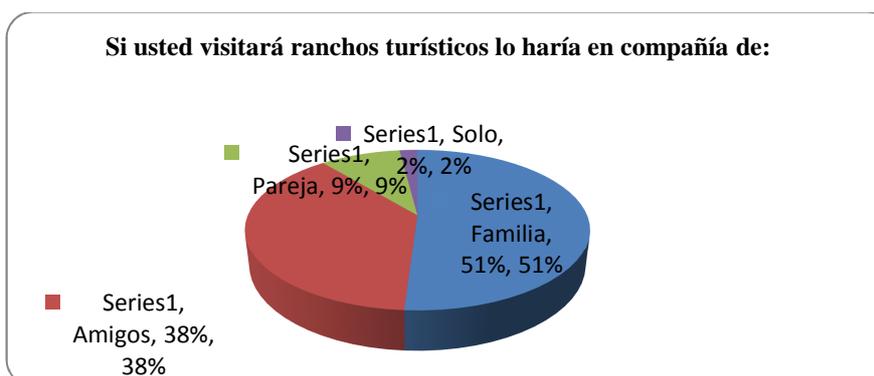


Gráfico 2. Si usted visitaría los ranchos turísticos lo haría en compañía de:

El 51% de las personas les interesaría visitar ranchos turísticos en compañía de la familia, el 38% les gustaría visitarlo con sus amigos, el 9% iría en compañía de su pareja y por último solamente el 2% le gustaría ir solo

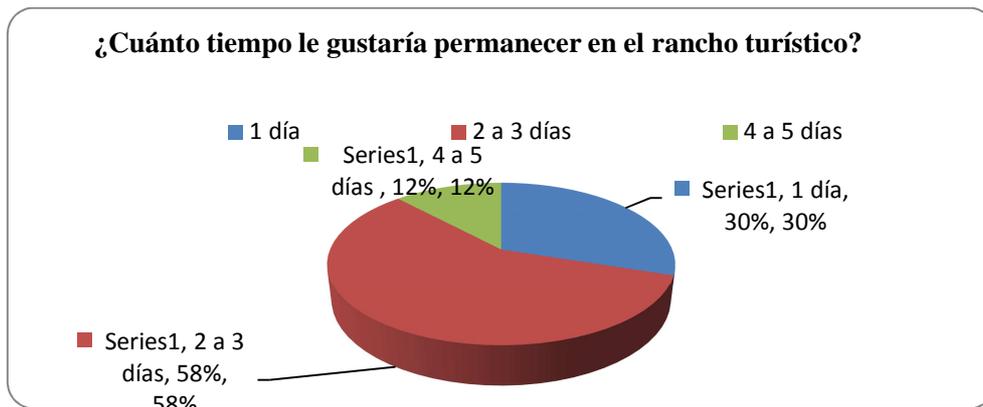


Gráfico 3. ¿Cuánto tiempo le gustaría permanecer en el rancho turístico?

El 58% de las personas que contestó que le gustaría tener una estancia de 2 a 3 días en el rancho turístico, el 30% solamente 1 día y el resto que es el 12% contestó que le gustaría tener una estancia de 4 a 5 días en el rancho turístico.

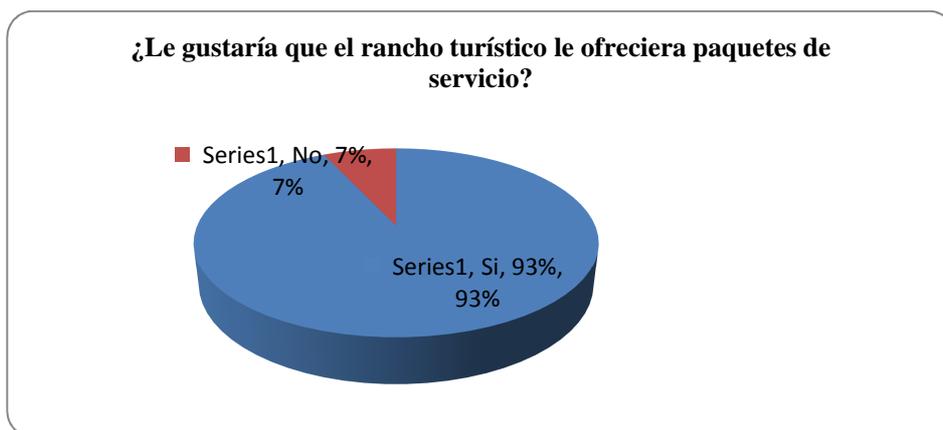


Gráfico 4. ¿Le gustaría visitar ranchos turísticos?

El 93% de las personas encuestadas contestó que si le gustaría que el rancho turístico ofreciera paquetes de servicio y el 7% de las personas contestó que no le interesa ningún tipo de paquetes de servicio en el rancho.

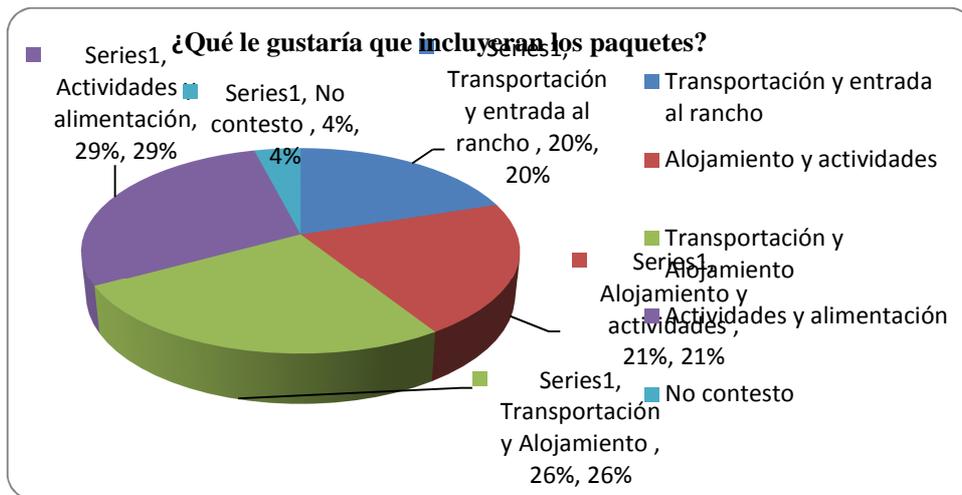


Gráfico 5. ¿Le gustaría que incluyeran paquetes?

El 29% de las personas encuestadas contestó que el paquete para visitantes incluyera actividades de alimentación, el 26% que incluya transporte y alojamiento, el 21% contestó que le gustaría que incluyera alojamiento y actividades, el 20% dijo le gustaría que incluyera en el paquete para visitante transporte y entrada al rancho turístico en el Valle del Yaqui y el resto de los encuestados no contestaron a esta pregunta.

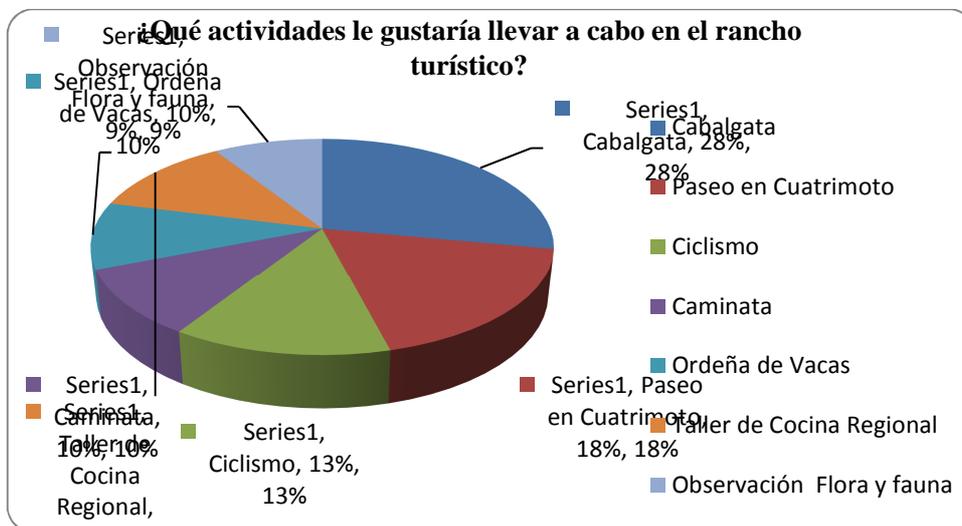


Gráfico 6. ¿Qué actividades le gustaría llevar a cabo en el rancho turístico?

El 28% de las personas encuestadas contestaron que las actividades que le gustaría llevar a cabo en el rancho turístico en primer lugar es cabalgata, en segundo lugar con el 18% les gustaría realizar paseo en cuatrimoto, el 13% contestó que le gustaría realizar ciclismo, el 12% le gustaría realizar talleres de cocina regional, el 10% contestó que le gustaría realizar actividades

como ordeña de vacas y otro 10% actividades como caminata, el 9% contestó que le gustaría actividades de flora y fauna

Discusión

En la actualidad es muy importante implementar una forma diferente de diversión para los jóvenes y familias, es por eso que este proyecto fomentará el turismo rural con una diversidad de actividades recreativas y diferentes al lo que actualmente hay en el mercado.

Partiendo de esta idea, los creadores de este proyecto están consientes de esta situación, mostrando a su vez gran interés en llevar a cabo la implementación de un proyecto bien estructurado que permita la introducción de un novedoso rancho turístico en el Valle del Yaqui.

Adicionalmente cabe hacer notar, que este tipo de proyecto cuenta con un mercado potencial, lo que representa una gran fortaleza y que en un momento dado marca la pauta para la viabilidad de llevarse a cabo en un futuro, y así fomentar el turismo rural en el Valle del Yaqui y realizar actividades ecoturísticas.

Conclusiones

Un rancho turístico con actividades recreativas en el Valle del Yaqui, servirá como herramienta para fomentar y promocionar el turismo alternativo de la región, en caso de que se lleve a cabo su implementación.

Con la implementación de los ranchos turístico el Valle del Yaqui podrá disfrutar de un novedoso proyecto familiar y cubrir las necesidades de los clientes, ya que en la actualidad en Valle del Yaqui no cuenta con un rancho turístico establecido, y hay demanda por parte de la región.

Por otro lado la gente de la región estará más informada y consciente de los la importancia de proyectos como estos y el impacto que causan en las comunidades involucradas. De igual manera se espera que a mayor cantidad de clientes potenciales haciendo uso de los servicios del rancho turístico se dejara mas derrama económica en la comunidad receptora contribuyendo a su desarrollo y crecimiento sustentable.

Referencias

- Cebrián Abellán F. (coord.) (2008). *Turismo rural y desarrollo local*. Cuanca/Sevilla. Ediciones de la universidad de castilla-la mancha y secretario de publicaciones de la universidad de Sevilla.
- García Cuesta, J.L. (2006). *El Turismo Rural como factor diversificador de rentas en la tradicional economía agraria*. Estudios Turísticos, No 122, 45-59, Madrid: OMT.
- Kinnear, Thomas & Taylor James (2000). *Investigación de mercado*. edición 5ta. Editorial Mc Graw Hill, México.
- Lane, B. (2004). *What is Rural Tourism?*. Journal of Sustainable Tourism, Vol. 2.
- Medrano Lucia (2004). *La Gestión de Marketing en el turismo Rural*. Editorial Pearson Educación S.A. Madrid.
- Nogués Soledad (2004). *El futuro de los espacios rurales*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). *Sonora Turismo*. Recuperado el día 29 de Agosto del 2013 a través del sitio web:
<http://www.sonoraturismo.gob.mx/RCinegeticos.php>
- Zamorano Casal, Francisco Manuel (2007). *Turismo Alternativo: Servicios Turísticos diferenciados: animación, turismo de aventura, turismo cultural, ecoturismo, turismo recreativo*. 2da Edición. Editorial Trillas, México.

Área temática: Ciencias Sociales y Humanidades

Capítulo XV. Validación de instrumento para medir la percepción de la calidad de vida laboral en una institución de educación superior

Claudia Álvarez Bernal¹, Domingo Villavicencio Aguilar², Juana María Luisa García Muela¹, José Vicente Pacheco Félix³ y José Luis Quintero Hernández³

¹Cuerpo Académico de Sistemas Productivos, ²Cuerpo Académico de Procesos Educativos, ³Unidad Guaymas Instituto Tecnológico de Sonora Ciudad Obregón, Sonora, México. domingo.villavicencio@itson.edu.mx

Resumen

El término Calidad de Vida Laboral adquiere relevancia dentro de las organizaciones ser un factor importante para determinar el nivel de confort del personal dentro de la empresa al desempeñar sus actividades cotidianas. A través del estudio se pretende establecer como los trabajadores perciben de su entorno dentro de la institución. La importancia del estudio, radica en encontrar indicadores de la situación o el estado actual de los trabajadores dentro de la organización, de modo que, al establecer criterios para medir la percepción del personal, tomando como referencia su rol dentro de la institución, identificar áreas de oportunidad donde se tenga algún tipo de inconveniente según la perspectiva del personal. La adecuación de un instrumento que permite medir la forma en que los empleados de la institución perciben la Calidad de Vida Laboral, debe considera las características específicas del tipo de trabajadores a los que se encuesta y los factores involucrados en la construcción del concepto que cubra en un alto porcentaje la percepción individual y colectiva de la variable general. Se presume como principal resultado de este trabajo de investigación, la construcción de un instrumento, para la valoración de las dimensiones que conforman la variable general de Calidad de Vida Laboral, a su vez se presenta la validación de cada uno de estas dimensiones a través del análisis de fiabilidad de Alfa de Cronbach, con una calificación por encima de la media de aceptación para todas ellas, y del análisis factorial comprobatorio, para la validez de constructo.

Introducción

Ardila (2003, p. 163) presenta el concepto de Calidad de Vida como un conjunto de dos dimensiones generales que hacen referencia a la satisfacción de las necesidades del ser humano: “Calidad de Vida es un estado de satisfacción general, derivado de la realización de las potencialidades de la persona. Posee aspectos subjetivos y aspectos objetivos. Es una sensación subjetiva de bienestar físico, psicológico y social. Incluye como aspectos subjetivos la intimidad, la expresión emocional, la seguridad percibida, la productividad personal y la salud percibida. Como aspectos objetivos el bienestar material, las relaciones armónicas con el ambiente físico y

social y con la comunidad, y la salud objetivamente percibida.” Este término describe únicamente la base fundamental del foco de estudio que viene a ser la calidad de vida laboral como constructo de medición de percepción.

El término Calidad de Vida Laboral (CLV), se genera a partir de la evolución de una descripción que surgió en 1947, Cuando los estudios del instituto de relaciones humanas en Londres, que encarnan el enfoque denominado históricamente socio técnico, representa el inicio del movimiento de CVL. Con la aplicación al campo de las empresas y de las organizaciones de la teoría general de los sistemas y de una experiencia tomada de la industria del carbón en Inglaterra, en los años cincuenta, se desarrolló el enfoque socio técnico, que es uno de los hitos con los que comienza el movimiento de la CVL.

La preocupación por la CLV cobra un especial interés en la década de los años 70s, donde alcanza reconocimiento social e institucional. Las reivindicaciones de este nuevo movimiento parten de la necesidad de humanizar el entorno de trabajo prestando especial atención al desarrollo del factor humano y a la mejora de su calidad de vida (Espinoza y Morris, 2002).

El estudio de la CVL se ha venido abordando básicamente desde dos grandes perspectivas teórico-metodológicas: La calidad de vida del entorno de trabajo y la perspectiva psicológica. Ambas difieren en cuanto a los objetivos que persiguen en su propósito por mejorar la calidad de vida en el trabajo, en los aspectos del objeto de estudio, en el foco de análisis en el que centran su interés y en el nivel de generalidad de sus análisis de vida laboral (Segurado Torres y Argulló Tomás, 2002).

En relación a todo lo mencionado, se presenta la definición de Blanch Ribas, Espuny Tomás, Gala Durán y Martín Artiles (2003), que conceptualiza la CVL como el grado de satisfacción y bienestar físico, psicológico y social experimentado por las personas en su puesto de trabajo y en su entorno de trabajo. En esta definición se cubren dos dimensiones, a saber: Una dimensión objetiva, donde se estudia las relaciones de los trabajadores con las condiciones de trabajo (ecológicas, materiales, técnicas, contractuales, salariales, de seguridad e higiene, de protección social, de estabilidad en el empleo, de estructura organizacional, de diseño de puesto, entre otras cosas). La otra dimensión es la subjetiva, que está asociada a la percepción y valoración sobre la mejora de las condiciones laborales, sobre el estrés laboral experimentado, sobre el ambiente social (tanto en lo concerniente a las relaciones horizontales con compañeros de trabajo como en las verticales, del trato recibido de la dirección), sobre el clima

organizacional, sobre la estructura percibida de las oportunidades de promoción, sobre el grado en el que se siente que el trabajo contribuye al propio desarrollo personal, entre otras cosas.

Desde la perspectiva del estudio, tanto Ardila (2003) y Blanch Ribas, Et. al. (2003), relacionan sus definiciones de Calidad de Vida y Calidad de Vida laboral con la bidimensionalidad, ya que las dos se generan a partir del hecho de que pueden ser construidas desde de dos dimensiones fundamentales (objetiva y subjetiva).

El objetivo de este capítulo es mostrar la metodología seguida para desarrollar y validar un instrumento para la recolección y análisis de datos que permita identificar la percepción de los trabajadores sobre la CLV a través de una encuesta de opinión en una institución de educación superior en la región. Además de lo anterior se presentan como objetivos específicos e independientes la valoración de cada una de las dimensiones propuestas en la literatura revisada y que se incluyeron en el instrumento por considerar que correspondían al contexto sociocultural de la institución en la que se pretende aplicar.

Una de las ventajas principales de llevar a cabo este estudio, es el hecho de que sirve de complemento al estudio de clima organizacional que existe en la Institución Educativo bajo estudio y será un elemento más para apoyar a la alta dirección de la institución, a la toma de decisiones. Tener un panorama general de las condiciones tanto objetivas como subjetivas, que perciben los empleados de la institución, ofrece más elementos que permiten una valoración más aproximada a la realidad de la situación, y con ello identificar aquellos factores que los trabajadores perciben afectan de manera determinante las actividades que realizan en la institución.

Fundamentación teórica

Actualmente se presenta una relación cualitativa entre los modelos de producción, la organización del trabajo, las exigencias de calificación y el desarrollo cultural de los trabajadores, que conduce incuestionablemente a la humanización de los procesos de trabajo. Esto también lleva a una nueva dimensión intelectual de las relaciones sociales, en las que el principal protagonista es el hombre, alrededor del cual deben crearse las mejores condiciones para el desempeño de su actividad laboral con el fin de incrementar su CLV.

Las nuevas formas de organización de las empresas, proponen como objetivos el desarrollo pleno de las personas y la educación continua de la fuerza de trabajo, mismos que

deben constituir un catalizador de cambios y desarrollar nuevos principios de dirección y organización de los procesos, alejados de los criterios elitistas, tecnocráticos y despóticos que han sido el imperante en las relaciones laborales alrededor del mundo, lo cual solo es posible, si se potencia el cambio de las relaciones socio-laborales de las organizaciones (Díaz y López, 2000).

Conceptos como participación o tratamiento de las necesidades sociales y psicológicas de los trabajadores, inherentes a nuestra ideología y filosofía, deben materializarse más allá de las apariencias y las sensaciones; para eso, es fundamental enfocar y tratar de manera interdisciplinaria temas como las nuevas formas de organización, la Calidad de Vida en el trabajo, el desarrollo de los recursos humanos, así como el comportamiento y la cultura organizacional (Guerrero Pupo, Cañedo Andalía, Rubio Rodríguez, Cutiño Rodríguez y Fernández Díaz, 2006)

Las instituciones de educación superior no son ajenas al proceso de generar condiciones que tiene que ver con la CLV. Al participar del proceso de formación de recurso humano, la CLV de los trabajadores de la institución, afecta por extensión a los estudiantes que se forman en la misma, tal vez por esa razón, mantener altos estos niveles en los trabajadores de la institución, repercutiría favorablemente en la formación del estudiantado, que es una de las funciones sustantivas de la universidad.

Por esta razón, la institución debe garantizar el bienestar de sus empleados, por un lado, debe proveer los recursos y espacios adecuados, adecuándose a las necesidades de los trabajadores, para que se sienta físicamente seguros. Por otro lado debe de procurarse un ambiente social que permita su desarrollo y estabilidad emocional, cuidando en lo posible su seguridad económica y estableciendo mecanismos para supervisar el estado de bienestar general.

Mediante la determinación de los factores que afectan el estado de bienestar del personal de la institución, se prevé la conciliación entre las condiciones de estructura y las emocionales para que el empleado realice sus actividades cotidianas con una mayor satisfacción, además de reducir los niveles de estrés generados durante la realización de las tareas que su trabajo le demanda.

También se pretende que la comunicación entre los departamentos y el personal de la institución mejore, agilizando la realización de cada procedimiento, porque las condiciones de satisfacción laboral, proveen de una mayor confianza entre todos los integrantes de la organización.

Las dimensiones que componen a la CLV en el trabajo pueden ser clasificadas en dos grandes grupos; aquellos que se refieren al entorno en el que se realizan las actividades de trabajo (Aspectos objetivos) y aquellas que tienen que ver con la experiencia psicológica de los trabajadores (Aspectos subjetivos) (Casas, Repullo, Lorenzo y Cañas, 2002).

Tabla 1. Dimensiones que componen a la CLV.

Aspectos objetivos	Aspectos subjetivos
▪ Medioambiente físico	▪ Esfera privada y mundo laboral
▪ Medioambiente tecnológico	▪ Individuo y actividad profesional
▪ Medioambiente contractual	▪ Organización y función directiva
▪ Medioambiente productivo	▪

Las dimensiones de calidad de vida laboral que se reportan en la literatura en estudios consultados tiene que ver con: Apoyo directivo, Motivación intrínseca, Seguridad y estabilidad y Carga de trabajo y calidad de vida percibida.

Metodología

El estudio se aplicó en una institución de educación superior en la Ciudad de Guaymas Sonora. Se aplicó el instrumento CVL-AQP a un total de 125 empleados de los cuales 75 pertenecen al personal Administrativo que representa un 60% de empleados que laboran dentro de esta institución, que va desde el personal de mantenimiento hasta dirección. Así mismo, hay una población de 50 empleados de tipo académico que representan el 40% de la muestra total.

El instrumento CVL-AQP se obtuvo mediante la combinación de los instrumentos CVL-35 y CVL-GOHISALO. Este instrumento cuenta con 4 dimensiones, estas dimensiones son: Apoyo directivo, Motivación intrínseca, Seguridad y estabilidad y Carga de trabajo, además de una pregunta general, que establecen los parámetros para determinar la percepción de la calidad de vida laboral del personal de la institución. Con una escala de Likert del 1 al 10. Se les entregó el cuestionario de manera electrónica de forma presencial a empleados de la institución.

Para el desarrollo del instrumento se realizó una investigación de tipo descriptiva, transversal, tomando como modelo la metodología que presenta Hernandez, Fernández y Baptista (2010), la cual originalmente consta de 10 etapas, sin embargo para efectos de esta investigación, las primeras tres se realizarán como una sola etapa inicial, donde se describirán los antecedentes y motivos de la investigación, además de lo anterior se descarta la fase tres de la metodología de

Hernández et.al. (2010) ya que esta ha sido descrita dentro de la fundamentación teórica. De esta forma, la metodología a utilizar constará de únicamente de tres pasos referentes al diseño y validación del instrumento para la medición de la percepción de calidad de vida laboral.

Fase 1. Visualización del alcance del instrumento. La idea de la investigación parte de la necesidad de la dirección de la organización por conocer la percepción de sus empleados sobre la calidad de vida laboral que se perciben dentro en la institución.

Fase 2. Definición de variables del instrumento. Las variables se seleccionan de estudios previos presentados en la literatura, y que han sido reportados como válidos para medir la calidad de vida laboral, tratando de cubrir las dimensiones que cubren el concepto de CVL que se adecúa a las condiciones de la población objetivo de acuerdo al equipo de investigación.

Fase 3. Desarrollar el diseño del instrumento de investigación. Se llevará a cabo la validación del instrumento a través de su aplicación durante el periodo de enero a mayo del 2014, al aplicarse a una muestra representativa de la población objetivo. Este estudio permitirá validar un instrumento para la medición de la percepción de calidad de vida laboral de manera específica al personal de la institución.

Para ello, se utilizará el paquete estadístico SPSS 17.0 para medir su confiabilidad a través del Alfa de Cronbach, y un análisis factorial comprobatorio a través del método de componentes principales.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los hallazgos al aplicar las fases de la metodología propuesta para lograr la validación del instrumento.

En la primera fase de la metodología de investigación se definió el universo sobre el cual se desarrollaría el estudio delimitando el alcance a la unidad de Guaymas del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), y durante el periodo de enero-mayo del 2014. Por lo tanto solo contemplará los datos que se puedan obtener del personal cuya contratación este vigente en este periodo.

En la segunda fase del proceso, la construcción del instrumento inicia con la integración del concepto de calidad de vida laboral operacionalizándolo de acuerdo a las propuestas encontradas en la literatura.

Debido a la complejidad y riqueza de dimensiones que traspasan el límite organizacional y laboral. Este concepto debe de ser considerado multidimensional debido a que abarca diversas condiciones relacionadas con el trabajo que son relevantes para la satisfacción, la motivación y el rendimiento laboral (Casas, Repullo, Lorenzo y Cañas, 2002).

Para nuestro caso se plantea una variable general denominada calidad de vida laboral como variable dependiente y cuatro variables independientes que de acuerdo a los autores seleccionados serían: El apoyo directivo, La carga de trabajo, la motivación intrínseca y la seguridad y estabilidad en el trabajo.

Estas cuatro variables se proponen a partir de su selección de instrumentos previamente aplicados en trabajos publicados y que se han consultado en la literatura. La aplicación de los instrumentos se realizó principalmente en estudios realizados en el sector médico y las variables mencionadas ya han sido validadas en ese contexto.

Para el diseño del instrumento de CVL, del cuestionario CVP-35 se toman las primeras tres dimensiones, Apoyo directivo, Carga de trabajo y Motivación intrínseca. La variable seguridad y estabilidad en el trabajo se toma del cuestionario CVP-Gohisalo.

Los reactivos serán evaluados con una escala de Likert con valores del uno al diez, con la finalidad de evitar respuestas indecisas. Dentro de la escala se considera como diez el aspecto más significativo de la escala y uno el aspecto menos significativo

En el Apéndice se presenta la estructura de las variables seleccionadas operacionalizadas de acuerdo a la literatura donde se han seleccionado también los ítems que conforman cada variable seleccionada.

En la última fase del proceso de desarrolla y se aplica el instrumento con la estructura propuesta. Se han incluido variables demográficas con el fin de considerarse para estudios posteriores. Los datos demográficos considerados relevantes para llevar a cabo el proceso de investigación son: Género, edad, antigüedad en el puesto, modalidad de empleo, número de hijos y estado civil

Para hacer un análisis comprobatorio de la validez del instrumento se utilizó el Alfa de Cronbach para medir la confiabilidad del instrumento y un análisis factorial comprobatorio a través del método de componentes principales, para comprobar la relación entre los ítems que conforman las 4 dimensiones propuestas, utilizando para ello el paquete para análisis estadístico de datos SPSS versión 15.0.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los resultados del análisis de fiabilidad para el instrumento, los datos se han separado usando como variable de agrupación la variable demográfica tipo de contratación que contempla los segmentos académico y administrativo, esto con el fin de detectar diferencias en la validación de acuerdo al tipo de función que cada uno de los segmentos realiza dentro de la institución.

Tabla 2. Resultados del análisis de fiabilidad de Cronbach. Elaboracion propia (2014).

Variable	No. de ítems	Alfa de Cronbach	
		Académico	Administrativo
Calidad de vida laboral	48	0.915	0.888
Apoyo directivo	12	0.868	0.864
Carga de trabajo	11	0.814	0.812
Motivación intrínseca	10	0.821	0.791
Seguridad y estabilidad en el trabajo	15	0.854	0.808

La confiabilidad de la variable dependiente, calidad de vida laboral se midió obteniendo el Alfa de Cronbach de 0.915 para el segmento de académicos y 0.888 para el segmento de administrativos, que de acuerdo a la literatura puede considerarse valores muy aceptables de confiabilidad.

Para las variables dependientes descritas como dimensiones, los valores presentados se encuentran entre 0.915 y 0.791 con una media de 0.843, todos ellos se encuentran por arriba de valor 0.7 considerado como aceptable para la confiabilidad el Alfa de Cronbach, por lo que se considera que el instrumento propuesto en general, es confiable.

Para comprobar la validez de constructo se sometieron los 46 reactivos a un análisis factorial ajustándose a los 4 factores propuestos por la literatura, encontrándose un KMO de 0.8 y una varianza total explicada del 47.22% para los cuatro factores propuestos, donde el primer factor denominado apoyo directivo quedaba compuesto de por 9 reactivos el segundo factor denominado demanda de trabajo por 9 reactivos, el tercer factor denominado motivación intrínseca por 8 reactivos y el último factor denominado estabilidad y seguridad en el trabajo por 6 reactivos, la diferencia entre los reactivos propuestos en la literatura y el validado a través del análisis factorial se resume en la siguiente tabla.

Tabla 3. Resultados del análisis de factorial a través del método de componentes principales. Elaboracion propia (2014).

Variable	No. De ítems Propuestos en el instrumento original	No. De ítems asociados a un factor de acuerdo al análisis factorial	
		Ítems	Varianza explicada
Calidad de vida laboral	48	32	47.22% (total)
Apoyo directivo	12	9	26.99 %
Carga de trabajo	11	9	9.59%
Motivación intrínseca	10	8	6.47%
Seguridad y estabilidad en el trabajo	15	5	4.17%

El análisis factorial a través del método de componentes principales para comprobar que los ítems pertenecen a las dimensiones que señala la literatura, muestra que de los 46 reactivos propuestos para medir 4 dimensiones, sólo se encontró una correspondencia en 32 de ellos.

Conclusiones

En el caso del instrumento aplicado y analizado se encontraron diferencias en la validez con el instrumento original, lo que lleva a pensar que, al aplicarse un instrumento validado en un contexto, a una población con características distintas, no necesariamente cumplirá con los requisitos de confiabilidad y validez de constructo

Sin embargo, en un estudio realizado con un grupo de enfermeras para medir las propiedades psicométricas del instrumento CVL-35, Tomás, Sánchez, Maynegre, Porcel, Isidro & Tor (2011), encontraron que los parámetros y dimensiones eran coincidentes con el instrumento originalmente aplicado en otra población, lo que les permitía avalar la validez factorial del instrumento y la adecuación de la estructura tridimensional que habían propuesto.

También fue utilizado el cuestionario CVL-35, para medir la calidad de vida en trabajadores asistenciales. En este trabajo, Contreras, Espinoza, Hernández y Acosta (2013), encontraron que la confiabilidad de cada factor del instrumento arroja un Alfa de Cronbach superiores a 0.8, lo que concuerda con los parámetros del estudio original y con los resultados encontrados en este estudio en particular. Ellos no realizan ninguna otra prueba de tipo análisis factorial comprobatorio, apoyándose en la validez factorial de los reportes de estudios anteriores.

Por otro lado, Ormeno-Vittoriano y Lizanz-Lizana (2007), realizaron un estudio para medir las calidades psicométricas del cuestionario de calidad de vida profesional (CVP-35) aplicado en trabajadores de atención primaria, reportan que la consistencia interna del cuestionario concuerda con los obtenidos en otros estudios, valores superiores a 0.8, mientras que

el análisis factorial, arroja una estructura de 4 factores lo que indica una diferencia de estructura factorial con respecto al instrumento original.

En el caso del instrumento aplicado y analizado en esta Universidad, algunos de los parámetros que se validaron, difieren en algunos aspectos de la validez reportada en los estudios anteriores. Estas diferencias se atribuyen según Segurado y Argulló (2002) a que las condiciones laborales varían de población a población, siendo condicionada por elementos como la subcontratación, la eventualidad del empleo y la incertidumbre en la permanencia.

Aunque los valores de confiabilidad Alfa de Cronbach para cada dimensión propuesta, arroja valores mayores a 0.79, lo que se considera muy aceptables, se propone hacer un análisis comprobatorio de la validez de constructo, para lograr tener mayor confianza en el instrumento aplicado y en consecuencia, en los resultados y conclusiones que de ahí pudieran derivarse.

Referencias

- Ardila, R. (2003). *Calidad de vida: una definicion integradora*. *Revista latinoamericana de psicologia* , 162-164. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/805/80535203.pdf>
- Blanch R. J. M., Espuny T. M.J., Gala D. C. & Martín A. M. (2003). *Teoría de las relaciones laborales*. Editorial UOC, Barcelona, España.
- Casas, J., Repullo, J. R., Lorenzo, S & Cañas J.J. (2002, julio-septiembre). *Dimensiones y medición de la calidad de vida laboral en profesionales*. *Revista de administración sanitaria*. VI (23) 143-160. Recuperado de <http://rrhh-esgc.wikispaces.com/file/view/Calidad+de+vida+laboral.pdf>
- Contreras, F., Espinoza J.C., Hernández, F. & Acosta, N. (2013). *Calidad de vida laboral y liderazgo en trabajadores asistenciales y administrativos en un centro oncológico de Bogotá (Colombia)*. *Psicología desde el Caribe*. Universidad del Norte. Vol. 30 (3): 569-590, 2013 Recuperado de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/psicologia/article/viewFile/5042/3499>
- Díaz, X., & López, D. (2000). *Estrategias empresariales flexibles del tiempo de trabajo*. Santiago: Documentos de trabajo CEM.
- Espinoza, M., Morris, P. (2002). *Calidad de vida en el trabajo, percepcion de los trabajadores*. Direccion del trabajo, departamento de estudios. Cuaderno de trabajo 16. Chile
- Guerrero P. J. C., Cañedo A. R., Rubio R. S. M., Cutiño R. M & Fernández D.D.J. (2006, julio-agosto). *Calidad de vida y trabajo. Algunas consideraciones sobre el ambiente laboral de la oficina*. *Acimed, Revista Cubana de los Profesionales de la Información y la*

Comunicación. Vol 14, No. 4. Recuperado de
http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14_4_06/acisu406.htm

Hernández S. R, Fernández C. C. & Baptista L. M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.

Ormeno-Vittoriano, P.A. & Lizanz-Lizana, J.(2007). *Propiedades psicométricas del cuestionario de calidad de vida profesional (CVP-35) en trabajadores de la atención primaria de la región del Maule*. Universidad de Talca (Chile). Facultad de Psicología. Recuperado de <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/6474>

Segurado T., Agulló T., (2002). *Calidad de vida laboral: hacia un enfoque integrador desde la Psicología Social*. Psicothema. Vol. 14, n° 4, pp. 828-836. Universidad de Oviedo. Recuperado de <http://www.psicothema.com/pdf/806.pdf>

Tomás S. J., Sánchez L. C., Maynegre S. M., Porcel N. V., Isidro A. R. & Tor Ll. A. (2011). *Estructura factorial de la Escala de Calidad de Vida Profesional (CVP-35) en enfermeras de Atención Primaria*. Psicología.com. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10401/4289>

Apéndices

Apéndice 1. Tabla de especificaciones de variables para las dimensiones de calidad de vida laboral.

Variable general	Definición	Variables	Indicadores
Calidad de vida profesional	Grado de satisfacción personal y profesional existente en el desempeño del puesto de trabajo y en el ambiente laboral, que viene dado por un determinado tipo de direcciones y gestión, condiciones de trabajo, compensaciones, atracción e interés por las actividades realizadas y nivel de logro y auto desarrollo individual y en el equipo.	Apoyo directivo	-Niveles de satisfacción. -Reconocimiento de superiores. -Expectativas de promoción. -Apoyo de la dirección. -Fomento de la iniciativa y creatividad. -Retroalimentación y participación. -Toma de decisiones y autonomía percibida por los funcionarios.
		Demanda de trabajo	-Nivel de la cantidad. -Calidad y responsabilidad por la carga de trabajo. -Prisas y agobios. -Conflictos con otros. -Tiempo y tranquilidad para su ejecución. -Niveles de estrés que produce.
		Motivación intrínseca	-Percepción de los miembros de la organización respecto a sus niveles de motivación y admiración por el trabajo que realizan. -Apoyo familiar. -Preparación. -Conocimientos y competencias para hacer bien las tareas.
		Estabilidad y seguridad en el trabajo	-Grado de satisfacción con respecto al sistema de salud adscrito de la institución. -La capacitación brindada. -El salario percibido. -Las oportunidades de desarrollo. -Los insumos brindados por la institución para el cumplimiento de las actividades laborales.
		Calidad de vida profesional global	-Nivel de calidad de calidad de vida general percibida por los miembros de la organización.

Capítulo XVI. Clima organizacional y satisfacción laboral en empleadas de Trabajo Social del IMSS-HRGNo.1

Claudia García Hernández, Eneida Ochoa Ávila, Santa Magdalena Mercado Ibarra, María Teresa Fernández Nistal y Nydia Karina Agüero Romero
Departamento de Psicología
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora, México. cgarcia@itson.edu.mx

Resumen

La percepción que tiene el trabajador de sus compañeros y la organización es la que determina el clima organizacional y favorece un medio ambiente, mientras que la actitud que el empleado tenga será la condición que le permita reaccionar de forma positiva o negativa para obtener una satisfacción laboral, sobre todo cuando se abordan problemas relacionados con la asistencia social. Para ello se realizó la investigación en un hospital de seguridad pública en Ciudad Obregón, Sonora; la muestra fue de 11 trabajadoras de turno matutino, cuyo objetivo fue analizar si el clima organizacional determina la satisfacción laboral en las empleadas de ese departamento. Para esto se aplicó un instrumento de escala Likert que consta de 47 ítems, midiendo las siguientes dimensiones: comunicación, liderazgo, motivación y satisfacción laboral. Los puntajes obtenidos de acuerdo a los resultados son los siguientes, en la dimensión de comunicación se obtuvo un 46.45% indicando un nivel alto, liderazgo se obtuvo un 41% indicando un nivel alto, motivación obtuvo un 38.63% esto indica que se encuentra dentro del promedio, satisfacción laboral obtuvo un 33.9% indicando que se encuentra dentro del promedio. En cuanto al nivel de clima organizacional, se obtuvo un promedio de 159.98 % esto indica que el departamento de trabajo social cuenta con un clima organizacional favorable; en la comunicación organizacional, el liderazgo que se ejerce es eficaz porque conocer exactamente qué hacer y cómo hay que realizarlo es esencial, permitiendo que las trabajadoras se sientan motivadas, mostrando un alto grado de satisfacción laboral en los diferentes factores.

Introducción

El clima organizacional (CO) es un elemento fundamental en las percepciones que el trabajador tiene de las estructuras y procesos que ocurren en un medio laboral, es la expresión personal de la "opinión" que los trabajadores y directivos se forman de la organización a la que pertenecen, ello incluye el sentimiento que el empleado se forma de su cercanía o distanciamiento con respecto a su jefe, a sus colaboradores y compañeros de trabajo. Mantener un Clima Organizacional favorable dentro de la empresa es algo necesario para la Administración de Recursos Humanos y es un tema que viene ganando cada vez más la atención

de los empresarios. Diagnosticarlo adecuadamente permite evitar problemas a corto y largo plazo (Chiavenato, 2009).

Un clima positivo propicia una mayor motivación y por ende una mejor productividad por parte de los trabajadores, por consiguiente la productividad lleva a la satisfacción laboral, en donde los las pruebas indican que los empleados satisfechos aumentan la satisfacción del cliente, siendo más corteses, animados y sensibles, otra ventaja importante de un Clima Organizacional adecuado es el aumento del compromiso y de la lealtad, (Robbins, y Judge, 2009).

Se realizó un análisis del clima laboral basado en la satisfacción laboral, a empleadas del Departamento de Trabajo Social del Hospital General Regional No.1 del IMSS, con el fin de conocer si el ambiente de trabajo de las empleadas del departamento de trabajo social determina la satisfacción en su trabajo. Esto nos permite evaluar las fuentes de conflicto, de estrés o de insatisfacción que contribuyen al desarrollo de actitudes negativas frente a la organización, por parte de las empleadas. Esta investigación logró beneficiar tanto a la Jefa de trabajo social a las empleadas como a los derechohabientes. Debido a que la primera, se podrá dar cuenta que situaciones de malestar se presentan en el departamento, como se sienten las empleadas respecto a su ambiente laboral, si están satisfechas, conformes al trato, motivaciones o recompensas, que se les brindan y también le proporcionó que aspectos son necesarios modificar y así poder abordar es problema y lograr que el departamento se fortalezca y logren realizar un mejor trabajo, así como a las empleadas ya que si el ambiente de trabajo es satisfactorio su trabajo lo realizarán con más motivación, otorgándole un servicio de calidad al derechohabiente. Se siguió el modelo del Mtro. Aniceto Elias Aguilar Polo, ya que su inventario mide comunicación, liderazgo, motivación y satisfacción laboral, que son las variables que se requieren medir para éste análisis, (Aguilar, 2011).

Planteamiento del problema

La cultura del trabajo en la organización condiciona el comportamiento de las personas dentro de las organizaciones, es ella quien determina el recurso “pertenencia, arraigo y pertenencia” del empleado, generando en el “eficacia, diferenciación, innovación y adaptación” (Ascary y Peña, 2011).

Cada empresa posee, su propia cultura, tradiciones, normas, lenguaje estilos de liderazgo, símbolos que generan climas de trabajos propios de ellas; es por ello que difícilmente las

organizaciones reflejaran culturas idénticas, estas últimas son “tan particulares como las huellas digitales”, (Ritter, 2008).

El clima organizacional no es otra cosa que el medio en el que se desarrolla el trabajo cotidiano. La calidad de este clima influye directamente en la satisfacción de los trabajadores y por lo tanto en la productividad, un mal clima destruye el ambiente de trabajo ocasionando situaciones de conflicto, malestar y generando un bajo rendimiento (Lauthans, 2008). Las trabajadoras sociales no logran realizar satisfactoriamente su rol de trabajo afectando directamente la calidad del servicio que pudiesen ofrecerle al derechohabiente, siendo esta una de las problemáticas que la jefa de Departamento percibía en sus empleadas. Por lo tanto, la problemática que se busca solucionar es: ¿el clima organizacional de la Institución determina la satisfacción laboral de las empleadas del departamento de trabajo social para ejercer su trabajo?

Objetivo

Describir si el clima organizacional determina la satisfacción laboral en empleadas del Departamento de Trabajo Social del Hospital General Regional No.1 del IMSS para realizar su trabajo y proporcionar una mejor atención al derechohabiente.

Fundamentación teórica

El *clima organizacional* para Mondy, R., Noe R., (2005), es la cualidad o propiedad del ambiente organizacional que percibe o experimentan los miembros de la organización, y que influye, directamente, en su comportamiento. El clima es el ambiente donde una persona desempeña su trabajo diariamente el trato que un jefe puede tener con sus subordinados, la relación de la empresa e incluso la relación con proveedores y clientes, todos estos elementos van conformando lo que se menciona como clima laboral/organizacional.

El clima no se ve ni se toca, pero tiene una exigencia real que afecta todo lo que sucede dentro de la institución, y a su vez, el clima se es afectado por casi todo lo que sucede dentro de ésta. Una organización tiende a atraer y conservar a las personas que se adaptan a su clima, de modo que sus patrones se perpetúen, mientras que las personas no logren adaptarse, no tienen una productividad alta, ya que no están ni conforme, ni se sienten a gusto y tienen a formar parte del proceso desvinculación organizacional.

Un clima organizacional estable, es una inversión a largo plazo. Los directivos de las organizaciones deben percatarse de que el ambiente forma parte del activo de la empresa y como tal deben valorarlo y prestarle la debida atención.

Expone Brunet (1999), citado por Mondy, R., Noe R., (2005), la teoría de clima organizacional de Likert, donde se establece que el comportamiento asumido por los empleados, depende directamente del comportamiento administrativo y de las condiciones organizacionales que estos perciben. Por lo tanto se afirma que la reacción estará determinada por la percepción. Likert establece tres tipos de variables que definen las características propias de una organización y que influyen en la percepción individual del clima.

La *Satisfacción laboral*, es la actitud general que tiene un empleado hacia su trabajo pero Locke proporciona una definición integral de la satisfacción laboral como una condición que influye reacciones o actitudes cognitivas, afectivas y evolutivas y establece que es un estado emocional agradable o positivo que surge de la evaluación del trabajo o la experiencia laboral de una persona. (Córdova, 2008). Existen varios factores que influyen en la satisfacción laboral. Sin embargo, las influencias principales se resumen justo con las dimensiones que a continuación se presentan, (Chiavenato, 2009):

El trabajo mismo. El contenido del trabajo mismo es una fuente importante de satisfacción. La retroalimentación del trabajo mismo y la autonomía son dos de los principales factores motivacionales relacionados con el trabajo, estas características laborales y la complejidad del empleo median la relación entre la personalidad y la satisfacción laboral, y si se satisfacen las necesidades creativas de los trabajos de los empleados, entonces estos tienden a sentirse satisfechos.

El pago. Se reconoce que los sueldos y salarios son un factor significativo, aunque cognitivamente complejo y multidimensional, de la satisfacción laboral. El dinero no solo ayuda a personas a satisfacer sus necesidades básicas, si no también es útil para satisfacer necesidades de nivel superior.

Las Promociones. Las oportunidades de promoción parecen tener un efecto variable en la satisfacción laboral. Esto se debe a que las promociones adquieren diversas formas y tienen muchas recompensas adicionales. Por ejemplo, los individuos que son promovidos con base de antigüedad experimentan con frecuencia satisfacción laboral, pero no tanta como los que son promovidos con base a su desempeño.

La Supervisión. Es otra parte importante de la satisfacción laboral. No obstante se puede decir que existen dos dimensiones de estilo de supervisión que influyen en la satisfacción laboral. Una se centra en los empleados y se mide según el grado con el que un supervisor adquiere un interés personal y se preocupa por el empleado. La otra dimensión es la participación o influencia, presentada por los administradores que permiten a sus empleados participar en decisiones que afectan sus propios empleados.

El Grupo de trabajo. La naturaleza del grupo de trabajo o equipo tienen un efecto en la satisfacción laboral. Los colegas o miembros de equipo, amistosos y cooperadores, son una fuente moderada de satisfacción laboral para empleados individuales. El grupo de trabajo, especialmente un equipo “unido”, sirve como una fuente de apoyo, bienestar y consejo para los miembros individuales.

Trabajo social. Es un profesional que integra el equipo de salud que participa en los procesos de la atención abordando factores sociales que se involucran en el proceso de salud enfermedad como parte de la atención integral que se otorga al individuo y familiares, en donde su función principal es la de identificar las carencias, necesidades, recursos y expectativas junto al derechohabiente, o sea, es el encargado de orientar a las personas para desarrollar las capacidades que les permitan resolver sus problemas sociales, individuales y colectivos promoviendo su adaptación y desarrollo, todo esto con el fin de allegarse de elementos que permitan el conocimiento de los problemas que aborda la asistencia social en la búsqueda de la solución a los problemas que aquejan a estos servicios en el área de salud (Reyes, 2008).

Es necesario entonces que para obtener un buen clima organizacional el trabajador se sienta satisfecho a través de un trabajo que le exija un esfuerzo mental donde pueda poner en práctica todas sus habilidades, donde reciba recompensas justas y donde las condiciones de trabajo son favorables que le permitan un adecuado ambiente de trabajo.

Metodología

Se utilizó en esta investigación una técnica estadística tipo inferencial.

Sujetos. Se aplicó el instrumento a un total de 11 empleadas del Departamento de Trabajo Social del Hospital, del turno matutino, siete de ellas son de planta y cuatro tienen el contrato de cubre vacantes, de edades entre 22 y 58 años, con una media de 26 años.

Instrumento. Para este estudio, se utilizó el Inventario psicológico de clima organizacional (IPCO) de Mtro. Aniceto Elías Aguilar Polo, el test está conformado por 47 ítems en escala Likert los cuales se encuentran redactados con cinco opciones de respuesta que van desde nunca, rara vez, algunas veces, con frecuencia y siempre; los reactivos se distribuyen en cuatro dimensiones comunicación, liderazgo, motivación y satisfacción laboral, el puntaje máximo es 237 puntos, se obtiene de la suma de subescalas multiplicada por cinco, el cual tiene como objetivo medir el nivel de actitudes comunicativas existentes en las organizaciones, la capacidad y la habilidad de liderazgo dentro de la administración, el grado de motivación que disponen los trabajadores y la satisfacción laboral como resultado de logros alcanzados.

El nivel de consistencia interna obtenida a través de índice de confiabilidad alfa de cronbach del instrumento por cada una de las dimensiones es la siguiente: comunicación .89, liderazgo .87, motivación .90 y por último satisfacción laboral .91.

Comunicación (C): mide el grado de convivencia y la práctica comunicativa interpersonal o grupal, su estructura formal e informal entre jefes y empleados, relacionados con los espacios de socialización efectiva dentro o fuera, el saber escuchar y las conductas de comunicación en una organización. Abarca 12 ítems de la prueba. El puntaje máximo alcanzable en la respuesta es de 48 puntos.

Liderazgo (L): mide el grado de percepción de un conjunto de características estables, la capacidad de influir en un grupo, el nivel de confianza y funcionalidad percibido entre el equipo en la toma de decisiones, iniciativas, gestiones y promocionar un estilo de la administración eficiente con carácter estratégico donde exista un equilibrio organizacional, Abarca 12 ítems. El puntaje máximo alcanzable en las respuestas es de 48 puntos.

Motivación (M): mide el conjunto de aspectos que el profesor valora o cuestiona y que se encuentran relacionados con la naturaleza, contenido del trabajo mismo, el ambiente físico y psicológico. Abarca 12 ítems de la prueba. El máximo puntaje alcanzado es de 48 puntos.

Satisfacción laboral (SL): mide el grado actitudes de satisfacción que valora el trabajador o cuestiona con la relación con sus superiores o compañeros, condiciones físicas en el trabajo, participación en las decisiones, satisfacción con su trabajo y reconocimiento. Abarca 11 ítems de la prueba. El máximo puntaje alcanzado es de 44 puntos.

Procedimiento. Entrevista con la Jefa del Departamento de trabajo social, a quien se le informó de la aplicación y del objetivo de la aplicación del instrumento, se estableció que la

aplicación del instrumento sería en cada Departamento de Trabajo Social de todo el hospital del Seguro Social, (los seis pisos, urgencias, planta baja, consulta externa, programación de cirugía y ADEC) todo esto del turno matutino.

Es segundo paso, fue el pasar con cada una de las trabajadoras sociales de cada departamento para la aplicación del IPCO, con una duración de 15 min. Con cada trabajadora social, se requirió de tres días para aplicarlo ya que algunas de ellas estaban de vacaciones o no las encontraba en su área.

Finalmente, el tercer paso fue realizar el vaciado de los datos recabados en Excel, promediar y describir los resultados obtenidos.

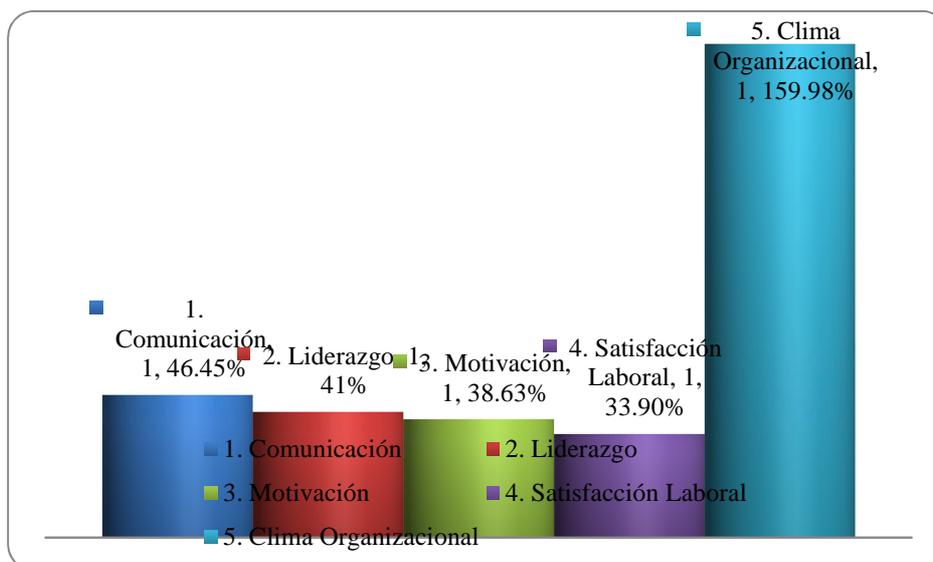
Resultados y discusión

En lo que respecta a la dimensión de comunicación, se obtuvo un promedio de 46.45 % lo que indica nivel alto, lo cual significa que dentro del departamento existe un alto grado de comunicación efectiva, que existen adecuadas relaciones interpersonal y la comunicación fluye adecuadamente entre jefes y subordinados.

En la dimensión de liderazgo, se obtuvo una puntuación alta de 41% , lo cual indica que el estilo de administración del área es eficiente, propiciando un equilibrio dentro del área de trabajo.

En relación a la dimensión de motivación, se encontró que los empleados sienten un alto grado de motivación con un promedio de 38.63 %.

En la dimensión de Satisfacción laboral, se obtuvo un promedio de 33.9 % lo que indica que los empleados se sienten agrado por desempeñar su labor, ya que se sienten tomados en cuenta, tienen buenas relaciones interpersonales con sus compañeros y participan en la toma de decisiones, sin embargo piensan que lo anterior puede mejorar.



Gráfica 1. Porcentajes obtenidos por dimensiones y promedio general del clima organizacional.

En cuanto al nivel de clima organizacional en general se obtuvo un puntaje de 159.98% indicando que el departamento de trabajo social cuenta con un clima organizacional favorable; en la comunicación organizacional, el liderazgo que se ejerce es agradable en su plenitud, las trabajadoras del departamento se sienten motivadas; intrínseca y extrínsecamente, mostrando un alto grado de satisfacción laboral por los diferentes factores alcanzados.

Discusión

Mediante la implementación del instrumento se pudo comprobar que a las trabajadoras no les afecta mucho el ambiente de trabajo, ya que a pesar de las limitaciones que cuentan en su ambiente físico, ellas logran enfocarse y sacar adelante su productividad y logrando atender satisfactoriamente a los derechohabiente, ya sea en la calidad del servicio y en el trato que se les da, esto tal vez es debido a que los seres humanos están obligados continuamente a adaptarse a una gran variedad de situaciones para satisfacer sus necesidades. La imposibilidad de satisfacer estas necesidades superior, causa problemas de adaptación, puesto que la satisfacción depende de otras personas especialmente de aquellas que tienen autoridad.

El clima organizacional, es otro factor importante que afecta de una forma determinante la manera en que se relacionan las trabajadoras, ya que ésta permite el grado de adaptación de sus miembros al ambiente que se ha creado por los mismos, para formar parte del grupo de trabajo. Las Instituciones deben considerar a sus trabajadores como parte esencial de la misma

que permita que el trabajador desee seguir formando parte de la misma y esto además de reducir los costos de capacitación, reducirá el estrés que esto ocasiona en los compañeros e incrementará la motivación por el trabajo, pero principalmente los directivos o la alta gerencia son los que primero deberás estar consientes de trabajar en pos de un ambiente armónico promoviendo un clima organizacional adecuado.

Conclusiones

La mayoría de las trabajadoras consideran que se desempeñan en un ambiente de trabajo adecuado a sus necesidades, en el cual pueden desarrollar y desempeñar sus actividades de la mejor manera. Las empleadas opinan que la mayor motivación que pueden tener es que los derechohabientes reconozcan su trabajo y las feliciten por el servicio realizado.

Sin embargo, existen ciertos aspectos o factores que afectan el clima organizacional de la institución que son necesarios reforzar y adecuar para que pueda así propiciarse un ambiente laboral mucho mejor y llegue a mantenerse. Por lo tanto se consideran áreas fuertes del departamento de trabajo social: comunicación y liderazgo. Mientras que se consideran áreas de oportunidad: motivación y satisfacción laboral.

Se consideran éstas áreas, porque se encuentran dentro del promedio, lo que significa que si estas áreas de oportunidad mejoraran, aumentaría el reconocimiento que por los demás y por tal motivo esto llevaría al departamento de trabajo social a obtener un clima organizacional adecuado y satisfactorio con un ambiente armónico, lo cual favorecería el desempeño de las labores y la manera en que estas se realizan, logrando así convertirse en un departamento más productivo. En tanto al objetivo planteado respecto a si el clima organizacional determina la satisfacción laboral en empleadas del Departamento de Trabajo Social del Hospital General Regional No.1 del IMSS para realizar su trabajo y proporcionar una mejor atención al derechohabiente, si lo determina porque el clima organizacional está ligado a la satisfacción laboral a través de la motivación que tengan las trabajadoras sociales al realizar la tarea y esto a corto plazo proporciona que se le dé una mejor atención al derechohabiente, por eso la importancia de realizar estrategias que permitan que se mantengan motivadas.

Con base de los resultados y la información del presente estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Mantener el alto grado de clima organizacional de las empleadas, una estrategia puede ser que el departamento aplique una evaluación al menos cada año, para que la institución y principalmente la jefa del departamento de trabajo social se mantenga informada sobre el ambiente laboral para que pueda fortalecer y mantener la estabilidad de los trabajadores, el sentido de pertenencia, satisfacción laboral y relaciones interpersonales entre compañeras.
- Por parte de las trabajadoras, se requiere que la jefa del departamento siempre las mantenga informadas de los cambios que se ejecutan en el departamento, para que consideren que son tomadas en cuenta.

Referencias

- Aguilar, A. (2011). *Instrumento para evaluar el programa de inteligencia emocional (PIE)*. Pucallpa: Perú.
- Ascary, A., Peña, A. (2011). *El psicólogo en la cultura del trabajo*. Rol transformacional. México: Trillas.
- Chiavenato, I. (2009). *Comportamiento Organizacional*. La dinámica de éxito en las organizaciones. (2ª ed.). México: Mc Graw Hill.
- Córdova, C. (2008). *Diagnóstico del clima organizacional para la mejora del desempeño y satisfacción laboral en un centro de salud*. Tesis de Maestría en Desarrollo y Gestión Organizacional. Instituto tecnológico de Sonora, México.
- Luthans, F. (2008). *Comportamiento organizacional*. México: Mc Graw Hill
- Mondy R., Noe R. (2005). *Administración de recursos humanos*. (9ª ed.). México: Pearson/Prentice Hall
- Reyes, H. (2008). *Participación del trabajador social en el servicio de medicina externa dentro del H.G.Z.M.F. No. 8 del IMSS de Cd. Sahagún, Hidalgo* (Monografía. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Campus Cd. Sahagún). Recuperada de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/1667/1/Participaci%C3%B3n%20del%20trabajador%20social%20en%20el%20servicio%20de%20medicina%20externa%20dentro%20del%20H.G.Z.M.F.%20no.%208%20del%20IMSS%20de%20Cd.%20Sahag%C3%BAn,%20Hidalgo.pdf>
- Ritter, M. (2008). *Cultura organizacional*. Argentina: Editorial DIRCOM.
- Robbins, S., Judge, T. (2009). *Comportamiento organizacional*. (13 ed). México: Pearson/Prentice Hall.

Capítulo XVII. Índice de masa corporal y nivel de actividad física en escolares cajemenses

Iván de Jesús Toledo Domínguez, Arturo Osorio Gutiérrez, Araceli Serna Gutiérrez, Pedro Julián Flores Moreno y Fernando Lozoya Villegas
Departamento de Sociocultural
Instituto Tecnológico de Sonora
Ciudad Obregón, Sonora. ivan.toledo@itson.edu.mx

Resumen

El alto índice de sobrepeso y obesidad en escolares, es un problema que se le atribuye al sedentarismo y a una deficiente alimentación, ya que un desequilibrio en lo que se consume y en el gasto energético, se puede generar una alta prevalencia de sobrepeso y obesidad, por lo anterior se investigó la relación entre el nivel de actividad física y la prevalencia de sobrepeso. El objetivo fue determinar la relación entre el nivel de actividad física y el índice de masa corporal, para la verificación si, el sedentarismo es causa de obesidad en 214 niños de 8 a 13 años ambos sexos de cuatro escuelas primarias de Cajeme, Sonora. Se realizaron mediciones antropométricas (Peso y talla) para obtener el IMC, se clasificaron los niveles de sobrepeso y obesidad según la CDC y se aplicó el cuestionario "Four one-day physical activity questionnaire" modificado. Se obtuvo como resultados que la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños y niñas fue de 18.1% por 17.2% no encontrándose diferencia significativa en ambos grupos. En relación al nivel de actividad física en los "Activos" se encontró la menor prevalencia sobrepeso y obesidad combinada con 30%, en "muy inactivos" la prevalencia combinada fue de 58%, los "inactivos" obtuvieron una prevalencia de obesidad del 25% y en moderadamente activos 16%. Se concluye que la prevalencia de sobrepeso y obesidad, es la misma en ambos sexos y que los niños sedentarios tienen el doble de probabilidades de alcanzar sobrepeso u obesidad comparados con los niños físicamente activos.

Introducción

Cuando se pierde el equilibrio entre la ingesta y el gasto calórico, consumiendo más calorías de las utilizadas, se tenderá a acumular grasa corporal; si el desequilibrio es constante se llegará consecuentemente al sobrepeso y después a la obesidad. Una de las estrategias de prevención, además de mantener buenos hábitos alimenticios, es la práctica del ejercicio físico. Se ha comprobado que la actividad física vigorosa disminuye el riesgo de sobrepeso y obesidad (Caballero et al., 2007). En cuanto a los niños en edad escolar, la OMS (2011) recomienda realizar actividad física de manera regular con propósitos preventivos. En este mismo sentido algunos autores han encontrado una relación inversa entre la intensidad, el tiempo y la frecuencia de la actividad física con el porcentaje de grasa corporal (Berral et al., 2001; Mota et al., 2002). Sin embargo, a pesar de que parece estar muy clara la relevancia de la actividad física, en algunos

estudios realizados en escolares se ha concluido que no hay una asociación significativa entre el nivel de actividad física y el sobrepeso y la obesidad (Bustamante et al., 2007; Mollinedo et al., 2012). Estos resultados se deben interpretar cautelosamente con el propósito de no restarle importancia a la influencia positiva de la actividad física. En México los niños en edad escolar cada vez son más obesos (Hernández, Laird & Colditz, 2000); esta tendencia, provocada por el incremento del sedentarismo, así como por malos hábitos de alimentación, lo cual puede dificultar que se aprecie el aspecto positivo de la actividad física, dejando claro únicamente los aspectos negativos de su ausencia. Sonora es el estado de la República Mexicana que presenta una prevalencia de obesidad de 17.85%, por arriba de la media nacional que es 14.6%, en niños de 5 a 11 años según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012). De manera que es evidente la urgencia de generar estrategias para combatir el problema. Ante esta situación, es importante conocer la influencia del nivel de actividad física frente al sobrepeso y la obesidad. Es por eso que el objetivo del presente estudio fué determinar la relación entre el nivel de actividad física y el índice de masa corporal, para la verificación si, el sedentarismo es una causa de obesidad en 214 niños de 8 a 13 años ambos sexos de cuatro escuelas primarias de Cajeme, Sonora. Los resultados permitirán sustentar la importancia de la actividad física en la prevención del sobrepeso y la obesidad, así como justificar la inclusión de programas de intervención en los que se promueva la actividad física dentro de las escuelas primarias de la ciudad de Cajeme. Además se proporcionará información que permitirá tomar decisiones más acertadas en el diseño de los programas en cuanto al nivel de activación física necesario que se debe alcanzar para obtener los mejores resultados.

Fundamentación teórica

La obesidad se define según la Organización Mundial de la Salud (OMS), como una acumulación anormal o excesiva de grasa en el organismo que puede ser perjudicial para la salud, Garcia (2004) menciona que es una enfermedad crónica multifactorial compleja influida por factores genéticos, fisiológicos, metabólicos, celulares, moleculares, sociales y culturales, y que se caracteriza por el aumento del tejido adiposo. La norma oficial Mexicana para el tratamiento integral de la obesidad (2010) la define como es una enfermedad crónica caracterizada por el almacenamiento en exceso de tejido adiposo en el organismo, acompañada de alteraciones metabólicas, que predisponen a la presentación de trastornos que deterioran el estado de salud.

Una forma de medir el sobrepeso y la obesidad es a través del Índice de Masa Corporal (IMC) que es un indicador, que como tal combina más de una medición antropométrica: $IMC = \text{Peso kg} / \text{Estatura m}^2$ (Quetelet, 1932). En los niños a diferencia que en adultos, el IMC cambia con la edad y de acuerdo al sexo, y por ello se interpreta de otra forma. Por esta razón en el presente estudio se tomaron como referencia las tablas de la CDC (2000).

Colomer (2004) menciona que la inactividad física está relacionada con la escasa actividad física y el sedentarismo, lo cual es estimado por el número de horas consumidas en actividades lúdicas sedentarias, como: ver televisión, estar en el ordenador, utilizar videojuegos, etc. lo cual está significativamente asociado al sobrepeso y a la obesidad, lo anterior relacionándolo directamente entre la cantidad de horas consumidas en ver televisión y la ingesta energética y grasa.

El sobrepeso y la obesidad están relacionados con muchos factores que llevan a padecerla, pero la causa fundamental en los niños es el desequilibrio entre la ingesta calórica y el gasto energético. El aumento mundial de obesidad en niños escolares se debe al cambio de alimentación a nivel mundial, el sedentarismo, el medio ambiente, la urbanización y los sistemas electrónicos (OMS, 2011).

Metodología

Se realizó un estudio de tipo descriptivo en cuatro escuelas primarias del municipio de Cajeme ambos turnos a un total de 215 alumnos, de los cuales 113 eran hombres y 102 mujeres de cuarto a sexto grado, con una edad entre los 8 y 12 años.

Índice de masa corporal

Antropometría. Se midió peso y talla siguiendo el protocolo de la Sociedad Internacional para el Desarrollo de la Cineantropometría (ISAK), Publicado por Marfell, Olds, Stewart & Carter (2006). Para ello se utilizó una báscula Seca 813 y un estadiómetro portátil seca 213, respectivamente. Con estos datos se calculó el índice de masa corporal (IMC) como peso/talla al cuadrado (kg/m^2) de cada niño así como la prevalencia de sobrepeso y obesidad según la referencia de la CDC (2000) esto por medio del programa Nutstat de la base de datos y estadístico EPI-INFO (versión 2002).

Nivel de actividad física

Se utilizó el Cuestionario de Actividad Física "Four one-day physical activity questionnaire" diseñado especialmente para evaluar la actividad física de los escolares, validado por Cale (1993) ($r= 0,79$; $p < 0,01$), modificado y adaptado ($r= 0,89$; $p < 0,01$) al contexto de los escolares mexicanos (Ceballos, 2005).

El cuestionario, mide la actividad física total, tanto dentro como fuera de la escuela, permite tener una idea más global de la actividad física de los alumnos; registra tanto el gasto total de energía como los periodos de actividad física apropiada, la cual se asocia con los periodos de tiempo en que se realiza una actividad fuerte o con sobrealiento.

Determina los niveles de actividad física recogiendo información del día anterior, ya que es el periodo de tiempo mejor recordado. Contiene una lista de actividades dividida en distintos periodos cronológicos del día (mañana, tarde y noche), para facilitar el recuerdo. De esta forma, los alumnos registran el tipo y duración de las actividades. El sistema de recogida de datos es mediante el apoyo de un entrevistador.

Se clasifican las actividades en cinco categorías de acuerdo a su intensidad, asignando a cada categoría un valor medio en METs citando a Ainsworth (1993).

Tabla 1. Categorías.

Dormir	1 Met
Actividades muy ligeras (AML)	1.5 Mets
Actividades ligeras (AL)	2.5 Mets
Actividades moderadas	4 Mets
Actividades fuertes	6 Mets
Actividades muy fuertes	10 Mets

Al hacer los cálculos del coste de energía diario en kcal/kg/día, se multiplica el tiempo empleado de una categoría de actividad por el valor en MET para esa categoría. Recordamos que un MET equivale a 1 kcal/kg/hora; por ejemplo realizar una actividad ligera (ver la televisión) por dos horas $2 \times 1,5 = 3$ kcal/kg/hora.

Los niveles de actividad física de los escolares fueron clasificados en 4 categorías, según el gasto energético medio, siguiendo la clasificación de Cale (1993), y posteriormente utilizados por Ceballos (2009).

Tabla 2. Niveles de actividad física.

Niveles de Actividad Física		
1	Activos	40 o más Kcal/kg/día
2	Moderadamente activos	Entre 37 y 39,99 Kcal/kg/día
3	Inactivos	Entre 33 y 36,99 Kcal/kg/día
4	Muy inactivos	Menos de 33 Kcal/kg/día

Finalmente, la utilización de este cuestionario permite conocer el gasto energético medio diario en kcal/kg/día según la distribución de las actividades realizadas, agrupadas en categorías de intensidad. Así como, su clasificación en niveles de actividad física.

Resultados y discusión

En la tabla 3 se muestran las características generales de los niños evaluados. En ninguna de las variables se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas. Estos resultados concuerdan con los de Lucena et al. (2006) quien ha planteado que hasta los 12 años de edad, los niños y las niñas presentan los mismos valores en la talla y en el peso; a partir de esta edad las niñas comienzan a aumentar su estatura en mayor medida que los niños; esta diferencia es atribuida a los cambios biológicos ocurridos al inicio de la pubertad, lo que sucede primero en las mujeres (Armstrong, 2007; Mota et al., 2002). En el caso del presente estudio no hubo ningún niño con una edad cronológica mayor a 12 años. Esta similitud entre peso y talla en los niños y las niñas del estudio evidentemente también se ve reflejada en el Índice de Masa Corporal. Al analizar la prevalencia de sobrepeso y obesidad, clasificando a los niños y a las niñas de acuerdo a la referencia de la CDC (2000), se pueden observar ligeras diferencias; los niños presentan una prevalencia de sobrepeso mayor (21.2% vs 14.7% niños y niñas, respectivamente), mientras que la prevalencia de obesidad es más alta en las niñas (15.9% vs 18.6%, niños y niñas, respectivamente). La prevalencia de sobrepeso y obesidad combinada para ambos sexos (35.3%) es aún más alta que lo publicado en la encuesta de salud y nutrición en el 2006, tanto a nivel nacional (26%) como estatal (31%). Incluso es más alta que la reportada por Castro et al. (2011) para niños de Cajeme, Sonora, en edad de 6 a 11 años (28.3%). Esto concuerda con lo que se ha venido advirtiendo en cuanto a que la prevalencia de sobrepeso y obesidad sigue en aumento en la población infantil (Andersen et al., 1998; Berral et al., 2001; Olivares et al., 2007).

Tabla 3. Características generales de niños y niñas.

	Niños (n=113)	Niñas (n=102)
	Promedio \pm D.S.	Promedio D.S.
Edad (años)	10.15 \pm 1.06	10.15 \pm 1.03
Peso (kg)	38.43 \pm 10.53	39.08 \pm 10.34
Talla (cm)	140.93 \pm 9.00	141.15 \pm 7.64
IMC (kg/m ²)	19.15 \pm 4.05	19.41 \pm 3.94

Tabla 4. Prevalencia de Sobrepeso y obesidad, según la CDC.

	Niños		Niñas		Total	
	Sobrepeso	Obesidad	Sobrepeso	Obesidad	Sobrepeso	Obesidad
Prevalencia (%)	21.2	15.9	14.7	18.6	18.1	17.2

Estas alarmantes cifras de sobrepeso y obesidad en la población infantil conducen al análisis de los factores que se asocian al problema; es claro que el desequilibrio entre la ingesta y el consumo calórico es lo que lleva al aumento de grasa corporal, es por eso que se considera que un alto nivel de actividad física puede funcionar como un agente protector (Caballero et al., 2007; Bustamante et al., 2007). En el presente estudio se analizó el nivel de actividad física de los niños y niñas, y se encontró que el porcentaje ubicado en cada uno de los niveles de actividad física es muy similar entre hombres y mujeres (ver figura 1). Diversos investigadores concuerdan en que niños y niñas en edad escolar presentan el mismo nivel de actividad física; esta similitud se la atribuyen al gusto inherente por las actividades lúdicas y recreativas que presentan ambos en estas edades (Trudeau & Shephard, 2005; De Hoyo & Sañudo, 2007). En relación a lo anterior, se puede observar que la tendencia hacia la práctica de la actividad física de los escolares cajemenses parece ser buena, y se encuentra dentro de lo esperado para su edad; el 77.7% de los escolares son físicamente activos (78.4% y 77.0%; hombres y mujeres, respectivamente).

Estudios realizados en México y en otros países indican que conforme se va avanzando en edad los niños se van haciendo cada vez más sedentarios, pero en edad escolar muestran niveles altos de actividad física (Flores et al., 2008; Caballero et al., 2007). Aunque en el presente estudio son pocos los niños sedentarios comparados con los físicamente activos, lo deseable es que todos tengan una práctica frecuente de actividad física, y apropiada en cantidad.

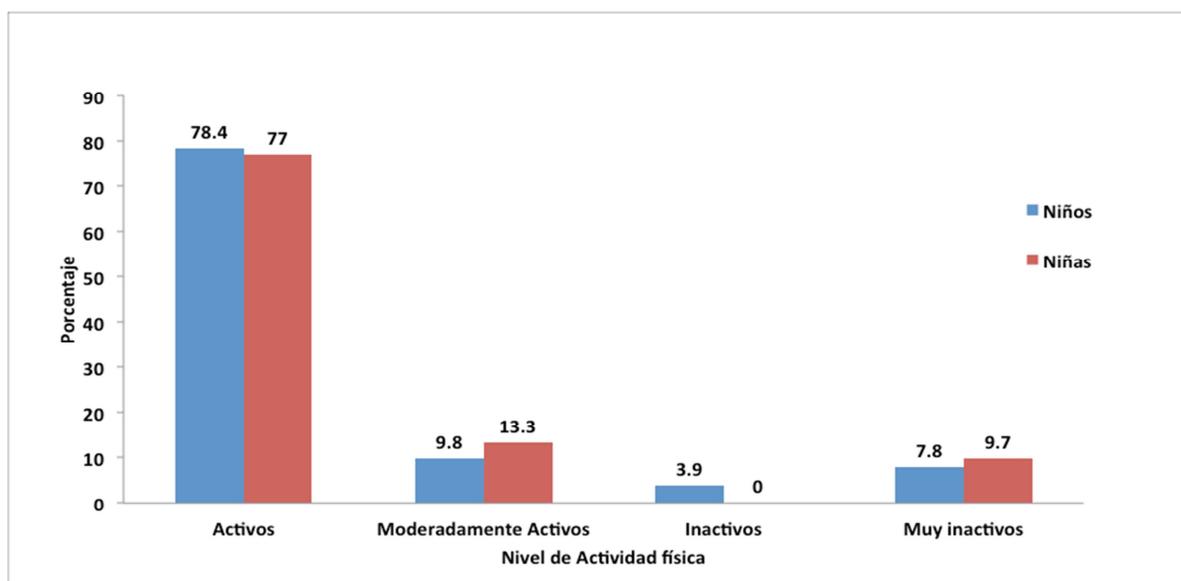


Figura 1. Porcentaje de niños y Niñas ubicados en cada Nivel de Actividad Física.

Al no encontrar diferencias en la prevalencia de sobrepeso y obesidad ni en el nivel de actividad física entre niños y niñas se decidió analizar la relación de estas variables en la totalidad de los escolares (ver figura 2). En el nivel “Activos” fué en donde se encontró la menor prevalencia sobrepeso y obesidad combinada (30%), sin embargo es importante mencionar que este valor es alto, y que aún con una aparente práctica de actividad física alta, una gran cantidad de niños presentan problemas de sobrepeso y obesidad. Por otro lado en el nivel “muy inactivos” la prevalencia combinada fué de 58 por ciento. Sin duda es un dato excesivamente alto; más de la mitad de los niños “muy inactivos” son obesos o tienen sobrepeso, y prácticamente la prevalencia es el doble que la de los niños “activos”. Con estos resultados se hace evidente el efecto protector de la actividad física que han demostrado varios investigadores (Caballero et al., 2007; Bustamante et al., 2007).

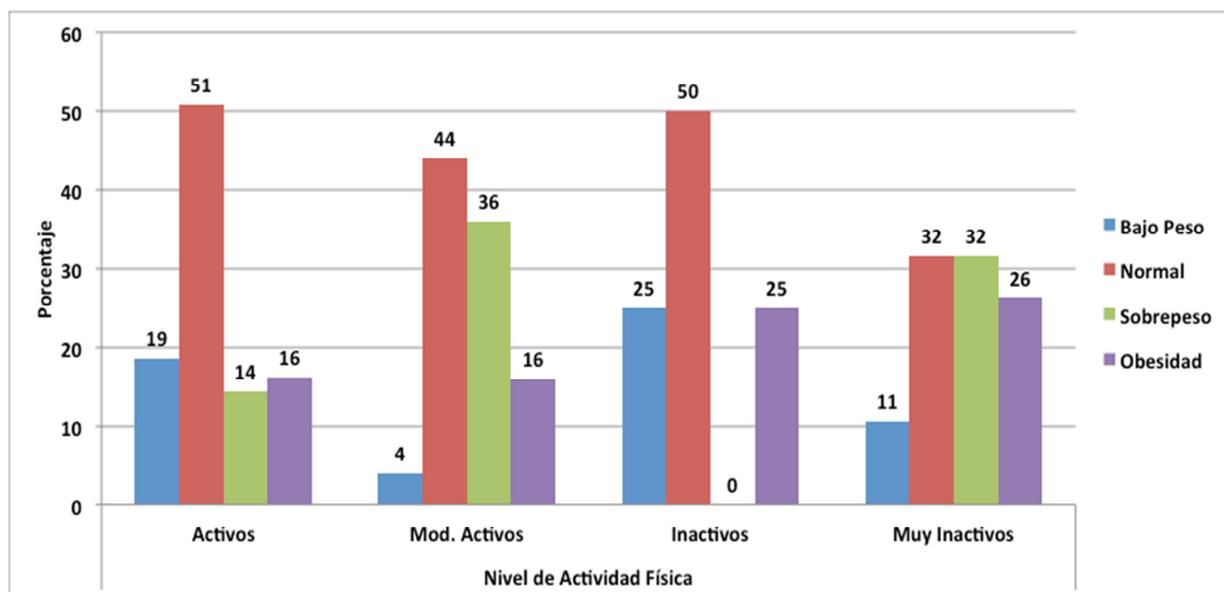


Figura 2. Relación entre el nivel de Actividad Física y la Prevalencia de Obesidad.

De acuerdo a los datos encontrados en el presente estudio, los niños sedentarios tienen el doble de probabilidades de alcanzar sobrepeso u obesidad comparados con los niños físicamente activos. Por otra parte, llaman la atención los resultados encontrados en los niveles de “moderadamente activos” e “inactivos”; ningún niño que se clasificó como “inactivo” presentó sobrepeso, aunque se encontró una prevalencia de obesidad de 25%, la cual es alta comparada con la de niños activos y moderadamente activos (16% en ambos). Por otra parte, los escolares clasificados como “moderadamente activos” presentaron la mayor prevalencia de sobrepeso, comparados con los “activos” se aprecia una amplia diferencia (14% vs 36%, activos y moderadamente activos, respectivamente). De acuerdo a estos resultados la pequeña brecha entre los niveles “activo” y “moderadamente activo” tiene repercusiones grandes en cuanto al riesgo de padecer sobrepeso; cuando los escolares tiene un gasto calórico menor a 40 Kcal/kg/día (rango mínimo para clasificarlos como activos según Ceballos, 2009) son 2.5 veces más propensos a presentar sobrepeso. La OMS (2011) propone que para que la actividad física tenga un alto efecto en la prevención del sobrepeso y obesidad en niños, estos deben de realizar una actividad en la que se promueva un gasto energético de por lo menos 3 METS, acumulando un mínimo de 60 minutos diarios. En este sentido, de acuerdo a los resultados encontrados en el presente estudio, con el propósito de disminuir la probabilidad de adquirir sobrepeso u obesidad es recomendable

que los escolares de Cajeme realicen actividades físicas que eleven su gasto energético a por lo menos 40 Kcal/kg/día.

Conclusiones

La prevalencia de sobrepeso y obesidad, es la misma entre los niños y las niñas de las escuelas primarias de Cajeme, Sonora. Esta prevalencia de 35.3 por ciento es más alta que lo publicado en la encuesta de salud y nutrición en el 2006, para niños sonorenses, y también es mayor lo encontrado por Castro en el 2011 en niños de Cajeme.

El nivel de actividad física de los niños y niñas es muy similar en cada una de sus clasificaciones. El 77.7% de los niños evaluados se ubican como físicamente activos, y es en ellos donde se encuentra la menor prevalencia sobrepeso y obesidad combinada, mientras que en los más sedentarios la prevalencia de sobrepeso y obesidad es dos veces más alta; los niños sedentarios tienen el doble de probabilidades de alcanzar sobrepeso u obesidad comparados con los niños físicamente activos.

Con el propósito de disminuir la probabilidad de adquirir sobrepeso u obesidad es recomendable que los escolares de Cajeme realicen actividades físicas que eleven su gasto energético a por lo menos 40 Kcal/kg/día.

Referencias

- Andersen R., Crespo C., Bartlett S., Cheskin L. & Pratt M. (1998). *Relationship of physical activity and television watching with body weight and level of fatness among children*. American Medical Association, 279 N 12, 938-943.
- Armstrong, N. (2007). *Pediatric Exercise Physiology* (1th ed.). Phyladelphia: Elsevier.
- Berral F., Gomez J., Viana B., Birral C. & Carpintero C. (2001). *Estudio de la composición corporal en escolares de 10 a 14 años*. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 3 numero 1, 20-33. BVS.
- Bustamante A., Seabra A., Garganta R. & Maia J. (2007). *Efectos de la actividad física y del nivel socioeconómico en el sobrepeso y obesidad de escolares*. Recuperado de: <http://www.rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/2605>.
- Caballero C., Hernández B., Moreno H., Hernández C., Campero L., Cruz A. & Lazcano E. (2007). *Obesidad, actividad e inactividad física en adolescentes de Morelos, México: un estudio longitudinal*. Scielo.

- Cale L. (1993). *Monitoring physical activity in children*. Tesis doctoral. Loughborough University of Tecnology.
- Castro L., Carballo C., Herrera J.C. & Reynoso M.P. (2011). *Comparación del Índice de Masa Corporal en Escolares Hijos de Madre Asalariada y las Dedicadas Exclusivamente al Hogar*. 18va Reunión de Investigación en Salud.166-172.
- CDC (2000). Desarrollado por el Centro Nacional de Estadísticas de Salud en colaboración con el Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de Salud. Recuperado de: <http://www.cdc.gov/growthcharts/data/spanishpdf95/co06l021.pdf>
- Ceballos, O., Álvarez, J., Torres, A. & Zaragoza Z. (2009). *Actividad física y calidad de vida en jóvenes, adultos y 3ra edad*. Ed. Trillas.
- Ceballos, O., Serrano, E., Sánchez, E. & Zaragoza, J. (2005). *Gasto energético en escolares adolescentes de la ciudad de Monterrey, N. L., México*". RESPYN. 6(3)1-8.
- Colomer, J. (2004). *Prevención de la obesidad infantil*. Recuperado de: http://www.aepap.org/previnfad/pdfs/previnfad_obesidad.pdf
- De Hoyo M. y Sañudo B. (2007). *Motivos y hábitos de práctica de actividad física en escolares de 12 a 16 años en una población rural de Sevilla*. Recuperado de: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista26/Artmotivos49.pdf>.
- Garcia, E. (2004). *¿Qué es la obesidad?*. Revista de endocrinología y nutrición. Vol.12(4) Suple 3;88-90.
- Flores S., Klünder M., Medina P. (2008). *La escuela primaria como ámbito de oportunidad para prevenir el sobrepeso y la obesidad en los niños*. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-11462008000600018&script=sci_arttext.
- Hernández B. Gortmaker S. Laird N. Colditz G. (2000). *Validez y reproducibilidad de un cuestionario de actividad e inactividad física para escolares de la ciudad de México*. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10642408>.
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012). *Resultados por entidad federativa, Sonora. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública 2013*. Recuperado de :encuestas.insp.mx
- Lucena E., De Araújo M., Cunha R., Brito J., Gomes V., Silva P. & Fernandes J. (2007). *Sexual maturation: Analyses of the anthropometric and somatotypic measures in school children*. Recuperado de: <http://www.fnpjournal.org.br/resumo.php?id=64&lang=en>.
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A. and Carter, L., *International standards for anthropometric assessment* (2006). ISAK: Potchefstroom, South Africa.

- Mollinedo, E., Aguilar, E., Trejo, P., Espino, R. (2012). “*Relación entre el índice de masa corporal con el nivel de actividad física en preescolares*”. Revista cubana de enfermería. Vol28.No2.Habana, Cuba. Scielo. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03192012000200009&script=sci_arttext
- Mota J., Guerra S., Leandro C., Pinto A., Ribeiro J. & Duarte JA. (2002). *Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness*. American journal of human biology, 14, 707-712. PubMed.
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-55^a3-2010, para el tratamiento integral del sobrepeso y la obesidad. Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcn/leyva_l_cd/apendiceH.pdf
- Olivares S., Bustos N., Lera L. & Zelada M. (2007). *Estado nutricional, consumo de alimentos y actividad física en escolares mujeres de diferente nivel socioeconómico de Santiago de Chile*. Revista Médica de Chile, 135, 71-78. scielo.cl.
- Organización Mundial de la Salud (2011). *10 Datos sobre la obesidad*. Recuperado de: (<http://www.who.int/features/factfiles/obesity/es/>).
- Sociedad Internacional para el Avance de la Kiantropometría (2001). *Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica*. 133 pp
- Trudeau F. & Shephard, R. (2005). *Contribution of school programmes to physical activity*. sports Med, 35-2, 89-105. Pubmed.

“La Universidad hace Ciencia” se terminó de editar en junio de 2014 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



ITSON
Educar para
Trascender