

INVESTIGACIÓN y CIENCIA

DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CIENCIAS AGROPECUARIAS, CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, CIENCIAS DE LA SALUD,
INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS, Y CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES



Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración

Rasgos del docente en las normas jurídicas de Aguascalientes, 1821-1910

Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México

Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza

La influencia de la gestión del conocimiento en el nivel de competitividad de la Pyme manufacturera de Aguascalientes

Biodiesel, un combustible renovable

Familias de pacientes con parálisis cerebral severa: sus indicadores de calidad de vida

Incursión del programa de intervención breve para adolescentes en el E-learning: resultados del piloteo



EDICIÓN CUATRIMESTRAL, AÑO 20 MAYO-AGOSTO DE 2012
55
ISSN: 1665-4412


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DIRECCIÓN GENERAL
DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Departamento de Apoyo
a la Investigación

DIRECTORIO

M. en Admón. Mario Andrade Cervantes
Rector

Dr. en C. Francisco Javier Avelar González
Secretario General

Dr. en C. Fernando Jaramillo Juárez
Director General de Investigación y Posgrado

M. en C. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias

M. en C. José de Jesús Ruiz Gallegos
Decano del Centro de Ciencias Básicas

Dr. Raúl Franco Díaz de León
Decano del Centro de Ciencias de la Salud

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León
Decano del Centro de Ciencias del Diseño y de la
Construcción

Dra. Ma. del Carmen Martínez Serna
Decana del Centro de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Daniel Eudave Muñoz
Decano del Centro de Ciencias Sociales y Humanidades

M. en C. Jorge Heliodoro García Navarro
Decano del Centro de las Artes y la Cultura

CONSEJO EDITOR DE LA REVISTA

- Dr. Francisco Cervantes Pérez
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)
CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Y COORDINACIÓN DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
- Dr. Alfredo Feria Velasco
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
- Dr. Luis Miguel García Segura
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC),
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Frank Marcano Requena
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
- Dr. Javier de Felipe Oroquieta
INSTITUTO CAJAL
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC),
MADRID, ESPAÑA
- Dr. Philippe Poujeol
UNIVERSIDAD DE NIZA-SOPHIA, ANTIPOLIS FRANCESA
LABORATORIO DE FISIOLÓGIA CELULAR Y MOLECULAR
- Dr. José Luis Reyes Sánchez
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN)
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEPTO. DE FISIOLÓGIA, BIOFÍSICA Y NEUROCIENCIAS

COMITÉ EDITORIAL

- Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
- Dr. Juan Carlos A. Jáuregui Correa
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
- Dra. Edith R. Jiménez Huerta
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS
- Dra. María J. Rodríguez-Shadow
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA
DIRECCIÓN DE ETNOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA SOCIAL
- Dra. Mineko Shibayama
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
DEPARTAMENTO DE INFECCIONISMO Y PATOGENESIS MOLECULAR

MTRA. ROSA DEL CARMEN ZAPATA
EDITOR

LIC. SANDRA MARGARITA RUIZ GUERRA
ASISTENTE

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES, año 20, núm. 55, mayo-agosto 2012, es una publicación arbitrada, científica y multidisciplinaria, editada cuatrimestralmente y distribuida por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags., Tel./Fax. 449 9 10 74 42, www.uaa.mx/investigacion, revistaiyc@correo.uaa.mx. Editor responsable: Rosa del Carmen Zapata. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2002-042412342500-102, ISSN: 1665-4412. Número de Certificado de Licitud de Título: 12284, Número de Certificado de Licitud de Contenido: 8497, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Permiso SEPOMEX No. PP01-0003. Diseñada e impresa por los Talleres Gráficos del Departamento de Procesos Gráficos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad No. 940, Ciudad Universitaria, C.P. 20131, Aguascalientes, Ags. Este número se terminó de imprimir el 31 de agosto de 2012 con un tiraje de 1,000 ejemplares. Precio por ejemplar \$ 60.00 (pesos). Costo de la suscripción anual \$160.00 (pesos).

Los artículos firmados son responsabilidad de su autor y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos que se especifique lo contrario.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

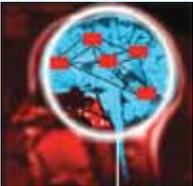
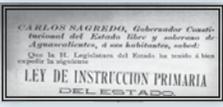
La revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* está citada en los siguientes índices:

- **DIALNET** (Hemeroteca de artículos científicos hispanos en internet) <http://dialnet.uniroja.es>
- **DOAJ** (*Directory of Open Access Journals*) <http://www.doaj.org>
- **HELA** (Catálogo de Hemeroteca Latinoamericana) <http://www.dgb.unam.mx/hela.html>
- **Índice Internacional de Revistas Actualidad Iberoamericana**, ISSN 0717-3636. Centro de Información Tecnológica-CII, La Serrana, Chile. <http://www.citchile.cl>
- **LATINDEX** (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal) <http://www.latindex.org>
- **PERIÓDICA** (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias) <http://www.dgb.unam.mx/periodica.html>
- **REDALYC** (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal) <http://www.redalyc.org>

FOTOGRAFÍAS DE PORTADA:

- Gecko que muestra su pata tomada a diferentes ampliaciones para observar los pelos que le permiten adherirse a todo tipo de superficies • Reflexión de la luz por las alas de una mariposa.

CONTENIDO

INVESTIGACIÓN	Págs.
<p>CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (<i>Opuntia</i> spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración Elia Nora Aquino Bolaños Yazmín Chavarría Moctezuma José Luis Chávez Servia Rosa Isela Guzmán Gerónimo Eryck R. Silva Hernández Iñigo Verdalet Guzmán 	<p>3-10</p> 
<p>INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México Juan Abel Nájera Luna Gleen Hamilton Adame Villanueva Jorge Méndez González Benedicto Vargas Larreta Francisco Cruz Cobos Francisco Javier Hernández Cristóbal Gerardo Aguirre Calderón 	<p>11-23</p> 
<p>CIENCIAS ECONÓMICAS, SOCIALES Y HUMANIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> La influencia de la gestión del conocimiento en el nivel de competitividad de la Pyme manufacturera de Aguascalientes Gonzalo Maldonado Guzmán María del Carmen Martínez Serna Ricardo García Ramírez 	<p>24-32</p> 
<ul style="list-style-type: none"> Familias de pacientes con parálisis cerebral severa: sus indicadores de calidad de vida Carolina Mora Huerta 	<p>33-41</p> 
<ul style="list-style-type: none"> Incursión del programa de intervención breve para adolescentes en el E-learning: resultados del piloteo Eunice Vargas Contreras Kalina Isela Martínez Martínez Francisco Javier Pedroza Cabrera Silvia Morales Chainé 	<p>42-47</p> 
<ul style="list-style-type: none"> Rasgos del docente en las normas jurídicas de Aguascalientes, 1821-1910 José Bonifacio Barba Casillas 	<p>48-55</p> 
<p>ARTÍCULOS DE REVISIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza Enrique Rocha Rangel José Amparo Rodríguez García Enrique Martínez Peña Juan López Hernández 	<p>56-61</p> 
<ul style="list-style-type: none"> Biodiesel, un combustible renovable Iliana Ernestina Medina Ramírez Norma Angélica Chávez Vela Juan Jáuregui Rincón 	<p>62-70</p> 

Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración¹

Physicochemical characterization of seven red-purple prickly pear fruit varieties (*Opuntia* spp.) and pigment stability of two varieties with the highest concentration

Elia Nora Aquino Bolaños,² Yazmín Chavarría Moctezuma,³ José Luis Chávez Servia,⁴
Rosa Isela Guzmán Gerónimo,⁵ Eryck R. Silva Hernández,⁶ Iñigo Verdalet Guzmán⁷

Aquino Bolaños, E. N.; Chavarría Moctezuma, Y.; Chávez Servia, J. L.; Guzmán Gerónimo, R. I.; Silva Hernández, E. R.; Verdalet Guzmán, I., Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 3-10, 2012.

RESUMEN

Se evaluaron las características físico-químicas de frutos de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) que se producen en México, y la estabilidad del pigmento (betalaínas) de dos de ellas fue monitoreado durante 91 días bajo almacenamiento en tres niveles de pH y dos temperaturas. El intervalo de los valores fue registrado para las variables: contenido de agua (81.34-85.29 g 100 g⁻¹ de peso fresco (PF)), cenizas (0.48-0.57 g 100 g⁻¹ PF), proteína (0.20-0.39 g 100 g⁻¹ PF), grasa (0.13-0.83 g 100 g⁻¹ PF), fibra cruda (0.33-0.72 g 100 g⁻¹ PF), sólidos solubles totales (9.67-14.12 °Brix), acidez ti-

tulable (0.020-0.074 g 100 g⁻¹ PF) y pH (3.32-5.81). La concentración del pigmento tuvo una amplia variación entre las variedades: Pintadera tuvo la mayor concentración (86.69 mg betanina 100 g⁻¹ PF), seguida de Tapón Aguanoso (58.12 mg betanina 100 g⁻¹ PF). Bajo todas las condiciones de almacenamiento, el extracto de Tapón Aguanoso (tiempo de vida media = 321 a 533 días) tuvo mayor estabilidad que el extracto de Pintadera.

ABSTRACT

Physico-chemical characteristics were evaluated from the fruit of seven prickly pear (*Opuntia* spp.) varieties grown in Mexico and the pigment stability from two of them was monitored for 91 days under storage at three pH levels and two temperatures. Value ranges were recorded from the water content variables (81.34-85.29 g 100 g⁻¹ fresh weigh (FW)), ash (0.48-0.57 g 100 g⁻¹ FW), protein (0.20-0.39 g 100 g⁻¹ FW), fat (0.13-0.83 g 100 g⁻¹ FW), crude fiber (0.33-0.72 g 100 g⁻¹ FW), total soluble solids (9.67-14.12 °Brix), citric acid (0.020-0.074 g 100 g⁻¹ FW) and pH (3.32-5.81). Pigment concentration varied widely between varieties, with Pintadera having the highest (86.69 mg betanina 100 g⁻¹ FW), followed by Tapón Aguanoso (58.12 mg betanina 100 g⁻¹ FW). Tapón Aguanoso had higher pigment stability under all storage conditions (half-life time = 320.9 to 533.0 days) than Pintadera.

Palabras clave: variedades de tuna producidas en México, *Opuntia* spp., caracterización físico-química, frutos de tuna, estabilidad de betalaínas, pigmentos naturales.

Keywords: prickly pear varieties grown in Mexico, *Opuntia* spp., physicochemical characterization, prickly pear fruit, betalains stability, natural pigments.

Recibido: 5 de Marzo de 2012, aceptado: 8 de Junio de 2012

- ¹ Un agradecimiento al Dr. Clemente Gallegos (CRUCEN-UACH), quien amablemente donó los frutos utilizados en este estudio.
- ² Posgrado en Ciencias Alimentarias, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, eliaquino@uv.mx.
- ³ Posgrado en Ciencias Alimentarias, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, minneapolis@yahoo.com.mx.
- ⁴ Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, jchavezservia1@yahoo.com.
- ⁵ Posgrado en Ciencias Alimentarias, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, rogzman@uv.mx.
- ⁶ Posgrado en Ciencias Alimentarias, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, esilva@uv.mx.
- ⁷ Posgrado en Ciencias Alimentarias, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, iverdalet@uv.mx.

INTRODUCCIÓN

Se denomina tuna al fruto del género *Opuntia* (familia Cactaceae) y se le conoce también con los nombres de *cactus pear*, *prickly pear* y *fico d'india*. El fruto es ovoide con un pericarpio grueso, la pulpa es jugosa y dulce, y contiene numerosas semillas (Fernández y Almela, 2001). Presenta altos niveles de ácido ascórbico, fibra y algunos aminoácidos (prolina, glutamina y taurina), así como también calcio y magnesio (Piga, 2004). Debido a su alto contenido de fibra y polifenoles, la tuna es considerada como un alimento funcional y se ha reportado que su consumo reduce el azúcar en la sangre y los niveles de colesterol (Stintzing *et al.*, 2001).

La tuna se puede encontrar en una amplia gama de colores, que puede variar desde el blanco, amarillo, naranja, rojo y púrpura. La coloración del fruto está determinada por la presencia de pigmentos entre los cuales se encuentran las betalainas (Stintzing *et al.*, 2005). Las betalainas son pigmentos solubles en agua e incluyen a las betacianinas de color rojo-violeta y las betaxantinas de color amarillo; por lo tanto, el color del fruto depende de la concentración y el tipo de betalainas que se encuentren presentes. Estos compuestos presentan altos coeficientes de extinción molar con un poder de tinción comparable al de los colorantes sintéticos (Strack *et al.*, 2003).

Actualmente, las betalainas utilizadas para colorear alimentos procesados son extraídas únicamente del betabel (*Beta vulgaris* L.); sin embargo, esta raíz presenta algunos problemas tecnológicos y sensoriales (Piga, 2004), por lo que los frutos de tuna con sabor y olor agradables, y que además han mostrado mejores propiedades nutricionales (Stintzing *et al.*, 2001; Castellano Santiago y Yahia, 2008) que el betabel, podrían llegar a ser una fuente importante de estos compuestos. El tiempo de vida media es el tiempo que le toma al pigmento en alcanzar la mitad de su concentración inicial, mientras mayor sea este valor el pigmento es más estable. Para los extractos de frutos de tuna *Opuntia stricta* almacenados a 4 °C se han reportando tiempos de vida media de 236.6 y 392 días (Castellar *et al.*, 2003, 2006).

México es el país con la mayor producción de tuna en el mundo, tiene la mayor área cultivada y la más grande diversidad de colores del fruto. No obstante, existe poca información que determine su uso potencial como colorante natural

en productos alimenticios. Los objetivos del presente estudio son determinar las características físico-químicas de los frutos de siete variedades de tuna color rojo-púrpura (*Opuntia* spp.) que se producen en México, establecer la concentración de betalainas y, en las dos variedades con mayor concentración, evaluar la estabilidad del pigmento bajo condiciones de refrigeración y congelación y tres niveles de pH. Las hipótesis que se plantearon fueron:

- Los frutos de tuna color rojo-púrpura presentan diferencias en sus parámetros físico-químicos y contenido de pigmento que está en función de la variedad.
- La estabilidad del pigmento de tuna durante el almacenamiento depende de varios factores, como la temperatura y el pH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Durante dos años consecutivos con resultados muy similares, fueron estudiadas siete variedades de tuna color rojo-púrpura. Los frutos de las variedades Rubí Reyna y Camuezo (*Opuntia megacantha*), Tapón Aguanoso (*Opuntia robusta*), Moradilla 1, Moradilla 2 y Apastillada (*Opuntia* spp.) (figura 1) fueron obtenidos del Centro Regional Universitario del Centro Norte de la Universidad Autónoma de Chapingo (CRUCEN-UACH), ubicado en El Orito, Zacatecas, México; y los frutos de la variedad Pintadera (*Opuntia* spp.) se colectaron en San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México. Todos los frutos fueron cosechados manualmente y se seleccionaron aquéllos con el color completamente desarrollado o en estado de madurez 8 de acuerdo a la escala reportada por Pelayo Zaldívar *et al.* (2010).

Caracterización física

Se seleccionaron 20 frutos de cada variedad, cada fruto fue separado en cáscara, pulpa y semilla, cada fracción se pesó y se expresó como porcentaje del peso fresco (PF) del fruto. El color de la pulpa fue registrado para cada fruto a través de los parámetros L^* , a^* y b^* usando un espectrofotómetro Minolta 508d (Konica Minolta, Japón) con iluminante D65 y ángulo de observador de 10°, donde L^* describe la luminosidad ($L^*=0$ para negro, $L^*=100$ para blanco), a^* describe la intensidad de color rojo ($a^*>0$) o verde ($a^*<0$) y b^* describe la intensidad de color amarillo ($b^*>0$) o azul ($b^*<0$) (Minolta Corporation Manual, 1994).

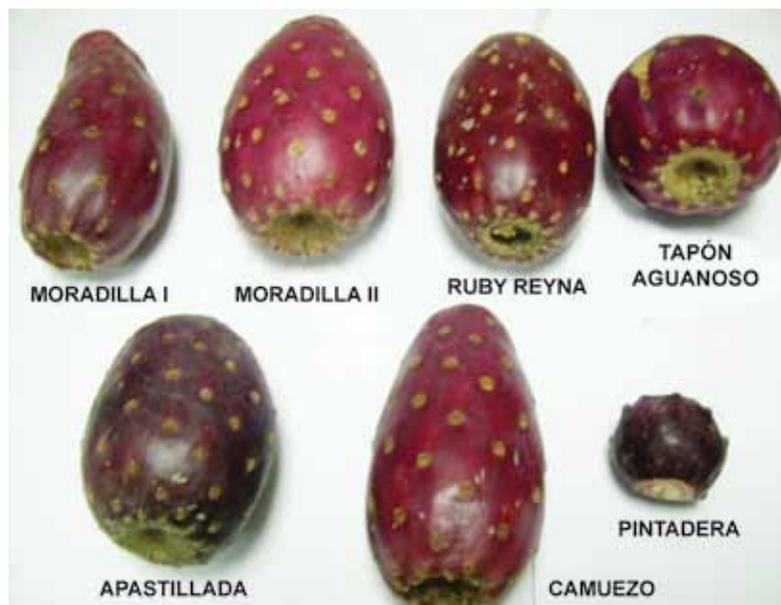


Figura 1. Variedades de tuna usadas en la investigación.

Caracterización fisicoquímica

Métodos de la AOAC (1990) fueron utilizados para cuantificar la humedad, cenizas, proteína ($N \times 6.25$), contenido de grasa y fibra cruda, que se expresaron con base en el peso fresco. Los sólidos solubles totales en el jugo de la pulpa fueron medidos con un refractómetro digital (escala de 0-32%) (ATAGO, Japón) y expresados como °Brix. Para medir el pH, 2.0 g de pulpa fueron homogenizados con 20 mL de agua recién hervida; la mezcla fue filtrada y la medición fue tomada directamente con un equipo Thermo Orion (420 A, USA), el cual fue previamente calibrado con amortiguadores pH 7 y 4. La acidez titulable fue cuantificada homogenizando 10 g de pulpa con 90 mL de agua destilada. La muestra se filtró y se ajustó a pH 8.2 con la adición de NaOH 0.01 N. La acidez fue reportada como g ácido cítrico 100 g⁻¹ de pulpa.

Extracción y análisis del pigmento

La extracción del pigmento se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Castellar *et al.* (2006). La pulpa fue homogenizada con agua en una relación 1:5 (g de pulpa: mL solvente) por 30 s mientras que el tejido vegetal residual fue removido por centrifugación a 15 000 x g por 10 min. (Hermle Z383K, Alemania). El sobrenadante fue concentrado 5-veces en un Rotavapor® (BÜCHI R-200, Suiza) bajo vacío a una temperatura inferior a 40 °C. La concentración del pigmento fue

expresada como betanina (mg 100 g⁻¹ PF) y calculada usando el peso molecular $PM = 550 \text{ g mol}^{-1}$ y el coeficiente de extinción para la betanina a 535 nm [$\epsilon = 60\,000 \text{ L (mol cm)}^{-1}$] (Castellanos-Santiago y Yahia, 2008).

Estabilidad del pigmento durante el almacenamiento

Esta variable se evaluó solamente en las dos variedades con mayor concentración de betalainas. Para ajustar el pH del extracto a 4.0, 5.0 o 6.0 se utilizaron soluciones de hidróxido de sodio (0.5 M) o ácido clorhídrico (0.25 M). Después de ajustar el pH, los extractos fueron colocados en frascos color ámbar y almacenados en diferentes lotes a temperatura de refrigeración (5 °C) o congelación (-20 °C). Cada siete días durante un periodo de 91 días se midió la concentración del pigmento en los extractos. La estabilidad del pigmento durante el almacenamiento fue expresada en términos de tiempo de vida media ($t_{1/2}$) (tiempo en el que la concentración de betanina en el extracto es la mitad de la concentración inicial); fue calculada asumiendo una cinética de primer orden y usando un análisis de regresión de \ln (% retención de pigmento) vs. tiempo de almacenamiento (Castellar *et al.*, 2003).

Análisis estadístico

Para la caracterización física, los datos fueron reportados como el promedio \pm desviación estándar de 20 frutos; mientras que para evaluar

los parámetros físico-químicos y la concentración del pigmento se utilizaron tres lotes de 10 frutos. Para el análisis de estabilidad del pigmento, el extracto se obtuvo de 10 frutos y se realizaron tres determinaciones a cada extracto. La significación de las diferencias se analizaron con la prueba de Tukey a un nivel de $p < 0.05$. Los análisis fueron realizados con el paquete Statistica ver. 8.0 (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA).

RESULTADOS

Caracterización física

El peso de los frutos estuvo en el intervalo de 20.15 g (Pintadera) y 160.37 g (Moradilla 1) (tabla 1). Pintadera mostró el más bajo porcentaje de pulpa (28.79%) y el más alto porcentaje de cáscara (67.40%). Tapón Aguanoso tuvo el más alto porcentaje de semillas (6.04%) y no hubo diferencia significativa entre el resto de las variedades.

Respecto al color del fruto, la luminosidad, medida a través del parámetro L^* , estuvo en el intervalo de 21.64 y 35.16 (tabla 1), mientras el color rojo medido con el parámetro a^* fue mayor en las variedades Moradilla 1 (22.39) y Moradilla 2 (20.95). Los valores para el parámetro b^* fueron dispersos, observando valores negativos (color azul) en Rubí Reyna, Camuezo y Moradilla 1; y valores positivos (color amarillo) en Pintadera, Tapón Aguanoso, Apastillada y Moradilla 2.

Caracterización fisicoquímica

El contenido de humedad en la pulpa –la porción comestible del fruto– fue de 81.34 a 85.29 g

100 g⁻¹ PF en las variedades estudiadas (tabla 2) y el contenido de cenizas fue de 0.53 g 100 g⁻¹ PF, no presentó diferencia entre las variedades. El contenido de proteína estuvo entre 0.20 y 0.39 g 100 g⁻¹ PF, mientras que extracto etéreo fue de 0.13 a 0.83 g 100 g⁻¹ PF. Pintadera tuvo el más alto contenido de fibra cruda (0.72 g 100 g⁻¹ PF) y Rubí Reyna el valor más bajo (0.33 g 100 g⁻¹ PF). De las siete variedades estudiadas, Tapón Aguanoso tuvo el valor más alto de sólidos solubles totales (14.12 °Brix). Pintadera mostró la mayor acidez titulable (0.074 g ácido cítrico 100 g⁻¹ PF) y no hubo diferencia entre el resto de las variedades. Pintadera presentó el menor valor de pH (3.32) y las otras variedades mostraron valores entre 5.40 y 5.81.

Concentración del pigmento y estabilidad

La concentración de betalainas presentó alta variabilidad y alcanzó entre 13.55 y 86.69 mg 100 g⁻¹ PF (tabla 3). Pintadera tuvo la más alta concentración (86.69 mg 100 g⁻¹ PF), seguida de Tapón Aguanoso (58.12 mg 100 g⁻¹ PF), mientras que Rubí Reyna y Moradilla 2 no presentaron diferencia significativa entre sí ($p > 0.05$) (13.55 y 14.45 mg 100 g⁻¹ PF, respectivamente).

Las dos variedades con mayor concentración de pigmento, seleccionadas para evaluar su estabilidad bajo diferentes condiciones, fueron Pintadera y Tapón Aguanoso. El tiempo de vida media del pigmento fue mayor para Tapón Aguanoso ($t_{1/2} = 320 - 533$ d) que para Pintadera (128.3 - 358.6 d) bajo las dos condiciones de temperatura y los tres niveles de pH (tabla 4).

Tabla 1. Principales componentes y parámetros de color en frutos de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.)

Componente o parámetro de color	Pintadera	Tapón Aguanoso	Rubí Reyna	Camuezo	Apastillada	Moradilla 1	Moradilla 2
Peso del fruto (g)	20.15 ± 0.13 ^f	136.23±0.33 ^d	151.39±0.06 ^b	131.10±0.91 ^e	144.97 ± 0.35 ^c	160.37 ± 0.21 ^a	145.58 ± 0.34 ^c
Pulpa (%)	28.79 ± 0.42 ^g	47.68 ± 0.31 ^d	62.94 ± 0.95 ^a	42.72 ± 0.08 ^f	53.40 ± 0.83 ^b	49.57 ± 0.33 ^c	45.96 ± 0.74 ^e
Cáscara (%)	67.40 ± 0.21 ^a	46.28 ± 0.47 ^d	34.95 ± 0.83 ^f	54.60 ± 0.32 ^b	42.73 ± 0.78 ^e	47.35 ± 0.11 ^d	50.25 ± 0.42 ^c
Semillas(%)	3.81±0.11 ^b	6.04 ± 0.28 ^a	2.12 ± 0.25 ^b	2.68 ± 0.33 ^b	3.87 ± 0.61 ^b	3.09 ± 0.40 ^b	3.79 ± 0.31 ^b
L^*	27.98± 0.94 ^b	21.64±0.86 ^d	35.15±0.58 ^a	34.85±1.04 ^a	24.52±1.49 ^c	28.68±0.34 ^b	27.18±0.34 ^b
a^*	7.14 ± 0.44 ^{cd}	8.36±4.39 ^c	1.50±0.15 ^e	3.43±0.95 ^{de}	16.75±1.77 ^b	22.39±4.71 ^a	20.95±1.91 ^{ba}
b^*	0.73 ± 0.54 ^b	1.09±1.17 ^b	-1.83±0.13 ^c	-1.58±0.19 ^c	3.92±0.75 ^a	-1.38±0.75 ^c	0.35±1.12 ^b

^{a,b} Medias en el mismo renglón con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos en la pulpa de frutos de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.)

Parámetro	Pintadera	Tapón aguanoso	Rubí Reyna	Camuezo	Apastillada	Moradilla 1	Moradilla 2
Cenizas (g 100 g ⁻¹)	0.52±0.03 ^a	0.49±0.43 ^a	0.55±0.65 ^a	0.51±0.07 ^a	0.57±0.31 ^a	0.48±0.54 ^a	0.56±0.0 ^a
Proteína (g 100 g ⁻¹)	0.27±0.03 ^b	0.20±0.06 ^d	0.39±0.55 ^a	0.22±0.30 ^c	0.27±0.09 ^b	0.20±0.08 ^d	0.20±0.11 ^{cd}
Grasa (g 100 g ⁻¹)	0.13±0.69 ^d	0.49±0.08 ^{bc}	0.54±0.35 ^{bc}	0.83±0.42 ^a	0.45±0.72 ^c	0.56±0.32 ^b	0.53±0.21 ^{bc}
Fibra cruda (g 100 g ⁻¹)	0.72±0.43 ^a	0.60±0.49 ^b	0.33±0.71 ^e	0.43±0.45 ^d	0.62±0.54 ^b	0.43±0.27 ^d	0.53±0.03 ^c
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.67 ± 0.24 ^e	14.12± 0.05 ^a	11.51 ± 0.06 ^c	11.97 ± 0.01 ^b	11.52 ± 0.04 ^c	9.98 ± 0.09 ^d	10.03± 0.03 ^d
Humedad (g 100 g ⁻¹)	84.86±0.02 ^a	84.74±0.32 ^a	81.34±0.76 ^b	83.98±0.09 ^a	85.29±0.34 ^a	82.05±0.65 ^b	81.77±0.23 ^b
Acidez titulable (g ácido cítrico 100 g ⁻¹)	0.074 ± 0.01 ^a	0.020 ± 0.02 ^b	0.032 ± 0.01 ^b	0.021±0.15 ^b	0.030 ± 0.06 ^b	0.032 ± 0.03 ^b	0.032±0.01 ^b
pH	3.32 ± 0.02 ^f	5.40 ± 0.01 ^e	5.43 ± 0.07 ^e	5.75 ± 0.01 ^b	5.81 ± 0.01 ^a	5.49 ± 0.01 ^d	5.57 ± 0.02 ^c

^{a,b} Medias en el mismo renglón con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 3. Concentración del pigmento en la pulpa de siete variedades de frutos de tuna (*Opuntia* spp.)

Variedad	mg betanina 100 g ⁻¹ PF
Pintadera	86.69 ± 0.49 ^a
Tapón Aguanoso	58.12 ± 0.81 ^b
Apastillada	27.02 ± 0.44 ^c
Camuezo	24.24 ± 0.79 ^d
Moradilla 1	19.97 ± 0.94 ^e
Moradilla 2	14.46 ± 0.18 ^f
Rubí Reyna	13.55 ± 0.47 ^f

^{a,b} Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).
PF: Peso fresco.

Bajo temperatura de congelación (-20 °C) Pintadera mostró mayor estabilidad a pH 5 y Tapón Aguanoso a pH 4 y 5; sin embargo, bajo refrigeración (5 °C) los extractos de Pintadera tuvieron mayor estabilidad a pH 4, mientras que Tapón Aguanoso tuvo la mayor estabilidad a pH 5.

DISCUSIÓN

Caracterización física

Los componentes de los frutos variaron ampliamente entre las variedades estudiadas. Sawaya *et al.* (1983), Barbera *et al.* (1994) e Inglese *et al.* (1995) indicaron que las variaciones pueden ser

Tabla 4. Tiempo de vida media (t_{1/2}, días) del pigmento de los extractos de la pulpa de frutos de tuna de las variedades Pintadera y Tapón Aguanoso con tres niveles de pH y almacenados en temperaturas de refrigeración y congelación

Temperatura	pH	Pintadera	Tapón Aguanoso
Refrigeración (5 °C)	4	358.6 ^{A, a}	372.2 ^{A, b}
	5	203.8 ^{B, c}	495.0 ^{A, a}
	6	260.0 ^{B, b}	320.9 ^{A, c}
Congelación (-20 °C)	4	219.0 ^{B, b}	511.3 ^{A, a}
	5	320.0 ^{B, a}	533.0 ^{A, a}
	6	128.30 ^{B, c}	379.8 ^{A, b}

^{A,B} Medias en el mismo renglón con diferente letra mayúscula son significativamente diferentes ($p < 0.05$); ^{a,b} Medias en la misma columna dentro de la misma temperatura de almacenamiento y con diferente letra minúscula son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

atribuidas a la variedad, las prácticas culturales, periodo de luz, clima de la región y estación de cosecha, entre otros factores.

Rubí Reyna presentó el mayor porcentaje de pulpa y el menor porcentaje de piel y semilla, lo cual explica por qué el principal uso de esta variedad es como fruto fresco (Guerrero *et al.*, 2006). Por el contrario, Pintadera tiene una limitada comercialización en fresco debido a su bajo porcentaje de pulpa y alto porcentaje de

cáscara. El porcentaje de cáscara de las demás variedades fue similar al reportado para los frutos de *Opuntia ficus-indica* (Piga, 2004). El alto porcentaje de semillas, junto a la presencia de un sabor desagradable (Martínez, 2007), limita la comercialización de Tapón Aguanoso como fruto fresco. A excepción de Pintadera, el peso del fruto y los porcentajes de pulpa, cáscara y semilla observados en las variedades estudiadas están dentro del intervalo reportado para frutos de tuna en estado de madurez óptimo (Piga, 2004).

Caracterización fisicoquímica

El contenido de cenizas es similar al reportado en *Opuntia ficus-indica* (Sawaya *et al.*, 1983) y en la pulpa de frutos de tuna morada (Sáenz y Sepúlveda, 2001); mientras que el contenido de proteína estuvo dentro del intervalo reportado por Sáenz y Sepúlveda (2001) y Piga (2004) en frutos de tuna. El contenido de grasa de las siete variedades estudiadas fue mayor que 0.12% observado por Sawaya *et al.* (1983) en los frutos de *Opuntia ficus-indica*. El contenido de fibra cruda observado fue mayor que el reportado por Sawaya *et al.* (1983), pero dentro del intervalo de 0.02-3.15% reportado por Sáenz y Sepúlveda (2001). El contenido de sólidos solubles totales de Tapón Aguanoso fue ligeramente mayor que el reportado por Martínez (2007) para esta variedad; Kuti y Galloway (1994) indicaron que los azúcares solubles más abundantes en los frutos de tuna son la sacarosa, la glucosa y la fructosa, pero su proporción varía de acuerdo a la variedad. En general, los resultados muestran que la composición de los frutos de las variedades estudiadas fueron similares al de otras variedades de tuna previamente reportados.

En cuanto a los principales parámetros tecnológicos, el contenido de humedad encontrado en los frutos fue ligeramente menor al reportado por Sepúlveda (1998) y Sáenz (2000) que varía entre 84 y 90%, así como también menor de $88.4\% \pm 0.02$ reportado para *Opuntia boldinghii* por Vitoria Matos *et al.* (2002). Todas las variedades estudiadas tuvieron menor acidez titulable en comparación con lo reportado por Sepúlveda (1998), Sáenz (2000) y Hernández *et al.* (2005) para las variedades Naranja, Blanca Cristalina y Esmeralda. La acidez es un factor importante para determinar las condiciones de procesamiento más adecuado de cualquier fruto (Sáenz, 2000), y con excepción de Pintadera, el resto de las variedades se ubican dentro de la clasificación de frutos con baja acidez ($\text{pH} > 4.5$).

Concentración del pigmento y estabilidad

Pintadera presentó una concentración de betalainas ligeramente mayor que $80 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ PF reportado por Castellar *et al.* (2003) para frutos de *O. stricta*. Las variedades Rubí Reyna y Moradilla 2 con las más bajas concentraciones tuvieron valores similares a los reportados para frutos *O. ficus-indica* (Forni *et al.*, 1992; Castellar *et al.*, 2003). En comparación con otros frutos que contienen betalainas, todas las variedades de tuna estudiadas mostraron mayor concentración que el reportado para garmabullo (*Mytillocactus geometrizans*) ($2.3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Reynoso *et al.*, 1997), mientras que Pintadera y Tapón Aguanoso tuvieron valores similares a los reportados para pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) ($30\text{-}80 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Wybraniec *et al.*, 2001). Actualmente, la fuente más importante de betalainas es el betabel (*Beta vulgaris* L.) en el que se han reportado concentraciones $> 130 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Castellar *et al.*, 2006; Sapers y Hornstein, 1979); sin embargo, esta raíz presenta un desagradable aroma a tierra causado por un compuesto llamado geosmina (Acree *et al.*, 1976), lo que podría limitar su uso. Por lo tanto, a nivel comercial, especialmente los frutos de Pintadera y Tapón Aguanoso, podrían ser una fuente importante de betalainas.

Los resultados mostraron que el extracto de Tapón Aguanoso es más estable que el resto de las variedades bajo las dos condiciones de temperatura de almacenamiento. El tiempo de vida media de Tapón Aguanoso también fue mayor que los 236.6 días reportado para frutos de *O. stricta* almacenados a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (Castellar *et al.*, 2006). El pH de mayor estabilidad fue diferente para ambas variedades cuando los extractos se almacenaron a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que en congelación los extractos con pH 5 fueron más estables para las dos variedades; las diferencias observadas podrían atribuirse a la estructura de las betalainas presentes en cada variedad, como lo ha señalado Herbach *et al.* (2006). Se requiere de una investigación posterior para identificar el tipo de betalainas presentes en estas variedades y los cambios que experimentan durante las diferentes condiciones de almacenamiento.

CONCLUSIONES

La proporción de sus principales componentes y las características fisicoquímicas de los frutos de las variedades Pintadera (bajo porcentaje de pulpa y bajo pH) y Tapón Aguanoso (alto porcentaje de semilla y sabor desagradable) limitan

su consumo en fresco, sin embargo, por su alto contenido de betalainas, presentan un excelente potencial para ser utilizados como fuente de pigmentos naturales. Claramente ambos, el pH y la temperatura de almacenamiento del alimento a pigmentar, son factores importantes a considerar cuando se selecciona una variedad de tuna

para extraer el pigmento. De acuerdo a la estabilidad mostrada en la temperatura de refrigeración y congelación y los tres niveles de pH, las variedades Pintadera y Tapón Aguanoso presentan un alto potencial para pigmentar alimentos de baja acidez, tales como helados, yogures, jugos, concentrados de frutas, entre otros.

LITERATURA CITADA

- ACREE, T.E.; LEE, C.Y.; BUTTS, R.M.; BARNARD, J., Geosmin, the earthy component of table beet odor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24: 430-431, 1976.
- AOAC, *Official Methods of Analysis*. 15th, U.S.A.: Association of Official Analytical Chemists. 1990.
- BARBERA, G.; INGLESE, P.; LA MANTIA, T., Seed content and fruit characteristics in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Scientia Horticulturae*, 58: 161-165, 1994.
- CASTELLANOS SANTIAGO, E.; YAHIA, E.M., Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 5758-5764, 2008.
- CASTELLAR, M.R.; OBÓN, J.M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.A., Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2772-2776, 2003.
- CASTELLAR, M.R.; OBÓN, J.M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.A., The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1): 122-128, 2006.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.A.; ALMELA, L., Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits. *Journal of Chromatography A.*, 913 (1-2): 415-420, 2001.
- FORNI E.; POLESTELLO A.; MONTEFIORI D.; MAESTRELLI, A., High-performance liquid chromatographic analysis of the pigments of blood-red prickly pear (*Opuntia ficus indica*). *Journal of Chromatography A.*, 593(1-2): 177-183, 1992.
- GUERRERO, M.P.; ZAVALA, M.H.A.; BARRIENTOS, P.A.F.; GALLEGOS, V.C.; NÚÑEZ, C.C.A.; VALADEZ, M.E.; CUEVAS, S.J.A., Técnica para el estudio de la micromorfología interna de semillas duras en *Opuntia*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2): 37-43, 2006.
- HERBACH, K.M.; STINTZING, F.C.; CARLE, R., Betalain stability and degradation-structural and chromatic aspect. *Journal of Food Science*, 71 (4): 41-49, 2006.
- HERNÁNDEZ PÉREZ, T., CARRILLO LÓPEZ, A., GUEVARA LARA, F., CRUZ HERNÁNDEZ, A.; PAREDES LÓPEZ, O., Biochemical and nutritional characterization of three prickly pear species with different ripening behavior. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(4): 195-200, 2005.
- INGLESE, P.; BARBERA, G.; LA MANTIA, T.; PORTOLANO, S., Crop production and ultimate size of cactus fruit following fruit thinning. *HortScience*, 30: 227-230, 1995.
- KUTI, J.O.; GALLOWAY, C.M., Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit. *Journal of Food Science*, 59(2): 387-388, 1994.
- MARTÍNEZ, F.R., *Monografía de nopal tunero*. México: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 2007.
- MINOLTA CORPORATION MANUAL. Precise color communication. Ramsey, NJ: Minolta Corporation Instrument System Division, 1994.
- PELAYO ZALDÍVAR, C.; CASTILLO ÁNIMAS, D.; CHATELAIN MERCADO, S.; SIADE BARQUET, G., Manejo poscosecha de la nochitli o tuna (*Opuntia* spp.). México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 2010.
- PIGA, A., Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 6: 9-20, 2004.
- REYNOSO, R.; GARCÍA, F.A.; MORALES, D.; GONZÁLEZ DE MEJIA, E., Stability of Betalain Pigments from a Cactaceae Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45(8): 2884-2889, 1997.
- SÁENZ, C., Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environments*. 46(3): 209-225, 2000.
- SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E., Cactus-pear juices. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 4(3-10), 2001.

- SAPERS, G.M.; HORNSTEIN, J.S., Varietal differences in colorant properties and stability of red beet pigments. *Journal of Food Science*. 44(4): 1245-1248, 1979.
- SAWAYA, W.N.; KHATCHADOURIAN, H.A.; SAFI, W.M.; AL-MUHAMMAD, Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. *International Journal of Food Science & Technology*, 18(2): 183-193, 1983.
- SEPÚLVEDA, E., Cactus pear fruit potential for industrialization. In: Sáenz C, editor. *Proceedings of the International Symposium: cactus pear and nopalitos processing and uses* (pp. 17-21). Santiago, Chile, 1998.
- STINTZING, F.C.; HERBACH, K.M.; MOBHAMMER, M.R.; CARLE, R.; YI, W.E., SELLAPPAN, S.; AKOH, C.C.; BUNCH, R.; FELKER, P., Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* sp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442-451, 2005.
- STINTZING, F.C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R., Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology*. 212(4): 396-407, 2001.
- STRACK, D.; VOGT, T.; SCHLIEMANN, W., Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*. 62(3): 247-269, 2003.
- VILORIA MATOS, A.; CORBELLI-MORENO, D.; MORENO ÁLVAREZ, M.J.; BELEN C., Stability in betalains from tuna pulp (*Opuntia boldinghii* Br. et R.) submitted to a lyophilization process. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 19: 324-331, 2002.
- WYBRANIEC, S.; PLATZNER, I.; GERESH, S., GOTTLIEB, H.E.; HAIMBERG, M.; MOGILNITZKI, M.; MIZRAHI, Y., Betacyanins from vine cactus *Hylocereus polyrhizus*. *Phytochemistry*, 58(8): 1209-1212, 2001.

Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México

Lumber recovery factor in two private sawmills in El Salto, Durango, Mexico

Juan Abel Nájera Luna,¹ Gleen Hamilton Adame Villanueva,² Jorge Méndez González,³
Benedicto Vargas Larreta,⁴ Francisco Cruz Cobos,⁵ Francisco Javier Hernández,⁶
y Cristóbal Gerardo Aguirre Calderón⁷

Nájera Luna, J. A.; Adame Villanueva G. H.; Méndez González, J.; Vargas Larreta, B.; Cruz Cobos, F.; Hernández F.J.; Aguirre Calderón, C.G. Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 11-23, 2012.

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre tiempos y rendimientos en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. El tamaño de muestra fue de 159 trozas con un volumen sin corteza de 81.64 m³ rollo, las cuales generaron un volumen aserrado de 48.89 m³. Para conocer el tiempo de transformación de las trozas se empleó el método de "vuelta a cero" y para estimar el rendimiento se relacionó el volumen aserrado con el volumen en rollo de las trozas. Los resultados indican que el rendimiento es de 61.64% sin corteza, lo que significa que por cada metro cúbico de madera en rollo, es posible obtener 261 pies tabla de madera aserrada (0.616 m³); la productividad fue de 5.02 m³·h⁻¹ y el tiempo para procesar 1,000 pt (2.36 m³) se estableció en 31.87 minutos. Se encontró que el rendimiento

Palabras clave: aserraderos, conicidad, madera aserrada, productividad, rendimientos, trozas.

Keywords: sawmills, taper, lumber, productivity, yields, logs.

Recibido: 17 de Enero de 2012, aceptado: 12 de Marzo de 2012

¹ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), jalnajera@yahoo.com.mx.

² Programa de Maestría en Ciencias en Desarrollo Forestal Sustentable, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), gleenadame@hotmail.com.

³ Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, jorgemendezgonzalez@gmail.com.

⁴ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), vlbene@gmail.com.

⁵ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), cobos_cruz@yahoo.com.mx.

⁶ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), fcojhernan@yahoo.com.mx.

⁷ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), g_aguirremx@yahoo.com.

miento en madera aserrada no es afectado por el diámetro, pero sí por el largo y conicidad de las trozas.

ABSTRACT

A study of time and yield was carried out in two private sawmills in El Salto, Durango, México. The sample was of 159 logs equating 81.64 m³ roundwood without bark, which generated a sawed volume of 48.89 m³. The transformation time was estimated with the "snap-back timing" method and the lumber recovery factor was defined as the percentage or a ratio of volume of sawn wood output to that of the volume input of logs processed in the sawmills. The results show that the main yield of lumber is 61.64% without bark, which means that for every cubic meter of logs, it is possible to obtain 261 board feet (BF) of lumber (0.616 m³), the estimated productivity was 5.02 m³·h⁻¹ and the average time for sawing 1,000 BF (2.36 m³) was estimated in 31.87 minutes. It was found that the yield in lumber is not affected by diameter, but is affected by the length and taper of the logs.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la actividad forestal nacional, es apremiante la necesidad de contar con métodos prácticos y precisos para cuantificar los volúmenes de madera, tanto en el mismo bosque, como en los productos maderables que de él se obtienen. El realizar una cuantificación inadecuada ocasiona incertidumbre acerca del verdadero valor de la madera, afectando así a los produc-

tores, a los industriales y al bosque mismo con todos los recursos naturales asociados. El aserrío es un proceso mediante el cual se convierte la madera en rollo en tablas, tablones, polines, vigas y durmientes, utilizando maquinaria, equipo, recurso humano, fuentes de energía y dinero; durante un tiempo y derivado de avances tecnológicos, estos procesos han sido eficientes con el propósito de lograr una mayor producción, con una buena calidad de productos terminados y menores costos de producción (García *et al.*, 2001). El manejo eficiente y provechoso de las operaciones de industrialización requiere de un trabajo cuidadoso a fin de obtener el mayor volumen de material útil y valioso de la troza; esas operaciones también deben convertir la troza en productos que satisfagan las especificaciones de calidad, dimensiones y acabado. Finalmente, las operaciones de industrialización de madera deben realizarse de tal manera que la máquina no sufra desgaste excesivo, daño o destrucción, así como la reducción de los costos de mantenimiento (Brown y Bethel, 1990). El rendimiento en madera aserrada (o porcentaje de aprovechamiento) es la relación entre el volumen de madera aserrada producido entre el volumen de la troza antes del asierre, expresado en porcentaje (Valerio *et al.*, 2007). El rendimiento es un parámetro que puede servir de base para que los manejadores de los aserraderos evalúen con relativa transparencia si las operaciones de producción están siendo ejecutadas correctamente en la empresa (Rocha, 2002). El rendimiento de madera aserrada está determinado por una confusa interacción de diversas variables, como el diámetro de las trozas, su longitud, curvaturas, conicidad, calidad interna de la madera, la toma de decisiones por parte del personal del aserradero, la condición y mantenimiento del equipo de aserrío, los métodos de asierre, las dimensiones de las piezas aserradas y el tipo de especies procesadas (coníferas o latifoliadas) (Steele, 1984; Rocha, 2002; Maurara *et al.*, 2005; Valerio *et al.*, 2007; Vital, 2008). Dado que no hay

dos aserraderos iguales, las variables que influyen en el rendimiento rara vez son las mismas de un aserradero a otro (Steele, 1984). Por tal motivo es importante conocer cómo estos factores afectan el rendimiento de madera aserrada para entender el grado de aprovechamiento que es posible alcanzar de la materia prima con la finalidad de establecer mecanismos que permitan incrementar el nivel de aprovechamiento. En la región de El Salto, Durango, se tiene información del efecto que ejercen las características de las trozas que son aserradas sobre los indicadores de productividad en aserraderos de propiedad ejidal, pero ninguna referencia bibliográfica con respecto a los procesos de transformación de la materia prima de coníferas en aserraderos de propiedad privada pese a sus posibles diferencias tanto en la administración como en su operación, por lo que el presente estudio representa un esfuerzo por aportar esta información y conocer el efecto que tienen el diámetro, largo y conicidad de la trocería en el rendimiento en madera aserrada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en la región de El Salto, Durango, la cual se localiza en el sistema montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Las alturas sobre el nivel del mar fluctúan entre 1,400 y 2,600 metros. El clima es semi-húmedo templado o semi-frío, que se torna templado o semi-seco en el lado oriental de la sierra. Por su ubicación geográfica, la zona presenta diversas condiciones de vegetación que va desde masas puras de encino y pino y, en su mayor parte, bosques mezclados de pino-encino (UCODEFO 6, 1997). Para tal efecto, se seleccionaron dos aserraderos de propiedad particular dedicados a la elaboración de madera aserrada de pino en largas dimensiones. Físicamente, las instalaciones se localizan en las afueras de la ciudad de El Salto, Durango sobre la carretera Durango-Mazatlán, kilómetro 98 (figura 1).



Figura 1. Aserraderos bajo estudio.

Características de la maquinaria del aserradero A

Torre principal marca MAQPARSA de fabricación mexicana con diámetro de volantes de 1.52 m, accionado por un motor de 75 HP y 1,775 r.p.m. Diseñada para usar sierras de 19.5 cm de ancho y la sierra que se utiliza es de 18.4 cm en calibre 16. Carro con 3 escuadras, marca AHMSA, accionado por dos motores para el avance y retroceso de 10 HP.

Características de la maquinaria del Aserradero B

Torre principal marca HULMAQ de fabricación mexicana, diámetro de volantes de 1.38 m, accionado por un motor de 100 HP. Diseñada para usar sierras de 20.5 cm de ancho y la sierra que se utiliza es de 18.4 cm de ancho y calibre 16. Carro de 3 escuadras, marca HULMAQ con dos motores, accionado por un motor para el avance de 10 HP y 1,425 r.p.m y para el retroceso utiliza un motor de 7.5 HP y 1,730 r.p.m.

Características de los productos elaborados en los aserraderos

La clasificación de la madera aserrada por calidad se realiza en cinco clases (2 y mejor, 3, 4, 5 y millrun o madera sin clasificar); los gruesos más comunes en que se asierra son de 7/8, 5/4, 6/4 in (2.22, 3.18 y 3.81 cm), listones de 4 in (10.16 cm) de ancho, tabloncillos de 3 x 3 y 4 x 4 in (7.62 x 7.62 y 10.16 x 10.16 cm), así como medidas en pedidos especiales; los anchos de la madera van de 4 a 12 in (10.16 a 30.48 cm) y largos desde 2 a 20 ft (0.6096 a 6.096 m) más refuerzos.

Determinación del tamaño de muestra

En estudios de evaluación de aprovechamiento en aserradero, se han utilizado 100 trozas al azar (SFF, 1978,0 citado por Zavala y Hernández, 2000). Sin embargo, para estimar el número de trozas necesarias para alcanzar un error de muestreo de 5% y una confiabilidad de 95%, se utilizó la siguiente expresión (Dobie, 1975, citado por Zavala, 1996):

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E^2}$$

Donde:

n = Número de trozas necesarias para estimar el rendimiento de madera aserrada.

t = Valor tabular de t-Student a 95% de confiabilidad.

CV = Coeficiente de variación (%).

E = Error de muestreo deseado (%).

En el presente estudio, se llevó a cabo un pre-muestreo con 30 trozas en cada aserradero, con lo cual fue posible estimar el número de trozas necesarias por aserradero (tabla 1).

La toma de información se realizó en el año 2011 mediante observaciones directas del proceso de aserrío y mediciones de las trozas y de los productos escuadrados resultantes del proceso. Para el estudio se utilizaron 159 trozas de *Pinus* sp., las cuales se distribuyeron en tres categorías diamétricas (15-25; 26-35 y 36-45 cm con 53 trozas por categoría diamétrica); tres de longitud (≤ 4.87 m con 59 trozas; 4.88-5.48 m con 38 trozas y ≥ 5.49 m con 62 trozas), así como en tres de conicidad (0-1 cm/m^{-1} con 67 trozas; 1.1-2 cm/m^{-1} con 70 trozas y de 2.1-3 cm/m^{-1} con 22 trozas). Lo anterior, con la finalidad de analizar la influencia del diámetro, la longitud y la conicidad de las trozas en el rendimiento en madera aserrada.

Cubicación de las trozas

Las trozas seleccionadas fueron marcadas e identificadas, procediendo enseguida a medirlas para determinar su volumen con y sin corteza, empleando la fórmula de Smalian (Husch et al., 2003), mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{(\pi/4 \times DM^2) + (\pi/4 \times Dm^2)}{2} \times L$$

Tabla 1. Número de trozas requeridas y aserradas por aserradero evaluado

Aserradero	Trozas requeridas (n)	Trozas aserradas (n)	Error de muestreo (%)
A	56	60	4.8
B	59	99	3.8
Suma	115	159	

Donde:

- V= Volumen de la troza (m³).
 DM= Diámetro mayor de la troza (m).
 Dm= Diámetro menor de la troza (m).
 L= Longitud de la troza (m).
 π = Constante (3.14159).

Estudio de tiempos y movimientos

Se utilizó el método de "vuelta a cero" descrito por Villagómez y García (1986), el cual pertenece a los métodos de muestreo aleatorio. El tiempo del proceso se llevó a cabo cuantificando cada actividad desde el inicio hasta el final, empleando una precisión de 1/100 segundos, convirtiéndose éste posteriormente a horas. El proceso de aserrío se clasificó en tiempo productivo e improductivo. Para estimar el tiempo productivo se dividió el proceso en las siguientes actividades:

- Tiempo de carga.
- Tiempo de avance del carro escuadra.
- Tiempo de retroceso del carro escuadra.
- Tiempo de volteos de las trozas en el carro escuadra.
- Tiempo justificado.
- Tiempo no justificado.

Con la información de los cronometrajes se obtuvo el tiempo necesario en minutos para aserrar 1,000 pies tabla (pt) (2.36 m³) bajo las siguientes variables:

- Tiempo de carga para aserrar 1,000 pt (min.).
- Tiempo de avance para aserrar 1,000 pt (min.).
- Tiempo de retrocesos para aserrar 1,000 pt (min.).
- Tiempo de volteos para aserrar 1,000 pt (min.).
- Tiempo justificado para aserrar 1,000 pt (min.).
- Tiempo no justificado para aserrar 1,000 pt (min.).
- Tiempo total para aserrar 1,000 pt (min.).

Determinación del tiempo de asierre de 1,000 pies tabla (2.36 m³)

Con base en la información generada en el asierre de las trozas, se determinó el tiempo requerido para aserrar 1,000 pt (2.36 m³) (Nájera *et al.*, 2011a):

$$T = \frac{1000 Tt}{Va}$$

Donde:

- T= Tiempo para aserrar 1,000 pies tabla (min.).
 Tt= Tiempo total de asierre (min.).
 Va= Volumen aserrado (pt).

Cubicación de las piezas aserradas

Las piezas resultantes del aserrío fueron medidas y relacionadas a la troza de origen con la finalidad de cuantificar el volumen aserrado, según lo sugerido por Romahn *et al.* (1987), mediante la siguiente ecuación:

$$Va = (g)(a)(l)$$

Donde:

- Va = Volumen de la pieza aserrada (m³).
 g = Grueso de la pieza aserrada (m).
 a = Ancho de la pieza aserrada (m).
 l = Longitud de la pieza aserrada (m).

Determinación del rendimiento de madera aserrada

Con el volumen calculado a partir de las piezas aserradas y el volumen de la materia prima que se empleó, se determinó el rendimiento utilizando la siguiente relación (Quirós *et al.*, 2005):

$$R = \frac{Vta}{Vtr} 100$$

Donde:

- R = Rendimiento de madera aserrada (%).
 Vta = Volumen de las tablas (m³).
 Vtr = Volumen de las trozas (m³r).

Determinación de la conicidad de las trozas

La conicidad de la troza es la diferencia entre el diámetro de la base y el diámetro de la punta con la distancia que las separa (Scanavaca y García, 2003; Vignote y Martínez, 2005). Con el objeto de evaluar este efecto sobre el rendimiento, el tiempo de asierre y productividad, las trozas se agruparon por categoría de conicidad. Para su determinación se utilizó la siguiente relación:

$$C = (DM - Dm)/l$$

Donde:

- C = Conicidad de la troza (cm/m).
 DM = Diámetro mayor sin corteza (cm).
 Dm = Diámetro menor sin corteza (cm).
 l = Largo de la troza (m).

Determinación de la productividad del aserrío

La productividad del aserrío se estimó relacionando el volumen de madera aserrada entre el tiempo requerido para aserrar dicho volumen, utilizando la siguiente fórmula (García *et al.*, 2001):

$$P = \frac{Va}{Tt}$$

Donde:

P = Productividad del aserrío (m^3/h).

Va = Volumen aserrado (m^3).

Tt = Tiempo total de asierre (h).

Análisis estadístico

Para identificar diferencias significativas en los indicadores de productividad: tiempo total para

aserrar 1,000 pies tabla ($2.36 m^3$), rendimiento con y sin corteza, productividad y la velocidad de alimentación entre aserraderos, categorías diamétricas, de longitud y de conicidad de las trozas, se realizó un análisis de varianza (95%) y comparaciones de medias, usando pruebas de rangos múltiples de Duncan a un nivel de significancia de 0.05. El análisis de datos se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SAS/STAT® (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS

Tiempos y rendimientos del proceso de aserrío

El rendimiento promedio en la producción de piezas escuadradas de largas dimensiones estimado en los aserraderos evaluados fue de 61.64% sin corteza (tabla 2); lo anterior indica que

Tabla 2. Tiempos y rendimiento del proceso de aserrío

Variable	Media	Desv Std	Máximo	Mínimo
Características de las trozas aserradas*				
Diámetro mayor con corteza (m)	0.39	0.09	0.66	0.17
Diámetro mayor sin corteza (m)	0.36	0.09	0.59	0.17
Diámetro menor con corteza (m)	0.31	0.07	0.47	0.16
Diámetro menor sin corteza (m)	0.30	0.07	0.45	0.15
Longitud de la troza (m)	5.33	0.89	7.82	3.13
Volumen con corteza (m^3r)	0.56	0.30	1.49	0.11
Volumen sin corteza (m^3r)	0.51	0.27	1.23	0.09
Productos obtenidos del aserrío**				
Tablas generadas (n)	12	5	30	3
Volumen de las tablas (m^3)	0.30	0.16	0.76	0.06
Tiempo para aserrar 1000 pt (min)				
Tiempo de carga en el carro escuadra	2.68	2.04	0.48	14.83
Tiempo de avance	16.93	5.99	41.64	5.12
Tiempo de retrocesos	8.63	3.55	23.72	3.78
Tiempo de volteos de las trozas	2.69	1.79	11.78	0.59
Tiempo justificado	0.52	2.69	32.11	0.00
Tiempo no justificado	0.40	3.73	46.24	0.00
Indicadores de productividad en la operación de aserrío				
Tiempo total de asierre para 1,000 pt	31.87	12.34	85.64	13.00
Rendimiento con corteza (%)	56.43	10.52	80.20	35.98
Rendimiento sin corteza (%)	61.64	11.70	87.72	38.54
Productividad (m^3/h)	5.02	1.67	10.89	1.65
Tiempo total de asierre para 1,000 pt	31.87	12.34	85.64	13.00
Velocidad de alimentación (m/min)	40.23	10.38	79.71	14.93

* Volumen total de las trozas con corteza = $89.25 m^3r$; volumen total de las trozas sin corteza = $81.64 m^3r$.

** Total de tablas aserradas generadas = 1,841; volumen total de las tablas aserradas = $48.89 m^3$.

por cada metro cúbico de madera en rollo (m^3r) que es aserrado, se obtienen 261 pt ($0.616 m^3$) de madera aserrada (considerando que un metro cúbico de madera en rollo equivale a 424 pt), mientras que para obtener 1,000 pt ($2.36 m^3$) de madera aserrada se requieren $3.83 m^3$ de madera en rollo. El tiempo estimado para aserrar 1,000 pt mostró valores extremos de 13 a 85.64 minutos influido por el diámetro, la longitud y la conicidad de las trozas aserradas, estableciéndose en promedio en 31.87 minutos, de los cuales 25.56 minutos corresponden al tiempo productivo, específicamente los avances y retrocesos del carro escuadra para efectuar los cortes en las trozas. La productividad mostró valores de 1.65 a 10.89 metros cúbicos rollo por hora efectiva de trabajo ($m^3r \cdot h^{-1}$) con un promedio de $5.02 m^3r \cdot h^{-1}$, equivalentes a aserrar $2,128 pt \cdot h^{-1}$, que distribuidos entre el número de operarios que participan en el proceso, en este caso un promedio de cuatro, resulta entonces en una eficiencia de 532 pies tabla/hombre-máquina/hora. La velocidad de alimentación se estimó en 40 m/min. con valores extremos de 79 a 14 m/min.

Análisis de varianza para el tiempo total de asierre para 1,000 pt ($2.36 m^3$)

Para esta variable sólo las categorías de largo y diamétricas resultaron ser significativas ($P < 0.05$) al tiempo necesario para aserrar 1,000 pt, no influ-

yendo ni el aserradero ni la categoría de conicidad (tabla 3).

Análisis de varianza para el rendimiento volumétrico con corteza

En el rendimiento con corteza, el análisis de varianza sólo mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) atribuibles a la conicidad de las trozas (tabla 4).

Análisis de varianza para el rendimiento volumétrico sin corteza

El análisis de varianza del rendimiento sin corteza permitió observar que aparte de la conicidad de las trozas, también el largo influye en el rendimiento sin corteza al mostrar diferencias significativas ($P < 0.05$) (tabla 5).

Análisis de varianza para la productividad

De acuerdo al análisis de varianza, este indicador resultó ser sensible a las categorías de largo y de diámetro de las trozas al mostrar diferencias significativas ($P < 0.05$) (tabla 6).

Análisis de varianza para la velocidad de alimentación

La velocidad de alimentación mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) atribuibles a los aserraderos, a las categorías de conicidad, de largo y diamétricas evaluadas (tabla 7).

Tabla 3. Análisis de varianza para el indicador del tiempo de asierre de 1,000 pt ($2.36 m^3$)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Aserradero	176.06	1	176.06	1.60	0.2075 ns
Categoría de conicidad	204.23	2	102.12	0.93	0.3970 ns
Categoría de largo	2536.43	2	1268.22	11.54	0.0000*
Categoría diamétrica	4575.52	2	2287.76	20.82	0.0000*

*Significativo al 5%. ns= No significativo.

Tabla 4. Análisis de varianza para el indicador del rendimiento con corteza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Aserradero	4.34	1	4.34	0.04	0.8347 ns
Categoría de conicidad	1917.99	2	959.00	9.64	0.0001*
Categoría de largo	470.30	2	235.15	2.36	0.0975 ns
Categoría diamétrica	78.62	2	39.31	0.40	0.6742 ns

*Significativo al 5%. ns= No significativo.

Tabla 5. Análisis de varianza para el indicador del rendimiento sin corteza

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Aserradero	0.35	1	0.35	0.00	0.9572 ns
Categoría de conicidad	2370.26	2	1185.13	9.72	0.0001*
Categoría de largo	772.65	2	386.33	3.17	0.0449*
Categoría diamétrica	90.19	2	45.10	0.37	0.6915 ns

*Significativo al 5%. ns= No significativo.

Tabla 6. Análisis de varianza para el indicador de productividad

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Aserradero	3.83	1	3.83	1.98	0.1612 ns
Categoría de conicidad	4.26	2	2.13	1.10	0.3345 ns
Categoría de largo	54.69	2	27.35	14.17	0.0000*
Categoría diamétrica	88.10	2	44.05	22.82	0.0000*

*Significativo al 5%. ns= No significativo.

Tabla 7. Análisis de varianza para el indicador de velocidad de alimentación

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculada	Significancia
Aserradero	2592.15	1	2592.15	36.04	0.0000*
Categoría de conicidad	961.83	2	480.92	6.69	0.0017*
Categoría de largo	1514.26	2	757.13	10.53	0.0001*
Categoría diamétrica	1109.47	2	554.73	7.71	0.0006*

*Significativo al 5%. ns= No significativo.

Tiempos y rendimientos por aserradero

El rendimiento con y sin corteza entre aserraderos fue estadísticamente similar, lo cual se explica porque el promedio de tablas generadas por troza también fue similar (11 y 12 tablas por troza, respectivamente). La productividad fue estadísticamente similar entre aserraderos ($P < 0.05$), aunque el aserradero B presentó la mayor productividad al aserrar en promedio $5.14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, influido por una mayor velocidad de alimentación que se estableció en 43.37 m/min . por 35.04 m/min . del aserradero A. Lo anterior contribuyó para que se registrara una diferencia en el tiempo de aserrado para $1,000 \text{ pt}$ (2.36 m^3) de 2.17 minutos entre aserraderos.

Tiempos y rendimientos por conicidad de las trozas

La tabla 9 muestra que el rendimiento con y sin corteza es sensible a la conicidad de las trozas al exhibir diferencias significativas ($P < 0.05$), de tal forma que la conicidad de las trozas representó, en este estudio, una pérdida de entre 5 y 10% del rendimiento con respecto a las trozas sin conicidad; lo anterior se atribuye a que las trozas de la categoría de $0-1 \text{ cm} \cdot \text{m}^{-1}$ son más cilíndricas y, por lo tanto, se obtienen tablas más largas y anchas que aquella que provienen de trozas con una conicidad acentuada, las cuales son más cortas y menos anchas. La tendencia observada es que a medida que aumenta la conicidad de las trozas, el rendimiento y la velocidad de alimentación disminuyen; sin embargo, la productividad y el tiempo promedio para aserrar $1,000 \text{ pt}$ (2.36 m^3) se mantienen relativamente constante para todas las categorías de conicidad evaluadas.

Tabla 8. Tiempos y rendimientos por aserradero evaluado en la región de El Salto, Durango

Variable	Aserradero	
	A	B
Características de las trozas aserradas		
Diámetro mayor con corteza (m)	0.38 (0.08)	0.39 (0.10)
Diámetro mayor sin corteza (m)	0.37 (0.08)	0.37 (0.10)
Diámetro menor con corteza (m)	0.32 (0.07)	0.31 (0.08)
Diámetro menor sin corteza (m)	0.31 (0.07)	0.30 (0.08)
Longitud de la troza (m)	5.06 (0.94)	5.50 (0.82)
Volumen total con corteza (m ³ r)	32.09	57.16
Volumen total sin corteza (m ³ r)	29.14	52.50
Productos obtenidos del aserrío		
Total de tablas generadas (n)	630	1211
Tablas promedio por troza (n)	11 (4)	12 (5)
Volumen total de las tablas aserradas (m ³)	17.63	31.29
Tiempo para aserrar 1,000 pt (min.)		
Tiempo de carga en el carro escuadra	2.20 (1.20)	2.97 (2.38)
Tiempo de avance	18.64 (6.00)	15.89 (5.77)
Tiempo de retrocesos	7.47 (2.67)	9.33 (3.84)
Tiempo de volteos de las trozas	3.13 (1.95)	2.43 (1.64)
Tiempo justificado	0.85 (4.21)	0.32 (0.98)
Tiempo no justificado	0.91 (6.00)	0.09 (0.77)
Indicadores de productividad en la operación de aserrío*		
Tiempo total de asierre para 1000 pt (min)	33.22 a (13.08)	31.05 a (11.87)
Rendimiento con corteza (%)	56.22 a (10.41)	56.56 a (10.64)
Rendimiento sin corteza (%)	61.70 a (11.45)	61.60 a (11.91)
Productividad (m ³ /h)	4.82 a (1.64)	5.14 a (1.69)
Velocidad de alimentación (m/min)	35.04 b (9.12)	43.37 a (9.86)

*Medias con la misma letra entre aserraderos, no son significativamente diferentes $\alpha=0.05$. Entre paréntesis se muestran los valores de la desviación estándar.

Tabla 9. Tiempos y rendimientos por conicidad de las trozas

Variable	Categorías de conicidad de las trozas (cm m ⁻¹)		
	0-1	1.1-2	2.1-3
Características de las trozas aserradas			
Diámetro mayor con corteza (m)	0.34 (0.08)	0.40 (0.09)	0.48 (0.10)
Diámetro mayor sin corteza (m)	0.33 (0.07)	0.38 (0.08)	0.47 (0.09)
Diámetro menor con corteza (m)	0.31 (0.07)	0.31 (0.07)	0.35 (0.09)
Diámetro menor sin corteza (m)	0.30 (0.03)	0.30 (0.07)	0.33 (0.08)
Longitud de la troza (m)	5.23 (0.89)	5.44 (0.93)	5.34 (0.75)
Volumen total con corteza (m ³ r)	31.06	40.95	17.24
Volumen total sin corteza (m ³ r)	28.27	37.47	15.90

Continuación de la tabla 9

Productos obtenidos del aserrío			
Total de tablas generadas (n)	720	831	290
Tablas promedio por troza (n)	11 (5)	12 (4)	13 (5)
Volumen total de las tablas (m ³)	18.55	21.84	8.50
Tiempo para aserrar 1,000 pt (min.)			
Tiempo de carga en el carro escuadra	2.37 (1.95)	2.83 (1.99)	3.15 (2.44)
Tiempo de avance	16.81 (6.73)	17.12 (5.26)	16.67 (6.04)
Tiempo de retrocesos	8.68 (4.02)	8.83 (3.14)	7.81 (3.29)
Tiempo de volteos de las trozas	2.59 (1.62)	2.82 (1.71)	2.58 (2.49)
Tiempo justificado	0.24 (0.79)	0.75 (3.92)	0.62 (1.39)
Tiempo no justificado	0.20 (1.12)	0.72 (5.53)	0.00 (0.00)
Indicadores de productividad en la operación de aserrío			
Tiempo total de asierre para 1000 pt (min)	30.92 a (11.92)	33.09 a (12.83)	30.85 a (12.28)
Rendimiento con corteza (%)	59.71 a (9.52)	55.50 a (11.06)	49.39 b (7.57)
Rendimiento sin corteza (%)	65.27 a (10.33)	60.67 a (12.27)	53.67 b (9.47)
Productividad (m ³ /h)	5.16 a (1.73)	4.84 a (1.66)	5.15 a (1.55)
Velocidad de alimentación (m/min)	42.31 a (12.10)	39.37 ab (8.73)	36.61 b (8.42)

*Medias con la misma letra entre categorías de conicidad, no son significativamente diferentes Duncan a $\alpha=0.05$. Entre paréntesis se muestran los valores de la desviación estándar.

Tabla 10. Tiempos y rendimientos por categoría de largo de las trozas

Variable	Largo de trozas (m)		
	≤ 4.87	4.88-5.48	≥ 5.49
Características de las trozas aserradas			
Diámetro mayor con corteza (m)	0.35 (0.08)	0.37 (0.10)	0.43 (0.09)
Diámetro mayor sin corteza (m)	0.33 (0.08)	0.36 (0.09)	0.41 (0.08)
Diámetro menor con corteza (m)	0.29 (0.08)	0.30 (0.07)	0.34 (0.07)
Diámetro menor sin corteza (m)	0.27 (0.07)	0.29 (0.07)	0.33 (0.06)
Longitud de la troza (m)	4.42 (0.52)	5.25 (0.18)	6.26 (0.33)
Volumen total con corteza (m ³ r)	22.12	19.03	48.10
Volumen total sin corteza (m ³ r)	20.14	17.26	44.24
Productos obtenidos del aserrío			
Total de tablas generadas (n)	530	443	868
Tablas promedio por troza (n)	9 (3)	12 (5)	14 (5)
Volumen total de las tablas (m ³)	12.51	10.59	25.79
Tiempo para aserrar 1,000pt (min.)			
Tiempo de carga en el carro escuadra	2.83 (1.93)	2.99 (2.42)	2.35 (1.89)
Tiempo de avance	18.95 (6.58)	18.35 (5.94)	14.12 (4.15)
Tiempo de retrocesos	9.36 (4.12)	9.05 (3.49)	7.66 (2.75)
Tiempo de volteos de las trozas	2.97 (2.01)	3.08 (2.22)	2.18 (1.04)
Tiempo justificado	0.32 (1.00)	1.15 (5.22)	0.32 (1.03)

Continuación de la tabla 10

Tiempo no justificado	0.87 (6.05)	0.00 (0.00)	0.20 (1.02)
Indicadores de productividad en la operación de aserrío*			
Tiempo total de asierre para 1000 pt (min)	35.34 b (13.73)	34.64 b (12.71)	26.86 a (8.70)
Rendimiento con corteza (%)	58.33 a (10.45)	56.49 a (9.93)	54.57 a (10.77)
Rendimiento sin corteza (%)	64.11 a (11.27)	61.80 ab (11.17)	59.18 b (12.10)
Productividad (m ³ /h)	4.54 b (1.58)	4.55 b (1.43)	5.75 a (1.65)
Velocidad de alimentación (m/min)	36.21 b (7.22)	39.07 b (7.17)	44.76 a (12.70)

*Medias con la misma letra entre categorías de conicidad, no son significativamente diferentes Duncan a $\alpha=0.05$. Entre paréntesis se muestran los valores de la desviación estándar.

Tiempos y rendimientos por la categoría de largo de las trozas

Respecto a la longitud de las trozas, la tabla 10 muestra diferencias significativas ($P<0.05$) en los indicadores de productividad, observando la tendencia que a medida que la longitud de la troza aumenta, disminuye el rendimiento debido al efecto de la forma de la troza, puesto que a mayor largo es más probable que la troza se encorve y pierda la rectitud, ocasionando problemas para encontrar la adecuada geometría del aserrío y se genere más desperdicio de madera; mientras que la productividad experimentó un aumento puesto que cuanto más larga sea la troza, más volumen

representará influenciando también una reducción en el tiempo necesario para aserrar 1,000 pt (2.36 m³) en las trozas más largas que en este caso fue de al menos 9 minutos.

Tiempos y rendimientos por categoría diamétrica

La tabla 11 muestra que no se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) en el rendimiento entre las categorías diamétricas. La productividad experimentó un incremento a medida que aumenta el diámetro de las trozas procesadas, lo cual influyó directamente para reducir el tiempo para aserrar 1,000 pt (2.36 m³) al menos hasta 15 minutos entre las categorías de diámetro evaluadas.

Tabla 11. Tiempos y rendimientos por categoría diamétrica en los aserraderos evaluados

Variable	Categoría diamétrica (cm)		
	15-25	26-35	36-45
Características de las trozas aserradas			
Diámetro mayor con corteza (m)	0.29 (0.05)	0.38 (0.05)	0.49 (0.06)
Diámetro mayor sin corteza (m)	0.28 (0.05)	0.37 (0.05)	0.46 (0.06)
Diámetro menor con corteza (m)	0.23 (0.04)	0.31 (0.03)	0.40 (0.03)
Diámetro menor sin corteza (m)	0.22 (0.03)	0.30 (0.03)	0.38 (0.03)
Longitud de la troza (m)	4.93 (0.79)	5.35 (0.90)	5.73 (0.81)
Volumen total con corteza (m ³ r)	14.51	27.06	47.68
Volumen total sin corteza (m ³ r)	13.27	24.98	43.39
Productos obtenidos del aserrío			
Total de tablas generadas (n)	410	572	859
Tablas promedio por troza (n)	8 (3)	11 (4)	16 (5)
Volumen total de las tablas (m ³)	8.32	15.03	25.54
Tiempo para aserrar 1,000 pt (min.)			
Tiempo de carga en el carro escuadra	3.42 (1.93)	2.06 (1.08)	2.56 (2.63)
Tiempo de avance	21.32 (6.18)	16.01 (5.25)	13.46 (3.25)
Tiempo de retrocesos	11.08 (4.21)	8.36 (2.60)	6.44 (1.67)

Continuación de la tabla 11

Tiempo de volteos de las trozas	3.71 (2.36)	2.47 (1.32)	1.89 (0.85)
Tiempo justificado	0.90 (4.49)	0.26 (0.79)	0.40 (1.07)
Tiempo no justificado	0.00 (0.00)	1.09 (6.41)	0.11 (0.74)
Indicadores de productividad en la operación de aserrió*			
Tiempo total de asierre	40.44 c (12.68)	30.27 b (11.40)	24.89 a (6.73)
Rendimiento con corteza (%)	58.60 a (10.95)	56.01 a (10.31)	54.01 a (10.10)
Rendimiento sin corteza (%)	64.06 a (11.96)	60.86 a (11.85)	59.99 a (11.11)
Productividad (m ³ /h)	3.83 c (1.19)	5.19 b (1.61)	6.03 a (1.42)
Velocidad de alimentación (m/min)	39.45 b (10.02)	43.22 a (10.65)	38.01 b (9.96)

*Medias con la misma letra entre categorías diamétricas, no son significativamente diferentes Duncan a $\alpha=0.05$. Entre paréntesis se muestran los valores de la desviación estándar.

DISCUSIÓN

Para Rocha (2002), el rendimiento en madera aserrada en el proceso de aserrió varía de 55 a 65% para coníferas, lo anterior concuerda con los valores obtenidos en el presente estudio, siendo éstos de 56% con corteza y de 62% sin corteza. Manhiça *et al.* (2012) compararon el asierre tradicional contra un sistema de modelos de corte programado por computadora en un aserradero del municipio de Campina Grande do Sul, estado de Paraná, Brasil; para tal efecto, seleccionaron 80 trozas de *Pinus elliottii* con diámetros de 24 a 33 cm agrupadas en cuatro clases diamétricas con 20 trozas por clase. Encontraron un rendimiento en madera aserrada con el sistema tradicional de 49.01% y en el sistema de asierre programado el rendimiento fue de 52.14%, por lo que la programación de cortes en las trozas, en función del diámetro de las trozas, fue suficiente para aumentar el rendimiento en por lo menos tres puntos porcentuales, lo cual representa una buena alternativa de estudio para implementarla en los aserraderos de Durango. Por su parte, Murara *et al.* (2005) determinaron el rendimiento en madera aserrada mediante dos metodologías de aserrió (sistema convencional y sistema optimizado) en un aserradero de São Bento do Sul, Brasil, utilizando 100 trozas con diámetros entre 18 y 44 cm de *Pinus taeda* agrupadas en cinco categorías diamétricas con 20 trozos por categoría. Obtuvieron un rendimiento en madera aserrada con el sistema tradicional de 35.24 a 43.92% y con el sistema optimizado de 41.65 a 63.04%, y comprobaron que el rendimiento es afectado por el sistema de aserrió, de tal forma que con el sistema de asierre tradicional no observaron una tendencia

de aumento del rendimiento con el aumento en el diámetro de las trozas, pero con el sistema optimizado de asierre el rendimiento sí se incrementó a medida que aumentó el diámetro de las trozas. En el presente estudio, se encontraron valores extremos en el rendimiento de madera aserrada de 36 a 88%, siendo mayor a los de los autores de referencia considerando que el sistema de asierre que se utiliza en la región de El Salto, Durango, es el tipo convencional que de acuerdo con Rocha (2002) consiste en aserrar las trozas sin clasificación ni definición exacta de un modelo de corte para cada clase diamétrica, por lo que tal condición, en la mayoría de la veces, induce a un bajo aprovechamiento de la troza, propiciando una mayor generación de subproductos y residuos del proceso. Nájera *et al.* (2011) determinaron un rendimiento sin corteza en madera aserrada en aserraderos ejidales de la región de El Salto, Durango, de 57.50%, lo cual es menor 4.14% al estimado en el presente trabajo para los aserraderos de propiedad particular; lo anterior indica que por cada metro cúbico de madera en rollo que es procesado es posible obtener hasta 17 pt (0.040 m³) más que los aserraderos ejidales, por lo que se tiene una mejor utilización de la materia prima en los aserraderos de propiedad privada. Debido a que en la región no se utilizan sistemas optimizados para aserrar las trozas en función de su categoría diamétrica, no se observó una tendencia de aumento en el rendimiento con el incremento en el diámetro de las trozas, como lo mencionan Fahey y Sachet (1993); Álvarez *et al.* (2003), quienes indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrió, ya que a medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrió.

La influencia que ejerce la conicidad de las trozas en el rendimiento en madera aserrada es abordado por Manhiça *et al.* (2012), los cuales mencionan que la conicidad propicia que las primeras piezas aserradas después de retirar las costeras siempre presentan una forma irregular, y que para cuadrarlas generalmente se reducen en anchos y largos, lo cual genera un mayor volumen de tiras y recorte teniendo de este modo, rendimientos relativamente bajos en algunas categorías diamétricas o en el rendimiento general del aserradero. La tendencia observada en el presente estudio es consistente con lo expuesto por Nájera *et al.* (2011), quienes encontraron en aserraderos ejidales de la región de El Salto, Durango, una tendencia que a medida que aumenta la conicidad disminuye el rendimiento. De acuerdo con Murara (2005), las principales consecuencias de una alta conicidad de las trozas es la generación de grandes cantidades de desperdicios de madera en forma de costeras, por lo que Steele (1984) menciona que lo anterior obedece a que para la obtención de un bloque de madera sólida, se debe partir del diámetro menor de la troza y cuando existe una excesiva conicidad la posibilidad de tener una pérdida de material excedente en la punta más gruesa es alta; este problema se agrava más con el aumento de la longitud de la troza debido a una disminución natural del diámetro de la base a la punta del árbol.

Con respecto a la productividad del proceso de asierre, García *et al.* (2001) encontraron valores promedio de $2.95 \text{ m}^3 \cdot \text{r} \cdot \text{h}^{-1}$, en aserraderos del sur de Jalisco, la cual resultó inferior en $2.07 \text{ m}^3 \cdot \text{r} \cdot \text{h}^{-1}$ a la obtenida en el presente estudio; tal diferencia se atribuye al largo de las trozas, ya que mientras en el sur de Jalisco utilizaron trozas de 2.44 m (ocho pies), en la región de El Salto, Durango, el largo de las trozas aserradas osciló de 4.88 a 6.09 m (16

a 20 pies). La productividad estimada por Nájera *et al.* (2011) para aserraderos ejidales de El Salto, Durango, fue del orden de los $7.57 \text{ m}^3 \cdot \text{r} \cdot \text{h}^{-1}$, la cual es mayor 33% a la obtenida para los aserraderos particulares del presente estudio, lo anterior influenciado por la velocidad de alimentación, ya que para los aserraderos ejidales fue del orden de los $46.47 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ y en los aserraderos particulares dicha velocidad se estableció en los $40.23 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ para tener tiempos de asierre para 1,000 pt (2.36 m^3) de 25.09 min. en aserraderos ejidales y 31.87 min. en los privados.

CONCLUSIONES

- El rendimiento sin corteza en los aserraderos evaluados es de 61.64%, equivalente a obtener 261 pt (0.616 m^3) por cada metro cúbico de madera en rollo, o bien, se requieren 3.83 m^3 rollo para obtener 1,000 pt (2.36 m^3) de madera aserrada.
- El tiempo para procesar 1,000 pt (2.36 m^3) se estableció en 31.87 minutos de los cuales 25.56 corresponden a los avances y retrocesos del carro escuadra. La productividad promedio se estimó en $5.02 \text{ m}^3 \cdot \text{r} \cdot \text{h}^{-1}$ y la velocidad de alimentación fue de $40.23 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.
- No se observó un incremento del rendimiento con el aumento en el diámetro de las trozas; sin embargo, la productividad sí experimenta un incremento con el aumento del diámetro, mientras que la velocidad de alimentación disminuye ante trozas de diámetros grandes.
- Además, se encontró que el rendimiento, la productividad y la velocidad de alimentación disminuyen a medida que aumenta la conicidad de las trozas.
- El largo de las trozas influye en el rendimiento de madera aserrada, puesto que a medida que aumenta su longitud, el rendimiento disminuye pero se aumenta la productividad.

LITERATURA CITADA

- ÁLVAREZ, D.; ANDRADE, F.; CHÁVEZ, P.; ESTÉVEZ, I.; GARCÍA, J.M., Análisis matemático para elevar la eficiencia de los aserraderos con sierras de banda. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(1): 89-94, 2003.
- BROWN, N.C.; BETHEL, J.S., *La industria maderera*. México: Limusa, 1990.
- FAHEY, T.D.; SACHET, J.K., *Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona and New Mexico*. USDA Forest Service Paper PNW-RP-467. Pacific Northwest Research Station. Portland, Oregon. 18 p., 1993.
- GARCÍA, J.D.; MORALES, L.; VALENCIA, S., *Coefficientes de aserrío para cuatro aserraderos banda del sur de Jalisco*. Foresta-AN. Nota Técnica Núm. 5. UAAAN, Saltillo, Coahuila. 12 p., 2001.
- HUSCH, B.; MILLER, C.; BEERS, T., *Forest mensuration* (4th Ed). New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
- MANHIÇA, A.A.; PEREIRA DA ROCHA, M.; TIMOFEICYK-JÚNIOR, R., Rendimento no desdobro de Pinus sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. *Floresta*, 42(2): 409-420, 2012.
- MURARA JUNIOR, M.I.; PEREIRA DA ROCHA, M.; TIMOFEICYK-JUNIOR, R., Rendimento em madeira serrada de Pinus taeda para duas metodologias de desdobro. *Floresta*, 35(3): 473-483, 2005.
- NÁJERA, J.A.; AGUIRRE, O.A.; TREVIÑO, E.J.; JIMÉNEZ, J.; JURADO, E.; CORRAL, J.J.; VARGAS, B., Tiempos y rendimientos del aserrío en la Región de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(2): 199-213, 2011.
- NÁJERA, J.A.; AGUIRRE, O.A.; TREVIÑO, E.J.; JIMÉNEZ, J.; JURADO, E.; CORRAL, J.J.; VARGAS, B., Rendimiento volumétrico y calidad dimensional de la madera aserrada en aserraderos de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(4): 75-89, 2011a.
- ROCHA, M.P., *Técnicas e planejamento de serrarias*. Serie didáctica 02/01. FUEP, Curitiba. 121 p., 2002.
- ROMAHN DE LA V. C.F.; RAMÍREZ, M.; TREVIÑO, J.L., *Dendrometría*. Serie de apoyo académico Núm. 26. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 387 p. 1987.
- SAS Institute Inc. SAT/STAT® 9.1.2. *User's Guide*. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2004.
- SCANAVACA, L.; GARCÍA, J.N., Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, 63: 32-43, 2003.
- STEELE, P.H., *Factors determining lumber recovery in sawmilling*. Gen. Tech. Rep. FPL-39. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 8 p., 1984.
- UCODEFO 6. *Memoria general de predios del programa de manejo forestal 1997-2007*. El Salto, Durango, México. 207 p., 1997.
- VALÉRIO, Á.F.; WATZLAWICK, L.F.; DOS SANTOS, R.T.; BRANDELERO, C.; KOEHLER, H.S., Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. *Floresta*, 37(3): 387-398, 2007.
- VIGNOTE, P.S.; MARTÍNEZ, R.I., *Tecnología de la madera* (3ª edición). España: Ediciones Mundi-Prensa Libros S.A., 2005.
- VILLAGÓMEZ, L.M.; GARCÍA, A.D., El estudio de trabajo y su aplicación en las operaciones de abastecimiento forestal. *Revista Ciencia Forestal en México*, 59(11): 162-180, 1986.
- VITAL, B.R., *Planejamento e operação de serrarias*. Viçosa, MG, Editora UFV. 211 p., 2008.
- ZAVALA, Z.D., Coeficientes de aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos banda. *Revista Ciencia Forestal en México*, 21(79): 165-181, 1996.
- ZAVALA, Z.D.; HERNÁNDEZ, R., Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. *Revista Madera y bosques*, 6(2): 41-55, 2000.

La influencia de la gestión del conocimiento en el nivel de competitividad de la Pyme manufacturera de Aguascalientes

The influence of knowledge management in competitiveness level of the manufacturing SME of Aguascalientes

Gonzalo Maldonado Guzmán,¹ María del Carmen Martínez Serna,² Ricardo García Ramírez³

Maldonado Guzmán, G.; Martínez Serna, M. C.; García Ramírez, R., La influencia de la gestión del conocimiento en el nivel de competitividad de la Pyme manufacturera de Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 24-32, 2012.

RESUMEN

En un ambiente de negocios incierto y en una nueva era de la economía que caracteriza al siglo XXI, la adquisición de mayores ventajas competitivas y el incremento en el nivel de competitividad se ha convertido en una de las principales prioridades de las empresas, principalmente de las pequeñas y medianas. Para lograr estas metas las organizaciones tienen que mejorar la gestión del conocimiento, ya que el nivel de competitividad depende de la capacidad de desarrollar y gestionar el conocimiento. Por ello, a partir de una muestra de 125 empresas manufactureras del estado de Aguascalientes, este estudio analiza la relación entre la gestión del conocimiento y el nivel de competitividad. Los resultados obtenidos muestran que existe una fuerte influencia de la gestión del conocimiento en el nivel de competitividad de las pequeñas y medianas empresas.

Palabras clave: gestión del conocimiento, competitividad, Pyme.

Keywords: knowledge management, competitiveness, SMEs.

Recibido: 17 de Enero de 2012, aceptado: 12 de Marzo de 2012

¹ Departamento de Mercadotecnia, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, gmaldona@correo.uaa.mx.

² Departamento de Mercadotecnia, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, mcmartin@correo.uaa.mx.

³ Departamento de Finanzas, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, rgarcia@correo.uaa.mx.

ABSTRACT

In an environment of uncertain business and new economy that characterizes the 21st century, the acquisition of more competitive advantages and the high competitiveness level has become one of the main priorities of the firms, mainly of the small and medium-sized enterprises. To achieve these goals the organizations have to improve the knowledge management, since the competitiveness level depends on the firm's capacity to develop and deploy knowledge. For it, starting from a sample of 125 manufacturing firms from the state of Aguascalientes, this paper analyzes the influence of knowledge management at the level of competitiveness. The obtained results show showed a strong influence of the knowledge management in the small and medium-sized enterprises competitiveness level.

INTRODUCCIÓN

La habilidad de las empresas para adecuarse a los cambios que demanda la nueva economía y el ambiente incierto de los negocios depende, esencialmente, del grado de desarrollo de la gestión del conocimiento (Collins y Hitt, 2006), ya que no es importante que las empresas desarrollen sus capacidades funcionales para que les permita aumentar o mantener sus ventajas competitivas (Barney, 1991). Por lo tanto, se puede considerar a la gestión del conocimiento como un conjunto de fases que están estrechamente relacionadas con las distintas competencias y capacidades de la organización (Palacios y Garrigós, 2006).

De igual manera, los recursos de que disponga la empresa tendrán que ser transformados en capacidades de gestión del conocimiento, ya que el nivel de competitividad de las empresas depende de la efectividad de la capacidad de gestión del conocimiento (Collins *et al.*, 2010), pues, de acuerdo con Newman (1996) y Frey (2001), la gestión del conocimiento incrementa la toma de decisiones de la organización en cuanto a cómo, cuándo y dónde se debe crear e incrementar nuevo conocimiento, ya que ello además de facilitar la educación, el entrenamiento y la experiencia de los trabajadores, mejora la competitividad de las empresas, sobre todo de las pequeñas y medianas (Egbu *et al.*, 2005). Asimismo, la gestión del conocimiento mejora la sustentabilidad de la organización y reduce el nivel de muerte de las pequeñas y medianas empresas (Pymes) (Small Business Service, 2004), pues cerca de 36% de las Pymes desaparecen o mueren antes de los tres primeros años de existencia.

Por un lado, Sparrow (2001) consideró que la gestión del conocimiento requiere tanto de una apreciación individual como colectiva de los trabajadores y empleados de la organización. Así, el desarrollo de la gestión del conocimiento en las Pymes debe tener una fundamentación conceptual de la importancia que tiene el conocimiento en la empresa, ya que de ello dependerá, en gran medida, el desarrollo o mantenimiento de las ventajas competitivas (Egbu *et al.*, 2005).

En este mismo sentido, McAdam y Reid (2001) llegaron a la conclusión de que el bajo desarrollo que presentan la mayoría de las Pymes, conjuntamente con un reducido nivel de rendimiento y una pobre inversión en gestión del conocimiento, es muy difícil que alcancen aumentar su nivel de competitividad. También Rodríguez y Ordoñez (2003) y Egbu *et al.* (2005) consideraron que la gestión del conocimiento genera un mayor nivel de desarrollo y mantenimiento de las ventajas competitivas y, por ende, tiene un buen impacto en el nivel de competitividad de las Pymes.

Bajo esta perspectiva, el objetivo fundamental de este estudio es verificar la estrecha relación que existe entre la gestión del conocimiento y la competitividad, para lo cual se realizará un análisis de regresión lineal en las 125 Pymes manufactureras del estado de Aguascalientes. El resto del trabajo de investigación se ha organizado de la siguiente manera: en el segundo apartado se presenta la revisión de la literatura, los trabajos em-

píricos realizados con anterioridad y se plantea la hipótesis de investigación; en el tercer apartado tercero se presenta la metodología y las variables utilizadas; en el cuarto se analizan los resultados obtenidos; y en el quinto se resumen las principales conclusiones y la discusión de los resultados.

Marco teórico y planteamiento de hipótesis

En un mercado caracterizado por un elevado nivel de competitividad y un ambiente de los negocios cambiante e incierto, como en el que actualmente participan las empresas, mantener o incrementar las ventajas competitivas es muy difícil de lograrlo (Collins *et al.*, 2010), y es precisamente esta dificultad la que genera una diferenciación en el nivel de las organizaciones, lo que genera que la competencia implemente otro tipo de estrategias empresariales, aprovechando al máximo los recursos de que disponga (Collins *et al.*, 2010).

En este sentido, la teoría de los recursos de las empresas expone la forma en cómo los recursos son aplicados y combinados por las organizaciones, ya que los recursos organizacionales permiten mantener su ventaja competitiva y mejorar sustancialmente su nivel de competitividad (Barney, 1991; Peteraf, 1993; Ventura, 1996). Asimismo, de acuerdo con esta teoría, la empresa es considerada como una acumulación de recursos de diversa naturaleza (Wernerfelt, 1984), y estos recursos permiten a las empresas diseñar e implementar diversas estrategias que mejoren su eficacia y eficiencia, lo que puede generar un incremento en su nivel de competitividad (Amit y Schoemaker, 1993; Grant, 1991, 1996).

Así, para que los recursos de que disponga la organización puedan ser utilizados como un recurso que genere un mayor nivel de competitividad, es necesario considerar que estos recursos sean los más raros posibles, evaluados, no sean sustituibles y difíciles de imitar (Barney, 1991). Por su parte, Dierickx y Cool (1989) también habían considerado que estos recursos no deberían ser comercializados, ser desarrollados y acumulados al interior de la empresa, tener su origen en las habilidades y conocimiento del personal de la organización, y deben tener una fuerte relación con la empresa. Por lo tanto, la gestión del conocimiento es uno de los recursos de la organización que presenta todas estas características (Rodríguez y Ordoñez, 2003).

Por un lado, la literatura presenta diversas tipologías de la gestión del conocimiento de las

empresas, entre ellas se encuentra el conocimiento científico y práctico (Heyek, 1945), el objetivo y el basado en las experiencias (Penrose, 1959), el procedimental (Winter, 1987), el incorporado (Zuboff, 1988), el migratorio y el integrado (Badaracco, 1991), y el codificado (Blacker, 1993). Pero sin lugar a dudas, la tipología más utilizada en la literatura es aquella que distingue el conocimiento tácito y el explícito, propuesta inicialmente por Polanyi (1966) y desarrollada posteriormente por Nonaka y Takeuchi (1995).

El conocimiento tácito es aquel que es adquirido a través de la experiencia, es considerado como íntimamente familiar (Spender, 1996a, b), y obtenido por medio de una osmosis cuando se ingresa por primera vez a una empresa, o cuando se realiza una actividad distinta a la que se está acostumbrado a realizar (Rodríguez y Ordóñez, 2003). Por su parte, el conocimiento explícito o codificado (Polanyi, 1966) es aquel que es transmitido de manera formal por medio de un lenguaje sistemático, y puede adoptar la forma de programas, *software*, patentes, diagramas u otras formas (Hedlund, 1994).

Por otro lado, para que las empresas puedan desarrollar o mantener su nivel de competitividad, por una parte, tienen que combinar el conocimiento tácito y el explícito a través de la gestión del conocimiento que posea la organización (Rodríguez y Ordóñez, 2003), y por la otra, tienen que proveer un valor adicional a los consumidores por medio de una reducción en los precios, una mayor calidad en los productos o justificando un precio alto con un producto diferenciado, para ello la empresa tiene que hacer uso efectivo de la gestión del conocimiento entre las distintas áreas funcionales, y utilizar al máximo los recursos tecnológicos disponibles (Collins *et al.*, 2010).

Es por ello que la gestión del conocimiento se presenta en la literatura del campo de la gestión empresarial como un elemento fundamental que permite mantener o incrementar el nivel de competitividad de las empresas (Rodríguez y Ordóñez, 2003). Asimismo, es necesario que la empresa identifique las distintas categorías de conocimiento que posee para que, además de mejorar su estrategia empresarial, evalúe la situación actual en que se encuentra su gestión del conocimiento, y transforme el conocimiento existente en la organización en uno nuevo y más potente (Earl y Scott, 1999).

En este sentido, la habilidad que posean las empresas para realizar una efectiva gestión del conocimiento, dependerá de su idiosincrasia y de la dificultad que tengan las demás empresas de imitar sus capacidades (Cohen y Levinthal, 1990). Asimismo, la habilidad para adquirir, asimilar e integrar nuevo conocimiento fuera de la empresa, puede ser esencial para adquirir una fuerza significativa que le permita mejorar su nivel de competitividad (Kogut y Zander, 1993; Grant, 1996; Spender y Grant, 1996).

Bajo este contexto, la gestión del conocimiento es uno de los elementos más relacionados directamente con cualquier tipo de desempeño de la empresa (Drucker, 1993; Assudani, 2005), ya que la literatura sugiere que en un ambiente altamente dinámico, el incremento de la gestión del conocimiento de las empresas tiende a reducir riesgos e incertidumbres (Liebeskind, 1996). Por lo tanto, las empresas deben de tener la capacidad de adquirir, asimilar e integrar el nuevo conocimiento con el conocimiento ya existente (Zollo y Winter, 2002).

Así, la combinación del conocimiento ya existente entre los trabajadores y empleados de la organización, con el conocimiento recientemente adquirido por los mismos, puede generar la creación de nuevo conocimiento al interior de las empresas (Schoemaker, 1993; Ketchen *et al.*, 2004) y el desarrollo o generación de oportunidades emprendedoras (Zahra, 2008), ya que el conocimiento es un recurso vital para cualquier organización, y la gestión del conocimiento es el elemento primordial que transforma los recursos existentes en las empresas en capacidades (Collins *et al.*, 2010).

Finalmente, diversos autores en la literatura reciente sobre gestión han aportado evidencia empírica, tanto de la importancia que tiene la gestión del conocimiento en las empresas, como de la estrecha relación que guarda con el nivel de competitividad (Rastogi, 2000; Carneiro, 2000; Dierkes *et al.*, 2001; Pyka, 2002; Allard y Holsapple, 2002; Rodríguez y Ordóñez, 2003; Sríca, 2004; Egbu *et al.*, 2005; Collins *et al.*, 2010). Por lo tanto, en estos momentos se puede plantear la hipótesis que relaciona la gestión del conocimiento y el nivel de competitividad.

H1: A mayor gestión del conocimiento, mayor nivel de competitividad de la Pyme manufacturera de Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para validar la hipótesis planteada en este trabajo de investigación se llevó a cabo una investigación empírica en las Pymes manufactureras de Aguascalientes, considerando para ello como marco contextual el Directorio Empresarial 2009 del Sistema de Información Empresarial de México para el Estado de Aguascalientes, el cual tenía registradas hasta el 30 de julio de 2012, 1,362 empresas. Asimismo, para efectos de este estudio se consideró solamente a aquellas empresas que tenían entre 20 y 250 trabajadores, con lo cual la población se redujo a 130 empresas. Por lo tanto, dado que la muestra era muy pequeña se consideró encuestar a todas las empresas por medio de una entrevista personal, recibiendo un total de 125 encuestas, y obteniendo una tasa de respuesta de 96%. La tabla 1 resume los aspectos más relevantes de la investigación efectuada.

Variables

Para medir la gestión del conocimiento se consideraron las cuatro dimensiones propuestas por Bozbura (2007: 1) *entrenamiento de los empleados*, medido por medio de una escala de 5 ítems y adaptada de Bontis (2000) y la OECD (2003); 2) *políticas y estrategias de gestión del conocimiento*, medida en una escala de 13 ítems y adaptada de Bozbura (2004, 2007); 3) *creación y adquisición de conocimiento externo*, medido a través de una escala de 5 ítems y adaptada de la OECD (2003) y de Bozbura (2007); y 4) *efectos de la cultura organizacional en la gestión del conocimiento*, medido con una escala de 4 ítems y adaptada de la OECD (2003) y de Bozbura (2007). Con respecto a la medición de la competitividad, se tomaron en cuenta los tres factores propuestos

por Buckley *et al.* (1988: 1) *rendimiento financiero*, medido por medio de una escala de 6 ítems; 2) *reducción de costos*, medido con una escala de 6 ítems; y 3) *uso de tecnología*, medido a través de una escala de 6 ítems.

Además, los ítems de todos los factores fueron medidos a través de una escala tipo Likert de 5 puntos con 1 = Total desacuerdo a 5 = Total acuerdo como límites, y a partir de las respuestas obtenidas de cada una de las preguntas de los cuatro factores de la gestión del conocimiento, se construyó la variable gestión del conocimiento con la sumatoria de todas las preguntas. Para la construcción de la variable competitividad, también se sumaron todas las respuestas conseguidas de los tres factores utilizados.

Tamaño: esta variable se midió a través del número medio de empleados de las empresas del año 2010.

Edad: medida a través del número de años transcurridos desde el inicio de actividad de las empresas a la fecha.

Para comprobar la influencia de la gestión del conocimiento en el nivel de competitividad de las Pymes manufactureras del estado de Aguascalientes, se efectuó una regresión lineal por MCO utilizando el siguiente modelo general:

$$\text{Competitividad}_i = b_0 + b_1 \cdot \text{Gestión del Conocimiento} (\Sigma \text{entrenamiento de los empleados} - \text{políticas y estrategias de gestión del conocimiento} - \text{creación y adquisición de conocimiento externo} - \text{efectos de la cultura organizacional}) + b_2 \cdot \text{Tamaño} + b_3 \cdot \text{Edad} + \varepsilon_i$$

Tabla 1. Diseño de la investigación

Características	Investigación
Población*	130 pequeñas y medianas empresas
Área geográfica	Estado de Aguascalientes (México)
Muestra	Pymes de 20 a 250 empleados
Método de recolección de la Información	Entrevistas personales a los gerentes
Método de muestreo	Muestreo aleatorio simple
Tamaño de la muestra	125 Pymes
Error del muestreo	+/- 1% error, nivel de confiabilidad de 99% (p=q=0.5)
Trabajo de campo	Septiembre a diciembre de 2010

* Fuente: Sistema de Información Empresarial de México (SIEM), 2009.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la aplicación del análisis de regresión lineal se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 2. Relación entre la gestión del conocimiento y el nivel de competitividad

Variables	Nivel de competitividad
Gestión del conocimiento	0.359*** (4.200)
Tamaño	0.108 (1.264)
Edad	0.024 (0.278)
VIF más alto	1.042
Valor F	7.126***
R ² Ajustado	0.128

Debajo de cada coeficiente estandarizado, entre paréntesis, valor del estadístico t-student.

*= $p \leq 0.1$; **= $p \leq 0.05$; ***= $p \leq 0.01$

Los resultados obtenidos y que se presentan en la tabla 2 indican que la gestión del conocimiento tiene una influencia positiva significativa en el nivel de competitividad de la Pyme manufacturera de Aguascalientes ($\beta = 0.359$, $p < 0.01$), lo cual permite confirmar la hipótesis establecida en este trabajo de investigación. Sin embargo, tanto el tamaño ($\beta = 0.108$) como la antigüedad de la empresa ($\beta = 0.024$) no tienen un efecto positivo significativo en el nivel de competitividad de las Pymes, lo que indica que el tamaño y la antigüedad no son buenas variables que permitan medir el nivel de competitividad de las empresas.

En lo que respecta a la validez del modelo de regresión lineal general, éste se contrasta por medio de la R² ajustada, cuyo valor (0.128) es significativo, y a través de la F, cuyo valor (7.126***) también es significativo. Asimismo, las variables independientes del modelo de regresión tienen un factor de inflación de la varianza (VIF) cercano

a la unidad (1.042), lo que permite descartar la presencia de multicolinealidad.

Por otro lado, analizando más a detalle en cuáles de los tres elementos en los que se midió el nivel de competitividad (*rendimiento financiero, reducción de costos y uso de tecnología*), tiene un mayor nivel de influencia la gestión del conocimiento, entonces hacemos uso del modelo lineal general descrito anteriormente, y sustituimos la variable competitividad por cada uno de los tres elementos considerados para su medición. Los resultados obtenidos de este análisis se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 3. Relación entre la gestión del conocimiento y el rendimiento financiero

Variables	Rendimiento financiero
Gestión del conocimiento	0.210** (2.339)
Tamaño	0.081 (0.896)
Edad	0.050 (0.555)
VIF más alto	1.042
Valor F	2.419*
R ² Ajustado	0.033

Debajo de cada coeficiente estandarizado, entre paréntesis, valor del estadístico t-student.

*= $p \leq 0.1$; **= $p \leq 0.05$; ***= $p \leq 0.01$

Considerando el rendimiento financiero, la tabla 3 muestra los resultados obtenidos, los cuales indican que la gestión del conocimiento tiene una influencia positiva significativa en el rendimiento financiero ($\beta = 0.210$, $p < 0.05$). Además, tanto el tamaño ($\beta = 0.081$) como la antigüedad de la empresa ($\beta = 0.050$) no tienen una influencia significativa en el rendimiento financiero de las Pymes, y los valores de R² ajustada (0.033) y de F (2.419*) son significativos, y el valor del FIV (1.042) es cercano a la unidad, lo cual permite validar el modelo de regresión.

Tabla 4. Relación entre la gestión del conocimiento y la reducción de costos

Variables	Reducción de costos
Gestión del Conocimiento	0.188** (2.068)
Tamaño	0.047 (0.513)
Edad	0.003 (0.028)
VIF más alto	1.042
Valor F	1.669
R ² Ajustado	0.016

Debajo de cada coeficiente estandarizado, entre paréntesis, valor del estadístico t-student.

*= $p \leq 0.1$; **= $p \leq 0.05$; ***= $p \leq 0.01$

Tomando en cuenta la reducción de costos, la tabla 4 presenta los resultados obtenidos e indican que también la gestión del conocimiento tiene una influencia positiva significativa en la reducción de costos de las Pymes ($\beta = 0.188$, $p < 0.05$). De igual manera, ni el tamaño (0.047) ni la antigüedad de las empresas (0.003) tienen una influencia significativa en la reducción de costos, lo mismo sucede con los valores de R² ajustada (0.016) y de F (1.669), y el valor del FIV (1.042) es cercano a la unidad, lo que permite validar el modelo de regresión.

Tabla 5. Relación entre la gestión del conocimiento y el uso de tecnología

Variables	Uso de tecnología
Gestión del conocimiento	0.443*** (5.448)
Tamaño	0.127 (1.554)
Edad	0.006 (0.072)
VIF más alto	1.042
Valor F	11.890***
R ² Ajustado	0.209

Debajo de cada coeficiente estandarizado, entre paréntesis, valor del estadístico t-student.

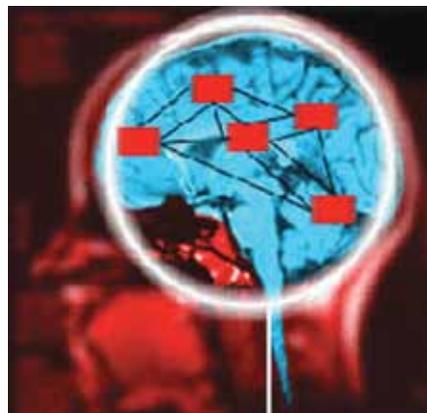
*= $p \leq 0.1$; **= $p \leq 0.05$; ***= $p \leq 0.01$

Por último, considerando el uso de la tecnología, la tabla 5 muestra los resultados obtenidos, los cuales indican que la gestión del conocimiento tiene una fuerte influencia positiva significativa en el uso de tecnología de las Pymes manufactureras de Aguascalientes ($\beta = 0.443$, $p < 0.01$), incluso tiene un mayor efecto que el logrado en el nivel de competitividad, lo que indica que este elemento es más importante que los dos elementos anteriores para medir el nivel de competitividad, y es en el cual la gestión del conocimiento de las Pymes se ve mejor reflejada.

Con respecto a la validez del modelo de regresión lineal, éste se contrasta utilizando la R² ajustada (0.209) y la F (11.890***), cuyos valores son altamente significativos. Además, las variables independientes del modelo de regresión lineal general tienen un VIF (1.042) muy cercano a la unidad, lo cual permite descartar la presencia de multicolinealidad y validar el modelo.

DISCUSIÓN

Actualmente, diversas Pymes se están apropiando del conocimiento externo obtenido de fuentes industriales, instituciones públicas, centros de investigación e internet, lo cual permite a los trabajadores y empleados de la organización obtener un mayor cúmulo de conocimiento que puede mejorar sus habilidades y destrezas. Asimismo, este tipo de conocimiento permite a las Pymes conocer más detalladamente, tanto los cambios que se están generando en el mercado como las actividades que realizan sus principales competidores, lo que ofrece la posibilidad de que las Pymes se adelanten a las actividades que realizará la competencia y se incremente su participación de mercado.



De igual manera, los gerentes o dueños de las Pymes manufactureras deberán de implementar un sistema de valores y promoción cultural entre sus trabajadores y empleados, para que los motiven tanto a trabajar en equipo en las distintas actividades que realice la organización, como a expresar sus opiniones e ideas con total libertad, lo que puede traer como resultado la generación de un ambiente laboral propicio en el que los trabajadores y empleados, se sientan en total libertad de desarrollar e implementar nuevas formas de trabajar y hacer las cosas que mejoren significativamente la empresa.

Adicionalmente, si las Pymes están dispuestas a mejorar significativamente su nivel de competitividad, en primera instancia tendrán que crear las condiciones necesarias para que se incrementen y desarrollen las habilidades, destrezas y experiencia de los trabajadores y empleados a través de un entrenamiento formal e informal; y en segunda instancia, eficientar el uso de la tecnología que poseen para que con ello se reduzcan los costos de producción, se mejore la calidad del producto, se eficiente el proceso de producción y mejore sustancialmente la gestión del conocimiento de la organización.

Finalmente, este estudio tiene una serie de limitaciones que es preciso considerar. La principal limitación es la muestra, pues solamente se consideraron las Pymes de 20 a 250 trabajadores, por lo cual en estudios futuros se debería considerar a las empresas de menor tamaño para verificar el comportamiento del modelo. Otra limitación es la referente a las variables utilizadas, ya que solamente se consideró una parte de la información

de la gestión del conocimiento y la competitividad, por lo cual en estudios futuros sería interesante utilizar otro tipo de variables más cuantitativas. Una última limitación es que la encuesta se aplicó solamente a los gerentes o dueños de las Pymes, con lo cual se asumió que éstos tienen un buen conocimiento de las variables utilizadas, por lo cual los resultados no necesariamente pueden reflejar la realidad de la organización.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir en dos aspectos esenciales. En primer lugar, si las Pymes manufactureras mantienen o mejoran su nivel de competitividad, entonces es necesario que inicialmente optimicen la gestión del conocimiento tanto de los trabajadores como de los empleados de la organización, ya que ello les proporcionará las habilidades, destrezas, conocimientos y experiencia que requieren para mejorar los productos y servicios ofrecidos a los clientes y al consumidor final.

En segundo lugar, para lograr incrementar las habilidades y destrezas de los trabajadores y empleados, las Pymes tendrán que diseñar e implementar un programa de entrenamiento y una política de gestión del conocimiento, de tal manera que tanto los trabajadores como los empleados compartan las habilidades adquiridas con sus compañeros de trabajo, e incluso con los nuevos trabajadores que se incorporen a la organización, para que la sinergia que se logre en el ambiente del trabajo no se pierda y, por el contrario, se fortalezca mejorando con ello la cultura organizacional.

LITERATURA CITADA

- ALLAND, S.; HOLSAPPLE, C.W., Knowledge management as a key for e-business competitiveness: from the knowledge chain to KM audits. *The Journal of Computer Information Systems*, 42(5): 19-25, 2002.
- AMIT, R.; SCHOEMAKER, J.P., Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, 14: 33-46, 1993.
- ASSUDANI, R.H., Catching the chameleon: understanding the elusive term "knowledge". *Journal of Knowledge Management*, 19: 31-44, 2005.
- BADARACCO, J., *The Knowledge Link: Competitive Advantage through Strategic Alliances*. Boston, MA.: Harvard Business School Press, 1991.
- BARNEY, J., Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1): 99-120, 1991.
- BLACKER, F., Knowledge and the theory of organizations: organizations as activity systems and the reframing of management. *Journal of Management Studies*, 30: 863-884, 1993.
- BONTIS, N., Intellectual capital and business performance in Malaysian industries. *Journal of Intellectual Capital*, 1(1): 85-100, 2000.
- BOZBURA, F.T., Knowledge management practices in Turkish SMEs. *Journal of Enterprise Information Management*, 20(2): 209-221, 2007.
- BOZBURA, F.T., Measurement and application of intellectual capital in Turkey. *The Learning Organization: An International Journal*, 11(4/5): 357-367, 2004.
- BUCKLEY, J.P.; PASS, L.C.; PRESCOTT, K., Measures of International Competitiveness: A critical survey. *Journal of Marketing Management*, 4(2): 175-200, 1988.
- CARNEIRO, A., How does knowledge management influence innovation and competitiveness? *Journal of Knowledge Management*, 4(2): 87-103, 2000.
- COHEN, J.J.; LEVINTHAL, D.A., Absorptive capacity: a new perspective of learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1): 128-152, 1990.
- COLLINS, J.D.; HIT, M.A., Leveraging tacit knowledge in alliances: the importance of using relational capabilities to build and leverage relational capital. *Journal of Engineering and Technology Management*, 23(3): 147-167, 2006.
- COLLINS, J.D.; WORTHINGTON, W.J.; REYES, P.M.; ROMERO, M., Knowledge management, supply chain technologies and firm performance. *Management Research Review*, 33(10): 947-960, 2010.
- DIERICKX, Y.; COOL, K., Asset stock accumulation and sustainability of competitive advantage. *Management Science*, 35: 1504-1511, 1989.
- DIERKES, M.; BERTHOIN, A.; CHILD, A.; NONAKA, I., *Handbook of Organizational Learning and Knowledge*. USA: Oxford University Press, 2001.
- DRUCKER, P.F., *Post-capitalist Society*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1993.
- EARL, M.J.; SCOTT, I.A., Opinion, what is a chief knowledge officer? *Sloan Management Review*, Winter, 1999.
- EGBU, C.O.; HARI, S.; RENUKKAPA, S.H., Knowledge management for sustainable competitiveness in small and medium surveying practices. *Structural Survey*, 23(1): 7-21, 2005.
- FREY, R.S., Knowledge management proposal development and small businesses. *Journal of Management Development*, 20: 38-54, 2001.
- GRANT, R.M., A resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California Management Journal*, 33(3): 114-135, 1991.
- GRANT, R.M., Prospering in dynamically-competitive environments: organizational capability as knowledge integration. *Organization Science*, 7(4): 375-387, 1996.
- HAYEK, F.A., The use of knowledge in society. *The American Economic Review*, 35(4): 519-530, 1945.
- HEDLUND, G., A model of knowledge management and the N-form corporation. *Strategic Management Journal*, 15: 73-90, 1994.
- KETCHEN, D.J.; SNOW, C.C.; STREET, V.L., Improving firm performance by matching strategic decision-making processes to competitive dynamics. *Academy of Management Executive*, 18(4): 29-30, 2004.
- KOGUT, B.; ZANDER, U., Knowledge of the firm and the evolutionary theory of the multinational. *Journal of International Business Studies*, 24: 625-645, 1993.
- LIEBESKIND, J.P., Knowledge, strategy and the theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17: 93-107, 1996.
- McADAM, R.; REID, R., SME and large organization perceptions of knowledge management: comparisons and contrasts. *Journal of Knowledge Management*, 5: 231-241, 2001.
- NEWMAN, B.D., The benefits and values of knowledge management, available at: <http://revolution.3-cities.com/bonewman.htm> (accessed 6 december 2011). 1996.

- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H., *The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. USA: Oxford University Press, 1995.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), *Measuring Knowledge Management in the Business Sector*, OECD/Minister of Industry, Ottawa. 2003.
- PALACIOS, D.M.; GARRIGÓS, J.S. The effect of knowledge management practices on firm performance. *Journal of Knowledge Management*, 10(3): 143-156, 2006.
- PENROSE, E.T., *The Theory of the Growth of the Firm*. New York: John Wiley & Sons, 1959.
- PETERAF, M.A., The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view. *Strategic Management Journal*, 14: 179-191, 1993.
- POLANYI, M., *The Tacit Dimension*. London: Routledge & Kegan Paul, 1966.
- PORTER, M.E., What is strategy. *Harvard Business Review*, November-December: 61-78, 1996.
- PYKA, A., Innovation networks in economics: from the incentive-based of the knowledge-based approaches. *European Journal of Innovation Management*, 5(3): 152-163, 2002.
- RASTOGI, P.N., Knowledge management and intellectual capital—the new virtuous reality of competitiveness. *Human Systems Management*, 19: 39-48, 2000.
- RODRÍGUEZ, P.J.; ORDOÑEZ, D.P., Knowledge management and organizational competitiveness: a framework for human capital analysis. *Journal of Knowledge Management*, 7(3): 82-91, 2003.
- SCHOEMAKER, P.J.H., Multiple scenario development: its conceptual and behavioral foundation. *Strategic Management Journal*, 14(3): 193-213, 1993.
- SMALL BUSINESS SERVICE, available at: www.sbs.gov.uk/default.php?page=/statistics/default.php (accessed 6 december 2011), 2004.
- SPARROW, J., Knowledge management in small firms. *Knowledge and Process Management*, 8: 3-16, 2001.
- SPENDER, J.C.; GRANT, R.M., Knowledge and the firm: overview. *Strategic Management Journal*, 17: 5-9, 1996.
- SPENDER, J.C., Organizational knowledge, learning and memory: three concepts in search of a theory. *Journal of Organizational Change Management*, 9: 63-79, 1996a.
- SPENDER, J.C., Making knowledge, collective practice and Penrose rents. *International Business Review*, 3: 4-5, 1996b.
- SRICA, V., *Inventivni menedzer*. Zagreb: Znanje, 2004.
- VENTURA, J., *Análisis Dinámico de la Estrategia Empresarial: Un Ensayo Interdisciplinar*. España: Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo, 1996.
- WERNERFELT, B., A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5: 171-180, 1984.
- WINTER, S.G., Knowledge and competence as strategic assets. In: Teece, D. (Ed.), *The Competitive Challenge-Strategic for Industrial Innovation and Renewal*. Cambridge, MA.: Ballinger, 1987.
- ZAHRA, S.A., The virtuous cycle of discovery and creation of entrepreneurial opportunities. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 2(3): 243-257, 2008.
- ZOLLO, M.; WINTER, S.G., Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organization Science*, 13(3): 339-351, 2002.
- ZUBOFF, S., *In the Age of the Smart Machine: The Future of Work and Power*. New York: Basic Books, 1988.

Familias de pacientes con parálisis cerebral severa: sus indicadores de calidad de vida

Families of patients with severe cerebral palsy: their indicators
and quality of life

Carolina Mora Huerta¹

Mora Huerta, C., Familias de pacientes con parálisis cerebral severa: sus indicadores de calidad de vida. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 33-41, 2012.

RESUMEN

Este artículo presenta el resultado de un estudio realizado a familias de pacientes con parálisis cerebral severa (PCI) inscritos en el Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Aguascalientes. El objetivo del estudio fue identificar y describir cuáles son los indicadores de Calidad de Vida (CV) tanto para los pacientes como para los demás miembros de la familia. En el estudio se usó un enfoque cualitativo etnometodológico, aplicando una misma entrevista a 13 familias diferentes. Las familias señalaron a la convivencia con la familia y con su medio sociocultural como el principal indicador de CV. Para el miembro con discapacidad, refirieron como indicador de CV la integración, el afecto, el bienestar y las necesidades básicas. El estudio también revela los indicadores de CV para los padres y los hermanos del paciente con discapacidad.

ABSTRACT

This article presents the results of a study conducted to families of patients with severe cerebral palsy (PCI) registered in the center of children's rehabilitation Telethon Aguascalientes. The objective of the study was to identify and describe

Palabras claves: calidad de vida, discapacidad, parálisis cerebral, familia, sistema familiar, integración social.

Keywords: quality of life, disability, cerebral palsy, family, systems, social integration.

Recibido: 5 de Marzo de 2012, aceptado: 8 de Junio de 2012

¹ Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Aguascalientes, carolina_mh@yahoo.com.mx.

those indicators of quality of life (HP) both for patients and other members of the family. The study used a qualitative ethnomethodologic approach, applying the same interview with 13 different families. Families pointed to the coexistence with the family and their socio-cultural environment as the main indicator of CV. For its part, from the member with disabilities pointed as an indicator of CV, the integration, the affection, the welfare and basic needs. The study also shows results for the parents and siblings about his indicators of CV.

INTRODUCCIÓN

La familia es un grupo natural en el cual los miembros son más que partes de un todo, y uno está determinado en interacción dinámica con los demás que lo configuran. Dentro de la estructura familiar se encuentran los subsistemas, que son entidades dentro de las jerarquías. De este modo, las acciones de cada uno de los miembros afectan a los otros, y las acciones de los otros afectan a cada uno. Todo ello en una circularidad donde un comportamiento o cierta pauta, pueden responder a muchas causas dentro de la misma dinámica de la familia (Minuchin, 1995). Como todo sistema abierto, se encuentran en un continuo flujo de comunicación, mismo que define las interacciones entre los miembros del grupo, el cual, además, debe cumplir con ciertas tareas en su evolución.

Para entender a las familias abordadas en el estudio, es necesario comprender la discapacidad, específicamente la parálisis cerebral, que es el diagnóstico que se aborda en la presente in-

vestigación. Vera (2001: 513) lo define como: "el cuadro clínico caracterizado por la alteración en la motricidad, el tono y la postura, secundario a la acción de una lesión producida en un cerebro inmaduro, es decir, durante la vida intrauterina, en el periodo perinatal o en los primeros cinco años de vida".

Dos de las clasificaciones descritas por Vera (2001) son: topográfica e intensidad. La primera comprende el compromiso de los dos miembros de un mismo lado (hemiparesia), cuatro miembros (cuadriparesia), tres miembros (triparesia), miembros inferiores (paraparesia), dos miembros, con frecuencia de los superiores (diparesia), o un solo miembro (monoparesia). La intensidad refiere: leve (el compromiso no afecta las actividades del niño); moderada (el niño requiere ayuda para la realización de algunas actividades y para los desplazamientos, requiere de aditamentos y ortesis); severa (la disfunción es tan severa que se necesita otra persona que realice las actividades por el infante, por lo general se encuentra en silla de ruedas o en cama). Sobre todo una parálisis severa constituye una condición que afecta, en muchas ocasiones, al desenvolvimiento global de la persona, para aquellas habilidades indispensables en la vida cotidiana. Dicha discapacidad priva al individuo del desempeño normal a nivel social y no permite la propia aceptación de la discapacidad (Eroles, 2002). Por otra parte, el estrés que causa la vida sedentaria, dependiente y aislada puede ser causa de deterioro emocional, cognitivo y social de los pacientes, llevándolos finalmente al detrimento físico. Es por ello necesario dar a cada uno de los pacientes la posibilidad de alcanzar su realización (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2002).

² La OMS define salud como "un estado de completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades".

³ Lorenz afirma que en los gansos que estuvo estudiando, eran características las marcas en el rostro debidas a estados depresivos prolongados, presentándose estas expresiones en seres humanos también, donde el contorno inferior de los ojos, es debido al tono muscular en estados de dolor, aflicción. Él encontró estos signos en animales que tuvieron historias de mucho sufrimiento.

⁴ Hay que tener cuidado al momento de leer estas líneas, ya que la desvalorización que hacen los humanos comúnmente acerca de otras especies, puede crear el error de leer este párrafo como la degradación de las personas con discapacidad. Sólo la humildad (como afirmó Lorenz en su momento), nos permitirá no sólo comprender nuestra condición como seres vivos en este mundo con o sin discapacidad, sino también nos ayudará a darle la dignidad y el respeto que merecen las otras especies con las que compartimos nuestro planeta.

Por otra parte, el interés por el tema de la CV surge en los años sesenta debido a la preocupación por el efecto de la creciente industrialización. En un principio fue relacionado a los bienes materiales o a los medios tecnológicos o científicos, o bien, de acuerdo a un modelo médico. Esta concepción ha ido transformándose poco a poco en la satisfacción de los recursos disponibles, poniendo énfasis, sobre todo, en la dignidad de la persona (Masiá, 2007).

Así, al concepto de CV se le ha definido con varios planteamientos, particularmente el médico, el cual todavía en la década pasada, algunos autores utilizaban más que otros aspectos psicológicos, sistémicos o ecológicos. Sin embargo, si tomamos en cuenta la definición que da la Organización Mundial de la Salud (OMS) acerca de la salud² (que es el eje sobre el que gira la CV para los constructos más de orden médico), sería imposible para el ser humano alcanzar un buen nivel de vida, ya que la generalidad de la población mundial tiene algún tipo de afección.

Ferris (2006) propone considerar que el ser humano tiene dos tipos de vivencia: una endógena y otra exógena. La endógena relacionada con la experiencia vital a nivel mental, emocional y fisiológico; la exógena, con la estructura social (características psicosociales, demográficas, instituciones, de estructura sociocultural, de medio ambiente). Ambas partes tienen un punto en común: la evaluación por parte del sujeto. Ahora bien, cuando el autor habla de nivel mental, emocional y fisiológico, no es específico en sentido de cantidad o cualidad, sin embargo, hay que considerar que las capacidades con las que cuenta o no un individuo, no modifican ni su dignidad, ni su posibilidad para tener CV, ya que todo individuo puede realizar una evaluación emocional o cognitiva muy básica de su propio bienestar. Especies diferentes a los seres humanos tienen esta misma capacidad, tal como relata Lorenz (1994) en el ejemplo de la afección en el tono muscular de los gansos.³

En los casos de las discapacidades severas, muchas de las personas que las padecen no pueden realizar una evaluación cognitiva muy elaborada, pero sí se valen de sus capacidades emocionales (como en el caso de los gansos⁴), utilizando los medios de expresión que están a su alcance, como la sonrisa, las expresiones faciales, el llanto, o incluso puede observarse en la expresión de su rostro. Para el Comité Español de

Representantes de personas con Discapacidad (CERMI, 2002), el término más adecuado para esta población no es el de *calidad de vida* sino el de *vida participativa*, entendiendo esta como "la integración, las experiencias normalizadoras, la posibilidad de elección". Agregan que no interesa "lo que puede hacer sólo [la persona], de forma independiente, sino lo que puede hacer con ayuda de otro (compañero, cuidador, familiar, asistente personal, etc.), y la calidad y disfrute de las cosas que puede realizar incluso con ayuda (humana y/o técnica)" (pp. 8-9).

Otro de los elementos principales en el estudio de la CV ha sido el medio ambiente. Shalock y Verdugo (2002) hablan de la evaluación en cuanto al apoyo gubernamental y su visión de la sociedad en la que se vive; por su parte, Palomba (2002) habla de la satisfacción con respecto a las políticas sociales en concordancia con las necesidades individuales; por su parte, Yanguas Lezaun (2006) menciona la necesidad del apoyo social (entendido como las oportunidades de construir redes sociales e interacción en su contexto para el mantenimiento de la salud física y mental de los individuos. En todos los casos los autores coinciden en que un segundo elemento para la definición de la CV tiene que ver con si el gobierno y/o sus instituciones son capaces de cubrir las necesidades específicas de cada grupo social. En ambas dimensiones, la interna y la externa a la familia, la CV refiere a la satisfacción del individuo con respecto a su condición.

Actualmente, no se conoce ningún escrito acerca de la dinámica de las familias con un miembro con parálisis cerebral severa en específico, tampoco acerca de cómo conciben ellos la CV. John S. Rolland, catedrático de la Universidad de Chicago, nos habla de las características que presentan las familias desde el enfoque sistémico que él mismo ha adoptado.

Rolland comenta que las familias que tienen un miembro que presenta una enfermedad grave, mortal o discapacitante, suelen presentar dificultades no sólo con el miembro afectado, sino dentro de todo el sistema. Las alteraciones empiezan a hacerse presentes desde la primera consideración, en la cual el paciente requiere más cuidados y atención que ningún otro miembro, lo que lo convierte en el foco de atención para la familia. Dichas alteraciones se presentan debido a la dificultad para diferenciarse unos de otros. Tarea que para Bowen (1979) es primordial:

la diferenciación del sí mismo familiar, y que con esto se abre la posibilidad de alcanzar autonomía dentro de las relaciones. Aunque, como señala Rolland (2000), los trastornos del apego que pueden presentarse no necesariamente constituyen un problema, ya que en ocasiones puede ser adaptativo.

En estas familias, con un miembro con discapacidad, se han encontrado coincidencias con familias psicósomáticas: apego excesivo, rigidez, conflictos no resueltos, sobreprotección e inclusión del niño como tercero en un triángulo.

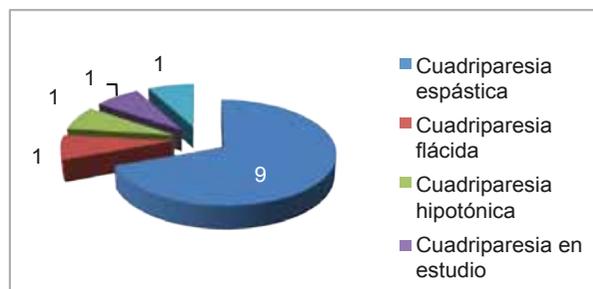


Figura 1. Prevalencia del tipo de discapacidad en las familias entrevistadas.

Algunas otras características que se observan en estas familias son: relaciones de pareja deterioradas debido a los múltiples roles que deben desempeñar (cuidador, enfermero, padre y madre); complicación en las relaciones cuando deben pasar por las etapas normativas del ciclo vital de su familia; culpas en quienes tienen el deseo de librarse de la carga; dificultad para mantener la integridad de la familia.

Según Rolland, el efecto de la discapacidad dependerá de roles y flexibilidad; estructura y recursos emocionales y económicos; la capacidad de resolver problemas eficazmente; nivel de apego y comunicación. La evaluación del funcionamiento familiar se realizará en función de: a) pautas estructurales/organizativas de la familia; b) procesos de comunicación; c) pautas multigeneracionales y ciclo de la vida familiar; d) sistemas de creencias de la familia.

La familia con un miembro con discapacidad tiene entonces una serie de tareas que cumplir: 1) realizar el duelo por la pérdida de la identidad que poseía antes del comienzo de la enfermedad; 2) desplazarse hacia una posición de aceptación del cambio permanente, manteniendo, al mismo tiempo, un sentido de continuidad entre

su pasado y su futuro; 3) compartir el esfuerzo para soportar la crisis de reorganización a corto plazo; 4) frente a la incertidumbre, los miembros de la familia deben desarrollar una flexibilidad especial en el sistema con respecto a las metas para el futuro (Rolland, 2000).

La familia en estas condiciones suele agotarse y presentar síntomas, sin importar lo bien que funcionaban antes de la discapacidad. Algunos factores que hacen que la familia se sienta cansada y presionada es la cronicidad de la discapacidad y el abandonar la esperanza de la recuperación. Estas problemáticas son especialmente agudas en algunos casos, tales como el retraso mental o la parálisis cerebral (Rolland, 2000).

Por otra parte, los demás miembros de la familia pueden pasar por situaciones difíciles. Los hermanos pueden sufrir negligencia o desatención; resentimiento por no recibir tanta atención como un hermano enfermo; culpa por fantasías sobre el deseo de la enfermedad del hermano o hermana; los temores acerca de la muerte del hermano afectado y/o la preocupación por la vulnerabilidad de cualquier miembro de la familia (Rolland, 2000).

Por su parte, las mujeres deben cumplir con el rol que socialmente se les pide: el de cuidadora, con esto viene la sobrecarga a menos que compartan la responsabilidad con el hombre (Rolland, 2000).

Ante este panorama, es importante comprender la visión que tienen estas familias del concepto de CV, lo cual presenta una oportunidad para su entendimiento y el desarrollo de nuevas alternativas de tratamiento. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo identificar a través de una entrevista enfocada, la descripción que hacen estas familias de CV,⁵ esto con el motivo de crear intervenciones más efectivas, partiendo de la hipótesis de que una familia con un miembro con una discapacidad severa, al tener necesidades particulares, tendrá una concepción también específica de la CV, debido a las características propias de su organización.

⁵ Debe considerarse que el estudio no es posible llevarlo a cabo únicamente con el paciente, ya que su condición es de custodia, es decir, depende totalmente de los demás para las tareas de la vida diaria, y no presentan comunicación más que a través de expresión de sentimientos básicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo presenta un proceso de investigación cualitativo de carácter inductivo, con un abordaje de tipo etnometodológico, es decir, la investigación explora los procesos interpretativos propios de un grupo, en este caso las familias con un miembro con discapacidad, realizando el análisis en este contexto de manera abierta.

La muestra está conformada por 13 familias que tienen un miembro con discapacidad con diagnóstico de parálisis cerebral severa: con una prevalencia del tipo cuadriparesia espástica, todos ellos inscritos en la Clínica A del Centro de Rehabilitación Infantil Teletón Aguascalientes. Las familias viven en zona urbana y su nivel socioeconómico es medio (información basada en el estudio socioeconómico realizado por el área de integración social de la institución). Las familias son seleccionadas por muestreo teórico, al azar. El número de casos se define por saturación.

Diez de trece familias cuentan con ambos progenitores, dos de ellas sólo con la madre, y una con el padre, con un promedio de tres hijos por familia de entre cuatro y veintidós años de edad, incluyendo al niño con discapacidad, el cual ocupa, en diez casos, el lugar del menor. La ocupación de los padres es muy diversa, mientras que las madres en su mayoría se dedican al hogar. En general los padres tienen un nivel de estudios mayor al de las madres. Todos los hijos sin discapacidad están estudiando (aunque en tres casos no se obtiene la información), mientras que más de la mitad de los hijos con discapacidad nunca han estado escolarizados.

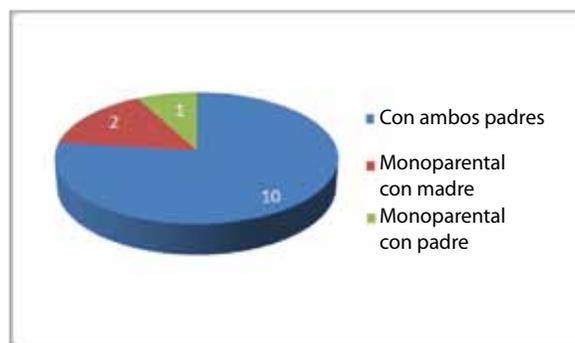


Figura 2. Tipos de familias.

Se aplica la entrevista a profundidad enfocada, basada en una pregunta detonante (¿qué entienden por CV?) y cuatro exploratorias (¿cómo procuran la CV para el paciente con

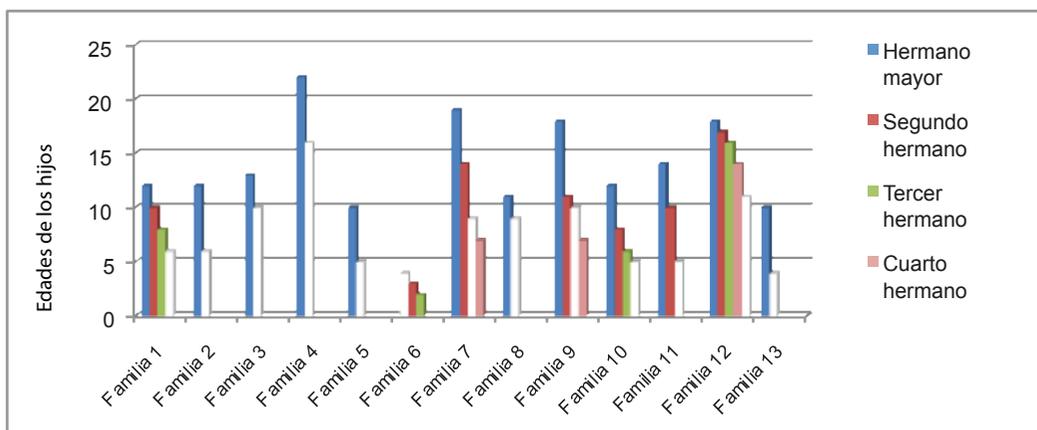


Figura 3. Relación de los hijos por familia, se observa el lugar que ocupa el miembro con discapacidad.

Tabla 1. Relación de los participantes en las entrevistas

Familia	Asistentes a la entrevista	Miembros que contestaron en la entrevista
1	Madre e hijo con discapacidad	Madre
2	Madre e hijo con discapacidad	Madre
3	Madre, hija sin discapacidad e hijo con discapacidad	Madre e hija sin discapacidad
4	Madre e hijo con discapacidad	Madre
5	Padre, madre e hijo con discapacidad	Padre y madre
6	Madre e hijo con discapacidad	Madre
7	Padre e hijo con discapacidad	Padre
8	Padre, madre e hijo con discapacidad	Padre y madre
9	Madre e hijo con discapacidad	Madre
10	Madre e hijo con discapacidad	Madre
11	Padre, madre e hijo con discapacidad	Padre, madre e hijo con discapacidad
12	Madre e hijo con discapacidad	Madre
13	Madre e hijo con discapacidad	Madre

discapacidad?, ¿cómo procuran la CV para el cuidador primario?, ¿cómo procuran la CV para ambos cónyuges?, ¿cómo procuran la CV para los demás hijos?); realizada con cada familia por separado, se presentan y participan durante las entrevistas según lo descrito en el cuadro 1. Las entrevistas se graban en audio y se transcriben luego para su análisis. La duración no rebasa los 40 minutos en ningún caso. El tratamiento de los datos es con base en el análisis de contenido.

RESULTADOS

En este reporte se enuncian únicamente los indicadores que las familias mencionaron no sólo con mayor frecuencia, sino también los que mencionen reiteradamente y con énfasis, todo de manera espontánea.

76% de las familias no responden a la pregunta: ¿cuál es el significado de CV?, pues se cen-

tran en el niño con discapacidad o en los hijos en general. Para los que respondieron a la pregunta lo más importante es la convivencia dentro y fuera de la familia (3 familias entrevistadas [FE]), con sus normas de respeto, comprensión y ayuda; en segundo lugar, las necesidades básicas de alimento (2 FE), vestido (1 FE) y vivienda (1 FE). En tercer lugar mencionan el afecto (1 FE).

Cuando se aborda la CV para el niño con discapacidad el aspecto más importante para las familias es la convivencia (12FE), a través de la interacción con los demás, los juegos, los paseos, la independencia de la familia nuclear, el respeto, la comprensión, el cuidado y, finalmente, la integración familiar. Se observa en una entrevista que la madre comenta lo siguiente: "Que conviva con toda la gente que lo rodea, por ejemplo, con sus tíos, primos, este... no, no, o sea, que él sea importante para uno, que él no sienta la enfermedad que tiene [...], por ejemplo, muchas

personas, porque el niño tiene su discapacidad lo dejan ahí acostado todo el día, no lo mueven, o sea, a mí se me hace algo triste, ¿verdad?" En segundo lugar mencionan el dar afecto, cariño, atención y seguridad (8 FE), junto con las necesidades básicas de alimentación, vestido, aseo y espacio personal (11 FE). Mencionan con menos frecuencia el bienestar entendido, como la felicidad y la salud (3 FE), además de la educación (3 FE), el dinero (3 FE). Únicamente dos familias mencionan la importancia de aceptar la discapacidad.

La madre es la cuidadora en once de las familias entrevistadas, en los otros dos casos, uno es el padre y el otro toda la familia. Para la VC de la madre mencionan como más importante la convivencia con la familia, los hijos y el cónyuge (6 FE), aunque la mayoría (53.84%) mencionan que ellas no son importantes y que pocas veces piensan en lo que ellas necesitan. La misma importancia le conceden a la salud, agregando una de ellas que es necesaria para continuar atendiendo a los hijos (6 FE). Los aspectos que tienen para las madres menos importancia son: el trabajo, el ejercicio, cumplir con los roles de ama de casa, la distribución del tiempo, el bienestar entendido como la estabilidad, la comodidad y la tranquilidad (3FE). Únicamente en una ocasión mencionan la necesidad de comprensión y afecto, así como el deseo de que el niño no tuviera la discapacidad; y con la misma frecuencia, mencionan la alimentación, la comunicación y el buen humor para seguir atendiendo a su hijo. Se observa un cambio en los planes de las cuidadoras primarias, en una entrevista una madre comenta: "Bueno, mira, sí, o sea se merman muchas cosas, por ejemplo, quizá el desarrollo profesional mío en este caso no existe, porque no es lo mismo cuidar una niña de dos, tres, cuatro, a que entre a la escuela y me regreso a trabajar. Aquí yo sigo teniendo un bebé de un año, ahí está que tiene

casi 16, si vamos, aprendí a tejer en lugar de escribir, vamos cambiado, pero también es el rol de muchas mujeres, no nada más mío".

En cuanto a la CV para el padre, mencionan como más importante el trabajo y las necesidades básicas de alimentación y vestido (10 FE). Seguido de el recibir afecto y la convivencia (6 FE), las familias mencionan también los siguientes aspectos: la manutención de los demás (2 FE), que gane dinero para la terapia del niño (2 FE), la necesidad de medios de comunicación y transporte, las relaciones sociales, el humor, que debe brindar ayuda y cuidados, la estabilidad, la organización del tiempo y la convivencia con la familia (1 FE). En general, ponen énfasis en su papel de proveedor; se observa en una entrevista, cuando se les pregunta sobre la CV del padre, responden: "De él no sé, él se dedica a darnos lo mejor, él trabaja, trata de que no nos falte nada, ¿qué más?, aunque no pueda traer a P (el niño con discapacidad), de hecho nunca nos ha faltado nada, yo nunca he batallado para traerlo, nunca".

En cuanto a los hijos sin discapacidad, mencionan como lo más importante el estudiar (5 FE), seguido del afecto y la convivencia con la madre, la familia y personas ajenas a la familia (4 FE). Con menor frecuencia mencionan la salud, la ayuda en casa y con el hermano, y la independencia (2 FE). Se observa que en los dos casos en que el hermano ayuda como cuidador primario, tiene altas responsabilidades en casa; en una entrevista se menciona: "Se encarga en la mañana de cuidarlo [al niño con discapacidad], mientras yo regreso por él para darle de desayunar, y él se encarga de cambiarle el pañal, de ponerle el pantalón, los calcetines, o de hecho, cuando está enfermo, él se encarga de ponerle para que se le baje la temperatura, tomarle la temperatura, de cuidarlo, de jugar con él..."

DISCUSIÓN

En general, para las familias con un miembro con discapacidad lo más importante es la convivencia con los demás, quizá en la búsqueda de apoyo, aunque esta tendencia no se aparta de lo encontrado por Díaz (1986) en un estudio que realiza con madres mexicanas, una parte residente en México y otra en EU, las cuales señalan que lo más importante para la CV es: familia, amigos y tradiciones. Esto podría conducir a la conclusión de que la convivencia y sus formas es una tendencia en México. En específico para el niño

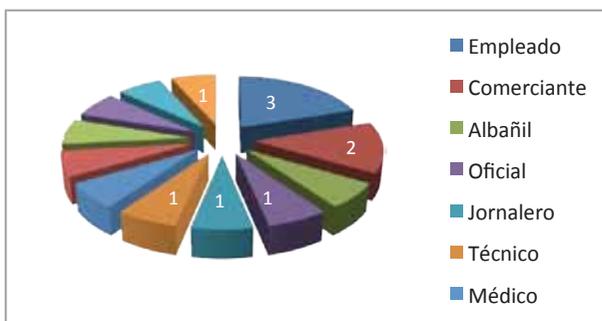


Figura 4. Ocupación del padre.

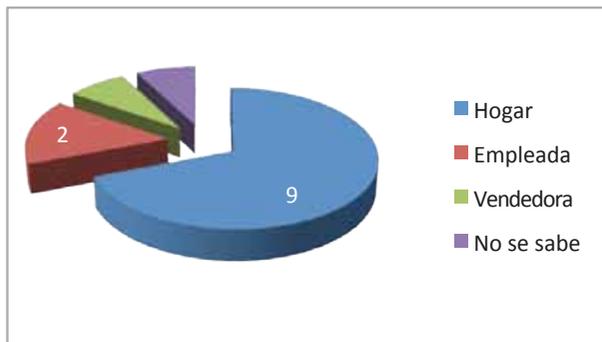


Figura 5. Ocupación de la madre.

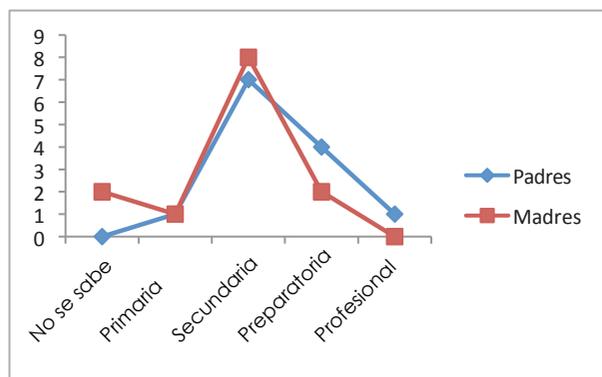


Figura 6. Nivel de estudios de los padres.

con discapacidad, la búsqueda de convivencia, se centra sobre todo en la necesidad de que se le acepte y se integre al medio social en que vive.

Es de observar que se pone poco énfasis en el bienestar individual, excepto por el miembro con discapacidad, para el cual esto es necesario, según informan las familias.

Un aspecto interesante a resaltar es el afecto, el cual no lo mencionan como importante

para la familia en general, pero sí en lo particular para cada miembro, excepto en el caso de la madre, quien no admite esta necesidad. Para ella algo mucho más importante es la ayuda de los demás miembros, debido a la sobrecarga en su trabajo diario. Lo anterior introduce a un tema que es de necesidad primordial, explorarlo y proponer soluciones a corto plazo: el rol de la mujer dentro de la familia con un miembro con discapacidad.

En primer término observamos que para estas familias, las mujeres son para las que menos necesidades afectivas se reconocen. Además de estar sobrecargadas en el cuidado de los hijos, son quienes menos estudios tienen, y se dedican, en su mayoría, al hogar. Es decir, ¿qué relación existe entre el nivel de estudios y el rol de la mujer?, ¿el nivel de estudios es determinante para su posición dentro de la familia, o se debe a un rol tradicional de la mujer en México?, ¿quién o cómo determinan que sea la mujer quien se quede en casa a cumplir con el rol de cuidadora? Estas cuestiones son aristas para una futura exploración en investigaciones posteriores, sobre todo desde una perspectiva de género.

Tras un análisis sistémico, desde la perspectiva de McGoldrick y Gerson (2008), es importante también la pregunta: ¿la posición de proveedor del padre es complementaria con la de una madre sobreoperativa, en donde ambos se esfuerzan por mantener el *status quo*? Lo que nos deja ver este estudio es que: primero, debemos considerar las posibles ganancias secundarias para ambos, y el establecimiento de una secuencia de eventos repetitivos que refuerzan el funcionamiento de su relación entre sí y para con los demás miembros de la familia; en segundo lugar, el padre que cumple con la función más de ayudante y pro-

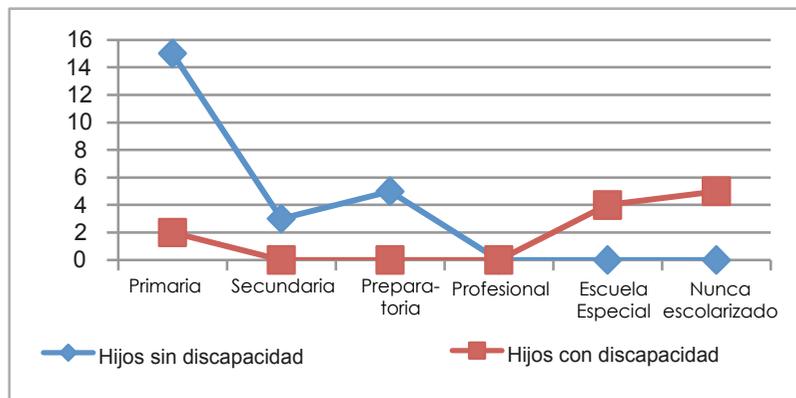


Figura 7. Nivel de estudios de los hijos.

veedor que de esposo, se ve confinado a una posición periférica que mantiene en un entredicho su participación como miembro activo dentro del sistema.

Por otro lado, para ningún miembro de la familia es tan importante la educación como para el niño sin discapacidad, al cual no se le reconocen las necesidades básicas. Para McGoldrick y Gerson (2008), el subsistema fraterno se ve alterado en presencia de un nuevo miembro de la familia, ya que el "programa" familiar que se tiene para cada hijo se ve ajustado a las nuevas exigencias. Para el hermano de un niño con discapacidad esto significa, no sólo tomar el rol de hijo mayor, sino que implica el cambio completo de su estatus: desde las responsabilidades que adquiere, hasta el cumplimiento de las expectativas de educación y éxito, que tienen sus padres hacia ellos.

CONCLUSIONES

Para el presente trabajo, la visión sistémica permite revisar las respuestas dadas sobre la CV, además de que ha sido de ayuda observar algunos elementos en la estructura y la manera en que funcionan las familias con un miembro con discapacidad. Estas familias cuentan con ciertas ca-

racterísticas determinadas por la presencia de la discapacidad, pero también por elementos socio-culturales, que aún hay que explorar a fondo.

La hipótesis inicial fue que en las familias con un miembro con discapacidad enunciarían indicadores de CV privativos de su situación; se observa que en general los indicadores no divergen de otros estudios, como el de Díaz (1986), lo que sí presenta diferencia es la manera en que estos elementos son concebidos para el funcionamiento de la familia, por lo que los indicadores para los cuidadores primarios y los hermanos, sí se ven muy influidos por la situación familiar.

Las limitantes del estudio han sido que la muestra ha sido pequeña, por lo que es necesario continuar la investigación con una población más amplia (incluir diferentes tipos de discapacidades, niveles socioeconómicos diversos, etc.), además de dar un enfoque de género a las relaciones que se establecen para mujeres y hombres en este tipo de familias, con la finalidad de revisar a profundidad el modelo a través del cual se trabaja la CV con estas familias, y afinar las estrategias para ayudarles a encontrar un equilibrio entre cuidado y bienestar, al interior de su grupo y en su medio sociocultural.

LITERATURA CITADA

- ASOCIACIÓN NACIONAL DE UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR, *Manual para la integración de personas con discapacidad en las instituciones de educación superior*. México: ANUIES, 2002.
- BOWEN, M., *De la familia al Individuo. La diferenciación del sí mismo en el sistema familiar*. Buenos Aires: Paidós, 1998.
- CERMI ESTATAL, *Discapacidad severa y vida autónoma*. España: CERMI estatal, 2002.
- EROLES, C., *La discapacidad: una cuestión de derechos humanos*. Argentina: Espacio, 2002.
- FELCE, D.y PERRY, J., Quality of life: It's Definition and Measurement. *Research in Developmental Disabilities*,116, 51 74, 1995.
- FERRIS, A., A theory of the social structure and the quality of life. *Applied Research in Quality of life*,.1: 117 123, 2006.
- SALINAS, B., *Percepción de la calidad de vida de adultos marginados y diseño de estrategias de intervención social y educativa en Cholula, Puebla*. México: Sistema de Investigación Ignacio Zaragoza, 2000.
- GÓMEZ, M.y SABEH, E N., *Calidad de vida. evolución del concepto y su influencia en la investigación y la práctica*. De: <http://campus.usal.es/~inico/investigacion/invesinico/calidad.htm>, 28 de agosto de 2008.
- LORENZ, K., *Sobre la agresión: el pretendido mal*. México: Siglo XXI editores, 1994.
- MASÍA J., Dignidad humana y situaciones terminales. *Suplemento de Anales*:130: 39-55, 2007, extraído el 16 de septiembre de 2008 desde: <http://www.cfnavarra.es/salud/anales/textos/vol30/sup3/suple4a.html>.
- MCGOLDRICK, M.y GERSON, R., *Genogramas en l evaluación familiar*. España: Gedis0, 2008.

- MINUCHIN, S., *Familias y terapia familiar*. España: Gedisa, 1995.
- MINUCHIN, S.; FISHMAN, H., *Técnicas de terapia familiar*. España: Paidós, 2005.
- NÚÑEZ, B., *La familia con un hijo con discapacidad: sus conflictos vinculares*. De: www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2003/133.pdf, 7 de febrero de 2009.
- OMS. De: www.asturias.es/Asturias/.../Salud/.../SA%201B_calidaddevida_l.pdf- 12 de noviembre de 2011.
- ONNIS, L., *Terapia de los trastornos psicósomáticos*. España: Paidós, 1990.
- PALOMBA, R., *Calidad de vida: conceptos y medidas*. De: http://www.eclac.org/celade/agenda/2/10592/envejecimientoRP1_ppt.pdf, 24 de septiembre de 2008.
- ROLLAND, J S., *Familias, enfermedad y discapacidad. Una propuesta desde la terapia sistémica*. Barcelona: Gedisa, 2000.
- TONON, G., *Investigar la calidad de vida en Argentina. Psicodebate, Psicología, Cultura y sociedad*, 18, 2007. Extraído el 20 de junio de 2010 de: www.palermo.edu/cienciassociales/.../pdf/.../8Psico%2010.pdf.
- FONSECA, G., *Manual de medicina de rehabilitación. Calidad de vida más allá de la enfermedad*. Bogotá: Manual Moderno, 2002.
- VERDUGO, M. Á. y GÓMEZ, J.L. *Calidad de vida en personas con discapacidad: un análisis comparativo*. De: <http://redalyc.uaemex.mx>, 15 de diciembre de 2008.
- YANGUAS, J., *Análisis de la calidad de vida relacionada con la salud en la vejez desde una perspectiva multidimensional*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales; Secretaría de Estado de Servicios Sociales, Familias y Discapacidad; Instituto de Migraciones y Servicios Sociale2, 2006.

Incursión del programa de intervención breve para adolescentes en el E-learning: resultados del piloteo¹

Incursion of the brief intervention program for adolescents in E-learning: piloting results

Eunice Vargas Contreras,² Kalina Isela Martínez Martínez,³
 Francisco Javier Pedroza Cabrera⁴ y Silvia Morales Chainé⁵

Vargas Contreras, E.; Martínez Martínez, K. I.; Pedroza Cabrera, F. J.; Morales Chainé, S., Incursión del programa de intervención breve para adolescentes en el E-learning: resultados del piloteo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 55, 42-47, 2012.

En memoria de Manuel Humberto Vargas

RESUMEN

El aumento en el abuso de sustancias adictivas en México ha hecho que los profesionales de la salud se capaciten en programas de detección temprana y tratamientos de intervención breve validados empíricamente. Para coadyuvar en dicha tarea, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) proponen un proyecto coordinado para desarrollar una capacitación a distancia. La UAA participa en la adaptación de materiales del módulo del Programa de Intervención Breve para Adolescentes. Para cumplir con los objetivos de

Palabras clave: capacitación en línea, prevención y tratamiento de adicciones, validez empírica, innovaciones tecnológicas, disseminación, profesionales de la salud.

Keywords: on line training, addiction prevention and treatment, empirical validity, technological innovations, dissemination, health professionals.

Recibido: 31 de Enero de 2012, aceptado: 4 de Abril de 2012

¹ Proyecto realizado gracias al financiamiento de Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P.

² Departamento de Psicología, Centro de las Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes, vace19@yahoo.com.mx.

³ Departamento de Psicología, Centro de las Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes, kimartin@correo.uaa.mx.

⁴ Departamento de Psicología, Centro de las Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes, francisco_pedroza@hotmail.com.

⁵ Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, smchaine@hotmail.com.

la capacitación se diseñaron diversas herramientas, como videos, audios, folletos y actividades de aprendizaje. La fase de piloteo tuvo una duración de cinco semanas en la que colaboraron 20 profesionales del área de psicología, quienes hicieron observaciones acerca de la pertinencia de contenidos, instrucciones y actividades de aprendizaje; además, evaluaron la usabilidad de la plataforma, a partir de sus señalamientos se realizaron las modificaciones.

ABSTRACT

The increase in the abuse of addictive substances in Mexico has made it a priority for health professionals to get training in empirically valid early detection and brief intervention programs. To contribute in such a task, the National Autonomous University of Mexico and the Autonomous University of Aguascalientes (UAA) propose a coordinated project to develop distance training. The UAA participates in the adaptation of materials of the Brief Intervention Program for Adolescents. In order to accomplish the training objectives, several tools were developed, such as videos, audios, fliers and learning activities. The piloting phase had a duration of five weeks in which 20 psychology professionals collaborated; they made observations about the pertinence of the contents, and the instructions and learning activities; they also evaluated the platform usability. Modifications were made from their observations.

INTRODUCCIÓN

El aumento en el abuso de alcohol, tabaco y drogas ilícitas, así como las consecuencias que se derivan de estas prácticas en los propios individuos, en sus familias y en su entorno, han provocado cambios en las demandas de los servicios de salud en México y, por consecuencia, en su organización (Encuesta Nacional de Adicciones [ENA], 2008).

El Programa de Intervención Breve para Adolescentes que Abusan del Alcohol y otras Drogas [PIBA] (Martínez, 2003) constituye una respuesta a la demanda de tratamientos especializados para el abuso de sustancias de jóvenes de México, cuyo objetivo es incidir en el patrón de consumo de los estudiantes de secundaria y preparatoria, así como en los problemas relacionados.

El PIBA está diseñado para llevarse a cabo a través de seis etapas: 1) detección de casos: se realiza por medio de pláticas o conferencias al personal directivo y docente de las escuelas, y a partir de la aplicación de un cuestionario de tamizaje; 2) admisión: se determina si los adolescentes son candidatos a recibir la intervención; 3) evaluación: se hace una valoración de la historia de consumo del adolescente y del patrón de consumo (cantidad y frecuencia) durante los últimos seis meses –también se identifican las principales situaciones de riesgo para el consumo y se hace una evaluación del nivel de la autoeficacia percibida y de la percepción del nivel de severidad del consumo–; 4) inducción al tratamiento: se promueve el ingreso del adolescente al programa a través de técnicas de la entrevista motivacional; 5) tratamiento: consta de cinco sesiones una vez por semana en formato individual; 6) seguimiento: se realiza después de 6 meses de haber concluido el tratamiento con el objetivo de hacer una revisión de su patrón de consumo, del nivel de autoeficacia y de las situaciones de consumo.

Los estudios que sustentan la efectividad del PIBA como tratamiento para el consumo de sustancias adictivas en adolescentes son diversos. Por ejemplo, Martínez *et al.* (2008) reportaron que el programa fue el responsable de la reducción del patrón de consumo de los adolescentes de la Ciudad de México al comparar los datos de la línea base con el tratamiento y seguimiento, el cual fue de seis meses. Asimismo, se observó un incremento en el nivel de autoeficacia para enfrentar las situaciones de riesgo, además los problemas

relacionados por el consumo se redujeron y las estrategias que se desarrollaron para enfrentar las situaciones de consumo ayudaron a mantener el cambio. Posteriormente, se hizo un estudio con 70 adolescentes consumidores de alcohol del Distrito Federal y de Aguascalientes, los resultados mostraron efectividad en la reducción del patrón de consumo y además se mantuvo a los tres y seis meses de concluida la intervención (Martínez *et al.*, 2008).

Por los resultados que el PIBA ha mantenido, el Centro Nacional para la Prevención y Control de las Adicciones (CENADIC) lo ha publicado en tres ediciones (Martínez *et al.*, 2005, 2007, 2009), por lo que se cuenta como una política de salud pública en México.

Estos antecedentes constituyen la base para considerar al PIBA como una innovación tecnológica con el potencial de impactar la vida de más jóvenes que abusan del alcohol y otras drogas. Por ello se deben buscar diferentes estrategias para diseminarlo a mayor número de profesionales de la salud.

Es importante aclarar que cuando se habla de innovaciones tecnológicas incluye a un “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” (Diccionario de la Real Lengua Española, 2001). A partir de esta conceptualización las posibilidades se amplían de forma ilimitada para dar lugar a nuevos métodos, cuya finalidad es servir a una sociedad que avanza a gran velocidad y con ello a los diversos problemas que se generan.

Sin embargo, un fenómeno que ocurre con frecuencia es que las tecnologías quedan sólo en “tinta sobre papel”, debido a que no contó con la plataforma adecuada para darse a conocer entre la comunidad de profesionales de la salud y por consecuencia, en la población en general; en otros casos más afortunados, se observa que el tiempo que toman para incorporarse de manera fluida a las políticas públicas son muy extensas, lo cual se ha convertido en un serio problema que lógicamente preocupa a la comunidad científica (Rogers, 1995), ya que provoca una seria limitación en los cambios y en los beneficios que la sociedad necesita.

La educación a distancia surge para dar respuesta a la necesidad de una plataforma que sirva a la difusión de las innovaciones tecnológicas

y, a su vez, a la demanda de los profesionales de la salud de actualización del conocimiento. Ésta es concebida como una alternativa que juega un papel de mediación pedagógica con la capacidad de promover y acompañar el aprendizaje de los participantes, alentando en los educandos la tarea de construir y de apropiarse del conocimiento del mundo (Zabalza, 1997). A su vez, esta alternativa se establece como una nueva perspectiva para enfocar la función de las instituciones educativas ante la demanda creciente de una de diseminación sostenida del conocimiento. Por último, es importante mencionar que los métodos basados en los adelantos tecnológicos actuales son útiles sólo cuando se trabajan y evalúan de forma sistemática que permitan conocer su contribución al aprendizaje.

El objetivo de este estudio es presentar la adaptación del Manual del Terapeuta a formato en línea (Fase I) y, posteriormente, los resultados del piloteo que se realizó para probar la efectividad de los contenidos y materiales del PIBA para la capacitación a distancia de profesionales de la salud en el ámbito de las adicciones (Fase II). Se espera que estos procedimientos faciliten el aprendizaje del PIBA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase I. Desarrollo de materiales para la capacitación en línea del PIBA

Para la adaptación del Manual del Terapeuta del PIBA en ambiente virtual se trabajó en diversas actividades de aprendizaje. Éstas se diseñaron con la finalidad de que el profesional de la salud sea conciente de los conocimientos y habilidades que va adquiriendo durante su capacitación. Cabe mencionar que dichas actividades se hicieron en dos formatos: uno de autoevaluación que no conlleva una nota de calificación y el otro es una evaluación donde el asesor es quien revisa el trabajo del estudiante y asigna una calificación numérica. Estas actividades se diseñaron con diferentes presentaciones con la finalidad de promover y mantener el interés del estudiante. Ejemplo de estas actividades son cuestionarios, análisis de casos, *jeopardys*, entrevistas y aplicación de instrumentos.

A continuación se hace una breve descripción de las inclusiones al programa y puede verse de manera más específica en el sitio web http://www.cuaed.unam.mx/esp_adicciones.

- a) Foros de discusión. Esta actividad tiene el propósito de fomentar la discusión en grupo de tal forma que interactúen entre sí y conozcan las opiniones de sus miembros. El asesor en línea promueve la participación y además asigna una calificación numérica.
- b) Chat y correo electrónico. Estas herramientas ofrecen la ventaja de disminuir la brecha que existe entre el alumno y sus asesores, lo que facilita aún más el contacto y con ello aumenta la motivación de los estudiantes para continuar en la especialidad.
- c) Audios y videos. Para que los estudiantes observen de cerca los procedimientos del PIBA se realizó un audio y 24 videograbaciones. Los encargados de mostrar dichos procedimientos fueron terapeutas del programa con experiencia de cinco años.
- d) Imágenes. Con la finalidad de hacer más atractivo el contenido se incluyeron imágenes para ilustrar lo que se le va presentando al alumno.
- e) Bitácora de trabajo. Este procedimiento permitirá al alumno ser conciente de los conocimientos y habilidades que va adquiriendo en la capacitación, y además el asesor contará con más elementos para brindar una mejor retroalimentación.

Fase II. Piloteo del modelo de capacitación en línea

Los estudiantes que participaron en el piloteo fueron 20 profesionales de los Centros Nueva Vida para la atención a las adicciones, quienes se invitaron a través de CENADIC.

La edad promedio de los participantes fue de 34.1 años. De los 20 participantes 13 eran psicólogos, 6 del área de trabajo social y un médico, de ellos 17 eran mujeres. Quien fungió como asesor en línea fue una terapeuta del PIBA con cinco años de experiencia y egresada de la maestría en psicología de las adicciones de la UNAM.

Las actividades se llevaron a cabo directamente en la plataforma de la especialización: Promoción de la Salud y Prevención del comportamiento adictivo (http://www.cuaed.unam.mx/esp_adicciones).

En cuanto a los instrumentos, se contó con una entrevista con los estudiantes para evaluar los contenidos y la usabilidad de la plataforma, y a su vez con un cuestionario denominado "Instrumento de Evaluación de Módulo del PIBA en

Línea" [IEMPIL] (Bárceñas *et al.*, 2011), el cual consta de 65 reactivos que evalúan: manejo del internet, funcionamiento de la plataforma, conocimientos generales del uso y abuso de drogas, conocimientos del PIBA, satisfacción con el curso y satisfacción con las asesorías. Estas áreas son medidas con un puntaje que se obtiene a partir de la sumatoria de las respuestas de los participantes. Cabe mencionar que este cuestionario cuenta con validez de jueceo, para lo cual se sometió con cinco expertos en el PIBA y en construcción de instrumentos de evaluación logrando 100% de acuerdo entre ellos.

En cuanto al procedimiento, se dispusieron de cinco semanas para trabajar en la plataforma en línea. Como primer punto se solicitó a los alumnos (profesionales de la salud que recibieron la capacitación) que pusieran especial atención al contenido en relación con la claridad y pertinencia del desarrollo del programa en la plataforma, las instrucciones, congruencia de las actividades de evaluación, en el sentido de que si las consideraban adecuadas para lograr el aprendizaje, sobre todo era importante que estuvieran conscientes de los conocimientos y habilidades que estaban adquiriendo.

En lo relativo a la plataforma, se enfatizó en que evaluaran su usabilidad, es decir, que señalaran si ésta era amigable con respecto a la navegación, poniendo al fácil alcance del usuario los diferentes íconos, herramientas y contenidos, además si los vínculos eran funcionales tanto en número como en su pertinencia.

Todos los participantes contestaron, al inicio y al final del proceso de capacitación, el IEMPIL, aunque las dos últimas áreas del instrumento se contestaron una vez que concluyó la capacitación porque tienen que ver con la satisfacción con el curso y con la asesoría recibida.

RESULTADOS

Los resultados se muestran en términos de la pertinencia de los contenidos y de la usabilidad de la plataforma, y posteriormente se hace un análisis de los datos recabados en el IEMPIL.

De los contenidos se sugirió que se trabajara en la redacción de objetivos, instrucciones y del contenido mismo, por lo que se hicieron las adaptaciones necesarias; de esta forma, se evitará la ambigüedad y las posibles confusiones en sus actividades. Además, se señaló conveniente delimitar las activi-

dades de aprendizaje con la finalidad de ajustarse a los objetivos que se indican en las sesiones. Por último, se cuidó que las imágenes fotográficas fueran las adecuadas para que a los estudiantes les resultaran útiles.

Con respecto a la plataforma, los estudiantes comentaron la conveniencia de agregar las fechas de entrega de las tareas y demás trabajos con el objetivo de que sea un referente útil, lo que a su vez repercutirá en el mejor aprovechamiento del recurso de aprendizaje, ya que dedicarán el tiempo necesario a cada bloque. Además, se observó que los vínculos no estaban habilitados, por lo que se trabajó en el funcionamiento de éstos, para que así los alumnos dispongan de los materiales bibliográficos sugeridos para que cumplan sus compromisos eficazmente.

Para los resultados del instrumento de evaluación IEMPIL, se clasificaron en las seis secciones de evaluación del cuestionario utilizado, en la tabla 1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Las secciones del IEMPIL: manejo de internet, funcionamiento de la plataforma, conocimientos generales del uso y abuso de drogas y conocimientos del PIBA, fueron analizadas a partir del estadístico *t de student* para datos dependientes. Los resultados muestran diferencias estadísticas en todas las secciones (ver tabla 2).

Como se comentó anteriormente, las secciones referentes a satisfacción sólo se evaluaron al final del tratamiento. En la figura 1 se puede observar que los usuarios refirieron porcentajes de satisfacción con el curso en línea recibidos superiores a 60%, 12 de los sujetos mostraron una satisfacción entre 80 y 100%. En la figura 2 se observa la satisfacción respecto al asesoramiento; la satisfacción mínima fue de 70% y 15 sujetos refirieron una satisfacción entre 80 y 100%.

DISCUSIÓN

El PIBA es un programa que cuenta con tres ediciones del Manual del Terapeuta y que se ha implementado en México desde hace 10 años con excelentes resultados en el tratamiento del consumo de sustancias adictivas en adolescentes. Este trabajo se enfocó en adaptar sus contenidos y materiales a formato en línea, y en evaluar su pertinencia para cuidar su integridad, lo cual se considera una innovación dentro del ámbito de la diseminación.

Tabla 1. Se muestran los resultados descriptivos en relación con las áreas de evaluación del IEMPI

Manejo del internet	En esta área los alumnos manifestaron en los dos momentos de evaluación, que se sienten motivados a realizar actividades en internet, y además refirieron no presentar resistencias a usar este recurso.
Funcionamiento de la plataforma	Los alumnos señalaron que les resultó benéfico esta capacitación porque les permitirá organizar un horario flexible para ingresar a la plataforma, lo cual se mantuvo en la segunda aplicación.
Conocimientos del uso y abuso de drogas	Aunque los alumnos contaban con conocimientos previos en este aspecto, se produjeron cambios en los dos momentos de evaluación.
Conocimientos del PIBA	En relación con los conocimientos del PIBA, se observó que en un primer momento indicaron que se había comprobado su efectividad en el tratamiento del consumo de tabaco, sin embargo, aún no se ha trabajado con esta sustancia.
Satisfacción con el curso	En esta área los alumnos indicaron que el módulo había cumplido sus expectativas.
Satisfacción con las asesorías	Los alumnos se mostraron satisfechos con la retroalimentación que se les brindó para lograr sus objetivos de aprendizaje.

Tabla 2. Resultados de las diferencias estadísticas de los promedios de los puntajes de los cuestionarios IEMPIL de los estudiantes antes y al final del tratamiento en las áreas de evaluación

Área del instrumento	t	g.l.	Media pre-test	Media pos-test
Manejo del internet	5.32***	19	37.9	40.1
Funcionamiento de la plataforma	7.36***	19	21.9	23.9
Conocimientos del uso y abuso de drogas	5.20**	19	46.2	48.9
Conocimientos del PIBA	2.65*	19	23.1	24.9

* $p < 0.01$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.0001$

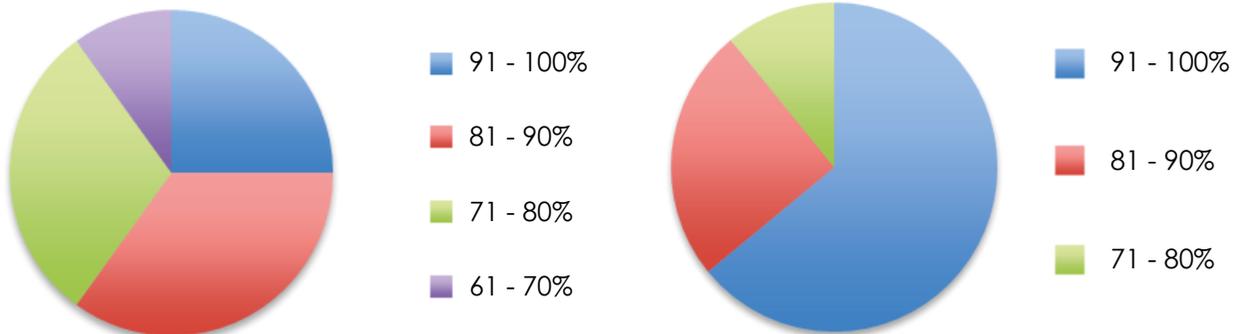

Figura 1. Se muestra la satisfacción de los usuarios respecto al curso implementado en línea.

Figura 2. Se muestra la satisfacción de los usuarios respecto a las asesorías recibidas por el encargado de la implementación del curso en línea.

El proceso de piloteo tuvo como función principal comprobar la claridad de los contenidos del módulo del PIBA y la usabilidad de la plataforma con el objetivo de que en el momento en que esta capacitación llegue a los profesionales de la salud se garantice su aprendizaje; si este proceso no se considerara, se correría el riesgo de provocar una serie de confusiones y representaría un obstáculo para que se logre la disseminación de las innovaciones tecnológicas.

De esta forma, el piloteo representa un proceso de gran relevancia para lograr el objetivo de la capacitación que es acercar el programa a las instituciones de salud y con ello a los adolescentes del país que lo requieran.

Los resultados que se obtuvieron a través del IEMPIL muestran diferencias significativas en los dos momentos de evaluación, lo que se traduce en el logro de los objetivos de aprendizaje. Y en relación con la satisfacción con el curso y con las asesorías, constituye un factor relevante para que los alumnos se sientan motivados a ingresar a la plataforma y realizar las actividades de forma comprometida, y además para evitar la deserción, lo cual constituye un elemento fundamental para lograr la disseminación.

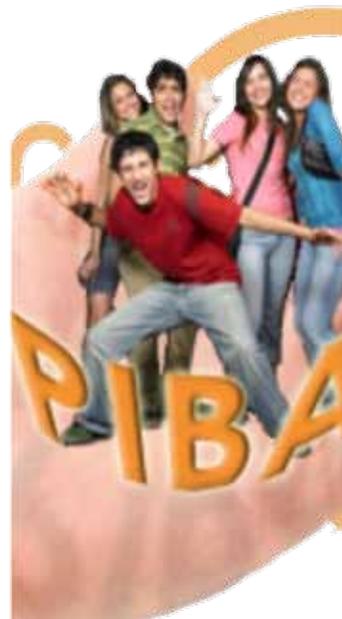
CONCLUSIONES

Dentro de las fortalezas de este trabajo, se considera como fundamental el cuidadoso procedimiento que se tuvo para adaptar los contenidos

y materiales; además de que cuenta con una evaluación objetiva que señala si hubo cambios en los conocimientos y habilidades de los alumnos en los dos momentos de evaluación; y por último, las expectativas de los alumnos fueron cumplidas con un alto porcentaje tanto con el curso en línea como con las asesorías.

Ahora el reto consiste en supervisar que los estudiantes que ingresen a la capacitación lleven a cabo los procedimientos señalados de forma íntegra para seguir obteniendo los resultados efectivos que el PIBA ha presentado. Esto conforma una línea de investigación para comprobar la integridad de los procedimientos, lo cual ayudará a verificar si los profesionales de la salud están

utilizando los conocimientos y habilidades en sus centros de trabajo y, además, permitirá evaluar el costo-efectividad para relacionar el coste de cada alumno y el beneficio promedio que se deriva.



LITERATURA CITADA

- BÁRCENAS, A.; VARGAS, E.; MARTÍNEZ, K.I., *Instrumento de Evaluación de Módulo del PIBA en Línea*. 2011. Manuscrito no publicado.
- MARTÍNEZ, K.I., *Desarrollo y evaluación de un programa de intervención breve para adolescentes que inician el consumo de alcohol y otras drogas* (Tesis de Doctorado). Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 2003.
- MARTÍNEZ, K.I.; PEDROZA, F.J.; SALAZAR, M.L., Programa de Intervención Breve para Adolescentes que Inician el Consumo de Alcohol y Otras Drogas: resultados de la aplicación con adolescentes consumidores de Alcohol de Aguascalientes y Distrito Federal. *Anuario de Investigación en Adicciones*, 9(1): 46-57, 2008b.
- MARTÍNEZ, K.I.; SALAZAR, M.L.; PEDROZA, F.J.; RUIZ, G.M.; AYALA, H., Resultados Preliminares del Programa de Intervención Breve para Adolescentes que Inician el Consumo de Alcohol y Otras Drogas. *Salud Mental*, 31: 119-127, 2008.
- MARTÍNEZ, K.I.; SALAZAR, M.L.; RUIZ, G.M.; BARRIENTOS, V.; AYALA, H., *Programa de Intervención Breve para Adolescentes que Inician el Consumo de Alcohol y Otras Drogas. Manual del Terapeuta*. CONADIC. 2005, 2007 y 2009.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Diccionario de la Lengua Española (22ª ed.)*. Madrid: España. 2001.
- ROGERS, E.M., *Diffusion of innovation*. (4th Ed.). *Difusión de la innovación* (4ª ed.). New York: Free Press, 1995.
- SECRETARÍA DE SALUD, CONSEJO NACIONAL CONTRA LAS ADICCIONES, INSTITUTO NACIONAL DE PSIQUIATRÍA, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. *Encuesta Nacional de Adicciones*. México. 2008.
- ZABALZA, M.A., *Diseño y desarrollo curricular* (5ª ed.). Madrid. 1997.

Rasgos del docente en las normas jurídicas de Aguascalientes, 1821-1910

Teacher's characteristics in the legal system of Aguascalientes, 1821-1910

José Bonifacio Barba Casillas¹

Barba Casillas, J. B., Rasgos del docente en las normas jurídicas de Aguascalientes. 1821-1910, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 48-55, 2012.

RESUMEN

La construcción política y jurídica de México tiene una característica fundamental en la estructuración de la educación básica, asociado a ella el problema de la identidad, funciones y formación del maestro. Esta necesidad nacional tiene en cada estado de la República una historia particular. El trabajo muestra los rasgos del docente de instrucción elemental en el estado de Aguascalientes tomando en cuenta el nivel normativo constitucional y las leyes secundarias sobre instrucción elemental desde la Independencia hasta final del Porfiriato. La organización política republicana y la educación deseada prefiguraron al maestro que sería necesario para la formación ciudadana y, paulatinamente, las leyes definieron sus rasgos en una estructura educativa en formación que a lo largo del siglo XIX fue ganando estabilidad y precisión, fortaleciendo la profesionalización del preceptor con un mejoramiento del trabajo legislativo apoyado en la renovación de las normas, cada vez más amplias y diversas en su temática.

Palabras clave: Aguascalientes, legislación educativa, siglo XIX, Porfiriato, magisterio, definición del docente.

Keywords: Aguascalientes, educational law, XIX century, Porfiriato, teaching profession, teacher's definition.

Recibido: 14 de Septiembre de 2011, aceptado: 7 de Marzo de 2012

¹ Departamento de Educación, Centro de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma de Aguascalientes, jbarba@correo.uaa.mx.

ABSTRACT

The political and legal construction of Mexico has a fundamental feature in the organization of the basic education system, with the associated matter of teacher's identity, functions and training. This national demand has a particular history in each state of Mexico. This article shows the characteristics of Aguascalientes' elementary teachers considering the constitutional and secondary laws concerning elementary education from the time of the Independence to the end of the *Porfiriato*. The republican organization and the desired education featured the kind of teacher required for the citizen formation and in a gradual way its features were traced by laws as a part of an educational structure in construction. This process was obtaining stability and precision giving professional strength to the teacher by the constant improvement of the legislative work based on the norm's renovation, that became more complete and diverse on its subjects.

INTRODUCCIÓN

La historia política, cultural y social de México independiente tiene entre sus rasgos una búsqueda fundamental: construir un servicio educativo para la nación sustentado en una organización gubernamental estable con capacidad de formular y realizar políticas relevantes, a la vez que tal servicio esté apoyado en un magisterio suficiente y profesionalizado. Este proceso formó la historia del debate filosófico y pedagógico para

la elaboración de planes y proyectos de educación de México (Meneses, 1983; Ramos, 1994; Ornelas, 1995; Álvarez, 1999), cuestión que tiene raíces a finales del siglo XVIII y principios del XIX (Contreras, 2005).

La formulación de estos planes está vinculada a los debates político-ideológicos sobre el proyecto de país y, de manera fundamental, a la constitucionalización de la relaciones sociales y del poder público, proceso del cual forma parte sustantiva la definición de la educación y sus funciones socializadoras en el plano de las normas jurídicas (Alvear, 1963; Cámara de Diputados, 2006), a las orientaciones ideológicas de los gobiernos y, finalmente, a la influencia de la filosofía y la teoría de la educación de países más avanzados. Muchas de las acciones que se derivan de lo anterior fueron emprendidas para transformar la institución escolar proveniente de la Colonia y crear otra escuela acorde con la estructura constitucional que fue adquiriendo el Estado mexicano en esos avatares, por ejemplo, el federalismo, la representación política, el laicismo, entre otras características jurídico-políticas.

En el magno esfuerzo nacional y estatal para resolver el problema educativo se ubica la cuestión de la definición de la identidad profesional del docente por medio, entre otras formas, de la especificación de rasgos relativos a su función educadora, su responsabilidad en la escuela, su formación, entre otros. Así, la figura del maestro va emergiendo como un sujeto construido en el proceso de juridificación de la función social educativa. La identidad es, así, la definición pública –jurídica– de sus funciones.

La atención a esta cuestión socioeducativa –definir la identidad socioprofesional del docente y precisar las consecuencias para su formación– ha sido una exigencia permanente en la historia del México independiente (Arnaut, 1996; Deceano, 2000; Guevara y González, 2004; Martínez, 2010). A lo largo de todo este tiempo las acciones del gobierno federal o del poder central y, en específico, la dinámica centralizadora-descentralizadora de las políticas educacionales tuvo una influencia importante en las políticas de los estados de la República.

No obstante la centralización jurídica, administrativa y política que ha caracterizado gran parte de la historia del país, el problema del magisterio es en realidad uno particular en cada es-

tado de la República a causa de su propia historia política y jurídica y del conjunto de sus interacciones con los procesos de alcance nacional o de carácter federal.

En la formación social y jurídica del estado de Aguascalientes tuvo mucha importancia la difusión del liberalismo en el siglo XIX y el influjo final del positivismo durante la República restaurada y el Porfiriato (Gómez, 1994; De la Torre, 2009). La formación del Estado nacional en el siglo XIX y la creación de un servicio de educación elemental (Meneses, 1983; Yurén, 2008; Martínez, 2010) son el escenario amplio en el que Aguascalientes se constituía y se ocupaba a su vez de las necesidades de enseñanza de su población.

Tanto en la etapa de su pertenencia al estado de Zacatecas como a partir de su constitución en estado soberano, en Aguascalientes hubo una preocupación por impulsar las diversas ramas de la instrucción pública y la formación de preceptores (González, 1974; Contreras, 2005). Por ello, es importante indagar cómo fue atendida la cuestión magisterial por la legislación del estado en un periodo delimitado de su historia, bien que lo hiciera en forma indirecta por principios o valores constitucionales o en forma directa al ocuparse explícitamente de los rasgos del docente.

El artículo tiene el propósito de mostrar la prescripción histórica paulatina de los rasgos fundamentales del docente de instrucción elemental en el estado de Aguascalientes en el lapso comprendido entre los años de 1821 y 1910, tomando en cuenta el nivel normativo constitucional y el de las leyes secundarias sobre la instrucción elemental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de trabajo que se siguió en este estudio fue documental; se analizaron las constituciones de Aguascalientes –incluidas las correspondientes a los periodos en que entre 1821 y 1857 el estado formó parte del de Zacatecas– y las leyes de instrucción primaria, o planes o programas educativos de 1821 al final del Porfiriato. Se revisó el conjunto de las normas identificadas en los archivos, algunas de ellas aprobadas de manera inmediata a los tiempos de la puesta en vigor de las constituciones. No se consideran en este trabajo las normas fundamentales que rigieron durante los años del imperio de Agustín

de Iturbide y el de Maximiliano, así como las de la República central.²

RESULTADOS³

Todas las constituciones que han regido la vida de Aguascalientes han dedicado atención a la educación como necesidad social sin especificar elementos propios del profesorado, aunque prefigurando sus rasgos deseables implícitos en las prescripciones sobre el tipo de sociedad y educación que se planeaban.

Aguascalientes como Partido Zacatecano

Entre 1821 y 1857 Zacatecas tuvo cuatro constituciones aplicables en Aguascalientes, las de 1825, 1832, 1850 y 1852. Dos elementos distintivos del proceso de juridificación de la vida social de Zacatecas –estado que destacó por su liberalismo– que tienen íntima relación con los fines de la educación y la formación del profesorado, son la definición de la estructura orgánica del estado como republicana, representativa, popular y federada (Constitución de 1825, artículo 16), por un lado, y el establecimiento de los derechos ciudadanos, por el otro, aspectos de primera importancia para el proyecto liberal. La constitución estableció también obligaciones civiles que, junto con los derechos, habrían de requerir una formación ciudadana: fidelidad a la constitución, obediencia a las leyes, “respeto a las autoridades legítimamente constituidas”, respetar los derechos de sus semejantes, contribuir al gasto del estado y defenderlo con las armas según previera la ley (artículo 8). La Constitución de 1832 y las de 1850 y 1852 que la reformaron, conservaron los derechos y obligaciones provenientes de la norma de 1825. La educación no se menciona entre los derechos.

La Constitución de 1825 estableció como atribución del congreso “Cuidar de la enseñanza,

educación o ilustración general del estado, conforme a los planes que se formaren” (artículo 77, XIV), así como la obligación del gobernador de hacer cumplir las leyes y decretos acordadas por el congreso. El cuidado de la instrucción primaria recaía en los ayuntamientos (artículo 130, V) y la junta censoria vigilaría que cumpliesen sus obligaciones, “principalmente [la] de proporcionar escuelas donde la juventud aprenda la moralidad” (artículo 137), aspecto éste de la instrucción escolar al que los liberales daban especial significado. La obligación gubernamental establecida en la constitución va abriendo el camino para la educación gratuita.

El capítulo VIII de la constitución se ocupa de la instrucción pública ordenando que se establezcan escuelas en todo el estado; reitera la obligación de los ayuntamientos de vigilar su funcionamiento e informar de sus necesidades, pero no se toman previsiones sobre los maestros. El artículo 142 prescribe que el congreso “formará el plan general de enseñanza e instrucción pública para todo el estado bajo un método sencillo y uniforme”. Como puede comprenderse, las cuestiones del aprendizaje de la moralidad y la del método de enseñanza implican dar atención a la formación de los preceptores. Estos elementos de la constitución zacatecana son expresiones claras de la forma en que el pensamiento liberal definió en la norma fundamental del estado la importancia de la instrucción.

¿Qué previsiones se hicieron al respecto? El primer Plan de estudios para el estado de Zacatecas (1829)⁴ estableció bases generales para la enseñanza con previsiones sobre el profesorado, fundamentalmente para su contratación, asignación y tareas, pero no se estableció ninguna norma para la formación de los de la primera y segunda enseñanza, pero era claro que su actividad requería capacitación, por ejemplo, para enseñar a “leer y escribir correctamente, las reglas de la aritmética, y un catecismo religioso, moral y político”, pues tal era el currículo de las escuelas elementales. Este plan no se aplicó (Ríos, 1995: 281). Ante las dificultades previas, el gobernador Francisco García Salinas se propuso dar un impulso decisivo a la enseñanza pública conforme a sus convicciones liberales: creó la Escuela Normal para varones (11 de febrero de 1831) y promovió el Plan General de Enseñanza Pública para el Estado de Zacatecas (9 de junio de 1831) y su Reglamento.⁵

² El emperador Maximiliano impulsó políticas liberales pero tuvieron poco alcance práctico debido a las difíciles condiciones de su gobierno. El proyecto de la República central fue, tras largos años de conflicto, superado por el proyecto federalista, aunque en ambos proyectos políticos se reconocía la importancia política, social y personal de la instrucción.

³ En todas las citas textuales se recoge la ortografía y los términos originales. El segundo aspecto se aplica de forma especial a la denominación de los tipos y niveles de la educación.

⁴ Consultado en Ríos (1995).

⁵ Archivo Histórico del Estado de Zacatecas, Fondo Jefatura Política, Serie Instrucción Pública, Subserie Generalidades, Caja 1,

El plan amplió y profundizó los objetivos del anterior y se distinguió por el gran cuidado que puso en el financiamiento de la instrucción; previó que los maestros se formaran en el método lancasteriano (artículo 12), en el cual serían examinados, salvo al inicio del plan, que enfatizaba la uniformidad de la enseñanza. Se esperaba que los profesores cumplieran "exacta y puntualmente con sus obligaciones" (artículo 17) y a ese fin serviría la supervisión de los ayuntamientos.

No obstante el empeño del gobernador, los alcances del plan fueron limitados por cuestiones financieras, políticas y militares y, en particular, por el fin de la República federal en 1835.

Las siguientes constituciones zacatecanas conservaron los derechos y obligaciones ciudadanos. En materia de educación también permanecieron la mayoría de las normas previas; el cambio más importante fue que desde 1832 se suprimió el capítulo sobre instrucción pública y sobre las juntas censorias en los ayuntamientos, con lo cual se debilitó jurídicamente el cuidado gubernamental de la educación.

Aguascalientes como estado

La Constitución federal de 1857 creó en definitiva el estado de Aguascalientes, pero el proceso constitucional de la formación jurídico-política de la entidad en el siglo XIX se consolida con tres constituciones: 1857, 1861 y 1868, promulgándose la primera el 29 de octubre de 1857, incorporando los derechos del hombre de la constitución federal del mismo año, que declaraba la libertad de enseñanza (Barba, 2012), uno de los elementos jurídicos que eran fundamentales para los liberales en su impulso a la transformación de la sociedad.

Las constituciones aguascalentenses del siglo XIX tienen elementos de continuidad y de cambio. Destaca la reforma del artículo 6º en 1888

eliminando la enseñanza como actividad libre. En general, estas normas fundamentales ampliaron el reconocimiento de los derechos ciudadanos con algunas variantes en la expresión de su vinculación con las constituciones federales.⁶ No contienen, igual que las constituciones zacatecanas, elementos explícitos sobre el maestro pero prefiguran su identidad profesional –sus rasgos y funciones– cuando definen la forma de gobierno y los derechos del hombre. La voluntad de promover la instrucción conforme al proyecto constitucional de organización del poder público y de convivencia social delinea un tipo de profesor necesario para la formación de la ciudadanía.

El primer decreto aguascalentense que reglamentó la enseñanza fue publicado por el gobernador Estevan Ávila en septiembre de 1860 e hizo obligatorio que los profesores tuviesen título.⁷ La primera ley sobre instrucción pública (22 de mayo de 1862) se dedicó, sobre todo, al Instituto de Ciencias y Artes. Sobre la educación primaria estableció que se sostuviera con fondos municipales y fuese vigilada por los ayuntamientos (artículo 4); no se ocupó de los profesores.⁸ En el Reglamento para la educación primaria de 1863, siendo gobernador José María Chávez, se crea una Normal en la capital del estado con el fin de uniformar la enseñanza formando maestros de primaria en el método lancasteriano (artículo 1).⁹

El 3 de enero de 1867, liberado ya Aguascalientes del gobierno imperial de Maximiliano, el gobernador Jesús Gómez Portugal emite un decreto considerando que "uno de los deberes más imperiosos de todo gobierno, es impulsar y promover la instrucción pública por todos los medios a su alcance" (Preámbulo); crea una Junta de Instrucción Pública que elaborará un proyecto de ley y examinará a los profesores de instrucción primaria y les expedirá su nombramiento..." (artículo 4º, fracción IX).¹⁰ El Plan General de Estudios (17 de enero de 1867) definió los niveles de la instrucción así como "la enseñanza primaria normal (para) formar buenos preceptores de primeras letras" (artículo 4).

El reglamento para la instrucción primaria en el estado de Aguascalientes fue publicado en mayo y junio de 1867, representando una consolidación respecto de los anteriores en varios de sus elementos.¹¹ La escuela normal tenía por objeto "no sólo formar buenos profesores de primeras letras, sino también uniformar la enseñanza en el Estado" (artículo 21), que era uno de los

⁶ Este rasgo puede observarse también en las constituciones del estado promulgadas en el siglo XX. La de 1917 no hace referencia a la norma federal; la de 1950 restablece el vínculo textual con la norma federal en lo relativo al reconocimiento de los derechos (artículo 2º).

⁷ Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes (AHEA), Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

⁸ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

⁹ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

¹⁰ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

¹¹ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

propósitos de la ley (artículo 2º). Este propósito había ido ganando fuerza política y legal desde los años veinte del siglo XIX (Contreras, 2005; Ríos, 1995). La normal adoptaba el sistema lancasteriano "con las reformas que la Junta de Instrucción determine á propuesta de los preceptores de primer orden", es decir, los de la primaria superior (artículo 22), y la obtención del título era obligatoria para los preceptores de las escuelas privadas. Esta normal era para varones, pero en forma interina se unió a ella "la escuela normal para señoras" (artículo 27).

La obtención de una plaza de preceptor o de ayudante que estuviese vacante sería "por oposición rigurosa", presentando además de la acreditación de "buena conducta", el título de preceptor de primer orden (artículos 33, 36 y sigs.).

Pronto se elaboró un nuevo instrumento jurídico, pues el gobernador Gómez Portugal estaba convencido de la urgencia de promover la instrucción. El 20 de diciembre de 1869 expidió la Ley de Instrucción Primaria del Estado Libre y Soberano de Aguascalientes.¹² Reitera el propósito de uniformar la enseñanza y al efecto "se establece una escuela normal, á la cual es forzosa la asistencia de los preceptores de los establecimientos públicos" (artículo 8). Además, crea una escuela de niñas "que tendrá además el carácter de escuela normal, á la cual concurrirán las preceptoras de las escuelas del sexo" (*sic*, artículo 10). En las escuelas públicas se exigía título a los preceptores; de no tenerlo, se les haría un examen y quedaban obligados a asistir a la escuela normal (artículo 13). Además, la ley reiteraba que las plazas se obtendrían por oposición y los preceptores deberían "observar buena conducta" (artículo 15).

No obstante los esfuerzos de los gobiernos anteriores, el gobernador Francisco G. Hornedo envió al Congreso una iniciativa de Ley de Instrucción Pública justificada por el "grave estado de decadencia en que se encuentra la instrucción pública del Estado" (Preámbulo) y con el propósito de levantarla de su abatimiento

"hasta ponerla al nivel de las necesidades de la época", según lo permita el erario.

La ley aprobada (1 de agosto de 1877) ordenó crear una normal para varones y otra para "niñas" (artículo 2) costeadas por el estado con catedráticos nombrados por oposición. Los títulos de preceptor obtenidos en las normales serán la base para la contratación en las escuelas.¹³

El Reglamento Interior de las Escuelas Públicas del Estado,¹⁴ derivado de esta ley, fue muy específico en las obligaciones de los preceptores, por ejemplo: enseñar las materias "lo más científicamente posible", evitando la rutina y adaptando las explicaciones a la edad de los niños (artículo 1), rasgo en el que ya se manifestaba la orientación positivista; "educar en la moral y en la urbanidad" con la palabra y "muy particularmente con el ejemplo" (artículo 2). Otros rasgos de la pedagogía eran el trato amable y paciente, no discriminar alumnos ni ocuparlos en trabajos diferentes al estudio, enseñarles a comportarse de manera ordenada en la escuela y fuera de ella, a ser aseados y a cuidar los libros y materiales, evitar el maltrato y sólo castigar por reincidencia con los actos permitidos por el reglamento, entre otros.

Con autorización especial del congreso, el gobernador Rafael Arellano promulgó la Ley Provisional de Instrucción Primaria el 21 de octubre de 1897, aplicable a las escuelas oficiales.¹⁵ Su principal objeto de atención fue el currículo de la educación de párvulos y la elemental haciendo énfasis en la obligatoriedad de la instrucción. Poco se ocupa de los profesores: debían tener preparación, dar buen trato a los alumnos, trabajar con la enseñanza mutua, pero el plan de estudios tenía varias implicaciones para su formación y desempeño, en especial por las materias de Moral, Urbanidad, Instrucción cívica –para las niñas se cambiaba por Economía doméstica–, moral práctica con un enfoque que hoy parece innovador: "aprovechando todos los acontecimientos que origine la conducta de los alumnos en la escuela" (artículo 16).

Al cierre del siglo XIX, en mayo de 1900 el gobernador Carlos Sagredo publica una nueva Ley de Instrucción Primaria del Estado.¹⁶ Se trata de una ley renovada, de amplitud temática y muy bien estructurada. Además de dar continuidad a elementos que se fueron fortaleciendo en el transcurso del siglo destaca por su atención re-

¹² AHEA, Sección de Educación.

¹³ AHEA, Sección de Educación.

¹⁴ AHEA, Sección de Educación, caja 3, expediente 15.

¹⁵ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

¹⁶ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

¹⁷ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

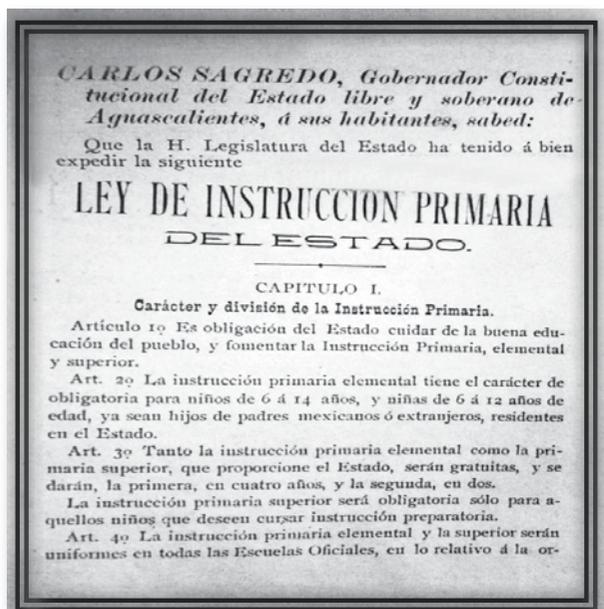


Ilustración 1. Página inicial de la Ley de Instrucción Primaria del Estado de Aguascalientes, expedida por el gobernador Carlos Sagredo el 28 de abril de 1900. Publicada en *El Republicano* el 6 y 13 de mayo de 1900. Archivo Histórico del Estado de Aguascalientes.

novada al proceso de selección y contratación de profesores y a la organización del sistema de inspección y supervisión (artículos 59 y siguientes).

Un elemento nuevo que expresa un logro de la política educativa y un cambio social significativo es el aprecio por el maestro: "El profesorado de Instrucción primaria es altamente honroso y las personas que lo desempeñan gozarán de las consideraciones á que son acreedoras por su noble misión" (artículo 45). La ley fortaleció los requisitos para ser preceptor, así como la vigilancia de su oficio, pero realza el trabajo educativo. El reglamento respectivo, publicado en 1901, complementa la ley con cualidades análogas.¹⁷

CONCLUSIONES

La atención al maestro en la legislación educativa del estado de Aguascalientes entre los años de 1821 y 1910 surge de dos fuentes principales. La primera, del convencimiento de los gobiernos sobre su responsabilidad por la instrucción pública de los niños y de los jóvenes, un proceso vinculado de manera esencial a la creación y estabilización de las mismas estructuras políticas y de gobierno por la vía de las constituciones políticas. La segunda

f fuente proviene de algo que era fundamental en las normas educativas, a saber: la formación cívica y moral que habría de realizar la escuela de acuerdo con los ideales liberales y la posterior influencia del pensamiento positivista. Ambos aspectos requerían de profesores suficientes y profesionales. Un elemento clave en este proceso es la atención a la selección y formación de los profesores.

La promoción de la instrucción pública tiene un desenvolvimiento paulatino en la legislación y tal proceso incluye la definición de la tarea formadora de las Normales, tanto para hombres como para mujeres, si bien diferenciando algunos rasgos relacionados con el sexo de los estudiantes normalistas. Las características de uniformidad, obligatoriedad, gratuidad y científicidad de la enseñanza van precisando la función de la escuela y la identidad y tareas del preceptor a lo largo del siglo XIX y el primer decenio del XX.

La promoción de la uniformidad de la enseñanza, uno de los fines a los que se orientaba la formación del maestro, se apoyó en las Escuelas Normales, en el sistema lancasteriano y en la enseñanza objetiva o científica, esta última sobre todo a partir de la República restaurada y en el Porfiriato, periodo éste que tiene un ejemplo en la ley de 1877.

Existe un mejoramiento en el trabajo legislativo apoyado en la renovación de las normas, que son cada vez más amplias y diversas en su temática; de ello es ejemplo la ley de 1900 en conjunto, y las previsiones crecientes sobre la supervisión del trabajo docente y el aprecio del preceptor, en particular. Esto último es un elemento novedoso de la citada ley. En suma, el estudio muestra el proceso político-jurídico paulatino de definición de la identidad del preceptor.

Reflexión final

Dado el carácter histórico y social de la normatividad de la educación en general y de la relativa a la identidad profesional del profesor, en especial, desde la perspectiva del estudio y tomando en cuenta, además, las necesidades actuales del desarrollo educacional, tiene relevancia profundizar en el proceso de construcción de la identidad en el periodo 1821-1910, así como realizar otro trabajo que dé seguimiento al proceso de legislación sobre la profesión magisterial en México a lo largo de los siglos XX y XXI para contribuir a comprender los rasgos del profesor como actor

¹⁷ AHEA, Sección Hemeroteca, Periódico Oficial.

educativo y para comprender las dificultades que se presentan en la aplicación de las normas afectando su eficacia como soporte de la calidad de la educación. El estudio de tales cuestiones es un factor importante a tener en cuenta en la elaboración de políticas educacionales pertinentes.

La realización de otros estudios históricos sobre la construcción de la legislación educacional, aunada a la visión actual de la identidad normativa del maestro –un componente de la política educacional–, ayudará también a señalar los elementos de ruptura y de continuidad históricas y a destacar la naturaleza de los vínculos existentes entre el ideal de sociedad y la función formativa de la escuela, por una parte, y las implicaciones que de ello resultan para delimitar las tareas docentes y las consecuencias para la formación magisterial y la gestión de las escuelas normales, por la otra, aspectos vinculados en el periodo estudiado.

Dos aspectos relevantes del currículo de la educación básica actual ayudan a ponderar este asunto: primero, la materia dedicada a la formación cívica y ética y, segundo, el enfoque pedagógico de las competencias.

El primer aspecto no ha dejado de estar presente en las preocupaciones educacionales

de la sociedad, que son expresadas en la elaboración de las normas legales y en la búsqueda de una pedagogía eficaz para la formación del carácter cívico de los educandos. Claro es que la comprensión de la necesidad social y la expresión conceptual de este componente de la formación adquieren formas diversas ligadas, entre otras cosas, al desarrollo político del país y a la comprensión y valoración que se hace de la vida democrática. En esto reside el hilo de continuidad liberal de nuestra historia política y socioeducativa y los debates sobre la responsabilidad del Estado nacional.

En lo concerniente al moderno enfoque de las competencias, salvadas las diferencias relativas a los momentos históricos y al desarrollo de la teoría del aprendizaje, entre otros elementos que son importantes de tener en cuenta, lo que puede identificarse como rasgo histórico de continuidad normativa es el énfasis en la naturaleza formativa de la experiencia escolar en oposición a la sola instrucción, así como el importante papel que se asigna al maestro o, en otros términos, la responsabilidad de que se le hace objeto para poner en obra una pedagogía orientada al desarrollo y al aprendizaje sociopolítico de sus alumnos. Esto influye de modo directo en la definición de su identidad jurídica.

LITERATURA CITADA

- ARCHIVO HISTÓRICO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES, Secciones Hemeroteca, Educación.
- ARCHIVO HISTÓRICO DEL ESTADO DE ZACATECAS, Fondo Jefatura Política.
- ÁLVAREZ, I. (coord.), *La educación en México. Proyectos nacionales. Diagnóstico y perspectiva* (2 vols.). México: Limusa-IPN, vol. 1, 296 pp., vol. 2, 368 pp., 1999.
- ALVEAR, C., *La educación y la ley*. México: Editorial Jus, 331 pp., 1963.
- ARNAUT, A., *Historia de una profesión: los maestros de educación primaria en México (1887-1994)*. México: CIDE, 246 pp., 1996.
- BARBA, B., Definición de la función educativa en Aguascalientes en el marco del desarrollo constitucional de México. Una experiencia estatal de construcción del derecho a la educación. *Perfiles Educativos*, XXXIV(135): 41-61, 2012.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, *Derechos del pueblo mexicano: México a través de sus constituciones* (25 tomos, 7ª ed.). México: Miguel Ángel Porrúa-Cámara de Diputados, 2006.
- CONTRERAS, L., *Escuelas lancasterianas de Zacatecas en la primera República Federal, 1823-1835*. México: UPN, 539 pp., 2005.
- DECEANO, F., La reforma de la educación normal. 1996-2000, en Secretaría de Educación Pública. En: *Memoria del quehacer educativo. 1995-2000* (vol. I, pp. 127-148). México: SEP, vol. I, 438 pp., vol. II, 416 pp., 2000.
- DE LA TORRE, J. A., *Estructura jurídico-política de Aguascalientes (1575-1868)*. Aguascalientes: Poder Judicial del Estado de Aguascalientes-Universidad Autónoma de Aguascalientes, 179 pp., 2009.

- GÓMEZ, J., *La creación del estado de Aguascalientes*. México: CONACULTA, 229 pp., 1994.
- GONZÁLEZ, A.R., *Historia de Aguascalientes* (2ª ed.). Aguascalientes: Tipografía de Francisco Antúnez, 364 pp., 1974.
- GUEVARA, M. del R.; González, L.E., *Atraer, formar y retener profesorado de calidad. Reporte sobre la situación de México*, OECD. Disponible en: www.oecd.org/dataoecd/52/62/32023694.pdf, consultado el 17 de junio de 2005.
- MENESES, E., *Tendencias educativas oficiales en México. 1821-1911*. México: Porrúa, 787 pp., 1983.
- MARTÍNEZ, A., La construcción del Programa Nacional para la Actualización Permanente de los Maestros de Educación Básica en Servicio. En: Barba, B.; Zorrilla, M. (coords.), *Innovación social en Educación. Una base para la elaboración de políticas públicas*. México: Siglo XXI-Universidad Autónoma de Aguascalientes, 494 pp., pp. 77-105, 2010.
- MARTÍNEZ, S., *Estado, educación y hegemonía en México*. México: Secretaría de Educación del Gobierno del Distrito Federal-Miguel Ángel Porrúa, 313 pp., 2010.
- ORNELAS, C., *El sistema educativo mexicano. La transición de fin de siglo*. México: CIDE-NAFINSA-Fondo de Cultura Económica, 371 pp., 1995.
- RAMOS, C., *Planear para progresar: planes educativos en el México nuevo, 1820-1833*. México: UPN, 220 pp., 1994.
- RÍOS, R., Educación y transición en Zacatecas. De la Colonia al México Independiente (1754-1854). México: Facultad de Filosofía y Letras-División de Estudios de Posgrado-UNAM, Tesis de Maestría en Historia, 319 pp., 1995.
- YURÉN, M. T., *La filosofía de la educación en México. Principios, fines y objetivos*. México: Trillas, 320 pp., 2008.

Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza

Biomimetic: sustainable innovation inspired by nature

Enrique Rocha Rangel,¹ José Amparo Rodríguez García,²
Enrique Martínez Peña,³ Juan López Hernández⁴

Revisión Científica

Rocha Rangel, E.; Rodríguez García, J. A.; Martínez Peña, E.; López Hernández, J., Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 56-61, 2012.

RESUMEN

Biomimética (de *bios*, vida, y *mimesis*, imitar) es una nueva ciencia que se basa en el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales con el propósito de imitarlos y así encontrar soluciones prácticas a necesidades humanas, con la condición de que éstas sean sustentables. Luego de 3.8 millones de años de evolución las soluciones de la naturaleza son siempre innovadoras, eficientes y funcionan dentro de un balance perfecto con el medio ambiente, situaciones que la raza humana aún está muy lejos de lograr. Biomimética significa copiar a la vida. Para lograr esto, los científicos de múltiples campos del saber han iniciado el desarrollo de gran cantidad de proyectos encaminados a imitar los procesos naturales. Si bien esta idea puede parecer un tanto radical para algunas personas, actualmente es ya un nuevo concepto empleado por muchas organizaciones alrededor del mundo para la construcción de bienes y servicios.

Palabras clave: biomimética, sustentabilidad, naturaleza, imitar, innovar, vida.

Keywords: biomimetic, sustainability, nature, imitate, innovation, life.

Recibido: 20 de Febrero de 2012, aceptado: 8 de Junio de 2012

¹ Universidad Politécnica de Victoria, erochar@upv.edu.mx.

² Universidad Politécnica de Victoria, jrodriguezg@upv.edu.mx.

³ Universidad Politécnica de Victoria, emartinezp@upv.edu.mx.

⁴ Universidad Politécnica de Victoria, jlopezh@upv.edu.mx.

ABSTRACT

Biomimetic (from bio, life and mimetic imitation) is a new science based on the study of models, systems, processes and natural elements, for the purpose of imitating them, and then find practical solutions to human necessities, with the condition that those solutions are sustainable. After 3.8 million years of evolution, natural solutions are innovative, efficient, and function inside a perfect balance with the environment, situation that the human race is still from reaching. Biomimetic means to copy to life. In order to get this, scientist from multiple knowledge fields, have started the development of many projects with the intention of copying natural processes. This idea can appear radical to a number of people, however, actually it is already a new concept employed by different organizations worldwide for the manufacturing of goods and services.

INTRODUCCIÓN

La biomimética como se le conoce en la práctica, es un método por medio del cual los diseñadores e ingenieros hacen investigaciones biológicas con el propósito de determinar cómo los organismos resuelven problemas complejos (Chiras, 1992; Benyus, 1997; Carlson *et al.*, 2005; Bar-Cohen 2005, 2006; Rocha, 2010). En otras palabras, usan la información del desarrollo obtenido a través de millones de años de evolución para obtener un diseño. En años recientes, ese tipo de pensamiento aplicado en un contexto comercial ha producido una gran cantidad de nuevos productos, tales como pegamentos no tóxicos,

medios de transporte empleando conceptos aerodinámicos, estructuras resistentes y ligeras, sensores, redes neuronales, etc. La idea central de este concepto es que la naturaleza, innovadora por necesidad, ha resuelto ya muchos de los problemas que nosotros nos esforzamos en resolver actualmente. Los animales, las plantas y los microbios son organismos consumados. A través de su evolución han acertado en qué funciona, qué es apropiado y qué perdura en la tierra. La emulación consciente de la genialidad de la naturaleza es una estrategia de supervivencia para la raza humana, un camino hacia el futuro sostenible. Es así como en la medida que nuestro mundo se parezca y funcione como el mundo natural, mayor es nuestra probabilidad de sobrevivir en él.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el apartado siguiente se presenta una figura y una breve explicación de cada aspecto mostrado en la misma. Esta figura ha sido tomada por los científicos como punto de partida para llevar a cabo sus diseños basándose en modelos naturales.

Diseño de espiral

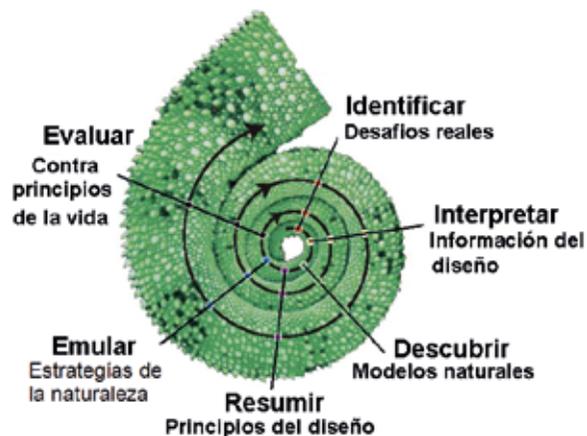
Los innovadores de todos los ámbitos de la vida, ingenieros, administradores, diseñadores, arquitectos, líderes de negocios y muchos más pueden utilizar a la biomimética como una herramienta para crear diseños más sustentables. El proceso de biomimétismo que consulta al genio de la vida, se describe en la espiral de diseño (figura 1), la cual sirve como una guía de ayuda a los innovadores para emplear a la biomimética para biologizar los desafíos, consultando el mundo natural en busca de inspiración, para garantizar que el diseño final imitara la naturaleza en todas las formas de niveles, de proceso y de ecosistemas.

Esta metodología no trae sabiduría de la naturaleza sólo para el diseño físico, sino también al proceso de fabricación, envasado, y todo el camino hasta el envío, distribución y las decisiones de recuperación del producto. Se utiliza una espiral para subrayar el carácter reiterativo del proceso, es decir, después de resolver un desafío, entonces evaluar qué tan bien cumple con los principios de la vida, y si no resulta a menudo se plantea otro desafío, y el proceso de diseño comienza de nuevo. Por ejemplo, un innovador puede diseñar una turbina de viento que imita la racionalización de los principios de la vida, pero

luego se puede preguntar, ¿cómo se fabrica? ¿El uso de energía y procesos químicos se pueden imitar de la naturaleza también? Todo esto se puede hacer con otro ciclo a través del método de diseño.

Figura 1. Diseño de espiral para imitar a la naturaleza.

Desafío a la Biología



Identificar

- Desarrollar y perfeccionar diseños basados en las lecciones aprendidas de la evaluación de los principios de la vida.
- La naturaleza trabaja con pequeños bancos de retroalimentación, en constante aprendizaje, adaptación y evolución.

Interpretar

- Biologizar las preguntas; hacer un diseño desde una perspectiva natural.
- Trasladar las funciones de diseño en funciones que desarrolla la naturaleza. Preguntar, ¿cómo la naturaleza hace esta función?, ¿cómo la naturaleza no haría esta función?

Descubrir

- Encontrar los mejores modelos naturales para responder a nuestras preguntas.
- Encontrar a quienes mejor se adaptan mediante preguntas como: ¿qué ser vivo depende de esto?

Resumir

- Encontrar los procesos y patrones repetitivos con los que la naturaleza logra el éxito.
- Crear taxonomías de estrategias de la vida.
- Seleccionar las estrategias más relevantes que cumplan con su diseño particular.

Emular

- Desarrollar ideas y soluciones basadas en modelos naturales.



Figura 2. Gecko que muestra su pata tomada a diferentes ampliaciones para observar los pelos que le permiten adherirse a todo tipo de superficies.

- Desarrollar conceptos e ideas que apliquen las lecciones dadas por los maestros naturales. Observar en las aplicaciones de estas lecciones tanto como sea posible (forma de imitar, función imitada, ecosistemas imitados).

Evaluar

- Cómo tus ideas se comparan a los principios naturales exitosos de la vida.
- Evalúa tus soluciones de diseño comparándolas contra los principios de la vida.
- Identificar otras formas de mejorar tu diseño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan ejemplos de aprovechamiento de algunas estrategias copiadas de la naturaleza para dar origen a desarrollos humanos exitosos.

Adhesión gecko

¿Alguna vez has querido caminar por las paredes o por el techo de tu casa?, la lagartija "gecko" puede caminar en cualquier superficie sin caerse incluyendo el vidrio, aun cuando sólo uno de los dedos de sus patas toque la superficie. El secreto radica en los millones de diminutos pelos cortos (figura 2) de queratina ubicados en la superficie de los dedos de la pata que adhieren al gecko firmemente a la superficie.

Cada pelo de las patas del gecko ejerce una fuerza de atracción de Van Der Waals con la superficie de contacto. Aunque esta fuerza individualmente es diminuta, los millones de pelos en conjunto producen un efecto adhesivo muy poderoso.

El científico Andre Geim de la Universidad de Manchester (Inglaterra) ha desarrollado un material, el cual dice que al cubrir la mano de una persona con el mismo sería suficiente para que este individuo trepe por paredes y techos. A la hora de querer separarse de las superficies, sólo basta con levantar ligeramente un lado del guante. De igual manera, este tipo de principio se puede aplicar en sistemas robóticos, los cuales pueden tener aplicaciones diversas como robots trepadores (figura 3), aeroespaciales, etc.

Pantallas inspiradas en mariposas

Además de infundir belleza, gran variedad de mariposas han inspirando progreso tecnológico, ya que sus colores no se deben a la existencia de pigmentos en las alas de las mismas, sino al modo en que llevan a cabo la reflexión de la luz solar, descomponiendo



Figura 3. Robot trepador en forma de gecko con patas que se pueden adherir a diferentes superficies.



Figura 4. Reflexión de la luz por las alas de una mariposa.

ésta en una serie de llamativos colores. Actualmente, se están desarrollando técnicas por medio de las cuales se pueda reproducir estructuras a escalas nanométricas de las alas de algunas variedades de éstas (Brainz, 2012). Gracias a la estructura resultante de estos biomodelos copiados de las alas, el hombre ha creado nuevas pinturas y cosméticos que están libres de metales tóxicos y que requieren de niveles bajos de energía para su manufactura, además se podrán fabricar estructuras ópticamente activas como recubrimientos para células solares, difusores ópticos y otros dispositivos.

Un ejemplo claro de este desarrollo tecnológico es el siguiente: al imitar la luz reflejada en modo alguno en diferentes escalas de las alas, la empresa Qualcomm ha desarrollado pantallas mirasol; éstas hacen uso del principio de la reflexión de la luz, en una comprensión de cómo los seres humanos perciben esa luz (figura 4).

¿Cómo trabaja?

El modulador interferométrico (IMOD) es un dispositivo compuesto por dos placas conductoras paralelas. Una es una película apilada en un sustrato de vidrio, y la otra es una membrana reflectora suspendida sobre el sustrato. Hay un espacio entre las dos que es llenado con aire. Los IMOD tienen dos estados estables: uno cuando no hay voltaje aplicado, las placas son separadas y la luz es rebotada, en este caso el sustrato funciona como un reflector. Cuando es aplicado un pequeño voltaje las placas son juntadas por atracción electrostática y la luz es absorbida tornándose a un elemento negro. Los IMOD son elementos diminutos típicamente entre 10-100 micras por lado (400-1,000 puntos por pulgada). Los colores elementales de los IMOD son determinados por el ta-

maño del espacio que existe entre las dos placas. Para fabricar una pantalla es necesario un arreglo de elementos IMOD mismos que pueden ser fabricados en el formato deseado.

Nanosensores inspirados por las alas de las mariposas

Científicos de la compañía GE (General Electric) están trabajando en una tecnología basada en las mariposas para desarrollar una nueva generación de sensores (figura 5) que serán capaces de detectar todo tipo de explosivos, armas químicas, así como biomarcadores capaces de detectar en las personas una posible enfermedad mediante el análisis de su respiración (Martín, 2012; Tecnología Natura, 2012).

El equipo de investigación descubrió que las escamas en las alas de la mariposa Morpho tienen capacidades de detección muy afinadas, pudiendo captar las moléculas fuera del ruido atmosférico. Las estructuras de nano-nivel por debajo de las escamas de colores en las alas de las mariposas reaccionan a diferentes vapores, cam-

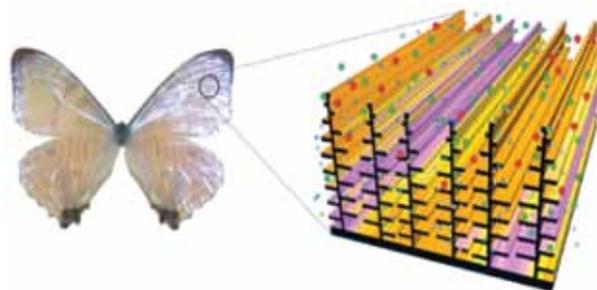


Figura 5. Tecnología basada en las mariposas para desarrollar sensores capaces de detectar todo tipo de explosivos y armas químicas.

biando la reflectividad espectral de las alas en función de lo que están expuestas.

Si tiene éxito la investigación, se comenzaría a utilizar estos sensores con dimensiones de 5 micras, capaces de identificar con precisión, incluso, las concentraciones más bajas de vapores en una atmósfera químicamente saturada.

Estos sensores podrían ser incorporados en prendas de vestir, especialmente diseñados para cambiar de color si detectan una amenaza biológica o química, además podrían ser distribuidos en una gran región como confeti para ayudar a los militares a identificar las zonas donde ciertas sustancias se podrían estar ocultando o extendiéndose. En el mundo civil, podría ser utilizado para detectar una enfermedad a través del aliento de un paciente, así como controlar la contaminación procedente de instalaciones industriales, y en el mantenimiento de la seguridad alimentaria.

Robots autónomos inspirados en insectos

Estamos acostumbrados a pensar en la robótica del futuro como sistemas inteligentes con un aspecto muy parecido al hombre, aunque en realidad los seres humanos no son probablemente el mejor modelo biológico para diseñar robots útiles para determinadas tareas. En términos de locomoción, un modelo con forma de insecto posee un mejor desempeño para trasladarse en diversos terrenos, tales como aquéllos con superficies inclinadas. Los ojos de los insectos tienen una buena resolución que combinado con un amplio rango de visión, pueden ser utilizados para la exploración de espacios donde el hombre no puede llegar; asimismo, la habilidad de adaptarse rápidamente al cambio de entorno hace de

aquellos robots insectos un precursor para futuras aplicaciones en las áreas de exploración y defensa (figura 6).

Diseño de neuronas artificiales

Otro campo importante en cuanto a la imitación de los procesos naturales, viene dado por el deseo de modelar el comportamiento del cerebro humano, específicamente el desempeño de las neuronas. Una neurona biológica es una célula viva y como tal, contiene los mismos elementos que forman parte de todas las células biológicas. Además, contienen elementos característicos que las diferencian. En general, una neurona consta de un cuerpo esférico, de 5 a 10 micras de diámetro, del que salen una rama principal, el axón y varias ramas más cortas llamadas dendritas. A su vez, el axón puede producir ramas en torno a su punto de arranque y con frecuencia, se ramifica extensamente cerca de su extremo (Nenadic y Ghosh, 2001).

Hay muchos tipos de Redes Neuronales Artificiales, algunas de las cuales están más acordes con las teorías modernas de circuitos de redes neuronales que otras, existe un tipo de neuronas que se aplican a los robots tipo BEAM (Biology, Electronics, Aesthetics and Mechanics).

BEAM es una forma de robótica que utiliza principalmente la electrónica clásica, es decir, la analógica; ya no tanto a la electrónica digital avanzada. Biología, Electrónica, Estética y Mecánica es un robot que imita los conceptos de vida de los animales, como los insectos (Frigo, 1995). El creador de esta filosofía es Mark Tilden a principios de los años noventa. Todos los circuitos BEAM se basan en lo que llamaremos una neurona. Esta neurona es similar, pero no exactamente a una

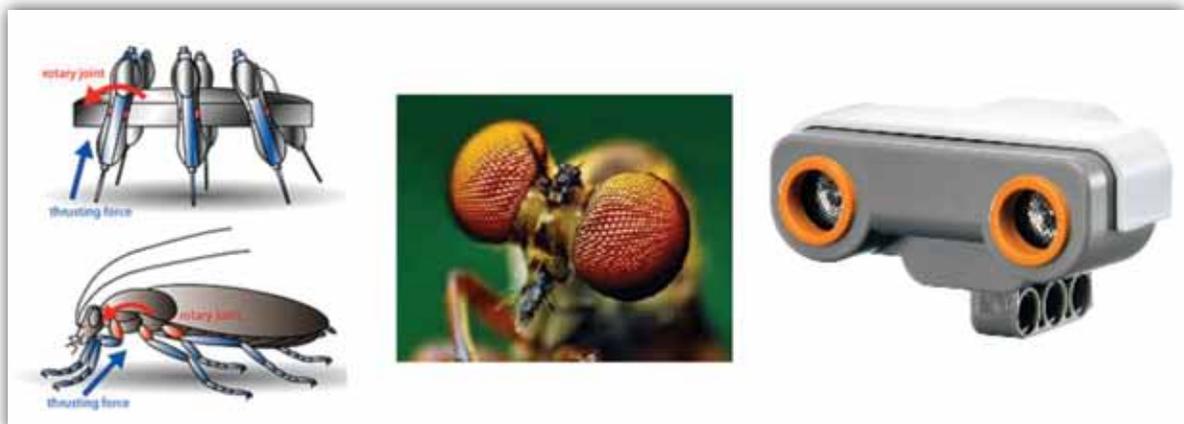


Figura 6. Modelo de robot con forma de insecto.

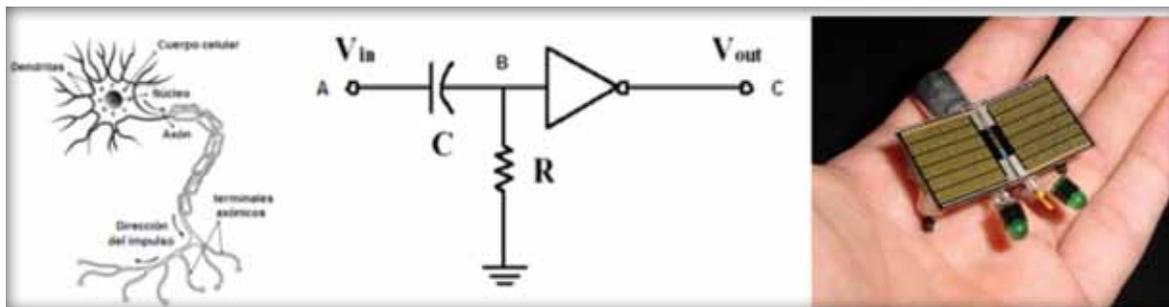


Figura 7. Circuito básico de una neurona nerviosa que funciona como un generador de pulsos.

neurona como la que se puede encontrar en un sistema biológico. Una neurona nerviosa (Nv) BEAM consiste en un pulso de electricidad desfasado en tiempo que se puede usar como un transmisor de información; el circuito básico de una neurona Nv que funciona como un generador de pulsos fue diseñado por Mark Tilden que es el que se muestra en la figura 7.

CONCLUSIONES

Como puede observarse en este breve trabajo, se tiene que la biomimética es una ciencia que

se sustenta en los principios de la vida, los que a su vez instruyen a: funcionar con luz solar, usar sólo la energía necesaria, adaptarse a la forma para funcionar, reciclar, premiar la cooperación, frenar excesos y escuchar el poder de los límites. De manera tal que entre más nuestro mundo se parezca y funcione como el mundo natural, mayor será nuestra probabilidad de sobrevivir en él, de otra manera con el alto avance tecnológico no sustentable desarrollado por el hombre, nuestra especie está orillando a la extinción de la vida en el planeta, incluyendo la suya propia.

LITERATURA CITADA

- BAR COHEN, Y., *Biomimetics-biologically inspired technologies*. USA: CRS Press, 2005.
- BAR COHEN, Y., *Biomimetics-using nature to inspire human innovation, Bioinspiration & Biomimetics*. First ed., United Kingdom, 2006.
- BENYUS M. Y., *Biomimicry: innovation inspired by nature*. USA: William Morrow and Company, Inc., 1997.
- CARLSON, J.; GHAEY, S.; MORAN, S.; TRAN, C.A.; KAPLAN, D.L., *Biological materials in engineering mechanisms, Biomimetics-biologically inspired technologies*. First ed. USA, CRS Press, 365-380, 2005.
- CHIRAS, D., *Lessons from nature: learning to live sustainably on the earth*. USA: Islan Press, 1992.
- FRIGO, J.R.; TILDEN, M.W., Satboot I: Prototype of a biomorphic autonomous spacecraft, Los Alamos National Laboratory, Proc. SPIE, 1995.
- NENADIC, Z.; GHOSH, B.K., Signal processing and control problems in the brain. *Control Systems Magazine*, IEEE: 28-41, 2001.
- ROCHA RANGEL, E., Biomimética: de la naturaleza a la creación humana. *Ciencias*, 98(4-8), 2010.

Diccionario

- Butterfly-Inspired Displays, De <http://brainz.org/15-coolest-case-biomimicry/>. 6/junio/2012.
- MARTÍN, O., *Bioingeniería*, de <http://www.fierasdelaingenieria.com/tecnologia-mariposa-aplicada-hacia-sensores-quimicos-mas-avanzados/>. 6/Junio/2012.
- Tecnología Natura, De http://www.surmagico.cl/el_color_de_las_mariposas.htm. 6/Junio/2012.

Biodiesel, un combustible renovable

Biodiesel, a renewable fuel

Iliana Ernestina Medina Ramírez,¹ Norma Angélica Chávez Vela², Juan Jáuregui Rincón³

Revisión Científica

Medina Ramírez, I. E.; Chávez Vela, N. A.; Jáuregui Rincón, J., Biodiesel, un combustible renovable. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 62-70, 2012.

RESUMEN

La sustitución de los combustibles denominados fósiles o tradicionales, derivados del petróleo, por otros, de origen biológico, representa uno de los grandes retos que enfrenta la humanidad actualmente. Una de las alternativas más factibles para reemplazar el diesel de petróleo es la producción de biodiesel. Éste es un combustible renovable derivado de aceites vegetales (comestibles o no comestibles; nuevos o usados) y grasas animales que posee propiedades similares a las del petróleo. Además, se ha encontrado que con el uso de biodiesel se logran reducir las emisiones de monóxido de carbono, azufre, hidrocarburos aromáticos y partículas sólidas. La manera convencional de sintetizar biodiesel es mediante la transesterificación de aceites vegetales con metanol y catálisis homogénea básica. El presente trabajo describe los fundamentos de la producción de biodiesel sintetizado a partir de aceites vegetales, grasas animales o aceites de reúso, además del análisis de la factibilidad técnica y económica de la producción del mismo.

Palabras clave: aceites vegetales, transesterificación, biodiesel, ésteres de ácidos grasos, condiciones de reacción

Key words: vegetable oils, transesterification, biodiesel, fatty acid alkyl esters, reaction conditions

Recibido: 6 de Junio de 2011, aceptado: 9 de Diciembre de 2011

¹ Departamento de Química, Centro de Ciencias Básicas, iemedina@correo.uaa.mx.

² Departamento de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, nachavez@yahoo.es.

³ Departamento de Ingeniería Bioquímica, Centro de Ciencias Básicas, jjaureg@correo.uaa.mx.

ABSTRACT

The substitution of traditional petroleum-based diesel fuel for others of biological nature, represents nowadays one of the greatest scientific challenges. Biodiesel is a renewable fuel derived from vegetable oils (edibles or non edibles; new or used) with similar properties to petroleum-based diesel fuel. Besides, it has significantly lower emissions of carbon monoxide, sulfur, aromatic hydrocarbons and particulate matter. The most common way to produce biodiesel is by transesterification of vegetable oils with methanol and homogeneous basic catalysis. A technological and economic assessment on the fundamentals of biodiesel production from vegetable oils, animal fats or used vegetable oils is presented in this work.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, entre los principales problemas que enfrenta la humanidad, destacan el deterioro ambiental y la crisis energética. Una de las principales causas de la contaminación del aire es la quema de combustibles fósiles, ya que la combustión de los mismos produce grandes cantidades de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno), óxidos de azufre, hidrocarburos no quemados y cenizas finas. Además, este recurso natural es una fuente energética no renovable y, a últimas fechas, se ha informado que las reservas mundiales tarde o temprano se agotarán. Se estima que el petróleo se acabará en 41 años, el gas natural en 63 años y el carbón en 218 años (Agarwal, 2007).

Por estas razones, hay interés en el desarrollo de fuentes de combustible alternativas y más limpias. Estudios recientes indican que existen otras fuentes energéticas, las cuales tienen emisiones extremadamente bajas y que parecen tener el potencial para convertirse en fuentes de sustitución de energía para la propulsión de automóviles, entre ellas destacan: alcoholes, gas natural, hidrógeno y biodiesel.

El biodiesel es un combustible líquido producido a partir de materias renovables, como los aceites vegetales o grasas animales, que actualmente sustituye parcial o totalmente al diesel de petróleo en los motores diesel. De acuerdo con algunas empresas en Estados Unidos, Francia, Alemania, Brasil y Argentina, que ya usan biodiesel, al incorporarlo a un motor convencional se reducen las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de azufre, hidrocarburos aromáticos y partículas sólidas (Islas *et al.*, 2007). Puede funcionar en cualquier motor diesel, y se presume que duplica la vida útil de los vehículos, no obstante, algunas de sus propiedades (alta viscosidad, baja volatilidad, menor poder calorífico, estabilidad a oxidación, etc.) deben ser mejoradas para poder lograr reemplazar a 100% el uso de combustibles fósiles.

Para lograr que el biodiesel se convierta en una alternativa energética real, se necesita que este producto no sólo presente características equivalentes a las del petrodiesel, sino también que en el conjunto de procesos de obtención, se consigan balances energéticos positivos y llegue al mercado con un costo similar al del diesel de petróleo. Actualmente, éste es el principal obstáculo para la comercialización del biodiesel. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América, el precio aproximado del biodiesel es de US\$ 0.5/l, contra US\$ 0.35/l del petrodiesel. La principal causa del elevado costo de este biocombustible radica en el empleo de aceites comestibles vírgenes para su producción; es por esto que recientemente se ha explorado la utilización de aceites reciclados o aceites no comestibles en la producción de biodiesel. Por ejemplo, en México, Chiapas es pionero en el uso de biodiesel en transporte público. Chiapas tiene establecidas 10 mil has de jatropha, con un potencial para producir hasta 12 mil litros de biodiesel al día en una planta. La planta chiapaneca de biodiesel (figura 1) cuenta con doble tecnología de punta para producir 20 mil litros de combustible al día.



Figura 1. La planta de biodiesel, ubicada en Puerto Chiapas, es la primera en el país en contar con el permiso de la Secretaría de Energía para la producción, almacenamiento y comercialización de ese biocombustible (imagen tomada de: www.huixtlaweb.com).

El biodiesel se describe químicamente como una mezcla de ésteres de alquilo (metilo y etilo, principalmente), con cadenas largas de ácidos grasos. Estas cadenas, al estar oxigenadas, le otorgan al motor una combustión mucho más limpia (Bosbaz, 2008). Este combustible puede utilizarse puro (B100, conocido como "gasol verde"), o en mezclas de diferentes concentraciones con el diesel de petróleo. La mezcla más utilizada en nuestros días es a 20%, es decir, 20 partes de biodiesel y 80 partes de petrodiesel. Cuando es utilizado como aditivo, sus concentraciones normalmente no superan 5%.

La idea de producir biocombustible a partir de aceites vegetales no es nueva. Rudolf Diesel en el año 1900 utilizó aceite de cacahuete para impulsar el motor que había construido. Sin embargo, en ese tiempo no se le dio mayor importancia a los biocombustibles, ya que se pensaba que los combustibles fósiles eran inagotables. En un discurso de 1912, Diesel dijo que "el uso de aceites vegetales como combustibles de motor puede parecer insignificante hoy, pero tales aceites pueden convertirse, en el transcurso del tiempo, tan importantes como el petróleo y los productos de alquitrán de hulla de la actualidad" (Kemp, 2006).

México, considerado como uno de los 10 mayores productores y exportadores de petróleo en el mundo, también experimenta actualmente un declive en la producción de crudo, por lo cual se debe de empezar a trabajar en el desarrollo de fuentes alternas de energía. En el año 2006 se

presentó a la Secretaría de Energía en México (SENER) un estudio sobre las posibilidades y viabilidad del uso del bioetanol y del biodiesel como combustibles para el transporte en México (Aca Aca *et al.*, 2009). Dicho reporte subraya que para lograr la producción de biodiesel a gran escala en México, se requiere de un esfuerzo importante en investigación y desarrollo. Considerando la relevancia y el interés que particularmente han cobrado los bioenergéticos en nuestro país, el 1 de febrero de 2008 fue publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el decreto por el que se expide la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, la cual contempla la elaboración del Programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico (SENER, 2009). Se recomienda que la producción y procesamiento de este combustible se haga con tecnología diseñada y construida localmente y evitar la importación directa de las plantas. Es importante destacar que se debe evitar la competencia por el uso de la tierra para fines de alimentación, o evitar la contaminación por el uso intensivo de fertilizantes químicos y pesticidas, enfatizar un enfoque agroecológico e impulsar los cultivos perennes (como la higuera o la jatropha) que permitan el uso de tierras de temporal y/o marginales, y aseguren una mayor cobertura del suelo para control de erosión.

Transesterificación de aceites vegetales

La manera más común de sintetizar biodiesel es mediante una reacción de transesterificación, en la cual un triglicérido reacciona con un alcohol (metanol, etanol, propanol o butanol) en presencia de un catalizador (figura 1). Debido a la naturaleza reversible de esta reacción, es recomendable emplear exceso de alcohol para con esto favorecer el equilibrio hacia la formación de biodiesel.

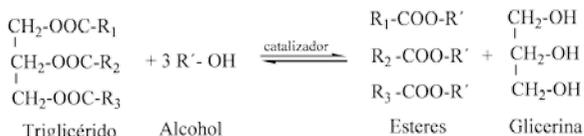


Figura 1. Reacción de transesterificación para la producción de biodiesel.

El producto recuperado se separa por reposo de dos fases para eliminar el glicerol. La mezcla restante, que es el biodiesel, se destila para quitar el excedente de alcohol para reciclado. Posteriormente, los ésteres son sometidos a procesos de purificación que consiste en el

lavado con agua, e inclusive secado al vacío y filtrado. Como resultante del proceso, se obtiene biodiesel, así como un subproducto conocido como glicerol, que tiene usos variados en la industria farmacéutica y cosmética. El proceso general para la obtención de biodiesel se encuentra esquematizado en la figura 2.

Las principales variables que afectan el rendimiento y pureza en términos de producción de biodiesel son: pureza de los reactivos empleados, tiempo de mezclado, temperatura de reacción, concentración y tipo de catalizador empleado y relación en masa de la cantidad de metanol y aceite empleados. En las siguientes secciones, discutiremos la manera en que estas variables afectan la reacción de transesterificación.

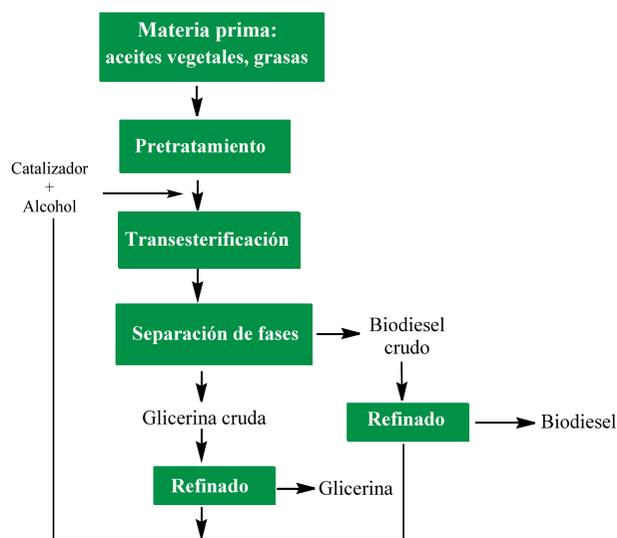


Figura 2. Representación esquemática del proceso general para la obtención de biodiesel.

Materias primas

La producción de biodiesel a partir de aceites vegetales refinados ha sido ampliamente explorada; no obstante, esta estrategia genera inquietud debido a que no se conoce el efecto que pueda producir sobre el sector agropecuario. Se estima que el crecimiento acelerado de la industria de biocombustible impondrá importantes demandas sobre los recursos de tierra y agua, al tiempo que las necesidades para la producción de alimentos también las requerirán. Adicionalmente, algunos autores han determinado que la materia prima representa aproximadamente entre 75% y 88% del costo total de producción

Tabla 1. Principales materias primas para la elaboración de biodiesel

Aceites vegetales convencionales	Aceites vegetales alternativos	Otras fuentes
Aceite de girasol Aceite de colza Aceite de soya Aceite de coco Aceite de palma	Aceite de <i>Brassica carinata</i> Aceite de <i>Cynara cardunculus</i> Aceite de <i>Camelina sativa</i> Aceite de <i>Crambe abyssinica</i> Aceite de <i>Pogianus</i> Aceite de <i>Jatropha curcas</i>	Aceite de semillas modificadas genéticamente Grasas animales Aceites de fritura usados Aceites producidos por microorganismos y microcraalgas

del biodiesel, por lo que es necesario reducir estos costos para generar un producto competitivo en el mercado (Demirbas, 2008a). Para ello, se han buscado materias primas alternativas (tabla 1), las cuales produzcan biodiesel con características similares al producido de aceites vegetales refinados, pero eviten la competencia por el uso de la tierra para fines de alimentación. Cabe recalcar que entre las materias primas alternativas, destacan los *residuos* grasos animales y vegetales, los cuales son una materia prima barata, además de que con su utilización se evitan los costos de tratamiento como residuo (Sharma *et al.*, 2008). Japón, Estados Unidos de América y algunos países europeos han logrado producir cantidades importantes de biodiesel a partir de aceite vegetal reciclado. En algunos de estos países este combustible se utiliza en el transporte público.

Además de los aceites vegetales residuales, otras materias primas que han sido estudiadas son los aceites vegetales no comestibles y los aceites producidos por microorganismos (bacterias, levaduras y algas). Las levaduras y bacterias del grupo actinomicetos son capaces de sintetizar triglicéridos intracelulares, bajo ciertas condiciones de cultivo, hasta en 80% de su peso seco, utilizando diversas fuentes de carbono (azúcares, ácidos orgánicos, alcoholes y aceites, entre otras) (Kosa and Ragauskas, 2011). Este proceso es costoso, ya que estos microorganismos requieren un alto consumo de oxígeno. En contraste, las microalgas representan una alternativa más conveniente que cualquier otro tipo de organismo para la producción de triacilglicéridos y su conversión a biodiesel, ya que son las plantas con el crecimiento más rápido en el mundo, es posible cultivarlas durante todo el año, su cultivo no requiere ni tierras arables ni agua limpia, en ciertos casos la composición de lípidos puede ser regulada a través de la adición o restricción de ciertos componentes de la dieta y, finalmente, su rendimiento es mucho más alto que el de cualquier otro cultivo (Demirbas, 2011; Chen,

et al., 2011). La empresa GreenFuel Technologies, considerada como una de las principales en materia de cultivo de algas, estima el rendimiento en biodiesel de un cultivo de algas en más de 50,000 litros por hectárea y año. En términos comparativos, el rendimiento en biodiesel producido a partir de aceite de palma alcanza unos 5,000 litros/ha/año.

Alcohol

El alcohol es el principal insumo para la producción de biodiesel. Los alcoholes que más comúnmente se utilizan para producir biodiesel son metanol y etanol, aunque, se pueden utilizar otros alcoholes –propanol, isopropanol, butanol y pentanol–, pero éstos son mucho más sensibles a la contaminación con agua, la cual inhibe la reacción. Pese a su naturaleza tóxica, el metanol es el alcohol más utilizado debido a su alta reactividad y bajo costo; además, los ésteres de metilo presentan mejores propiedades (menor viscosidad, punto de nube a temperaturas más bajas, por ejemplo) de acuerdo a las necesidades de los motores, en comparación de los ésteres producidos con alcoholes superiores (Demirbas, 2008b).

Pretratamiento del aceite

Previo a la utilización de residuos grasos y/o aceites no convencionales en la producción de biodiesel, es necesario determinar sus propiedades fisicoquímicas –contenido de ácidos grasos libres (AGL) y humedad, principalmente–, a fin de evitar la presencia de impurezas que interfieren en la reacción de transesterificación. Por esto, dichas materias primas, dependiendo de sus características, deben ser sometidas a un pretratamiento, el cual puede consistir en uno o más de los siguientes procesos: desgomado (eliminación de fosfolípidos), neutralización (eliminación de AGL), esterificación ácida (formación de ésteres a partir de AGL cuando la acidez es mayor a 5%), winterización (separación en frío de estearinas, ceras y esteroides), lavado (eliminar residuos de la neu-

tralización) y secado (eliminar agua usando un evaporador al vacío). Para los aceites reciclados, los métodos de pretratamiento más usados son: sedimentación, neutralización, cromatografía en columna (constituida por partes iguales de sílica-to de magnesio y óxido de aluminio) y evaporación al vacío (Kulkarni y Dalai, 2006).

Actualmente, el pretratamiento de las materias primas se puede realizar mediante el empleo de una nueva tecnología a base de resina de intercambio iónico, AMBERSEP BD19 fabricada por Rohm and Haas, la cual permite purificar la materia prima (principalmente cuando se emplean fuentes no convencionales). El pretratamiento consiste en hacer pasar los aceites a través de una columna empacada con dicha resina; con este tratamiento se logran remover proteínas, fosfolípidos, especies iónicas, AGL, etc. Se ha reportado que el uso de esta tecnología contribuye a disminuir la complejidad y costo del proceso de pretratamiento, además de incrementar la eficiencia del mismo (Berríos y Skelton, 2008).

Variables que afectan la reacción de esterificación

Contenido de ácidos grasos libres

La composición química de un aceite vegetal es un aspecto relevante que debe de ser considerado al momento de elegir materia prima para la producción de biodiesel, ya que la composición de ésta determinará las propiedades del producto obtenido; asimismo, determinará el tipo de pretratamiento al que debe ser sometido el aceite previo a la reacción de transesterificación.

En últimas fechas ha cobrado gran interés el reciclaje de aceites quemados de cocina en la producción de biodiesel. Las propiedades físicoquímicas de los aceites frescos y los aceites quemados son muy parecidas, excepto en su contenido de agua y de ácidos grasos libres. Los aceites y grasas son susceptibles de enranciarse o descomponerse durante el proceso de freído. Dicha descomposición se debe a la ruptura del enlace glicerol-ácido graso, lo que conduce a la aparición de ácidos grasos libres y de color en el aceite. A pesar de los cambios sufridos por el aceite durante el proceso de freído, éstos aún pueden ser utilizados en la producción de biodiesel; sin embargo, el alto contenido de AGL y agua contribuyen a disminuir la eficiencia de la reacción de transesterificación.

Se estima que el contenido de AGL en un aceite debe ser $\leq 2\%$, esto con el fin de evitar la

reacción de los mismos con el catalizador básico, lo cual conduciría a la formación de jabones. Para aceites con elevado contenido de AGL se recomienda una esterificación ácida previa a la reacción de transesterificación básica (Corro *et al.*, 2011).

Contenido de agua

Se ha encontrado que en la reacción de transesterificación la humedad favorece el proceso de saponificación, disminuyendo, por tanto, el rendimiento de la reacción. Además, el jabón resultante de la saponificación provoca un aumento de viscosidad o de formación de geles que interfieren en la reacción y en la separación del glicerol. Para obtener rendimientos altos, el alcohol y catalizador deben ser anhidros (Canakci y Van Gerpen, 2001).

En la catálisis biológica, la humedad no promueve la reacción de saponificación debido a la alta especificidad de las enzimas. Tamalampudi *et al.* (2008) reportan que con humedades de 0.5 y 10% en la transesterificación de aceite de jatropha con la lipasa inmovilizada del *R. oryzae* se alcanzaron rendimientos de 80 y 60%, respectivamente. Resultados similares se reportaron cuando se transesterificó aceite de jatropha y aceite de soya con *P. cepacia*, lo cual indica que el rendimiento aumenta hasta un valor límite cuando se incrementa el contenido de agua. Este aumento se explica debido a que algunas lipasas requieren de la interfase agua-aceite para iniciar su actividad catalítica (Ranganathan *et al.*, 2008). Sin embargo, un incremento en el contenido de agua por encima del valor límite reduce la formación de ésteres debido a que las lipasas en medios muy acuosos favorecen la reacción de hidrólisis (Rojas *et al.*, 2010).

Relación molar de reactivos empleados

Una de las variables más importantes que afecta los rendimientos de los ésteres es la relación molar alcohol-triglicérido. La proporción estequiométrica requerida es de tres moles de alcohol por cada mol de triglicérido para producir tres moles del éster del ácido graso y un mol de glicerol. Sin embargo, debido a la reversibilidad del proceso, se requiere un exceso de alcohol para favorecer la reacción a la producción de ésteres. Si la cantidad de alcohol no es suficiente, el producto contendrá monoglicéridos y diglicéridos (productos intermedios de la transesterificación), los cuales cristalizan muy fácilmente en el biodiesel y pueden causar taponamiento de los filtros y

otros problemas en el motor. Se ha reportado que para una conversión máxima se debe utilizar una relación molar de 6:1, ya que un valor más alto de relación molar de alcohol afecta a la separación de glicerina debido al incremento de solubilidad (Marchetti *et al.*, 2007). En el caso del etanol, algunos estudios indican que una razón molar de 9:1 es más apropiada. Estudios de la transesterificación de aceite de cynara con etanol obtienen los mejores resultados con relaciones molares entre 9:1 y 12:1 (Rojas *et al.*, 2009). La catálisis ácida requiere mayor relación molar que la catálisis básica; Veljkovic (2006) reporta una relación molar de 18:1 en la transesterificación de aceite de tabaco.

Catalizadores

Es necesario contar con catalizadores para que ocurra la reacción que produce el biodiesel y sea posible desde un punto de vista cinético. Estos catalizadores pueden ser ácidos (homogéneos o heterogéneos), básicos (homogéneos o heterogéneos) o enzimáticos, siendo los catalizadores básicos los que se utilizan a nivel industrial en la transesterificación, ya que actúan mucho más rápido y, además, permiten operar en condiciones moderadas (Sharma *et al.*, 2008). Entre los catalizadores básicos homogéneos, el NaOH y KOH son los más empleados. A pesar de que estos catalizadores son económicos y presentan elevados porcentajes de conversión, su uso conlleva a complejos procesos de purificación del producto (biodiesel), además de ser altamente corrosivos. En últimas fechas se ha observado que el empleo de alcóxidos simplifica el proceso general de producción de biodiesel, además de que incrementa la eficiencia del mismo. Los alcóxidos se producen al hacer reaccionar el hidróxido metálico (NaOH o KOH) con el alcohol previo a su mezclado con el triglicérido. A esta etapa algunos autores la denominan como fase de activación del catalizador (figura 3).

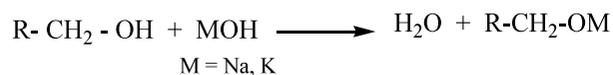


Figura 3. Reacción de formación de alcóxidos.

La catálisis ácida no ha sido ampliamente explorada debido a sus prologados tiempos de reacción. No obstante, cuando la materia prima empleada contiene alto porcentaje de ácidos

grasos libres, la catálisis ácida es la mejor opción para la producción de biodiesel. El catalizador más empleado es el ácido sulfúrico (H₂SO₄). Se ha reportado que empleando 1 mol% de H₂SO₄ se puede alcanzar una conversión de 99% en un lapso de 50 horas (Marchetti *et al.*, 2007).

Por otra parte, la catálisis enzimática se ha explorado recientemente y se ha observado que se pueden obtener resultados relevantes en sistemas tanto acuosos como no acuosos. Se menciona que las principales ventajas en el uso de catalizadores enzimáticos son las siguientes: debido a que el catalizador no es sensible a la presencia de agua y AGL pueden ser usadas materias primas de menor calidad; el glicerol se puede separar fácilmente y, también, los AGL contenidos en el aceite se pueden convertir en ésteres alquílicos. La principal desventaja de la catálisis enzimática es su elevado costo (Lam *et al.*, 2010).

Una opción que se ha explorado en últimas fechas es el empleo de catalizadores heterogéneos, tanto básicos como ácidos. Las principales ventajas de estos catalizadores son: simplificación del proceso de purificación del biodiesel, reutilización del catalizador y la posibilidad de llevar a cabo simultáneamente las reacciones de transesterificación y esterificación. También existen reportes que remarcan la eficiencia de la catálisis heterogénea en comparación con la homogénea, ya que se observó que para la producción de 8,000 toneladas de biodiesel fue necesario emplear 88 toneladas de hidróxido de sodio, mientras que sólo se requirieron 5.7 toneladas de óxido de magnesio soportado para producir 100,000 toneladas de biodiesel (Semwal *et al.*, 2011).

La principal desventaja en el uso de catálisis heterogénea es la limitada difusión de los reactivos a la superficie del catalizador. No obstante, este problema se ha resuelto en últimas fechas mediante el empleo de nano-catalizadores sólidos, o bien, usando un co-solvente que facilite la transferencia de reactivos a la superficie del catalizador. Los catalizadores heterogéneos más comúnmente empleados son: hidróxidos metálicos (calcio y bario), óxidos metálicos, zeolitas, hidrotalcitas, etc. En la tabla 2 se resumen las principales características de la catálisis homogénea y heterogénea en la producción de biodiesel.

Tabla 2. Comparación de las variables que afectan la producción de biodiesel empleando diferentes tipos de catalizadores

Variable	Catálisis Homogénea			Catálisis Heterogénea		
	Básica	Ácida	Enzimática	Básica	Ácida	Enzimática**
Temperatura (°C)	60-70	55-80	30-40	60 -70	150-200	50
Ácidos grasos libres	Producción de jabones	Producción de ésteres	Producción de ésteres	*	Producción de ésteres	Producción de ésteres
Agua	Interfiere en la reacción	Interfiere en la reacción	No afecta	*	Interfiere en la reacción	No afecta
Rendimiento	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno		Bueno
Purificación	Tediosa	Tediosa	Simple	Simple	Simple	Simple
Costo	Barato	Barato	Caro	Barato	Barato	Caro

Nota: * Algunos autores reportan inhibición de sitios activos del catalizador por adsorción de agua y/o ácidos grasos libres. ** Se ha observado inhibición enzimática por metanol.

Temperatura de reacción

La reacción de transesterificación, por lo general, se lleva a cabo a la temperatura de ebullición del metanol; aunque existen reportes a más bajas temperaturas, generalmente se observa que el realizar esta reacción a reflujo favorece la formación de ésteres de metilo (Sharma y Singh, 2009). También existen reportes en los que se señala el uso de fluidos supercríticos o reacciones a presiones elevadas para la síntesis de biodiesel; esta variación permite llevar a cabo la reacción a temperaturas elevadas (de hasta 300°C), lo que disminuye considerablemente el tiempo de reacción (15 o 20 minutos). Sin embargo, el costo de los reactores y la seguridad del operador son dos de las principales limitantes de esta metodología (Huber *et al.*, 2006).

Agitación

A nivel laboratorio, la agitación magnética es la más comúnmente empleada. No se puede hablar de una velocidad óptima de agitación para la reacción, ya que mientras algunos autores reportan velocidades óptimas de 300 rpm, otros señalan que se logran mejores resultados a velocidades de 1,100 rpm (Sharma y Singh, 2009). A nivel planta piloto, la agitación mecánica se usa con mayor frecuencia. No existen hasta el momento parámetros establecidos referentes a la velocidad de agitación; no obstante, es importante resaltar que esta variable, generalmente, se ajusta con base en las condiciones de reacción, de tal manera que se asegure un mezclado uniforme de los componentes de la reacción (Sharma *et al.*, 2008).

Purificación

Posterior a la transesterificación y la separación de las dos fases (biodiesel y glicerol), se requiere de un proceso de purificación para asegurar que el biodiesel cumpla con los estándares de calidad exigidos, pues éste aún contiene impurezas derivadas del proceso: parte del metanol en exceso, pequeñas cantidades de agua y glicerol, posiblemente jabones y trazas de catalizador.

Existen dos procesos de purificación. Generalmente, los ésteres de metilo se someten a temperatura y vacío para evaporar el metanol y recuperarlo, y luego son llevados a un proceso de lavado para separar todas las impurezas. En el caso particular de catálisis básica homogénea, el lavado se realiza con agua acidulada (con ácido fosfórico o ácido cítrico) que se mezcla con el biodiesel. El ácido neutraliza el catalizador residual presente y separa los jabones que se puedan haber formado en la reacción. Los jabones se convierten en ácidos grasos libres (que se quedan en el biodiesel) y en sales solubles en agua (Van Gerpen, 2005). De esta manera, el agua de lavado arrastra los restos de catalizador, jabón, sales, glicerina y metanol. Este lavado se realiza al menos dos veces con agua nueva cada vez, hasta que se haya eliminado todo el catalizador residual y el efluente tenga un color claro. Finalmente, los ésteres de metilo lavados se secan (con calor y vacío) para separar toda el agua restante y se filtran. El producto de este proceso es el biodiesel terminado.

En últimas fechas salió a la venta una resina de intercambio iónico llamada Amberlite BD10. Esta resina fue diseñada especialmente para simplificar y optimizar el proceso de purificación del biodiesel. El uso de esta tecnología presenta las siguientes ventajas: no requiere agua, maximiza los rendimientos, no requiere de filtros caros, 1 kg de resina puede tratar de 900 a 1,600 kg de biodiesel, de fácil mantenimiento, el sistema se puede integrar fácilmente a los procesos ya existentes (tanto batch como continuo), fácil de usar y automatizar, el biodiesel purificado de esta manera cumple fácilmente con los estándares de ASTM D-6751-06 y EN14212, se logra recuperar completamente el metanol y la purificación se lleva a cabo a temperatura ambiente.

CONCLUSIONES

La implementación de rutas sintéticas para la producción de biodiesel es un tema que ha despertado gran interés en últimas fechas, ya que este biocombustible, además de ser el óptimo candidato para reemplazar los hidrocarburos fósiles, es renovable y ambientalmente benigno.

A pesar de que en la literatura existen numerosos reportes relacionados con la síntesis de este biocombustible, la industrialización del proceso está aún limitada debido a los costos globales en la producción del mismo; es por esto que existe la necesidad de implementar un proceso a nivel industrial económicamente viable.

Los aceites vegetales usados son una buena alternativa para disminuir considerablemente los costos de producción; sin embargo, las propiedades fisicoquímicas de estos aceites demandan el uso de un catalizador que permita obtener niveles altos de conversión de la reacción de transesterificación, aún en presencia de aceites con una acidez relativamente alta. Además de altos rendimientos, se debe garantizar que el biodiesel obtenido cumpla con las especificaciones técnicas de acuerdo con las normas nacionales e internacionales. Hoy en día, la catálisis heterogénea (básica, ácida o enzimática) se sitúa como una de las mejores opciones para lograr la industrialización de este proceso, ya que su uso conlleva el reciclaje del catalizador y facilita el proceso de separación y purificación del producto.

LITERATURA CITADA

- ACA, M.G.; CAMPOS GONZÁLEZ, E.; SÁNCHEZ DAZA, O., Estimación de propiedades termodinámicas de los compuestos involucrados en la producción de biodiesel. *Superficies y vacío*, 22(3): 15-19, 2009.
- AGARWAL, A.K., Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in energy and combustion science*, 33(3): 233-271, 2007.
- BERRÍOS, M.; SKELTON, R. Comparison of purification methods for biodiesel. *Chem. Eng. J.*, 144(3): 459-465, 2008.
- BOZBAS, K., Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy reviews*, 12: 542-552, 2008.
- CANAKCI, M.; VAN GERPEN, J., Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *Trans. Am. Soc. Agricult. Eng.*, 44(6): 1429-1436, 2001.
- CORRO, G.; TELLEZ, N.; JIMÉNEZ, T.; TAPIA, A.; BAÑUELOS, F.; VÁZQUEZ CUCHILLO, O., Biodiesel from waste frying oil. Two step process using acidified SiO₂ for esterification step. *Catalysis Today*, 166(1): 116-122, 2011.
- CHEN, C.; YEH, K.; AISYAH, R.; LEE, D.; CHANG, J., Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review. *Bioresource Technology*, 102: 71-81, 2011.
- DEMIRBAS, A., *Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines*. Londres: Springer-Verlag, 2008a.
- DEMIRBAS, A., Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels. *Fuel*, 87: 1743-1748, 2008b.
- DEMIRBAS, M.F., Biofuels from algae for sustainable development. *Applied Energy*, In Press, 2011.
- HUBER, G.W.; IBORRA, S.; CORMA, A., Synthesis of Transportation Fuels from Biomass: Chemistry, Catalysts, and Engineering. *Chem. Rev.*, 106: 4044-4098, 2006.
- ISLAS, J.; MANZINI, F.; MANSERA, O., A prospective study of bioenergy use in Mexico. *Energy*, 32: 2306-2320, 2007.

- KEMP, W., *Biodiesel: basics and beyond*. Canada: Aztext press, 2006.
- KOSA, M.; RAGAUSKAS, A.J., Lipids from heterotrophic microbes: advances in metabolism research. *Trends in Biotechnology*, 29(2): 53-61, 2011.
- KULKARNI, M.G.; DALAI, A.K., Waste Cooking Oils. An Economical Source for Biodiesel: A Review. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45: 2901-2913, 2006.
- LAM, M.K.; LEE, K.T.; MOHAMED, A.R., Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A Review. *Biotechnology Advances*, 28: 500-518, 2010.
- MARCHETTI, J.M.; MIGUEL, V.U.; ERRAZU, A.F., Possible methods for biodiesel production. *Renewable and sustainable energy reviews*, 11: 1300-1311, 2007.
- RANGANATHAN, S.; NORASINHAN, S.; MUTHUKUMAR, V., An overview of enzymatic production of biodiesel. *Bioresource technology*, 99: 3975-3981, 2008.
- ROJAS GONZÁLEZ, A.; GIRÓN GALLEGO, E.; CASTAÑEDA TORRES, H., Variables de operación en el proceso de transesterificación de aceites vegetales: una revisión – catálisis enzimática. *Ingeniería e Investigación*, 30(1): 17-21, 2010.
- ROJAS GONZÁLEZ, A.; GIRÓN GALLEGO, E.; CASTAÑEDA TORRES, H., Variables de operación en el proceso de transesterificación de aceites vegetales: una revisión – catálisis química. *Ingeniería e Investigación*, 29(3): 17-22, 2009.
- SENER, *Estrategia Intersecretarial de los bioenergéticos*. México: Gobierno Federal, 2008.
- SENER, *Programa de introducción de bioenergéticos*. México: Gobierno Federal, 2009.
- SEMWAL, S.; ARORA, A.K.; BADONI, R.P.; TULI, D.K., Biodiesel production using heterogeneous catalysts. *Bioresource Technology*, 102: 2151-2161, 2011.
- SHARMA, Y.C.; SINGH, B.; UPADHYAY, S.N., Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. *Fuel*, 87: 2355-2373, 2008.
- SHARMA, Y.C.; SINGH, B., Development of biodiesel: Current scenario. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(6-7): 1646-1651, 2009.
- TAMALAMPUDI, S.; TALUKDER, M.; HAMA, S.; NUMATA, T.; KONDO, A.; FUKUDA, H., Enzymatic production of biodiesel from Jatropha oil: a comparative study of immobilized-whole cell and commercial lipases as a biocatalyst. *Biochem. Eng. J.*, 39(1): 185-189, 2008.
- VAN GERPEN, J., Biodiesel processing and production. *Fuel processing technology*, 86: 1097-1107, 2005.
- VELJKOVIC, V.B.; LAKICEVIC, S.H.; STAMENKOVICS, O.S.; TODOROVIC, Z.B.; LAZIC, M.L., Biodiesel production from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seed oil with a high content of free fatty acids. *Fuel*, 85: 2671-2675, 2006.

Política editorial de *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*

Guía para Autores

Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, es una revista arbitrada, científica y multidisciplinaria con periodicidad cuatrimestral, editada por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Tiene como objetivo principal promover el desarrollo de la investigación y la producción científica con estándares de calidad en el ámbito local, nacional e internacional.

El primer número se publicó en el año de 1990 y hasta el momento se han editado más de 50. Su distribución está dirigida a instituciones de educación superior, centros de investigación, bibliotecas y dependencias de gobierno, además tiene convenios de intercambio bibliotecario, como: México-USA, COMPAB, REBCO y REMBA. A nivel internacional la revista se difunde por medio de los índices en los que está citada: Actualidad Iberoamericana, **DIALNET, DOAJ, HELA, LATINDEX, PERIÓDICA y REDALYC.**

En su estructura considera dos secciones: 1) *Editorial*, que incluye el Directorio, un Consejo Editor y un Comité Editorial de distinguida trayectoria, y 2) *Artículos científicos*, inéditos y originales relacionados con las Ciencias Agropecuarias, Ciencias Naturales y Exactas, Ciencias de la Salud, Ingenierías y Tecnologías, así como con las Ciencias Económicas, Sociales y Humanidades.

La revista participa en la Declaración del Movimiento Internacional **Open Acces** con el fin de contribuir al aumento de la visibilidad, el acceso y la difusión de la producción científica, por ello, los autores y colaboradores de los artículos ceden los derechos autorales a la revista *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, de manera que la misma podrá publicarlos en formato impreso y/o electrónico, incluyendo *internet*.

Criterios para publicar

Los manuscritos propuestos a publicación, deberán ser textos científicos que no hayan sido publicados ni enviados simultáneamente a otra revista

para su publicación y de esta manera, sean una contribución inédita a la literatura científica. Sólo se aceptan artículos escritos en idioma español y deberán contener todas las secciones estipuladas en esta Guía, formateados correctamente. Deben seguir las reglas gramaticales y ortográficas. Todos los manuscritos serán evaluados por al menos dos especialistas o investigadores expertos de las diferentes áreas, pertenecientes a diversas instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional.

I. Tipos de publicaciones

Investigación y Ciencia acepta tres tipos de contribuciones: artículos científicos de investigación, revisiones y notas científicas o comunicaciones cortas, sin embargo, se da prioridad a los primeros de tal manera que cada número debe contener un máximo de dos artículos de revisión o notas científicas. El autor debe indicar en qué sección desea que su manuscrito sea incluido.

Artículos de investigación: son artículos que informan resultados de investigaciones, cuyos temas queden comprendidos en las áreas del conocimiento anteriormente indicadas y que sean de interés científico por su relevancia.

Artículos de revisión científica: son artículos que resumen y analizan un tema científico de importancia, pueden ser revisiones del estado actual de un campo de investigación o estudios de caso.

Notas científicas o comunicaciones cortas: son artículos cortos de temas relevantes de ciencia y tecnología que describen o explican un hallazgo y que por su mérito científico ameritan una rápida publicación. Pueden incluirse resultados relevantes que se quieren difundir de forma rápida y no detallada, con información concluyente, pero insuficiente para su análisis en extenso.

II. Estructura del contenido

Artículos de investigación

No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas incluyendo las ilustraciones. En algunos casos se podrá acordar con el editor una extensión mayor, no sin antes valorar la importancia de

dicha ampliación. Los manuscritos deberán incluir los siguientes elementos (si de acuerdo a la temática no es posible cumplirlo se deberá justificar):

TÍTULO. Deberá ser breve y claro que refleje el contenido del trabajo. No exceder de 20 palabras, escrito en español y en renglón aparte, la versión del título en inglés.

NOMBRE(S) DEL/LOS AUTOR(ES). Presentar en primer orden el nombre completo del autor principal y posteriormente los demás autores (sin grado académico), agregando al pie de página para cada uno su adscripción (departamento, dependencia e Institución) y correo electrónico.

RESUMEN. Deberá ser un sólo párrafo que sintetice el propósito del trabajo y reúna las principales aportaciones del artículo en un máximo de 150 palabras, sin subdivisiones y citas bibliográficas. Esta sección se iniciará con la palabra **RESUMEN** al margen izquierdo, con letras negritas y sin punto. Todo manuscrito debe incluir una versión en inglés del resumen (*abstract*).

PALABRAS CLAVE. Incluir seis palabras clave relacionadas con el contenido del trabajo, escritas en español y su versión en inglés (*key words*).

INTRODUCCIÓN. Señalar en qué consiste el trabajo completo, objetivos, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis.

MATERIALES Y MÉTODOS. Describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

RESULTADOS. Describir los resultados de la investigación. Se podrán presentar datos de medición o cuantificación.

DISCUSIÓN. Presentar la interpretación de los resultados de acuerdo con estudios similares, es decir, correlacionando el estudio con otros realizados, enunciando sus ventajas y aportaciones, evitando adjetivos de elogio.

CONCLUSIONES. Precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis; asimismo, plantear perspectivas del estudio y de su aplicación.

LITERATURA CITADA. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa. Es necesario notar que los títulos de las revistas no se

abrevian, que hay espacios entre las iniciales y que se deben nombrar todos los autores.

Se anotarán en orden alfabético utilizando el siguiente formato:

Libros:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título* (en cursivas). volumen, edición, país: editorial, páginas, año.

Publicaciones periódicas:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título del artículo*, *revista* (en cursivas). volumen, número, páginas consultadas, fecha de publicación.

Páginas electrónicas en sección aparte con el título de Dictiotopografía:

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título*, *revista* (en cursivas). volumen, número, páginas consultadas. De: URL de la versión digital, fecha de consulta.

AUTOR (ES) comenzando con el apellido e iniciales del nombre en mayúsculas, *título*, portal. De: URL, fecha de consulta.

En el texto se citará de la siguiente manera: (Aguilar, 2000: 15) o Aguilar (2000: 15); (Aguilar y Camacho, 2001: 15) o Aguilar y Camacho (2001: 15); (Aguilar *et al.*, 2002: 15) o Aguilar *et al.* (2002: 15). En orden cronológico (Juárez, 1954; Aguilar, 2000; Méndez, 2000). En orden cronológico y alfabético en el mismo año (Juárez, 1954, 1960, 1960a, 1960b).

TABLAS Y FIGURAS. Deberán colocarse en el lugar que les corresponde a lo largo del artículo, serán numeradas consecutivamente utilizando números arábigos y referidas al texto.

Las tablas deberán tener título breve en la parte superior utilizando mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 10 pts. tanto en letras como en números. Su orientación será vertical.

En las figuras utilizar mayúsculas y minúsculas con tipografía Arial 8-10 pts. El tamaño máximo de la figura incluyendo leyendas, será de 12 cm de longitud y 16 cm de ancho, el mínimo permitido será de 6 cm de longitud y 8 cm de ancho.

Se debe explicar claramente al pie de cada Tabla y/o Figura, el contenido de las mismas en *cursivas*.

Además de las tablas o figuras, el artículo se debe acompañar de al menos una ilustración con pie de foto explicativo breve, indicando si es de su autoría o citando la fuente. Los dibujos o esquemas deberán estar en original.

Las imágenes o ilustraciones deben tener una calidad mínima de 300 *dpi.* o al menos 5 megapíxeles con formato TIFF, EPS o JPG. En caso de que el artículo contenga varias ilustraciones, éstas se deberán presentar en otro archivo.

Artículos de revisión científica

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, resumen (*abstract*) y palabras clave (*key words*) en español y en inglés, texto del artículo considerando: introducción al tema (incluyendo por qué el problema es de interés), desarrollo del trabajo con una discusión académica, conclusión y un apartado de referencias. El contenido del artículo puede estar subdividido cuidando que exista una conexión entre los apartados. La literatura citada, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser menor de cinco ni mayor de 15 cuartillas.

Notas científicas

Deben incluir título, nombres de los autores y sus datos, resumen (*abstract*) y palabras clave (*key words*) en español y su versión en inglés. El texto deberá escribirse de continuo y sin espacio extra entre los párrafos. La literatura citada, figuras y tablas seguirán el mismo formato que en los artículos de investigación. No deberá ser mayor de cinco cuartillas.

III. Características de la revisión de artículos

1. El editor se reserva el derecho de devolver a los autores los artículos que no cumplan con los criterios para su publicación.
2. Todos los trabajos son sometidos a un arbitraje de doble ciego a cargo de la Cartera de Árbitros que integra la revista, la cual está compuesta por miembros del SNI o investigadores expertos en el área pertenecientes a instituciones de investigación reconocidas a nivel nacional e internacional. Cada trabajo es revisado por al menos dos evaluadores, especificando en el dictamen si se acepta el artículo intacto, con modificaciones o si definitivamente se rechaza. En caso de contar con resultados discrepantes, se enviará el trabajo a un tercer evaluador, cuyo resultado será definitivo.

3. El editor dará a conocer al autor contacto el resultado del arbitraje a través del formato "Observaciones"; si el trabajo es aceptado con modificaciones, el autor deberá atenderlas en un plazo no mayor a 10 días hábiles y enviará nuevamente al editor el original y el archivo electrónico del artículo junto con un **archivo de respuesta a dichas observaciones** en formato *Word*. El archivo consiste en una explicación detallada de las modificaciones realizadas tomando en cuenta todas y cada una de las observaciones señaladas por los evaluadores. Incluir el comentario del evaluador y la correspondiente acción o respuesta del autor. No es necesario incluir en este archivo las anotaciones realizadas por los evaluadores sobre el artículo.
4. Cuando el autor demore más de 30 días en responder a las sugerencias de los evaluadores, el artículo no será considerado para publicarse en el siguiente número de la revista.
5. El editor informará al autor contacto en su caso, el avance de su trabajo en el proceso de dictaminación, del rechazo, o la fecha de publicación del mismo.
6. La revista se reserva el derecho de adelantar o posponer los artículos aceptados con el fin de dar una mejor estructura a cada número de acuerdo a la política editorial.
7. Una vez que el artículo haya sido aceptado, pasará a una revisión de estilo y forma, para su versión definitiva. Se enviarán pruebas de impresión en formato PDF al autor contacto y serán devueltas al editor dos días después de haber sido recibidas. Si las pruebas no se entregan a tiempo, el artículo se publicará sin las correcciones correspondientes.
8. Los artículos presentados son responsabilidad total del autor (o los autores) y no reflejan necesariamente el criterio de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, a menos que se especifique lo contrario.

IV. Indicaciones para los autores

1. El escrito se enviará en formato *Word* 2003 o 2007 y en formato PDF, en hoja tamaño carta.
2. Tipografía: Arial en 12 pts.
3. Justificación: completa, no utilizar sangría al inicio de párrafos.
4. Márgenes: Superior e inferior 2.5 cm, izquierdo y derecho de 3 cm.
5. Espacio: doble.

6. Abreviaturas: Escribir el término completo la primera vez que se usa y seguirlo con la abreviatura entre paréntesis.
7. Las expresiones matemáticas deben estar escritas claramente y se debe utilizar el Sistema Internacional de Unidades. Asimismo, los conceptos y términos científicos y técnicos deberán escribirse de forma clara y precisa.

V. Especificaciones de envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido que anteriormente se han especificado.

El envío del artículo puede realizarse mediante dos vías:

- a) **Mensajería o entrega personal** en la Dirección General de Investigación y Posgrado, en un sobre cerrado dirigido a Rosa del Carmen Zapata, editora de la revista, el cual deberá contener artículo impreso, archivos del artículo e ilus-

traciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

- b) **Correo electrónico** dirigido a la editora de la revista, a través de revistaiyc@correo.uaa.mx que contenga archivos adjuntos (*attachment*) con el artículo, las ilustraciones, resumen curricular del primer autor y datos del autor contacto.

Es importante que el autor conserve una copia de los archivos y de la impresión enviada.

VI. Colaboración e informes

Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dirección General de Investigación y Posgrado
Departamento de Apoyo a la Investigación
Av. Universidad núm. 940, C.U.
Edificio 1-B, segundo piso.
C.P. 20131, Aguascalientes, Ags.
Teléfono/Fax (449) 910-74-42
Correo electrónico:
revistaiyc@correo.uaa.mx
www.uaa.mx/investigacion/revista