

VOLUMEN 11

**NÚMERO 1 JUL-DIC
2016**

Víctimas de trata:

mujeres migrantes en Tamaulipas

▶ **22**



La GENERACIÓN del
CONOCIMIENTO
con VALORES

**Mujeres: conciliación
trabajo-familia**

▶ **37**

**Contaminación por ruido
vehicular**

▶ **101**



© Eric R. Eaton

Tomado de: <http://bugeric.blogspot.mx/2011/03/wasp-wednesday-agathidinae.html>

Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) de México, incluyendo nuevos registros

Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) from Mexico, including new records

Juana María Coronado-Blanco^{1*}

José Isaac Figueroa-De la Rosa²

Carlos Eduardo Sarmiento-Monroy³

Enrique Ruíz-Cancino¹

Andrey Ivanovich Khalaim^{1,4}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro, Michoacán, México, C.P. 58880.

³Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Laboratorio de Sistemática y Biología Comparada de Insectos, A. A. 7495, Bogotá, Colombia.

⁴Instituto Zoológico, San Petersburgo, Rusia, 199034.

***Autora para correspondencia:**
jmcoronado@uat.edu.mx.

Fecha de recepción:
10 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación:
11 de mayo de 2016

RESUMEN

Los agathidinos forman un grupo de avispas parasitoides que atacan larvas de lepidópteros. Algunas especies se han utilizado con éxito en programas de control biológico de plagas agrícolas. El objetivo de este trabajo fue actualizar la lista de especies de Agathidinae de México e informar sobre nuevos registros para el país y algunas entidades. Se realizaron cuatro estancias en California, Estados Unidos, para revisar el material mexicano. Además, se consideró el material depositado en la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) y en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). También se hizo una revisión de literatura que incluyera al menos una especie en el país. Dos especies, *Agathis gibbosa* (Say)

y *Pneumagathis spiracularis* (Muesebeck), son nuevos registros para México. A nivel mundial, se conocen 51 géneros y 1 177 especies de agathidinos, y para México se registran 24 géneros y 127 especies (hasta diciembre de 2015). Aún no se ha identificado todo el material en varias colecciones del país, por lo que se estima la existencia de más géneros y especies.

PALABRAS CLAVE: taxonomía, parasitoides, Ichneumonoidea.

ABSTRACT

Agathidines form a group of parasitoid wasps attacking larvae of Lepidoptera. Some species of this subfamily have been used successfully in biological control of agricultural pests. The objective of this work is to provide a current list of the

species of Agathidinae from Mexico, and to report new records for the country and some states. Four academic stays in California, United States were carried out in order to study Mexican material. Moreover, material deposited in the Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) and Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) was also considered for this work. Additionally, the literature that included at least one species in the country was reviewed. Two species, *Agathis gibbosa* (Say) and *Pneumagathis spiracularis* (Muesebeck) are recorded from Mexico for the first time. Until December 2015, 51 genera and 1 177 species were known in the world fauna, and 24 genera and 127 species occur in Mexico. Not all Agathidinae material deposited in several Mexican collections has been identified yet. Therefore, more genera and species of this subfamily are expected.

KEYWORDS: taxonomy, parasitoids, Ichneumonidea.

INTRODUCCIÓN

Los representantes de la subfamilia Agathidinae tienen una distribución mundial, encontrándose en la mayoría de los hábitats terrestres, como los bosques tropicales lluviosos, bosques templados, sabanas, hábitats alpinos y subárticos, incluso en zonas desérticas (Sharkey, 1992). Son endoparasitoides solitarios koinobiontes de larvas de lepidópteros minadores (Shaw y Huddleston, 1991). Dependiendo de las especies, pueden ser de hábitos nocturnos o diurnos, gregarios o solitarios, y pueden atacar a hospederos expuestos u ocultos. En general, atacan al primer estadio larvario de los lepidópteros que se desarrollan en microhábitats ocultos, tales como enrolladores de hojas o barrenadores de tallos, y finalmente emergen del último estadio larval del huésped (Sharkey y col., 2009).

Algunas especies de agathidinos se han utilizado en programas de control biológico clásico, por ejemplo, *Agathis pumila* (Ratzeburg, 1844) para controlar el minador de la hoja del alerce [*Coleophora laricella* (Hübner) (Lepidoptera: Coelophoridae)] (Ryan, 1990) y *Alabagrus stigma*

(Brullé, 1846) contra el barrenador de la caña de azúcar [*Diatrea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae)] (Hummelen, 1974).

Los miembros de Agathidinae pueden distinguirse de otros braconidos por el siguiente grupo de caracteres: la vena M+CU del ala anterior no es tubular en los $\frac{3}{4}$ basales o más de su longitud; la segunda celda submarginal del ala anterior es pequeña (o raramente ausente, como en *Aneurobracon* Brues, 1930); la carina occipital está ausente; la vena 2cu-a del ala anterior está ausente; y la vena RS del ala anterior termina cerca del estigma, para formar una celda marginal estrecha, excepto en *Aneurobracon* donde la vena RS está ausente (Sharkey, 1996).

Las relaciones filogenéticas entre las tribus de la subfamilia Agathidinae fueron estudiadas por Sharkey (1992), quien en un principio reconoció a las tribus Agathidini, Cremnoptini, Disophrini, Earini y Microdini. Los caracteres taxonómicos usados para separar a estas tribus incluyen las modificaciones de los tarsos anteriores, tamaño del ovipositor, disposición tubular de la vena RS+M, escultura del propodeo, presencia de notauli, tamaño del complejo maxilo-labial y la disposición del esclerito entre la coxa posterior y el metasoma. Actualmente, sólo se reconocen cuatro tribus, ya que Microdini fue sinonimizada con Agathidini (Sharkey y col., 2006).

Las principales claves dicotómicas que sirven para identificar géneros de agathidinos son las de Sharkey y col. (2009); Achterberg-van y Long (2010); Sharkey y Clutts (2011); Sharkey y Chapman (2015). En México, para su determinación se usa la clave de Sharkey (1997), que incluye 18 géneros y la de Sharkey (2006), con 19 géneros diferentes.

En la última década se han descrito los géneros *Amputoearinus* Sharkey, *Aphelagathis* Sharkey, *Austroearinus* Sharkey, *Cremnoptoides* Achterberg y Chen, *Gelastagathis* Sharkey, *Gyragathis* Achterberg-van y Long, *Neothlipsis* Sharkey, Parys y Clutts y *Pneumagathis* Sharkey (Ach-

terberg-van y Chen, 2004; Sharkey, 2006; Achterberg-van y Long, 2010; Sharkey y col., 2011a; Sharkey y Chapman, 2015).

A la fecha se conocen 1 177 especies de 51 géneros a nivel mundial (Yu y col., 2012; Sharkey y Stoelb, 2013; Sharkey y Chapman, 2015; Sharkey y col., 2015; Tucker y col., 2015). Sin embargo, los estudios regionales revelan un número reducido o moderado de especies, por ejemplo, en Japón se conocen 41 especies de ocho géneros (Sharkey, 1996); en Turquía 16 especies de cuatro géneros en la región del Mármara (Cetin y Beyarslan, 2001) y 14 especies de cuatro géneros en la Provincia Erzurum (Guclu y Özbek, 2002); en la ex Yugoslavia 32 especies de cuatro géneros (Stevanović y Pavićević, 2001); en Canadá y Estados Unidos 99 especies de ocho géneros (Sharkey, 2004b); en la región Oriental 18 géneros, sin un número detallado de especies (Sharkey y col., 2009); en Australia 36 especies de 10 géneros (Stevens y col., 2010); en Vietnam 65 especies de 17 géneros (Achterberg-van y Long, 2010); en Irán 10 especies de tres géneros reportados del norte, noroeste y de la provincia Qazvin (Ghahari y col., 2011; Ghahari y Fischer, 2011a; Ghahari y Fischer, 2011b), en Tailandia 20 especies de 11 géneros (Sharkey y Clutts, 2011). En Arabia Saudita sólo se conocen dos especies de dos géneros (Yu y col., 2012), de las cuales, *Coccygidium arabicum* Ghramh se describió recientemente (Ghramh, 2011).

Según datos de Yu y col. (2012), los cinco países con mayor número de especies conocidas de Agathidinae son China (111 especies), Estados Unidos (106), México (104), Costa Rica (83) y Brasil (79). Probablemente, estas cifras aumentarán conforme se incremente el esfuerzo en la clasificación de las especies, como es el caso de Costa Rica, con la revisión de *Lytopylus* y la descripción de 10 nuevas especies (Sharkey y col., 2011b); con la reciente revisión de *Cremnops* (Tucker y col., 2015) y la descripción de cinco nuevas especies.

En Venezuela se han reportado 13 géneros (Briño, 2002), mientras que en México se reportaron 17 géneros y 106 especies en el 2011, incre-

mentando a 20 géneros y 112 especies en el 2014 (Coronado, 2011; Coronado, 2013; Coronado y Zaldívar, 2014).

Se han realizado diferentes listados y algunas revisiones de géneros que incluyen a los agathidinos mexicanos: Sharkey (1988), Sharkey (1990), Coronado y col. (2001), González y col. (2003), Pucci y Sharkey (2004), Sharkey (2004b), Coronado y col. (2005), Sharkey (2005), Lindsay y Sharkey (2006), Sarmiento (2006), Figueroa y col. (2008), López-Martínez y col. (2009), Sánchez y col. (2009), Coronado (2011), Figueroa y col. (2011), González y col. (2011), Cauich y col. (2012), Coronado y col. (2012a; 2012b), Figueroa y col. (2012), Coronado (2013), Alonso y col. (2014), Sánchez y col. (2015), Sharkey y Chapman (2015), Sharkey y col. (2015) y Tucker y col. (2015).

Estudios recientes han contribuido al conocimiento del género *Crassomicrodus*, con la descripción de siete nuevas especies y la elaboración de una clave para 14 especies del Nuevo Mundo (Figueroa y col., 2011), la redesccripción de *Cr. fulvescens* (Cresson) (Figueroa y col., 2008), así como con reportes de nueva distribución de dos especies de *Agathirsia* (Figueroa y col., 2005).

Respecto a los listados faunísticos en el país, en Oaxaca se han reportado 10 géneros y 19 especies (Alonso y col., 2014; Sánchez y col., 2015), incluyendo a *Hemichoma atratum* (Enderlein, 1920) registrada en Tehuantepec por Sarmiento (2006); en Morelos cinco géneros y 24 especies (López y col., 2010), en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos en el Estado de Yucatán tres géneros y 12 especies (Cauich y col., 2012); en Michoacán seis géneros y cuatro especies (Figueroa y col., 2012). En un listado preliminar de Tamaulipas, Coronado y col. (2005) registraron ocho géneros y 12 especies; posteriormente, Coronado (2011) reportó 11 géneros y 18 especies.

Coronado (2011), reportó para México un total de 106 especies en 17 géneros, mientras que un año después esta cifra aumentó a 112 especies en 20 géneros, siendo Agathidinae la subfamilia con

más especies en el país, seguida de Doryctinae con 110 (Coronado y col., 2012b). Recientemente, en el trabajo de Coronado (2013), se presentó la lista actualizada de especies de agathidinos mexicanos [pero se omitió el registro de *Hemichoma atratum* (Enderlein, 1920), para Oaxaca de Sarmiento (2006), el de *Zelomorpha concinna* (Brullé) para Sinaloa, Tamaulipas y la frontera entre Chiapas y Oaxaca (sin confirmar los estados) de Sarmiento (2006), para Oaxaca y Sinaloa de Coronado y col. (2012a), y el de *Zelomorpha melanostoma* (Cameron) para Chiapas y San Luis Potosí de Sarmiento (2006)] con este último dato la lista asciende a 115 especies.

Tucker y col. (2015) realizaron una revisión de las 33 especies de *Cremnops* Förster del Nuevo Mundo, donde describen cinco nuevas especies: *C. bertae* Tucker, Chapman y Sharkey, 2015 y *C. wileycoyotius* Tucker, Chapman y Sharkey, 2015, ambas de Estados Unidos, así como *C. cluttsis* Tucker, Chapman y Sharkey, 2015 y *C. nymphius* Tucker, Chapman y Sharkey, 2015 de México, y *C. witkopegasus* Tucker, Chapman y Sharkey, 2015 de Estados Unidos y México. Por otro lado, seis especies son sinonimizadas, i.e., *Cremnops caribensis* Berta, 1998, es sinonimizada con *C. guanicanus* Wolcott, 1924 [ya reportada para México]; *C. nigrosternum* (Morrison, 1917) es sinonimizada con *C. haematodes* (Brullé, 1846) [ambas reportadas para México]; *C. punctatus* (Berta, 1998), es sinonimizada con *C. marshi* Berta, 1998 [ambas reportadas para México]; *C. sharkei* (Berta, 1998) [reportada para México], es sinonimizada con *C. montrealensis* (Morrison, 1917); *C. turrialbae* (Berta, 1998) es sinonimizada con *C. ferrugineus* (Cameron, 1887) [ya reportada para México]; y *C. misionensis* (Berta, 1987), es sinonimizada con *C. slossonae* (Morrison, 1917) – de Argentina y EUA; además, en este estudio registran a las especies *C. apicalipennis* (Berta, 1998), *C. crassifemur* (Muesebeck, 1927), *C. kelloggii* (Morrison, 1917) y *C. washingtonensis* (Shenefelt, 1937); por lo que al hacer dichas correcciones al listado de especies de Agathidinae en México (la adición de tres nuevas especies y cuatro nuevos registros y la eliminación de dos especies por sinonimia mencionadas, la lista aumenta a 120 especies. Las

restantes 18 especies de *Cremnops* registradas por Tucker y col. (2015) corresponden a especies distribuidas en Canadá, Estados Unidos, Centro y Sudamérica.

Además, Sharkey y col. (2015) realizaron una revisión del género *Aphelagathis*, el cual contiene 11 especies limitadas a la región Neártica y la parte norte de la Neotropical, incluyendo cinco especies mexicanas (Estado de México, Sonora, Tamaulipas): *A. bonnieirwinae* Sharkey, *A. genhalli* Sharkey, *A. mikeirwini* Sharkey, *A. rociofernandezae* Sharkey y *A. stangei* Sharkey, por lo que la lista aumenta a 125 especies de Agathidinae de México.

Por otra parte, Sharkey y Chapman (2015), proponen dos nuevas combinaciones; *Bassus spiracularis* Muesebeck y *Bassus brooksi* Sharkey son transferidas a *Pneumagathis* [*Pneumagathis spiracularis* (Muesebeck), *Pneumagathis brooksi* (Sharkey)], esta última especie registrada anteriormente para México en Coronado (2013). Y recientemente, Bortoni y Penteado-Dias (2015), describieron dos nuevas especies de *Plesiocoelus* y una de *Mesocoelus* de Brasil.

En la actualidad no existe una clave dicotómica que incluya a los 51 géneros de la subfamilia Agathidinae que se registran a nivel mundial. Tampoco existe una clave para los 31 géneros presentes en el Nuevo Mundo, por lo que se necesita consultar varios trabajos taxonómicos para poder identificarlos.

El objetivo de este trabajo fue actualizar la lista de especies de Agathidinae de México e informar sobre nuevos registros para el país y algunas entidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El listado de especies mexicanas se realizó a través de cuatro estancias académicas en Estados Unidos para revisar el material de Agathidinae de México: una fue en la Universidad de California en Riverside (UC Riverside y tres en la Academia de Ciencias de California (ACC) en San Francisco, California y en el Museo Essig,

de la Universidad de California en Berkeley (UC Berkeley) Además, en México se consideró el material depositado en el Museo de Insectos de la Facultad de Agronomía (MIFA) (ahora Facultad de Ingeniería y Ciencias) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), en Ciudad Victoria, Tamaulipas, así como el del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH), en Tarímbaro, Michoacán y se hizo una revisión de literatura, considerando aquellas que contenían al menos una especie reportada en el país, para identificar la distribución de los géneros de la subfamilia Agathidinae en las regiones zoogeográficas, según Yu y col. (2012), y el número de especies por género en el mundo, en México y en Tamaulipas, para conocer cuáles géneros son incluidos en las seis claves dicotómicas establecidas actualmente. También se anotó la presencia de géneros en el MIFA-UAT y en el IIAF-UMSNH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En México, al inicio del presente trabajo, se conocía la existencia de 24 géneros de la subfamilia Agathidinae con 125 especies identificadas en diversos documentos y descritas por 24 especialistas, entre ellos, los mexicanos Figueroa y Romero, con tres especies. El Dr. Michael J. Sharkey quien más ha contribuido al conocimiento de los agathidinos mexicanos (57 especies). *Alabagrus sanctus* (Say, 1836) es la especie más antigua en el país, mientras que las más recientes son *Aphelagathis bonnieirwiniae* Sharkey, 2015, *A. genehalli* Sharkey, 2015, *A. mi-keirwini* Sharkey, 2015, *A. rociofernandezae* Sharkey, 2015 y *A. stangei* Sharkey, 2015. En el estado de Tamaulipas hay registros de 21 especies, 15 de ellas (71 %) alojadas en el Museo MIFA de la UAT (Tabla 1).

La subfamilia Agathidinae está representada en tres museos de California, Estados Unidos: en la ACC están depositados 72 especímenes de seis géneros y 18 especies; en la UC-Berkeley 125 especímenes de ocho géneros y 30 especies y en la UC-Riverside 59 especímenes de ocho géne-

ros y ocho especies (Coronado y col., 2013), con un total de 941 especímenes mexicanos de 32 subfamilias de Braconidae revisados en los tres museos. Coronado y col. (2012a) reportan que los agathidinos presentes en el Museo Essig (UC Berkeley) fueron colectados en 20 estados de la república mexicana. En el presente trabajo se incluyeron dos nuevos registros para el país, aumentando con ello a 127 especies. De los 24 géneros registrados en México, sólo en cinco no se han determinado especies mexicanas: *Coccygidium* (con 26 spp. a nivel mundial), *Marijoriella* (4 spp.), *Mesocoelus* (3 spp.), *Neothlipsis* (10 spp.) y *Plesiocoelus*.

Nuevos registros para México

Agathis gibbosa (Say, 1836)

Distribución: Canadá, Estados Unidos (California, Colorado, Georgia, Illinois, Indiana, Kansas, Louisiana, Maryland, Massachusetts, Michigan, Missouri, New Jersey, New Mexico, New York, Texas, Virginia), Bermuda (Yu y col., 2012). Nuevo Registro para México [BC, 25 mi W Mexicali, IV-18-64 (1), elev. 75 m, coll. M.E. Det. Marsh Irwin, - UC Riverside].

Región: Neártica.

Pneumagathis spiracularis Muesebeck, 1927

Distribución: Estados Unidos (Arizona, California, Florida, Georgia, Illinois, Kentucky, Maryland, Massachusetts, Nevada, New Jersey, North Carolina, Ohio, Oregon, Pennsylvania, Texas, Virginia, Washington y West Virginia) según Yu y col. (2012) para *Bassus spiracularis* (hoy *P. spiracularis*), mientras que Sharkey y Chapman (2015) mencionan que el género está ampliamente distribuido y es más común en la mayoría de los estados contiguos a los Estados Unidos, hasta las regiones más secas de Costa Rica, y cita a la especie *P. spiracularis* para Estados Unidos y a *P. brooksi* para México y Costa Rica. Nuevo registro para México [Sinaloa, 20 mi E Villa Unión, VIII-19-64 (1), 235 m., coll. E.I. Schlinger, Det. Marsh - UC Riverside como *Agathis spiracularis*; Sinaloa, 13 mi N of Ejota, 14-VIII-1990 (1), colls. P.R. Arnaud Jr., E.S. Ross and D.C. Rentz. Det. Sharkey, 1997 - ACC].

Región: Neártica.

■ Tabla 1. Géneros y especies de Agathidinae de México (modificado de Coronado, 2013).
Table 1. Taxonomic list of Agathidinae occurring in Mexico (modified from Coronado, 2013).

Agathirsia Westwood, 1882	33. <i>montivaga</i> (Cameron, 1887)
1. <i>armandi</i> Pucci & Sharkey, 2004	Alabagrus Enderlein, 1920
2. <i>asterophila</i> Pucci & Sharkey, 2004*	34. <i>albispina</i> (Cameron, 1887)
3. <i>bicolor</i> Pucci & Sharkey, 2004	35. <i>alixa</i> Sharkey, 1988
4. <i>campanisura</i> Pucci & Sharkey, 2004	36. <i>arawak</i> Sharkey, 1988*
5. <i>capillata</i> Pucci & Sharkey, 2004	37. <i>coatlicue</i> Sharkey, 1988
6. <i>collini</i> Pucci & Sharkey, 2004	38. <i>cora</i> Sharkey, 1988
7. <i>cressoni</i> Muesebeck & Walkley, 1951*	39. <i>donnai</i> Leathers & Sharkey, 2003
8. <i>davidi</i> Pucci & Sharkey, 2004	40. <i>ekchuah</i> Sharkey, 1988
9. <i>fulvocastanea</i> Westwood, 1882	41. <i>imitatus</i> (Cresson, 1873)
10. <i>heleni</i> Pucci & Sharkey, 2004	42. <i>ixtilton</i> Sharkey, 1988*
11. <i>jervisi</i> Pucci & Sharkey, 2004	43. <i>kagaba</i> Sharkey, 1988
12. <i>kellyi</i> Pucci & Sharkey, 2004	44. <i>maculipes</i> (Cameron, 1887)*
13. <i>keni</i> Pucci & Sharkey, 2004	45. <i>marginatifrons</i> (Muesebeck, 1927)*
14. <i>longigladia</i> Pucci & Sharkey, 2004	46. <i>masoni</i> Sharkey, 1988
15. <i>longilingua</i> Pucci & Sharkey, 2004	47. <i>maya</i> Sharkey, 1988
16. <i>michelei</i> Pucci & Sharkey, 2004	48. <i>miqa</i> Sharkey, 1988
17. <i>minuata</i> Pucci & Sharkey, 2004	49. <i>mixcoatl</i> Sharkey, 1988
18. <i>nigricauda</i> (Viereck, 1905)	50. <i>nahuatl</i> Sharkey, 1988
19. <i>ninesevensi</i> Pucci & Sharkey, 2004	51. <i>nicoya</i> Sharkey, 1988*
20. <i>papoui</i> Pucci & Sharkey, 2004	52. <i>nigritulus</i> (Szépligeti, 1902)*
21. <i>parkeningi</i> Pucci & Sharkey, 2004	53. <i>nio</i> Sharkey, 1988
22. <i>proxima</i> Westwood, 1882	54. <i>olmec</i> Sharkey, 1988
23. <i>rei</i> Pucci & Sharkey, 2004*	55. <i>pecki</i> Sharkey, 1988
24. <i>rostrata</i> Pucci & Sharkey, 2004	56. <i>roibasi</i> Sharkey, 1988
25. <i>rufula</i> Westwood, 1882*	57. <i>sanctus</i> (Say, 1836)
26. <i>schlingeri</i> Sharkey, 2005	58. <i>stigma</i> (Brullé, 1846)
27. <i>sericans</i> (Westwood, 1882)*	59. <i>texanus</i> (Cresson, 1872)*
28. <i>testacea</i> Muesebeck, 1927	60. <i>tripartitus</i> (Brullé, 1846)
29. <i>tiro</i> Pucci & Sharkey, 2004	61. <i>varius</i> (Enderlein, 1920)
30. <i>trichiosoma</i> (Cameron, 1905)*	62. <i>warrau</i> Sharkey, 1988
Agathis Latreille, 1804	63. <i>xipe</i> Sharkey, 1988
31. <i>erythrogastra</i> Cameron, 1905	64. <i>xolotl</i> Sharkey, 1988
32. <i>gibbosa</i> (Say, 1836)**	Amputoearinus Sharkey, 2006

Continúa...

65. <i>niger</i> Lindsay & Sharkey, 2006	94. <i>montrealensis</i> (Morrison, 1917)
<i>Aphelagathis</i> Sharkey, 2015	95. <i>nigrosternum</i> (Morrison, 1917)
66. <i>bonnieirwinae</i> Sharkey, 2015	96. <i>nymphius</i> Tucker, Chapman & Sharkey, 2015
67. <i>genehalli</i> Sharkey, 2015	97. <i>pectoralis</i> (Ashmead, 1894)
68. <i>mikeirwini</i> Sharkey, 2015	98. <i>plesiopectoralis</i> Berta, 1998
69. <i>rociofernandezae</i> Sharkey, 2015	99. <i>tibiomaculatus</i> Berta, 1998
70. <i>stangei</i> Sharkey, 2015	100. <i>violaceipennis</i> (Cameron, 1887)
<i>Austroearinus</i> Sharkey, 2006	101. <i>virginiensis</i> (Morrison, 1917)
71. <i>rufofemoratus</i> (Muesebeck, 1927)	102. <i>vulgaris</i> (Cresson, 1865)
<i>Bassus</i> Fabricius, 1804	103. <i>washingtonensis</i> (Shenefelt, 1937)
72. <i>aciculatus</i> (Ashmead, 1889)*	104. <i>willinki</i> Berta, 1998
73. <i>atripes</i> (Cresson, 1865)	105. <i>witkopegasus</i> Tucker, Chapman & Sharkey, 2015
<i>Coccygidium</i> Saussure, 1892	106. <i>yucatanus</i> Berta, 1998
<i>Crassomicrodus</i> Ashmead, 1900	<i>Disophrys</i> Förster, 1862
74. <i>apicipennis</i> Muesebeck, 1927	107. <i>cucullifera</i> Enderlein, 1920
75. <i>azteca</i> Figueroa, Romero & Sharkey, 2011	<i>Earinus</i> Wesmael, 1837
76. <i>divisus</i> (Cresson, 1873)	108. <i>erythropoda</i> Cameron, 1887
77. <i>fulvescens</i> (Cresson, 1865)	<i>Euagathis</i> Szépligeti, 1900
78. <i>jalisciensis</i> Figueroa, Romero & Sharkey, 2011	109. <i>fuscipennis</i> (Brullé, 1846)
79. <i>melanopleurus</i> (Ashmead, 1894)	<i>Hemichoma</i> Enderlein, 1920
80. <i>nigriceps</i> (Cresson, 1872)	110. <i>atratum</i> (Enderlein, 1920)
81. <i>nigrithorax</i> Muesebeck, 1927	<i>Lytophilus</i> Förster, 1862
82. <i>oaxaquensis</i> Figueroa, Romero & Sharkey, 2011	111. <i>femoratus</i> (Cameron, 1887)
83. <i>pallens</i> (Cresson, 1873)	112. <i>melanocephalus</i> (Cameron, 1887)
* <i>Cremnops</i> Förster, 1862	<i>Marjoriella</i> Sharkey, 1983
84. <i>apicalipennis</i> Berta, 1998	<i>Neothlipsis</i> Sharkey, Parys y Clutts, 2011
85. <i>cameronii</i> (Dalla Torre, 1898)	<i>Pharpa</i> Sharkey, 1986
86. <i>cluttsis</i> Tucker, Chapman & Sharkey, 2015	113. <i>basimacula</i> (Cameron, 1887)
87. <i>crassifemur</i> (Muesebeck, 1927)	114. <i>simulatrix</i> (Cameron, 1887)
88. <i>cubensis</i> (Cresson, 1865)	<i>Plesiocoelus</i> van Achterberg, 1990
89. <i>ferrugineus</i> (Cameron, 1887)	<i>Pneumagathis</i> Sharkey, 2015
90. <i>guanicanus</i> (Wolcott, 1924)	115. <i>brooksi</i> (Sharkey, 1998)
91. <i>kelloggii</i> (Morrison, 1917)	116. <i>spiracularis</i> (Muesebeck, 1927)**
92. <i>marshi</i> Berta, 1998	<i>Sesioctonus</i> Viereck, 1912
93. <i>melanoptera</i> Ashmead, 1894	117. <i>clavijoi</i> Briceño, 2003

Continúa...

118. <i>dichromus</i> Briceño, 2003	122. <i>annulifovea</i> (Enderlein, 1920)
<i>Zacremnops</i> Sharkey & Wharton, 1985	123. <i>arizonensis</i> Ashmead, 1900
119. <i>coatlicue</i> Sharkey, 1990	124. <i>concinna</i> (Brullé, 1846)
120. <i>cressoni</i> (Cameron, 1887)*	125. <i>gregaria</i> (Sarmiento & Sharkey, 2004)
121. <i>ekchuah</i> Sharkey, 1990	126. <i>melanostoma</i> (Cameron, 1887)
<i>Zelomorpha</i> Ashmead, 1900	127. <i>nigricoxa</i> (Enderlein, 1920)

*Especies en el MIFA –UAT– 2015; **Nuevo Registro para México; ☛ ver Tucker y col. (2015).

Nuevo registro para Baja California Sur *Cremnops kelloggii* (Morrison, 1917)

Distribución: Estados Unidos (California, Kansas, Nevada, Nuevo México, Oregon, Texas) y México (Chihuahua, Cd. Juárez) (Tucker y col., 2015). Nuevo registro para Baja California Sur [BCS, San Sebastián, Bahía San Nicolás, 26°36', Malaise, VI-20-75 (1), coll. P. De Bach, Det. Marsh – UC Riverside].

Región: Neártica.

Nuevo registro para Chiapas

Zelomorpha concinna (Brullé, 1846)

Distribución: Brasil (Yu y col., 2012), México [frontera entre Chiapas y Oaxaca (sin confirmar estados), Oaxaca, Sinaloa, Tamaulipas – Sarmiento, 2006; Coronado y col., 2012]. Nuevo registro para Chiapas [Chiapas, 21 km W Rizo de oro along ridge SE of Cerro Azul, Altitude 1 615 m, 6-8-IX-1972, Cloud forest, colls. Carolyn Mullinex and D.E. Breed, Det., C. Sarmiento, 2006 – ACC; Oaxaca, Temacal, VII-29-64 (1), coll. H.V. Daly. Det. Carlos Sarmiento, 2006; Sinaloa, 5 mi N. Mazatlán, VII-29-66 (1), coll. J. A. Chemsak. Det. C. Sarmiento, 2006 – UC Berkeley].

Región: Neártica, Neotropical.

En la última década, en México se han registrado braconidos que se creía eran exclusivos de África (Sharkey, 2004a), por lo que debido a la megadiversidad del país, se considera que aún hay especies por identificar, y que solo han sido registradas en otros continentes. A nivel mundial, se enlistan 51 géneros de la subfamilia Agathidinae (Tabla 2), de los cuales, 16 fueron reportados para la región Neártica (15 registrados en México

excepto *Therophilus*) y 30 en la Neotropical (24 en México). El mayor número de géneros ha sido reportado en la región Neotropical (30), mientras que el menor número (09) se registra en la región Oceánica. Sólo dos géneros (*Agathis* y *Bassus*) se consideran Cosmopolitas. Existen 11 géneros depositado en el MIFA-UAT y uno en la colección de Braconidae del IIAF-UMSNH.

Este trabajo representa un avance en el conocimiento de los Agathidinae de México, ya que en las colecciones del país existe material no identificado. Los registros existentes fueron identificados con las claves de Sharkey (1997) y se espera identificar y registrar un mayor número de géneros y especies al usar en conjunto las diferentes claves taxonómicas que se mencionan en este artículo (Tabla 2). De esta manera, México seguirá estando entre los primeros lugares con especies identificadas de esta subfamilia.

CONCLUSIONES

Actualmente se registran 24 géneros y 127 especies para México. Dos especies, son nuevos registros para el país.

AGRADECIMIENTOS

A Wojciech J. Pulawski, Norman D. Penny, Helen Court, Vince Lee, Robert Zuparko (ACC), Cheryl Barr, Peter Oboyski (UC Berkeley) y Sergei Triapitsyn (UC Riverside) por las atenciones brindadas durante la estancia en los museos, así como a Erika Tucker y Eric G. Chapman (University of Kentucky, EUA) por la información geográfica proporcionada de *C. kelloggii* en México y por enviar literatura especializada, respectivamente. Al proyecto “Taxonomía y ecología de

■ Tabla 2. Distribución de la subfamilia Agathidinae en el mundo.
Table 2. Distribution of the subfamily Agathidinae in the world.

	Tribu	Regiones Zoogeográficas							Número de Especies			Claves taxonómica para géneros**								
No	Género	Neártica	Neotropical	Paleártica	Etiópica	Oriental	Australiana	Océánica	Mundial	MEX*	TAM*	1	2	3	4	5	6	Comentarios (Yu y col., 2012)	MIFA-UAT 2014	IIAF-UMSNH 2014
I	Agathidini Haliday, 1833. En México se conocen diez géneros de los 20 géneros conocidos de la tribu, con 47 especies. Para la determinación de los géneros se deben emplear simultáneamente las claves de Sharkey (2006), Achterberg-van y Long (2010), Sharkey y Chapman (2015) y las descripciones de <i>Ischnagathis</i> y <i>Megalagathis</i> .																		x	x
1	<i>Agathacrista</i> Sharkey, 2013	-	-	x	-	x	-	-	05	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Sharkey y Stoelb (2013)		
2	<i>Agathis</i> Latreille, 1804	x	x	x	x	x	x	x	161	03	GR	x	x	x	x	x	x	Género con mayor número de especies en la subfamilia.	x	
3	<i>Alabagrus</i> Enderlein, 1920	x	x	-	-	x	-	x	110	31	08	x	x	-	-	-	x		x	
4	<i>Aneurobracon</i> Brues, 1930	-	-	x	x	x	x	x	05	-	-	-	-	x	x	x	-			
5	<i>Aphelagathis</i> Sharkey, 2015	x	x	-	-	-	-	-	11	05	01	-	-	-	-	-	x	Descripción del género en Sharkey y Chapman (2015)		
6	<i>Bassus</i> Fabricius, 1804	x	x	x	x	x	x	x	128	02	01	x	x	x	x	x	-	Wharton y col. (1998) incluye también al género <i>Aerophilus</i> , ahora sinónimo de <i>Bassus</i>	x	x
7	<i>Braunsia</i> Kriechbauer, 1894	-	-	x	x	x	x	x	71	-	-	-	-	x	x	x	-			
8	<i>Camptothipsis</i> Enderlein, 1920	-	-	x	x	x	x	-	14	-	-	-	-	x	x	x	-			
9	<i>Gyragathis</i> Achterberg van & Long, 2010	-	-	-	-	x	-	-	01	-	-	-	-	-	x	-	-			

Continúa...

No	Tribu	Regiones Zoogeográficas							Número de Especies			Claves taxonómica para géneros**						Comentarios (Yu y col., 2012)	MIFA-UAT 2014	IIAF-UMSNH 2014
		Neártica	Neotropical	Paleártica	Etiópica	Oriental	Australiana	Océanica	Mundial	MEX*	TAM*	1	2	3	4	5	6			
10	<i>Ischnagathis</i> Cameron, 1909	-	-	-	-	x	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Cameron (1909)		
11	<i>Lytopylus</i> Förster, 1862	x	x	x	x	x	x	-	30	02	-	-	-	x	x	x	x			
12	<i>Megalagathis</i> Schulz, 1906	-	-	-	x	-	-	x	09	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Schulz (1906)		
13	<i>Mesocoelus</i> Schulz, 1911	-	x	-	-	-	-	-	03	GR	-	x	x	-	-	-	-			
14	<i>Neothlipsis</i> Sharkey, Parys y Clutts, 2011	x	x	-	-	-	-	-	10	GR	-	-	-	-	-	-	x	Descripción del género en Sharkey y col. (2011a)		
15	<i>Pharpa</i> Sharkey, 1986	-	x	-	-	-	-	-	03	02	GR	x	x	-	-	-	-		x	
16	<i>Plesiocoelus</i> Achterberg-van, 1990	-	x	-	-	-	-	-	03	GR	-	x	x	-	-	-	-			
17	<i>Pneumagathis</i> Sharkey, 2015	x	x	-	-	-	-	-	02	02	01	-	-	-	-	-	x	Descripción del género en Sharkey y Chapman (2015)		
18	<i>Therophilus</i> Wesmael, 1837	x	-	x	x	x	x	x	66	-	-	-	-	x	x	x	x	Neártica: Canadá y Estados Unidos		
19	<i>Trachagathis</i> Viereck, 1913	-	x	-	-	-	-	-	03	-	-	x	x	-	-	-	-	Neotropical: Argentina, Brasil, Cuba, Guyana Francesa, Grenada, Paraguay y St.Vincent		
20	<i>Zamicrodus</i> Viereck, 1912	-	x	-	-	-	-	-	02	-	-	x	x	-	-	-	-	Neotropical: Brasil y Colombia		
Nº de géneros												8	8	7	8	7	7		4	1
II	Cremnoptini Sharkey, 1992. En México se conocen sólo dos géneros de los siete de la tribu, con 26 especies. Para la determinación de los géneros se deben emplear simultáneamente las claves de Sharkey (2006), Achterberg-van y Long (2010) y las descripciones de <i>Hyrtanommatium</i> y <i>Mesoagathis</i> .																		x	
21	<i>Biroia</i> Szépliget, 1900	-	x	-	x	x	x	-	30	-	-	-	-	x	x	x	-	Neotropical: Brasil, Guyana, Panamá y Perú		

Continúa...

No	Tribu	Regiones Zoogeográficas							Número de Especies			Claves taxonómica para géneros**						Comentarios (Yu y col., 2012)	MIFA-UAT 2014	IIAF-UMSNH 2014
		Neártica	Neotropical	Paleártica	Etiópica	Oriental	Australiana	Océánica	Mundial	MEX*	TAM*	1	2	3	4	5	6			
22	<i>Cremnops</i> Förster, 1862	x	x	x	x	x	x	-	82	23	02	x	x	x	x	x	x		x	
23	<i>Cremnoptoides</i> Achterberg-van & Chen, 2004	-	-	x	-	-	-	-	02	-	-	-	-	x	x	x	-			
24	<i>Hyrtanomatium</i> Enderlein, 1920	-	-	-	x	-	-	-	02	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Enderlein (1920)		
25	<i>Labagathis</i> Enderlein, 1920	-	x	-	-	-	-	-	01	-	-	x	x	-	-	-	-	Neotropical: Colombia, Surinam		
26	<i>Mesoagathis</i> Cameron, 1905	-	-	-	x	-	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Cameron (1905)		
27	<i>Zacremnops</i> Sharkey & Wharton, 1985	x	x	-	-	-	-	-	04	03	01	x	x	-	-	-	x		x	
Nº de géneros												3	3	3	3	3	2		2	
III	Disophrini Sharkey, 1992. En México se conocen cinco géneros de los 17 de la tribu, con sólo nueve especies conocidas. Para la determinación de los géneros se deben emplear simultáneamente las claves de Wharton y col. (1998), Sharkey (2006), Achterberg-van y Long (2010) y las descripciones de <i>Hemichoma</i> , <i>Macroagathis</i> , <i>Monophrys</i> , <i>Pelmagathis</i> y <i>Protroticus</i> .																	x		
28	<i>Coccygidium</i> Sause, 1892	-	x	x	x	x	-	x	26	GR	GR	x	-	x	x	x	-	Neotropical: Bolivia, Brasil, Guyana Francesa, Guyana, Paraguay, Perú, Reunión, Surinam Wharton y col. (1998) incluyeron también al género <i>Dichelosus</i> ; Sharkey y col. (2009) incluyeron también al género <i>Amputostypus</i> , ambos hoy son sinónimos de <i>Coccygidium</i> .	x	
29	<i>Coronagathis</i> Achterberg-van & Long, 2010	-	-	-	-	x	-	-	01	-	-	-	-	-	x	-	-			

Continúa...

No	Tribu Género	Regiones Zoogeográficas							Número de Especies			Claves taxonómica para géneros**						Comentarios (Yu y col., 2012)	MIFA- UAT 2014	IIAF- UMSNH 2014
		Neártica	Neotropical	Paleártica	Etiópica	Oriental	Australiana	Oceánica	Mundial	MEX*	TAM*	1	2	3	4	5	6			
30	<i>Disophrys</i> Förster, 1862	-	x	x	x	x	x	x	90	01	-	-	-	x	x	x	-			
31	<i>Euagathis</i> Szépligeti, 1900	-	x	x	x	x	x	-	96	01	-	-	-	x	x	x	-			
32	<i>Gyrochus</i> Enderlein, 1920	-	-	-	-	x	-	-	05	-	-	-	-	x	x	x	-			
33	<i>Hemichoma</i> Enderlein, 1920	-	x	-	-	-	-	-	04	01	-	-	-	-	-	-	-	Neotropical: Brasil, Ecuador, Perú. Descripción del género en Enderlein (1920)		
34	<i>Hypsos- typos</i> Balta- zar, 1963	-	-	-	-	-	x	-	01	-	-	-	-	x	x	x	-			
35	<i>Liopisa</i> Enderlein, 1920	-	x	-	-	-	-	-	01	-	-	x	-	-	-	-	-	Neotropical: Perú		
36	<i>Macroaga- this</i> Szépli- geti, 1908	-	-	-	x	-	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Szépligeti (1908)		
37	<i>Marjoriella</i> Sharkey, 1983	-	x	-	-	-	-	-	04	GR	-	x	x	-	-	-	-	Neotropical: Bolivia, Brasil, Guyana Francesa, Surinam		
38	<i>Monophrys</i> van Achter- berg, 1988	-	-	x	-	-	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Achterberg-van (1988)		
39	<i>Oreba</i> Cameron, 1900	-	-	-	-	x	-	-	01	-	-	-	-	-	x	-	-			
40	<i>Pelmaga- this</i> Ender- lein, 1920	-	-	-	-	-	x	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Enderlein (1920)		
41	<i>Protroticus</i> Achter- berg-van, 1988	-	-	-	x	-	-	-	01	-	-	-	-	-	-	-	-	Descripción del género en Achterberg-van (1988)		

Continúa...

No	Tribu	Regiones Zoogeográficas							Número de Especies			Claves taxonómica para géneros**						Comentarios (Yu y col., 2012)	MIFA-UAT 2014	IIAF-UMSNH 2014
		Neártica	Neotropical	Paleártica	Etiópica	Oriental	Australiana	Océanica	Mundial	MEX*	TAM*	1	2	3	4	5	6			
42	<i>Troticus</i> Brullé, 1846	-	-	x	x	x	-	-	16	-	-	-	-	x	x	x	-			
43	<i>Zelodia</i> Achterberg-van, 2010	-	x	x	-	x	x	-	26	-	-	-	-	-	x	x	-	Neotropical: Cuba		
44	<i>Zelomorpha</i> Ashmead, 1900	x	x	-	x	x	x	-	23	06	01	-	x	-	-	-	x	Descripción del género en Ashmead (1900)	x	
Nº de géneros												3	2	6	9	7	1		2	
IV	Earinini Sharkey, 1992. En México se conocen los seis géneros de la tribu, con 45 especies. Para la determinación de los géneros se deben emplear las claves de Sharkey (2006).																		x	
45	<i>Agathirsia</i> Westwood, 1882	x	x	-	-	-	-	-	32	30	01	x	x	-	-	-	x		x	
46	<i>Amputoea-rinus</i> Sharkey, 2006	-	x	-	-	-	-	-	16	01	01	-	x	-	-	-	-			
47	<i>Austroea-rinus</i> Sharkey, 2006	x	x	-	-	-	-	-	04	01	01	-	x	-	-	-	x			
48	<i>Crassomicrodus</i> Ashmead, 1900	x	x	-	-	-	-	-	15	10	03	x	x	-	-	-	x		x	
49	<i>Earinus</i> Wesmael, 1837	x	x	x	-	x	-	-	18	01	GR	x	x	x	x	x	x		x	
50	<i>Sesioctonus</i> Viereck, 1912	-	x	-	-	-	-	-	32	02	-	x	x	-	-	-	-			
Nº de géneros												4	6	1	1	1	4		3	
No ubicado																				
51	<i>Gelastagathis</i> Sharkey, 2015	x	-	-	-	-	-	-	02	-	-	-	-	-	-	-	x	Descripción del género en Sharkey y Chapman (2015)		
Total de Especies									1177	127	21									
Total de Géneros		16	30	17	19	23	15	09	51	24	15	18	19	17	21	18	15		11	1

Especies: * = Base de datos de Dra. Juana María Coronado Blanco (Excel: actualizada hasta marzo de 2015).

Claves taxonómicas**: 1) Sharkey, 1997; 2) Sharkey, 2006; 3) Sharkey col., 2009; 4) Achterberg-van & Long, 2010; 5) Sharkey & Clutts, 2011; 6) Sharkey y Chapman, 2015.

GR = Género registrado, sin especies identificadas.

Fuente: modificado a partir de Yu y col. (2012).

fauna y microbiota en comunidades forestales y cultivos”, a la oficina de PRODEP-UAT por su apoyo para la realización de estancias académicas en tres museos de

California, Estados Unidos; y una estancia académica a la UMSNH en Tarímbaro, Michoacán; y al CONACyT – SNI por su apoyo.

REFERENCIAS

- Achterberg-van, C. (1988). Three new genera of the subfamily Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae). *Zoologische Mededelingen*. 62(4): 43-58.
- Achterberg-van, C. and Chen, X. (2004). Six new genera of Braconidae (Hymenoptera) from China. *Zoologische Mededelingen*. 78(2): 77-100.
- Achterberg-van, C. and Long, K. D. (2010). Revision of the Agathidinae (Hymenoptera, Braconidae) of Vietnam, with the description of forty-two new species and three new genera. *ZooKeys*. 54: 1-184.
- Alonso, N., Sánchez, J. A., Figueroa, J. I., López, V., Martínez, L., Pérez, R. y Granados, C. (2014). Distribución espacial de braconidos (Hymenoptera) reportados en el estado de Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*. 30(3): 564-594.
- Ashmead, W. H. (1900). Classification of the ichneumon flies, or the superfamily Ichneumonoidea. *Proceedings of the United States National Museum*. 23(1206): 1-220.
- Bortoni, M. A. y Penteado-Dias, A. M. (2015). New species of *Plesiocoelus van Achterberg and Mesocoelus Schulz* (Hymenoptera, Braconidae) from Brazil. *Journal of Hymenoptera Research*. 46: 61-70.
- Briceño, R. (2002). Adiciones a los géneros de la subfamilia Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) de Venezuela. *Entomotropica*. 17(3): 295-297.
- Cameron, P. (1905). On the Hymenoptera of the Albany Museum, Grahamstown, South Africa. *Record of the Albany Museum*. 1: 161-176.
- Cameron, P. (1909). On some Bornean species of Braconidae. *Societas Entomologica*. 24: 148-149.
- Cauich, R., Delfín, H., López, V., and Sharkey, M. (2012). Braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae) of northern Yucatán, México: Subfamilies Agathidinae and Doryctinae (excluding *Heterospilus* Haliday). *Journal of the Kansas Entomological Society*. 85(3): 186-205.
- Cetin, O. and Beyarslan, A. (2001). The Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) fauna of the Marmara Region. *Turkish journal of zoology*. 25(3): 257-268.
- Coronado, J. M. (2011). *Braconidae (Hymenoptera) de Tamaulipas*. México: Editorial Planea. 202 Pp.
- Coronado, J. M. (2013). Situación actual de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. *Entomología Mexicana*. 12(1): 31-46.
- Coronado, J. M., Figueroa, J. I., Ruíz, E. y Barr, Ch. (2012a). Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) de México en el Museo Essig–UCA, Berkeley, EUA. *Entomología Mexicana*. 11(2): 1045-1050.
- Coronado, J. M., Ruíz, E., Khalaim, A. I., Mireles, S., Rodríguez, A. y Castillo, P. M. (2012b). Revisión de la clasificación de Braconidae (1990-2012): Subfamilias en México. *CienciaUAT*. 7(1): 12-19.
- Coronado, J. M., Ruíz, E., Martínez, J. A. y Horta J. V. (2005). Listado preliminar de los braconidos (Hymenoptera) de Tamaulipas, México. En L. L. Barrientos, S. A. Correa, V. J. Horta y J. J. García (Eds.), *Biodiversidad Tamaulipeca* (pp. 151-155). México: DGEST-ITCV. 272 Pp.
- Coronado, J. M., Ruíz, E. y Myartseva, S. (2013). Primer registro de la subfamilia Meteorideinae (Hymenoptera: Braconidae) y el género *Meteoridea* para México. *Entomología Mexicana*. 12(2): 1426-1430.
- Coronado, J. M., Ruíz, E. y Sharkey, M. J. (2001). Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) del Museo de insectos de la UAM Agronomía y Ciencias – UAT. Memoria XXIV Congr. Nal. Control Biológico. Chihuahua, Chihuahua, México. [En línea]. Disponible en: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=1uEnNikAAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=pubdate&imq=Juana+Mar%C3%ADa+Coronado-Blanco&imstart=10&btnA=1&citation_for_view=1uEnNikAAAAJ:TNEldfgDb5MC&gmla=AJsN-F4R02w5lHWlQyTKr-JrI6wcOOlVa6dISrNoQfdqxB-k2tYG6t1xRMbsWXsse9E0IdTtcvQehDgX7nYDsNtfAP4_iOf_5jIg0lIG-C49AQ7spsn5ftLxs. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.
- Coronado, J. M. y Zaldívar, A. (2014). Biodiversidad de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*. 85: 372-378.
- Enderlein, G. (1920). Zur Kenntnis aussereuropäischer Braconiden. *Archiv für Naturgeschichte*. 84(11): 51-224.

- Figueroa, J. I., Sharkey, M. J., and López, V. (2005). First records of males and new distribution records for two species of *Agathirsia* Westwood (Hymenoptera: Braconidae). *Entomological news*. 116(2): 113-114.
- Figueroa, J. I., Sharkey, M. J., Romero, J., López, V., Sánchez, J. A., Martínez, M., and Pineda, S. (2008). Re-description of *Crassomicrodus fulvescens* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae), with new distributional data and revised taxonomic status. *Zootaxa*. 1934: 63-68.
- Figueroa, J. I., Sharkey, M. J., Romero, J., Sánchez, J. A., Martínez, M., López, V., and Pineda, S. (2011). Revision of the new world genus *Crassomicrodus* Ashmead (Hymenoptera, Braconidae, Agathidinae), with an identification key to species. *ZooKeys*. 142: 27-75.
- Figueroa, J. I., Sánchez, J. A., Martínez, A. M., Pineda, S., López, V., Coronado, J. M. y Chavarrieta, J. M. (2012). Estudios taxonómicos de las avispas Braconidae (Hymenoptera) en el estado de Michoacán, México, en *Recursos Naturales*. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/2141462/Recursos_Naturales. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.
- Ghahari, H. and Fischer, M. (2011a). A contribution to the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from north-western Iran. *Calodema*. 134: 1-6.
- Ghahari, H. and Fischer, M. (2011b). A study on the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from some regions of northern Iran. *Entomofauna*. 32(8): 181-193.
- Ghahari, H., Fischer, M., and Papp, J. (2011). A study on the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Qazvin province, Iran. *Entomofauna*. 32(9): 197-204.
- Ghramh, H. (2011). Records of the genus *Coccygidium* Saussure (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae), with description of a new species from Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*. 10(42): 8481-8483.
- González, A., Lomelí, R. y Ruíz, E. (2011). Avispas Ichneumonoidea (Insecta: Hymenoptera). Listado de especies de la Superfamilia Ichneumonoidea registradas en el estado de Veracruz. [En línea]. Disponible en: http://www.unich.edu.mx/wp-content/uploads/2014/01/Biodiversidad_Veracruz.pdf. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.
- González, A., Wharton, R. A., Sánchez, J. A., López, V., Lomelí, J. R., Figueroa, J. I. y Delfín, H. (2003). Catálogo ilustrado de Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) en México. [En línea]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=AP&Numero=8>. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.
- Guclu, C. and Özbek, H. (2002). The subfamily Agathidinae (Hymenoptera, Braconidae) of Erzurum Province. *Journal of the Entomological Research Society*. 4(2): 7-19.
- Hummelen, P. J. (1974). Relations between two rice borers in Surinam, *Rupela albinella* (Cr.) and *Diatraea saccharalis* (F.) and their hymenopterous larval parasites. Mededelingen Landbouwhogeschool. *Wageningen*. 74(1): 1-88.
- Lindsay, C. I. and Sharkey, M. (2006). Revision of the genus *Amputoearinus* (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae) with fourteen new species. *Zootaxa*. 1329: 1-27.
- López-Martínez, V., Saavedra-Aguilar, M., Delfín-González, H., Figueroa-De-la-Rosa, J. I., and García-Ramírez, M. D. J. (2009). New neotropical distribution records of braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Neotropical entomology*. 38(2): 213-218.
- López, V., Coronado, J. M., Figueroa, J. I., García, M. de J., Delfín, H. D., Tejacal, A. y Sánchez, J. A. (2010). Braconidae (Insecta: Hymenoptera) en Morelos. En V. II Taller Internacional de Recursos Naturales. Cuernavaca, Morelos, México. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/2967651/II_Taller_Internacional_de_Recursos_Naturales. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.
- Pucci, T. and Sharkey, M. (2004). A revision of *Agathirsia westwood* (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae) with notes on mouthpart morphology. *Journal of Hymenoptera Research*. 13(1): 64-107.
- Ryan, R. B. (1990). Evaluation of biological control: introduced parasites of larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae) in Oregon. *Environmental Entomology*. 19(6): 1873-1881.
- Sánchez, J. A., Jarquín, R., Martínez, L., Coronado, J. M. y Ruíz, E. (2015). Ichneumonoidea (Hymenoptera) del Estado de Oaxaca, México. *Entomología Mexicana*. 2: 823-829.
- Sánchez, J. A., Morales, M., Martínez, A. y Figueroa, J. I. (2009). Catálogo de bracónidos del Estado de Oaxaca. *Entomología Mexicana*. 8: 907-912.
- Sarmiento, C. E. (2006). Taxonomic revision of *Zelomorpha* Ashmead, 1900 and *Hemichoma* Enderlein, 1920 (Braconidae: Agathidinae) with a phylogenetic analysis of color patterns. [En línea]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos.cgi?Letras=AP&Numero=8>. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.

uknowledge.uky.edu/gradschool_diss/351/. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.

Sharkey, M. J. (1988). A taxonomic revision of *Alabagrus* (Hymenoptera: Braconidae). Bull. British Museum (Natural History). *Entomology Series*. 57(2): 311-437.

Sharkey, M. J. (1990). A revision of *Zacremnops* Sharkey and Wharton (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 92(3): 561-570.

Sharkey, M. J. (1992). Cladistics and tribal classification of the Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Natural History*. 26(2): 425-447.

Sharkey, M. J. (1996). The Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) of Japan. *Bulletin National Institute for Agro-Environmental Sciences*. 13: 1-100.

Sharkey, M. J. (1997). Agathidinae. En R. A. Wharton, P. M., Marsh, and M. J. Sharkey (Eds.), *Manual of the new world genera of the family Braconidae* (Hymenoptera) (pp. 69-84), International Society of Hymenopterist. Special Publication No. 1. Washington, D.C.: USA. 439 Pp.

Sharkey, M. J. (2004a). Afrotropical-North American disjunct distribution of *Minanga* (Hymenoptera: Braconidae) with the description of a new species and first record for the New World. *Annals of the Entomological Society of America*. 97(6): 1198-1203.

Sharkey, M. J. (2004b). Synopsis of the Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) of America north of Mexico. *Proceedings of the Russian Entomological Society*. 75(1): 134-152.

Sharkey, M. J. (2005). A new species of *Agathirsia* Westwood (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae) from Mexico. *Zootaxa*. 1070: 43-47.

Sharkey, M. J. (2006). Two new genera of Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) with a key to the genera of the New World. *Zootaxa*. 1185: 37-51.

Sharkey, M. J., Chapman, E. G., Janzen, D. H., Hallwachs, W., and Smith, M. A. (2015). Revision of *Aphelagathis* (Hymenoptera, Braconidae, Agathidinae, Agathidini). *Zootaxa*. 4000(1): 073-089.

Sharkey, M. J. and Clutts, S. A. (2011). A revision of Thai Agathidinae (Hymenoptera, Braconidae, with descriptions of six new species. *Journal of Hymenoptera Research*. 22: 69-132.

Sharkey, M. J., Clutts, S., Tucker, E. M., Janzen, D., Hallwachs, W., Dapkey, T., and Smith, M. A. (2011b). *Lytopylus* Forster (Hymenoptera, Braconidae, Agathidinae) species from Costa Rica, with an emphasis on specimens reared from caterpillars in Area de Conservacion,

Guanacaste. *ZooKeys*. 130: 379-419.

Sharkey, M. J., Laurenne, N. M., Sharanowski, B., Quicke, D. L. J., and Murray, D. (2006). Revision of the Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) with comparisons of static and dynamic alignments. *Cladistics*. 22(6): 546-567.

Sharkey, M. J., Parys, K. A., and Clutts, S. (2011a). A new genus of Agathidinae with the description of a new species parasitic on *Samea multiplicalis* (Guenée). *Journal of Hymenoptera Research*. 23: 43-53.

Sharkey, M. J. and Stoelb, A. C. (2013). Revision of *Agathacrista* new genus (Hymenoptera, Braconidae, Agathidinae, Agathidini). *Journal of Hymenoptera Research*. 33: 99-112.

Sharkey, M. J., Yu, D. S., van-Noort, S., Seltmann, K., and Penev, L. (2009). Revision of the Oriental genera of Agathidinae (Hymenoptera, Braconidae) with an emphasis on Thailand including interactive keys to genera published in three different formats. *ZooKeys*. 21: 19-54.

Shaw, M. R. and Huddleston, T. (1991). Classification and biology of braconids wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Handbooks for the identification of British insects*. 7(11): 1-126.

Schulz, W. A. (1906). *Spolia Hymenopterologica*. Paderborn. Druck und Verlag der Junfermannschen Buchhandlung. Alemania. 356 Pp.

Stevanović, M. and Pavićević, D. (2001). Distribution of species of tribe Agathidini from the territory of former Yugoslavia (Coleoptera, Leiodidae: Leiodinae). *Acta entomologica serbica*. 6(1-2): 45-63.

Stevens, N. B., Austin, A. D., and Jennings, J. T. (2010). Synopsis of Australian agathidine wasps (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae). *Zootaxa*. 2480: 1-26.

Szépligeti, G. (1908). Braconiden aus der Sammlung des ungarischen National-Museums, 2. *Annales historico-naturales musei nationalis hungarici*. 6: 397-427.

Tucker, E. M., Chapman, E. G., and Sharkey, M. J. (2015). A revision of the New World species of *Cremnops* Förster (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae). *Zootaxa*. 3916(1): 1-83.

Wharton, R. A., Marsh, P. M., and Sharkey, M. J. (1998). *Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del Nuevo Mundo*. Washington, D.C.: The International Society of Hymenopterist. 447 Pp.

Yu, D. S. K., Achterberg-van C., and Horstmann, K. (2012). Taxapad 2012, in *Home of Ichneumonidea*. [En línea]. Disponible en: www.taxapad.com. Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2014.



© Copyright by: SAÚL LÓPEZ/CUARTOSCURO.COM

Tomado de: <http://agencia.cuartoscuro.com/agencia/search.php>

Víctimas de trata: mujeres migrantes, trabajo agrario y acoso sexual en Tamaulipas

Victims of trafficking: migrant women, farm work and sexual harassment in Tamaulipas

Karla Lorena Andrade-Rubio

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Centro Universitario Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

Correspondencia:

kandrade@uat.edu.mx

Fecha de recepción:
4 de enero de 2015

Fecha de aceptación:
5 de abril de 2016

RESUMEN

En la comarca citrícola de Tamaulipas, que abarca los municipios de Llera, Hidalgo, Padilla, Güémez y Victoria, la mano de obra local es insuficiente durante la temporada de cosecha, por lo que se ocupan trabajadores migrantes de manera informal, incluyendo mujeres, ocasionalmente. El objetivo de este trabajo fue determinar si la mujer migrante contratada en la comarca citrícola de Tamaulipas labora bajo condiciones de trata laboral y acoso sexual. Se utilizó una metodología cualitativa basada en entrevistas a profundidad a 20 mujeres migrantes (15 de Veracruz, México, y 5 de Centroamérica). Los resultados indicaron que las mujeres fueron víctimas de tra-

ta laboral y acoso sexual en el trabajo agrícola, debido a que la cantidad de trabajo realizado no es proporcional al salario que reciben, y a que su situación subordinada en el mercado laboral las hace vulnerables al acoso y violencia sexual. La trata laboral se mostró entrelazada con la violencia sexual y de género.

PALABRAS CLAVE: mujeres migrantes, trabajo agrario, trata laboral, acoso sexual, Tamaulipas.

ABSTRACT

In the citrus-growing region of Tamaulipas, which includes the municipalities of Llera, Hidalgo, Padilla, Güémez and Victoria, local manpower is insuffi-

cient during the harvest season, this is why migrant workers are informally hired, including women, occasionally. The objective of this work was to determine whether mi-grant women employed in the citrus-growing region of Tamaulipas worked under conditions of labor trafficking and sexual harassment. A qualitative methodology, based on in-depth interviews to 20 migrant women (15 from Veracruz, Mexico, and 5 from Central America) was used. The results indicated that women were victims of labor trafficking and sexual harassment in the agricultural work, because the amount of work done is not proportional to the wages they receive, and their subordinate situation in the labor market makes them vulnerable to sexual harassment and violence. Labor trafficking was intertwined with sexual and gender violence.

KEYWORDS: migrant women, agricultural work, labor trafficking, sexual harassment, Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola nacional enfrenta diferentes retos asociados con la mano de obra y el empleo en general. Por una parte, los bajos salarios agrarios provocan la migración de la población dedicada a las labores del campo, como ha sido documentada en la horticultura sinaloense (Lara-Flores y Grammont, 2011), o en el sistema de agricultura intensiva de San Luis Potosí (Mora-Ledesma y Maisterrena-Zubirán, 2011). Por otra parte, la concentración estacional del trabajo agrario, durante la época de la cosecha, principalmente en la producción de cítricos y caña de azúcar, provoca un incremento en la demanda de mano de obra, que hace que la población local sea insuficiente, por lo que se recurre a la contratación de personas migrantes, lo que conduce a la aparición del fenómeno calificado por Lara-Flores (2011) como encadenamiento migratorio.

La zona centro de Tamaulipas, integrada por los municipios de Llera, Hidalgo, Padilla, Güémez y Victoria, destacan por su producción citrícola. En esta región se ha documentado la participación de la población migrante en actividades

de pizca de la naranja, lo cual no es de extrañar, ya que Tamaulipas es considerado un estado de atracción de mano de obra migrante (SEDESOL, 2001: 37; Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2006). Sin embargo, durante el siglo XX llegaban a la zona centro de Tamaulipas únicamente jornaleros varones en busca de empleo agrario, situación que ha cambiado en la última década, ya que el número de mujeres solas que llegan a la comarca citrícola de Tamaulipas en busca de empleo ha incrementado (Izcara-Palacios, 2013: 9).

El concepto “trata de personas” usualmente se asocia con actividades de prostitución y explotación sexual, pero es más amplio que estas acciones e incluye la trata laboral (García Vázquez, 2008; Flamtermesky, 2014; García, 2014; Lara-Palacios, 2014; Mujica, 2014; Nejamkis y Castiglione, 2014), siendo esta última la que ha recibido menos atención por parte de los científicos sociales. Sin embargo, la información científica disponible y los datos estadísticos oficiales indican que el número de personas que padecen trata laboral es mayor que el número de aquellos que sufren explotación sexual (Anguita-Olmedo, 2007; Cintas, 2011; Pacecca, 2011).

En el caso de México, el artículo 21 de la ley general para prevenir, sancionar y erradicar los delitos en materia de trata de personas y para la protección y asistencia a las víctimas de estos delitos, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2012), define la “trata laboral” como la obtención directa o indirecta de beneficio económico mediante el trabajo ajeno, sometiendo a la persona a prácticas tales como: i./ condiciones peligrosas e insalubres (artículo 21, I); ii./ la existencia de una manifiesta desproporción entre la cantidad de trabajo realizado y el pago efectuado por ello (artículo 21, II), y iii./ la percepción de un salario por debajo de lo legalmente establecido (artículo 21, III) (DOF, 2012).

La trata laboral a la que se someten las mujeres, frecuentemente acarrea elementos de acoso sexual. Es decir, la mujer, además de ser explotada

en el trabajo es abusada sexualmente. Este último elemento muchas veces marca la línea divisoria entre un escenario de explotación laboral y otro de trata laboral. Cuando a unas condiciones laborales inadecuadas, salarios bajos y horarios prolongados, se suma una situación de abuso sexual, la franja que separa la explotación y la trata se decanta hacia la trata. El elevado número de casos de trata en el servicio doméstico perseguidos en los tribunales de países como Estados Unidos obedece a este aspecto (Izcara-Palacios, 2015: 213). Sin embargo, el sector económico donde la trata de personas constituye un problema más grave es la agricultura (Pacecca, 2011; Moreno y Valdez, 2013; García y Décosse, 2014). La trata laboral en la agricultura es un problema que afecta tanto a países desarrollados como a países subdesarrollados. Los países desarrollados se niegan a aceptar que la trata laboral sea un problema endémico en sus agriculturas; pero importan jornaleros migrantes con derechos reducidos a partir de programas de trabajadores huéspedes. Estos trabajadores migrantes reciben salarios por debajo del mínimo legal, viven encerrados y les está prohibido moverse a otros empleos (Durand, 2007a; 2007b; Izcara Palacios, 2010). En los países subdesarrollados, donde el trabajo infantil constituye la norma, el trabajo agrario envuelve frecuentemente situaciones de trata laboral (López-Limón, 2002; Nepal y Nepal, 2012).

El objetivo de este trabajo fue analizar las condiciones laborales de las mujeres migrantes empleadas en la comarca citrícola de Tamaulipas para determinar la existencia de trata laboral y acoso sexual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico utilizado para la realización de esta investigación fue el cualitativo, y la técnica empleada fue la entrevista a profundidad. Esta técnica ha sido definida como un diálogo directo y espontáneo dirigido hacia la comprensión de las perspectivas que tienen los entrevistados respecto de sus experiencias (Ortí, 1998: 214;

Taylor y Bodgan, 1998: 101). La entrevista a profundidad constituye una herramienta especialmente útil para abordar el problema de la trata laboral sufrida por la mujer migrante, ya que logra rescatar la singularidad de la experiencia vital de las entrevistadas y los significados subjetivos que para ellas acarrearán los hechos sociales (Izcara-Palacios, 2014:145).

Se utilizó el muestreo intencional, que aparece fundamentado en la selección de casos específicos, ricos en información, para su estudio a profundidad. La selección de las entrevistadas estuvo fundamentada en el conocimiento y aptitud de éstas para informar sobre el tema específico objeto de estudio (Izcara-Palacios, 2009). Por otra parte, la técnica aplicada para elegir a las integrantes de la muestra fue el muestreo en cadena o bola de nieve (Izcara-Palacios, 2007a: 24). Finalmente, el tamaño de la muestra fue determinado *a posteriori*, marcado por el alcance de un punto de saturación de información sobre el objeto de estudio (Izcara-Palacios, 2007a: 30).

El trabajo de campo se realizó del 8 de abril de 2007 al 8 de enero de 2012, permitiendo entrevistar a 15 mujeres provenientes del norte de Veracruz y a cinco mujeres procedentes de Centroamérica. Para obtener las 20 entrevistas, se hicieron varios traslados a los campos de trabajo, ya que la presencia de las jornaleras migrantes se reporta en temporada de cosecha de naranja, que suele iniciar entre los meses de marzo y abril, para terminar entre los meses de mayo y junio. Entrevistar a mujeres migrantes implicaba algunas dificultades, porque había pocas y las entrevistas debían hacerse cuando ellas no trabajaban, generalmente en domingo; aunque muchas preferían trabajar todos los días, para poder ahorrar más dinero. Además, debía obtenerse un consentimiento informado, lo cual dificultó la obtención de datos. Por otra parte, durante el año 2015 se hicieron cinco visitas a la zona de estudio para realizar observación participante y mantener conversaciones informales con objeto de puntualizar algunos elementos del artículo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Origen de la migración

Actualmente, las mujeres empleadas en la agricultura proceden de lugares distintos de donde laboran, a diferencia de los años cuarenta, cuando las mujeres se empleaban cerca de los lugares de procedencia (Morett-Sánchez y Cosío-Ruiz, 2004: 104). La migración femenina hacia la comarca citrícola de Tamaulipas se ha intensificado en la última década (Izcara-Palacios, 2013: 9). La llegada de mujeres migrantes centroamericanas a esta región se produjo principalmente a partir de 2010, después de la matanza de migrantes en San Fernando, Tamaulipas (Izcara-Palacios, 2012: 8). A partir de ese momento, las rutas migratorias se alteraron. La ruta que conducía de Tampico a Texas se desplazó desde los municipios costeros hasta los municipios interiores de Tamaulipas, y a Nuevo León. Dentro de la nueva ruta, la comarca citrícola de Tamaulipas constituye un punto intermedio, donde los migrantes centroamericanos descansan y ahorran dinero trabajando en los cítricos para continuar su trayecto (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2015: 243).

El principal obstáculo para la emigración es el costo y riesgo del transporte. Es por ello, que es más frecuente encontrar mujeres que proceden de localidades no muy distantes de la zona de estudio. A partir de finales de los años noventa comenzaron a llegar mujeres procedentes de estados limítrofes con Tamaulipas, principalmente de Veracruz y en menor medida de San Luis Potosí (Izcara-Palacios, 2006). Aunque en este estudio no se entrevistó a ninguna de San Luis Potosí. Las mujeres veracruzanas empleadas en la pizca de la naranja en Tamaulipas procedían principalmente de áreas citrícolas localizadas en el norte del estado, sobre todo del municipio de Álamo Temapache.

Las mujeres centroamericanas entrevistadas llegaron a la comarca de manera fortuita. En algunos casos se quedaron sin dinero y no pudieron avanzar más; otras sufrieron un robo o agresión; otras fueron abandonadas por los polleros (personas que transportan trabajadores

indocumentados a los Estados Unidos). A diferencia de las mujeres veracruzanas, que tenían como objetivo ahorrar dinero para enviar a sus hijos, el propósito de las centroamericanas era ahorrar dinero para continuar su viaje hasta Estados Unidos.

Características de la mujer migrante

Las mujeres veracruzanas entrevistadas trabajaban en su localidad en actividades relacionadas con la naranja, principalmente en emparadoras de cítricos, porque en Veracruz no las contrataban como contadoras. Pero este trabajo es temporal, y no genera ingresos suficientes; por lo tanto, se ven obligadas a emigrar. Muchas veces Tamaulipas no es el único destino, sino tan solo una escala hacia otro lugar. Algunas mujeres del norte de Veracruz trabajan de tres a cinco meses en Tamaulipas (de abril a junio, o hasta agosto si encuentran empleo en las jugueras) y después (en agosto) van a Zamora (Michoacán), para trabajar en la pizca de la fresa. Otras también van hasta Poza Rica o Naranjos (Veracruz) para trabajar en la vainilla. Como decía una mujer de Cerro Azul, Veracruz: “Pues, yo me vengo aquí a Tamaulipas a la naranja, y si me coloco en la juguera, me quedo otros meses, y si no me contratan en la juguera, me voy a mi casa; ahí me estoy dos meses y luego me voy a trabajar a Naranjos (Veracruz), en la vainilla, o me voy a Zamora, Michoacán, a la hortaliza, y pues, esos son los lugares donde trato de emplearme (jornalera, 31 años, Subida Alta, Güémez, Tamaulipas, 28 de junio de 2009). En este sentido, Torres 1997: 104), describe el ciclo migratorio de las mujeres empleadas en las emparadoras de tomate. Este ciclo migratorio comienza en Axtlán, Jalisco (de noviembre a enero), luego se dirige hasta Sonora, Sinaloa o Baja California (de enero a mayo) y termina en Tamaulipas o San Luis Potosí (de septiembre a noviembre).

Las mujeres casadas raramente emigran. La mayor parte de las mujeres entrevistadas eran madres solteras o mujeres separadas, que se vieron obligadas a emigrar porque en sus zonas de origen carecían de medios de subsistencia para alimentar a sus hijos (Tabla 1). En aquellos

■ **Tabla 1. Características de las mujeres migrantes entrevistadas.**
Table 1. Characteristics of interviewed migrant women.

Estado Civil	Número	Porcentaje	Edad media (años)	Número medio de hijos
Soltera/Separada	13	65	28.8	3.5
Casada	3	15	35.3	5.0
Viuda	3	15	33.7	3.3
No se casó, pero vive con el padre de sus hijos	1	5	41	8.0
Total	20	100	30.9	4.0

hogares donde el jefe de familia es un hombre, generalmente es él quien emigra; cuando el jefe de familia es una mujer, esta se ve muchas veces obligada a emigrar para sacar adelante a su familia.

Las mujeres emigran solas cuando se encuentran en una situación extrema; si hallan otra salida a sus problemas, no emigran. Como señalaba una mujer de Álamo, Veracruz: “uno viene aquí por necesidad, si en el ejido (Otatal, Veracruz) tuviera un trabajo, pues no anduviera aquí, pero como no hay, pues tengo que venir hasta acá, y pues, si no trabajo, pues, quién va a pagar mis deudas, quién me va a dar de comer” (jornalera, 37 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 8 de abril de 2007). Y como decía otra mujer del mismo municipio, que comenzó a venir a Tamaulipas en el año 2005, después de tener a su hija menor: “me vine por la desesperación de que no tenía que darles de comer a mis hijas” (jornalera, 21 años, El Carmen, Padilla, Tamaulipas, 25 de mayo de 2008). Las mujeres tienen miedo a emigrar solas porque conlleva riesgos, y además no pueden estar seguras de que encontrarán trabajo. Pero cuando tienen a su cuidado unos hijos a quienes alimentar, no tienen elección, tienen que emigrar por necesidad. Como comentaba una mujer de Cerro Azul, Veracruz: “al principio yo no quería salir a trabajar, pensaba que pues no iba a encontrar trabajo, y fue la necesidad al ver que no podía estar en la casa y con un hijo que no puedo mantener, es eso lo que te hace salir a buscar el trabajo” (jornalera, 31 años, Subida Alta, Güémez, Tamaulipas, 28 de junio de 2009). Asimismo, una mujer guatemalteca

decía: “es por necesidad que me vine, como te digo, vengo buscando trabajar para ayudar a mi familia, pues yo soy quien puedo ayudarlas, pues ellas solo me tienen a mí, tanto mis hijas como mi mamá” (jornalera, 30 años, Santa Engracia, Hidalgo, Tamaulipas, 8 de enero de 2012).

Cuando una mujer se queda viuda y sus hijos son menores, también puede verse obligada a emigrar (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2012). Este es el caso de una mujer de Álamo, Veracruz, de 31 años de edad. Ella quedó viuda en el año 2001, cuando a su esposo, que era pizcador (cortador) de naranja, lo atropelló un camión, y se quedó al cuidado de dos niños de 4 y 8 años de edad y dos niñas de 2 y 6 años. Como consecuencia, a partir del año 2002 decidió venir todas las temporadas a Tamaulipas para poder alimentar a sus hijos. Asimismo, una mujer de Naranjos Amatlán, Veracruz, quedó viuda en el año 2003, cuando su esposo murió ahogado, tratando de llegar a Carolina del Norte, Estados Unidos. Ella señalaba: “no sabe cómo ha sido para mí llevar a mi familia los últimos años, se me hace muy difícil llevar este paquete” (jornalera, 35 años, Subida Alta, Güémez, Tamaulipas, 19 de junio de 2009). Cuando su marido murió, ella quedó al cuidado de 4 hijos (3 niñas y 1 niño), menores de edad. Nunca se imaginó que tendría que trabajar de jornalera, y mucho menos que tendría que emigrar; a partir del año 2004 tuvo que emigrar a la comarca citrícola de Tamaulipas durante la primavera y el verano, y en el otoño trabajaba de ayudante de cocina en un restaurante de Tampico, al sur del estado.

La mayor parte de las mujeres entrevistadas emigraron hasta Tamaulipas “de rai”, como ellas dicen: subiéndose en un vehículo con un desconocido. Casi ninguna utiliza los servicios de las compañías de autobuses para llegar a Tamaulipas, porque el pasaje es muy caro para ellas. Sin embargo, emigrar hasta Tamaulipas “de rai”, es arriesgado. Emigrar siempre implica un riesgo; en el caso de la mujer jornalera se entreteje con otros riesgos, como el sexual. El riesgo sexual es alto durante el trayecto y en el lugar de inmigración. Durante el traslado hasta el lugar de destino algunas mujeres sufren agresiones sexuales, y en el lugar de inmigración deben competir en un mercado laboral masculinizado, donde no es infrecuente que las mujeres se vean obligadas a ofrecer favores sexuales a cambio de un puesto de trabajo. Una mujer guatemalteca de 22 años de edad señalaba que un camionero la trajo desde Chiapas hasta Tamaulipas, pero como ella no tenía dinero, tuvo que pagarle con favores sexuales. Como ella decía: “el trailero que me trajo, no me cobró (...) por tal de que me ayudara me tuve que acostar; pero bueno, no le pagué porque me trajera. Dicen que cobran mucho dinero por venir hasta aquí” (jornalera, 22 años, Santa Engracia, Hidalgo, Tamaulipas, 1 de septiembre de 2011). Asimismo, una mujer de Álamo, Veracruz, relataba del siguiente modo una violación de la cual fue víctima en el trayecto entre Álamo Temapache-Tampico, cuando un camionero se ofreció a llevarla: “intenté bajarme del camión, pero no me dejó, tenía puesto el seguro; no pues, me golpeó y pues ahí me violó, y no sólo eso, antes del amanecer me bajó y se fue, y me dejó ahí tirada, me quedé con la blusa toda rota y bien golpeada de la cara, me sentí tan mal, tan sucia, y cómo denunciarlo si ellos vienen de paso... y ni pude memorizar las placas”(jornalera, 28 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 29 de abril de 2007).

Las autoridades prestan poca atención a las denuncias de violación, especialmente si son realizadas por madres solteras (Andrade-Rubio, 2013: 90). Como señalaba una mujer de Álamo, Veracruz, cuando su hija fue violada: “sí lo denuncié con la policía de esa comunidad; pero no me tomaron en serio, cuando les dije que era madre

soltera y tenía 5 hijos, yo vi que no le hicieron caso, hasta los vi con malas intenciones, y pues, ya mejor lo dejé así” (jornalera, 28 años, El Carmen, Padilla, Tamaulipas, 19 de abril de 2009).

Las mujeres solteras o separadas entrevistadas en este estudio eran más jóvenes que las casadas, y tenían menos hijos que estas. Las mujeres viudas eran también más jóvenes y tenían menos hijos que las que estaban emparejadas. Sin embargo, el número medio de hijos de las mujeres solas (solteras, separadas o viudas) fue superior a tres. Las mujeres solteras, separadas y viudas cargaban con la responsabilidad de sacar adelante a una familia numerosa por sí mismas, a diferencia de aquellas que contaban con el apoyo de un varón para esta tarea (Tabla 1). El hecho de que las viudas fueran más jóvenes que las casadas tiene una explicación lógica. Las primeras emigraron porque quedaron viudas muy pronto y estaban al cuidado de sus hijos menores. Las viudas de más edad, con hijos mayores suelen no emigrar. Las mujeres casadas solo emigran con los maridos antes del nacimiento de los hijos o cuando estos son mayores para valerse por sí mismos; nunca lo hacen cuando sus hijos son menores de edad. Por otra parte, las mujeres casadas nunca emigran solas. Por el contrario, las mujeres solteras o viudas generalmente tienen que emigrar solas. Aunque en ocasiones les acompaña un hijo o una hija (Tabla 2). Las hijas generalmente ayudan a la madre a contar los colotes o cestas cuya capacidad supera los 50 kg; se emplean como chalanes o trabajan en algún restaurante local. Los hijos trabajan como chalanes de un pizcador.

Las mujeres solteras o viudas, cuando emigran a Tamaulipas, tienen que dejar a sus hijos bajo el cuidado de un familiar (normalmente la madre); aunque en ocasiones es la hija mayor quien cuida a los menores (Tabla 2). Esto implica un coste. La mujer debe dejar algo de dinero a sus hijos, para que puedan mantenerse mientras ella no está allí, y también necesita llevar dinero para los gastos del viaje y del alojamiento, hasta que empieza a trabajar, por lo que debe buscar la forma de obtener dinero.

■ **Tabla 2. Situación familiar de las mujeres entrevistadas según su estado civil.**
 Table 2. Family situation of the interviewed women according to their marital status.

Origen	Estado civil	n	Descripción de su situación
Veracruz	Soltera/separada	10	6 mujeres emigraron solas y 4 lo hicieron con un hijo menor (2 con hijos varones de 9 y 15 años, y 2 con hijos menores de 14 y 15 años); 7 de ellas dejaron a los hijos menores con la abuela en Veracruz y 3 dejaron a la hija mayor cuidando a los menores.
	Casada	2	Las 2 mujeres emigraron solo con su cónyuge a Tamaulipas porque sus hijos se habían independizado. En el caso de una de las parejas, en otras ocasiones trajeron al hijo menor de 14 años. Pero éste también se independizó y trabaja con el hermano mayor.
	Viuda	2	Las 2 mujeres vinieron con el hijo mayor (de 6 y 18 años de edad) y los hijos menores son cuidados por la hija de más edad (de 14 y 19 años de edad).
	No se casó, pero vive con el padre de los hijos	1	Sus hijos mayores estaban en Veracruz. Pero ella y su pareja se trajeron al hijo menor y a una nieta, la hija de un hijo que fue asesinado.
Centroamérica	Casada	1	Sus 3 hijos menores estaban en Guatemala, cuidados por la abuela, e iba a reunirse con su marido que estaba en Houston (Texas) porque sufrió un accidente.
	Viuda	1	Sus 2 hijos menores, estaban en El Salvador, cuidados por la abuela.
	Separada	3	Las 3 mujeres se separaron por problemas de violencia doméstica y dejaron a sus hijos menores -con edades comprendidas entre 2 y 15 años -con la abuela, en Centroamérica (Guatemala y Honduras).

Una mujer de Tlaxiaco (Álamo, Veracruz) dijo que permanecer en su lugar de origen es quedarse a morir de hambre: “Yo no tengo viejo que me mantenga, debo trabajar, y para venir hasta Tamaulipas tengo que pedir prestado. Antes debía ahorrar, iba machucando algo de dinero para poder salir a buscar trabajo. Ahora con mi papel del terreno que compré, en la tienda obtengo un préstamo de unos mil pesos a un interés cercano al 60 % a pagar en tres meses, a cambio de dejar el título de mi terreno para que no desconfíen de mí” (jornalera, 36 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 26 de abril de 2010). Sin embargo, esto es la excepción, ya que es difícil reunir dinero para adquirir una propiedad y los padres

raramente dejan en herencia a sus hijas las tierras que ellos poseen, porque piensan que una mujer no va a cuidar de la tierra, como comentaba una mujer de Álamo, Veracruz: “mi padre tenía 1 ha de papayas, pero se la dejó a mis hermanos, quienes la vendieron y se repartieron entre ellos, y pues uno como es mujer, no nos dejó nada” (jornalera, 34 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, el 18 de mayo de 2008). Otra mujer de ese mismo municipio relataba una experiencia similar: “mi padre tenía su tierrita, que al final cuando murió se la dejó a mis hermanos” (jornalera, 41 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 17 de mayo de 2009). Como señala Marroni (2000: 22): “la consolidación de las relaciones sociales de producción en

torno a la propiedad de la tierra se afincó en el privilegio de los varones para acceder a la propiedad, así como en la exclusión de las mujeres a ello”. La imposición de los patrones de herencia patrilineales, sobre los preceptos jurídicos, constituye un factor de desigualdad entre los géneros, que deteriora la situación social de la mujer rural. En este sentido, cuando la mujer no tiene ninguna pertenencia encuentra más dificultades para obtener un préstamo; pero casi siempre sus hijos pueden comprar de fiado en alguna tienda de la localidad, y cuando la madre regresa paga la deuda.

Relaciones patriarcales y violencia de género

Este estudio revela la llegada principalmente de mujeres solas, que padecieron situaciones vejatorias derivadas de su condición de género. La estructura de dominación patriarcal, característica de las comunidades de origen de las entrevistadas relega a la mujer a una situación de servidumbre. La mujer es educada para servir al hombre (Montesinos y Carrillo, 2010: 7). Los hijos varones son recibidos con satisfacción, mientras que el nacimiento de una niña genera desagrado, porque los primeros contribuirán a la economía familiar, mientras que las últimas serán entregadas a otro hombre. En esta cultura patriarcal, las mujeres traen tribulación a las familias. Si pierden la virtud manchan el honor familiar. En el mejor de los casos, si se casan, pasan a ser posesión de otra persona, y lo que invirtió la familia en vestido, alimento y educación se pierde. Es por ello que los padres se preocupan menos por la educación de las hijas (Muñiz, 2001: 59). Dentro de esta estructura de dominación patriarcal, con frecuencia la esposa debe obedecer al marido y tolerarlo; la mujer tiene menos libertad que el varón. La violencia física y sexual dentro del matrimonio constituye una prebenda del varón, y se espera que la mujer la sufra con resignación para no manchar el nombre de la familia (Suárez-Escobar y Durand-Alcántara, 2014).

Las mujeres que migran de forma autónoma y no son migrantes dependientes del marido (Terrón-Caro y Monreal-Gimeno, 2014: 138), son

trasgresoras de un orden patriarcal de profundas raíces históricas, donde el proveedor y jefe de hogar es siempre un hombre (Navarro-Ochoa, 2010: 153). Las entrevistadas emigraron porque tenían una carga familiar como proveedoras y jefas de hogar. Aquellas que tuvieron hijos fuera del matrimonio mancharon el honor familiar; quienes abandonaron a sus maridos, para escapar de una relación violenta, quebrantaron uno de los pilares del orden patriarcal: la aceptación callada de una vida de sufrimiento; y sobre aquellas que fueron abandonadas por sus maridos caía la sospecha de no haber sido buenas esposas. Las mujeres proveedoras jefas de hogar portan un estigma que no se borra al abandonar el lugar de origen. En las comunidades rurales tamaulipecas donde llegan, impera esa misma cultura patriarcal (Cueva-Luna y Terrón-Caro, 2014: 210). La sospecha de la inmoralidad hace que los lugareños les pierdan el respeto, y que cualquier tipo de agresión sexual sea justificada (Andrade-Rubio, 2013: 87). Asimismo, los compañeros de trabajo varones se creen con el derecho de obtener gratificaciones sexuales de mujeres que, por el hecho de no depender de un hombre, son definidas como disolutas, de acuerdo a la información obtenida en este estudio. Como consecuencia, las mujeres migrantes entrevistadas generalmente valoraban a los hombres de modo negativo. Las mujeres solteras o separadas (tanto veracruzanas como centroamericanas) externalizaban una valoración más negativa de los hombres que las casadas o viudas.

En ocasiones, las mujeres llegan a Tamaulipas porque en sus comunidades son despreciadas, como es el caso de una madre soltera de 22 años, que estaba enferma del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA), y sus padres y hermanos no la dejaban tocar a sus hijos, ni estar dentro de la casa. Como ella decía: “me quedo en la cocinita que está fuera de la casa, porque con ellos (sus tres hijos de 3 años, 5 años y 7 años de edad y sus padres) no puedo estar; cada que pueden me corren de la casa” (jornalera, El Carmen, Padilla, Tamaulipas, el 11 de mayo de 2008). Ella mostraba cierta incomodidad al hablar de esta

enfermedad, que probablemente la contrajo en Sinaloa, donde trabajó en el corte de pepino y tomate desde la edad de 13 años. Allí mantuvo una relación sentimental con un jornalero de mayor edad, que la abandonó cuando quedó embarazada y nació su primer hijo. Sus otros dos hijos nacieron en su comunidad de origen y fueron fruto de relaciones con hombres que sacaron ventaja de su condición de madre soltera, para obtener gratificación sexual mediante promesas o engaños, para después abandonarla aduciendo su pasado inmoral.

En este sentido, otra madre soltera de 28 años de edad, de Álamo, Veracruz, relataba en una entrevista, que ella se trajo a su hija de 14 años de edad a Tamaulipas a partir del año 2008, porque era mal vista en la localidad de donde procedía, al haber sido víctima de una violación en el año 2007, cuando ésta tenía 12 años y cuidaba a sus hermanos de 2, 4, 6 y 8 años de edad en la Concepción. Su hija ya no quería quedarse en el ejido cuando su madre no estaba allí, porque al conocer toda la comunidad que había sido violada, era acechada y acosada por algunos hombres y jóvenes de la localidad. La hija en ocasiones ayudaba a la madre a contar los colotes, y otras veces se empleaba como chalán, por lo que recibía entre 50 y 70 pesos diarios.

Casi todas las mujeres entrevistadas fueron objeto de maltrato por parte de sus padres, hermanos o parejas, o habían sido violadas y agredidas por extraños. Esto hace que en el discurso de las entrevistadas aparezcan frecuentemente opiniones de desprecio hacia los hombres. Una jornalera de Álamo, Veracruz, que junto con su madre se habían tenido que prostituir para mantener a sus hermanos varones, relataba cómo éstos siempre las despreciaron y las golpearon: “nos miraban como locas cuando por nosotras ellos comían, y pues ya ve como son, los hombres nomás juzgan a uno” (jornalera, 21 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 9 de mayo de 2009). Otra jornalera de ese mismo municipio, que quedó viuda ocho años atrás, cuando a su esposo lo atropelló un camión, comentaba: “yo quise mucho a mi esposo, pero también me maltrató

mucho, como para ahora pensar en estar con otro loco, no” (jornalera, 31 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 15 de abril de 2007). Otra mujer del citado municipio, que tenía dos hijos decía: “soy felizmente soltera, yo vivo con mi mamá todavía, y pues, me toca ver como mi papá le pega a mi mamá y siempre está bien borracho, no le da dinero cuando llega a la casa, nunca trae dinero, y pues, yo no quiero eso, siempre dije yo no me voy a casar para no tener que aguantar a un pelado así” (jornalera, 29 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 4 de mayo de 2007). Estas expresiones, en las cuales los hombres reciben los calificativos de “loco” o “pelado”, hacen referencia a una biografía de violencia y sufrimiento. Una mujer de 28 años, de la misma localidad veracruzana, llegaba a dar gracias a Dios por la muerte de su padre: “gracias a Dios ya se murió, se envenenó un día y se le fue inflando la panza, así bien rápido, y pues, yo no es que esté contenta por su muerte; pero es que le pegaba mucho a mi mamá, y pues, a nosotras también” (jornalera, 28 años, El Carmen, Güémez, Tamaulipas, 19 de abril de 2009).

Discriminación laboral

El trabajo de la pizca de la naranja es una actividad que requiere fuerza, por lo que ha sido tradicionalmente construida como masculina, por ello, para las mujeres las oportunidades laborales de esta área son escasas (Andrade-Rubio, 2010; 311). Sin embargo, durante los últimos años ha crecido el número de mujeres migrantes que buscan este tipo de empleo en Tamaulipas, a pesar de afrontar una situación laboral precaria cuando son contratadas (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2012). Como señalaba una mujer de Álamo, Veracruz: “cada vez que vengo veo más mujeres aquí” (jornalera, 41 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 17 de mayo de 2009). Aunado a una fuerte competencia por los pocos espacios de empleo para ellas. Como revelaba otra mujer del mismo municipio: “Es bien difícil, porque sí hay muchas mujeres que también quieren trabajar en esto” (jornalera, 37 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 17 de mayo de 2009).

Como han señalado Morett-Sánchez y Cosío-Ruiz (2004: 104): “las mujeres sufren una do-

ble opresión, por su ubicación de clase y de género”. Si para los hombres es difícil encontrar trabajo, para las mujeres lo es más. Pocas veces una mujer puede trabajar todos los días de la semana, generalmente trabajan tres o cuatro días por semana. Sin embargo, todos los días se levantan muy temprano para estar esperando en las básculas, con la esperanza de conseguir empleo. Son los jefes de cuadrilla quienes deciden qué mujeres trabajan y qué mujeres se quedarán desempleadas. Cuando una cuadrilla de pizcadores es contratada para llenar un camión de naranja, el jefe de cuadrilla elige a una de las mujeres que espera en una de las básculas de la región desde antes de las seis de la mañana para que trabaje en la cuadrilla, generalmente como contadora. Las mujeres y los jornaleros que trabajan por la libre llegan primero a las básculas, allí esperan hasta que un jefe de cuadrilla les contrate (Izcara-Palacios, 2007b: 79). Aquellos pizcadores que trabajan siempre en la misma cuadrilla y que han sido contratados para trabajar en una huerta durante periodos más prolongados no necesitan madrugar tanto, porque su situación laboral es algo más estable.

El trabajo de las mujeres como contadoras es accesorio; por eso deben madrugar más, porque no es seguro que las contraten. Una cuadrilla puede realizar el mismo trabajo sin contratar a una contadora. El trabajo de la contadora es anotar en una libreta el número de colotes que descarga cada uno de los miembros de la cuadrilla en el camión. Además, debe anotar la capacidad del colote vaciado en el camión y determinar si el colote estaba lleno o no, lo cual establecerá el pago que recibe el pizcador. Como consecuencia, siempre debe permanecer atenta de pie al lado del camión durante toda la jornada laboral, ya que en una cuadrilla de unas quince personas, todo el tiempo están llegando jornaleros al camión (Izcara-Palacios, 2007b: 72). Si la mujer quisiérase descansar durante cinco o diez minutos, en ese espacio temporal llegaría un jornalero y ese colote no lo apuntaría. Al final de la jornada el pizcador recibe un pago que depende de lo que haya anotado la contadora, y este le pagará a ella en función

de su percepción del trabajo realizado, si recibe poco ingreso considerará que la contadora anotó mal y no le pagará.

Las cuadrillas donde todos los jornaleros tienen un rendimiento laboral similar, o están compuestas por familiares, suelen repartirse a partes iguales el dinero ganado, sin necesidad de que nadie cuente los colotes. La función de las contadoras es más necesaria en las cuadrillas donde el rendimiento laboral de los miembros es más irregular, o donde hay menos confianza entre ellos. En estas cuadrillas los datos que apuntan las contadoras son necesarios para evitar disputas por los salarios entre los jornaleros.

Trata laboral y acoso sexual

Las mujeres migrantes que no encuentran trabajo se enfrentan a un problema grave, porque además de no poder enviar dinero a sus hijos, no podrán pagar la renta de los cuartos donde viven, ni tendrán dinero para comer. Su desesperación hace que sean frecuentes los enfrentamientos entre ellas para luchar por las pocas oportunidades que tienen de ser empleadas. Esto conduce a un aislamiento de las jornaleras migratorias. Por lo tanto, cuando llegan a Tamaulipas, estar desempleadas no es una opción, deben encontrar trabajo a toda costa. En ocasiones, las mujeres tienen que aceptar tener relaciones sexuales con los jefes de cuadrilla para obtener empleo. Adicionalmente, las mujeres solteras más jóvenes son quienes sufren una situación más marcada de acoso sexual: “hay algunos jornaleros que siempre te están acosando, y pues, no se crea, es difícil una como mujer trabajar con hombres” (jornalera soltera, 28 años, El Carmen, Padilla, Tamaulipas, 29 de abril de 2007); “siento mucho acoso con algunos jefes de cuadrilla, y pues, una vez uno me amenazó de muerte si no aceptaba a tener relaciones con él, y como saben que vengo sola, que estoy joven, pues más se aprovechan de mí y de otras compañeras” (jornalera soltera, 22 años, El Carmen, Padilla, Tamaulipas, 11 de mayo de 2008); “yo una vez me tuve que acostar con un jefe de cuadrilla, y pues,

lo hice por pura necesidad; venía mi hija conmigo, y pues, teníamos que pagar la renta, y pues, no me quedó de otra más que aceptar” (jornalera soltera, 28 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 19 de abril de 2009). Sin embargo, las mujeres casadas también manifestaban ser acosadas, incluso aquellas de más edad o las que llegaron acompañadas por sus maridos: “como voy con mi viejo, pues, me respetan, pero donde sí me siento acosada es en el cuartito donde rentamos, porque son muchos hombres” (jornalera casada, 42 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 24 de mayo de 2009). Si bien, la primera intención de las mujeres es trabajar en las actividades de la naranja, en ocasiones algunas terminan trabajando en otra cosa, por la falta de oportunidades o la presión existente en el entorno: “aquí hay muchachitas que (...) vienen con una intención de trabajar de contadoras y al final terminan, pues, prostituyéndose” (jornalera viuda, 31 años, El Barretal, Padilla, Tamaulipas, 15 de abril de 2007).

Las mujeres centroamericanas entrevistadas tienen una opinión más positiva de los jornaleros varones que las veracruzanas. Una explicación puede obedecer a que las primeras sufrieron más al cruzar México, de modo que al comparar el trato recibido en Tamaulipas, con el que recibieron en otras zonas del país, se sienten mejor tratadas en Tamaulipas. Como decía una mujer guatemalteca: “aquí sí, la gente es buena y no se aprovecha de las mujeres, eso es lo que he visto aquí yo, si estás trabajando y no puedes hacerlo, pues te ayudan, y no te dicen a cambio de esto” (jornalera, 22 años, Santa Engracia, Hidalgo, Tamaulipas, 1 de septiembre de 2011). Asimismo, una mujer salvadoreña decía: “aquí la gente es muy noble y buena” (jornalera 35 años, Guadalupe, Güémez, Tamaulipas, 14 de agosto de 2011). Otra explicación puede obedecer a que las mujeres centroamericanas difícilmente encuentran trabajo como contadoras, ya que deben tener experiencia, ser ágiles en el manejo de los números y además ser recomendadas por algún jornalero. Las mujeres centroamericanas no suelen cumplir ninguno de estos requisitos. Ellas tienen menos educación que las veracruzanas, ya que muchas no fueron

a la escuela; pero tampoco trabajaron en la pizca de naranja antes de llegar a Tamaulipas. Mientras el trabajo de contadoras es accesorio, no produce nada de valor, el trabajo de las pizcadoras tiene un valor monetario específico. Cada kilogramo de naranjas que cargan al camión tiene valor. El salario de las primeras depende de la buena voluntad de los jornaleros, el de las últimas del trabajo realizado. Los jornaleros regalan de modo voluntario una parte de su salario a las contadoras; pero no dan dinero a las mujeres que pizcan naranja. Es por ello que los jornaleros no pueden exigir a las centroamericanas favores sexuales por el trabajo que realizan. Aunque, algunas mujeres centroamericanas manifestaron que en algunas ocasiones se ven obligadas a recurrir al sexo para sobrevivir, debido a que sus oportunidades laborales son más reducidas que las de las veracruzanas.

La mayor dureza del trabajo realizado por las mujeres de Centroamérica y su menor experiencia en el trabajo en las huertas de naranja hace que éstas se quejen de más dolencias que las mujeres veracruzanas. Como decía una mujer de La Paz, El Salvador: “me duele la espalda, pero es por el trabajo y como nunca lo había hecho” (jornalera, 35 años, Guadalupe, Güémez, Tamaulipas, 14 de agosto de 2011). Asimismo, como señalaba una mujer guatemalteca de 30 años de edad: “aquí trabajo de cortadora y pizcadora de naranja, solo he trabajado la naranja” (jornalera, 30 años, ejido Guadalupe, Güémez, Tamaulipas, 14 de agosto de 2011).

En los meses de junio, julio y agosto, algunas mujeres también encuentran empleo en las jugueras (lugar donde se procesan las naranjas), situadas en las inmediaciones del ejido Subida Alta del municipio de Güémez (Tamaulipas). Aunque encontrar trabajo aquí es más difícil, porque las mujeres migrantes compiten con las mujeres locales por los empleos formales. En las jugueras, las mujeres ganan 600 pesos a la semana; pero en ocasiones únicamente se emplean cubriendo a aquellas personas que piden permiso, por lo tanto no se emplean todos los días de la semana. Como señalaba una mujer de Cerro Azul, Veracruz:

“aquí en la juguera pues está difícil emplearse; el año pasado trabajé y hasta me alcanzó para poner el techo de la casa de mis padres, y esta vez también trabajé, pero no me han dado a mí la chamba, así bien, ahora estoy cubriendo a gente que pide permiso y un día trabajo por la mañana, otro día por la tarde, y así según me digan” (jornalera, 31 años, Subida Alta, Güémez, Tamaulipas, 28 de junio de 2009). En las jugueras, las mujeres ganan menos que trabajando como contadoras; sin embargo, ahorran más dinero, ya que durante el verano la renta de la vivienda es más barata. Al irse los migrantes en julio, el precio de la vivienda se reduce de modo sustancial. Además, en el ejido Subida Alta (Guémez), donde están localizadas las dos jugueras que hay en esta zona, la renta es más barata que en el Barretal (Padilla), donde se concentran hacinados la mayor parte de los migrantes, debido a que hay más alojamientos para ellos.

Muchas mujeres completan sus ingresos lavando ropa a los jornaleros durante los domingos, otras obtienen unos ingresos extraordinarios cocinando para los hombres. Los restaurantes de la zona también ofrecen empleos a las mujeres migrantes, pero son pocos los empleos ofertados. Los empleos más estables, como cocineras, los ocupan las mujeres locales; los más inestables y peor pagados, como meseras, los suelen ocupar las migrantes.

En la zona citrícola de Tamaulipas las mujeres se encuentran en el último escalón de la pirámide laboral (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2012). Como explicaba una mujer de Álamo, Veracruz, en la cúspide de la pirámide se encuentra el coyote (intermediario que tiene un acuerdo con el comprador y el productor de naranja, y contrata la cuadrilla), que paga al jefe de cuadrilla (intermediario entre la cuadrilla y el coyote), éste paga a los pizcadores (jornaleros que cortan la naranja), y éstos pagan a la contadora: “entre todos los jornaleros pues me pagan, y a ellos les paga el jefe de cuadrilla, y al jefe de cuadrilla le paga el coyote” (jornalera, 21 años, El Carmen, Padilla, Tamaulipas, el 25 de mayo de 2008). Este escalafón laboral

coyote-jefe de cuadrilla-jornalero-mujer contadora ha sido reportado previamente (Andrade-Rubio, 2008: 111). Las mujeres migrantes al ser el eslabón más débil y depender su ingreso de lo que los jornaleros deseen pagarles deben adoptar una actitud sumisa y no quejarse o no serán contratadas.

Las mujeres solas son quienes tienen una menor capacidad de negociación en el mercado de trabajo (Marroni, 2000: 154). Las mujeres casadas tienen una mayor probabilidad de trabajar que las solteras. Aquellas que acompañan a su marido es más fácil que sean contratadas como contadoras, debido a la amistad de los esposos con los jefes de cuadrilla. Las mujeres casadas que no encuentran trabajo como contadoras, ayudan a su marido a cortar naranja, de modo que con su apoyo, el marido ganará un salario más elevado, porque llenará más colotes de naranja. Por lo tanto, su estancia en Tamaulipas será más redituable que las mujeres que están solas.

La situación de las mujeres migrantes, especialmente cuando no están casadas, es más precaria que la de los varones, porque sus salarios son más bajos y ellas constituyen el único sustento de sus hijos. Como ha señalado Arias (2009: 57), las mujeres que dejan a sus hijos con las abuelas están sometidas a mayores demandas económicas que los hombres. Para hacer frente a la responsabilidad económica que tienen hacia sus hijos, algunas mujeres restringen la ingesta de alimentos, porque sus ingresos son tan reducidos que si se alimentasen bien no podrían ahorrar dinero (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2013: 26).

Ausencia de servicios de salud

La condición migratoria de la mujer jornalera de la comarca citrícola de Tamaulipas le impide acceder a los programas de asistencia social (hablando de las nacionales, ya que las centroamericanos no tienen derecho), a pesar de que la mujer es una población-objetivo de políticas de asistencia social (Marroni, 2000: 66), como en el caso del Programa federal Prospera (antes Oportunidades). Una mujer de Cerro Azul, Veracruz, que primero emigra a Tamaulipas, y después se

va a trabajar, ya sea a Naranjos (Veracruz) en la vainilla, o a Zamora (Michoacán) en la hortaliza, señalaba: “me iban a dar un apoyo para mis hijas, de Oportunidades, pero al final, yo fui y llené la solicitud y después no pude ir a firmar, ni cuando pasaron por la casa, yo andaba en Zamora y por no firmar el compromiso, pues ya no se me otorgó el apoyo”(jornalera, 31 años, Subida Alta, Güémez, Tamaulipas, 28 de junio de 2009). Las jornaleras migrantes constituyen el grupo social más pobre y desvalido del medio rural mexicano, pero la necesidad les obliga a buscar trabajo fuera de la localidad, y esto las excluye de los programas sociales destinados a los más marginados (Izcara-Palacios y Andrade-Rubio, 2012).

El seguro popular es el programa de salud más atractivo para la mujer. Sin embargo, ninguna de las mujeres entrevistadas estaba inscrita en él, ni era derechohabiente de ningún servicio de salud. Algunas fueron derechohabientes del seguro popular, pero lo habían perdido porque no pudieron renovarlo.

Las jornaleras migrantes empleadas en Tamaulipas padecen múltiples dolencias y enfermedades. La enfermedad más común es la diabetes, pero también está presente el SIDA. Estas enfermedades son de alto costo para aquellas personas que no son derechohabientes de ningún servicio de salud. Una mujer de Álamo, Veracruz, que sufría diabetes, perdió el seguro popular porque cuando le tocaba renovarlo trabajaba en una empacadora. Ella señalaba con preocupación que después de perder el seguro popular se gastaba casi todo lo que ganaba en las medicinas que debía tomar para controlar esta enfermedad: “estoy preocupada porque tengo azúcar y la medicina es bien cara, y pues con esta enfermedad no la puedo dejar de tomar” (jornalera, 31 años, Barretal, Padilla, Tamaulipas, 15 de abril de 2007). Una joven de Álamo, Veracruz, que tenía SIDA decía: “en mi enfermedad me llevo casi todo el dinero que estoy sacando” (joven 22 años, Carmen, Padilla, 11 de mayo de 2008).

Las mujeres veracruzanas estaban muy interesadas en el seguro popular, y habían buscado la

forma de obtenerlo, pero la dificultad de tramitarlo debido a su condición de inmigrantes las había hecho desistir.

CONCLUSIONES

Las jornaleras migrantes que llegan a la comarca citrícola de Tamaulipas encuentran un entorno laboral adverso. Los jefes de cuadrilla con frecuencia se aprovechan de ellas, acosándolas sexualmente; incluso algunas han tenido relaciones sexuales a cambio de empleo; en las jugueras, estas mujeres son rechazadas porque compiten con las mujeres locales en los escasos empleos disponibles. Esto favorece que se generen niveles elevados de explotación laboral, además de discriminación y segregación social. Las mujeres, más que recibir un salario, dependen de la caridad de los jornaleros varones, quienes las subcontratan con un jornal injusto, y algunas veces no les pagan nada, argumentando que no realizaron bien su trabajo. Su situación económica es tan precaria que algunas no quieren gastar el poco dinero que tienen en la compra de comida. Cuando sus compañeros varones comen, se sientan cerca de su vista con la esperanza de recibir sus sobras para calmar el hambre. La trata laboral que sufren las mujeres migrantes puede manifestarse en cuatro formas principales: en primer lugar, trabajan en condiciones peligrosas, porque el trabajo les requiere cargar colotes que pueden pesar más de 50 kg, lo cual, puede causarles diversos tipos de lesiones. En segundo lugar, cuando trabajan en las huertas existe una manifiesta desproporción entre la cantidad de trabajo que realizan y el pago efectuado por ello. Por ejemplo, deben permanecer de pie todo el día, sin moverse de su puesto de trabajo, para poder apuntar el número de colotes que descarga en los camiones cada pizcador; pero el pago que reciben depende de la voluntad de estos últimos. Si los pizcadores creen que la mujer no hizo bien su trabajo no le pagarán nada. En tercer lugar, las mujeres migrantes que trabajan en las jugueras suelen recibir los salarios más bajos y trabajar en los peores turnos, porque compiten con las mujeres locales. Finalmente, la trata laboral aparece entrelazada con la violencia sexual y de género, ya que las mujeres migrantes además de realizar esfuerzos que ponen a prueba su fuerza

física a cambio de salarios más reducidos que los recibidos por los hombres, deben enfrentar un entorno laboral caracterizado por el acoso sexual. En la pizca de la naranja, la posición de las mujeres en puestos subyugados y dependientes, hace que muchas veces tengan que mancillar sus

cuerpos para alimentar a sus hijos que quedaron bajo el cuidado de parientes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la SEP/CONACYT, Proyecto CB-2013-01 22066 "Trata y prostitución en México".

REFERENCIAS

- Andrade-Rubio, K. L. (2008). Intermediación laboral, migración y exclusión social: los pizcadores de naranja en Tamaulipas. *Caleidoscopio*. 12(23): 101-114.
- Andrade-Rubio, K. L. (2010). Exclusión social e inmigración: Los pizcadores de naranja en Tamaulipas. Tesis doctoral en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [En línea]. Disponible en <http://tesis-icsyh.blogspot.mx/2010/09/karla-lorena-andrade-rubio-doctorado-en.html>. Fecha de consulta: 7 de diciembre de 2014.
- Andrade-Rubio, K. L. (2013). Identidad social negativa y exclusión social: Los jornaleros migratorios en Tamaulipas. *Revista de Ciencias Sociales*. 19(1): 81-91.
- Anguita-Olmedo, C. (2007). El tráfico ilegal de seres humanos para la explotación sexual y laboral: la esclavitud del siglo XXI. *Nómadas, Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*. 15(1): 3-17.
- Arias, P. (2009). *Del arraigo a la diáspora. Dilemas de la familia rural*. México: Miguel Ángel Porrúa. 295 Pp.
- Cintas, E. (2011). El delito de trata de seres humanos con finalidad de explotación laboral. *Revista electrónica de ciencia penal y criminología*. (13): 15.
- Cueva-Luna, T. E. y Terrón-Caro, T. (2014). Vulnerabilidad de las mujeres migrantes en el cruce clandestino por Tamaulipas-Texas. *Papeles de población*. 20(79): 209-241.
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2012). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, en Ley general para prevenir, sancionar y erradicar los delitos en materia de trata de personas y para la protección y asistencia a las víctimas de estos delitos. [En línea]. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPSEDMTP.pdf>. Fecha de consulta: 15 de mayo de 2015.
- Durand, J. (2007a). El Programa Bracero (1942-1964). Un balance crítico. *Migración y Desarrollo*. 9: 27-43.
- Durand, J. (2007b). *Programas de trabajadores temporales. Evaluación y análisis del caso mexicano*. México: Consejo Nacional de Población. 106 Pp.
- Flamtermesky, H. (2014). Mujer frontera. Experiencia de investigación acción participativa feminista (IAPF) con mujeres víctimas de la trata de personas. *Athena digital*. 14(4): 389-400.
- García, D. E. (2014). La violencia en las migraciones: el caso de la trata de mujeres. *Modus operandi en las formas de engaño y enganche. Dilemata*. (16): 121-142.
- García, M. y Décosse, F. (2014). Agricultura intensiva y políticas de migración laboral: Jornaleros centroamericanos en México y marroquíes en Francia. *Migración y desarrollo*. 12(23): 41-67.
- García-Vázquez, S. (2008). Inmigración ilegal y trata de personas en la Unión Europea: la desprotección de las víctimas. *Revista de derecho constitucional europeo*. (10): 231-274.
- Izcara-Palacios, S. P. (2006). Infraclasses rurales: *Los trabajadores eventuales agrarios de Tamaulipas (México) y Andalucía (España)*. México: Plaza y Valdés. 195 Pp.
- Izcara-Palacios, S. P. (2007a). *Introducción al muestreo*. México: Miguel Ángel Porrúa. 109 Pp.
- Izcara-Palacios, S. P. (2007b). El papel de las cuadrilla en la pizca de la naranja. El ejemplo de Tamaulipas. *Caleidoscopio*. 11(21): 63-80.
- Izcara-Palacios, S. P. (2009). *La praxis de la investigación cualitativa: guía para hacer tesis*. México: Plaza y Valdés. 157 Pp.
- Izcara-Palacios, S. P. (2010). *Los jornaleros tamaulipecos y el programa H-2A de trabajadores huéspedes*. México: Plaza y Valdés. 212 Pp.
- Izcara-Palacios, S. P. (2012). Violencia contra inmigrantes en Tamaulipas. *European Review of Latin American and Caribbean Studies*. 93: 3-24.
- Izcara-Palacios, S. P. (2013). *La etiología de la migración permanente en la zona citrícola de Tamaulipas*. México: Miguel Ángel Porrúa. 257 Pp.
- Izcara-Palacios, S. P. (2014). *Manual de investigación cualitativa*. México: Editorial Fontamara. 239 Pp.
- Izcara-Palacios, S. P. (2015). Irregularidades en el reclutamiento de trabajadores agrícolas con visas H-2A en México. En M. J. Sánchez Gómez y S. M. Lara Flores (Eds.), *Los programas de trabajadores agrícolas temporales ¿Una*

solución a los retos de las migraciones en la globalización? (pp. 207-233). México: UNAM

Izcara-Palacios, S. P. y Andrade-Rubio, K. L. (2006). Vivir en el fondo: Infraclasses rurales y pizca de la naranja en Tamaulipas. *Trayectorias: revista de ciencias sociales*. (20): 163-173.

Izcara-Palacios, S. P. y Andrade-Rubio, K. L. (2012). La exclusión de las mujeres migrantes del programa Oportunidades: el ejemplo de la zona citrícola de Tamaulipas. *Trayectorias*. 14(35): 44-65.

Izcara-Palacios, S. P. y Andrade-Rubio, K. L. (2013). Deficiencias nutricionales de los jornaleros migratorios asentados en la zona citrícola de Tamaulipas. *Perspectivas Sociales*. 15(2): 11-32.

Izcara-Palacios, S. P. y Andrade-Rubio, K. L. (2015). Causas e impactos de la deportación de migrantes centroamericanos de Estados Unidos a México. *Estudios fronterizos*. 16(31): 239-271.

Lara-Palacios, M. A. (2014). La trata de seres humanos con fines de explotación sexual: Análisis comparativo del marco jurídico internacional, nacional y local. *Revista internacional de pensamiento político*. (9): 399-423.

Lara-Flores, S. M. (2011). Introducción. En S. M. Lara-Flores (Ed.), *Los "encadenamientos migratorios" en espacios de agricultura intensiva* (pp. 17-32). México: Miguel Ángel Porrúa.

Lara-Flores, S. M. y Grammont, H. C. (2011). Reestructuraciones productivas y encadenamientos migratorios en las hortalizas sinaloenses. En S. M. Lara-Flores (Ed.), *Los "encadenamientos migratorios" en espacios de agricultura intensiva* (pp. 33-78). México: Miguel Ángel Porrúa.

López-Limón, M. G. (2002). Trabajo infantil jornalero agrícola, políticas de libre comercio y globalización. *Estudios fronterizos*. 3(5): 93-119.

Montesinos, R. y Carrillo, R. (2010). Feminidades y masculinidades del cambio cultural de fin y principio de siglo. *El cotidiano*. (160): 5-14.

Marroni, M. G. (2000). *Las campesinas y el trabajo rural en México de fin de siglo*. México: BUAP. 218 Pp.

Morett-Sánchez, J. C. y Cosío-Ruiz, C. (2004). *Los jornaleros agrícolas de México*. México: DIANA. 222 Pp.

Mora-Ledesma, M. I. y Maisterrena-Zubirán, J. (2011). Movilidad laboral y encadenamientos migratorios en torno a un sistema de agricultura intensiva en el valle Arista, San Luis Potosí. En S. M. Lara-Flores (Ed.), *Los "encadenamientos migratorios" en espacios de agricultura intensiva* (pp. 79-149). México: Miguel Ángel Porrúa.

Moreno, M. S. y Valdez, S. M. (2013). Avances en la legis-

lación migratoria argentina y persistencia en las prácticas laborales precarias. El caso de los migrantes bolivianos en la agricultura de Mendoza. *Argumentos. Revista de crítica social*. (15): 258-284.

Mujica, J. (2014). Trayectorias y ciclos de explotación sexual y trata para la explotación sexual de mujeres en la Amazonía peruana. *Anthropologica*. 32(33): 163-177.

Muñiz, P. E. (2001). La situación escolar de niñas y niños rurales en México. *Estudios demográficos y urbanos*. 16(46): 53-83.

Navarro-Ochoa, A. (2010). ¿Mujeres proveedoras y jefas de familia?... Nuevas realidades rurales en localidades de la región zamorana. *La ventana. Revista de estudios de género*. 4(31): 139-171.

Nejamkis, L. y Castiglione, C. (2014). Apuntes críticos a la trata de personas como problema contemporáneo. *Población y Desarrollo-Argonautas y caminantes*. 9: 33-42.

Nepal, A. y Nepal, M. (2012). ¿Sustituye el trabajo infantil al trabajo de los adultos? Trabajo infantil y enfermedad del adulto en Nepal. *Revista Internacional del Trabajo*. 131(1-2): 119-132.

Ortí, A. (1998). La apertura y el enfoque cualitativo o estructural: La entrevista abierta semidirectiva y la discusión de grupo. En M. A. García-Ferrando, J. Ibáñez y F. Alvira (Eds.), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación* (pp. 171-203). Madrid: Alianza Universidad Textos.

Pacecca, M. I. (2011). Trabajo, explotación laboral, trata de personas. Categorías en cuestión en las trayectorias migratorias. *Revista Interdisciplinaria da Mobilidade Humana*. 19(37): 147-174.

SEDESOL, Secretaría de Desarrollo Social (2001). *Jornaleros agrícolas, México*: SEDESOL. 127 Pp.

Taylor, S. J. y Bodgan, R. (1998). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós Básica. 329 Pp.

Suárez-Escobar, M. y Durand-Alcántara, C. H. (2014). Migración femenina indígena y la violencia de género (Algunos estudios de caso en Oaxaca, México). *Lex Social: Revista de Derechos Sociales*. 4(2): 57-73.

Terrón-Caro, T. y Monreal-Gimeno, M. C. (2014). Mujeres migrantes en tránsito en la Frontera Norte de México: motivaciones y expectativas socioeducativas ante el sueño americano. *Papeles de población*. 20(82): 138-166.

Torres, G. (1997). *La fuerza de la ironía. Un estudio del poder en la vida cotidiana de los trabajadores tomateros del occidente de México*. México: Asociados Numerarios de El Colegio de Jalisco. 315 Pp.



Tomado de: <https://pixabay.com/es/estudiante-mujer-inicio-negocio-849818/>

Conciliación trabajo-familia: una comparación de las decisiones de empleo entre las mujeres de México y España

Work-family conciliation: a comparison of the employment decisions made by Mexican and Spanish women

José Gabriel Aguilar-Barceló*
Nadhilli López-Pérez

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Economía y Relaciones Internacionales, Calzada Universidad núm. 14418, Parque Industrial Internacional, Tijuana, Baja California, México, C.P. 22390.

*Autor para correspondencia:
gaba@uabc.edu.mx

Fecha de recepción:
1 de diciembre de 2014

Fecha de aceptación:
4 de abril de 2016

RESUMEN

Las crisis económicas mundiales recientes han acelerado el flujo de incorporación de la mujer al trabajo extradoméstico, lo que ha representado un nuevo reto en la consecución de la conciliación trabajo-familia. El objetivo de este estudio fue analizar hasta qué punto la posibilidad de conciliar trabajo y familia determina el grado de inserción laboral femenina y la elección de ocupación de las mujeres de México y España, haciendo un comparativo internacional para distinguir el efecto local, de las tendencias globales. Para ello, se utilizó el método de regresión logística multinomial a partir de la base de datos del programa Family and Changing Gender Roles IV; la

ocupación fue tratada como variable dependiente, mientras que las características socioeconómicas y aquellas relacionadas con los estereotipos, roles de género y de división del trabajo en el hogar se consideraron como variables independientes. Se encontró que la falta de conciliación favorece que la mujer se dedique al hogar en ambos países. El comparativo internacional mostró que los prejuicios de género y la asimetría en la división del trabajo no fomentan el trabajo extradoméstico, pero este sí fue compatible con los roles tradicionales que responsabilizan a la mujer del cuidado de los hijos y la atención del hogar. Se concluyó que aun siendo México y España países que comparten cier-

tos cánones culturales, existe entre ellos diferencias en la forma de conceptualizar la conciliación entre familia y trabajo, lo cual también se vio reflejado en un marco normativo diferenciado.

PALABRAS CLAVE: género, conciliación trabajo-familia, mercado laboral, autoempleo, empleo asalariado.

ABSTRACT

The recent world economic crises have accelerated the integration of women into the labor force. This has represented a new challenge in the achievement of work-family balance. The aim of the present study was to analyze the extent to which the feasibility to conciliate work and family influence career choice and the level of women employment from Mexico and Spain. In order to achieve this, data from the Family and Changing Gender Roles IV International Research Project was analyzed by using a multinomial logistic regression model. Occupation was treated as the dependent variable while socioeconomic characteristics, stereotypes, gender roles and household division of labor were treated as independent variables. The main findings indicate that the lack of work-family conciliation increases the likelihood of women's participation as housewives in both countries. The international comparison showed that gender bias and asymmetry in household division of labor did not lead to extra-domestic work. However, this activity was consistent with traditional gender roles that associate women with child rearing. We conclude that even though Mexico and Spain share certain cultural canons, these countries have differences in the way of conceptualizing the conciliation of family and work, which are also reflected in a differentiated regulatory framework.

KEYWORDS: gender, work-family conciliation, labor market, self-employment, paid employment.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados de los años setenta se ha hecho evidente un incremento significativo en la participación laboral de la mujer en los países

occidentales, impulsado por el proceso de liberación femenina iniciado unos años atrás, además de las condiciones sociales y políticas de las regiones. A finales de esa década, solamente el 19.4 % de las mujeres mexicanas en edad de trabajar y 24.1 % de las españolas, participaba en las actividades remuneradas (Salazar y col., 2011), mientras que para 2014, la tasa de participación de la población femenina alcanzaba el 48 % en México y el 69 % en España.

La rápida incorporación de la mujer al trabajo extradoméstico ha sido objeto de estudio desde diferentes perspectivas, entre las que destacan la antropológica, la sociológica y la económica; las cuales reconocen un complejo reto de asignación de tiempo entre el mercado laboral, trabajo doméstico y ocio. Lo anterior se da en el marco de la relación histórica entre el hombre y la mujer, que se puede representar de forma sucinta en la dicotomía entre la vida pública y privada, donde el único trabajo que cuenta es aquel que se remunera y donde el ámbito laboral y económico presentan rasgos masculinos. Por lo anterior, la discusión acerca de la “correcta” armonía entre lo público y lo privado ha sido cercana a la lucha feminista, que ha pretendido redefinir los conceptos fundamentales del mercado de trabajo, partiendo de una visión incluyente, que considere el ámbito doméstico y la reproducción (Tepichin, 2012).

Para Tobío (2003), la sociedad ha mostrado persistentemente una estructura patriarcal, caracterizada por la división sexual de trabajo y por roles de género claramente diferenciados. La motivación para la inserción en el mercado de trabajo está en función del estatus social: la mujer de clase baja toma su decisión influenciada por la necesidad económica familiar, mientras que la de clase alta lo hace para mantener el nivel de consumo existente en los círculos sociales y profesionales a los que pertenece o alcanzar el de aquellos a los que pretende ingresar. Escobar y col. (2005), señalan que aunque las diferencias observadas dentro del mercado laboral por la condición de género se relacionan con la posición de la mujer en el tejido social, en los grupos sociales de alto ingreso, su inclusión al

trabajo extradoméstico no ha producido un cambio significativo con relación a la distribución de funciones en el hogar, sino que estas familias recurren a la subcontratación para la realización del trabajo de casa. Si bien, entre los determinantes de la participación laboral de la mujer y su decisión de ocupación deben considerarse variables como las crisis económicas y convulsiones políticas acaecidas en las últimas décadas, también resulta fundamental la inclusión de factores de carácter regional, local e incluso individual, como aquellos de tipo socioeconómico y los relacionados con las expectativas y circunstancias al interior de la familia, las cuales se manifiestan en la manera de entender y vivir las interacciones de género, los roles sexuales y los estereotipos.

Por su parte, Muñoz (2009), menciona que los factores sociodemográficos son determinantes en la participación laboral femenina, al igual que algunos elementos externos, como la composición sectorial, el nivel de desarrollo económico y las posiciones ocupacionales preexistentes, además de factores de carácter cultural (tales como los prejuicios sociales). Por otro lado, Guadarrama (2008), aborda el fenómeno del incremento de la participación laboral femenina en América Latina, a través de distintas coyunturas convergentes desde la visión de género: la reestructuración económica, la flexibilización de las relaciones laborales y la globalización de los mercados.

De acuerdo con García y de-Oliveira (2011), las mujeres mexicanas, habitualmente supeditadas a los usos y costumbres de las familias de esquemas patriarcales, comienzan a tener mayor participación derivada de las crisis económicas de los años ochenta. A diferencia de lo que ocurre en México, el incremento en la participación económica de la mujer española, durante esa época, fue motivado en buena medida por la liberalización del régimen franquista, que por años censuró a la sociedad con una marcada tendencia sexista y bajo el amparo de la moral.

El consenso internacional actual, influido por el pensamiento feminista, afirma que la conciliación

es la respuesta política a una situación de incompatibilidad entre al menos dos esferas del ámbito humano, como puede ser la profesional y la familiar. En psicología social, la conciliación está centrada en el manejo del conflicto entre la vida familiar y la laboral (Papí, 2005). Por lo tanto, hablar de conciliación implica considerar la interacción e integración entre las tareas domésticas de la familia, la decisión laboral de sus miembros y las responsabilidades derivadas de ello (Guerra, 2007; OIT/PNUD, 2009).

Pérez (2014), afirma que la conciliación trabajo-familia procura por una parte, ajustar el modelo social que asigna roles en función del sexo, y por la otra, eliminar los estereotipos que refuerzan la división sexual de trabajo, visibilizando el conjunto de actividades femeninas que componen el trabajo doméstico. En relación con los estereotipos, aunque España tiene leyes con más tiempo en vigor que México—y posiblemente más estrictas— para intentar combatir su construcción, sigue siendo habitual situar al hombre por encima de la mujer en la esfera pública, por lo que una mayor normatividad en este sentido, no implica necesariamente una sociedad menos sexista (Martín-Llaguno y Navarro-Beltrá, 2013).

Durante los últimos años, los gobiernos, tanto de España como de México, han llevado a cabo acciones de política pública para desarrollar medidas compensatorias que reduzcan la discriminación por razón de sexo (Camberos, 2011), incluyendo la referida a las oportunidades de incorporación al mercado de trabajo. En el caso de España, por ejemplo, se promulgó la Orden PRE/525/2005, que reconoce que la igualdad real entre mujeres y hombres aún no ha sido alcanzada, y la Ley Orgánica 3/2007 para la igualdad efectiva de mujeres y hombres, que establece el marco normativo para acabar con las desigualdades de género existentes en todos los ámbitos de la vida y prevenir conductas discriminatorias (Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, 2012).

Por otro lado, en México, en 2001 se creó el Instituto Nacional de las Mujeres (INMUJERES),

para fomentar las condiciones que posibiliten la igualdad de oportunidades y de trato entre géneros y la no discriminación, a la vez que se implementó entre 2002 y 2006 el Programa de Acción Mujer y Salud. Adicionalmente, de 2006 a 2008 se duplicó la oferta de servicios de cuidado de menores, lo cual es un beneficio que incrementa las posibilidades de conciliación hogar-trabajo. Además, el Programa de Escuelas de Tiempo Completo, puesto en marcha en el mismo periodo, buscó armonizar los horarios escolares con los laborales, para eliminar barreras que dificultaban la inserción de las mujeres en el mercado laboral (CONAPO, 2009).

La modificación y persistencia de los roles de género ocasiona tensión en la vida cotidiana de las mujeres, al intentar combinar de forma eficiente el trabajo remunerado con las responsabilidades familiares (Salazar y col., 2011). En la práctica, muchas mujeres que pretenden incorporarse a la vida laboral siguen enfrentando costos *ex ante* por intentar compaginar estas acciones con su vida familiar, lo cual condiciona su toma de decisiones y provoca su autoexclusión del mercado de trabajo, reforzando los perfiles de pobreza y marginación (Pérez, 2014).

De acuerdo con Martínez y col. (2002), la percepción de triunfo o fracaso, por parte del individuo, ante este potencial conflicto, depende de cómo se identifica y amalgama con el estereotipo de género. Blättel-Mink y col. (2009), consideran que las mujeres con actitudes tradicionales frente a los temas de género pueden conciliar la vida laboral con la familiar y eliminar más fácilmente el conflicto, dependiendo de las estructuras imperantes en ambos ámbitos y de otras características individuales, por lo que la ausencia de confrontación no asegura un balance sano entre poder y equidad.

El objetivo de este estudio fue determinar el grado de influencia de algunos de los elementos asociados a la conciliación familiar y al entorno socioeconómico, en las posibilidades de elección de una ocupación laboral y de inserción en el mercado de trabajo de las mujeres

españolas y mexicanas, a partir de su percepción acerca del salario de reserva, influenciado por factores culturales y expectativas personales, distinguiendo el efecto local de las tendencias globales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El grado de influencia relativa en las decisiones de inserción y empleabilidad, de algunos elementos asociados a la conciliación familiar y al entorno socioeconómico, se determinó mediante los datos del proyecto internacional *Family and Changing Gender Roles IV*, elaborado por el Instituto Leibniz para las Ciencias Sociales (GESIS) en el año 2012, en el que participan cerca de 50 países, y que tiene como propósito conocer cómo es la interacción entre los miembros del hogar, con relación a los temas de conciliación y conflicto entre tareas domésticas y trabajo, decisiones acerca de los hijos y su educación, de opinión y juicios sobre la familia no convencional y el concepto de familia, entre otros.

De los cinco países de habla hispana participantes en el proyecto (España, Argentina, Chile, México y Venezuela), se seleccionó a España y México por presentar una posición relativa igual o mejor en su índice de desigualdad de género, respecto a la de su índice de desarrollo humano, lo cual es indicativo de que –guardando proporciones– han logrado avances en esta materia en términos de desarrollo social. Específicamente, España presenta un índice de desarrollo humano de 0.876, ocupando el lugar 26 en el mundo, mientras que tiene el lugar 16 en términos del índice de desigualdad de género con 0.095. Por su parte, México tiene el lugar 74 a nivel mundial en el índice de desarrollo humano con 0.756, mismo lugar que ocupa en el índice de desigualdad de género con 0.373 (UNDP, 2015).

El cuestionario del proyecto *Family and Changing Gender Roles IV* fue aplicado inicialmente a un promedio de 2 595 personas en cada país, independientemente de su sexo, estado civil y tipo de ocupación. Sin embargo, en este estudio la muestra utilizada se redujo a 1 142 observaciones para el caso de España y 697 observaciones para el

caso de México, dado que esta investigación se enfoca en aquellos individuos que están unidos, ya sean casados o en unión libre, que pertenecen al sexo femenino y cuya ocupación pueda ser considerada como empleo asalariado, trabajador por cuenta propia o trabajo doméstico (el trabajo no toma en cuenta la posibilidad de desempleo).

Aunque las actividades asociadas al trabajo por cuenta propia pueden desarrollarse en el domicilio del individuo, éstas no se consideraron en la definición de trabajo doméstico, el cual está referido a tareas como la limpieza de la vivienda y enseres del hogar, la preparación de los alimentos, las compras y el cuidado de niños, ancianos o enfermos, entre otras, y a las que se supondrá no remuneradas de forma directa. Por lo tanto, para los efectos de esta investigación, el trabajo remunerado será considerado como trabajo extradoméstico aun siendo por cuenta propia.

Se utilizó el método de regresión logística multinomial de variables categóricas, con base en el empleado por De-Hoyos (2006), quien examinó el intercambio entre ocio y consumo como resultado de la comparación del salario de reserva y el salario del mercado. Se consideró que el individuo elige una de varias ocupaciones en el mercado laboral, o en su caso, decide no participar en el mismo en función de variables de diversa naturaleza. En este trabajo se usó la ocupación como variable dependiente (ama de casa, empleada, autoempleada) y como variable independiente diferentes aspectos categorizados en características socioeconómicas y demográficas, prejuicios y opinión acerca de la libertad de acción, opinión sobre los roles masculinos y femeninos y división de trabajo en el hogar. El salario de mercado esperado estaría fuertemente ligado a la calidad del capital humano, es decir, en su explicación intervienen las características socio-demográficas, junto con las fuerzas de la oferta y la demanda. Por otro lado, se definió el salario de reserva como el salario más bajo que un individuo estaría dispuesto a aceptar para trabajar en una determinada ocupación, pudiendo quedar determinado por las preferencias personales del individuo descritas, por ejemplo, por su punto

de vista acerca de roles, estereotipos y prejuicios de género, junto con la división del trabajo (e incluso las características socioeconómicas de su hogar); es importante hacer notar que el salario de reserva es de naturaleza no observable.

Con respecto a los factores intrafamiliares que pueden determinar la elección de una ocupación por parte de la mujer, se optó por seleccionar variables que capturen los prejuicios de género y aquellos relacionados con la libertad de acción cuando se hace vida en pareja, los roles y estereotipos masculinos y femeninos y la división sexual del trabajo en el hogar. Los anteriores, junto con el grado de dependencia de los ingresos del cónyuge o del antecedente de que la madre haya trabajado, son elementos vinculados al salario de reserva del individuo. De igual manera, se incluyeron variables demográficas relacionadas con el salario de mercado potencial del individuo acorde con la teoría de capital humano, tales como la edad, la escolaridad y el estado civil (Tabla 1).

Debido a que la decisión de inserción exige el análisis simultáneo de múltiples opciones laborales, cuyo beneficio está relativizado por su propia interrelación, en el presente trabajo las opciones laborales de la mujer casada o unida se circunscribieron a tres formas: la dedicación a la atención del hogar, el trabajar como empleada asalariada, o hacerlo por cuenta propia. Así, la variable dependiente es categórica nominal, pudiendo tomar las formas: “ama de casa” “empleada” y “autoempleada”. Se utiliza el trabajo en el hogar como la opción de referencia desde el punto de vista del modelo estadístico. Para facilitar su interpretación como probabilidades en el modelo logístico multinomial, todas las variables independientes, exceptuando la edad y los años de escolaridad, han sido dicotomizadas (el beneficio de ello supera el costo asociado a la pérdida de información).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento estadístico de las variables en ambos países es presentado en la Tabla 2, mientras que en la Tabla 3 se muestran los resultados de la aplicación del modelo estadístico

■ **Tabla 1. Variables y su descripción.**
Table 1. Variables and their description.

Categoría	Variable	Descripción de la variable	
Socioeconómicas y demográficas	EDAD	Edad	
	MARS	Estado civil (tipo de unión)	
	ESC	Años de escolaridad	
	ZONA	Zona geográfica	
	INGR	Su pareja tiene ingresos mayores a los suyos	
	ANTM	Cuenta con el antecedente de que su madre laboraba antes de que la entrevistada cumpliera 14 años	
Prejuicios y opinión acerca de la libertad de acción	PRE1	La vida familiar se ve afectada negativamente cuando la mujer trabaja tiempo completo	
	PRE2	Trabajar está bien, pero lo que la mayoría de las mujeres desea es una casa e hijos	
	PRE3	La mujer debe postergar la maternidad para darle prioridad al trabajo	
Opinión sobre los roles masculinos y femeninos	ROL1	Ser ama de casa es tan satisfactorio como trabajar por un pago	
	ROL2	El trabajo del hombre es ganar dinero; el de la mujer, cuidar de la casa y lo hijos	
	ROL3	¿Piensa que las mujeres deben trabajar fuera de casa bajo las siguientes circunstancias?	Después de casarse y antes de tener hijos
	ROL4		Cuando hay hijos en edad escolar
	ROL5		Después de que los hijos dejan el hogar
División del trabajo en el hogar	DTH1	En casa... ¿quién hace las siguientes tareas para la familia?	Lavar la ropa
	DTH2		Reparar desperfectos en el hogar
	DTH3		Comprar los víveres
	DTH4		Limpiar la casa
	DTH5		Preparar los alimentos

Fuente: Modificado a partir de datos del *Family and Changing Gender Roles IV* (2012).

de forma independiente para cada país, el cual permite identificar la influencia en la decisión de inserción laboral, de factores socioeconómicos y demográficos, pero además de aquellos relacionados con la visión de la libertad de acción, prejuicios y roles de género, junto con la evidencia acerca de la división del trabajo en el hogar. El nivel de significancia de los resultados del modelo se estableció con valores de $P < 0.05$ ó $P > 0.01$.

En lo que se refiere a las variables de tipo socioeconómico y demográfico, se encontró que el 65 % de las unidades españolas estaba casada, mientras que esa condición ocurría en el 61 % de las unidades mexicanas. El tipo de unión (MARS), también tuvo una influencia similar en la ocupación femenina de ambos países; el matrimonio, en contraposición a la unión libre, aumentó las

probabilidades de ser ama de casa o autoemplearse y disminuyó significativamente las de ser empleada asalariada. En ambos países ocurre que, conforme la mujer envejece (EDAD), el empleo asalariado se volvió menos atractivo, y quizá, asimismo, menos viable, sobre todo en el caso de México, ganando terreno el trabajo por cuenta propia y de hogar. De nueva cuenta, con patrones similares en ambas sociedades, a mayor escolaridad (ESC) se hizo menos probable la dedicación a las tareas de casa y ligeramente más factible el ser empleada o autoempleada, lo cual favorece la eliminación de las desventajas relativas de inserción laboral (Blättel-Mink y col., 2009; Tepichin, 2012).

El 75 % y 56 % de las españolas y mexicanas, respectivamente, vivía en una zona urbana. El hecho

■ Tabla 2 . Tendencia central de las variables.
Table 2. Mean and range of the variables.

Categoría	Variable	Media		Nivel de respuesta	
		España	México	0	1
Socioeconómicas y demográficas	EDAD (años)	46.574	41.007	Entre 18 años y 65 años	
	MARS	0.652	0.614	Cohabita en unión libre	Cohabita casada
	ESC (años)	9.194	8.235	Entre 0 años y 26 años para el caso de España y entre 0 años y 20 años para el caso de México	
	ZONA	0.751	0.560	Rural	Urbana
	INGR	0.624	0.785	No	Sí
	ANTM	0.311	0.264	No	Sí
Prejuicios y opinión acerca de la libertad de acción	PRE1	0.572	0.714	En desacuerdo	De acuerdo
	PRE2	0.463	0.661	En desacuerdo	De acuerdo
	PRE3	0.786	0.699	En desacuerdo	De acuerdo
Opinión sobre los roles masculinos y femeninos	ROL1	0.512	0.592	En desacuerdo	De acuerdo
	ROL2	0.470	0.570	En desacuerdo	De acuerdo
	ROL3	0.899	0.829	No	Sí
	ROL4	0.620	0.586	No	Sí
	ROL5	0.850	0.668	No	Sí
División del trabajo en el hogar	DTH1	0.911	0.866	Mi pareja o ambos	Solamente yo
	DTH2	0.826	0.831	Mi pareja o ambos	Solamente yo
	DTH3	0.724	0.761	Mi pareja o ambos	Solamente yo
	DTH4	0.841	0.837	Mi pareja o ambos	Solamente yo
	DTH5	0.872	0.852	Mi pareja o ambos	Solamente yo

Fuente: Modificado a partir de datos del *Family and Changing Gender Roles IV* (2012). Los valores representan el comportamiento de la muestra, el cual puede ser similar o no al de la población presentado en otros estudios especializados.

de vivir en una zona urbana (ZONA) aumentó la probabilidad de participar como empleada y disminuyó la de ser autoempleada en ambos países, pero únicamente en México este atributo mostró una asociación negativa con la posibilidad de dedicación al hogar. El 79 % de las mexicanas y el 62 % de las españolas declararon tener ingresos menores a los de su cónyuge. En la línea de los resultados de De-Hoyos (2006), cuando los ingresos de la entrevistadas son menores que los de su cónyuge (INGR), se incentiva el empleo asalariado en los dos países, pero en México, además, se favoreció la dedicación al hogar y en España, al autoempleo. Finalmente, el 31 % de las españolas y 26 % de las mexicanas, vieron a su madre trabajar cuando eran niñas. Si se cuenta con el

antecedente de haber tenido una madre trabajadora (ANTM), se desfavorece la dedicación al hogar e incrementa la motivación por el trabajo asalariado en las dos sociedades bajo análisis, lo cual es consistente con los resultados de McGinn y Milkman (2013), quienes señalan que cuando la madre participó en trabajos extradomésticos –junto con otros rasgos raciales y demográficos– se incrementa la probabilidad de que las hijas obtengan mayores ingresos y ocupen puestos de más alta responsabilidad que los de las hijas cuyas madres se dedicaron exclusivamente al hogar.

Es notable la similitud en los signos de las estimaciones de las variables socioeconómicas entre ambos países, aunque no necesariamente en la

■ Tabla 3. Comparativo España/México: Resultados del modelo de regresión logística multinomial.
Table 3. Multinomial logistic regression mode: a comparison between Spain and Mexico.

Categoría	Variable	Ama de casa		Empleada		Autoempleada	
		España	México	España	México	España	México
Socioeconómicas y demográficas	EDAD	0.047*	0.211*	- 0.172***	- 0.439**	0.125*	0.228*
	MARS	6.873*	6.965*	- 8.621*	- 7.693*	1.748*	0.728*
	ESC	- 0.064**	- 0.084*	0.005***	0.057**	0.059***	0.027*
	ZONA	0.207***	- 3.341**	7.815**	6.206*	- 8.022**	- 2.865**
	INGR	- 3.161**	1.243*	0.664*	4.460*	2.498*	- 5.703**
	ANTM	- 1.013*	- 2.704*	2.905*	5.549**	- 1.893*	- 2.845
Prejuicios y opinión acerca de la libertad de acción	PRE1	- 1.192**	2.917**	2.306	- 1.756**	- 1.114	- 1.161***
	PRE2	1.753*	3.854*	- 0.999*	1.305*	- 0.754***	- 5.160**
	PRE3	- 2.860**	3.640**	1.209**	- 3.317	1.651*	- 0.323**
Opinión sobre los roles masculinos y femeninos	ROL1	- 0.202	- 1.100	- 2.457**	0.859	2.659*	0.242***
	ROL2	- 0.575**	2.478*	3.905	- 3.194**	- 3.331	0.717**
	ROL3	- 0.026***	0.276	3.388*	0.860*	- 3.361*	- 1.136*
	ROL4	- 0.481*	- 1.987*	1.847	3.006*	- 1.365*	- 1.019*
	ROL5	0.683	- 5.495**	- 0.197***	4.389*	- 0.486***	1.106**
División del trabajo en el hogar	DTH1	0.368*	8.643*	- 5.121**	4.138**	4.753***	- 12.781**
	DTH2	0.037**	0.111	- 3.727*	- 2.030***	3.690*	1.919
	DTH3	0.485	- 0.794*	- 1.487	7.501**	1.002	- 6.707**
	DTH4	2.053*	2.993*	- 4.992*	- 1.989*	2.939**	- 1.004*
	DTH5	0.530	2.599***	5.816*	- 5.469**	- 6.346*	2.871

Fuente: Estimaciones con datos del *Family and Changing Gender Roles IV* (2012). Se utiliza el pseudo- R^2 como medida de bondad de ajuste. Para España, el tamaño de muestra es de 1 142 individuos y pseudo- $R^2 = 0.348$ 6. Para México, el tamaño de la muestra es de 697 individuos y pseudo- $R^2 = 0.211$ 3. La significancia al 1 %, 5 % y 10 % se denota respectivamente por *, **, ***. En las variables binarias el coeficiente debe entenderse como el cambio discreto de 0 a 1 en cada variable. Los test de Hausman y Small-Hsiao indican que los datos no vulneran el supuesto de independencia de alternativas irrelevantes.

magnitud. Destaca la semejanza de signos entre las actividades del hogar y el autoempleo, generalmente contrarios a los del empleo asalariado. De esta forma, llegar a la adultez media o estar casada parecieran erigir barreras a la entrada al empleo asalariado; no obstante, contar con al menos educación formal básica, el vivir en zona urbana, el hecho de contar con menores ingresos que el cónyuge, o con el antecedente de madre trabajadora, favorecieron la incursión a este tipo de actividad; lo anterior coincide con los resultados de Suárez (1992), Iglesias y Llorente (2001), y Jiménez y Restrepo (2009). Resalta

también el impacto diferenciado de los ingresos superiores del cónyuge; mientras que en México ese hecho favoreció la dedicación al hogar, en España fue una motivación para el autoempleo.

En lo que se refiere a los prejuicios de género y libertad de acción en la sociedad, en el caso de las variables PRE1 y PRE2, las respuestas tipo 1 revelan una actitud favorable a la visión patriarcal. En promedio, 52 % de las mujeres españolas comulgó con estas opiniones, mientras que en el caso de las mexicanas, 69 % mostró aceptación. Para el caso de PRE3, relacio-

nada con la posibilidad de la postergación temporal de la maternidad para enfocarse el desarrollo laboral, las respuestas con valor de 1, se relacionan con una visión femenina, afín a los conceptos de igualdad, la cual fue compartida por 79 % de las mujeres en España y 70 % en México.

La creencia de que la vida familiar se ve afectada si la mujer lleva a cabo un trabajo a tiempo completo (PRE1), desanima la incursión en el autoempleo en ambos países, pero sólo en México parece favorecer la decisión de ser ama de casa. Por otro lado, estar de acuerdo con la idea de que la mujer prefiere tener una casa e hijos a una posición laboral (PRE2), claramente favorece la elección de ser ama de casa, y desalienta la de ser autoempleada en ambos países, resultando en una manifestación de autoexclusión inconsciente (Pérez, 2014). Además, el simpatizar con la idea de que la mujer joven debe darle prioridad al trabajo antes que a la maternidad (PRE3), tiene un efecto diferenciado entre países, siendo notable la compatibilidad que presenta en España con el trabajo extradoméstico. La evidencia muestra también que las restricciones de comportamiento derivadas de prejuicios de género (impuestas o autoimpuestas) no suelen propiciar el autoempleo, sobre todo en el caso de México.

Con relación a los roles femeninos y masculinos, para el caso de las variables ROL1 y ROL2, las respuestas tipo 1 van a favor de la concepción tradicionalista, la cual estuvo respaldada, en promedio, por el 49 % de las mujeres españolas y el 58 % de las mexicanas. Las respuestas tipo 1 para el resto de los roles estarían en contra de la visión patriarcal, por cuanto suponen la incorporación de la mujer al mercado de trabajo; esta oposición fue manifestada por el 79 % de las españolas y el 69 % de las mexicanas. En el caso de aquellos que muestran las consideraciones hacia el trabajo doméstico, cuando las mujeres piensan que ser ama de casa puede llegar a ser tan satisfactorio como tener un trabajo remunerado (ROL1), hubo una propensión al autoempleo y sólo en España este hecho no

favoreció la incursión al empleo asalariado. El considerar que el hombre es el proveedor del hogar y la mujer es quien lo cuida, presentó signos contrarios entre países en las tres categorías de la variable dependiente, destaca que en el caso de España se relacionó positivamente con ser empleada y negativamente con ser ama de casa, en tanto que en México ocurrió justo lo inverso. A partir de lo anterior, podría afirmarse que la concepción conservadora de familia en España tiene menores implicaciones en la elección del trabajo extradoméstico por parte de la mujer.

Dentro de los roles que consideran la disyuntiva entre hijos y trabajo en el marco del ciclo vital, los que se refieren a que la mujer piense que debe trabajar hasta antes de tener hijos (ROL3) o durante el tiempo que sus hijos estén en edad escolar (ROL4), resultaron asociados positivamente con la probabilidad de ser empleada y negativamente con la de ser autoempleada y ama de casa, en ambos países. Las implicaciones divergieron entre países cuando se trató de la opinión de emplearse una vez que los hijos se van del hogar (ROL5). De acuerdo con Suárez (1992), durante los ochenta, en México 38.2 % de las mujeres no tenía actividad laboral en ninguna de las etapas del ciclo vital, mientras que para el año 2014 ese dato se había reducido a 16.7 %.

Desde una perspectiva ampliada, los roles que conciben a la mujer como la encargada del hogar resultaron compatibles con el trabajo extradoméstico e incluso con actividades de autoempleo, y aquellos relacionados con la faceta de conciliación entre hijos y trabajo únicamente son afines al empleo asalariado; sin embargo, la evidencia no fue suficiente como para asegurar que por prejuicios o roles de género las mujeres unidas prefirieran autoemplearse. Es posible que este resultado se deba a que las respuestas solamente recogieron la perspectiva de la mujer y no sus acciones de facto.

Las posibilidades de conciliación tienen que ver con el alcance, naturaleza y motivaciones de la participación en el mercado de trabajo. Con relación a los factores asociados a la inserción laboral

femenina, desde la óptica económica, el trabajo de Killingsworth y Heckman (1986), fue uno de los primeros en presentar evidencia multinacional; su investigación, utiliza una visión inversa a la del presente trabajo: intentar explicar las implicaciones que tiene la participación laboral en variables como en el estado civil, la fecundidad, las tareas en el hogar, la distribución de rentas familiares y las diferencias salariales, en los países desarrollados.

Respecto a la división del trabajo en el hogar, se encontró que tanto en España como en México, la división de la responsabilidad era altamente asimétrica en el 83 % de los casos, desfavoreciendo a las mujeres. Cabe señalar que ésta fue la clasificación con menores diferencias medias entre países. En cuanto a las tareas del hogar, si la responsabilidad recae enteramente sobre la mujer (DTH1), en ambos países se incrementa la probabilidad de ser ama de casa, aunque la estimación resulta de mayor magnitud para el caso mexicano. Este hallazgo parece incidir negativamente en la predisposición al trabajo extradoméstico en ambos países; en el caso de España, en el empleo asalariado, y en el autoempleo para México. Cuando es la mujer quien debe atender las reparaciones menores del hogar (DTH2), se observó que es menos probable que ésta tenga un trabajo asalariado, ya sea en México o en España. El estimador asociado a tener la responsabilidad de la compra de víveres (DTH3) no resultó significativo en el caso de España y por lo tanto, no es viable su comparación.

Por otra parte, que la mujer se encargue de las tareas de limpieza del hogar (DTH4) se relacionó negativamente con el empleo asalariado y positivamente con la dedicación a tiempo completo en tareas del hogar en ambos países; pero sólo positivamente con el empleo por cuenta propia en España. Finalmente, cuando se tuvo la responsabilidad de la preparación de los alimentos en el hogar (DTH5), se incrementó la probabilidad de que se tratase de un ama de casa en ambos países. Resulta indiscutible que una división del trabajo en el hogar, donde la mujer tenga toda o la mayor parte de la carga, constituye una barrera para el trabajo extradoméstico. Este resultado fue más

evidente para el caso de España, donde se ve desfavorecido el trabajo asalariado. Los resultados para el caso mexicano no son tan claros.

En particular, para el caso de España, existen diversas investigaciones empíricas que han abordado el tema de la participación laboral de la mujer desde la perspectiva económica, tales como la de Iglesias y Llorente (2001), quienes analizan las variables más importantes en las decisiones de búsqueda de empleo y participación laboral y su impacto en la economía. Sus hallazgos evidenciaron que la edad, el nivel de estudios, el estado civil, el tamaño de la zona urbana de residencia, pero sobre todo, los ingresos del cónyuge, influyen en la participación laboral femenina. Por otra parte, son varios los estudios que hablan sobre los determinantes de la participación laboral de la mujer en América Latina, siendo recurrente la alusión a factores como el número de hijos, la edad, el estado civil, la escolaridad, el ingreso familiar y en algunos casos el estrato socioeconómico (Jiménez y Restrepo, 2009). Para el caso de México, el trabajo de De-Hoyos (2006), corrobora que factores como el número de hijos o la situación laboral de la cabeza de familia, influyen en los flujos laborales de la mujer, incluida la participación en el mercado de trabajo.

Desde el punto de vista neoclásico, la toma de decisiones relacionada con la inserción laboral del individuo puede estar influida por factores económicos y sociales, a nivel personal, familiar o contextual (Muñoz, 2009; McGinn y Milkman, 2013; Long y Freese, 2014). La decisión de participar en el mercado laboral se puede equiparar a la relación entre dos magnitudes de complejo origen. Por una parte, el potencial salario de mercado, vinculado con las fuerzas de la oferta y la demanda, pero también con la edad, el sexo, el nivel escolaridad, la experiencia y el área de especialización, y por la otra, un salario crítico de reserva influenciado por los elementos anteriores, desde la óptica de las expectativas personales, pero además, por aspectos culturales derivados de las concepciones que se tengan de los estereotipos y los roles de género y el grado

de conciliación trabajo-familia alcanzado (Papí, 2005; Pérez, 2014), lo cual pone en tela de juicio que el supuesto de la alta elasticidad en el caso de la oferta laboral de la mujer unida, pueda ser justificable hoy en día (Heckman, 1993).

Los resultados obtenidos sugieren la posibilidad de que el fenómeno del autoempleo femenino, en ciertos contextos, sea derivado de un cambio social estructural y no necesariamente coyuntural, tal como afirma Camberos (2011). Sin embargo, hace falta mayor evidencia para poder afirmar que la incorporación de las mujeres al mercado de trabajo constituya por sí sola una vía de empoderamiento femenino en el corto plazo, en tanto que no se pueda comprobar que está acompañada de un cambio ideológico al interior del seno familiar.

CONCLUSIONES

Los factores relacionados con la conciliación familiar son determinantes en el proceso de inserción laboral femenina y en su elección de ocupación. El sentido del impacto de las variables socioeconómicas resultó ser bastante similar entre países (no así las magnitudes), no mostrando cambios significativos por diferencias culturales o de nivel de desarrollo económico, lo que indica que estos procesos son propios de la dinámica del mercado de trabajo. Existe una conexión entre el trabajo en casa y el trabajo por cuenta propia, que es una manifestación derivada de las contracciones del mercado laboral formal propias de las economías en recesión. Aunque, en la práctica, el trabajo extradoméstico

parece ser compatible con los roles tradicionales que responsabilizan a la mujer del cuidado de los hijos y la atención del hogar, los prejuicios de género afectan el desarrollo profesional de la mujer y la calidad de su desempeño. Lo anterior, ha sido un resultado casi axiomático en el caso del empleo asalariado, pero no tanto al referirse al autoempleo, que en muchos casos se visualiza como la única alternativa –deseada o posible– de contribución al ingreso familiar para una mujer inmersa en una estructura familiar patriarcal; dicho hallazgo representa una de las principales aportaciones de este trabajo. Se encontró también que cuando hay un desequilibrio en la división del trabajo en el hogar, la probabilidad de dedicarse al empleo asalariado disminuye. La evidencia no es suficiente como para asegurar que las mujeres unidas que desean trabajar y tienen hijos pequeños, prefieran autoemplearse temporalmente por este hecho, con la pretensión de incursionar después al empleo asalariado. En términos relativos, la mujer mexicana muestra mayor condescendencia que las españolas con los roles tradicionales de familia y con la división asimétrica del trabajo de hogar, medido por sus expectativas de empleabilidad y su salario de reserva. Aunque México y España comparten ciertos cánones culturales, existen entre ellos diferencias en la forma de conceptualizar las realidades sociales, tales como la referida a la participación laboral de la mujer y la conciliación entre familia y trabajo que de ésta deriva, lo cual coincide con un marco normativo diferenciado.

REFERENCIAS

- Blättel-Mink, B., Kramer, C., and Mischau, A. (2009). Disciplinary cultures in higher education: looking behind the mirror of gender “neutrality”. *Equal Opportunities International*. 28(1): 5–7.
- Camberos, M. T. (2011). Empoderamiento femenino y políticas públicas, una perspectiva desde las representaciones sociales de género. *Entramado*. 7(2): 40–53.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población (2009). Igualdad de género en México, en *Informe de ejecución del Programa de Acción de la Conferencia Internacional sobre la Población y el Desarrollo 1994-2009*. [En línea]. Disponible en: http://www.unfpa.org.mx/publicaciones/cuadro_1.pdf. Fecha de consulta: 3 de diciembre de 2015.
- De-Hoyos, R. E. (2006). *Structural modelling of female labour participation and occupation decisions*. Cambridge Working Papers in Economics 0611. Faculty of Economics, University of Cambridge. [En línea]. Disponible en: <http://www.econ.cam.ac.uk/dae/repec/cam/pdf/cwpe0611.pdf>. Fecha de consulta: 11 de febrero de 2015.

Escobar, M., Filardo, C. y Ferrer, A. (2005). *Autoempleo y actividades empresariales de las mujeres en España*. España: Instituto de la Mujer (Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales). 553 Pp.

García, B. y de-Oliveira, O. (2011). Cambios familiares y políticas públicas en América Latina. *Annual Review of Sociology*. 37: 613-633.

Guadarrama, R. (2008). Los significados del trabajo femenino en el mundo global. Propuesta para un debate desde el campo de la cultura y las identidades laborales. *Estudios sociológicos*. 26(77): 321-342.

Guerra, M. J. (2007). *Conciliación de la vida laboral, familiar y personal en las organizaciones*. Cuadernillo divulgativo. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Madrid: Fundación mujeres. 12 Pp.

Heckman, J. (1993). What has been learned about labor supply in the past twenty years? *The American Economic Review: Papers and Proceedings*. 83(2): 116-121.

Iglesias, C. y Llorente, R. (2001). Mujer y mercado de trabajo una revisión de la situación actual para el caso de la comunidad de Madrid. *Revista de estudios regionales*. 3(61): 15-42.

Jiménez, D. y Restrepo, L. (2009). *¿Cómo eligen las mujeres?, un estudio sobre la participación laboral femenina*. Colección documentos de trabajo. Colombia: Universidad del Valle-CIDSE. 20 Pp.

Killingsworth, M. and Heckman, J. (1986). Female labor supply: A survey. En O. Ashenfelter and R. Layard (Eds.), *Handbook of labor economics 1* (pp. 103-204). Amsterdam: Elsevier/North Holland.

Long, S. and Freese, J. (2014). *Regression models for categorical dependent variables using Stata* (Third edition). Texas: Stata Press publication. 589 Pp.

Martín-Llaguno, M. y Navarro-Beltrá, M. (2013). Leyes de violencia de género y sexismo publicitario: análisis comparativo de Argentina, España, Estados Unidos y México. *Rev Panam Salud Pública*. 33(4):280-286.

Martínez, C., Vera, J., Paterna, C. y Alcázar, A. (2002). Antecedentes del conflicto interrol y su relación con el autoesquema de género. *Anales de Psicología*. 18(2): 305-317.

McGinn, K. and Milkman, K. (2013). Looking up and looking out: career mobility effects of demographic similarity among professionals. *Organization Science*. 24(4):1041-1060.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012). Igualdad de género y desarrollo

sostenible en el medio rural. [En línea]. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/igualdad_genero_y_des_sostenible/. Fecha de consulta: 17 de octubre de 2014.

Muñoz, O. (2009). Factores determinantes de la participación laboral. Aspectos conceptuales. *Tendencias*. 10(1): 87-116.

OIT/PNUD, Organización Internacional del Trabajo/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2009). *Trabajo y Familia: Hacia nuevas formas de conciliación con corresponsabilidad social*. Santiago de Chile: OIT/PNUD. 162 Pp.

Papí, N. (2005). La conciliación de la vida laboral y familiar como proyecto de calidad de vida desde la igualdad. *Revista Española de Sociología*. 5: 91-107.

Pérez, A. (2014). *Subversión feminista de la economía. Aportes para un debate sobre el conflicto capital-vida*. Madrid: Traficantes de sueños, MAPAS. 305 Pp.

Salazar, R., Salazar, H. y Rodríguez, M. (2011). *Conciliación, trabajo y familia en México: las responsabilidades compartidas de mujeres y hombres en el debate público*. Ciudad de México: Friedrich Ebert Stiftung. 31 Pp.

Suárez, L. (1992). Trayectorias laborales y reproductivas: una comparación entre México y España. *Estudios Demográficos y Urbanos*. 7(2-3): 359-375.

Tepichin, A. M. (2012). Ciudadanía de las mujeres y política pública en México: una reflexión desde los estudios de género. En J. Cruz y R. Vázquez (Eds.), *Género, Cultura y Sociedad* (pp. 133-159). Suprema Corte de Justicia de la Nación, Distrito Federal: Editorial Fontamara.

Tobío, C. (2003). Trabajar y ser madre: la difícil conciliación. *Aequalitas: Revista jurídica de igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres*. (12): 41-49.

UNDP, United Nations Development Programme (2015). *Human Development Report 2015. Work for Human Development*. [En línea]. Disponible en: http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/HDR/HDR%202015/HumanDevelopmentReport_EN.pdf. Fecha de consulta: 13 de enero de 2015.



Tomado de: <https://pixabay.com/es/bolsas-negro-persona-sesi%C3%B3n-166764/>

La adaptación social de los migrantes de retorno de la localidad de Atencingo, Puebla, México

Social adaptation for returned immigrants from Atencingo, Puebla, Mexico

Araceli Espinosa-Márquez¹
Misael González-Ramírez^{2*}

¹Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social-Occidente, CIESAS Occidente, Av. España núm. 1359, col. Moderna, Guadalajara, Jalisco, México, C.P. 44190.

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Derecho y Ciencias Sociales, Edificio 114J – 207, Av. San Claudio y Blvd. de la 22 Sur, Ciudad Universitaria, col. San Manuel, Puebla, Puebla, México, C.P. 72570.

***Autor para correspondencia:**
misael_g@yahoo.com

Fecha de recepción:
16 de enero de 2015

Fecha de aceptación:
16 de marzo de 2016

RESUMEN

El flujo de migrantes entre Atencingo, Puebla, México y Estados Unidos se ha sostenido en los últimos 30 años, por las redes de migrantes de esta comunidad. Sin embargo, ante la reciente inestabilidad económica de Estados Unidos, y el endurecimiento de las políticas migratorias, muchos migrantes han retornado a su ciudad de origen, lo que implica un proceso de reinserción a la comunidad de los migrantes y sus familias. Este trabajo tuvo como objetivo establecer las regularidades del proceso de retorno que experimentan los migrantes, principalmente en la interacción social en su lugar de origen, el efecto de su experiencia migrato-

ria en la acumulación de capital social, y cómo este cambio repercute en su actividad laboral y en el empoderamiento en su entorno social. Se realizó un estudio de corte cualitativo, a partir del análisis de 189 entrevistas a migrantes de retorno de la localidad de Atencingo, Puebla, México, quienes migraron a los Estados Unidos. En este estudio se utilizaron solo las 22 entrevistas consideradas como las más significativas del total realizadas a los migrantes de retorno. Se identificaron cuatro grupos con problemáticas que relacionan su ciclo de vida individual y su ciclo de vida familiar. La permanencia en el lugar de destino y la desincronización del migrante con su lugar de origen,

en relación con sus ciclos de vida individual y familiar, provocaron que sus valores, creencias y percepciones válidas en el lugar de origen fueran contradictorias con las del lugar de destino, formando una nueva escala de valores en el inmigrante; y este mismo proceso se presentó al momento del retorno, lo que implicó un nuevo proceso de generación de valores en la comunidad de origen.

PALABRAS CLAVE: migración de retorno, capital social, experiencia migratoria, adaptación.

ABSTRACT

The migration flux between Atencingo, Puebla, Mexico and United States of America has been maintained in the last 30 years by the network of migrants from this community. However, the recent economic recession and stricter migratory policies in United States during the last years, have caused the return of many migrants to their communities. This implies a reinsertion process to the communities of these returning migrants and their families. The aim of this research is to establish the regularities in the return process of immigrants. We focus specifically three aspects: the nature of social interactions inside their communities of origin, the impact of their migratory experiences on the accumulation of social capital, and the ways in which this change transform their employment opportunities and social empowerment. A qualitative analysis of interviews of returning immigrants from Atencingo, Puebla was conducted. In order to achieve this goal a total of 189 participant's were interviewed. The present paper reports 22 interviews which were considered the most meaningful ones. Four groups with different types of challenges among participant's individual and family life cycles were identified from the analysis of the interviews. Permanence in participant's destinations and the lack of synchrony with their places of origin changed their values, beliefs and perceptions. This change created a new set of values which ran counter to those of participant's places of destination. The same process was present when participants returned to Mexico, generating a cycle of values transformation in participant's places of origin.

KEYWORDS: return migration, social capital, migration experience, adaptation.

INTRODUCCIÓN

La migración hacia el vecino país del norte es común en México. Algunas comunidades rurales son sostenidas por las remesas de los migrantes, tal es el caso de Santo Tomás Tlapanalá y San Jerónimo Coyula, en el Estado de Puebla (Corona-Jiménez y Corona-Domínguez, 2014). La ciudad de Atencingo, Puebla, México se ha caracterizado durante los últimos 30 años como expulsora de migrantes hacia Estados Unidos, debido a que el flujo de migrantes es sostenido por las redes de esta comunidad (Espinosa-Márquez, 2013). Aunque últimamente, tras la baja en la economía estadounidense y el endurecimiento de las políticas migratorias, el retorno se ha convertido en una constante.

La migración de retorno ha sido estudiada desde finales del siglo pasado. En la década de los años 70 y 80 se inicia una reflexión sobre la problemática metodológica que plantea la definición del retorno, la unidad de análisis y las técnicas para el manejo de la información, de acuerdo con Fernández-Guzmán (2011). El autor señala que en ese periodo los estudios sobre el retorno se destacan principalmente en relación a Israel en el Medio Oriente, Estados Unidos y Canadá. En el caso de Norteamérica son estudios de carácter cuantitativo donde se analiza el comportamiento migratorio y general, a partir de la edad, sexo y raza de las personas. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) define a los migrantes de retorno como las personas que emigraron a otro país, pero que en el momento de la entrevista del censo se encontraban en México (INEGI, 2015a). Sin embargo esta definición es muy limitada en su alcance, ya que no permite identificar con claridad a los diferentes tipos de migrantes de retorno.

Los autores Chapman y Prothero (1983), destacan que a pesar de que existen diferentes modelos teóricos para el análisis de la migración, se tiene que estudiar la compleja naturaleza

del retorno a partir de diferentes niveles de análisis. En un nivel micro se puede considerar como población de estudio a los individuos y a las familias, mientras que a nivel meso debe observarse a la comunidad, y en un nivel macro a los países. En el mismo documento, estos autores (Chapman y Prothero, 1983), centran su estudio en el flujo continuo entre las comunidades de origen y destino; y logran por primera vez una separación respecto de la migración del retorno, la migración circular, la migración salario laboral, y los habitantes de ciudades fronterizas (commuters) que diariamente cruzan las fronteras políticas entre ciudades, estados y países.

Cerase (1974), señala que si bien existen diferentes tipos de retornados, no necesariamente todos ellos tienen un impacto positivo en las localidades de origen y mucho menos establecen relaciones productivas que faciliten el desarrollo de estas localidades. Las personas que emigran son recibidas en el lugar de origen en base a prejuicios y estereotipos respecto a la migración, agrupándolos en cuatro grandes categorías: la primera, la denominó el retorno de fracaso, y es aquella en la que el migrante es percibido como un extraño. Se considera que no logró adaptarse a la sociedad de destino y por ello regresa a su lugar de origen. El retorno de innovación, incluye a los migrantes que adquirieron habilidades durante su experiencia migratoria y que aplican en su empleo en el lugar de origen. Otra categoría, es el retorno de conservación, donde las personas que regresan pueden comprar extensiones de tierra y dedicarse a actividades agrícolas, producto del trabajo y el ahorro en el lugar de destino. Finalmente, establece la categoría del retorno-retiro, entendiéndose como el retorno con un sentido de jubilación.

El estudio metodológico del retorno debe realizarse basado en un modelo teórico y no sólo en el análisis de experiencias migratorias que caen en el ámbito de lo descriptivo (Gmelch, 1980), ya que esta última técnica no permite identificar las regularidades dentro del fenómeno, por basarse en el análisis de experiencias únicas sin un contexto que las una a otras. Al

realizarse así, el carácter descriptivo de los estudios del retorno únicamente revisan las razones para volver, adaptarse y el impacto que tienen en las localidades de origen, identificando los sujetos a partir de sus experiencias y no de las regularidades de los migrantes de retorno en general.

Sakka y col. (1999), introducen en la migración de retorno el cambio de los roles entre hombres y mujeres. Desde este planteamiento, la migración y los estudios de género desarrollan líneas de investigación que abordan las transformaciones que en el mundo de la vida privada se realizan a partir de la migración; destacan estudios que aluden tanto las manifestaciones de la sexualidad, como el ámbito conyugal, fraternal y parental. Por ejemplo, del análisis de las historias de vida familiar, Espinosa (1998) aborda los cambios en los papeles de tipo social, cultural, económico y de género, que se desarrollan en las sociedades de origen a su retorno. Otro de los elementos que aporta Espinosa en su análisis, es el impacto de la Ley de Reforma y Control de la Inmigración de 1986 (IRCA), donde indica que la relación que sostienen los migrantes con las comunidades de origen y destino, sobre todo aquella que establecen con su familia, desarrolla un vínculo transnacional que posibilita o inhibe el retorno a partir de el sostenimiento o desaparición de los vínculos familiares y de amistad con el lugar de origen. Por lo que la decisión de retornar también es condicionada por su cercanía o lejanía con su origen.

Por otra parte, Durand (2004), elaboró un análisis costo-beneficio, respecto del cálculo que el retorno ofrece a los migrantes, considerando la diferenciación de la migración temporal, el retorno voluntario y el retorno generacional. Durand explica que evaluar los costos y beneficios económicos, sociales, culturales y familiares del retorno, implica una revisión del nuevo capital humano y social que tiene este individuo y que puede utilizar tanto para quedarse en el lugar de destino, como para retornar a la comunidad de origen.

Respecto de la movilidad de las poblaciones de retorno y a la ocupación al momento del regreso, en la comunidad de origen, Cobo (2008; 2011), utilizó la construcción de trayectorias laborales para jefes de hogar, migrantes de retorno y no migrantes, para explicar si existía movilidad social intergeneracional respecto del informante y sus ascendentes. Este mismo autor (Cobo, 2011) separó la internacionalización de los mercados de trabajo y revisó únicamente migrantes de retorno del sexo masculino. Por lo tanto, consideró al curso de vida individual y familiar como elementos importantes para el retorno y a la migración como un mecanismo formador de capital humano. En su artículo, Cobo (2011), asoció los desplazamientos y las experiencias de carácter laboral, a la adquisición de nuevos conocimientos que incrementan el capital humano. Para él (Cobo, 2011), es esencial estudiar la migración de retorno a partir de variables como el desarrollo laboral de los migrantes, eventos migratorios, décadas en que lo realizan, el ciclo de vida familiar, acceso a determinados mercados de trabajo, número de viajes y contexto migratorio.

Izcara-Palacios (2011), realizó un estudio del retorno de los jornaleros de Tamaulipas, donde apeándose a la teoría de la nueva economía de la migración laboral, explica que los empleados en la agricultura estadounidense retornan a sus comunidades de origen, debido a que se ubican dentro de una jerarquía social que es más baja que en la que se encuentran en su lugar de origen por un lado, y por otro, porque allí tienen acceso a menos bienes, debido a que en Estados Unidos los costos de estos son más elevados que en México.

El retorno puede representar un nuevo principio con mejores oportunidades para el individuo, ya que vuelve con una serie de conocimientos, habilidades, modificación de los marcos de referencia, interpretación distinta de la vida e incorporación a nuevas redes sociales, es decir personalmente ha cambiado, debido a la experiencia migratoria.

Para este trabajo, el migrante de retorno se define a partir de dos momentos en el tiempo; en el primero la persona realiza un ejercicio de valoración sobre sus recursos y medios, y a partir de esta, decide salir de su lugar de origen con un destino y objetivo particular. Por lo que en ese momento se convierte en migrante y comienza su experiencia como tal. Su calidad como migrante se caracteriza por una serie de particularidades personales y por el contexto de salida. Debido a dichas singularidades, la experiencia migratoria de cada uno es única e irrepetible. El segundo momento se da cuando el individuo retorna por decisión propia o bien por una situación ajena a su voluntad, y se reincorpora a la sociedad de origen.

El objetivo de este estudio fue identificar las regularidades que en el proceso de retorno experimentaron los migrantes de Atencingo Puebla, primordialmente en la interacción social en el lugar de origen, y cómo este cambio repercutió en su actividad laboral y en el empoderamiento en su entorno social, condicionando la decisión de quedarse o bien de regresar al país de destino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La localidad de Atencingo se ubica en el municipio de Chietla, que se sitúa al sur del Estado de Puebla, en el Valle de Izúcar. Chietla cuenta con 67 localidades y su población es de 33 935 personas (INEGI, 2015). En este municipio, un 20.74 % de las viviendas reciben remesas económicas, su índice de intensidad migratoria es de 2.035 y su grado de intensidad migratoria es muy alto. Además, ocupa el lugar 119 como expulsor de migrantes en el contexto nacional y es el tercero a nivel estatal (INEGI, 2015).

En el 2010, el 8.98 % de las viviendas del municipio de Chietla se registraban con algún miembro de la familia en Estados Unidos, por otra parte, el 3.4 % de los hogares contaba con migrantes circulares y el 9.13 % tenía migrantes de retorno (CONAPO, 2015). La ciudad más importante en Chietla es Atencingo, en ella habitan

10 879 personas, que equivalen al 32.06 % de total de la población del municipio. Además, el 44.69 % de sus residentes son personas menores a los 25 años de edad (INEGI, 2010). Estos datos permiten establecer que la migración es parte de la dinámica poblacional de Atencingo; sus pobladores migran con regularidad a otras ciudades en el interior de la República Mexicana y a Estados Unidos. Entre los destinos de los migrantes de Atencingo, en la Unión Americana, se encuentran las ciudades de Nueva York, Chicago, Minneapolis y Saint Paul.

Materiales

Se utilizó el concepto de *mundo de la vida*, como herramienta de análisis, ya que partir de él se construye el sentido que permite a los individuos interpretar y actuar en la realidad, así como reproducir y transformar estilos de vida y pensamientos en su vida cotidiana. El concepto proviene de la fenomenología trascendental, y su desarrollo en el ámbito sociológico lo realizó Schutz (1974; 2000), quien consideró que el mundo social no es algo independiente a los actores y sin resultado de sus prácticas. Por lo tanto, los actores dan significado y sentido a sus experiencias en las interacciones de su vida diaria. Por consiguiente, la vida cotidiana constituye una fuente de conocimiento a partir de la sedimentación de saberes y experiencias propias, o bien de conocimientos transferidos de una persona a otra (Schutz y Luchmann, 1973).

Métodos

Debido a que el grueso de los migrantes formaba parte de la población económicamente activa (INEGI, 2015), se entrevistaron aleatoriamente a los migrantes de retorno a la localidad de Atencingo, Puebla, de 24 a 45 años de edad, durante los meses de agosto de 2013 y agosto de 2014.

Se aplicaron 189 entrevistas semiestructuradas a personas de diferente género con experiencia migratoria en el trabajo de campo, habiendo realizado por lo menos un viaje a Estados Unidos. Para este estudio, se seleccionaron 22 del total de las entrevistas realizadas, considerando solo las que ofrecían información más detallada y completa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de las entrevistas, se identificó que a mayor número de viajes, la adquisición de nuevos saberes, habilidades y conexiones sociales se incrementaron. Y que los procesos de readaptación y sincronización con el mundo de la vida influyeron directamente en el capital social adquirido durante la experiencia migratoria. Para los migrantes que retornaron, después de haber pasado en el lugar de destino un periodo mayor o igual a los tres años, el proceso de adaptación y sincronización con el lugar de origen fue más complejo y difícil. Para los migrantes de retorno que pasaron periodos menores a tres años en el lugar de origen y destino, fue más sencillo el proceso de adaptación y sincronización en el lugar de origen, debido a que mantuvieron las redes y el capital social adquirido en ambos lugares en un equilibrio constante.

Retornar, una decisión o un destino inexorable

Por otro lado, la diversidad de trayectorias laborales de los migrantes durante su experiencia en Estados Unidos, lejos de tener un efecto negativo, les facilitó la inserción en los mercados laborales locales: “Aunque ahí es diferente, porque ya los campos están muy limpios y yo hacía ese trabajo... antes trabajé en una fábrica y restaurantes; la verdad es que cuando me fui de México yo no sabía trabajar en nada, y pensé que al regreso no la iba a hacer, porque no sabía nada, pero ya trabajando y sabiendo el trabajo allá... aunque siempre tiene uno miedo de que no la va a hacer aquí...” (Ricardo, 2013).

Los entrevistados en esta investigación eran hombres y mujeres que se encontraban en plenitud de sus facultades físicas y mentales, y que regresaron (en algunos casos) con hijos e hijas; retornaron no sólo por la crisis económica o por el endurecimiento de la política migratoria que sufrió Estados Unidos desde el 2007, sino como un proyecto de vida. Este perfil coincidió con lo expuesto por Rivera-Sánchez (2011: 301-311), quien señaló la existencia de un retornado contemporáneo que presentaba características que le hacían distinto al estudiado en las zonas de migración tradicional de México, en la década

pasada, y que para comprender la lógica del retorno y su interconexión con la lógica de emigración se debería pensar en hacer una tipología de los retornados, en consideración a su lugar de origen, destino y espacio donde se reinseran en México.

Después del análisis de 22 entrevistas, se observó que para hombres y mujeres jóvenes que iniciaron su trayectoria migratoria entre los 14 y los 18 años, antes de haber contraído matrimonio, engendrado hijos y que realizaron al menos nueve años educación formal, el retorno implicó una decisión difícil que afrontaron en un contexto de problemas de tipo familiar. En este grupo existieron migrantes que realizaron estancias en el país de destino por periodos que van de 6 a 12 meses en promedio, y migrantes que en su primer viaje la experiencia duró más de 15 años.

Entre los entrevistados se identificaron cuatro grupos (Tabla 1), el primer grupo está formado por jóvenes, solteros, sin hijos y sin experiencia laboral en México, con múltiples viajes, nueve años de educación formal promedio, y no hablaban inglés de forma fluida. La sincronización con el mundo de la vida en la localidad de origen fue un proceso difícil de asimilar. Todos los entrevistados en este grupo refirieron haber retornado por una emergencia familiar, arreglar o gestionar alguna problemática patrimonial. En sus respuestas señalaron que el primer retorno tenía un carácter vacacional y de recreo, que se fue ampliando hasta que se agotó el dinero o fueron apresurados por sus patrones, amigos o familiares en Estados Unidos a regresar, para evitar la pérdida del empleo.

Por lo tanto, los esquemas de interpretación que utilizaron los integrantes del primer grupo para motivar sus planes de acción, en la mayoría de las ocasiones, estuvieron vinculados a los flujos de información que circulaban en las redes de familiares, amigos y paisanos en Estados Unidos. Una regularidad en ellos, es que se encontraban en una etapa de su ciclo de vida personal donde la movilidad era muy fácil, ya que no habían procreado hijos y en caso de estar unidos a una persona, esta

unión era consensual y poco formal, por lo que el viaje no era consultado con la pareja y al retorno eran nuevamente hijos de familia, a diferencia de sus contemporáneos en la localidad de origen, quienes tenían hijos entre los 12 y 15 años. En el caso de las mujeres, sobre todo, el deber de cuidado que les era impuesto, les frenaba para restablecer las relaciones de amistad con los retornados.

Otro de los elementos importantes encontrados fue que los entrevistados señalaban que: “en México la obtención de un trabajo es más difícil que en Estados Unidos, ahí he obtenido trabajo en la mayoría de las ocasiones a partir de la recomendación de un amigo o paisano” (Lilia, 2014), por lo que difícilmente realizaban en su retorno a México una solicitud de empleo, ya que la expectativa, era que ocurriese lo mismo y alguien les consiguiera una entrevista de trabajo o el empleo, como lo señaló Ramiro (2013): “allá yo le conseguí a mi hermano la chamba, le dije al patrón que tenía un hermano más chico que podría ayudar con la delivery y así llegó éste...”. Adicionalmente, debido a la constante comunicación con los miembros de la red de paisanos y amigos en Estados Unidos, prevalecía la promesa de un mejor empleo en el vecino país del norte, por lo que consideraban que era mejor ahorrar para el cruce ilegal, que invertir ese capital en un emprendimiento individual en México, como lo indica Reyes (2014): “sí, al llegar allá primero entró mi primo Daniel, luego yo y David, y ya después mi cuñado, creo que hubo como tres años que estábamos en la cocina puros paisanos del pueblo”.

Los entrevistados en este grupo refirieron, que la noticia de poder obtener un trabajo mejor remunerado en Estados Unidos, justo cuando se está acabando el dinero en México, les lleva a tomar la decisión de regresar a la vida de “puro trabajo” en el otro lado de la frontera. Una característica que presentó este grupo de personas, es que su experiencia laboral en México fue nula o inexistente antes de la experiencia migratoria. Además, de que el capital institucionalizado que adquirieron no era superior a los 9 años de

■ **Tabla 1. Características de los migrantes de retorno.**
Table 1. Characteristics of returning migrants.

Características	Primer grupo	Segundo grupo	Tercer grupo	Cuarto grupo
Perfil del grupo	Jóvenes, solteros, sin hijos y sin experiencia laboral en México, con múltiples viajes (3 o más viajes de migración indocumentada).	Solteros, con una experiencia migratoria mayor a los 10 años y que incluye al menos dos viajes.	Jóvenes emparejados, no necesariamente casados, algunos aún solteros con hijos, sin experiencia laboral en México y con un sólo viaje; son retornados, cuya experiencia migratoria supera a los 15 años.	Personas que inician su trayectoria migratoria entre los 15 y 33 años, después de haber establecido una unión consensual o un matrimonio.
Educación formal	9 años de educación formal promedio, por lo general no hablan inglés de forma fluida.	9 a 12 años de educación formal promedio, inglés fluido por participar en clases de centros comunitarios en Estados Unidos.	9 a 12 años de educación formal promedio, inglés fluido por participar en clases de centros comunitarios en Estados Unidos.	De 6 a 9 años de educación formal en México; aunque hablan inglés, varios de ellos no se insertan al mercado formal, solo al trabajo del núcleo familiar extenso.
Causas del retorno	Emergencia familiar, arreglar o gestionar alguna problemática patrimonial.	Diversos, no hay regularidad, desde problema familiar y/o de infracción o comisión de un delito en Estados Unidos, retorno voluntario, deportación, o para no afrontar consecuencias por hechos en Estados Unidos.	Diversos, no hay regularidad, desde problema familiar y/o de infracción o comisión de un delito en Estados Unidos, retorno voluntario, deportación, o para no afrontar consecuencias por hechos en Estados Unidos.	Reunificación familiar, padres o abuelos enfermos y/o muertos, problemas patrimoniales (sucesiones intestamentarias, fraudes, desalojos e incluso secuestro).
Etapas del ciclo de vida familiar al retorno	Emparejamiento: siguen solteros al retorno y buscan emparejarse. Son nuevamente hijos de familia. Para los que se han unido, la movilidad era muy fácil; no habían procreado hijos y en caso de estar unidos a una persona, esta unión era consensual y poco formal.	Emparejamiento: siguen solteros al retorno y buscan emparejarse. Para los que se han unido, la movilidad era muy fácil; no habían procreado hijos y en caso de estar unidos a una persona, esta unión era consensual y poco formal.	Emparejamiento: algunos se emparejaron y otros siguen solteros al retorno y buscan emparejarse. Debido al largo periodo de experiencia migratoria se encontraron personas que establecieron una pareja con oriundos de la localidad de origen a partir de interrelacionarse con ellos en el lugar de destino; así como personas que se emparejaron con personas de diferentes nacionalidades y grupos raciales. Muchos han retornado después de relaciones fallidas, donde hay hijos de por medio que se quedaron en Estados Unidos y con los que no tienen contacto, y/o regresan a conocer hijos que abandonaron.	Migraron con su pareja y retornaron en la fase de expansión familiar, es decir en el momento en el que los hijos son menores de 16 años, y las mujeres se encuentran en su periodo fértil. Unidos por matrimonio o unión consensual, regresan con hijos que se insertan en el nivel básico de la educación, la mayoría de ellos solo hablan inglés y comprenden español, pero no necesariamente lo hablan.

Continúa...

Expectativa de estrategia de inserción laboral en el retorno	Por redes sociales de familiares, amigos y conocidos, como ocurre en Estados Unidos. Aunque en México la obtención de un trabajo es más difícil que en Estados Unidos.	Por redes sociales de familiares, amigos y conocidos, como ocurre en Estados Unidos. Aunque en México la obtención de un trabajo es más difícil que en Estados Unidos.	No tienen una red social de contemporáneos que les ayude a conseguir un buen trabajo en el lugar de origen, por lo que desarrollan emprendimientos individuales. Sin embargo, en tiempos de crisis económicas piensan en un nuevo viaje que les ayude a solventar los gastos de la vida cotidiana.	Aprovechan las redes sociales de familiares de primer, segundo y tercer grado para encontrar trabajo y para desarrollar emprendimientos exitosos.
Expectativa de reconocimiento al trabajo desarrollado en Estados Unidos en el retorno	Muy alta, se piensa que la experiencia será reconocida, pero esto no ocurre, debido a que al solicitar empleo no pueden presentar ninguna certificación o reconocimiento institucional de las habilidades para el trabajo que poseían y desarrollaron durante su experiencia migratoria.	Muy alta, se piensa que la experiencia será reconocida, pero no ocurre a menos que se inserten en el sector manufacturero o de servicios, y la principal cualidad para la contratación es el inglés fluido.	Muy alta, se piensa que la experiencia será reconocida, y así fue, ya que ellos encontraron utilidad a las habilidades y capacidades desarrolladas durante la experiencia migratoria, logrando mejorar su situación económica y posición social.	Alta, pero al no contar con certificados de estudio se encontraban imposibilitados de insertarse en el mercado laboral en México. Las mujeres a pesar de tener autonomía laboral y económica de destino, al momento del retorno pierden su independencia y quedan nuevamente sujetas al marido, aun cuando desarrollen una trayectoria laboral en México.
Tipos de empleo al retorno	Servicios de alimentos, construcción, mantenimiento, manufactura, y agricultura.	Servicios de alimentos, construcción, mantenimiento y manufactura, emprendimientos en el sector alimenticio y agrícola.	El envío de remesas a familiares y para actividades comunitarias facilitaron a los migrantes el emprendimiento individual de sus negocios y el éxito de los mismos, al momento del retorno. Los negocios son principalmente de servicios de alimentos, construcción, y de carácter agrícola.	Se insertan al trabajo agrícola, principalmente a la caña de azúcar, y por lo general se debe a que los hijos mayores pueden heredar este trabajo. En el sector agrícola participan de igual manera hombres y mujeres.
Expectativa de esparcimiento, actividades deportivas, o religiosas al retorno	Alta, en Estados Unidos se vive la vida de “puro trabajo”. Participan en distintas actividades en el lugar de retorno, sin embargo, al principio tuvieron dificultades para integrarse, y después de un año en promedio fueron admitidos y reconocidos.	Alta, en Estados Unidos se vive la vida de “puro trabajo”. Participan en distintas actividades en el lugar de retorno, sin embargo, al principio tuvieron dificultades para integrarse, y después de un año en promedio fueron admitidos y reconocidos.	Alta, ya que al retorno se aprecia la calidad de vida familiar. Sus hijos fácilmente se insertan en las actividades de esparcimiento, gracias al reconocimiento social de sus padres. Sin embargo, para los retornados la soledad se hace manifiesta después de buscar establecer relaciones con los contemporáneos que ya no se encuentran en el lugar de origen.	Muy alta, perciben calidad de vida que les permite tener lo que necesitan. Las mujeres comparten actividades agropecuarias con sus parejas y toman un papel activo en la planeación y organización de diversos eventos culturales y religiosos de la localidad.

educación formal; por lo tanto no se cubría ni el mínimo de la educación básica obligatoria exigida en México, según el Artículo 3ro. Constitucional y que en la localidad se requiere para un empleo con paga de salario mínimo. Aunque resaltó la formación educativa de las mujeres, que por lo general migraron después de 9 ó 12 años de educación formal y una capacitación para el trabajo; pero esta educación no fue utilizada en el trabajo desempeñado durante la experiencia migratoria. A pesar de que contaban con títulos de profesional técnico, los empleos que realizaron por lo general se ubicaron en el área de servicios alimentarios o de trabajo de manufactura, que les permitiera poseer capital incorporado a lo largo de la trayectoria migratoria.

En el caso de los varones, sus ocupaciones estaban relacionadas con los servicios de alimentos, construcción, mantenimiento y manufactura. En todos los casos fue muy desalentador para estos jóvenes retornados buscar empleo en la localidad y que el salario por una jornada de trabajo superior a 8 h no excediera el equivalente a seis dólares diarios; manteniendo la comparativa de que: “En Estados Unidos seré en una hora lo que en un día en México” (Ramiro, 2013).

Otra constante en este grupo fue que debido a su corta edad, tenían una gran capacidad de incorporar capital, lo que les facilitó crecer rápidamente en los empleos durante la experiencia migratoria; por lo que pasaron desde el escaño más bajo hasta el más alto, en periodos relativamente breves de tiempo, sobre todo en el ámbito de los servicios de alimentos y bebidas. Esto les provocó la expectativa, a su retorno a México, de que toda experiencia sería reconocida, sin embargo, la mayoría de los entrevistados refirieron sentirse discriminados, debido a que al solicitar empleo no pueden presentar ninguna certificación o un reconocimiento institucional de las habilidades para el trabajo que poseían y desarrollaron durante la experiencia migratoria, por lo que no podían aprovechar de forma inmediata sus conocimientos adquiridos en Estados Unidos. McLean y Kousis (1988), señalaron que en el caso de Grecia las habilidades de trabajo

aprendidas en el extranjero no necesariamente coincidieron con aquellas que se requerían en el país de origen. Esto implica que no necesariamente los conocimientos adquiridos en el lugar de destino pueden capitalizarse en el lugar de origen. Esta frustración la explicó claramente Lorena (2013): “en México prefieren a los cocineros de escuela... no saben ni cortar una Juliana pero tienen título y eso es suficiente para que les den una oportunidad, y a uno ni la chanza de probar le dan”.

En el caso de los mercados de trabajo en México, el capital institucionalizado si mostró ser susceptible de transformarse en capital económico y social, ya que los entrevistados reconocieron que las actividades, al menos en el sector de alimentos y bebidas fueron ampliamente reconocidas para las personas que se ubicaron durante su experiencia migratoria en este segmento del mercado de trabajo en las grandes ciudades, refiriendo un sistema de asignación de puestos y distribución de salarios, en razón de las habilidades mostradas y de los títulos presentados.

Los migrantes cuya experiencia migratoria se desarrolló en el sector manufacturero, reconocieron que el salario en México fue cubierto en razón a las habilidades presentadas en el trabajo, considerando que fue de suma importancia la capacitación y el conocimiento técnico, aunque no tuvieran ninguna aplicación en México los aprendizajes adquiridos durante su estancia en Estados Unidos. Los entrevistados que se emplearon en el sector manufacturero consideraron que en México la industria es nula. Aunque esta aseveración, se realizó a partir de que la única fábrica importante en la región era el ingenio de producción de azúcar de Atencingo, donde los puestos laborales son asignados a partir de una estructura sindical que permite a los empleados heredar sus puestos de trabajo a sus hijos e hijas, excluyendo a cualquier otra persona como solicitante. Esta desconexión entre los mercados de trabajo locales y los globales fue registrada por D'Aubeterre y Rivermar (2014: 21-22),

quienes en su estudio por cinco municipios del Estado de Puebla, México, registraron a un ejército de desempleados que no fueron capaces de insertarse en los mercados de trabajo locales a partir de la experiencia laboral lograda en Estados Unidos. Rivera-Sánchez (2011: 312) también señaló que: son las ciudades intermedias y grandes áreas metropolitanas donde el sector manufacturero y de servicios ofreció mayor posibilidad de insertarse al mercado laboral y no las localidades de origen, debido a la desconexión entre los mercados de trabajo y las lógicas de inserción en los mismos.

Por otro lado, el segundo grupo estuvo formado por personas solteras, con una experiencia migratoria mayor a los 10 años y que incluyó al menos dos viajes, no existiendo una desconexión mayor a tres años con lo que sucedía en la localidad de origen, lo que les facilitó actualizar los marcos de referencia e interpretación que utilizaron al retorno. Sin embargo, al permanecer por periodos breves en la localidad de origen, su proceso de separación del origen fue incompleto, al mismo tiempo, su proceso de sincronización con el lugar de destino no concluyó. Por lo tanto, la mayor parte de sus juicios e interpretaciones utilizadas en el lugar de origen y destino se encontraban permeados por valores, creencias y condicionantes sociales de ambos lugares.

Por lo general, este grupo no participaba en ninguna de las actividades culturales, religiosas o deportivas organizadas por los miembros de la localidad de origen en el lugar de destino, debido a que en su mayoría hablaban inglés, como lo afirmó Raymundo (2013): “mi hermano ya ni corre, ni juega basket, allá siempre salía y después del partido íbamos por las chelas...aquí nada... ni a la iglesia”. Los entrevistados refirieron haber establecido lazos de amistad con personas de diferentes grupos raciales, principalmente afroamericanos, nicaragüenses, salvadoreños, puertorriqueños y anglos. De este modo, sus actividades recreativas y deportivas estaban ligadas por lo general a los del barrio en el lugar de destino, como lo indicó Marcos (2014): “cómo extraño las fiestas de Nueva York, no sólo las

de los mexicanos, las de los nicaragüenses a veces eran mejor, las chavas están bien buenas y se ponen bien buenas”.

En el ámbito social, al momento del retorno, estos jóvenes manifestaron haber tenido dificultades para integrarse a las actividades deportivas de la localidad, tales como los torneos de basketbol, volibol y el club de corredores, como lo dio a conocer Lidia (2014): “yo la neta extraño las tardes con mis amigas, allá jugaba voli con ellas en la playa en el verano o andábamos en bicicleta, aquí ya nadie de las que conocía quedan”. Esto es debido a que sus contemporáneos se encontraban en Estados Unidos y a que las personas que participaban en estos clubes los señalaban como extraños. Sin embargo, después de algún tiempo (en promedio un año), ya que probaron su constancia, son igualmente admitidos y reconocidos en estas actividades, como lo indicó René (2014): “ya este año, nuestro equipo llegó a la semifinal contra Chietla, yo creo que el próximo si llegamos a la final, claro siempre y cuando el “figuras” (refiere a otro miembro del equipo y que es retornado también), no se lastime otra vez...”.

En el segundo grupo los motivos del retorno son diversos, van desde problemas familiares hasta la deportación, por ello no existe una razón común para su retorno. Su vuelta a México puede ser voluntaria o involuntaria. Cuando el emparejamiento lo realizó en el lugar de destino era poco formal y representaba mayor facilidad para cambiar de residencia, por lo que a su retorno estas uniones se disolvieron, por ello al volver a su origen se les consideraba como solteros. Finalmente, su estrategia de inserción laboral al retorno fue a partir de las redes sociales que poseen, tal y como ocurre en el lugar de destino.

El tercer grupo lo conformaron jóvenes, emparejados y no necesariamente casados, algunos aún solteros con hijos, sin experiencia laboral en México y con un sólo viaje; eran retornados, cuya experiencia migratoria superaba a los 15 años. Refirieron no haber encontrado al retorno, “lo que esperaban” o “lo que habían dejado”. En este caso,

las diferencias fueron apreciables, reconocieron que la localidad de origen tenía una mejor infraestructura: “se aprecia la calidad de vida familiar, otorgan parques y jardines e incluso propugnan por una mejor administración de los recursos públicos” (Octavio, 2014). Este grupo manifestó que al retorno, la soledad se hizo manifiesta después de buscar establecer relaciones con los contemporáneos que ya no se encontraban.

En este grupo, la formación de uniones de pareja se prolongó, a diferencia de los contemporáneos dejados en la localidad de origen, al igual que en el primer grupo. Sin embargo, debido al largo periodo que duró la experiencia migratoria, en este grupo se encontraron personas que establecieron una pareja con oriundos de la localidad de origen a partir de interrelacionarse con ellos en el lugar de destino; así como personas que se emparejaron con personas de diferentes nacionalidades y grupos raciales, así como la experiencia que contó Ernesto (2013): “mi hermano se casó con una nicaragüense, lo que sea de cada quien esas mujeres están bien buenas y yo casi me quedo con una salvadoreña; mi hijo se vino conmigo, pero ni se le nota que es de origen salvadoreño”. Asimismo, algunos de los entrevistados de este grupo refirieron que establecieron diversas uniones consensuales durante la experiencia migratoria (Ernesto, Melitón, Samantha, Rosa, Elia, Carmen y Martín, 2014), las cuales fueron formalizadas con la propuesta del retorno, sobre todo en la presencia de hijos menores, por lo general entre los cero y los seis años de edad. En este caso, la formación de los hogares al momento del retorno pasó de ser nucleares o monoparentales a ser nuevamente extensos, ya que el retorno no supuso sólo al hijo que se fue, sino a su pareja y a su descendencia. Dicha condición implicó el establecimiento de nuevas interrelaciones, entre personas que nunca se habían conocido; sabían de la existencia de unos y otros, pero por primera vez en el retorno la convivencia diaria les permitió establecer relaciones directas. Dicha condición implicó un cambio en la dinámica familiar y cuestionamiento sobre las interpretaciones que dan sentido al mundo

de vida en la localidad de origen, sobre todo en relación a las actividades propias del género y el ejercicio del poder al interior de la familia.

El tercer grupo también dio a conocer la misma discriminación para la obtención de un trabajo que el segundo grupo; sin embargo, la movilización de hijos y pareja planteó la imposibilidad inmediata de nuevamente viajar en busca de un mejor empleo en Estados Unidos. Este fue el caso de Sandro (2013), quien afirmó que: “la neta si estuvo bien perro ese año, tal vez el próximo con lo de la zafra si me vaya otra vez... pero el problema es que ahora está bien caro irse sin papeles”. Esta propensión a formar una familia y hacer el traslado de un núcleo a México, también implicó una planeación financiera más eficiente; los entrevistados refirieron haber ahorrado un capital económico considerable, a fin de establecer un negocio o invertir en el sector agropecuario de la localidad. En todos los casos, los integrantes del grupo manifestaron haber obtenido ayuda para el inicio de estos emprendimientos individuales de familiares, ya sean padres, abuelos, hermanos mayores o suegros y cuñados. Esta ayuda la evidenció Octavio (2014): “lo malo del negocio es que da bien sólo en tiempo de zafra, ves...mi suegra vende las tortas y con eso nos ayuda para la renta del local y a manejar el negocio; nosotros pusimos este negocio de mariscos, pero aunque hay calor y vendemos chelas no siempre hay lana, hay días en que no hay venta”, lo que permite afirmar que el mantenimiento de las relaciones familiares a distancia y el capital social creado en el origen y mantenido en la distancia fue explotado al momento del retorno. Este contacto fue un elemento importante para el arraigo de los migrantes de retorno a su comunidad.

También en este grupo se identificaron personas que contaban con 9 a 12 años de educación formal en México, y que durante su experiencia migratoria asistieron a una escuela comunitaria para aprender inglés. Su educación y dominio del idioma les facilitó obtener empleos bien remunerados y contar con redes sociales, a partir de la familia en segundo o tercer grado,

dejada atrás en la migración, en el lugar de destino. Muchos de ellos mantuvieron sus lazos con la comunidad religiosa y deportiva, lo que les aseguró el mantenimiento de su presencia en la comunidad de origen. El envío de remesas a familiares y para actividades comunitarias, facilitaron a los migrantes el establecimiento de sus negocios y el éxito de los mismos, al momento del retorno. Esta relación los mantuvieron activos y vigentes en las redes de la localidad.

Este grupo manifestó haber encontrado utilidad a las habilidades y capacidades desarrolladas durante la experiencia migratoria. Afirmaron que, los emprendimientos que realizaron, tuvieron sentido y fueron exitosos, debido a la experiencia adquirida en el ramo durante la migración. Este grupo de personas reconoció que no se encontraban por encima de todos, pero habían logrado mejorar su situación económica y posición social a partir de la migración. Fue el caso de Octavio (2014) quien aseveró: “yo estudié mecánica, porque pensé que me iba a quedar en el ingenio, pero me dio la cosquilla y me fui... creo que me fue mejor que otros que estudiaron y como allá siempre trabajé en restaurante, eso me ayuda”.

En particular, refirieron administrar mejor sus recursos económicos y maximizar los beneficios de ellos a partir de su experiencia migratoria; nuevamente Octavio (2014), relató su experiencia: “yo creo que si no has trabajado antes en el negocio, no sabes ni en que te metes...”. La migración les permitió acumular capital incorporado, que es explotado a partir de emprendimientos individuales que facilitan su reconocimiento social y la participación en partidos políticos. Además, a partir de la socialización de una imagen de migración exitosa, fortalecen su capital social en el lugar de destino. Aunado a ello, estas personas mantenían una constante vinculación e intercambio con sus contemporáneos que se encontraban en diversos lugares de destino en Estados Unidos, lo que les permitió asegurar el financiamiento para proyectos de mejora continua de la infraestructura de la localidad. Papail (2002), estudió

la inversión que realizaron los migrantes al finalizar su ciclo migratorio en los Estados Unidos. Desde su punto de vista, la importancia de las remesas es que permiten potencializar inversiones productivas, que a lo largo del tiempo facilitan que estas personas, esencialmente asalariados, puedan convertirse en microempresarios, sobre todo en el área centro-occidente de México. Esta tendencia en el análisis del retorno fue recogida por Navarro-Ochoa (2003), quien en Michoacán, a partir de la historia de vida de seis migrantes retornados, analizó su inserción en el ámbito comercial con base en el desarrollo de actividades en el sector primario y secundario, que le llevaron a concluir que los retornados pueden ser un elemento que facilita la modernización y reactivación de las economías locales.

Es importante señalar que a pesar de que los emprendimientos realizados por los migrantes de este grupo fueron exitosos, no descartan la posibilidad de realizar un nuevo viaje al lugar de destino, que les ayude a solventar los gastos de la vida cotidiana en las temporadas donde no hay zafra o enfrentan crisis económicas.

Entre los entrevistados fue identificado un cuarto grupo, formado por personas que iniciaron su trayectoria migratoria entre los 15 y 33 años, después de haber establecido una unión consensual o un matrimonio, por lo que migraron con su pareja y retornaron en la fase de expansión familiar, es decir, en el momento en el que los hijos eran menores de 16 años, y las mujeres se encontraban en su periodo fértil.

En este grupo el principal motivo para retornar es la reunificación familiar y otorgar cuidados a padres o abuelos enfermos, además de resolver problemas patrimoniales producto del deceso de familiares o por convertirse en víctimas de diversos delitos. A pesar de tener una alta expectativa del reconocimiento al trabajo desarrollado en el lugar de destino, enfrentaron el problema de no poder integrarse al mercado de trabajo en México. Es de resaltar el papel de las mujeres que trabajaban en el lugar de destino y a su retorno no pudieron mantener su autonomía

económica, debido a que socialmente quedan nuevamente sujetas al marido y no pueden continuar con su trayectoria laboral. Los varones se integran al trabajo agrícola principalmente en el cultivo de la caña de azúcar y sorgo, debido a que heredan bienes inmuebles destinados a la producción de estos cultivos. Además, en este grupo se tiene una alta expectativa del esparcimiento y de la integración a las actividades culturales y religiosas a su retorno, sin embargo, es en el ámbito religioso donde toman un papel activo y relevante en la planeación y organización de los eventos comunitarios.

En este grupo se encontró que las mujeres, a pesar de tener autonomía laboral y económica de destino, al momento del retorno perdieron su independencia y quedaron nuevamente sujetas al marido, aún cuando desarrollaban una trayectoria laboral en México, como lo indicó Clara (2014): “aquí trabajo con mi suegra, vendo con ella...pero aquí ni para tomarse una chela, las mujeres que van a las barras aquí se ven mal... y ni para donde ir, a lo mejor a Izúcar, pero con los chamacos y la gente ni cómo hacerle”. En el retorno, las mujeres compartieron actividades agropecuarias con sus parejas y tomaron un papel activo en la planeación y organización de diversos eventos culturales y religiosos de la localidad, esto lo mencionó Carla (2013): “aquí llegué a la caña...muchas veces, cuando mis hijos estaban niños, todos nos teníamos que ir a limpiar la caña, pues de ahí comíamos todos”. Aunque esto no significa que obtengan un empoderamiento similar al que obtienen en el lugar de destino.

En este cuarto grupo resaltó la experiencia de dos mujeres, Carla y Clara (2013), quienes gracias a su participación en las redes dedicadas a la organización de eventos religiosos en las localidades de destino, lograron adquirir conocimientos que aplicarían durante el retorno al organizar eventos de este tipo en su localidad de origen.

Por otra parte, para Pedro y Ricardo (2013), el ingresar al mercado laboral a su retorno no implicó el aprovechamiento del capital incorporado durante la experiencia migratoria, pero reconocie-

ron haber utilizado algunos de los conocimientos adquiridos durante la migración, en proyectos particulares de construcción y de trabajo agrícola. Si bien, los conocimientos adquiridos en el destino no fueron aprovechados en su totalidad, si fueron útiles una vez que retornaron a su comunidad de origen.

En el cuarto grupo, las personas entrevistadas también manifestaron tener más de tres años en su lugar de origen tras su retorno, por lo que durante este tiempo lograron una mayor adaptación al mismo y pudieron identificar con claridad las ventajas de su regreso, percibiendo que no es necesario regresar al lugar de destino para tener una calidad de vida que les permitiese “tener lo que necesitan” en la localidad de origen. Una vez establecido en su lugar de origen, la capacidad que tuvieron los migrantes de retorno para resolver las problemáticas que se les presentaron, determinó su permanencia en el sitio, evitando un nuevo proceso migratorio.

Al comparar las entrevistas por grupos, se identificó que en los individuos del cuarto grupo, el proceso de interpretación y búsqueda de sentido fue más complejo y difícil para adaptarse en el lugar de origen a su retorno, debido al mayor tiempo de permanencia en el lugar de destino, por lo que existió una mayor desincronización del migrante con el lugar de origen. Su visión sobre su localidad de origen se vio afectada por valores, creencias y percepciones válidas en el lugar de destino, cuyo choque provocó conflicto y una consecuente problematización individual, que en los casos en que fue resuelta, facilitó su decisión de permanecer en el lugar de origen una vez que retornó. Otro de los elementos que facilitaron su permanencia en el lugar de origen cuando retornaron, o en el retorno a la ciudad de destino, fue la fase del ciclo de vida individual en el que se encontraban los sujetos, ya que en el caso del cuarto grupo, una vez que se habían movilizad a la pareja y a los hijos de vuelta a su lugar de origen, resultó más complejo y difícil optar por regresar nuevamente a Estados Unidos.

Por otro lado, es evidente que los migrantes retornados entrevistados, establecieron una distinción entre valores, creencias y deberes que les eran indispensables en el mundo de la vida en la comunidad de origen, y aquellos que eran importantes en el lugar de destino. Pero, es conveniente señalar que más que asociarlos a la trayectoria migratoria, los consideraron como un proceso que los llevó a “madurar o sentar cabeza”. La distinción entre los mundos de la vida en el origen y el destino en el sentido individual fue claramente aplicable y permitió encontrar cuáles fueron las orientaciones que permitieron a los individuos interpretar sus acciones y darle sentido a la vida cotidiana. Sin embargo, resulta importante señalar que la falta de sincronización entre estos mundos de la vida, generaron un cambio en la conciencia colectiva respecto de determinadas situaciones, por ejemplo la participación política.

En otro orden de ideas, el capital social adquirido durante la experiencia migratoria influyó directamente en los procesos de readaptación y sincronización de los retornados en el cuarto grupo. Se encontró en los cuatro grupos de entrevistados, que a pesar de tener conocimientos y habilidades, al no contar con diplomas que los avalaron, tuvieron dificultades para incorporarse al mercado laboral. En el caso de los emprendimientos individuales para los migrantes del cuarto grupo, la suma del capital social y las redes sociales previas y durante la experiencia migratoria, resultaron ser esenciales para el éxito o fracaso de dichas empresas. Los entrevistados del tercer y cuarto grupo señalaron que en México fue sumamente complejo y difícil mantener a flote a una pequeña o micro empresa, por ello sus conocimientos y redes sociales fueron muy importantes para su éxito como empresarios. Este punto coincidió con lo registrado por D'Aubeterre y Rivermar (2014: 22) quien señaló: éstos proyectos autónomos son una de las salidas, sin embargo, el mantenimiento a largo plazo de estas empresas es uno de los mayores retos a los que se enfrentan. Por otra parte, un factor importante, para sostener y ampliar las redes de los migrantes, además

de mantener una relación con familia y amigos en el lugar de origen, es aprender inglés. Los migrantes del cuarto grupo que durante la experiencia migratoria lograron aprender a hablar y escribir inglés consiguieron incrementar su capital cultural y social, y aunado a que las redes en las que se insertaron durante la experiencia migratoria eran más amplias, les facilitó mantener la puerta abierta para regresar a un trabajo en el lugar de destino. Las personas que lograron mantener las redes sociales que tenían en la localidad de origen, lograron reintegrarse con mayor facilidad a la sociedad de la localidad de origen.

La sincronización de los diferentes mundos de la vida fue un proceso más largo y difícil para los migrantes del cuarto grupo que retornaron, después de una estancia más prolongada en el destino. Mientras que para aquellos que se mantuvieron en el destino por periodos cortos, resultó ser un proceso de adaptación y sincronización con el lugar de origen de mayor facilidad. Pero debe reconocerse que el apoyo familiar recibido fue muy importante en su adaptación. En todos los casos, el capital social adquirido antes de la migración resultó ser fundamental en el proceso de retorno. La pertenencia a cierto grupo social o red familiar facilitó o canalizó de forma importante, las tensiones que en el individuo causó la sincronización de los diferentes mundos de la vida y el adaptarse a su regreso.

Para los migrantes de retorno que pasaron periodos menores a tres años en el lugar de destino el regreso a su comunidad de origen fue más sencillo, ya que resultó más fácil el proceso de adaptación y sincronización, debido a que mantuvieron las redes y el capital social adquirido en ambos lugares en un equilibrio. Esto se confirmó con el grupo de jóvenes solteros, quienes iniciaron su trayectoria migratoria a temprana edad y se mantuvieron en viajes continuos. La circularidad en su migración les facilitó el proceso de sincronización a partir del mantenimiento de relaciones sociales en la distancia, ya fuera a partir de la organización y participación de los eventos culturales y religiosos de los oriundos

de la misma comunidad de origen en el destino, o a partir de relaciones familiares. Por lo tanto, si bien es cierto que ya se ha descrito en la literatura científica sobre la importancia del capital social en el retorno, un elemento sobre el cual se pudo indagar en este trabajo, con mayor profundidad, es el proceso de sincronización del mundo de la vida de los migrantes en el retorno, que es un elemento esencial en la materialización de su capital social y de sostenimiento de sus redes.

CONCLUSIONES

Una de las principales regularidades de los migrantes de retorno fue la relación entre la permanencia en el lugar de destino y la desincronización del migrante con su lugar de origen, por lo que sus valores, creencias y percepciones válidas en el lugar de origen chocaron con los del lugar de destino, formando una nueva escala de valores en el inmigrante. Esta nueva escala generó que al volver a su lugar de origen el migrante retornado tuviese que volver a pasar un proceso de readaptación y actualización de sus valores con los de la localidad de origen. La siguiente regularidad

fue que las posibilidades de permanecer en el lugar de origen, después del retorno, estuvieron relacionadas con el proceso de adaptación de las experiencias vividas en el extranjero y las condiciones en el lugar de origen, es decir en la medida que sus experiencias pudieron ser útiles a su vida en el lugar de origen, fue más fácil su readaptación al volver a su país. En tercer lugar, el establecerse en el lugar de origen, después de una experiencia migratoria, estuvo relacionado con su incorporación al mercado laboral local, al emprendimiento de una empresa, al restablecimiento de sus redes sociales, al aprovechamiento de los conocimientos adquiridos en el extranjero y al establecimiento de una familia propia o el restablecimiento de lazos afectivos con esposa o esposo y con sus hijos y/o hijas. Finalmente, es importante considerar que una razón de peso para retornar y permanecer en el lugar de origen fue enfrentar un problema familiar que generó en los migrantes de retorno una responsabilidad ineludible que los obligó a quedarse en el lugar de origen. Por ello, su adaptación estuvo caracterizada por esta obligación.

REFERENCIAS

- Cerase, F. P. (1974). Migration and social change: expectations and reality. A case study of return migration from the United States to Southern Italy. *The International Migration Review*. 8(2): 245-262.
- Chapman, M. and Prothero, R. M. (1983). Themes on circulation in the Third World. *International Migration Review*. 4(17): 597-632.
- Cobo, S. (2008). ¿Cómo entender la movilidad ocupacional de los migrantes de retorno? Una propuesta de marco explicativo para el caso mexicano. *Estudios Demográficos y Urbanos*. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/312/31223107.pdf>. Fecha de consulta: 20 de junio de 2014.
- Cobo, S. (2011). Las movilidades ocupacionales de los migrantes mexicanos de retorno, en *Congreso de la Red Internacional de Migración y Desarrollo, Crisis global y estrategias migratorias: hacia la redefinición de políticas migratorias*. [En línea]. Disponible en: http://rimd.reduaz.mx/ponencias_flacso/PonenciaSalvadorCobo.pdf. Fecha de consulta: 18 de junio de 2014.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población (2015). Índices de Intensidad Migratoria México-Estados Unidos 2010. Anexo B. Índices de intensidad migratoria México-Estados Unidos por entidad federativa y municipio. [En línea]. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/intensidad_migratoria/anexos/Anexo_B2.pdf. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2015.
- Corona-Jiménez, M. A. y Corona-Domínguez, M. A. (2014). La migración, las remesas y el desarrollo desde el ámbito local: El caso de Puebla; en Ortega Ramírez, Adriana; Cruz Carvajal Cristina y González Ramírez Misael; Puebla y Sus Migrantes, tendencias y retos de agenda pública; Editorial Gernika, México.

D'Aubeterre, M. E. y Rivermar, L. (2014). *¿Todos vuelven? Migración acelerada, crisis de la economía estadounidense y retorno en cuatro localidades del Estado de Puebla*, México. Puebla: BUAP. 230 Pp.

Durand, J. (2004). Ensayo teórico sobre la migración de retorno: el principio del rendimiento decreciente, en *Cuadernos Geográficos*. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17103507>. Fecha de consulta: 28 de marzo de 2016.

Espinosa, V. M. (1998). *El dilema del retorno: migración, género y pertenencia en un contexto transnacional*. Zamora: El Colegio de Michoacán. 325 Pp.

Espinosa-Márquez, A. (2013). Procesos de tensión y conflictividad transnacional en los ámbitos conyugal, parental y fraternal: experiencias familiares en la localidad de Atencingo Puebla; Tesis Doctoral; Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede México. [En línea]. Disponible en: http://www.flacso.edu.mx/biblioiberoamericana/TEXT/DOCCS_VIII_promocion_2010-2013/Espinosa_A.pdf. Fecha de consulta: 15 de marzo de 2016.

Fernández-Guzmán, E. (2011). Revisión bibliográfica sobre la migración de retorno. *Norteamérica*. 6(1): 35-68.

Gmelch, G. (1980). Return Migration. *Annual review of anthropology*. 9: 135-159.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER) Puebla. [En línea]. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2015.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). México en Cifras: 221 Indicadores principales del Banco de Información INEGI, Chietla, Puebla. [En línea]. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21>. Fecha de consulta: 2 de febrero de 2015.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015a). Glosario INEGI. [En línea]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/glogen/default.aspx?t=cp&s=est&c=10249>. Fecha de consulta: 25 de febrero de 2015.

Izcara-Palacios, S. P. (2011). La migración de retorno: los jornaleros tamaulipecos. *Migración y Desarrollo*. 9(17): 91-112.

McLean, P. E. and Kousis, M. (1988). Returning Migrant Characteristics and Labor Market Demand in Greece. *International Migration Review*. 22(4): 586-608.

Navarro-Ochoa, A. (2003). Permanencia y retorno: el caso Santiago Tangamandapio. En G. López (Ed.), *Diáspora michoacana* (pp. 337-368). Zamora, México: Colegio de Michoacán/Gobierno de Michoacán.

Papail, J. (2002). De asalariado a empresario: la reinserción laboral de los migrantes internacionales en la región centro-occidente de México. *Migraciones Internacionales*. Institut de Recherche pour le Développement. Colegio de la Frontera Norte. Tijuana, México. [En línea]. Disponible en: <http://www.colef.mx/migracionesinternacionales/revistas/MI03/n03-079-102.pdf>. Fecha de consulta: 28 de marzo de 2016.

Rivera-Sánchez, L. (2011). ¿Quiénes son los retornados? Apuntes sobre el migrante retornado en el México contemporáneo, en *La construcción social del sujeto migrante en América Latina. Prácticas, representaciones y categorías*. [En línea]. Disponible en: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/39545.pdf>. Fecha de consulta: 28 de marzo de 2016.

Sakka, D., Dikaïou, M., and Kiosseoglou, G. (1999). Return Migration: Changing Roles of Men and Women. *International Migration*. 37(4): 741-764.

Schutz, A. (1974). *Estudios sobre teoría social*. Buenos Aires: Buenos Aires. 276 Pp.

Schutz, A. (2000). *La construcción significativa del mundo social*. Barcelona: Paidós. 279 Pp.

Schutz, A. y Luchmann, T. (1973). *Las estructuras del mundo de la vida*. Buenos Aires: Amorrortu Editores. 315 Pp.



Tomado de: <https://pixabay.com/es/proteccion-ambiental-medio-ambiente-683437/>

Sistemas de evaluación de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior

Sustainable evaluation systems in higher education institutions

Yolanda Mendoza-Cavazos

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria edificio Centro de Excelencia, primer piso, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149.

Correspondencia:
ymendoza@uat.edu.mx

Fecha de recepción:
2 de junio de 2015

Fecha de aceptación:
1 de junio de 2016

RESUMEN

Las crisis por las que atraviesa el planeta como la contaminación y el deterioro general de la Tierra obligan a un replanteamiento del modelo de desarrollo actual. Si a esto se le agrega el crecimiento demográfico, de consumo y de urbanización en las siguientes décadas, los recursos naturales del planeta no serán suficientes para satisfacer las necesidades futuras de la población mundial. En este sentido, es necesario un cambio en la forma en que se vive y se habita el planeta, y uno de los principales transformadores en el hombre es la educación. Las instituciones educativas son esenciales como fuerzas de cambio activas que afectan el bienestar humano y natural. En el presente trabajo se analizaron los diferentes conceptos de sustentabilidad, así como los indicadores de los tres sistemas más populares de in-

tegración y evaluación de sustentabilidad implementados en las instituciones de educación superior (IES) a nivel internacional. Los sistemas de evaluación de sustentabilidad de las IES sirven para evaluar sus esfuerzos para alcanzar sus objetivos, sin embargo, lo ideal es que cada institución genere sus propios indicadores según sus objetivos y políticas.

PALABRAS CLAVE: sustentabilidad, indicadores sustentables, educación superior, sistema de evaluación sustentable.

ABSTRACT

Several crisis affecting the planet such as pollution and general deterioration of the earth resources are forcing mankind to rethink the actual development model. If this picture is added to population growth, consumption and urbanization in the next decades, the planet's

resources will not be enough to meet the future needs of global population. Therefore, a change is needed in the way of living and inhabiting the planet, and one of the main transformers in humankind is education. Educational Institutions are essential as active forces of change affecting human and natural wellbeing. Different sustainability concepts and the indicators of the three most popular sustainability integration and evaluation systems for Higher Education Institutions (HEI) worldwide were analyzed in this paper. HEI sustainability evaluation systems serve to evaluate the institution's efforts to achieve their sustainability goals; however, the best system is always the one that is developed by each institution with its own indicators according to their objectives and policies.

KEYWORDS: sustainability, sustainable indicators, higher education, sustainable evaluation system.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, se puede encontrar la palabra sustentabilidad en el entorno, sin embargo su significado no es comprendido del todo. El experto en sustentabilidad, Atkisson (2013), traduce este concepto de forma muy sencilla. Se refiere a ella como la capacidad de hacer que el mundo funcione para todos, como un concepto abstracto, una forma de pensar, de analizar y de entender un proceso. Esta se encuentra siempre presente en el entorno, por lo que la llama sustentabilidad invisible. Y establece a la sustentabilidad como un sistema que cuenta con cuatro dimensiones: naturaleza, sociedad, economía y bienestar.

La aceptación del concepto de desarrollo sustentable comenzó a finales de la década de 1980, después que apareciera el reporte de Nuestro Futuro Común, también conocido como el Informe Brundtland. Este reporte fue el resultado de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), creada para proponer una agenda mundial para el cambio. En dicho documento se hace referencia a la capacidad que el sistema humano ha desarrollado para satisfacer las ne-

cesidades de las actuales generaciones sin comprometer los recursos ni las oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras (ONU, 1990).

Si bien es cierto que en la actualidad, los conceptos de sustentabilidad y desarrollo sustentable tienen muchas variantes (Calvente, 2007:2). Para llegar a un concepto moderno y comprensivo de sustentabilidad según Annie Leonard (2011), también se debe incluir equidad y justicia, ya que la sustentabilidad requiere ver un panorama mucho más amplio que lo ambiental. Un ejemplo de esta concepción integradora se puede apreciar en Suecia, uno de los países líderes en sustentabilidad, donde se define a la sociedad sustentable como aquella en la que el desarrollo económico, el bienestar social y la integración están unidos con un medio ambiente de calidad. En esta perspectiva, Calvente (2007), propone un concepto moderno de sustentabilidad en el que la define como la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo, que protege los sistemas naturales del planeta y brinda una alta calidad de vida para las personas.

La importancia de la sustentabilidad en esta época se debe a la necesidad de buscar una mejor relación entre los factores mencionados por Atkisson (2013): naturaleza, sociedad, economía y bienestar, ya que la sociedad se desarrolla a un ritmo acelerado, generando diversos problemas, tanto en la depredación del medio ambiente como en el aumento de problemáticas sociales derivadas de un crecimiento desmedido de la población (Kates y col., 2000). Es por este motivo, que las organizaciones sociales, gubernamentales y educativas crean iniciativas para diseñar soluciones sustentables a los medios de vida actuales.

La Agenda 21, resultado de la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable en Río de Janeiro en el año 1992, menciona que “la educación es crítica para promover el desarrollo sustentable y mejorar la capacidad de todas las personas para manejar asuntos sobre el desarrollo y el medio ambiente”

(ONU, 1992). Una de las preocupaciones y claves para el desarrollo sustentable es transmitir los nuevos descubrimientos en esta materia a las generaciones futuras, de forma que aprendan a elegir soluciones en pro de la sustentabilidad a las problemáticas que enfrentarán. Para este propósito, la UNESCO declaró 2005 a 2014 como la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable.

La educación superior tiene la responsabilidad no solo de ayudar a comprender el mundo en que se vive sino de formar el mundo en el que se desea vivir (Hales, 2008). Por este motivo, es que en la academia se deben debatir, así como clarificar los valores y el entendimiento de que las instituciones son vehículos para alcanzar dicho objetivo. Ninguna otra institución social puede tomar este papel, ya que la educación es la fuerza que guiará, activará y dará firmeza a las decisiones que se tomarán en el futuro. De esta manera, se puede señalar que el control de la educación y la investigación recae principalmente en las Universidades, lo que les confiere un papel muy importante en el proceso de dirigirse a un Desarrollo Sustentable (Barth y col., 2011).

En el presente trabajo se analizaron los principales conceptos de sustentabilidad, así como los indicadores de los sistemas de evaluación de sustentabilidad más populares, eligiendo seis IES, tres internacionales y tres nacionales, quienes obtuvieron un mayor reconocimiento por parte de estos sistemas.

SUSTENTABILIDAD UNIVERSITARIA

En 1990, como resultado de la conferencia internacional que reunió líderes universitarios para mostrar las preocupaciones sobre el estado del mundo “El papel de las universidades en la gestión ambiental y desarrollo sustentable”, realizada en Francia, surge el primer intento significativo para definir la sustentabilidad universitaria. La declaración de Talloires, es un documento donde se incluyen las acciones universitarias más importantes a considerar para la creación de un futuro sustentable. En este se

reconoció la falta de especialistas en manejo ambiental y campos relacionados, así como la falta de comprensión de la sustentabilidad por parte los profesionales en todos los campos, y su efecto en el medio ambiente y salud pública (University Leaders for a Sustainable Future, 2015). Se definió el rol de la universidad de la siguiente forma: “las universidades educan a la mayor parte de las personas que desarrollan y manejan las instituciones en la sociedad, por esta razón, tienen responsabilidades muy profundas para aumentar la conciencia y el conocimiento, las tecnologías y las herramientas para crear un futuro sustentable”. Esta declaración está firmada por más de 400 universidades en más de 50 países, incluyendo nueve IES en México; entre ellas, la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (University Leaders for a Sustainable Future, 1990).

También existen otras declaratorias consideradas como piedras angulares que contienen los compromisos de las universidades para lograr el desarrollo sustentable como son la Declaración de Halifax en 1991, Cumbre de la Tierra en el 1992, la Declaración de Swansea en 1993, la Carta Copérnico en 1993, la Declaración de Estudiantes por un Futuro Sustentable en 1995, y la Declaración Tesalónica en 1997 (Conde y col., 2006).

Además, de poseer la declaración de Talloires, las IES alientan operaciones sustentables, fomentan la educación ambiental, el desarrollo curricular interdisciplinario, motivan la investigación científica relacionada con sustentabilidad y forjan lazos con el gobierno, organizaciones no gubernamentales y la industria, así como la cooperación con otras universidades (Wright, 2004; Amador y Oliveira, 2013). En este respecto, Sterling clasifica en tres niveles la integración de la sustentabilidad en la educación. La primera a la que llama educación sobre sustentabilidad, se refiere a cursos independientes para los estudiantes sobre este tema. Al segundo nivel lo llama educación para la sustentabilidad, y se refiere a integrar a esta en las disciplinas regulares

de cursos específicos, creando conexiones en las mentes de los estudiantes entre la materia en cuestión y el desarrollo sustentable. Por último, al tercer nivel lo llama transformación, que se refiere a un rediseño completo de la educación basado en principios sustentables. Este último requiere de un cambio de paradigma, de tal forma, que el objetivo de la educación sea el desarrollo sustentable y cómo las diferentes disciplinas y materias contribuyen a él (Sterling, 2004). Bajo este mismo enfoque de acuerdo a Stephens y col. (2008), el principal rol de la universidad en la transición hacia la sustentabilidad puede ser de dos tipos: que sea percibida como una institución que necesita ser cambiada o como una institución que es un potencial agente de cambio (Tabla 1).

Por su parte, Cebrián y col. (2013: 289) mencionaron cuatro fases de implementación para alcanzar la sustentabilidad universitaria:

- Desarrollo de una visión sustentable.
- Desarrollo de una misión.
- Creación de comités y políticas, metas y objetivos sustentables.
- Desarrollo de iniciativas y estrategias de investigación.

Para lograr este desarrollo se requiere enseñar desde muchas disciplinas académicas, colabo-

rando y compartiendo ideas, al mismo tiempo que se generan nuevas conexiones con una base teóricamente dinámica. Además, es necesario que todos los grupos trabajen fuera de sus áreas de especialización para hacerlo multidisciplinariamente, por lo que es imperativo que cada académico considere su área de experiencia en relación a otras disciplinas y cómo pueden contribuir entre ellas para trabajar hacia la sustentabilidad (Sibbel, 2009).

Este tipo de cambio transformador en la educación superior tiene grandes implicaciones para los administrativos y el personal de las universidades, quienes deben llevar la experiencia educativa de un nivel teórico a un nivel práctico, lo cual, tendrá un impacto en la forma que la academia interactúa con la comunidad, y definitivamente afectará a los líderes, quienes deben ser necesariamente multidisciplinarios y estar conectados con la estructura de toma de decisiones.

Los administradores o quienes toman las decisiones en las universidades deben entender la necesidad y ventajas que tienen las IES al crear una sociedad sustentable. Esto incluye la toma de decisiones interna de los miembros de la facultad, el personal y los estudiantes. De igual forma, la toma de decisiones de los externos,

■ **Tabla 1. La universidad en la transición a una educación superior sustentable.**
Table 1. The university in the transition towards a sustainable higher education.

Papel de la Universidad	Descripción
Modelo	Un modelo de prácticas sustentables para la sociedad. El comportamiento sustentable debe comenzar interiormente y promover las prácticas sustentables en el campus.
Maestro	La universidad enseña a sus estudiantes las habilidades de integración, síntesis, pensamiento de sistemas y cómo resolver problemas complejos necesarios para confrontar los retos de la sustentabilidad.
Investigador	Puede concluir a la investigación inspirada por el uso y solución de problemas reales del mundo relacionados a la sustentabilidad.
Agente integrador	Puede promover y mejorar el compromiso entre los individuos y las instituciones dentro y fuera de las universidades para reposicionarla como agente transdisciplinario que integra e interactúa con otras instituciones sociales.

Fuente: Stephens y col., 2008.

como padres, exalumnos, fundadores, comunidades y otros (Cortese, 2003). Universidades en todo el mundo han estado trabajando en convertir a la sustentabilidad y el medio ambiente en parte integral de sus operaciones durante los últimos años (León-Fernández y Domínguez-Vilches, 2015); al menos en Estados Unidos alrededor del 9 % de las Universidades existentes pertenecen a asociaciones relacionadas con la sustentabilidad en la educación superior (AASHE, 2015a; NCES, 2016).

Todos los factores relacionados con la sustentabilidad de las instituciones de educación superior mencionados, han adquirido gran importancia en la educación superior en los últimos años, por lo que se ha mostrado la necesidad de fuertes estándares de medición que permitan evaluar el progreso hacia la sustentabilidad que se busca alcanzar.

TIPOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE EVALUACIÓN SUSTENTABLE

La evaluación es necesaria para conocer el estado de la Universidad y si esta ha mejorado su situación con el paso del tiempo, asimismo es importante para implementar la sustentabilidad en una institución, ya que ayuda en la toma de decisiones, así como en la generación de políticas (Disterheft y col., 2015).

Los indicadores son medidores de información que representan un fenómeno de mayor amplitud que su calidad o valor inmediato; tienden a reunir tres requisitos básicos y prácticos: sus valores deben ser medibles, deben obtenerse a partir de métodos simples y deben poderse monitorear (Ruíz-Gutiérrez y col., 2014). Además, de acuerdo a Martin y Samels (2012), los indicadores permiten evaluar la sustentabilidad del campus, por lo que las instituciones pueden adquirir numerosas ventajas, que incluyen:

- La habilidad de establecer bases de desempeño.
- La identificación de mejores prácticas y oportunidades.
- La creación de procesos dinámicos para la mejora.
- El establecimiento de mecanismos para la re-

colección, cuantificación y divulgación de información importante.

Aunque desde hace 15 años existe la necesidad de un sistema de medición estandarizado para la sustentabilidad en las IES, aún hay muy pocas opciones confiables para medir el progreso de las mismas. Existen diferentes sistemas de medición para las IES y uno de los más antiguos es la auditoría ambiental de la Universidad de California en Los Ángeles, desde el año de 1988, la cual era muy simple y sólo consideraba temas ambientales (Tumbas y col., 2015). Algunos de los que se encuentran funcionando en la actualidad son el Ranking Universitario Tridimensional (TUR) y la Evaluación de Políticas de Sustentabilidad Universitaria (AUSP), STAUNCH; algunos de los más populares son el Sistema de Seguimiento y Evaluación de Sustentabilidad (STARS) de la Asociación para la Promoción de la Sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior (AASHE, por sus siglas en inglés), GreenMetric de la Universidad de Indonesia, y los indicadores del Consorcio Mexicano de Programas Ambientales para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS). Dichas herramientas se han desarrollado significativamente y su complejidad ha aumentado integrando las dimensiones social y económica (Calder y Clugston, 2003).

El interés de las IES para participar en la sustentabilidad se ha incrementado durante los últimos cinco años en los sistemas de evaluación: STARS y GreenMetric (Tabla 2). A diferencia de ellos, COMPLEXUS es una red de IES con programas de sustentabilidad, estas no son evaluadas y los indicadores establecidos por ellas fueron generados para una autoevaluación y no para una comparación con otras instituciones, por lo que determinar las IES usuarias de este modelo no es posible, debido a que su uso es abierto y no requiere de ningún registro.

Sistema de Seguimiento, Clasificación y Evaluación de Sustentabilidad (STARS)

Las interacciones y la interdependencia de los

■ Tabla 2. IES participantes en diversos sistemas de evaluación de sustentabilidad entre 2011 y 2015.

Table 2. Participant HEI in different evaluation systems between 2011 and 2015.

Sistemas de evaluación	2011	2012	2013	2014	2015
STARS	36	41	60	86	101
GREENMETRIC	95	178	215	301	407
COMPLEXUS			18	18	18

Fuente: Modificado a partir de COMPLEXUS, 2013; AASHE, 2015a; UI Greenmetric, 2015.

componentes sociales y económicos de la sustentabilidad están incluidos en los conceptos básicos de STARS. Hoy en día, la mayor parte de los usos y referencias hacia los términos de sustentabilidad enfatizan los conceptos simultáneos de las dimensiones de economía, medio ambiente y sociedad (AASHE, 2015b).

AASHE (2015b) define a la sustentabilidad como un camino inclusivo y plural que reúne a la salud humana y ecológica, la justicia social, la seguridad y la visión de un mundo mejor para las futuras generaciones. STARS pretende trasladar esta visión inclusiva de sustentabilidad a objetivos medibles que se apliquen a nivel de un campus. STARS es un auto-reporte voluntario que ayuda a las Instituciones de Educación Superior a seguir y medir su progreso en sustentabilidad. Tiene como objetivos:

- Brindar un marco de entendimiento para la sustentabilidad en todos los aspectos de la educación superior.
- Habilitar comparaciones importantes a través del tiempo y entre instituciones, usando medidas similares.
- Crear incentivos para el continuo mejoramiento hacia la sustentabilidad.
- Facilitar el intercambio de información sobre prácticas sustentables y desempeño en la educación superior.
- Construir una comunidad más fuerte y diversa de campus sustentables.

La última versión de STARS 2.1 del 2015 incorpora sugerencias y lecciones aprendidas desde su lanzamiento en enero de 2010. Es importante señalar que sólo da reconocimiento positivo; la

participación en él incluye una extensa recolección de datos y tiene un costo de entre USD 350 y USD 1 400, dependiendo del país al que pertenece la institución, y si ésta forma parte o no de AASHE; la validez de la información reportada es de tres años. Existen cinco niveles de reconocimiento en STARS: reportero, bronce, plata, oro y platino (AASHE, 2015b).

De acuerdo a la Revisión Anual 2015, publicada por AASHE han participado más de 700 instituciones de 24 países (Tabla 3). Desde la versión STARS 2.0 es posible para instituciones fuera de Estados Unidos y Canadá participar y ser evaluadas. En el 2014, el 46 % de las instituciones participantes alcanzaron reconocimiento Plata, y hasta el 2015 sólo una Institución había alcanzado el reconocimiento de Platino: la Universidad del Estado de Colorado en Estados Unidos. En este sistema aparecen evaluadas solamente tres instituciones pertenecientes a países latinoamericanos: la Universidad San Francisco de Quito en Ecuador como reportero, la Universidad de Monterrey (UEM) y la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), ambas con Bronce en México (AASHE, 2015a).

GreenMetric, ranking mundial universitario

Es un ranking mundial anual para IES, en el cual se puede evaluar y comparar los esfuerzos de sustentabilidad realizados por los campus universitarios en todo el mundo. La Universidad de Indonesia (UI) ha tomado la iniciativa de crear un ranking que permita medir dicho esfuerzo. Fue establecido en el 2010, con la intención de crear una encuesta en línea de las condiciones actuales y políticas utilizadas, para hacer

más sustentables a las universidades alrededor del mundo (UI GreenMetric, 2015).

Al igual que STARS, el ranking UI GreenMetric (2015), está basado principalmente en los conceptos de medio ambiente, economía y equidad. Los indicadores y categorías son relevantes para todas las instituciones, por lo que se han diseñado para que sean lo más libres posible. El trabajo de recolección de la información no requiere de tanto tiempo invertido como en STARS, puesto que GreenMetric solo pide datos y STARS requiere la redacción detallada de toda la información relacionada con cada uno de los conceptos o proyectos realizados. Además, participar en el ranking GreenMetric no tiene costo alguno.

UI GreenMetric (2015) tiene cuatro objetivos principales:

- Está abierto a la participación global.
- Es accesible a las IES en países desarrollados y en vías de desarrollo.
- Debe contribuir a la integración de la sustentabilidad en la educación y en la estrategia de sustentabilidad del campus universitario.
- Debe promocionar mediante la universidad el cambio en la sociedad en relación a los objetivos de sustentabilidad.

La Universidad de Indonesia percibe que las universidades tienen una posición privilegiada para ayudar a desarrollar un consenso sobre las áreas clave para la acción sustentable. Esto incluye conceptos tales como equidad, economía, medio ambiente, arquitectura ecológica y educación para el desarrollo sustentable (UI GreenMetric, 2015).

Este ranking mundial de sustentabilidad universitario se realizó con el entendimiento de que la diversidad de universidades, sus misiones y sus contextos podrían plantear problemas para su metodología; en particular, que las universidades difieren en cuanto a niveles de conciencia y compromiso con la sustentabilidad, a sus presupuestos, el área de territorio ocupada por sus campus y muchas otras dimensio-

nes. Estas cuestiones son complejas, sin embargo, GreenMetric se ha comprometido a mejorar continuamente el ranking de modo que sea a la vez útil y justo para todos los participantes (UI GreenMetric, 2015).

A diferencia de STARS de AASHE, GreenMetric maneja seis categorías principales o criterios generales con un total de 49 indicadores (UI GreenMetric, 2015).

Alrededor de 100 universidades de 36 países participaron en la versión del 2010 de GreenMetric: 18 de América, 35 de Europa, 40 de Asia y 2 de Australia. Entre ellas se incluyen: la Universidad de California, Universidad de Berkeley, Universidad de Nottingham, Universidad de York, Universidad de Cornell, entre otras. En su última versión en el 2015, GreenMetric contó con la participación de 407 instituciones de más de 60 países (UI GreenMetric, 2016).

Consortio Mexicano de Programas Ambientales para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS) En México, en 1998, el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) convocó a la Primera Reunión Nacional de IES con Programas Ambientales, con el fin de compartir las experiencias y logros de cada institución sobre esta materia. Posteriormente, CECADESU realizó otra reunión con mayor número de IES participantes con el objetivo de formar una red de colaboración, cuya característica común fuera el contar con un programa ambiental de carácter institucional. Surge así el Consorcio Mexicano de Programas Ambientales para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS), y en el 2000 establecen su misión, objetivos y principales líneas de trabajo.

Conformado por 18 Universidades en México al 2013. Los indicadores de COMPLEXUS fueron diseñados de acuerdo al marco conceptual del desarrollo sustentable que busca el equilibrio entre el bienestar económico, social y ecológico (Ruíz-Gutiérrez y col., 2014). Así mismo, tienen

en cuenta las diferentes áreas de intervención de las universidades reconocidas internacionalmente: ciencia e investigación, tecnologías, enseñanza y la interacción con la sociedad civil (COMPLEXUS, 2013). Entre los principales objetivos del COMPLEXUS destacan:

- Mejorar el trabajo académico en materia ambiental y de sustentabilidad de las IES.
- Fomentar el establecimiento de programas que permitan el desarrollo de conocimientos, aptitudes y competencias necesarias en materia de desarrollo sustentable.
- Promover la integración de la dimensión ambiental en el plan de estudios de la educación superior.
- Fortalecer los programas de formación y actualización en materia de educación ambiental y desarrollo sustentable.
- Difundir la información en materia de desarrollo sustentable.
- Fomentar la creación de programas ambientales.
- Promover la creación y fortalecer los sistemas de manejo ambiental de las IES.
- Promover la integración al COMPLEXUS.

En el 2012 quedaron conformados 21 indicadores para evaluar la contribución de las universidades hacia el desarrollo sustentable y se clasificaron en cinco grupos. COMPLEXUS espera que los resultados de dichos indicadores sean considerados en la toma de decisiones, formulación de políticas, programas y estra-

tegias de las IES sin fines comparativos entre ellas o de certificación.

COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Es posible determinar la importancia del esfuerzo realizado por diferentes instituciones en todo el mundo para alcanzar la sustentabilidad según los conceptos establecidos por los sistemas populares de STARS, GreenMetric y COMPLEXUS. STARS cuenta con participantes principalmente de Estados Unidos y Canadá y además permite el intercambio de información directa entre IES miembros de AASHE en relación a cualquier tema de sustentabilidad o indicadores del sistema. En cambio, GreenMetric cuenta con participantes a nivel internacional, debido también a que no tiene costo alguno. Sin embargo, las instituciones participantes son principalmente Europeas. A diferencia de los dos anteriores, COMPLEXUS está centrado en IES Mexicanas, pero sus indicadores y estudios pueden ser utilizados para la autoevaluación de cualquier institución en el mundo.

Las principales características de los tres sistemas de evaluación sustentable permitieron observar las diferencias entre ellos (Tabla 3). A pesar de que STARS es un sistema que implica un costo para las IES, el número de instituciones participantes es el más alto, esto señala la popularidad del sistema como un elemento comparativo entre la sustentabilidad de las instituciones en

■ Tabla 3. Comparación de características principales de sistemas de evaluación de sustentabilidad universitaria (2015).

Table 3. Comparison of main characteristics of sustainable university evaluation systems (2015).

Sistemas de evaluación	Costo USD	IES participantes	Países participantes	Indicadores	Validez
AASHE STARS	350 a 1 400	765	24	65	3 años
GREENMETRIC	0	407	60	49	anual
COMPLEXUS	0	18	1	21	abierto

Fuente: Modificado a partir de COMPLEXUS, 2013; AASHE 2015a; UI GreenMetric, 2016.

Estados Unidos y Canadá principalmente. La validez de su reconocimiento es de tres años y muchas de las instituciones participantes han tomado al mismo STARS como marco auxiliar para generar un plan estratégico de desarrollo sustentable. GreenMetric es un sistema más internacional contando con la participación de más instituciones ubicadas en países en condiciones económicas y sociales completamente distintas como la India, Pakistán, Grecia, Estados Unidos, Italia, Austria, Singapur, Irán, Japón, México, Chile y Reino Unido, entre otros. El Ranking se publica anualmente y no hay ninguna restricción para participar. COMPLEXUS es un sistema más limitado, está creado para que las IES se auto evalúen y no para que compitan entre ellas.

Todas las IES pueden ser evaluadas bajo los mismos indicadores en cualquiera de los tres sistemas no importa el tamaño de la infraestructura, su ubicación, su presupuesto o su matrícula.

Ahora bien, otro aspecto importante de comparar entre los sistemas son los indicadores que

se evalúan. STARS resulta ser el sistema más completo al tener 65 indicadores dentro de sus cinco categorías y el único en incluir la innovación como proyecto importante en su sistema. GreenMetric de UI tiene categorías de energía y cambio climático, desperdicios, transporte y agua, las cuales aparecen incluidas dentro de la categoría de operaciones correspondiente en AASHE STARS (Tabla 4). Por otro lado, COMPLEXUS está basado principalmente en rubros enfocados en la sustentabilidad social y académica, dejando en segundo plano la categoría de infraestructura.

La Tabla 4 muestra que los tres sistemas de evaluación coinciden en dos categorías principales: la academia, en donde se incluyen los temas de investigación y currícula de la institución, y la de operaciones, que integra todo lo relacionado con el funcionamiento físico y mantenimiento de la infraestructura de la misma. De acuerdo a los porcentajes de la ponderación total, la categoría de operaciones de AASHE equivale al 34 % del total de puntos a evaluar en una IES.

■ Tabla 4. Categorías de Indicadores Internacionales de Sustentabilidad y su ponderación.

Table 4. International sustainability indicators categories and weighting.

AASHE-STARS		UI GreenMetric		COMPLEXUS	
Categoría	Ponderación	Categoría	Ponderación	Categoría	Ponderación
Academia	28 %	Educación	18 %	Investigación	0 %
				Educación	0 %
Compromiso	20 %			Vinculación	0 %
				Extensión y difusión	0 %
Operaciones	34 %	Energía y cambio climático	21 %	Identidad institucional	0 %
		Desperdicios	18 %		
		Transporte	18 %		
		Agua	10 %		
Planeación y administración	16 %				
Innovación	2 %				
		Ubicación e Infraestructura	15 %		

Fuente: Modificado a partir de COMPLEXUS, 2013; AASHE, 2015b; UI Greenmetric, 2015.

Lo mismo sucede en GreenMetric, donde la sumatoria de los porcentajes de las categorías correspondientes al tema de operaciones, que son energía y cambio climático, desperdicios, agua y transporte equivale a un 67 %. Es importante destacar que los indicadores de COMPLEXUS no tienen ponderación, al ser un sistema guía. Sin embargo, los rubros relacionados con la categoría de operaciones de la institución en AASHE están contenidos en la categoría de identidad institucional de Complexus.

IES Y LOS SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

Las siguientes IES han sido seleccionadas con base en las puntuaciones o reconocimientos alcanzados en los sistemas de evaluación analizados, así como su participación entre varios de ellos.

Universidad de Nottingham

La Universidad de Nottingham tiene más de 37 000 estudiantes y 7 400 empleados. Cuenta con instalaciones en Malasia y China, y en los cinco años de existencia de GreenMetric aparece en los primeros dos lugares (UI GreenMetric, 2015). Aunque el compromiso de esta Universidad con la sustentabilidad tiene mucho tiempo, su estrategia de medio ambiente surge en el 2010, junto con los compromisos adquiridos por Reino Unido para disminuir en un 80 % sus emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050 (The University of Nottingham, 2010).

De acuerdo con Gavin Scott, el Administrador Ambiental de la Estrategia Sustentable, se ha invertido en muchos proyectos durante los últimos años para reducir las emisiones de CO₂ al ambiente. Esto ha asegurado también otros apoyos externos para el programa, lo cual servirá para futuros proyectos con el mismo fin (The University of Nottingham, 2010).

Universidad del Estado de Colorado

La Universidad del Estado de Colorado (CSU, por sus siglas en inglés) (2016) en Estados Unidos con más de 30 000 estudiantes al 2015 cuenta con un comité de sustentabilidad que

tiene la función de proporcionar las perspectivas sobre sustentabilidad, energía y medio ambiente del campus universitario.

Sus metas consisten en abogar por los esfuerzos de sustentabilidad de la institución; asesorar sobre las iniciativas de sustentabilidad de todo el campus: planeación, presupuestos, comunidad y asociaciones públicas, así como nuevos edificios; ayudar a conectar los esfuerzos de sustentabilidad de toda la universidad; además de considerar STARS como una guía para evaluar el progreso de la institución (Universidad del Estado de Colorado, 2016). El plan estratégico de la universidad incluye:

- La colaboración con las comunidades locales.
- Mantener un ambiente de inclusión.
- Integrar a la sustentabilidad en todos los programas de la institución.
- Construir nuevos equipamientos.
- Alcanzar neutralidad climática al 2050 con una reducción de 75 % de gases de efecto invernadero al 2030.

Hokkaido University

En Japón, la Universidad de Hokkaido (2016) cuenta también con esfuerzos importantes en el tema de sustentabilidad en los que todo el campus está comprometido para hacer una universidad más sustentable. La Universidad que contaba con alrededor de 18 000 estudiantes al 2014, participa en STARS de AASHE como integrador de reporte, y a su vez, en el ranking universitario GreenMetric, donde ocupó el lugar número 209 en el 2014 y el número 162 en la edición del 2015.

Dentro de sus objetivos de sustentabilidad, la Universidad de Hokkaido (2016) incluye la reducción de sus emisiones de carbono en un 35 % al 2030 en relación a las generadas en el 2005. Para esto, se convirtió en la primera universidad de Japón en formular un Plan de Acción para un Campus Sustentable en el 2012, basado en la Declaración de Sustentabilidad de Sapporo (SSD), adoptada por el G8 University Summit (encuentro de líderes universitarios) en Sapporo, Japón en el 2008.

Además, en el 2012, la Universidad de Hokkaido participó en el proyecto de UNI-METRICS, financiado por la Comisión Europea sobre métricas de evaluación y políticas para los campus universitarios coordinados por el Politécnico de Torino, y en conjunto con la Universidad de Cambridge y la Universidad Libre de Ámsterdam. El objetivo principal de esta colaboración fue el reforzamiento de las relaciones entre los participantes, quienes comparten conceptos similares de desarrollo sustentable. Ellos trabajan sobre la hipótesis de que las métricas de evaluación utilizadas en sustentabilidad de los campus universitarios pueden ser encontradas e interpoladas en todas las instituciones participantes, en conjunto con distintos actores, edificios y ciudades; así mismo, que éstas pueden ser integradas en la generación de políticas sustentables (Politecnico de Torino, 2012).

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

La UNAM tiene más de 330 000 estudiantes, y produce el 35.2 % de la investigación científica en México. Cuenta con instalaciones en España, Estados Unidos, Canadá y China. En el 2013, estaba posicionada en el lugar 72 en GreenMetric, en el 48 al 2014 y en el 21 al 2015 (Imaz y col., 2014).

ECOPUMA (Programa Universitario de Medio Ambiente) es la estrategia de sustentabilidad más grande y de mayor importancia en México. Es el esfuerzo de una universidad pública con el fin de posicionarla en una operación más sustentable con nuevos y diferentes modelos de educación e investigación. Estos modelos sirven para ayudar a los problemas sociales y del medio ambiente. En sus primeros años se han presentado alcances con gran impacto no solo para reducir el costo ambiental, sino también en el modo en que la comunidad realiza sus actividades día a día, piensa sobre su universidad y en la forma en que se conducen como ciudadanos. Esto convierte a la UNAM en la IES más sustentable de México y en un ejemplo de la aplicación de políticas de sustentabilidad en el país (Imaz y col., 2014).

Es importante señalar que la disponibilidad y el entusiasmo, así como la participación de todos los sectores de la comunidad universitaria ha hecho posible el compromiso de la UNAM para confrontar y atender los retos del medio ambiente (Imaz y col., 2014).

Universidad de Monterrey (UDEM)

La UDEM con 12 360 estudiantes al 2014 se convirtió en el 2015 en la primer institución fuera de Canadá y Estados Unidos en ser evaluada por STARS, obteniendo reconocimiento de Bronce. En el 2011, dentro de esta institución, surgió el Centro SOS o Centro de Sostenibilidad que cuenta con un enfoque de tres dimensiones: economía, ecología y equidad. Este Centro afecta su entorno inmediato y apoya otras regiones del país y del mundo. El desempeño de esta universidad muestra un enfoque completamente distinto de sustentabilidad comparada con los de Estados Unidos y Canadá, en áreas como compromiso estudiantil, currícula e investigación, como se muestra en el reporte anual de STARS 2014. Al analizar el desempeño de otras universidades es posible observar las diferencias entre ellas, siendo las líneas de infraestructura, así como el consumo energético mucho más importante en la mayoría de las instituciones de Estados Unidos y Canadá, mientras que en México, los rubros de impacto social tienen mayor relevancia (AASHE, 2014).

Algunos ejemplos de este enfoque social de la UDEM es el programa de conferencias “Camino a la Sustentabilidad”, el cual inspiró a los estudiantes a crear soluciones a problemas reales de México y sus comunidades, así como el programa de inmersión donde más de 600 estudiantes de la UDEM han participado en los últimos 10 años, con la tribu Caramuru en Chihuahua (Urbanski y Leal-Filho, 2014).

Universidad de Guanajuato

La Universidad de Guanajuato con más de 30 000 estudiantes también realiza esfuerzos por la sustentabilidad. Es la Única IES miembro de COMPLEXUS que participa también en un ranking internacional, donde además ocupó

■ Tabla 5. Relación y comparación de las IES participantes en diversos sistemas de evaluación existentes.
Table 5. Relationship and comparison of HEI in different sustainability evaluation systems.

IES	Matrícula	STARS / Medalla		GreenMetric / ranking		COMPLEXUS
Universidad de Nottingham	37 000			X	1	
Universidad del Estado de Colorado	33 775	X	Platino			
Universidad de Hokkaido	17 990	X	Reporte	X	162	
Universidad Nacional Autónoma de México	330 000			X	21	
Universidad de Monterrey	12 360	X	Bronce			
Universidad de Guanajuato	33 828			X	302	X

Fuente: Modificado a partir de COMPLEXUS, 2013; AASHE, 2015a; UI Greenmetric, 2016.

en GreenMetric de UI el puesto 260 en 2014 y el 302 en su edición 2015. También forma parte de diversas redes y organizaciones como son: la Academia Nacional de Educación Ambiental (ANEA), La Comisión Intersectorial para el Cambio Climático del Estado de Guanajuato (Colima) y el Centro Mexicano de Energías Renovables (CEMER), entre otras (Universidad de Guanajuato, 2016).

La UG trabaja a través de su Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad en su plan de ambiente y sustentabilidad desde el 2011, al estar integrado en el Plan de Desarrollo Institucional (PLADI 2010-2020) como parte de la implementación del Sistema de Gestión Ambiental y certificación de la UG por la norma ISO 14001; 2004 (Universidad de Guanajuato, 2016). Esta institución destaca por su participación en conjunto con diferentes instituciones nacionales en aspectos de sustentabilidad.

Las IES de Hokkaido y la Universidad de Guanajuato participan no solo en un sistema de evaluación de sustentabilidad, demostrando que los sistemas pueden ser mezclados entre sí para obtener lo mejor de cada uno de ellos, de acuerdo a las prioridades de cada institución (Tabla 5). Ambas instituciones corresponden a lugares del mundo completamente distintos, fortaleciendo la posibilidad de concentrar los esfuerzos de sustentabilidad bajo diferentes enfoques, pero con

el mismo fin, sin importar las condiciones específicas de la institución.

Es posible señalar que todas las IES mencionadas, además de participar en los sistemas de evaluación de sustentabilidad más populares a nivel internacional y/o nacional, adoptando sus criterios de medición para hacer una universidad sustentable, cuentan también con compromisos, objetivos y metas sustentables establecidos internamente; lo que demuestra que es posible utilizar los sistemas existentes de evaluación como guía para el desarrollo de planes de sustentabilidad.

CONCLUSIONES

El camino a la sustentabilidad en la educación superior es un reto para las instituciones. Al ser estas parte del desarrollo de los seres humanos, debe responsabilizarse por esta transición y debe hacerlo con tiempo y planeación. Existen sistemas muy completos en todo el mundo que sirven como apoyo a las instituciones para evaluar la sustentabilidad, sin embargo, las circunstancias generales y el entorno en que cada Institución de Educación Superior (IES) se encuentra es sin duda distinto. Tomando como base los sistemas. La transformación a la sustentabilidad de las IES requiere de al menos tres años de esfuerzos por parte de la institución, iniciando con una evaluación que sea utilizada como herramienta de diagnóstico y guía para la generación de un plan estratégico; y una autoevaluación tres años

después para obtener resultados importantes. Resulta evidente con la comparación de los sistemas de evaluación de sustentabilidad, que el interés en participar en ellos, así como en el tema de sustentabilidad por parte de las IES va en aumento, y que las características propias de cada IES no influyen en la transición hacia la sustentabilidad; ni la matrícula, el presupuesto o el país donde se encuentra, limitan las capacidades de la misma para integrarla en los aspectos generales de la institución, pero requieren del trabajo de todos sus miembros, ya que la integración de

trabajo multidisciplinario es indispensable para el éxito de la sustentabilidad en cualquier institución. A pesar de que los sistemas de evaluación de sustentabilidad siguen evolucionando y adaptándose a las diferencias entre las instituciones, lo óptimo es que cada institución genere sus propios indicadores según sus objetivos y políticas, por lo que el indicador ideal sería la misma institución en distinto tiempo, siempre buscando una mejora, debido a que los sistemas de evaluación son voluntarios y es compromiso de las IES trazar su propio camino hacia la sustentabilidad.

REFERENCIAS

- AASHE, Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (2014). *STARS Annual Review 2014*. [En línea]. Disponible en: http://www.aashe.org/files/documents/STARS/stars_annual_review_2014.pdf. Fecha de consulta: 8 de octubre de 2014.
- AASHE, Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (2015a). *STARS a program of AASHE*. [En línea]. Disponible en: <https://stars.aashe.org/>. Fecha de consulta: 3 de mayo de 2015.
- AASHE, Association for the advancement of Sustainability in Higher Education (2015b). *Stars Technical Manual 2.1*. [En línea]. Disponible en: http://www.aashe.org/files/documents/STARS/stars_2.1_technical_manual_-_administrative_update_one.pdf. Fecha de consulta: 24 de febrero de 2015.
- Amador, F. and Oliveira, C. P. (2013). Integrating Sustainability into the University: Past, Present and Future. In S. Caeiro, W. Leal-Filho, C. Jabbour, and U. Azeiteiro (Eds.), *Sustainability assessment tools in higher education institutions* (pp. 65-78), Switzerland: Springer International Publishing.
- Atkisson, A. (2013). *Sustainability is for Everyone*. United Kingdom: ISIS Academy. 49 Pp.
- Barth, M., Adom-Bent, M., Albrecht, P., Burandt, S., Franz-Balsen, A., Godemann, J., and Rieckmann, M. (2011). Towards a Sustainable University: scenarios for sustainable university development. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*. 5(4): 313-332.
- Calder, W. and Clugston, R. M. (2003). Progress Toward Sustainability in Higher Education, in *ELR News & Analysis*. [En línea]. Disponible en: http://www.ulsf.org/pdf/dernbach_chapter_short.pdf. Fecha de consulta: 12 de octubre de 2014.
- Calvente, A. M. (2007). El Concepto Moderno de Sustentabilidad. UAIS, en *Sustentabilidad. Argentina*. [En línea]. Disponible en: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/sde/uais-sds-100-002%20-%20sustentabilidad.pdf>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2015.
- Cebrián, G., Grace, M., and Humphris, D. (2013). Organizational learning towards sustainability in higher education. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*. 4(3): 285-306.
- COMPLEXUS, Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (2013). *Indicadores para medir la Contribución de las Instituciones de Educación Superior a la Sustentabilidad*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato. 197 Pp.
- Conde, R., González, O. y Mendieta, E. (2006). Hacia una gestión sustentable del campus universitario. *Casa del Tiempo*. 3(93-94): 15-25.
- Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. [En línea]. Disponible en: http://www.aashe.org/resources/pdf/Cortese_PHE.pdf. Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2014.
- Disterheft, A., Azeiteiro, U. M., Leal-Filho, W., and Caeiro, S. (2015). Participatory processes in sustainable universities. What to assess? *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 16(5): 748-771.
- Hales, D. (2008). Sustainability and Higher Education. *New England Journal of Higher Education*. 23(2): 23-24.
- Imaz, M., Ayala, D. E., Gutiérrez, L., and Gonzalez, M. (2014). ECOPUMA, the Strategy for a Sustainable University at UNAM. In W. Leal-Filho (Ed.), *Transformative approaches to sustainable development at universities* (pp. 503-511). Springer International Publishing.
- Kates, R. W., Clark, W. C., Hall, J. M., Jaeger, C., Ian, L., McCarthy, J. J., ..., and Svedin, U. (2000). "Sustainability Science."

Research and Assessment Systems for Sustainability Program Discussion Paper 2000-33. [En línea]. Disponible en: SSRN:<http://ssrn.com/abstract=257359>. Fecha de consulta: 8 de abril de 2016.

Leonard, A. (2011). *Story of Stuff*. United States: Free Press 356 Pp.

León-Fernández, Y. and Domínguez-Vilchez, E. (2015). Environmental management and sustainability in higher education. The case of Spanish universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 16(4): 440-455.

Martin, S. and Samels, S. (2012). *The Sustainable University: Green goals and new challenges for higher education leaders*. United States: Johns Hopkins University Press. 352 Pp.

NCES, National Center for Education Statistics (2016). Institute of Education Sciences. [En línea]. Disponible en: <https://nces.ed.gov/fastfacts/display.asp?id=84>. Fecha de consulta: 6 de junio de 2016.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (1990). Nuestro Futuro Común, en *Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo*. [En línea]. Disponible en: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>. Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2014.

ONU, Organización de las Naciones Unidas (1992). United Nations Conference on Environment & Development, in *Agenda 21*. [En línea]. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>. Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2014.

Politecnico de Torino (2012). UNI-METRICS. [En línea]. Disponible en: <http://www.uni-metrics.polito.it/>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2016.

Ruíz-Gutiérrez, L., Céspedes García, D. y Lima Cazorla, L. (2014). Consideraciones sobre indicadores de desarrollo sostenible en las universidades, en *Deserción, calidad y reforma universitaria. Apuntes para el debate*. [En línea]. Disponible en: <http://contratosocialecuador.org/images/publicaciones/cuadernos/10.pdf>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2014.

Sibbel, A. (2009). Pathways towards sustainability through higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 10(1): 68-82.

Stephens, J. C., Hernandez, M. E., Román, M., Graham, A. C., and Scholz, R. W. (2008). Higher education as a change agent for sustainability in different cultures and contexts. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 9(3): 317-338.

Sterling, S. (2004). Higher Education, Sustainability, and the Role of Systemic Learning. In P. Blaze-Corcoran and A. E. Wals (Eds.), *Higher education and the challenge of sustainability* (pp. 49-70). Netherlands: Springer.

The University of Nottingham. (2010). Environmental Strategy 2010. Nottingham. [En línea]. Disponible en: <https://www.nottingham.ac.uk/sustainability/documents/environmentalstrategy2010.pdf>. Fecha de consulta: 22 de octubre de 2014.

Tumbas, P., Sakal, M., Matkovic, P., and Pavlicevic, V. (2015). Sustainable university: assessment tools, factors, measures and model, in *Conference paper*. [En línea]. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/280092859_Sustainable_University_Assessment_Tools_Factors_Measures_and_Model. Fecha de consulta: 12 de agosto de 2015.

UI Greenmetric (2015). UI Greenmetric World University Ranking Guideline. [En línea]. Disponible en: http://greenmetric.ui.ac.id/wp-content/uploads/2015/07/UI_Greenmetric_Guideline_2015.pdf. Fecha de consulta: 30 de junio de 2015.

UI Greenmetric (2016). UI Greenmetric World University Ranking. [En línea]. Disponible en: <http://greenmetric.ui.ac.id/>. Fecha de consulta: 3 de febrero de 2016.

Universidad de Guanajuato (2016). Universidad de Guanajuato Dirección de Medio Ambiente y Sustentabilidad [En línea]. Disponible en: <http://www.ugsustentable.ugto.mx/>. Fecha de consulta: 21 de abril de 2016.

Universidad de Hokkaido (2016). Hokkaido University Office for a Sustainable Campus [En línea]. Disponible en: <http://www.osc.hokudai.ac.jp/en/>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2016.

Universidad del Estado de Colorado (2016). Green Initiatives Colorado State University. [En línea]. Disponible en: <http://green.colostate.edu/>. Fecha de consulta: 21 de abril de 2016.

University Leaders for a Sustainable Future (1990). *Tallouires Declaration*. [En línea]. Disponible en: http://www.ulsf.org/pdf/Spanish_TD.pdf. Fecha de consulta: 7 de septiembre de 2014.

University Leaders for a Sustainable Future (2015). University Leaders For A Sustainable Future: ULSF. [En línea]. Disponible en: <http://www.ulsf.org/>. Fecha de consulta: 30 de junio de 2015.

Urbanski, M. and Leal-Filho, W. (2014). Measuring sustainability at universities by means of the Sustainability Tracking, Assessment and Rating System (STARS): early findings from STARS data. *Environment, Development and Sustainability*. 17(2): 209-220.

Wright, T. (2004). The evolution of sustainability declarations in higher education. *Higher education and the challenge of sustainability*. 7-19 Pp.



Tomado de: http://3.bp.blogspot.com/_bZzczPfGaOA/S_g6jEOEhQI/AAAAAAAAABg/9exegm51Tm8/s1600/cartaz-biotecnologia1.jpg
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/18/15/af/1815af764c0018310057cd5831de6e8c.jpg>

Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo biotecnológico

Utilization of microorganisms from extreme environments and their products in biotechnological development

Rosa María Oliart-Ros¹

Ángeles Manresa-Presas²

María Guadalupe Sánchez-Otero^{3*}

¹Instituto Tecnológico de Veracruz, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, M. A. de Quevedo núm. 2779, Veracruz, Veracruz, México, C.P. 91860.

²Universitat de Barcelona, Facultat de Farmàcia, Unitat de Microbiologia, Av. Joan XXIII, 27-31, E-08028, Barcelona, España.

³Universidad Veracruzana, Facultad de Bioanálisis, Carmen Serdán e Iturbide S/N, col. Flores Magón, Veracruz, Veracruz, México, C.P. 91700.

*Autor para correspondencia:
guadsanchez@uv.mx

Fecha de recepción:
11 de octubre de 2014

Fecha de aceptación:
5 de febrero de 2016

RESUMEN

La biotecnología representa una alternativa viable para el desarrollo industrial sustentable, ya que provee las herramientas necesarias para adaptar y modificar organismos, productos, sistemas y procesos naturales para mejorar el quehacer industrial, haciéndolo más rentable, diverso y amigable con el entorno de lo que pueden ser los procesos químicos y físicos tradicionales. En este sentido, los microorganismos extremófilos constituyen la opción más prometedora como fuente de biomoléculas con capacidad biocatalizadora, capaces de soportar condiciones drásticas de proceso y cuyo

uso comercial puede conducir a la sustentabilidad industrial.

PALABRAS CLAVE: microorganismos, extremófilos, biotecnología.

ABSTRACT

Biotechnology represents a viable alternative for a sustainable industrial development, as it provides the tools needed to adapt and modify organisms, products systems, and processes to improve industrial activity. This makes it more profitable, diverse and friendly with the environment than the traditional chemical and physical processes. In this regard, extremophilic microorganisms

represent the most promising option as a source of biomolecules with biocatalytic capacity, able to withstand drastic process conditions. In addition, their full-scale use may lead to industrial sustainability.

KEYWORDS: microorganisms, extremophiles, biotechnology.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico requiere del uso de catalizadores y otras biomoléculas capaces de generar productos con una inversión mínima y en lapsos de tiempo cortos. De manera paralela, se debe disminuir el impacto ambiental que genera la actividad industrial, y optimizar la utilización y el manejo de los recursos naturales (Cavicchioli y col., 2011). Al día de hoy, el número de enzimas con aplicación industrial es inmenso, sin embargo, muchas de ellas sólo pueden funcionar bajo limitadas condiciones de temperatura, pH y medio de reacción (Sarmiento y col., 2015).

El descubrimiento de los microorganismos extremófilos, capaces de vivir bajo condiciones extremas de temperatura, pH, presión, salinidad, radiación y sus combinaciones, ha proporcionado herramientas invaluable para su aplicación en una amplia gama de procesos biotecnológicos, permitiendo el manejo racional de los recursos naturales (Reed y col., 2013).

El objetivo del presente trabajo fue revisar el uso de biomoléculas producidas por microorganismos extremófilos en aplicaciones comerciales e industriales, así como en la producción de intermediarios químicos enantioméricamente puros.

Microorganismos

Los microorganismos son un grupo grande y diverso de organismos microscópicos que pueden llevar a cabo sus procesos metabólicos de crecimiento, generación de energía y reproducción, de manera independiente de otras células; esta clasificación incluye a las bacterias, las arqueas, las algas, los hongos, los protozoarios

y los virus (Madigan y col., 2003). El rol que juegan los microorganismos en la vida terrestre es de tal importancia que la vida en la Tierra no sería posible sin la presencia de ellos (Demain y Adrio, 2008). Los microorganismos no solamente fueron las primeras formas de vida sobre la Tierra, por lo que todos los seres vivos comparten una historia evolutiva con el mundo microbiológico, sino que además, actualmente sustentan la vida en ella (Madigan y col., 2003; Demain y Adrio, 2008).

La biomasa microbiana en el planeta conforma el 60 % de la biomasa total y constituye una reserva genética dinámica que no ha podido ser caracterizada en su totalidad, debido a la dificultad de su cultivo en el laboratorio (Kennedy y col., 2011; McMahon y Parnell, 2014). La mayor parte de la vida microbiana que se conoce vive en el subsuelo marino y terrestre; estos hábitats son un campo lleno de posibilidades para el descubrimiento de formas microbianas de vida aún desconocidas (Madigan y col., 2003).

Los microorganismos poseen la mayor diversidad genética y metabólica de los seres vivos (Madigan y col., 2003), lo que, aunado a su pequeño tamaño, su rápido crecimiento y su habilidad para intercambiar genes, les permite vivir prácticamente en cualquier nicho ecológico y adaptarse rápidamente a condiciones ambientales cambiantes. Los microorganismos realizan más fotosíntesis que las plantas verdes y llevan a cabo la degradación de la materia orgánica necesaria para el sostén de los ciclos vitales, aunque también son los causantes de las enfermedades más importantes de las plantas y los animales, incluidos los humanos (Demain y Adrio, 2008).

Se prefiere usar microorganismos o sus productos para producir compuestos que se podrían aislar de plantas y animales, o sersintetizadas químicamente, debido a que los microorganismos producen grandes cantidades de metabolitos valiosos y cuya producción vía síntesis química puede ser muy compleja y costosa (Tang y Zhao, 2009). Con ellos se pueden obtener altos

rendimientos en la producción de sustancias químicas, ya que tienen una alta relación área/volumen, lo que facilita la adquisición de los nutrientes requeridos para sostener altos niveles de biosíntesis. Además, pueden llevar a cabo una gran variedad de reacciones en diversos ambientes y medios de cultivo, produciendo compuestos de alto valor agregado a partir de materiales biológicos y sin la generación de residuos tóxicos (Demain y Adrio, 2008).

Los microorganismos pueden ser manipulados genéticamente con relativa facilidad, *in vivo* e *in vitro*, para aumentar la producción miles de veces, modificar estructuras y actividades, y fabricar nuevos productos (Demain y Adrio, 2008). Por todo lo anterior, estos organismos son clave en el desarrollo de tecnologías que requieran de sistemas biológicos o sus derivados.

Biotechnología

La biotecnología es la utilización tecnológica de sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos (ONU, 1992). La biotecnología tiene aplicaciones en áreas relevantes, como la atención de la salud (conocida como biotecnología roja), donde su principal interés se centra en la producción de fármacos; particularmente, en la búsqueda de antibióticos para combatir nuevos patógenos, virus, hongos y bacterias resistentes, para mejorar las propiedades farmacológicas de los ya existentes y para encontrar compuestos más seguros, potentes y de más amplio espectro (Tang y Zhao, 2009). También se aplica en el desarrollo de vacunas más seguras, de antitumorales, de agentes para disminuir los niveles de colesterol, de antiparasitarios, bioinsecticidas, vitaminas, factores de crecimiento, anticuerpos, esteroides, hormonas, en el diagnóstico molecular, en la aplicación de terapias regenerativas, y en el desarrollo de la ingeniería genética, para curar enfermedades a través de la manipulación genética, entre otros (Demain y Adrio, 2008).

La biotecnología verde es aquella aplicada a la agricultura. Ejemplo de ello es el diseño de plan-

tas transgénicas capaces de crecer en condiciones ambientales desfavorables, plantas resistentes a plagas, a enfermedades, cultivos mejorados y el desarrollo de usos no alimentarios de los cultivos, como la producción de biocombustibles. En todos estos procesos participan también los microorganismos (Tang y Zhao, 2009).

La biotecnología industrial (biotecnología blanca), es la producción sustentable de químicos, materiales y combustibles a partir de fuentes renovables, usando células vivas o sus enzimas como catalizadores industriales (Tang y Zhao, 2009). Es un campo multidisciplinario que abarca las ciencias de la vida, de la química y de la ingeniería, utilizando conocimientos de ingeniería de procesos metabólicos, ingeniería de proteínas, ingeniería genética, microbiología, bioquímica, química, biología, modelación matemática, y técnicas como la metagenómica (estudio del material genético de un conjunto de organismos), la proteómica (análisis de la estructura y función del conjunto de proteínas expresadas de un genoma), la metabolómica (estudio de todos los metabolitos producidos en respuesta a un determinado estímulo) (Demain y Adrio, 2008; Tang y Zhao, 2009).

Los procesos que utilizan biotecnología blanca cubren ya el 5 % de los procesos químicos en todo el mundo, siendo los sectores de la química fina y de la química básica los que presentan mayor avance en la transición de los procesos tradicionales a los procesos con biotecnología (Tang y Zhao, 2009). Existen factores que son la fuerza impulsora del cambio de proceso tales como: el factor económico, por la reducción significativa de costos; el desarrollo de la biotecnología, estimulando la investigación y el desarrollo de procesos; la sustentabilidad, al permitir una percepción pública positiva del quehacer industrial, integrando una reducción en el consumo de energía, en las emisiones de gas invernadero, en la generación de desechos, y en el uso de materiales no biodegradables, con un impacto mínimo a las fuentes de alimentos y agua (Tang y Zhao, 2009). Además, permiten la transición de la producción de sustancias químicas de alto valor agregado a partir de

materiales biológicos, en lugar de utilizar combustibles fósiles (Tang y Zhao, 2009; Otero y Nielsen, 2010).

La biotecnología industrial ha tenido un efecto preponderante en industrias, tales como, la petroquímica, minera, de alimentos y ambiental (Demain y Adrio, 2008). De particular importancia ha sido el desarrollo y producción de biocombustibles (bioetanol, biobutanol y el biodiésel) que promueven la disminución en el uso de combustibles fósiles al utilizar desechos vegetales como materia prima. El biodiésel se prepara a partir de grasas en forma de triglicéridos o ácidos grasos libres, por un proceso de transesterificación con alcoholes de cadena corta. Los insumos provienen de aceites vegetales, grasas animales, aceites de cocina de desecho, y aceites microbianos (Tang y Zhao, 2009). La transesterificación con enzimas lipolíticas aisladas de microorganismos lleva consigo una mayor eficiencia catalítica, en comparación con los procesos químicos tradicionales (Demain y Adrio, 2008; Tang y Zhao, 2009).

La amplia aplicación de las enzimas para las industrias química, farmacéutica y de alimentos crea una fuerte demanda de biocatalizadores que tengan propiedades nuevas y mejoradas. En general, las enzimas tienen requerimientos muy específicos de pH y temperatura para funcionar de manera óptima, y normalmente estos requerimientos son diferentes de los que se encuentran en las industrias (Tang y Zhao, 2009). En este sentido, la tecnología del DNA (ácido desoxirribonucleico) recombinante ha dado un gran impulso a la biotecnología a través del desarrollo de nuevos sistemas de expresión para la sobreproducción de enzimas en la cantidad y de la calidad que la industria demanda, modificando las rutas biosintéticas y las características bioquímicas de las moléculas a través de técnicas de mutagénesis y evolución dirigida (Demain y Adrio, 2008; Tang y Zhao, 2009). De esta manera, se han generado enzimas con modificaciones en su actividad, en la capacidad de utilizar sustratos no convenciona-

les, se ha incrementado su termoestabilidad, la tolerancia a la presencia de disolventes orgánicos y la enantioselectividad, entre otras características (Singh, 2010).

Una actividad constante de la biotecnología ha sido la búsqueda de nuevos microorganismos productores de enzimas capaces de resistir las condiciones drásticas de los procesos industriales. Se ha estimado que menos del 1 % de los microorganismos que habitan el planeta han sido cultivados y estudiados en el laboratorio. En general, las condiciones de los medios de cultivo imponen presiones de selección sobre los microorganismos, impidiendo el crecimiento de una gran cantidad de ellos, por lo que pudiera haber alrededor de 50 millones de especies bacterianas por descubrir y que son una fuente potencial de enzimas nuevas (Singh, 2010). Una excelente opción son los microorganismos que viven en medios ambientes que son considerados por el hombre como extremos, denominados extremófilos (Madigan y Marrs, 1997; Rothschild y Mancinelli, 2001; Canganella y Wiegel, 2011).

Existen métodos que permiten el acceso a todo el conjunto de microorganismos de un entorno dado, tales como, la metagenómica, que es el análisis funcional y de secuencias de los genomas de los microorganismos en una muestra ambiental (Singh, 2010). Esta técnica permite entender, entre otras cosas, la diversidad genética de una comunidad, su estructura poblacional y sus roles ecológicos. Para ello, es necesario el aislamiento del DNA total de una muestra, la constitución de una biblioteca genómica o genoteca y la secuenciación de porciones del DNA y/o buscar fenotipos específicos cuando los vectores son expresados en un microorganismo huésped (Stewart, 2012). En este sentido, instituciones como el Instituto Tecnológico de Veracruz y la Universidad Veracruzana realizan investigación conjunta para el descubrimiento, caracterización y mejora de microorganismos termófilos y biomoléculas producidas por ellos (Castro-Ochoa y col., 2005; Sánchez-Otero y col., 2008; Quintana-Castro y col., 2009; Pinzón-Martínez y col., 2010; Sán-

chez-Otero y col., 2010; Sánchez-Otero y col., 2011; Espinosa-Luna y col., 2016.

Microorganismos extremófilos

Los microorganismos extremófilos tienen como hábitat natural ambientes que antiguamente se consideraban demasiado hostiles para permitir la supervivencia de organismos vivos. Se clasifican en base a la condición física o química extrema del ambiente donde se desarrollan: termófilos (temperatura óptima de crecimiento superior a 45 °C); dentro de éstos se encuentran los hipertermófilos (temperatura óptima de crecimiento superior a 80 °C); psicrofilos (temperatura óptima de crecimiento por abajo de 10 °C); acidófilos (pH óptimo de crecimiento por abajo de 5); alcalófilos (pH óptimo de crecimiento por arriba de 8); halófilos (habitan en medios hipersalinos, de 5 % a 30 % de sal); osmófilos (viven a altas presiones osmóticas); radiófilos (resisten altos niveles de radiación); metalófilos (toleran altas concentraciones de metales pesados); piezófilos (antes llamados barófilos, requieren o toleran presión hidrostática de 40 atm a 60 atm) (Antranikian y col., 2005; Ferrer y col., 2007; Jia y col., 2013; Reed y col., 2013).

Los hábitats donde viven los extremófilos incluyen manantiales calientes, sistemas hidrotermales submarinos poco profundos o sistemas de aberturas termales abisales, tierras y mares polares fríos y glaciares alpinos; lagos salinos y ambientes con valores de pH extremos, sea ácido (zonas de solfataras, minas) o alcalino (fuentes carbónicas, tierras y lagos alcalinos); y con relativa frecuencia, en zonas que combinan dos o más factores extremos, como alta temperatura y condiciones ácidas, en los manantiales ácidos y calientes de zonas volcánicas, o baja temperatura y alta presión, en los fondos marinos (Madigan y Marrs, 1997; Rothschild y Mancinelli, 2001; Canganella y Wiegel, 2011). En México, se han aislado bacterias y arqueas extremófilas de pozos petroleros (Miranda-Tello y col., 2004), aguas termales (Castro-Ochoa y col., 2005; Pinzón-Martínez y col., 2010), zonas desérticas (Souza y col., 2006), suelos alcalinos (Valenzuela-Encinas y col., 2008; Ruiz-Romero y col., 2009), zonas volcánicas

(Cavicchioli y col., 2011), entre otros, revelando la gran biodiversidad y el gran potencial biotecnológico de la microflora mexicana.

Las condiciones físico-químicas de estos ambientes distan de los valores en los que la vida de muchos organismos es posible. El agua líquida, el suministro de energía y el control de la misma y las condiciones de óxido-reducción ambientales son indispensables para la vida, por lo que los extremófilos deben vivir dentro de esos parámetros o bien ser capaces de mantenerlos regulados intracelularmente (Rothschild y Mancinelli, 2001). Por ejemplo, los psicrofilos sintetizan enzimas con modificaciones bioquímicas que les permiten funcionar a bajas temperaturas, así como moléculas que reducen el punto de congelación del agua dentro de la célula; los acidófilos y alcalófilos poseen mecanismos de regulación del pH intracelular para mantenerlo en valores cercanos a la neutralidad a través de diversas adaptaciones en las membranas celulares y en los transportadores de iones transmembranales (Reed y col., 2013); la membrana celular de los termófilos contiene ácidos grasos saturados, mantiene a la célula lo suficientemente rígida para sobrevivir a elevadas temperaturas. Las proteínas de los termófilos son especialmente estables, ya que poseen un mayor número de puentes de hidrógeno entre sus aminoácidos, poseen menor flexibilidad, un menor número de giros en su estructura, tienen una carga superficial mayor y pocos aminoácidos termolábiles hacia el exterior, en comparación con sus contrapartes mesófilas (Rothschild y Mancinelli, 2001; Gomes y Steiner, 2004).

El descubrimiento de los extremófilos ha abierto una nueva panorámica en las ciencias naturales al extenderse los límites en los que es posible la vida. Se ha favorecido el surgimiento de nuevas hipótesis sobre el origen de la vida, dado que las condiciones en las que habitan los extremófilos semejan a las que debieron existir cuando surgieron las primeras células. Asimismo, ha estimulado la búsqueda de las condiciones más extremas que pueden

llegar a ser compatibles con alguna forma de vida, haciendo más plausible su búsqueda fuera del planeta Tierra (Hough y Danson, 1999; Rothschild y Mancinelli, 2001).

La gran biodiversidad existente entre los microorganismos extremófilos y su capacidad para sintetizar proteínas y enzimas (extremoenzimas), capaces de funcionar bajo condiciones extremas, ha abierto un prometedor panorama en la biotecnología, ya que gran parte de los procesos industriales ocurren bajo condiciones extremas de temperatura, presión, fuerza iónica, pH y solventes orgánicos. Además, las extremoenzimas pueden ser usadas como un modelo para diseñar y construir proteínas con nuevas propiedades de interés para determinadas aplicaciones industriales, a través de la manipulación genética de microorganismos (Haki y Rakshit, 2003; Eijsink y col., 2004; Jia y col., 2013; Reed y col., 2013).

Se han obtenido y caracterizado extremoenzimas provenientes de diferentes grupos de microorganismos extremófilos, muchas de ellas se aplican actualmente en procesos industriales sustentables, como la síntesis enantioselectiva de fármacos (Littlechild, 2015). Al ser biodegradables, su empleo es amigable con el ambiente, tienen una alta estabilidad bajo condiciones extremas (lo que elimina la necesidad de modificar las condiciones a lo largo de los procesos), permiten la utilización de materia prima sin procesar (lo que reditúa en una mayor eficiencia), permiten una reducción de costos y generan pocos productos secundarios y materiales de desecho (Reed y col., 2013).

Aplicaciones de las extremoenzimas

Las principales industrias que se han visto beneficiadas con el uso de extremoenzimas son las productoras de detergente, la alimentaria, la textil, la peletera, la papelera y la farmacéutica (Van-Den-Burg, 2003; Hasan y col., 2010) (Tabla 1). Los termófilos y los hipertermófilos son los grupos de extremófilos más estudiados; las enzimas que han sido aisladas de ellos han sido objeto de diversas investigaciones y aplicaciones

industriales y biotecnológicas, ya que son extremadamente termoestables y generalmente resistentes a la acción de agentes caotrópicos, desnaturalizantes, detergentes, solvente orgánicos, y a la exposición a valores extremos de pH (Sarmiento y col., 2015). La realización de procesos biotecnológicos a elevadas temperaturas tiene muchas ventajas. El incremento en la temperatura tiene una influencia significativa en la biodisponibilidad y solubilidad de los compuestos orgánicos, en la disminución en la viscosidad y en el incremento en el coeficiente de difusión de los compuestos orgánicos (en especial substratos hidrofóbicos poco solubles, como hidrocarburos y grasas alifáticas), por lo que las velocidades de reacción son más altas (Van-Den-Burg, 2003). Esto es especialmente importante en procesos que involucran el manejo enzimático de lípidos y de efluentes industriales ricos en aceites. En la industria de los alimentos, las lipasas termoestables se requieren para el procesamiento enzimático de algunos lípidos, como la manteca animal y el aceite de palma, que son los principales materiales utilizados en la producción de ácidos grasos libres, pero se encuentran en estado sólido a las temperaturas normales en las que se llevan a cabo estas reacciones (Haki y Rakshit, 2003; Hasan y col., 2010).

El ejemplo más conocido de aplicación de una enzima termoestable es la de la enzima Taq polimerasa aislada de *Thermus aquaticus*, que significó un avance trascendental en la biología molecular, al permitir la automatización de la tecnología de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que permite la amplificación de fragmentos de DNA en unas cuantas horas, lo cual representó una gran ventaja para laboratorios e industrias (Reed y col., 2013).

De las enzimas termofílicas, las lipasas se encuentran dentro de las más prometedoras para las aplicaciones industriales, ya que presentan diversas ventajas: una mayor estabilidad termodinámica a altas temperaturas y la capacidad de llevar a cabo reacciones de hidrólisis y de síntesis en presencia de disolventes orgánicos

■ Tabla 1. Clasificación de los microorganismos extremófilos y ejemplos de aplicación de sus enzimas (Van-Den-Burg, 2003; Hasan y col., 2010).

Table 1. Extremophile microorganisms classification and some applications of their enzymes (Van-Den-Burg, 2003; Hasan y col., 2010).

Tipo	Microorganismos	Enzimas	Aplicación
Termófilos	• <i>Bacillus</i> sp. • <i>Streptomyces</i> sp. • <i>Bacillus licheniformis</i> • <i>Trichoderma</i> sp. • <i>Bacillus</i> sp. • <i>Geobacillus</i> sp. • <i>Bacillus</i> sp. • <i>Thermus aquaticus</i>	• Proteasas • Glucosilhidrolasas (amilasas, glucoamilasas, celulasas) • Quitinasas • Xilanasas • Lipasas, esterasas • DNA polimerasas • Deshidrogenasas	• Detergentes, hidrólisis en alimentos y bebidas, panificación • Procesamiento de almidón, celulosas, pectinas y procesamiento de textiles • Modificación de quitina para uso farmacéutico y alimenticio • Blanqueo de papel • Detergentes, modificación de grasas y lácteos, reacciones estéro-específicas y biosíntesis orgánicas, biocatálisis en disolventes orgánicos y curtido de pieles • Biología molecular (PCR) • Reacciones de óxido-reducción
Psicrófilos	• <i>Pseudoalteromonas</i> sp. • <i>Cytophaga</i> sp. • <i>Vibrio</i> sp.	• Proteasas • Amilasas • Deshidrogenasas • Lipasas	• Detergentes, industria de alimentos • Detergentes y panificación • Biosensores • Detergentes, alimentos y cosméticos
Halófilos	• <i>Halobacterium</i> sp. • <i>Haloarcula</i> sp.	• Proteasas • Deshidrogenasas	• Síntesis de péptidos • Biocatálisis en disolventes orgánicos
Alcalófilos	• <i>Bacillus</i> sp.	• Proteasas, celulasas	• Detergentes e industria de los alimentos
Acidófilos	• <i>Bacillus acidocaldarius</i> • <i>Desulfurolobus</i> sp.	• Amilasas, glucoamilasas • Proteasas y celulasas • Oxidasas	• Procesamiento de almidón • Componentes de alimentos • Desulfuración del carbono

(Pinzón-Martínez y col., 2010). Por ello, se han aplicado en la industria alimentaria para la hidrólisis de grasas, particularmente en productos lácteos; en la industria textil, para la remoción de impurezas del algodón antes del procesamiento y teñido; en la industria peletera para retirar la grasa subcutánea de

las pieles, entre otras aplicaciones (Hasan y col., 2006).

Debido a su excelente capacidad para realizar reacciones específicas regioselectivas, en presencia de solventes orgánicos, las lipasas termostables se usan en la síntesis de compues-

tos quirales de interés farmacéutico. A través de reacciones de esterificación, interesterificación y transesterificación, en presencia de solventes orgánicos, las lipasas participan en la síntesis de compuestos enantioméricamente puros, que se recomiendan particularmente en el campo de los farmoquímicos y sus intermediarios sintéticos, también llamados bloques de construcción quiral, debido a la diferencia en las propiedades biológicas de dos enantiómeros (Gotor-Fernández y col., 2006). Por otro lado, los procesos biocatalíticos son más eficientes, se acompañan de menos reacciones secundarias y son ambientalmente aceptables, en contraste con los métodos químicos convencionales que utilizan catalizadores a base de metales pesados (Gavrilescu y Chisti, 2005). La combinación de procedimientos químicos con métodos biocatalíticos puede resultar una excelente estrategia para la producción de la industria farmacéutica y de productos químicos finos en general (Simon y col., 2013).

Una aplicación muy exitosa de las enzimas termófilas y alcalófilas ha sido como aditivos de los detergentes biológicos, para la remoción de depósitos orgánicos en la ropa, como grasas y aceites. Se han utilizado enzimas del tipo de las amilasas, proteasas, celulasas y lipasas, que además de ser activas a las altas temperaturas y en las condiciones alcalinas de las aguas de lavado, son resistentes a los componentes de los mismos (Hasan y col., 2010). Las enzimas de los psicrófilos, que catalizan reacciones a bajas temperaturas, tienen también un gran potencial de aplicación en la biotecnología y la industria. Por ejemplo, la aplicación de enzimas hidrolíticas, como proteasas, lipasas, amilasas y celulasas, en la formulación de detergentes, ofrecen lagran ventaja de reducir el consumo de energía y el deterioro de las telas al llevar a cabo el lavado en frío (Cavicchioli y col., 2011; Sarmiento y col., 2015). La aplicación de proteasas y queratinasas psicrófilas en el depilado de pieles y cueros representa un ahorro de energía, al eliminar el calentamiento y la necesidad de utilizar compuestos químicos que impactan en el ambiente (Cavicchioli y col., 2011). Las enzimas

psicrófilas se han utilizado también en la industria de los alimentos, por ejemplo para la extracción y clarificación de jugos de frutas con pectinasas, y en el caso de las proteasas, como aditivos en la industria de alimentos congelados para el ablandado y la potenciación del sabor en carnes refrigeradas (Cavicchioli y col., 2011; Reed y col., 2013).

En el área ambiental, las lipasas, oxidasas, peroxidasas y catalasas de termófilos y psicrófilos, se han utilizado como alternativa a los métodos fisicoquímicos de biorremediación de sólidos y aguas residuales contaminados con hidrocarburos, aceites y lípidos (Hasan y col., 2006).

Algunas enzimas de alcalófilos y acidófilos se han utilizado en la producción de detergentes y en el procesamiento de almidón. De manera particular, algunas enzimas alcalófilas, tales como xilanasas, lipasas y proteasas, ya se producen a gran escala para ser utilizadas en diferentes aplicaciones, como en el depilado del cuero, que se lleva a cabo a pH entre 8 y 10, y en la recuperación de plata a partir de placas de rayos X, donde la proteólisis ocurre a pH 10 (Horikoshi, 1999; Wiegel y Kevbrin, 2004).

Productos de los extremófilos y su aplicación biotecnológica

El estrés provocado por las drásticas condiciones ambientales ha seleccionado aquellas poblaciones de microorganismos capaces de sintetizar compuestos que protegen a la célula del estrés ambiental en un amplio rango de salinidad o temperatura. Estos productos, denominados “extremolitos” o solutos compatibles, mantienen el balance de agua y protegen a las macromoléculas biológicas. Desde el punto de vista químico son moléculas diversas; en los organismos mesófilos las más frecuentes son: aminoácidos (prolina), azúcares (trehalosa), betaínas (glicina betaína), ácido aminosulfónico (taurina) (Bonaterra y col., 2005); mientras que los termófilos sintetizan altas concentraciones de derivados de mioinositol (DIP), en el caso de las Thermotogales, o diglicerol

fosfato (DGP y cDGP) acumulado por algunas arqueobacterias termófilas y metanógenas (Lenzen y Schwarz, 2006).

Desde el punto de vista biotecnológico estos compuestos son interesantes para la estabilización de macromoléculas, enzimas y como protectores celulares por su respuesta al estrés hídrico (Margesin y Schinner, 2001). Uno de los más frecuentes es la ectoína, que en el caso de *Halo-monaselon-gata* puede incrementar sus niveles en un 50 %, cuando la concentración de NaCl es del orden del 20 %, lo que permite estabilizar la actividad enzimática de lipasas, amilasas, celulasas o proteasas (Sauer y Gallinski, 1998). La trehalosa es un osmolito que puede ser utilizado como crioprotector, o bien el diglicerol fosfato, producido por *Arqueolobus fulgidus*, que es un potente estabilizador de proteínas frente a la temperatura (Margesin y Schinner, 2001). Otro de los productos utilizados como moléculas para el reconocimiento celular son las lectinas, especialmente la concanavalina A, producidas por arqueobacterias halófilas que se usan como indicadores de las modificaciones de la superficie celular en la detección de células malignas (Lei y Chang, 2007).

Biopolímeros

De gran interés biotecnológico en la industria farmacéutica o alimentaria son los biopolímeros extracelulares de diversos microorganismos extremófilos, como el poli-gamma-D-glutámico (PGA) con propiedades de espesante y humectante (Kunioka, 1997), o la capa S de las arqueobacterias, que contiene una glicoproteína situada en la parte exterior de la célula y que tiene la propiedad de autoensamblarse, formando una malla altamente regular, que ha despertado gran interés en la nanotecnología (Sára y col., 2006).

En lo concerniente al desarrollo alternativo de los plásticos y de nuevas aplicaciones en el campo de la biomedicina, se han utilizado muy poco los organismos extremófilos, posiblemente debido a las dificultades de su manipulación, a pesar de que, algunos de ellos

son capaces de acumular hasta el 60 % del peso seco de poli-hidroxi-alcanoato (PHA), como en el caso de *Haloferax mediterranei* (Hezayen y col., 2000).

Otro grupo importante de biopolímeros son los exopolisacáridos (EPS), compuestos de alto peso molecular que los microorganismos secretan al medio ambiente y que pueden actuar como adhesinas favoreciendo la asociación entre microorganismos. Estas biomoléculas son utilizadas en diversas áreas industriales, ya que pueden actuar como emulsificantes, espesantes, antioxidantes y quelantes (Freitas y col., 2011). Diversos microorganismos extremófilos, tales como, los halófilos de los géneros *Haloterrigena* y *Halomonas*, termoacidófilos de los géneros *Sulfolobus* y *Thermococcus* y termófilos del género *Bacillus*, producen biopolímeros con propiedades emulsificantes y antioxidantes (Squillaci y col., 2016).

Biotensoactivos y emulsionantes

La colonización de hábitats altamente salinos y con alto contenido de material oleoso, como los yacimientos petrolíferos, ha actuado como agente de presión selectiva sobre microorganismos productores de biotensoactivos (Khire, 2010). Estos compuestos anfílicos que tienen la capacidad de solubilizar fases inmiscibles, son producidos por bacterias en hábitats con un alto grado de salinidad, hidrofobicidad y temperatura. Se han detectado tensoactivos producidos por microorganismos termófilos tales como *Bacillus stearothermophilus* o bien a partir del termófilo halófilo *Methanobacterium thermoautotrophicum*. En el otro extremo de la escala está *Arthrobacter protophormiae*, microorganismo psicrófilo aislado de la Antártida Khire, 2010).

Otra estrategia para proteger a la célula y permitir la emulsificación de nutrientes en hábitats psicrófilos, es la acumulación de material extracelular alrededor de la célula. Estas matrices extracelulares están formadas por diversos materiales, como exopolisacáridos, y por vesículas derivadas de la membrana externa. Debi-

do a que tienen una alta capacidad emulsionante, poseen un gran potencial biotecnológico en la industria farmacéutica y cosmética (Frias y col., 2010).

Ha sido demostrado que, para hacer frente a las extremas condiciones de su hábitat, los extremófilos han desarrollado diversas estrategias tanto a nivel intracelular como extracelular, que comprenden la biosíntesis de productos singulares para la protección de la célula, y de macromoléculas biológicas como enzimas y polímeros extracelulares que, en conjunto, les ofrecen ventajas para su desarrollo en condiciones de baja actividad de agua, elevada salinidad, pH, temperatura, entre otros (Rothschild y Mancinelli, 2001). Esta versatilidad de los sistemas biológicos ha sido fuente de inspiración y soporte para el avance de la ciencia, permitiendo el nacimiento de una nueva

era tecnológica, la biotecnología, que tiende al diseño de nuevos organismos adaptados a los cambios del planeta y que debieran beneficiar a todos.

CONCLUSIONES

El desarrollo de procesos biotecnológicos empleando microorganismos extremófilos y las biomoléculas provenientes de ellos, ofrece una alternativa viable para el desarrollo sustentable. Es necesario entonces, encaminar esfuerzos por parte de la comunidad científica para apoyar la búsqueda de nuevas fuentes de extremófilos, así como el desarrollo de técnicas que impliquen la modificación genética, estructural y funcional, de las biomoléculas provenientes de estos microorganismos para su aplicación a gran escala, lo que finalmente redundará en el beneficio de las generaciones presentes y futuras.

REFERENCIAS

- Antranikian, G., Vorgias, C. E., and Bertoldo, C. (2005). Extreme environments as a resource for microorganisms and novel biocatalysts. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. 96: 219-262.
- Bonaterra, A., Camps, J., and Montesinos, E. (2005). Osmotically induced trehalose and glycine betaine accumulation improves tolerance to desiccation, survival and efficacy of the postharvest biocontrol agent *Pantoea agglomerans* EPS125. *FEMS microbiology letters*. 250(1):1-8.
- Canganella, F. and Wiegel, J. (2011). Extremophiles: from abyssal to terrestrial ecosystems and possibly beyond. *Naturwissenschaften*. 98(4): 253-279.
- Castro-Ochoa, L. D., Rodríguez-Gómez, C., Valerio-Alfaro, G., and Ros, R. M. (2005). Screening, purification and characterization of the thermoalkalophilic lipase produced by *Bacillus thermoleovorans* CCR11. *Enzyme and Microbial Technology*. 37(6): 648-654.
- Cavicchioli, R., Charlton, T., Ertan, H., Omar, S. M., Siddiqui, K. S., and Williams, T. J. (2011). Biotechnological uses of enzymes from psychrophiles. *Microbial biotechnology*. 4(4): 449-460.
- Demain, A. L. and Adrio, J. L. (2008). Contributions of microorganisms to industrial biology. *Molecular Biotechnology*. 38(1): 41-55.
- Eijsink, V. G. H., Björk, A., Gaseidnes, S., Sirevag, B., Syntad, B., Van-Den-Burg, G., and Vriend, G. (2004). Rational engineering of enzyme stability. *Journal of Biotechnology*. 113(1):105-120.
- Espinosa-Luna, G., Sánchez-Otero, M. G., Quintana-Castro, R., Matus-Toledo, R. E., and Oliart-Ros, R. M. (2016). Gene Cloning and Characterization of the *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 Carboxylesterase CaesCCR11, a New Member of Family XV. *Molecular biotechnology*. 58(1): 37-46.
- Ferrer, M., Golyshina, O., Beloqui, A., and Golyshtin, P. N. (2007). Mining enzymes from extreme environments. *Current Opinion in Microbiology*. 10(3): 207-214.
- Frias, A., Manresa, A., de-Oliveira, E., López-Iglesias, C., and Mercadé, E. (2010). Membrane vesicles: a common feature in the extracellular matter of cold-adapted antarctic bacteria. *Microbiology Ecology*. 59(3): 476-486.
- Freitas, F., Alves, V. D., and Reis, M. A. (2011). Advances in bacterial exopolysaccharides: from production to biotechnological applications. *Trends in Biotechnology*. 29(8): 388-398.

- Gavrilescu, M. and Chisti, Y. (2005). Biotechnology a sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnology Advances*. 23(7): 471–499.
- Gomes, J. and Steiner, W. (2004). The biocatalytic potential of extremophiles and extremozymes. *Food Technology and Biotechnology*. 42(4): 223–225.
- Gotor-Fernández, V., Brieva, R., and Gotor, V. (2006). Lipases: useful biocatalysts for the preparation of pharmaceuticals. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 40(3): 111–120.
- Haki, G. D. and Rakshit, S. K. (2003). Developments in industrially important thermostable enzymes: a review. *Bioresource Technology*. 89(1): 17–34.
- Hasan, F., Shah, A. A., and Hameed, A. (2006). Industrial applications of microbial lipases. *Enzyme and Microbial Technology*. 39(2): 235–251.
- Hasan, F., Shah, A. A., Javed, S., and Hameed, A. (2010). Enzymes used in detergents: lipases. *African Journal of Biotechnology*. 9(31): 4836–4844.
- Hezayen, F. F., Rehm, B. H. A., Eberhardt, R., and Steinbüchel, A. (2000). Polymer production by two newly isolated extremely halophilic archaea: application of a novel corrosion-resistant bioreactor. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 54(3): 319–325.
- Horikoshi, K. (1999). Alkaliphiles: some applications of their products for biotechnology *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63(4): 735–750.
- Hough, D. W. and Danson, M. J. (1999). Extremozymes. *Current Opinion in Chemical Biology*. 3(1): 39–46.
- Jia, B., Cheong, G. W., and Zhang, S. (2013). Multifunctional enzymes in archaea: promiscuity and moonlight. *Extremophiles*. 17(2): 193–203.
- Kennedy, J., O'Leary, N. D., Kiran, G. S., Morrissey, J. P., O'Gara, F., Selvin J., and Dobson, A. D. (2011). Functional metagenomic strategies for the discovery of novel enzymes and biosurfactants with biotechnological applications from marine ecosystems. *Journal of Applied Microbiology*. 111(4): 787–99.
- Khire, J. M. (2010). Bacterial surfactants and their role in Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR). En R. Sen (Ed.), *Biosurfactants. Advances in experimental medicine and biology series* (pp. 146–157). USA: Springer.
- Kunioka, M. (1997). Biosynthesis and chemical reaction of poly (amino acid)s from microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 47(5): 469–475.
- Lei, H. Y. and Chang, C. P. (2007). Induction of autophagy by concanavalin A and its application in antitumor therapy. *Autophagy*. 3(4): 402–404.
- Lenzen, G. and Schwarz, T. (2006). Extremolytes: natural compounds from extremophiles for versatile applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 72(4): 623–634.
- Littlechild, J. A. (2015). Archaeal enzymes and applications in industrial biocatalysts. *Archaea*. 2015: 1–10.
- Madigan, M. T. and Marrs, B. L. (1997). Extremophiles. *Scientific American*. 276: 82–87.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D., and Clark, D. P. (2003). *Brock biology of microorganisms*. USA: Pearson Education, Inc. 694 Pp.
- Margesin, R. and Schinner, F. (2001). Potential of halotolerant and halophilic microorganisms for biotechnology. *Extremophiles*. 5(2): 73–83.
- McMahon, S. and Parnell, J. (2014). Weighing the deep continental biosphere. *FEMS Microbial Ecology*. 87(1): 113–20.
- Miranda-Tello, E., Fardeau, M. L., Thomas, P., Ramirez, F., Casalot, L., Cayol, J. L., ..., and Ollivier, B. (2004). *Petrotoga mexicana* sp. nov. a novel thermophilic, anaerobic and xylanolytic bacterium isolated from an oil-producing well in the Gulf of Mexico. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 54(1): 169–174.
- ONU, Organización de las Naciones Unidas (1992). Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992. [En línea]. Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>. Fecha de consulta: 2 de septiembre de 2014.
- Otero, J. M. and Nielsen, J. (2010). Industrial Systems Biology. *Biotechnology and Bioengineering*. 105(3): 439–460.
- Pinzón-Martínez, D. L., Rodríguez-Gómez, C., Miñana-Galbis, D., Valerio-Alfaro, G., and Oliart-Ros, R. M. (2010). Thermophilic bacteria from Mexican thermal environments: Isolation and potential applications. *Environmental Technology*. 31(8–9): 957–966.
- Quintana-Castro, R., Díaz, P., Valerio-Alfaro, G., García, H.S., Oliart-Ros, R. (2009). Gene cloning, expression and characterization of the *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 thermoalkaliphilic lipase. *Molecular Biotechnology*. 42 (1): 75–83.
- Reed, C. J., Lewis, H., Trejo, E., Winston, V., and Evilia, C. (2013). Protein adaptations in archaeal

extremophiles. *Archaea*. 2013: 1-14.

Rothschild, L. J. and Mancinnelli, R. L. (2001). Life in extreme environments. *Nature*. 409(6823): 1092-1101.

Ruiz-Romero, E., Alcántara-Hernández, R., Cruz-Mondragon, C., Marsch, R., Luna-Guido, M. L., and Dendooven, L. (2009). Denitrification in extreme alkaline saline soils of the former lake Texcoco. *Plant and Soil*. 319(1-2): 247-257.

Sánchez-Otero, M. G., Valerio-Alfaro, G., Garcia-Galindo, H. S., and Oliart-Ros, R. M. (2008). Immobilization in the presence of Triton X-100: modifications in activity and thermostability of *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 lipase. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*. 35(12): 1687-1693.

Sánchez-Otero, M. G., Quintana-Castro, R., Mora-González, P., Márquez-Molina, O., Valerio-Alfaro, G., and Oliart-Ros, R. M. (2010). Enzymatic reactions and synthesis of n-butyl caproate: esterification, transesterification and aminolysis using a recombinant lipase from *Geobacillus thermoleovorans* CCR11. *Environmental Technology*. 31(10): 1101-1106.

Sánchez-Otero, M. G., Ruiz-López, I. I., Avila-Nieto, D. E., and Oliart-Ros, R. M. (2011). Significant improvement of *Geobacillus thermoleovorans* CCR11 thermoalkalophilic lipase production using Response Surface Methodology. *New Biotechnology*. 28(6): 761-766.

Sára, M., Egelseer, E. M., Huber, C., Ilk, N., Pleschberger, M., Pum, D., and Sleytr, U. B. (2006). S-layer proteins: potential application in nano (bio) technology. En B. H. Rehn (Ed.), *Microbial bionanotechnology: biological self-assembly systems and biopolymer-based nanostructures* (pp. 307-338). U.K.: Horizon Scientific Press.

Sarmiento, F., Peralta, R., and Blamey, J. M. (2015). Cold and hot extremozymes: industrial relevance and current trends. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 3: 148.

Sauer, T. and Gallinski, E. A. (1998). Bacterial milking: a novel bioprocess for production of compatible solutes. *Biotechnology and Bioengineering*. 57(3): 306-313.

Simon, R. C., Mutti, F. G., and Kroutil, W. (2013). Biocatalytic synthesis of enantiopure building blocks for pharmaceuticals. *Drug Discovery Today: Technologies*. 10(1): e37-e44.

Singh, B. K. (2010). Exploring microbial diversity for biotechnology: the way forward. *Trends in Biotechnology*. 28(3): 111-116.

Souza, V., Espinosa-Asuar, L., Escalante, A. E., Eguiarte, L. E., Farmer, J., Forney, L., ..., and Elser, J. J. (2006). An endangered oasis of aquatic microbial biodiversity in the Chihuahuan desert. *Proceedings of the National Academy*. 103(17): 6565-6570.

Squillaci, G., Finamore, R., Diana, P., Restaino, O. F., Schiraldi, C., Arbucci, S., ..., and Morana, A. (2016). Production and properties of an exopolysaccharide synthesized by the extreme halophilic archaeon *Haloterrigena turkmenica*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100(2): 613-623.

Stewart, E. J. (2012). Growing unculturable bacteria. *Journal of bacteriology*. 194(16): 4151-4160.

Tang, W. L. and Zhao, H. (2009). Industrial biotechnology: Tools and applications. *Journal Biotechnology*. 4(12): 1725-1739.

Valenzuela-Encinas, C., Neria-González, I., Alcántara-Hernández, R. J., Enríquez-Aragón, J. A., Estrada-Alvarado, I., Hernández-Rodríguez, C., ..., and Marsch, R. (2008). Phylogenetic analysis of the archaeal community in an alkaline-saline soil of the former lake Texcoco (Mexico). *Extremophiles*. 12(2): 247-254.

Van-Den-Burg, B. (2003). Extremophiles as a source for novel enzymes. *Current opinion in microbiology*. 6(3): 213-218.

Wiegel, J. and Kevbrin, V. V. (2004). Alkalithermophiles. *Biochemical Society Transactions*. 32(2): 193-198.



Jatropha curcas
© ROLANDO PÉREZ

Tomado de: <http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metas/view/29460>

Jatropha sotoi-nunyezii y *Jatropha curcas*, especies de Tamaulipas: una comparación desde la perspectiva de los biocombustibles

Jatropha sotoi-nunyezii and *Jatropha curcas*, species from Tamaulipas: a comparison from a biofuels perspective

Patricia Guevara-Feferl^{1*}

Nohemí Niño-García²

Yanely Araceli De-Jesús-Romero¹

Gerardo Sánchez-Ramos²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Av. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, D.F., México.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Instituto de Ecología Aplicada, División del Golfo núm. 356, col. Libertad, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87019.

*Autor para correspondencia:
patriciaguevara@ciencias.unam.mx

Fecha de recepción:
14 de octubre de 2015

Fecha de aceptación:
3 de junio de 2016

RESUMEN

Las especies del género *Jatropha* se consideran una alternativa viable para la producción comercial de biodiésel, particularmente *J. curcas*. Recientemente se describió la especie *J. sotoi-nunyezii*, con distribución en el estado de Tamaulipas, pero se desconoce si es factible aprovecharla industrialmente. El objetivo del presente trabajo fue obtener y caracterizar la calidad y rendimiento del biodiésel obtenido a partir de *J. sotoi-nunyezii*, comparándolo con las variedades comerciales de *J. curcas* tóxica y no tóxica. El aceite de semillas de *J. curcas* tóxica, *J. curcas* no tóxica y *J. sotoi-nunyezii* fue transesterificado para producir biodiésel, y se determinó su composición

química (ésteres metílicos de ácidos grasos) por CG-EM. Las semillas de *J. sotoi-nunyezii* tuvieron mayor contenido de aceite con respecto a las de *J. curcas* tóxica y no tóxica (43.5 %, 32.5 % y 33.3 % respectivamente). La eficiencia de conversión a biodiésel fue mayor en *J. sotoi-nunyezii* con un 87.2 %. La composición química del biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* con respecto al de *J. curcas* (tóxica y no tóxica) mostró mayor concentración de ésteres metílico insaturados, particularmente linoleato de metilo. Esta característica influyó en los valores calculados de los parámetros de calidad, índice de yodo y número de cetano que comparado con normas de calidad como la EN 14214, indican que

el biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* es más susceptible a la oxidación con respecto al biodiésel de *J. curcas* (tóxica y no tóxica). Por otro lado, el valor calculado de la entalpía de combustión del biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* y *J. curcas* (tóxica y no tóxica) es similar al del diésel, por lo que ambos valores indican que son biocombustibles con alto contenido energético. Esta comparación permitió considerar a *J. sotoi-nunyezii* como posible especie promisoría para la producción de biocombustibles de segunda generación.

PALABRAS CLAVE: *Jatropha sotoi-nunyezii*, ésteres metílicos de ácidos grasos, biocombustible, Tamaulipas.

ABSTRACT

Species of the genus *Jatropha* are considered a viable alternative for commercial production of biodiesel, particularly *J. curcas*. Recently *J. sotoi-nunyezii* species was described, with distribution in Tamaulipas state, but the feasibility for its industrial use remains unknown. The objective of this work was to characterize the quality and yield of the biodiesel obtained from *J. sotoi-nunyezii* as compared with the toxic and non-toxic commercial varieties of *J. curcas*. The oil from both toxic and non-toxic *J. curcas* as well as *J. sotoi-nunyezii* seeds was transesterified to produce biodiesel and its chemical composition (fatty acid methyl esters) by GC-MS was determined. The seeds from *J. sotoi-nunyezii* had a higher oil yield than those from the toxic and non-toxic *J. curcas* varieties (43.5 %, 32.5 % and 33.3 % respectively). The biodiesel conversion efficiency was higher in *J. sotoi-nunyezii* with 87.2 %. The biodiesel obtained from *J. sotoi-nunyezii* showed a higher amount of unsaturated methyl esters, particularly methyl linoleate. This feature influenced the calculated values of iodine value and cetane number that compared with quality standards such as EN 14214, indicate that the *J. sotoi-nunyezii* biodiesel is more susceptible to oxidation with respect to that of toxic and non-toxic *J. curcas*. On the other hand, the calculated heating value of biodiesel from *J. sotoi-nunyezii* and toxic and non-toxic *J. curcas* is similar to that of diesel.

Therefore, both values indicate that they are high-energy biofuels. This comparison allowed considering *J. sotoi-nunyezii* as a possible promising species for the production of second-generation biofuels.

KEYWORDS: *Jatropha sotoi-nunyezii*, fatty acids methyl esters, biofuel, Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

El sector energético mundial atraviesa una crisis derivada del uso indiscriminado de combustibles fósiles. Ante tal panorama, en los años setenta, en Estados Unidos y Brasil se propuso el uso de biocombustibles (Reijnders y Huijbregts, 2009). Entre sus ventajas están el aprovechamiento de fuentes renovables de energía con mejor distribución geográfica que los combustibles fósiles y la reducción de las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂). Los biocombustibles pueden clasificarse en tres generaciones de acuerdo con el origen de su materia prima: en la primera generación están incluidos los cultivos comestibles como azúcares, granos y semillas, por ejemplo, el maíz, soya, palma y girasol (Kumar y Sharma, 2015). La segunda generación abarca a los cultivos no comestibles como *Jatropha*, neem y karanja (Kumary Sharma, 2015). La tercera generación agrupa a las algas y bacterias fotosintéticas (Abideen y col., 2014).

Los biocombustibles líquidos más usados son: bioetanol, biometanol, biobutanol y biodiésel (Singh y Singh, 2010). El biodiésel puede obtenerse por la transesterificación de aceites o grasas, que es una reacción entre sus triglicéridos y metanol produciéndose glicerina y ésteres metílicos (Ramos y col., 2009). Debido al alto costo y demanda de aceites comestibles, la producción de biodiésel a partir de oleaginosas no comestibles ha sido ampliamente investigada en los últimos años, optándose por especies de fácil crecimiento y altos rendimientos de aceite (Martínez-Herrera, 2007; Singh y Singh, 2010). Algunas ofrecen alta producción pero contienen compuestos tóxicos, unos ejemplos son piñón (*Jatropha*

curcas), karanja (*Pongamia pinnata*), tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), mahua (*Madhuca indica*), neem (*Azadirachta indica*), goma vegetal (*Hevea brasiliensis*), ricino (*Ricinus communis*) y microalgas (Banković-Ilić y col., 2012).

El género *Jatropha* pertenece a la familia Euphorbiaceae y México es un centro de diversificación y endemismo, contando con aproximadamente 21 % de sus especies (Fresnedo-Ramírez y Orozco-Ramírez, 2013). La especie *J. curcas* posee variedades tóxicas y no tóxicas y es conocida en México como piñón, piñoncillo o pistache mexicano. Muchos estudios la consideran una especie con gran potencial para la producción de biodiésel debido a su contenido de aceite (30 % a 40 %) y a la composición química de éste, que se aproxima a 21 % de ácidos grasos saturados y a 77 % de ácidos grasos insaturados (Balat, 2011). Los ésteres metílicos de ácidos grasos determinan las características fisicoquímicas del biodiésel de acuerdo a su proporción, longitud de cadena de carbonos, y grado de insaturación. Algunas de las características fisicoquímicas evaluadas para determinar la calidad de biodiésel, en normas como la ASTM D6751 en Estados Unidos y la EN 14214 en Europa, son: viscosidad cinemática, densidad, número de cetano, índice de yodo, índice de acidez y entalpía de combustión (Hoekman y col., 2012). El biodiésel obtenido de aceites ricos en ácidos grasos insaturados (por ejemplo oleico y linoleico) ofrece características adecuadas para el funcionamiento en los motores como una densidad y viscosidad similares al diésel (Shahid y Jamal, 2011). Se ha encontrado que la calidad de ignición del biodiésel y su flujo en el motor, se favorecen con la presencia de ésteres metílicos de ácidos grasos monoinsaturados. La correcta fluidez del biocombustible en los motores se relaciona con valores bajos de viscosidad y densidad (Ramos y col., 2009; Ghazali y col., 2015). Por otro lado, proporciones muy altas de ésteres de ácidos grasos saturados provocarían la solidificación del biodiésel en climas fríos (Dos-Santos y col., 2011).

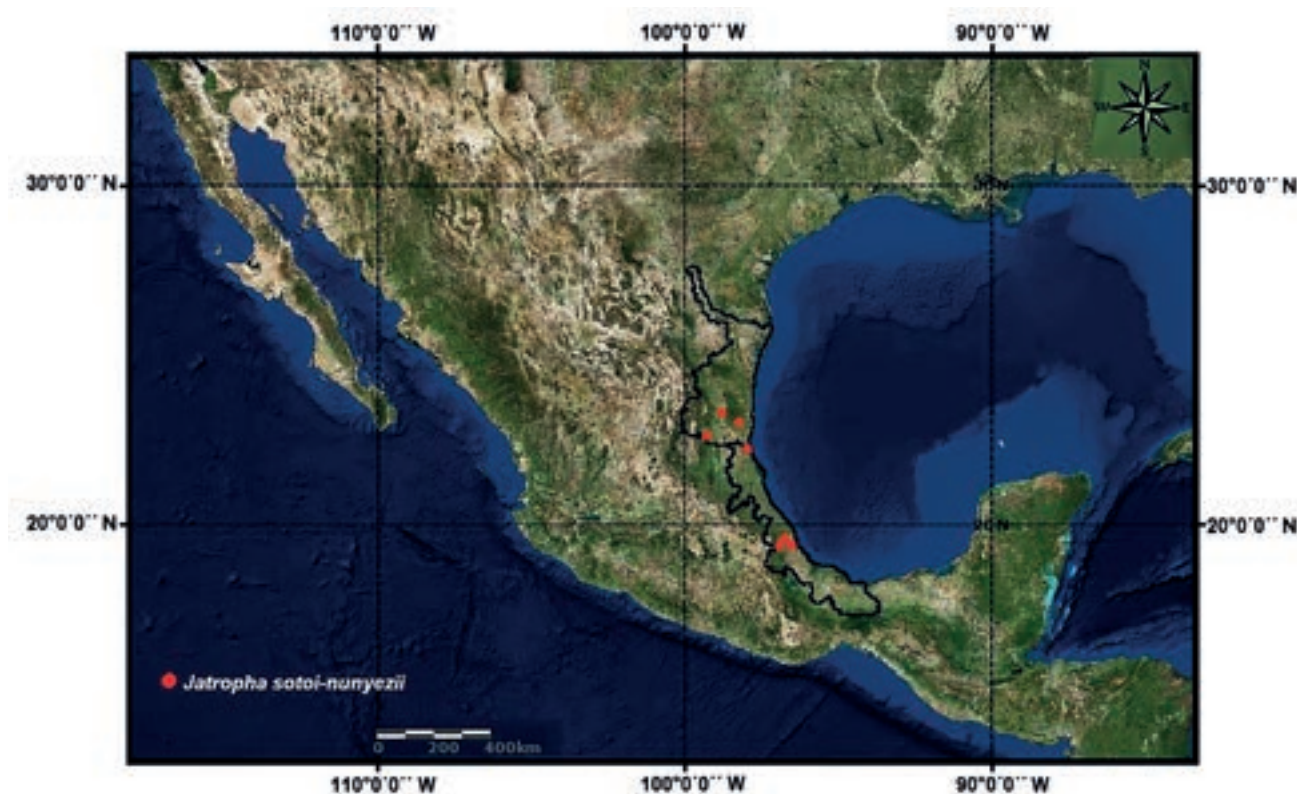
En México, capitales gubernamentales y privados han financiado la siembra de *J. curcas* en varios estados, y se ha recurrido a semillas de la India, Tailandia y del Caribe para incrementar el rendimiento. Esto ha causado problemas de adaptación, plagas, enfermedades y baja producción (Espinosa y Riegelhaupt, 2010). Adicionalmente, existen algunos problemas técnicos y económicos generados por su uso para la producción de biodiésel (Niño-García y col., 2012).

Jatropha sotoi-nunyezii (Euphorbiaceae), recientemente descrita, es una especie tropical probablemente endémica de la selva baja caducifolia de los estados de Veracruz y Tamaulipas (Figura 1). Se trata de un árbol o arbusto con una altura de 3 m a 5 m, hojas delgadas, papiráceas, pubescentes, de color verde brillante con 4 a 5 lóbulos, de hasta 13 cm x 10.5 cm, cordadas o triangulares subtrilobas, dispuestas a lo largo de las ramas o en brotes cortos (Fernández-Casas y Martínez-Salas, 2008). En Tamaulipas, esta especie había sido equívocamente considerada como *Jatropha curcas* (Valiente-Banuet y col., 1995). La especie carece de estudios genéticos, ecológicos y evolutivos que pudieran reforzar en un futuro la producción sostenible de aceite para biodiésel (Niño-García y col., 2012). Considerando esta carencia y la importancia del género *Jatropha* en el contexto de los biocombustibles, el objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad técnica y comercial de obtener biodiésel de buena calidad a partir de la variedad tamaulipeca de *J. sotoi-nunyezii*, comparándola con las variedades comerciales de *Jatropha curcas* tóxica y no tóxica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Las semillas de *J. curcas* tóxica y no tóxica fueron proporcionadas por el Dr. Juan Vega Pérez, y son originarias de plantaciones comerciales localizadas en el municipio de González, Tamaulipas, México y la carretera Victoria-Mante respectivamente. Por su parte, las muestras de *J. sotoi-nunyezii* son originarias de poblaciones silvestres en Gómez Farías, Tamaulipas, México.



■ Figura 1. Distribución geográfica de *J. sotoi-nunyezii* en México (Fernández-Casas y Martínez-Salas, 2008).

Figure 1. Geographical distribution of *J. sotoi-nunyezii* in Mexico (Fernández-Casas and Martínez-Salas, 2008).

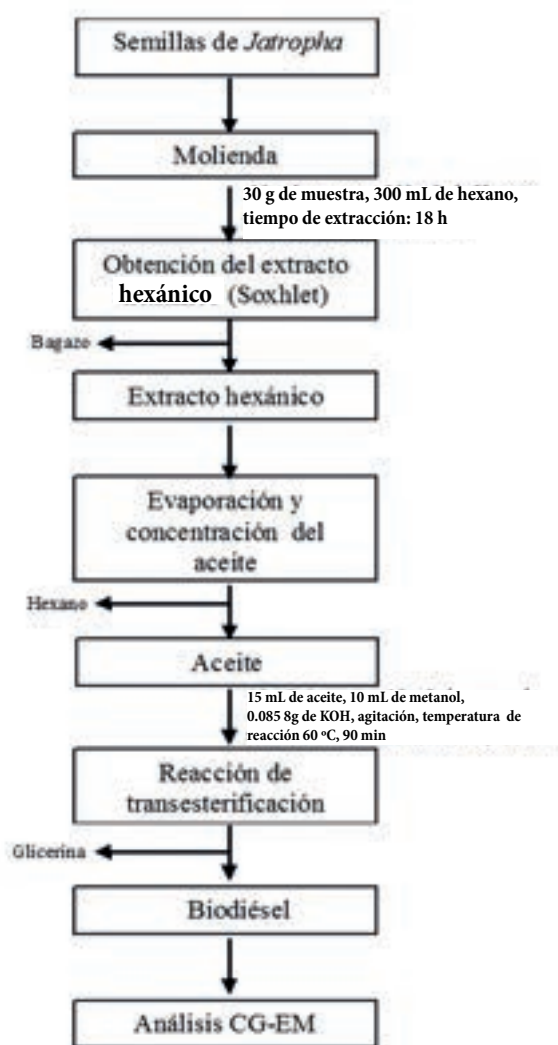
Extracción del aceite de las semillas y su conversión a biodiésel

La extracción del aceite y su conversión a biodiésel se realizó en el Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Ciencias, UNAM, con el apoyo técnico de los M. en C. Beatriz Zúñiga Ruiz y Enrique Llanos Romero. Para extraer el aceite de las muestras (30 g) de *J. curcas* tóxica y no tóxica y de *J. sotoi-nunyezii*, se utilizó un aparato Soxhlet (Corning, NY, USA), usando hexano como disolvente a temperatura de ebullición durante 18 h (Figura 2). El extracto hexánico se secó con sulfato de sodio anhidro y se filtró. El disolvente fue separado por medio de un evaporador rotatorio Büchi R-205 (Essen, Alemania); el volumen del aceite extraído fue medido y pesado para calcular su rendimiento. Una porción del aceite obtenido de cada muestra (15 mL) se sometió a transesterificación para su conversión en biodiésel, mezclándolo con 10 mL de metanol

y 0.085 8 g de hidróxido de potasio como catalizador, a 60 °C durante 90 min, lo que permitió la formación de dos fases inmiscibles, resultado de una baja solubilidad de los triglicéridos en metanol. La agitación durante la reacción, favoreció la conversión de los triglicéridos en ésteres metílicos y glicerina, esta última se depositó en la parte inferior del matraz debido a su mayor densidad. Las fases se separaron y se determinó el volumen de biodiésel purificado (ésteres metílicos de ácidos grasos) para establecer el rendimiento en cada muestra.

Análisis cromatográfico

El tipo y porcentaje de ésteres metílicos contenidos en el biodiésel de las tres muestras se analizó con un cromatógrafo de gases (5890 Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA) acoplado a un espectrómetro de masas (CG-EM), Jeol GC Mate II en modo EI (ionización de electrones).



■ **Figura 2.** Metodología general de la extracción del aceite de las semillas de *Jatropha* y su conversión a biodiésel.

Figure 2. Method overview of the oil extraction from *Jatropha* seeds and its transformation into biodiesel.

Se utilizó una columna HP-5 (30 m, 0.32 mm de diámetro interno y 0.25 μm de espesor de película), helio como gas portador, con un flujo de 1 mL/min, la temperatura del inyector fue de 310 °C. El programa de temperatura fue: inicio 40 °C, final 310 °C, a una tasa de 8 °C/min. El volumen de inyección fue 3 μL. Se usó la base de datos de espectros de masas NIST (National Institute of Standards and Technology, ver. 2.0) para la identificación inicial de los componentes y se calculó el porcentaje (%) de ésteres metílicos a partir del área de los picos.

Caracterización fisicoquímica del biodiésel

Para determinar un valor aproximado del índice de yodo (IV) e índice de saponificación (SV), se utilizaron los valores del porcentaje de los ésteres metílicos de los ácidos grasos identificados por CG-EM, en las siguientes ecuaciones (Kala-yasiri y col., 1996; Sokoto y col., 2011; Lamaisri y col., 2015):

$$SV = \sum \frac{(560 \cdot Ai)}{MWi} \quad IV = \sum \frac{(254 \cdot D \cdot Ai)}{MWi}$$

Donde *D* es el número de dobles enlaces, *Ai* y *MWi* es el porcentaje de la composición y la masa molecular de cada éster metílico, respectivamente.

A partir de los valores calculados de *IV* y *SV*, se obtuvo el valor aproximado del número de cetano (*SN*) y de entalpía de combustión (*HHV*), con las siguientes ecuaciones (Demirbas, 1998; Lamaisri y col., 2015):

$$CN = 46.3 + \frac{5458}{SV} - 0.225 \cdot IV$$

$$HHV(MJ/kg) = 49.43 - 0.004(SV) - 0.015(IV)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de aceite

El porcentaje de aceite en *J. curcas* tóxica y no tóxica fue similar (32.5 %, 33.3 % respectivamente), mientras que en *J. sotoi-nunyezii* el contenido es más alto (43.5 %) (Tabla 1). Estos valores comparados con los de soya y girasol, especies que son muy utilizadas para la producción de biodiésel, indican que tienen mayor contenido de aceite que la primera, y similar a la segunda (Karmakar y col., 2010). Se ha reportado que *J. curcas* es una excelente fuente de aceite, por su contenido que es superior al 30 % (Karmakar y col., 2010; Koh y Ghazi, 2011). Este aspecto es de gran relevancia, si se considera que para la producción de biodiésel, los porcentajes altos de aceite reducen los costos de producción, ya que la materia prima representa del 70 % al 80 % de la inversión total (Ghazali y col., 2015).

Obtención de biodiésel y perfil de ésteres metílicos de ácidos grasos

El porcentaje de conversión del aceite en biodiésel fue mayor en *J. sotoi-nunyezii* (87.2 %),

■ Tabla 1. Perfil y porcentaje (%) de ésteres metílicos de ácidos grasos del biodiésel obtenido de especies de *Jatropha* de Tamaulipas, México y su comparación con otras especies.
Table 1. Profile and percentage (%) of fatty acid methyl esters of biodiesel obtained from *Jatropha* species of Tamaulipas, Mexico and its comparison with other species.

Especie	Contenido de aceite (%)	Porcentaje de conversión a biodiésel (%)	Ésteres metílicos de ácidos grasos (%)			
			Palmitato C16:0	Estearato C18:0	Oleato C18:1	Linoleato C18:2
<i>J. sotoi-nunyezii</i> *	43.5	87.2	8.08	6.05	18.92	65.23
<i>J. curcas</i> (tóxica)*	32.5	86.5	12.13	5.64	42.41	39.13
<i>J. curcas</i> (no tóxica)*	33.3	86.0	8.79	6.98	47.94	36.28
<i>J. curcas</i> **	30.0 a 40.0	90.0	12.0 a 17.0	5.0 a 9.5	37.0 a 63.0	19.0 a 41.0
Soya**	15.0 a 20.0	94.0	7.0 a 11.0	2.0 a 6.0	19.0 a 34.0	43.0 a 56.0
Girasol**	25.0 a 35.0	96.0	3.0 a 6.0	1.0 a 3.0	14.0 a 35.0	44.0 a 75.0
Palma**	30.0 a 60.0	82.0	32.0 a 45.0	2.0 a 7.0	38.0 a 52.0	5.0 a 11.0

*Resultados del presente estudio.

**Resultados reportados por Karmakar y col. (2010).

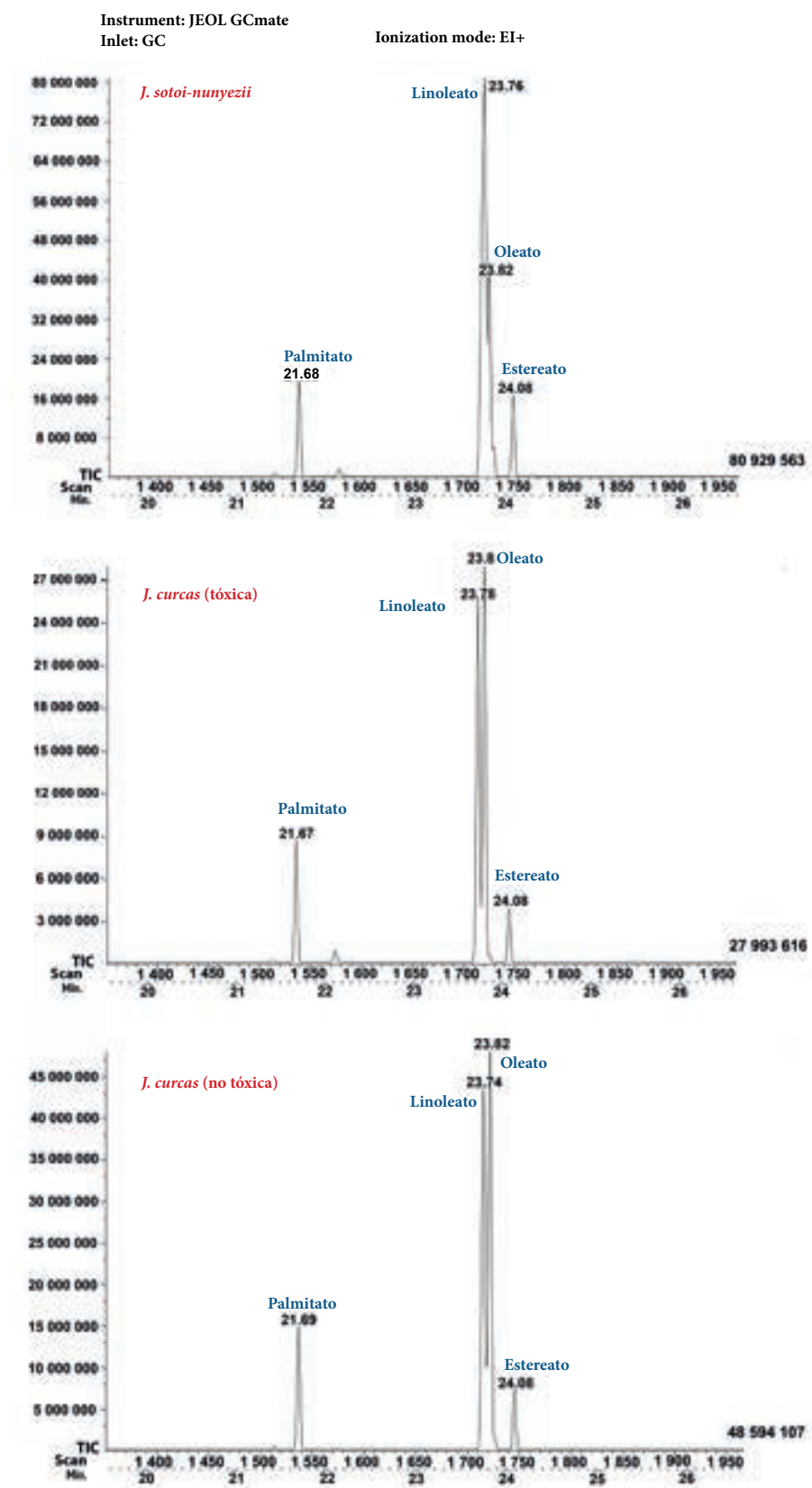
seguido por *J. curcas* tóxica (86.5 %) y *J. curcas* no tóxica (86.0 %) (Tabla 1). Este rendimiento podría aumentar al modificar las condiciones de transesterificación, como el tipo de disolvente, catalizador o la temperatura (Kumar y Sharma, 2015). La producción de biodiésel de *J. curcas* se ha comparado utilizando diferentes catalizadores ácidos (HCl y H_2SO_4) y alcalinos homogéneos (KOH, CH_3ONa , CH_3OK y NaOH), obteniendo eficiencias de conversión mayores al 90 % (Silitonga y col., 2013).

En la Figura 3 se observa el perfil cromatográfico de las tres muestras de biodiésel analizadas, señalando los tiempos de retención de cada uno de los ésteres metílicos de ácidos grasos obtenidos. En la Tabla 1 puede identificarse que más del 80 % de los ésteres metílicos fueron insaturados. La principal diferencia encontrada en la composición del biodiésel de *J. sotoi-nunyezii*, comparada con respecto a *J. curcas* tóxica y no tóxica, fue su mayor proporción de linoleato de metilo. La importancia de la determinación de este perfil de ésteres metílicos, en el biodiésel, radica en la información que aporta acerca de su composición química y su posible comportamiento como biocombustible en los motores (Ghazali y col., 2015).

Propiedades fisicoquímicas calculadas a partir del perfil de ésteres metílicos de ácidos grasos del biodiésel

En la Tabla 2 se señalan los valores calculados del índice de yodo, número de cetano y entalpía de combustión. Las ecuaciones utilizadas permitieron relacionar el porcentaje de ésteres metílicos de ácidos grasos, número de enlaces dobles y masa molecular; los valores obtenidos para *J. curcas* (tóxica y no tóxica) se compararon con los datos recopilados del estudio de Atabani y col. (2012), y se observó que eran similares (Tabla 1), por lo que se tomaron como referencia para determinar los valores del biodiésel de *J. sotoi-nunyezii*.

El valor de índice de yodo fue mayor en las muestras de *J. sotoi-nunyezii* que en las muestras de *J. curcas*, y a diferencia de esta última, rebasó el límite máximo de la norma europea EN 14214 que es de 120 g I_2 /100 g (Atabani y col., 2012). El índice de yodo está relacionado con la insaturación de los ésteres metílicos, por lo que este valor alto indica mayor número de insaturaciones, lo que significa una menor estabilidad a la oxidación y se reflejaría en la formación de compuestos no deseados, como los hidroperóxidos,



■ Figura 3. Cromatograma CG-EM del perfil de ésteres metílicos de ácidos grasos del biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* y *J. curcas* (tóxica y no tóxica).
Figure 3. GC-MS chromatogram of fatty acid methyl esters of *J. sotoi-nunyezii* and *J. curcas* (toxic and non-toxic).

■ **Tabla 2. Parámetros calculados para el biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* y *J. curcas* (tóxica y no tóxica) de Tamaulipas, México y su comparación con otras especies y normas de calidad.**
Table 2. Calculated parameters for the biodiesel from *J. sotoi-nunyezii* and *J. curcas* (toxic and non-toxic) of Tamaulipas, México and its comparison with other species and quality standards.

Especie	Parámetros calculados		
	Índice de yodo (g I ₂ /100 g)	Número de cetano	Entalpía de combustión (MJ/kg)
<i>J. sotoi-nunyezii</i> *	128.74	46.39	39.98
<i>J. curcas</i> (tóxica)*	103.83	51.63	40.26
<i>J. curcas</i> (no tóxica)*	103.64	51.58	40.24
<i>J. curcas</i> **	104.0	51.6	39.23
Soya**	128.0 a 143.0	37.9	39.76
Girasol**	125.0 a 140.0	49.0	39.6
Palma**	54.0	54.6	-
Diésel**	38.3	40.0 a 55.0	42.0 a 46.0
Norma ASTM D6751	No establecido	Mín. 47	No establecido
Norma EN 14214	Máx. 120	Mín. 51	(EN 14213) Mín. 35

*Resultados del presente estudio.

**Resultados reportados por Atabani y col. (2012).

cuya polimerización y sedimentación afectaría a los inyectores de los motores (Hoekman y col., 2012; Kumar y Sharma, 2015). Sin embargo, en la norma estadounidense ASTM D6751 no se establece este parámetro (Atabani y col., 2012), ya que es menos restrictiva en relación al uso de materias primas que la norma europea EN 14214, por lo que este proceso de oxidación puede controlarse mediante condiciones adecuadas de almacenaje y uso de antioxidantes en el biodiésel o con la hidrogenación del aceite para disminuir la proporción de ácidos grasos insaturados (Hoekman y col., 2012; Alexandrino y col., 2013; Kumar y Sharma, 2015).

El número de cetano indica la calidad de la ignición del biocombustible al ser suministrado en un motor. Se relaciona con el tiempo de retardo de la ignición que experimenta un combustible al momento de la inyección, valores altos indican una adecuada combustión, valores bajos se asocian con una proporción alta de ésteres insaturados (Ramos y col., 2009). El alto contenido de linoleato de metilo en *J. sotoi-nunyezii*

se vio reflejado en un valor bajo del número de cetano en comparación con *J. curcas*. La norma EN 14214 establece un valor mínimo de 51 y la norma ASTM D6751 un valor mínimo de 47 (Atabani y col., 2012), por lo que el número de cetano calculado del biodiésel de *J. curcas* (tóxica y no tóxica) cumple con estas especificaciones y el valor de *J. sotoi-nunyezii* se aproxima al valor establecido por la norma ASTM D6751. El biodiésel de especies con valor bajo de número de cetano (como la soya) es usado en mezclas con diésel para tener una adecuada combustión (Shehata y col., 2015). Es importante mencionar, que los valores calculados de índice de yodo y número de cetano del biodiésel de *J. curcas* (tóxica y no tóxica), fueron muy similares a los establecidos en las normas de calidad EN 14214 y ASTM D6751, debido a una proporción de ésteres metílicos insaturados más equilibrada, que es muy diferente a la de *J. sotoi-nunyezii*.

La proporción de ácidos grasos insaturados puede modificarse por medio de un proceso llamado hidrogenación parcial, una reacción química

donde se adiciona hidrógeno a los enlaces dobles de un ácido graso. Alexandrino y col. (2013), utilizaron ésta técnica en el aceite de soya para disminuir el porcentaje de ácidos grasos insaturados, particularmente el del ácido linoleico. Al determinar el valor de índice de yodo observaron que este disminuyó con respecto al biodiésel producido de aceite no hidrogenado (de 127.53 g I₂/100g a 91.04 g I₂/100g), por lo que su estabilidad a la oxidación mejoró. Si se utilizara la misma técnica para disminuir la proporción de ácido linoleico en el aceite de *J. sotoi-nunyezii*, el valor de índice de yodo del biodiésel, sería menor y se mejoraría la estabilidad a la oxidación; el número de cetano que también se relaciona con las insaturaciones de los ácidos grasos aumentaría, y la combustión sería más eficiente.

La entalpía de combustión es una propiedad que permite estimar la energía disponible en el combustible, valores altos se relacionan con un alta eficiencia energética (Atabani y col., 2012). Las entalpías de combustión calculadas para las especies de *Jatropha* tienen un valor cercano a 40 MJ/kg que se aproxima al diésel petroquímico, cuyo rango es de 42 MJ/kg a 46 MJ/kg (Tabla 2). La norma europea EN 14213 define

que el valor de entalpía de combustión debe ser mínimo 35 MJ/kg, por lo que el biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* y *J. curcas* (tóxica y no tóxica) cumplen con la especificación, indicando que éste tendrá una adecuada eficiencia en el motor.

CONCLUSIONES

J. sotoi-nunyezii puede considerarse como especie promisoría para la producción de biocombustibles de segunda generación, ya que el contenido de aceite de las semillas y el rendimiento después de su conversión a biodiésel fue alto. El perfil de ésteres metílicos del biodiésel de *J. sotoi-nunyezii* sugiere su posible empleo como biocombustible, por medio del cálculo de valores aproximados de parámetros establecidos en normas de calidad como el índice de yodo, número de cetano y entalpía de combustión. La información generada por este trabajo puede complementar a estudios integrales de las especies mexicanas de *Jatropha*, en el contexto de los biocombustibles, donde sean evaluadas con la metodología correspondiente los parámetros de las normas ASTM D6751 (E.U.A) y EN 14214 (Europea), que darán mayor certeza sobre las propiedades fisicoquímicas de éstas importantes especies.

REFERENCIAS

- Abideen, Z., Hameed, A., Koyro, HW, Gul, B., Ansari, R., and Khan, M. A. (2014). Sustainable biofuel production from non-food sources—An overview. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 26(12): 1057-1066.
- Alexandrino, C. D., Morais, S. M., Oliveira, M. S., Machado, L. K., Martins, C. G., Craveiro, A. A., and Jorge, F. A. (2013). Influence of hydrogenation and antioxidants on the stability of soybean oil biodiesels. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 115(6): 709-715.
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Badruddin, I. A., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., and Mekhilef, S. (2012). A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(4): 2070-2093.
- Balat, M. (2011). Potential alternatives to edible oils for biodiesel production. A Review of current work. *Energy Conversion and Management*. 52(2): 1479-1492.
- Banković-Ilić, I. B., Stamenković, O. S., and Veljković, V. B. (2012). Biodiesel production from non-edible plant oils. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(6): 3621-3647.
- Demirbas, A. (1998). Fuel properties and calculation of higher heating values of vegetable oils. *Fuel*. 77(9): 1117-1120.
- Dos-Santos, V., Da Silva J. A. B., Stragevitch, L., and Longo, R. L. (2011). Thermochemistry of biodiesel oxidation reactions: A DFT study. *Fuel*. 90(2): 811-817.
- Espinosa, F. J. y Riegelhaupt, E. (2010). “La fiebre de plantaciones para biodiésel de *Jatropha*”,

en *La Jornada*, 16 de marzo de 2010. [En línea]. Disponible en: <http://ciencias.jornada.com.mx/investigacion/ciencias-quimicas-y-de-la-vida/investigacion/la-fiebre-de-plantaciones-para-biodiesel-de-jatropha/>. Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2015.

Fernández-Casas, F. J. and Martínez-Salas, E. M. (2008). *Jatropha* notulæ (Euphorbiaceæ), 5. *Fontqueria*. 55(62): 471-480.

Fresnedo-Ramírez, J. and Orozco-Ramírez, Q. (2013). Diversity and distribution of genus *Jatropha* in México. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 60(3): 1087-1104.

Ghazali, W. N. M. W., Mamat, R., Masjuki, H. H., and Najafi, G. (2015). Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 51: 585-602.

Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerós, E., and Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(1): 143-169.

Kalayasiri, P., Jayashoke, N., and Krisnangkura, K. (1996). Survey of seed oils for use as diesel fuels. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 73(4): 471-474.

Karmakar, A., Karmakar, S., and Mukherjee, S. (2010). Properties of various plants and animals feedstocks for biodiesel production. *Bioresource technology*. 101(19): 7201-7210.

Koh, M. Y. and Ghazi, T. I. M. (2011). A review of biodiesel production from *Jatropha curcas* L. oil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(5): 2240-2251.

Kumar, M. and Sharma, M. P. (2015). Assessment of potential of oils for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 44: 814-823.

Lamaisri, C., Punsuvon, V., Chanprame, S., Arunyanark, A., Srinives, P., and Liangsakul, P. (2015). Relationship between fatty acid composition and biodiesel quality for nine commercial palm oils. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 37(4): 389-395.

Martínez-Herrera, J. (2007). El piñón mexicano: una alternativa bioenergética para México, en *Revista Digital Universitaria*. [En línea]. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art88/int88.htm>. Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2015.

Niño-García, N., Sánchez-Ramos G., Mora-Olivo, A. y Pérez-Quilantán, L. M. (2012). Controversia en la producción de biodiésel. Caso: *Jatropha* en Tamaulipas. *CienciaUAT*. 7(1): 6-13.

Ramos, M., Fernández, C., Casas, A., Rodríguez, L., and Pérez, A. (2009). Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresource technology*. 100(1): 261-268.

Reijnders, L. and Huijbregts, M. (2009). Transport Biofuels: Their Characteristics, Production and Costs. En *Biofuels for Road Transport. A Seed to Wheel Perspective*. [En línea]. Disponible en: <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-84882-138-5>. Fecha de consulta: 4 de junio de 2016.

Shahid, E. M. and Jamal, Y. (2011). Production of biodiesel: A technical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(9): 4732-4745.

Shehata, M. S., Attia, A. M., and Razeq, S. A. (2015). Corn and soybean biodiesel blends as alternative fuels for diesel engine at different injection pressures. *Fuel*. 161: 49-58.

Silitonga, A. S., Masjuki, H. H., Mahlia, T. M. I., Ong, H. C., Atabani, A. E., and Chong, W. T. (2013). A global comparative review of biodiesel production from *Jatropha curcas* using different homogeneous acid and alkaline catalysts: Study of physical and chemical properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 24: 514-533.

Singh, S. P. and Singh, D. (2010). Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14(1): 200-216.

Sokoto, M. A., Hassan, L.G., Dangoggo, S. M., Ahmad, H. G., and Uba, A. (2011). Influence of fatty acid methyl esters on fuel properties of biodiesel produced from the seeds oil of *Curcubita pepo*. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*. 19(1): 81-86.

Valiente-Banuet, A., Medrano-González, F. y Piñero-Dalmau, D. (1995). La vegetación selvática de la región de Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Acta Botánica Mexicana*. (33): 1-36.



Tomado de: <https://pixabay.com/es/ciudad-coches-el-tr%C3%A1fico-veh%C3%ADculos-1284489/>

Contaminación por ruido en carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua

Noise pollution in access roads to the city of Chihuahua

Cecilia Olivia Olague-Caballero*

Gilberto Wenglas-Lara

José Guillermo Duarte-Rodríguez

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, Campus Universitario II, Circuito Universitario S/N Chihuahua., México, C.P. 31100.

***Autor para correspondencia:**

cecilia.olague@gmail.com

Fecha de recepción:

30 de septiembre de 2014

Fecha de aceptación:

7 de abril de 2016

RESUMEN

La contaminación por ruido es un problema de continua preocupación pública, por lo que se dedican esfuerzos importantes para controlarlo. El tráfico vehicular es la mayor fuente de contaminación acústica en las áreas urbanas. Las principales variables que inciden en el ruido urbano son el tráfico rodado y su impacto según el uso de suelo colindante. El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de ruido que se genera en tres vías de alto tráfico vehicular en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México: Chihuahua a Hermosillo, Sonora; Chihuahua a Ciudad Juárez, Chihuahua; y Chihuahua a Delicias, Chihuahua. Para ello, se seleccionaron 64 puntos de estudio. El nivel de ruido fue medido durante los periodos de máxi-

ma demanda vehicular. El índice utilizado fue el nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq dB [A]), y la unidad de medida fue el decibelio (dB). Los resultados muestran que el nivel de ruido varió de 67.7 dB (A) a 75.5 dB (A), valores que se encuentran por arriba de los niveles de ruido permisibles, de acuerdo a los estándares internacionales. Se sugiere el uso de bermas, la optimización de la superficie de rodamiento y barreras de sonido como alternativas que se consideran adecuadas para mitigar el ruido en cada punto en que se exceden los niveles permitidos máximos en el día.

PALABRAS CLAVE: tráfico vehicular, mitigación de ruido urbano, ruido urbano, ruido de autotransportes.

ABSTRACT

Noise pollution is a problem of continuous public concern; major efforts are devoted to trying to abate it. Vehicular Traffic is a major source of noise pollution in urban areas. The main variables that influence the urban noise are the vehicles and the adjacent land use. The aim of this research was to quantify the noise level in three high traffic volume ways in Chihuahua city, Chihuahua, México: Chihuahua to Hermosillo, Sonora; Chihuahua to Ciudad Juárez, Chihuahua; and Chihuahua to Delicias, Chihuahua. For this 64 points of analysis were selected. The noise level was measured during peak hours. The index used was A-weighted equivalent continuous sound pressure level (L_{eq} dB [A]), and the measurement unit was the decibel (dB). The results show that noise level ranged between 67.7 dB (A) and 75.5 dB (A), which are above the permissible noise levels according to international standards. Using of berms, optimization of road surface, and sound barriers are suggested as adequate alternatives to mitigate the noise level at each point that exceed the maximum permitted levels during daytime.

KEYWORDS: vehicular traffic, urban noise abatement, urban noise, transportation noise.

INTRODUCCIÓN

El ruido medioambiental de las áreas urbanas de todo el mundo suele rebasar la norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 1999), establecida en 55 dB (A) para el día y en 50 dB (A) para la noche. Li y col. (2004) y Gökdağ (2012), reportaron que los altos niveles de ruido estaban asociados con altos volúmenes de tráfico vehicular. El ruido causado por el tráfico vehicular representa en la actualidad una de las principales fuentes de contaminación acústica en las áreas urbanas (Zannin y col., 2002; Murthy y col., 2007; Chaaban, 2008; Oyedepo y Saadu, 2008; Ausejo y col., 2009; Nejadkoorki y col., 2010; Ehram-poush y col., 2012). La preocupación por el efecto que causa en la salud y bienestar de la población no es reciente, uno de los prime-

ros estudios de ruido urbano producido por el tráfico vehicular se realizó en Nueva York en 1930 (Fletcher y Galt, 1950); en tanto que en Europa, en 1960, se hicieron estudios de ruido en Toulouse, Francia y Dormunt, Alemania (García, 1988). Recientemente, en Calcuta, India, se realizó un estudio que permitió establecer que el ruido vehicular estaba por encima de los límites permisibles, y se obtuvo un mapa acústico de la ciudad (Chakrabarty y col., 1997).

Europa ha sobresalido en la atención al problema del ruido vehicular en áreas urbanas y su impacto medioambiental. En España, en 1996, se publicó el Informe Dobrís, en el que se manifiesta la preocupación por la contaminación acústica; y en 2010, en el informe CNOSSOS-EU, se describe un marco metodológico común para elaboración de mapas de ruido, basados en la Directiva de ruido Medioambiental (2002/49/EC). También es importante destacar, que desde el 2007, se conmina a los países de la comunidad europea a que una vez que se tengan los mapas de ruido de las vialidades principales, ferrocarriles, aeropuertos y aglomeraciones en áreas urbanas, se elaboren planes de acción para reducir la contaminación acústica (Kephelopoulou y col., 2012).

En México los niveles de ruido por tráfico vehicular no han sido evaluados de forma extensiva, sin embargo, existen algunos estudios básicos importantes que datan de 1985, por ejemplo, cuando la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de México (SEDUE) realizó un estudio en diversas ciudades, de las cuales, 25 resultaron con problemas de contaminación por ruido emitido por el tráfico vehicular (Jiménez, 2001). En otro estudio de la SEDUE, elaborado en 1985, en 25 sitios del sur de la Ciudad de México, de 3 km² de área, el ruido vehicular se mantuvo constante de las 7:00 horas a las 21:00 horas, encontrándose niveles de ruido superiores a 55 dB (A) en el 86 % de los sitios, y superiores a 70 dB (A) en el 60 % de los sitios, rebasándose la normatividad de la OMS, que indica 55 dB (A) como nivel máximo permitido en áreas habitacionales (Jiménez, 2001).

En 1986, la SEDUE efectuó un estudio de ruido en la Ciudad de México, en intersecciones de la Delegación Benito Juárez, detectando valores de 74 dB (A) a 100 dB (A) (Jiménez, 2001). El Instituto Mexicano del Transporte (IMT), en el año 2000, inició una línea de investigación respecto a la generación de ruido en algunas de las carreteras más importantes de la República Mexicana, con objeto de medir los niveles de ruido, realizar diagnósticos y establecer criterios de regulación del mismo (Damián y col., 2001; Flores y col., 2002a; Flores y col., 2002b; Flores y col., 2005; Flores y col., 2006). En 2003, el IMT, publicó una propuesta de normatividad mexicana para regular el ruido que genera la operación del transporte carretero, donde se proponen una serie de medidas para disminuir los niveles de ruido vehicular (Torras y col., 2003).

Las personas expuestas al ruido generado por el tráfico vehicular, aún a bajos niveles, presentan molestias y trastornos del sueño (Bluhm y col., 2004), afectando también la actividad productiva y el bienestar en general (Boullosa y Pérez, 1987; German, 2008; Al-Mutairi y col. 2009; Cravioto y col., 2013; Zamorano y col., 2015), así como el nivel de atención escolar en estudiantes de nivel básico (Campuzano y col., 2010). Se ha establecido que la exposición a altos niveles de contaminación acústica por periodos prolongados aumenta el riesgo de padecer importantes trastornos fisiológicos, sensación de malestar y fatiga crónica, e incluso pérdida de audición en casos severos (Babisch, 2011; Welch y col., 2013).

Existen diferentes esfuerzos para reducir la contaminación acústica ocasionada por el tráfico vehicular. Dursun y col. (2006) y Banerjee y col. (2009), realizaron trabajos de investigación, en los que mostraron que un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta efectiva para evaluar la contaminación por ruido en áreas urbanas y hacer mapas de ruido que permitan acciones de planeación e incluso correctivas.

En Suecia, la Universidad de Chalmers emitió una serie de recomendaciones para reducir el

ruido, que incluye pavimentos con textura y granulometría más cerrada (Kropp y col., 2007). Al respecto, el Departamento de Transporte del Estado de Washington (WSDOT, por sus siglas en inglés), realizó un estudio sobre la interacción neumático-pavimento, en carreteras con concreto asfáltico, usando cemento portland, estableciendo que el ruido depende más de la textura del pavimento que del tipo de pavimento. El pavimento con agregado grueso produjo 7 dB (A) más que el pavimento de textura lisa (WSDOT, 2005).

El crecimiento en las áreas de urbanización y el tráfico vehicular obligan a las autoridades a tener una planeación sustentable y racional, que permita un adecuado control de la contaminación sonora (Chandioa y col., 2010).

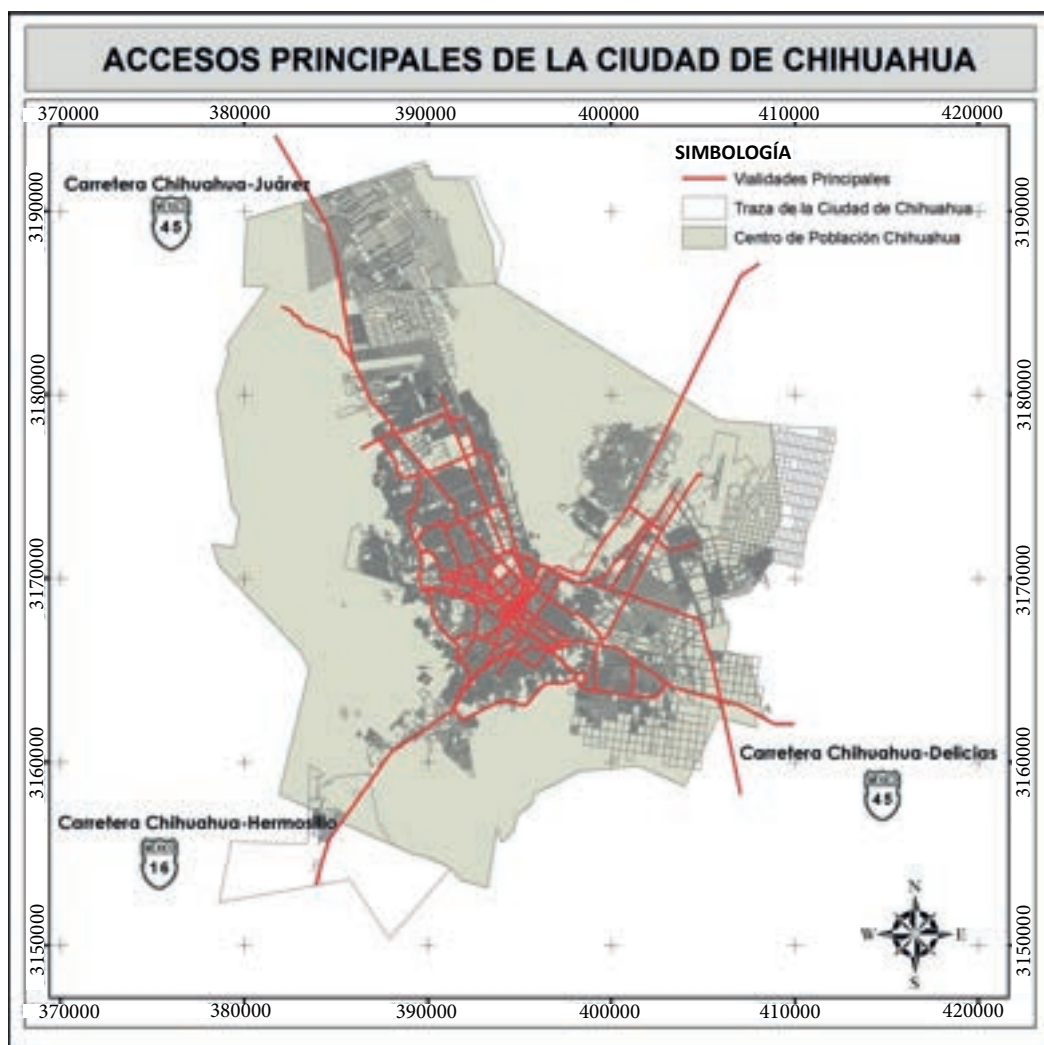
El objetivo de la presente investigación fue evaluar el nivel de ruido proveniente de los vehículos automotores, en tres importantes vialidades de acceso a la ciudad de Chihuahua, así como establecer recomendaciones de mitigación o eliminación del efecto de la contaminación acústica proveniente de los vehículos automotores, basándose en los niveles internacionales permisibles de ruido.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las principales vías de acceso de la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México: Chihuahua a Hermosillo, Sonora; Chihuahua a Ciudad Juárez, Chihuahua; y Chihuahua a Delicias, Chihuahua (Figura 1). El trabajo se dividió en tres partes básicas: caracterización de la zona de estudio, medición del ruido vehicular y asignación de medidas de mitigación.

Caracterización de la zona de estudio

Se estudiaron las características urbanas, geométricas y de tránsito vehicular. Para el estudio de las características urbanas se realizó un análisis urbano para cada acceso, en conformidad con lo señalado en el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población Chihuahua 2040 (PDU 2040, 2013), en su última actualización de octubre del 2013. Esto permitió identificar los pun-



■ Figura 1. Ubicación de carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua que fueron estudiadas. Las coordenadas se indican en unidades UTM.

Figure 1. Location of access roads to Chihuahua City that were studied. Coordinates are indicated in UTM units.

tos más vulnerables o mayormente afectados, como sectores densamente poblados, zonas habitacionales, templos, hospitales, áreas recreativas, guarderías, zonas escolares, zonas comerciales o de servicios, entre otros. Además, se determinaron las características geométricas de cada acceso carretero, tales como: derecho de vía, ancho de corona, ancho de calzada, acotamiento, banquetas, número de carriles de circulación, dimensiones de faja separadora central, pendiente del camino, tipo de pavimento y estado de conservación.

Para la determinación de las características del tránsito vehicular se realizaron aforos vehicula-

res, utilizándose un aforador marca Metro Count, modelo 5600, Series RSU, fabricado en Australia Occidental, complementándose la información con aforos manuales en cada uno de los accesos estudiados.

Los estudios de ingeniería de tránsito se desarrollaron de acuerdo a los procedimientos que se indican en el Manual de Ingeniería de Tráfico del Instituto de Ingenieros en Transporte de Estados Unidos (ITE, 2009). Para cada acceso se obtuvo el tránsito diario promedio anual (TDPA), volumen de la hora de máxima demanda (VHMD), hora pico, la composición vehicular y las velocidades de punto. La composición vehicular se

midio en porcentaje de vehículos tipo A, B, C y especiales. Los vehículos tipo A se definieron como vehículos ligeros, que incluyen principalmente a los automóviles particulares. Los vehículos tipo B estuvieron conformados por autobuses. Los vehículos tipo C fueron camiones pesados de dos y tres ejes, y por último se consideraron los vehículos especiales, que no quedaron encasillados en ninguna de las categorías anteriores.

Medición del ruido vehicular

Para la ubicación de los puntos de medición del ruido vehicular se aplicó la combinación de los criterios de selección de puntos críticos, por conveniencia y aleatoriamente. Los puntos críticos se consideran colindantes con los usos de suelo: equipamiento de salud, como hospitales y clínicas, equipamiento educativo, equipamiento de asistencia social, como asilos o guarderías, equipamiento recreativo y zonas habitacionales, de acuerdo a lo estipulado en el PDU 2040 (2013).

Los puntos por conveniencia se seleccionaron considerando los usos de suelo actualmente en operación en la zona, usos existentes. Adicionalmente, un número de puntos fue determinado aleatoriamente. Los puntos se denominaron bajo una nomenclatura de referencia de acuerdo a los sentidos de circulación de los tramos de estudio, seguido de un número que indica el punto de medición. La nomenclatura se muestra en la Tabla 1. La ubicación de los puntos medidos se muestra en las Figuras 2a,

2b y 2c. En todos los casos, los puntos de medición fueron seleccionados de manera que estuvieran alejados de cualquier fuente fija u otro tipo de fuente de ruido, distinta del tráfico vehicular de la vía, que podría haber alterado la medición.

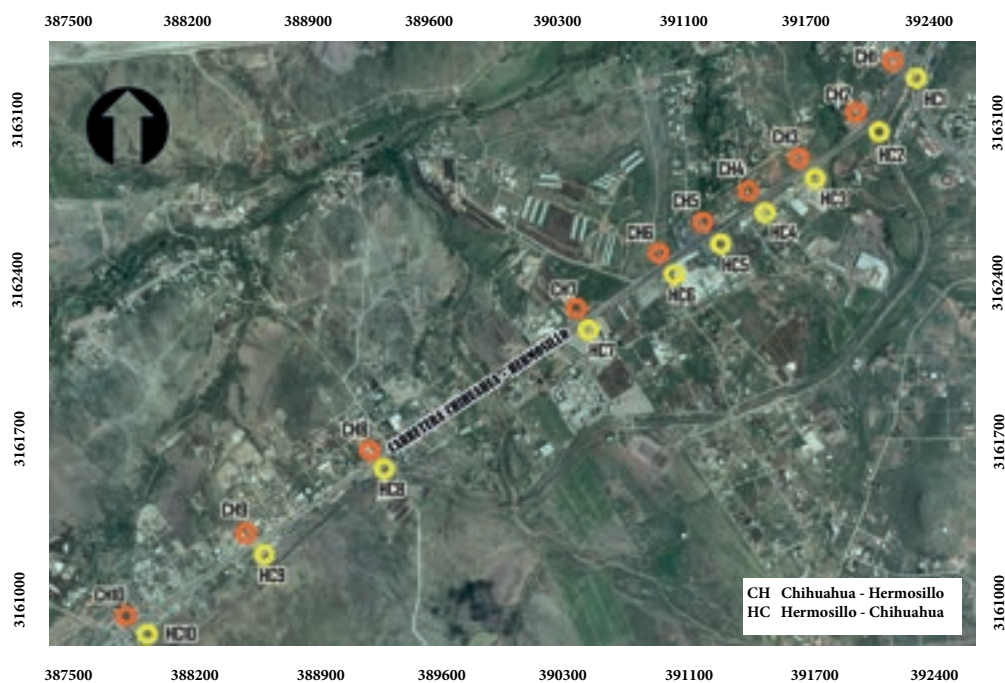
El tiempo de medición de ruido en los tramos de estudio fue de dos semanas continuas, incluyendo días hábiles y fines de semana. Se contemplaron 10 d hábiles, de lunes a viernes y 4 d de fin de semana, durante los meses de enero, febrero y marzo de 2012, exceptuando días feriados. La toma de lecturas de niveles de ruido fue durante la hora pico correspondiente al sentido de circulación de la carretera, con un intervalo de tiempo entre lecturas de nivel de ruido de 2 min. Las condiciones meteorológicas, tales como, temperatura y velocidad de viento, fueron tomadas en el momento de la medición de cada punto.

La medición del ruido vehicular se realizó con un sonómetro integrador tipo II, Sound Level Meter Nicety SL821, número de serie ST 023900 (margen error ± 1.5 dB), fabricado en Guangdong, China. Antes de efectuar cada grupo de mediciones se calibró el sonómetro, y se verificó que cumpliera con las exigencias señaladas en las normas IEC 61672-1: 2002 (IEC, 2013); éste equipo es utilizado para mediciones en estudios de campo. Cuenta con dos curvas de ajuste A y C, rangos de medición de 30 dB a 130 dB, rango de frecuencia de 31.5 Hz a 8 KHz, ponderación de tiempo lento/rápido,

■ **Tabla 1. Ubicación y nomenclatura para la identificación de puntos de medición de ruido.**

Table 1. Location and nomenclature for identifying noise measurement points.

Tramo carretero	Nomenclatura ID	Total de Puntos
Carretera 16, sentido Chihuahua a Hermosillo	CH1 a CH10	10
Carretera 16, sentido Hermosillo a Chihuahua	HC1 a HC10	10
Carretera 45, sentido Chihuahua a Juárez	CJ1 a CJ12	12
Carretera 45, sentido Juárez a Chihuahua	JC1 a JC12	12
Carretera 45, sentido Chihuahua a Delicias	CD1 a DC10	10
Carretera 45, sentido Delicias a Chihuahua	DC1 a DC10	10



■ Figura 2a. Ubicación de puntos de medición, carretera Chihuahua a Hermosillo. Las coordenadas se señalan en unidades UTM.

Figure 2a. Location of measurement points, road Chihuahua to Hermosillo. Coordinates are indicated in UTM units.



■ Figura 2b. Ubicación de puntos de medición, carretera Chihuahua a Ciudad Juárez. Las coordenadas se señalan en unidades UTM.

Figure 2b. Location of measurement points, road Chihuahua to Ciudad Juárez. Coordinates are indicated in UTM units.



■ Figura 2c. Ubicación de puntos de medición, carretera Chihuahua a Delicias. Las coordenadas se señalan en unidades UTM.

Figure 2c. Location of measurement points, road Chihuahua to Delicias. Coordinates are indicated in UTM units.

con parámetros de medición: nivel de presión de sonido (L_p), nivel continuo equivalente de sonido (L_{eq}), nivel de presión de sonido máximo (L_{max}), nivel de exposición de sonido (LE) y nivel pico de sonido (LC_{peak}).

Se utilizó un filtro de ponderación A de tiempo lento, que simula la respuesta del oído humano. El indicador empleado fue el nivel de presión sonora continuo equivalente L_{eq} dB (A), expresado en decibelios, que es el más usado y el que utilizan las legislaciones sobre ruido urbano (López y col., 2009; Aparecida y col., 2014). El ruido producido por el tráfico vehicular es variable, y el indicador más utilizado es el “ L_{eq} ”, el cual representa la media de la energía sonora percibida por un individuo en un intervalo de tiempo. Desde el punto de vista físico, la unidad de medición es la presión del sonido, dada en Pascales (Pa). La presión real del sonido se dividió entre la del umbral auditivo, seguida de una transformación logarítmica. El decibel es la unidad de medida resultante de la relación entre la cantidad medida y un nivel de referencia que emplea el umbral mínimo de audición de

$20\mu Pa$. La “A” significa que el nivel de ruido es captado por un micrófono que lo filtra y ajusta de la misma forma que lo hace el oído humano. Se registró la variación de ruido en periodos de aproximadamente una hora durante el máximo flujo vehicular (hora pico). El tiempo de medición se dividió en intervalos constantes, obteniendo su correspondiente nivel de presión sonora. Para determinar la respuesta humana, ante los distintos niveles de ruido, se utilizaron los percentiles de la distribución porcentual acumulada de cada medición, con el fin de describir a qué nivel de ruido y durante cuánto tiempo, se exponían los receptores afectados. Los percentiles usados con mayor frecuencia son el L 50, L 10 y el L 90. El percentil L 50 fue usado como cuantificador del nivel sonoro del medio ambiente, el percentil L 10 como cuantificador de los niveles sonoros altos, y el percentil L 90 para cuantificar niveles sonoros bajos, que son excedidos el 90 % del tiempo total y se considera como cuantificador del ruido de fondo.

El equipo se instaló sobre un tripie a 1.50 m de altura, respecto al hombro del camino, a una dis-

■ **Tabla 2. Criterios para selección de alternativas de mitigación del ruido urbano.**

Table 2. Selection criteria of alternatives for urban noise mitigation.

Medida de Mitigación	Rango de disminución de ruido dB (A)
Construcción de bermas de tierra	0 a 3
Optimización superficie rodamiento	3 a 5
Construcción de barreras acústicas	5 a 10

tancia mínima de 2 m de fachadas de edificaciones y estructuras reflectantes y a no más de 7.5 m al hombro del camino. El micrófono condensador eléctrico de 1/2 pulgada, se orientó de manera horizontal a 0° respecto al suelo, hacia el sentido de circulación vehicular. Se programó el equipo bajo la curva de ponderación A, rango de medición 50 dB (A) a 100 dB (A), y con el indicador nivel de presión sonora continuo equivalente Leq dB (A). La información recolectada se procesó mediante el software Excel y Minitab 15.

Se utilizó un geoposicionador marca Magellan modelo Triton 1500, fabricado en San Dimas, California, Estados Unidos, para la ubicación de los puntos distribuidos en los tramos de estudio, obteniendo sus coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator). El geoposicionador trabaja mediante 12 canales de recepción y con una precisión de ± 4 m.

Asignación de medidas de mitigación

En la Tabla 2 se muestran las medidas de mitigación que fueron seleccionadas de acuerdo a la literatura revisada, considerando las de más amplia aplicación: bermas, que reducen de 0 dB

(A) a 3 dB (A); optimización de la superficie de rodamiento, que reduce de 3 dB (A) a 5 dB (A); y barreras de sonido, que reducen de 5 dB (A) a 10 dB (A) (OECD, 1995; FHWA, 2011; Freitas y col., 2012; Praticò y Anfosso-Lédée, 2012).

Un análisis geoestadístico de la información de los niveles de ruido permitió elaborar el mapa de sonido correspondiente para cada acceso y asignar medidas de mitigación, de acuerdo a: niveles de ruido que exceden a la normatividad, usos de suelo de la zona adyacente, características geométricas de la carretera, planta topográfica y condiciones de tránsito vehicular.

La referencia para determinar el número de decibeles que exceden la normatividad fueron las establecidas por la OMS, que son de 55 dB (A) para el día (WHO, 1999). Para determinar el número de decibeles que exceden a la normatividad por tipo de uso de suelo del área colindante a la carretera, se decidió seguir el criterio que marca la Administración Federal de Carreteras (FHWA, 2011) (Tabla 3), en virtud de que en México no se cuenta con una normatividad al respecto. Para revisar los excedentes de ruido, en cada punto,

■ **Tabla 3. Número de decibeles máximos permitidos por uso de suelo colindante a una carretera recomendados por la Administración Federal de Carreteras (FHWA, 2011).**

Table 3. Maximum number of decibels allowed by type of adjoining land use to road recommended by the Federal Highway Administration (FHWA, 2011).

Uso de suelo y Áreas de Actividad	Leq dB (A)
Residencial urbano	67
Hospital, biblioteca, escolar	67
Comercial	72
Industrial	72
Mixto	72

se consideró adicionalmente, la norma oficial mexicana (NOM-081-SEMARNAT-1994), que si bien es para fuentes fijas, resulta más conservadora que la norma para fuentes móviles (NOM-080-SEMARNAT-1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se muestran los principales resultados de los estudios relativos a las características del tránsito vehicular en los tres accesos viales de la ciudad de Chihuahua, en ambos sentidos de circulación. En la carretera Hermosillo a Chihuahua fue donde se registró el volumen vehicular máximo para la hora de máxima demanda (VHMD), el cual fue de 1 267 veh/h. El máximo tránsito diario promedio anual (TDPA) fue de 11 842 veh. La composición vehicular medida en porcentaje de vehículos más alta fue la de tipo A (vehículos ligeros como automóviles

particulares) con 80.86 %; seguida de la de tipo B (conformados por autobuses) con 4.42 %; tipo C (camiones pesados de dos y tres ejes) con 14.22 %; y vehículos especiales (que no quedan encasillados en ninguna de las categorías anteriores) con 0.5 %.

La Tabla 5 muestra las velocidades de punto y de operación registradas en cada acceso carretero estudiado para ambos sentidos de circulación. Las velocidades de operación están definidas en función del proyecto geométrico de cada carretera y tienen carácter normativo. Las velocidades de punto son velocidades promedio reales a las cuales circulan los vehículos en el sitio estudiado. La velocidad de punto promedio a la que circularon los vehículos en los puntos de estudio fue de 73.5 km/h. El alto nivel de ruido obtenido en las vías estudiadas estuvo aso-

■ Tabla 4. Resultados de volúmenes de tráfico para la hora de máxima demanda por cada acceso carretero en sus dos sentidos de circulación.

Table 4. Results of traffic volume during peak hours per access road on both traffic directions.

Tramo Carretero	Características de tránsito								
	Hora pico			VHMD veh/h	TDPA veh	Composición Vehicular (%)			
	Lunes a Viernes (horas)	Sábado (horas)	Domingo (horas)			A	B	C	Esp
Carretera 16 Chihuahua a Hermosillo	07:45 a 08:45	09:15 a 10:15	14:45 a 15:45	1 244	11 627	79.56	6.23	13.68	0.53
Carretera 16 Hermosillo a Chihuahua	18:15 a 19:15	14:15 a 15:15	11:45 a 12:45	1 267	11 842	80.86	4.42	14.22	0.50
Carretera 45 Chihuahua a Cd. Juárez	07:45 a 08:45	08:45 a 09:45	15:00 a 16:00	1 027	9 599	73.90	11.54	13.68	0.88
Carretera 45 Cd. Juárez a Chihuahua	18:30 a 19:30	14:30 a 15:30	12:00 a 13:00	968	9 047	81.25	3.52	14.52	0.71
Carretera 45 Chihuahua a Delicias	07:15 a 08:15	09:00 a 10:00	15:15 a 16:15	798	7 458	80.78	6.53	12.04	0.65
Carretera 45 Delicias a Chihuahua	17:00 a 18:00	14:45 a 15:45	12:15 a 13:15	803	7 505	81.01	5.19	12.79	1.01

ciado con la alta velocidad de circulación de los vehículos (Marathe, 2012).

En el análisis estadístico de las mediciones de ruido efectuadas, se encontró que el nivel máximo de ruido medido fue de 75 dB (A), por encima del máximo permitido en la NOM-081-SEMARNAT-1994, el cual es de 68 dB (A), y es rebasado en la mayoría de los sitios estudiados. En el caso de la carretera Chihuahua a Hermosillo se rebasa la norma en el 45 % de los casos, en la carretera Chihuahua a Ciudad Juárez y en la Chihuahua a Delicias se rebasa en el 100 % de los sitios estudiados.

Es importante destacar que el 100 % de los puntos analizados en este estudio, rebasaron el máximo de los niveles permisibles de ruido establecidos por la OMS (55 dB [A]) (WHO, 1999). Este mismo comportamiento ha sido reportado en otras ciudades altamente pobladas de diferentes países, en las que se exceden dichos niveles, como Buenos Aires, Argentina, donde se obtuvieron valores de 108 dB (A) a 129 dB (A) en 2001 (Bonello y col., 2002); en Llorin Metrópolis, Nigeria, se tomaron medidas de ruido en: paraderos de autobuses (91.5 dB [A]), estacionamientos de vehículos ligeros (87.8 dB [A]), zonas industriales (110.2 dB [A]), y zonas residenciales (84.4 dB [A]) (Oyedepo y Saadu, 2008); en Yazd, Irán, los niveles de ruido oscilaron de 61.3 dB (A) a 75.1 dB (A) (Nejadkoorki y col., 2010; Ehrampoush y col., 2012).

La asignación de medidas de mitigación consistió en la determinación de la diferencia de decibeles por sitio estudiado, de acuerdo al criterio de la Tabla 3. Los resultados se muestran en las Figuras 3a, 3b y 3c. El signo positivo indica el número de decibeles en que se rebasa la normatividad (FHWA, 2011), y el signo negativo el número de decibeles por debajo de la norma. Estos puntos constituyen una capa temática de información del sistema de información geográfica implementado para el análisis del ruido en las carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua. Otra capa temática constituye los usos de suelo en las áreas colindantes a los sitios estudiados, de acuerdo al código de colores definido en la zonificación secundaria del Plan Urbano para la ciudad de Chihuahua (PDU 2040, 2013). Se consideró el uso de suelo del área adyacente a la carretera en la asignación de medidas de mitigación, de acuerdo al criterio de la FHWA (2011), puesto que se requieren medidas de mitigación más severas en el caso de usos de suelo residenciales, de equipamiento educativo y hospitales. A los usos de suelo de industria y comercio y servicios, se consideró no asignar ninguna de las medidas de mitigación aplicadas a la vía pública, en virtud de que los edificios en este caso pueden ser aislados acústicamente como parte de la inversión privada, en caso de que se requiera.

Finalmente, se procedió a la asignación de medidas de mitigación, basados en las capas temáti-

■ **Tabla 5. Velocidades de punto por acceso carretero y por sentido de circulación.**

Table 5. Point speed per road Access and by direction of traffic.

Tramo Carretero	Velocidad (Km/h)	
	De punto	De operación
Carretera 16 sentido Chihuahua a Hermosillo	66.73	50 a 70
Carretera 16 sentido Hermosillo a Chihuahua	76.24	50 a 70
Carretera 45 sentido Chihuahua a Ciudad Juárez	72.31	70
Carretera 45 sentido Ciudad Juárez a Chihuahua	70.52	70
Carretera 45 sentido Chihuahua a Delicias	75.81	60
Carretera 45 sentido Delicias a Chihuahua	79.20	60



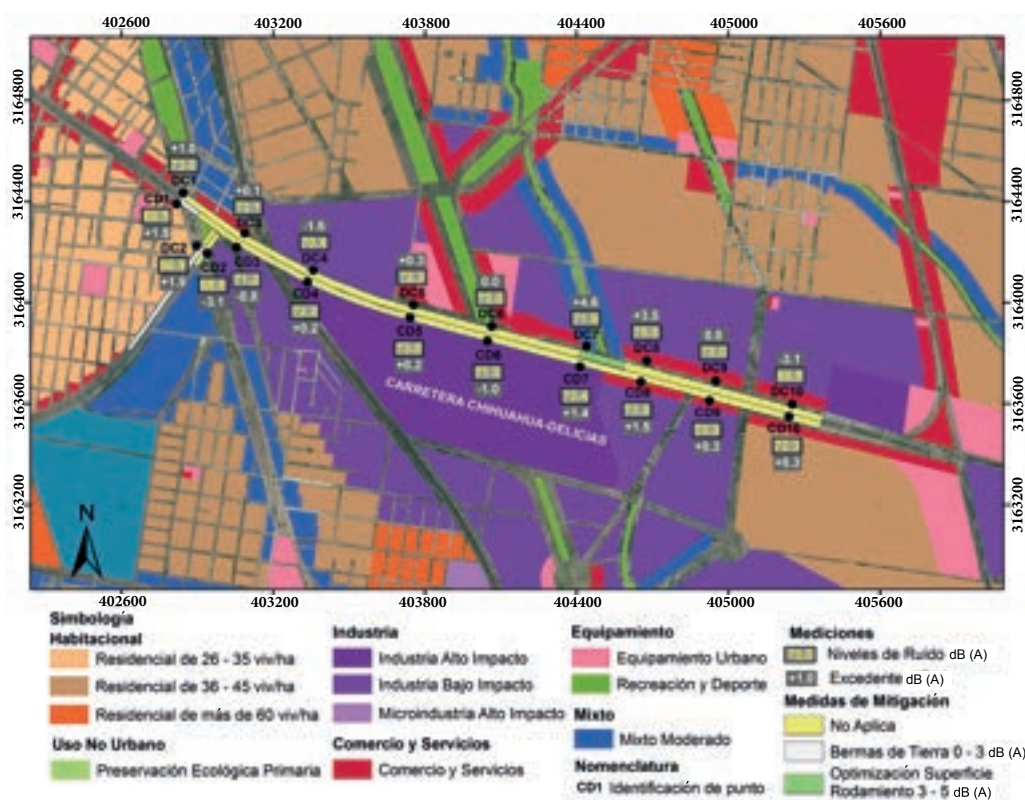
■ Figura 3a. Asignación de medidas de mitigación del ruido producido por el tráfico vehicular en la carretera Chihuahua a Hermosillo. Las coordenadas se señalan en unidades UTM.

Figure 3a. Allocation of noise mitigation caused by vehicular traffic on the road Chihuahua to Hermosillo. Coordinates are indicated in UTM units.



■ Figura 3b. Asignación de medidas de mitigación del ruido producido por el tráfico vehicular en la carretera Chihuahua a Ciudad Juárez. Las coordenadas se señalan en unidades UTM.

Figure 3b. Allocation of noise mitigation caused by vehicular traffic on the road Chihuahua to Ciudad Juárez. Coordinates are indicated in UTM units.



■ Figura 3c. Asignación de medidas de mitigación del ruido producido por el tráfico vehicular en la carretera Chihuahua a Delicias. Las coordenadas se señalan en unidades UTM.

Figure 3c. Allocation of noise mitigation caused by vehicular traffic on the road Chihuahua to Delicias. Coordinates are indicated in UTM units.

cas de: uso de suelo, características geométricas, topográficas, así como condiciones de tránsito vehicular y el número de decibeles en que se rebasaba la normatividad por sitio estudiado. Para ello, se utilizó la arquitectura propia del sistema de información geográfica. En las Figuras 3a, 3b y 3c, se puede observar la sección transversal de cada acceso carretero, pintada con el código de colores que señala la medida de mitigación del ruido carretero recomendada según el procedimiento propuesto. En el caso de la carretera Chihuahua a Hermosillo, se requiere barrera acústica en el 30 % de los puntos medidos, optimización de la superficie de rodamiento en el 5 %, bermas de tierra en el 5 % y el 60 % restante no requiere medida de mitigación.

Para la carretera Chihuahua a Ciudad Juárez, resultó un 25 % de barrera acústica, optimización de la superficie de rodamiento en un 4.2 %, bermas de tierra en un 8.3 %, y el 62.5 % restante

no requiere de mitigación del ruido. La carretera Chihuahua a Delicias requiere de optimización de la superficie de rodamiento en un 5 %, bermas de tierra en un 10 %, y el resto no requiere de medidas de mitigación. En virtud de que los niveles de ruido que exceden la norma fueron menores a 5 dB (A) y el uso de suelo adyacente predominante es preservación ecológica e industrial no se requieren barreras de sonido. En cuanto al criterio de la OMS (máximo de 55 dB (A) durante el día), donde el 100 % de los sitios estudiados rebasaron los 10 dB (A), la atenuación del ruido requeriría de emplear una combinación de medidas de mitigación a fin de poder abatir el ruido.

Los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser útiles como referencia para los gobiernos e instituciones encargadas del control y legislación de la contaminación sonora en el estado, permitiéndoles establecer accio-

nes que contribuyan a la solución de este tipo de contaminación (CE, 2005; 2008).

CONCLUSIONES

El nivel de ruido ambiental que genera el tráfico vehicular en los tres accesos viales de la ciudad de Chihuahua rebasó la normatividad establecida por la Organización Mundial de la Salud, provocando molestias que pueden perturbar la tranquilidad y la salud de las personas afectadas. Además, se rebasó el número de decibeles por tipo de uso de suelo del área colindante a

la carretera de acuerdo al criterio que marca la Administración Federal de Carreteras. Estos resultados indicaron que es necesario establecer medidas para la mitigación del ruido en las vialidades estudiadas, tales como bermas, tratamiento de la superficie de rodamiento y barreras de sonido.

AGRADECIMIENTOS

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus 2.

REFERENCIAS

- Al-Mutairi, N., Al-Rukaibi, F., and Koushki, P. (2009). Measurements and model calibration of urban traffic noise pollution. *American Journal of Environmental Sciences*. 5(5): 613-617.
- Aparecida, T., Ghislain, J., and Maldonado, F. (2014). Analysis of airport noise through L Aeq noise metrics. *Journal of Air Transport Management*. 37(1): 5-9.
- Ausejo, M., Recuero, M., Asensio, C., Pavón I., and López, J. M. (2009). Study of precision, deviation and uncertainty in the design of the strategic noise map of the macrocenter of the city of Buenos Aires, Argentina. *Environmental Modeling and Assessment*. 15(2): 125-135.
- Babisch, W. (2011). Cardiovascular effects of noise. *Noise and Health*. 13(52): 201-204.
- Banerjee, D., Chakraborty, S. K., Bhattacharyya, S., and Gangopadhyay, A. (2009). Appraisal and mapping the spatial-temporal distribution of urban road traffic noise. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 6(2): 325-335.
- Bluhm, G., Nordling, E., and Berglind, N. (2004). Road traffic noise and annoyance-An increasing environmental health problem. *Noise and Health*. 6(24): 43-49.
- Bonello, O. J., Gavinowich, S. D. y Ruffa, F. (2002). Protocolo de mediciones para el trazado de mapas de ruido normalizados. [En línea]. Disponible en: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/protoc-fiuba.pdf>. Fecha de consulta: 3 de agosto de 2011.
- Boullousa, R. R. and Pérez, S. J. (1987). An exploratory study of community noise levels in Mexico City. *Applied Acoustics*. 22(4): 271-280.
- Campuzano, M. E., Bustamante, L. P., Karam, M. A. y Ramírez, N. (2010). Relación entre ruido por carga vehicular, molestia y atención escolar en estudiantes de nivel básico de la ciudad de Toluca 2004. *Ciencia Ergo Sum*. 17(1): 46-50.
- CE, Comisión Europea (2005). Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local SILENCE. [En línea]. Disponible en: http://www.silence-ip.org/site/fileadmin/SP_J/E-learning/Planners/SILENCE_Handbook_ES_-_LR.pdf. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2011.
- CE, Comisión Europea (2008). Política futura de lucha contra el ruido, en *Libro verde de la Comisión Europea*. [En línea]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1996:0540:FIN:ES:PDF>. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2011.
- Chaaban, F. B. (2008). Quality Air, in *Arab Environment Future Challenges*. [En línea]. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rome2007/docs/Arab_Environment_Future_Challenges.pdf. Fecha de consulta: 3 de agosto de 2011.
- Chakrabarty, D., Santra, S. C., Mukherjee, A., Roy, B., and Das, P. (1997). Status of road traffic noise in Calcutta metropolis, India. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 101(2): 943-949.
- Chandioa, I. A., Brohi, K. M., and Memon, M. A. (2010). Managing road traffic noise pollution, through sustainable planning approach. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*. 1(2): 117-121.

- Cravioto, J., Yamasue, E., Okumura, H., and Ishihara, K. N. (2013). Road transport externalities in Mexico: estimates and international comparisons. *Transport Policy*. 30(1): 63-76.
- Damián, S. A., Flores, M. A., Flores, M. y Téllez, R. (2001). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso II, Jalisco. Publicación técnica 187*. México: Instituto Mexicano del Transporte. 140 Pp.
- Dursun, S., Ozdemir, C., Karabork, H., and Kocak, S. (2006). Noise pollution and map of Konya city in Turkey. *Journal of International Environmental Application and Science*. 1(5): 63-72.
- Ehrampoush, M. H., Halvani, G. H., Barkhordari, A., and Zare, M. (2012). Noise pollution in urban environments: a study in Yazd city, Iran. *Polish Journal of Environmental Studies*. 21(4): 1095-1100.
- FHWA, Federal Highway Administration (2011). Highway Traffic Noise: Analysis and Abatement Guidance. USA: *Office of Environment and Planning*. 75 Pp.
- Fletcher, H. and Galt, R. H. (1950). The perception of speech and its relation to telephony. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 22(2): 89-151.
- Flores, M. A., Rascón O. A., Mendoza, J. F. y Téllez, R. (2006). *Evolución del ruido carretero del estado de Nuevo León 2002 a 2006. Publicación Técnica 296*. Sanfandila, Qro., México: Instituto Mexicano del Transporte. 100 Pp.
- Flores, M. A., Téllez, R., Mendoza, J. F. y Rascón, O. A. (2005). *Evolución del ruido carretero en el Estado de Querétaro 2000-2005. Publicación Técnica 280*. Sanfandila, Qro., México: Instituto Mexicano del Transporte. 79 Pp.
- Flores, M. A., Torras, S. y Téllez, R. (2002a). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León. México. Publicación técnica 193*. Sanfandila, Qro., México: Instituto Mexicano del Transporte. 129 Pp.
- Flores, M. A., Torras, S. y Téllez, R. (2002b). *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz, México. Publicación técnica 194*. Sanfandila, Qro., México: Instituto Mexicano del Transporte. 135 Pp.
- Freitas, E., Mendonça, C., Santos, J. A., Murteira, C., and Ferreira, J. P. (2012). Traffic noise abatement: How different pavements, vehicle speeds and traffic densities affect annoyance levels. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 17(4): 321-326.
- García, A. (1988). *La contaminación acústica*. Valencia: Universitat de Valencia, Servicio de Publicaciones. 198 Pp.
- German, M. (2008). Analysis and evaluation of noise reaction in open public spaces in Mexico City, J. *Acoustical Society of America*. 123(5): 3820-3820.
- Gökdağ, M. (2012). Study of the road traffic noise in Erzurum-Turkey. *Iranian journal of environmental health science and engineering*. 9(1): 1-4.
- IEC (2013). Electroacoustics sound level meters. [En línea]. Disponible en: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61672-1%7Bed2.0%7Db.pdf. Fecha de consulta: 2 de junio de 2016.
- ITE, Institute of Transportation Engineers (2009). *Traffic Engineering Handbook, 6Th Edition*. Washington, D.C.: ITE. 717 Pp.
- Jiménez, B. E. (2001). Contaminación por ruido. En B. E. Jiménez (Ed.), *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada* (pp. 58-600). México: Limusa.
- Kephalopoulos, S., Paviotti, M., and Anfoso-Léedé, F. (2012). Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU). European Commission, in *JRC Reference Reports*. [En línea]. Disponible en: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/26390/1/cnossos-eu%20jrc%20reference%20report_final_on%20line%20version_10%20august%202012.pdf. Fecha de consulta: 12 de agosto de 2011.
- Kropp, W., Kihlman, T., Forssén, J., and Ivarsson, L. (2007). Reduction potential of road traffic noise, a pilot study. Sweden: *Chamber University of Technology*. 54 Pp.
- Li, B., Tao, S., and Dawson, R. W. (2004). Evaluation and analysis of traffic noise from the main urban roads in Beijing. *Applied Acoustics*. 63(10): 1137-1142.
- López, M. G., Mendoza, J. F. y Tellez, R. (2009). *Desarrollo de una propuesta de modelo e indicador de ruido generado por la operación del transporte carretero en México. Publicación técnica 324*. México: Instituto Mexicano del Transporte. 58 Pp.
- Marathe, P. D. (2012). Traffic noise pollution. *International Journal of Environment and Development*. 9(1): 3-68.
- Murthy, K. V., Majumder A. K., Khanal, S. N., and Subedi, D. P. (2007). Assessment of traffic noise pollu-

tion in Banepa, a semi urban town of Nepal. *Journal of Science Engineering and Technology*. 3(2): 12-20.

Nejadkoorki, F., Yousefi, E., and Naseri, F. (2010). Analyzing street traffic noise pollution in the city of Yazd. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 7(1): 53-62.

NOM-080-SEMARNAT-1994 (1994). Norma Mexicana NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México*. [En línea]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4706979&fecha=22/06/1994. Fecha de consulta: 13 de agosto de 2012.

NOM-081-SEMARNAT-1994 (1994). Norma Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de fuentes fijas y su método de medición. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México*. [En línea]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5324105. Fecha de consulta: 13 de agosto de 2012.

OECD, Organization for Economic Co-Operation and Development (1995). Roadside noise abatement: Report (Road Transport Research), *Organization for Economic Co-Operation and Development*. USA: Organization for Economic. 170 Pp.

Oyedepo, O. S. and Saadu, A. A. (2008). A comparative study of noise pollution levels in some selected areas in Llorin Metropolis, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*. 158(1-4): 155-167.

PDU 2040, Plan de Desarrollo Urbano (2013). Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población Chihuahua Visión 2040. Que establece la zonificación primaria y secundaria de los usos de suelo del municipio de Chihuahua, *Diario oficial del Estado de Chihuahua No. 80* [En línea]. Disponible en: http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/Principal/canales/Adjuntos/CN_14467CC_28855/ANEXO%20080-2013%20PDU2040-2013.pdf. Fecha de consulta: 26 de mayo de 2016.

Praticò, F. G. and Anfosso-Lédée, F. (2012). Trends and issues in mitigating traffic noise through quiet pavements. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 53(1): 203-212.

Torras, S., Flores, M. A., Téllez, R. y Rascón, O. A. (2003). *Propuesta de normatividad mexicana para regular el ruido que genera la operación del transporte carretero*. Documento técnico 30. México: Instituto Mexicano del Transporte. 24 Pp.

Welch, D., Shepherd, D., Dirks, K. N., McBride, D., and Marsh, S. (2013). Road traffic noise and health-related quality of life: A cross-sectional study. *Noise and Health*. 15(65): 224-230.

WSDOT, Washington State Department of Transportation (2005). Quieter Pavements: Options and Challenges for Washington State. [En línea]. Disponible en: <http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/74A3E245-5B7D-49A0-8EEE-5D6C2B9521A5/0/QuieterPavements.pdf>. Fecha de consulta: 1 de agosto de 2011.

WHO, World Health Organization (1999). Guidelines for Community Noise. [En línea]. Disponible en: <http://who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>. Fecha de consulta: 30 de julio de 2011.

Zamorano, B., Peña, F., Parra, V., Velázquez, Y. y Vargas, J. I. (2015). Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros. *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*. 25(5): 20-27.

Zannin, P. H. T., Diniz, F. B., and Barbosa, W. A. (2002). Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Applied Acoustics*. 63(4): 351-358.