

# CienciaUAT

Órgano de Difusión de Investigación Científica, Tecnológica y Humanística

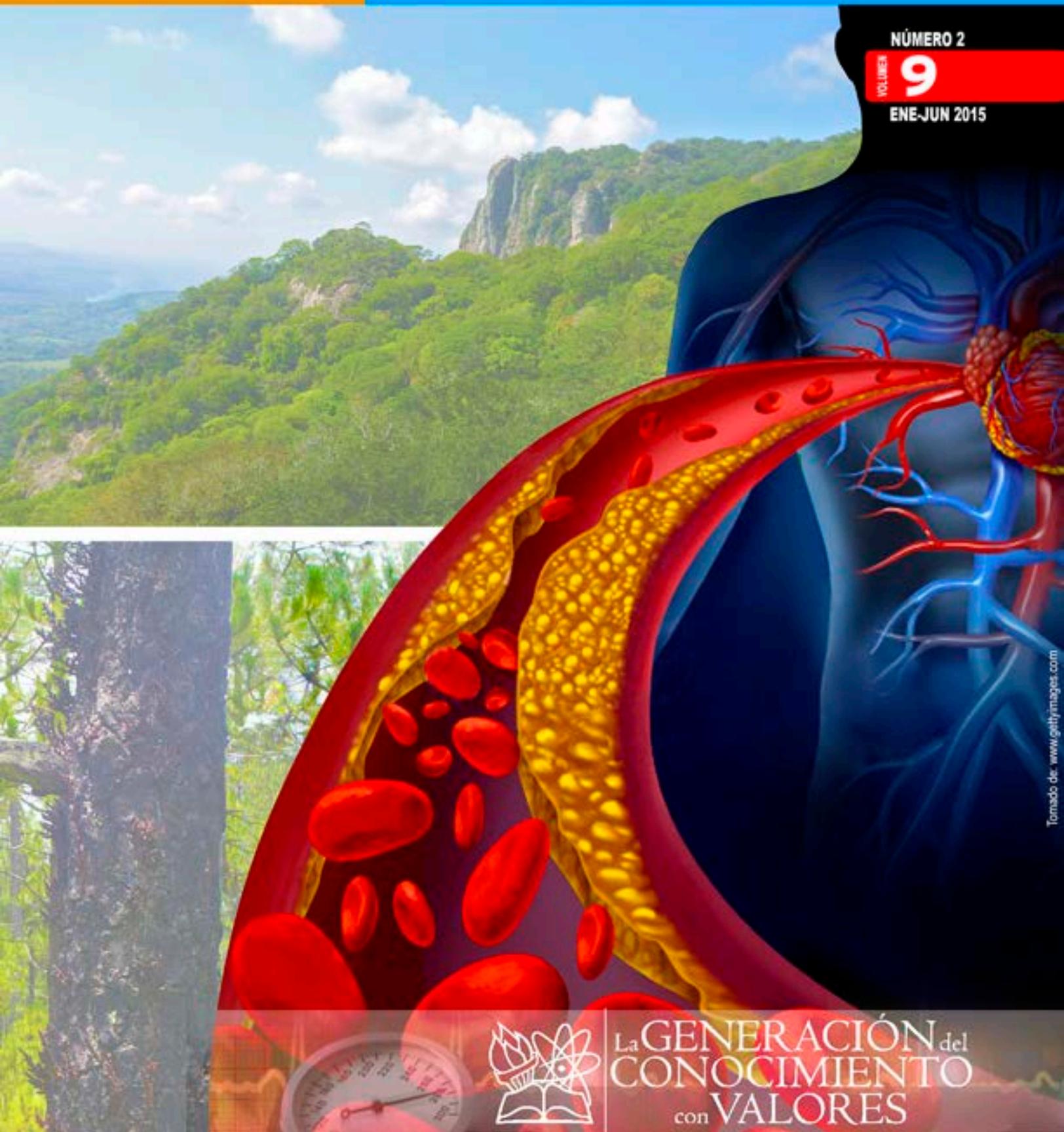


VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD  
Registro ISSN 2007-7521

NÚMERO 2

VOLUBER **9**

ENE-JUN 2015



Tomado de: [www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)



La **GENERACIÓN** del  
**CONOCIMIENTO**  
con **VALORES**

Tomado de: [http://phytoimages.siu.edu/users/paraman1/7\\_3\\_12\\_5/Upload3July12f/ArcGlo1986a.jpg](http://phytoimages.siu.edu/users/paraman1/7_3_12_5/Upload3July12f/ArcGlo1986a.jpg)

# Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl), México

Temporal dynamics of dwarf mistletoe infestation (*Arceuthobium globosum* and *A. vaginatum*) in Zoquiapan (Iztaccíhuatl Popocatepetl National Park), Mexico

Mónica Elisa Queijeiro-Bolaños\* y Zenón Cano-Santana

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Laboratorio de Interacciones y Procesos Ecológicos. Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Av. Universidad 3000, D.F., México, C.P. 04510.

\*Autor para correspondencia: [mqueijeiro@ciencias.unam.mx](mailto:mqueijeiro@ciencias.unam.mx)

Fecha de recepción: 16 de enero de 2014 / Fecha de aceptación: 21 de enero de 2015

## RESUMEN

Los muérdagos enanos se encuentran entre los parásitos forestales que tienen mayor impacto biológico y económico en los bosques templados; sin embargo, se sabe poco acerca de la dinámica temporal de la infestación. El objetivo de este trabajo fue conocer cómo cambia en el tiempo la incidencia de *Arceuthobium vaginatum* y *A. globosum* sobre *Pinus hartwegii* en la región de Zoquiapan, dentro del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, México. Durante dos años y medio (noviembre 2008 a

mayo 2011) se registró la incidencia de muérdago (proporción de árboles infestados), la abundancia de hospederos y la abundancia de pinos menores a 2 m en 24 parcelas de 3 300 m<sup>2</sup>. Se encontró que la infestación es altamente variable entre fechas, especies y sitios, sin embargo, *A. vaginatum* mostró una mayor incidencia que *A. globosum* ( $Z = 44.09$ ,  $P < 0.0001$ ). Asimismo, la ocurrencia de incendios y la tala parecen haber afectado la incidencia de los muérdagos, e incluso, en algunos casos, se observaron rebrotes severos. La incidencia de *A. vaginatum* tuvo una correlación

negativa con la abundancia de pinos menores a 2 m ( $rs = -0.414$ ,  $P < 0.05$ ), por lo que esta especie pudo estar afectando el reclutamiento de individuos juveniles, mientras *A. globosum* no mostró una correlación significativa. Es necesario tomar en cuenta los sucesos estocásticos (como incendios) en los planes de manejo del muérdago enano, para mejorar la conservación de los recursos forestales.

## PALABRAS CLAVE:

muérdago enano, *Pinus hartwegii*, Zoquiapan, infestación, incidencia.

**ABSTRACT**

Dwarf mistletoes are forest parasites of great impact on temperate forests, both at the biological and the economical level; however, little is known about the temporal dynamics of their infestation. The aim of this study was to investigate how the incidences of *Arceuthobium vaginatum* and *A. globosum* change through time in the Zoquiapan region, in the Iztaccíhuatl Popocatepetl National Park, Mexico. For two and a half years (november 2008 to may 2011), it was registered the incidence of dwarf mistletoe (proportion of infected trees), hosts abundance, and the abundance of pines smaller than 2 m in height on 24 plots of 3 300 m<sup>2</sup>. Results show that infestation dynamics varies greatly, between species and plots, and that *A. vaginatum* showed a greater incidence than *A. globosum* ( $Z = 44.09$ ,  $P < 0.0001$ ). In addition to the above, the investigators found out that the occurrence of fires and logging apparently affected the mistletoe incidence, and even, in some cases, mistletoe regrowth was observed. The incidence of *A. vaginatum* had a negative correlation with small pines abundance ( $r_s = -0.414$ ,  $P < 0.05$ ), which could be indicating that there is a negative effect on sapling recruitment. It is necessary to incorporate the occurrence of stochastic phenomena (like fires) to dwarf mistletoe management programs, to improve the conservation of forest resources.

**KEYWORDS:** dwarf mistletoe, *Pinus hartwegii*, Zoquiapan, infestation, incidence.

**INTRODUCCIÓN**

Los muérdagos enanos (*Arceuthobium* spp., Santalales: Viscaceae) son plantas hemiparásitas, que desarrollan una estructura especializada llamada haustorio, por medio de la cual obtienen sus nutrientes minerales, agua y parte

de sus fotosintatos (> 70 %) a partir del sistema vascular de su hospedero (Press y Phoenix, 2005). Esta característica hace que los muérdagos enanos sean sujetos de estudio sumamente interesantes, ya que afectan a árboles de interés forestal (Heide-Jorgensen, 2008; Rist y col., 2008), aunado al hecho de que pueden mantener una asociación estrecha con otros organismos, como aves, mamíferos y artrópodos (Watson y Herring, 2012). En México tienen una amplia distribución en los bosques templados (Cibrián y col., 2007), parasitando particularmente gimnospermas, considerándose al país como un centro de diversidad al presentar 21 especies del género (Hawksworth y Wiens, 1996; Mathiasen y col., 2008).

A diferencia de otras especies de muérdago, que son dispersados por aves (Aukema, 2003; Mathiasen y col., 2008), los muérdagos enanos tienen una dispersión de tipo explosiva, en la cual las semillas son disparadas a gran velocidad por el efecto de una presión hidrostática dentro del fruto (Hawksworth y Wiens, 1996). Si la semilla alcanza un sitio seguro para la germinación, como son las ramas y grietas de la corteza del fuste del hospedero, se desarrolla el apresorio, que es la estructura que penetra hacia los haces vasculares del hospedero, y posteriormente comienza la formación del haustorio y la conexión con el xilema (Musselman y Press, 1995; Hawksworth y Wiens, 1996). De forma que, para la propagación de la infestación, es necesario que haya hospederos adecuados cercanos al árbol fuente, y que éstos posean una copa amplia capaz de interceptar las semillas; mientras que los eventos de intensificación de la infestación están dados por la reinfección del hospedero (Shaw y col., 2005). Debido a que la distancia de dispersión no supera los 14 m a 15 m (Robinson y Geils, 2006), y a que existen barreras físicas, como los

árboles no susceptibles a la infección (Shaw y col., 2005), es común que se creen zonas de infección donde los muérdagos se concentran en pocos árboles vecinos.

Los muérdagos enanos pueden tener un impacto imperceptible sobre el hospedero cuando la severidad (número de parásitos por hospedero) es baja; sin embargo, cuando esta variable tiene valores altos, el hospedero sufre un decremento en crecimiento, fecundidad y supervivencia (Press y Phoenix, 2005; Mathiasen y col., 2008). Esto lleva a pérdidas significativas de aproximadamente 2 millones de m<sup>3</sup> en la producción anual de madera en rollo a nivel nacional.

Los parques nacionales no están exentos de la infestación por muérdago enano, ya que muchos de éstos concentran grandes masas de bosques templados. El Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl (PNIP), contemplando todas sus regiones, comprende un gradiente altitudinal entre los 3 000 m y los 5 480 m, por lo que es una zona geomorfológicamente compleja donde predominan los climas fríos (DOF, 2013). Por la confluencia de las zonas biogeográficas neártica y neotropical, presenta una gran diversidad biológica donde dominan los bosques de coníferas de alta montaña, con una dominancia de *Pinus hartwegii*, entre otras especies de gimnospermas (Rzedowski, 2006; DOF, 2013). En esta zona se encuentran dos especies de muérdago enano parasitando a *P. hartwegii*: *Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*, con incidencias entre el 3 % y el 77 % por alguna de estas dos especies (Hernández-Benítez y col., 2005; Queijeiro-Bolaños y col., 2011; 2013). Aún más, existen evidencias de que los disturbios antropogénicos como son los incendios, la tala, la ganadería y los tiraderos de basura, afectan la incidencia de muérdago en esta zona (Queijeiro-Bolaños y col., 2013).

A pesar de que se han realizado



## Figura 1

Ubicación del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl. En el recuadro rojo se señala la región de Zoquiapan. Tomado de DOF (2013).

Figure 1. Location of the Iztaccíhuatl Popocatepetl National Park. The red frame indicates the Zoquiapan region. From DOF (2013).



estudios acerca del efecto del muérdago sobre el crecimiento del hospedero y su relación con la severidad de la infestación (Geils y Hawksworth, 2002), en general existen pocos estudios sobre la infestación por *Arceuthobium*, y en el caso particular de la dinámica de la infestación no se cuenta con trabajos al respecto. En México se han realizado principalmente estudios sobre el estado sanitario en los bosques templados, además del reconocimiento de las variables que influyen sobre la infestación (Musalem y Solís, 2000; Ramírez-Dávila y Porcayo-Camargo, 2010; Clark-Tapia y col., 2011). Para el PNIP, se ha registrado que la infestación está asociada positivamente a la altura y la cobertura de los pinos (Arriaga y col., 1988; Hernández-Benítez y col., 2005), además de que se asocia a las características topológicas de los sitios, como la altitud y la pendiente (Queijeiro-Bolaños y col., 2013), y que la infestación muestra ciertos patrones de agregación (Queijeiro-Bolaños y col., 2014). Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue establecer cómo cambia la infestación de dos especies de muérdago enano, *A. globosum* y *A. vaginatum*, a través del tiempo, en rodales de *P. hartwegii* dentro del PNIP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio y especies de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl (PNIP; Figura 1) en la región que corresponde a Zoquiapan y el Papayo, Estado de México (19°15'-29" N, 98°37'-45" O, 3 200 msnm a 3 438 msnm). La vegetación se compone principalmente por bosques de *P. hartwegii* y *Abies religiosa*, aunque también se pueden encontrar bosques mixtos de *P. hartwegii* con otras especies de *Pinus*, *Quercus*, *Cupressus*, *Abies* y *Alnus*.

El sotobosque está representado principalmente por pastos zacatonales como *Muhlenbergia robusta* y *Festuca* spp.; además de arbustos, como *Senecio* spp. y *Eupatorium* spp., y hierbas, como *Lupinus* spp. (Obieta y Sarukhán, 1981; DOF, 2013). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual es de 9.7 °C y la precipitación anual de 941 mm, con las lluvias concentradas de junio a septiembre (SMN, 2013).

En esta zona, *P. hartwegii* es parasitado por *Arceuthobium globosum* Hawksworth y Wiens subsp. *grandicaule* Hawksworth y Wiens y *Arceuthobium vaginatum* (Willdenow) Presl subsp. *vaginatum* (Figura 2) (Queijeiro-Bolaños y col., 2013). *A. globosum* es un arbusto que mide de 18 cm a 70 cm de largo, sus tallos son de color amarillo verdoso; presenta una antesis entre marzo y abril, y fructifica en agosto. *A. vaginatum* mide de 20 cm a 55 cm de largo, sus tallos son de color pardo o negro, tiene una antesis de enero a mayo, y fructifica de

julio a noviembre (Hawksworth y Wiens, 1996; Cibrián y col., 2007).

### Obtención de datos

Se seleccionaron 24 parcelas permanentes de 60 m × 55 m, que tuvieran una clara dominancia de *Pinus hartwegii* (Tabla 1). Se consideró que 24 parcelas de 3 300 m<sup>2</sup> son una muestra representativa y manejable para realizar censos en distintas fechas. Dentro de cada parcela se muestrearon cuatro transectos de 60 m × 10 m, método comúnmente usado en censos forestales (Muir y Moody, 2002), dejando 5 m de separación entre sí. En cada transecto se tomaron los siguientes datos cada seis meses, por dos años y medio (noviembre 2008 a mayo 2011): total de individuos de *P. hartwegii* mayores y menores a 2 m, número de árboles infestados por *A. globosum* o por *A. vaginatum*, y número de árboles no hospederos. Debido a que los individuos de *P. hartwegii* menores a 2 m tienen una baja probabilidad de ser infestados (Hernández-Benítez y col., 2005), sólo se

contabilizó la infestación en los individuos mayores a dicha talla. A pesar de que un solo árbol puede presentar co-infestación por las dos especies, se contabilizó de manera individual cada especie para cumplir con el objetivo de conocer la dinámica para cada una.

### Análisis de datos

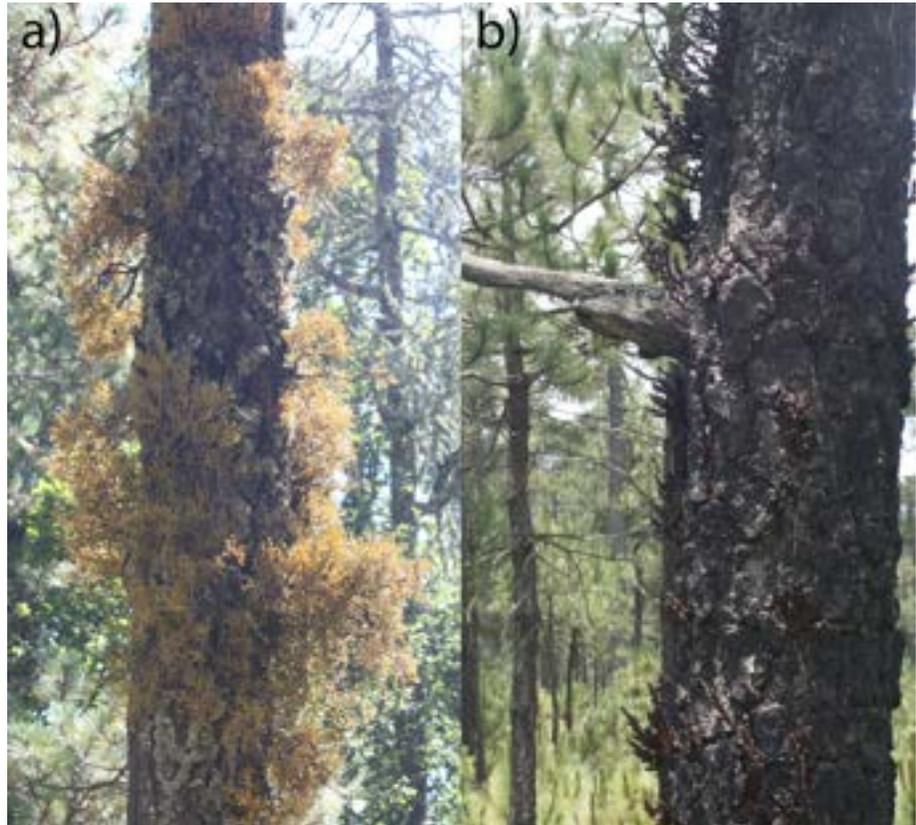
Se calculó la incidencia (proporción de individuos infestados) de *A. globosum* y de *A. vaginatum* en cada parcela, para cada una de las fechas de muestreo. Asimismo, se calculó la incidencia promedio de cada especie para cada fecha de muestreo y se obtuvo la incidencia general que incluye todas las fechas en conjunto. Para explorar las diferencias entre las proporciones de árboles infestados por cada especie de muérdago, se realizó una prueba de hipótesis para la diferencia entre dos proporciones ( $Z$ ), tanto para cada temporada, como para todo el periodo en conjunto. Al tratarse de datos no independientes, se aplicó la corrección de Bonferroni, donde el nivel de significancia se ajusta como  $\alpha/n$ , donde  $n$  se refiere al número de comparaciones realizadas (Zar, 2010). Adicionalmente, para saber si hay relación entre la infestación por muérdago y el reclutamiento de árboles juveniles, se hizo una correlación de Spearman ( $r_s$ ), entre el porcentaje de árboles infestados por cada especie de muérdago y la abundancia de pinos menores a 2 m.

### RESULTADOS

La incidencia de las dos especies de muérdago enano fue sumamente variable entre parcelas y fechas de muestreo; sólo una parcela estuvo libre de infestación, mientras que en el resto se encontró a *A. vaginatum*; y *A. globosum* sólo se presentó en nueve de éstas (Tablas 1 y 2). *A. vaginatum* disminuyó su incidencia a lo largo del tiempo (de 0.30

### Figura 2

a) *A. globosum* y b) *A. vaginatum* parasitando el tronco de árboles de *Pinus hartwegii*.  
Figure 2. a) *A. globosum* and b) *A. vaginatum* parasitizing the stem of *Pinus hartwegii* trees.



a 0.22; Figura 3), mientras que *A. globosum* tuvo una temporada donde su incidencia se incrementó (noviembre 2008 a mayo 2009); sin embargo, ésta decreció durante el último año de muestreo (mayo 2010 a mayo 2011; Figura 3). En la incidencia promedio, considerando todas las temporadas y parcelas, fue siempre significativamente mayor la de *A. vaginatum* que la de *A. globosum* ( $Z = 44.09$ ,  $P < 0.0001$ ).

No se observa un patrón general de crecimiento o decrecimiento de la incidencia para cada parcela individual; aparentemente los cambios están influidos por procesos estocásticos, tales como incendios y/o tala, los cuales fueron eventos inesperados durante el transcurso de la investigación (Figura 4). Aunque no es posible distinguir una tendencia general en cuanto

a estos disturbios, en la mayoría de los casos, donde la incidencia decrece, se asocia a un evento de tala de pinos, ya sea remoción de árboles, poda de ramas o apertura de brechas/caminos (Figura 4).

La frecuencia de pinos por parcela, tanto de individuos menores como mayores a 2 m, fluctuó a lo largo del tiempo. El porcentaje de árboles infectados por *A. globosum* no presentó una correlación significativa con el número de árboles menores a 2 m ( $r_s = 0.196$ ,  $P > 0.05$ ); en cambio, el porcentaje de árboles infestados por *A. vaginatum* presentó una correlación significativa y negativa con la frecuencia de árboles menores a 2 m ( $r_s = -0.414$ ,  $P < 0.05$ ; Figura 5).

### DISCUSIÓN

La incidencia de *A. vaginatum*

**Tabla 1**

Características generales de las parcelas de estudio. Número de pinos mayores a 2 m y menores a 2 m e infestados se presentan como el promedio de las diferentes fechas  $\pm$  e.e.

Table 1. General characteristics of study plots. Number of pines larger than 2 m and shorter than 2 m and infested are presented as the mean of the different sample date  $\pm$  s.e.

Parcela	Georreferencia		Altitud (m)	Pendiente (°)	Núm. pinos > 2 m	Núm. pinos < 2 m	Núm. pinos infestados	
							<i>A. globosum</i>	<i>A. vaginatum</i>
1	19°19'38.4"	98°43'05.5"	3 211	22	36 $\pm$ 1.26	4.17 $\pm$ 1.25	0 $\pm$ 0	16.67 $\pm$ 0.99
2	19°18'16.7"	98°42'17.9"	3 417	14	134.67 $\pm$ 5.99	116.67 $\pm$ 14.51	75.5 $\pm$ 5.36	21.83 $\pm$ 2.02
3	19°18'09.2"	98°42'06.6"	3 438	0	169.5 $\pm$ 10.1	130.83 $\pm$ 11.93	90.17 $\pm$ 6.76	2.83 $\pm$ 0.95
4	19°17'89.3"	98°42'37.8"	3 359	0	213 $\pm$ 10.88	60.5 $\pm$ 3.49	73.83 $\pm$ 13.18	0.83 $\pm$ 0.31
5	19°17'54.2"	98°42'31.9"	3 345	0	257.33 $\pm$ 36.37	413.17 $\pm$ 27.26	61.67 $\pm$ 2.35	75 $\pm$ 6.29
6	19°17'91.8"	98°42'51.7"	3 349	0	275 $\pm$ 10.39	85.17 $\pm$ 3.96	0 $\pm$ 0	22.17 $\pm$ 2.89
7	19°17'31.4"	98°42'25.8"	3 344	16	159.5 $\pm$ 39.11	227.8 $\pm$ 13.35	42.38 $\pm$ 0.79	0 $\pm$ 0
8	19°17'11.5"	98°42'57.4"	3 346	0	262.17 $\pm$ 56.99	244 $\pm$ 59.23	0 $\pm$ 0	28 $\pm$ 2.38
9	19°16'78.4"	98°42'76.4"	3 250	0	141.5 $\pm$ 5.38	104.17 $\pm$ 5.44	0 $\pm$ 0	58.5 $\pm$ 2.39
10	19°17'08.0"	98°42'15.5"	3 301	0	64.83 $\pm$ 2.77	61 $\pm$ 3.89	0 $\pm$ 0	14.33 $\pm$ 0.56
11	19°16'69.4"	98°42'46.0"	3 285	0	112 $\pm$ 14.38	34.83 $\pm$ 3.99	0 $\pm$ 0	41.67 $\pm$ 3.63
12	19°16'78.2"	98°42'37.8"	3 317	0	60 $\pm$ 13.21	11.67 $\pm$ 0.8	0 $\pm$ 0	36 $\pm$ 4.03
13	19°17'40.5"	98°42'00.8"	3 326	0	356.83 $\pm$ 26.94	300.67 $\pm$ 14.3	0 $\pm$ 0	75.5 $\pm$ 3.93
14	19°17'37.9"	98°42'09.4"	3 328	0	235.33 $\pm$ 10.35	257.67 $\pm$ 7.48	0 $\pm$ 0	90.33 $\pm$ 8.39
15	19°17'46.3"	98°42'82.1"	3 335	0	148.4 $\pm$ 11.82	69.4 $\pm$ 17.65	0 $\pm$ 0	68.67 $\pm$ 7.77
16	19°17'42.1"	98°41'72.7"	3 344	0	123.83 $\pm$ 7.44	98.83 $\pm$ 8.15	0 $\pm$ 0	61.67 $\pm$ 11.15
17	19°17'45.5"	98°41'49.3"	3 344	0	220.83 $\pm$ 8.56	193.67 $\pm$ 8.99	0 $\pm$ 0	113.17 $\pm$ 4.96
18	19°17'32.0"	98°40'98.7"	3 272	0	131.83 $\pm$ 3.37	32.5 $\pm$ 2.68	0 $\pm$ 0	38.33 $\pm$ 1.91
19	19°17'47.7"	98°41'06.9"	3 281	0	91.66 $\pm$ 2.38	26.17 $\pm$ 5.13	0 $\pm$ 0	53.33 $\pm$ 0.8
20	19°17'61.9"	98°40'59.3"	3 290	0	172 $\pm$ 2.62	51.33 $\pm$ 9.4	61.33 $\pm$ 2.64	42.83 $\pm$ 2.7
21	19°17'51.8"	98°40'52.2"	3 275	0	188 $\pm$ 7.78	54.67 $\pm$ 4.4	38.33 $\pm$ 12.25	58.67 $\pm$ 3.53
22	19°17'43.4"	98°41'69.5"	3 314	0	158.67 $\pm$ 10.63	70.5 $\pm$ 12.49	0 $\pm$ 0	81.6 $\pm$ 8.87
23	19°17'16.6"	98°40'42.8"	3 302	0	134.83 $\pm$ 8.15	74.17 $\pm$ 3.55	0 $\pm$ 0	82.17 $\pm$ 3.75
24	19°17'56.1"	98°42'24.7"	3 290	22	513.3 $\pm$ 103.08	1267 $\pm$ 140.4	9.67 $\pm$ 2.36	70.5 $\pm$ 2.11

**Tabla 2**

Intervalo en los valores obtenidos para el número de pinos y la incidencia de cada especie de muérdago enano, en las seis temporadas de muestreo.

Variable	noviembre 2008	mayo 2009	noviembre 2009	mayo 2010	noviembre 2010	mayo 2011
Pinos > 2 m	37 a 271	31 a 342	35 a 448	40 a 598	35 a 791	99 a 780
Pinos < 2 m	2 a 1343	0 a 1768	5 a 1461	5 a 1251	4 a 964	9 a 814
Incidencia de <i>A. globosum</i>	0 a 64.36	0 a 59.89	0 a 60.14	0 a 64.63	0 a 53.90	0 a 50.98
Incidencia de <i>A. vaginatum</i>	0 a 68.89	0 a 70.21	0 a 64.58	0 a 70.83	0 a 61.4	0 a 67.39

pareció disminuir, mientras que la de *A. globosum* creció o decreció según la temporada en el periodo de estudio; puede ser una respuesta a eventos estocásticos propios de la dinámica del bosque, debido a sucesos naturales (incendios) o antropogénicos (remoción de árboles, poda de ramas y apertura de nuevos caminos, así como incendios provocados). Esto sugiere que los muérdagos enanos representan un sistema muy variable y que son sensibles a las fluctuaciones de las actividades antropogénicas. Asimismo, revela que en general la incidencia no se está incrementando, por lo cual no representarían una amenaza para los recursos forestales de esta zona, al menos por el momento. Más aún, las incidencias de estas especies de muérdago están dentro del intervalo reportado para éstas y otras especies, que va desde 1.8 % hasta 77 % (Hernández-Benítez y col., 2005; Ramírez-Dávila y Porcayo-Camargo, 2010; Sarangzai y col., 2010), mostrando que la infestación sigue el mismo patrón.

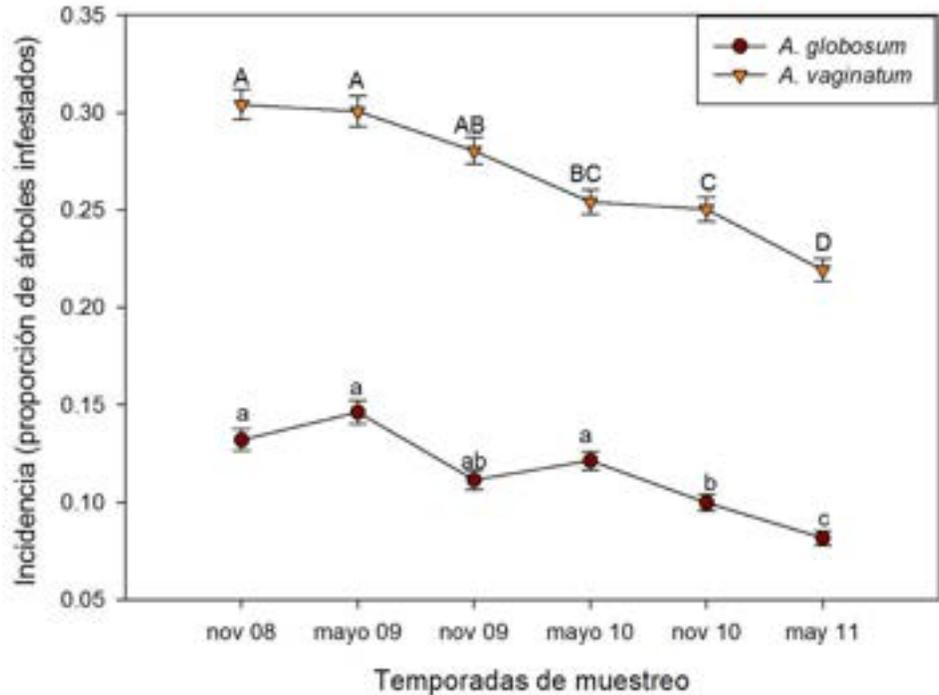
Existe poca información científica sobre la fluctuación temporal de la incidencia de especies de muérdago y, en específico de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*). Reid y Smith (2000), monitorearon la dinámica de *Amyema preissii* en el norte de Australia por cinco años, durante los cuales observaron fluctuaciones en la infestación entre 11 % y 46 %; sin embargo, esto sucedió después de un tratamiento de remoción de muérdago, y los árboles presentaron una tasa de reinfección, lo que señala que la infestación por muérdago puede ser muy dinámica a corto plazo.

Se sabe que los muérdagos en general (Loranthaceae y Viscaceae), responden a las presiones ambientales (Hawksworth y Wiens, 1996; Mathiasen y col., 2008). Algunos estudios reportan que el muérdago tiende a incrementar su abundancia con el disturbio antropogénico,

### Figura 3

Incidencia de *A. globosum* y *A. vaginatum* en *P. hartwegii* a través del tiempo. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas en la infestación por *A. vaginatum*, las letras minúsculas indican diferencias significativas en la infestación por *A. globosum* (prueba de Z múltiple con corrección de Bonferroni).

Figure 3. Proportion of infested trees by *A. globosum* and *A. vaginatum* on *hartwegii* through time. Capital letters indicate significant differences on infestation by *A. vaginatum*, lower case letters indicate significant differences on infestation by *A. globosum* (Z multiple test with Bonferroni correction).



y generalmente están enfocados a que la fragmentación deja pocos sitios de percha y anidación para aves dispersoras de muérdago, ocasionando la formación de centros de infección en los árboles remanentes (Burguess y col., 2006; Kelly y col., 2008; Bowen y col., 2009; MacRaidl y col., 2010). Aunque no está claro aún para el caso de la tala, se ha visto que la disminución en la densidad de hospederos puede favorecer la infestación en los árboles remanentes (Donohue, 1995; Queijeiro-Bolaños y col., 2013), ya que los muérdagos reciben una mayor incidencia de luz, la cual es necesaria para la producción de estructuras vegetativas y reproductivas, además que se aumenta la probabilidad de infestación en los árboles remanentes (Bickford y col., 2005). Además, los pinos hospederos

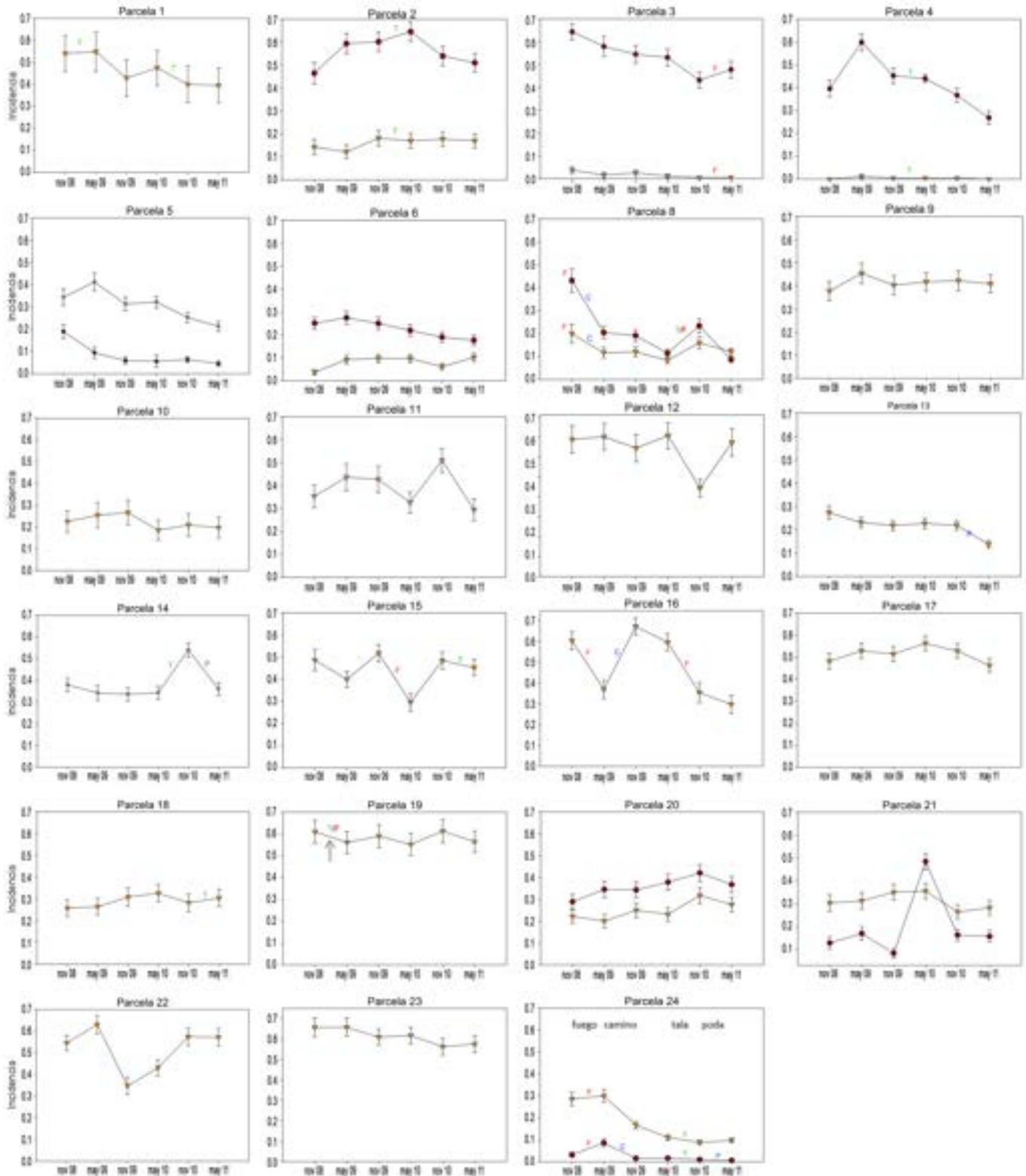
experimentan menos competencia por recursos al tener una menor cantidad de árboles vecinos, derivando por lo tanto, una mayor cantidad de recursos hacia las hemiparásitas (Bickford y col., 2005). En el otro extremo, la poda desmedida no sólo puede reducir la infestación sino que afecta el desempeño de los hospederos (Endara-Agramont y col., 2012).

En el presente estudio, la presencia de incendios parece haber afectado también la incidencia de muérdago enano. Se ha reportado que los incendios controlados pueden ser una forma de manejo efectiva del muérdago enano (Kipfmüller y Baker, 1998), ya que los hospederos son resistentes a los incendios, mientras que los muérdagos son muy sensibles a éstos (Kipfmüller y Baker,

## Figura 4

Porcentaje de árboles infestados por *A. globosum* (rojo) y *A. vaginatum* (naranja) en cada una de las parcelas. Se omitió la parcela 7, ya que fue la única donde no se encontró ninguna de las dos especies de muérdago. Se señalan eventos de tala (T), poda de ramas (P), apertura de brechas o caminos (C) e incendios (F).

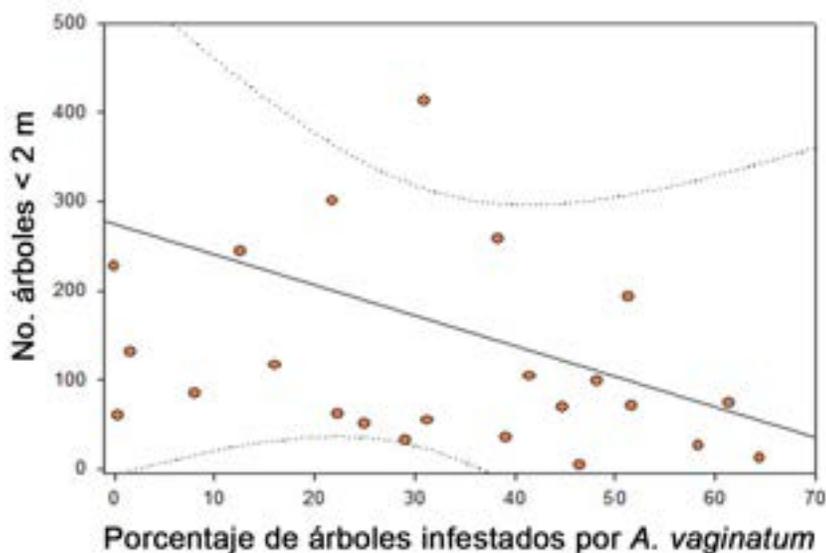
Figure 4. Percentage of trees infested by *A. globosum* (red) and *A. vaginatum* (orange) on each plot. Plot 7 was omitted because it showed no infestation by any of the species. Events of logging (T), branch pruning (P), opening of roads or paths (C) and fires (F) are reported.



## Figura 5

Correlación entre el porcentaje de árboles infestados por *A. vaginatum* y el número de pinos menores a 2 m.

Figure 5. Correlation between the percentage of trees infested by *A. vaginatum* and the number of pines smaller than 2 m.



1998; Rodríguez-Trejo y col., 2004). Sin embargo, las evidencias de otros estudios son contradictorias. Por ejemplo, Hessburg y col. (2008), sostienen que tratamientos experimentales de aclareo e incendios prescritos no disminuyeron la severidad del muérdago de manera significativa. Como se puede ver en este estudio, en algunas parcelas, después de los incendios, la incidencia decreció. Más aún, la relación entre muérdagos e incendios es compleja, ya que las hemiparásitas afectan la cantidad y tipo de material combustible en el bosque, al incrementar la cantidad de material inflamable (Stanton y Hadley, 2010).

En este estudio, tanto la tala como los incendios se presentaron en temporadas seguidas o incluso en la misma temporada, lo que afectó en gran medida la incidencia. Aunque en las parcelas estudiadas no se observó algún efecto negativo de los disturbios sobre la mortalidad de los hospederos, se sabe que si éstos son muy intensos pueden diezmar las poblaciones de pinos (DOF, 2013).

Se ha reportado, por ejemplo, que en la zona ha disminuido la cobertura vegetal en un 30 %, debido a la tala y otros factores (DOF, 2013), lo cual puede tener como consecuencias a futuro, el cambio en la incidencia de muérdago enano, además de que tiene efectos negativos sobre las poblaciones de *P. hartwegii*. Aunque existen evidencias previas de que la tala y los incendios tienen una fuerte influencia sobre la incidencia de estas dos especies de muérdago enano (Queijeiro-Bolaños y col., 2013), y al parecer influyen sobre las fluctuaciones temporales, es necesario dirigir esfuerzos experimentales para conocer el efecto del disturbio a lo largo del tiempo.

El número de individuos de *P. hartwegii*, en este caso, fluctuó a través del tiempo. En otros estudios se ha visto que se debe a la mortalidad de los hospederos, ya sea por la infección o por otras causas naturales (Reid y Smith, 2000); sin embargo, en el presente estudio se debió a la remoción o crecimiento de los árboles: cuando la frecuencia de

árboles > 2 m decreció, fue debido a la tala y la apertura de caminos. En cambio, el aumento en el número de estos árboles, tal vez se daba por el crecimiento de los árboles menores que ya alcanzaban una talla mayor a los 2 m. Asimismo, el incremento en árboles pequeños pudo deberse al reclutamiento de nuevos individuos. La presencia de *A. globosum* no está correlacionada con el número de árboles menores a 2 m; sin embargo, *A. vaginatum* sí lo está, lo que puede ser un indicador de que en los rodales infestados por esta especie hay un menor reclutamiento de individuos juveniles y que su parasitismo sí tiene efectos sobre la fecundidad del hospedero. Es sabido que la infección de muérdago enano reduce el éxito reproductivo de los hospederos, ya que la producción de conos y semillas es afectada, por lo tanto disminuye el reclutamiento (Geils y Hawksworth, 2002). Sin embargo, se necesitan más estudios dirigidos a conocer el efecto del parasitismo por *A. vaginatum* sobre la fecundidad y la adecuación de *P. hartwegii*. Cabe señalar que la tala y la poda no fue dirigida a los individuos de esta talla.

## CONCLUSIONES

La infestación por muérdago enano dentro del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl (PNIP), no representarían actualmente una amenaza para los rodales de *P. hartwegii*, ya que la incidencia de la infestación, al menos para el período de estudio, no se incrementó, y las poblaciones de muérdago son reguladas por la dinámica y perturbaciones del bosque. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el disturbio antropogénico puede modificar la infestación, favoreciendo una mayor incidencia y rebrotes severos posteriores. Esto debe ser tomado en cuenta para los planes de manejo y saneamiento forestal dentro del PNIP, para una mejor conservación de sus recursos.

## REFERENCIAS

- Arriaga, L., Franco, M., and Sarukhán, J. (1988). Identification of natural groups of trees in uneven-aged forests using multivariate methods. *Journal of Ecology*. 76: 1092–1100.
- Aukema, J. E. (2003). Vectors, viscins, and Viscaceae: mistletoes as parasites, mutualists, and resources. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 1(3): 212–219.
- Bickford, C. P., Kolb, T. E., and Geils, B. W. (2005). Host physiological condition regulates parasitic plant performance: *Arceuthobium vaginatum* subsp. *cryptopodium* on *Pinus ponderosa*. *Oecologia*. 146(2): 179–189.
- Bowen, M. E., McAlpine, C. A., House, A. P. N., and Smith, G. C. (2009). Agricultural landscape modification increases the abundance of an important food resource: mistletoes, birds and brigalow. *Biological Conservation*. 142: 122–133.
- Burgess, V. J., Kelly, D., Robertson, A. W., and Ladley, J. J. (2006). Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation to flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). *New Zealand Journal of Ecology*. 30: 179–190.
- Cibrián, D., Vázquez, I. y Cibrián, J. (2007). Muérdagos enanos del género *Arceuthobium*. En D. Cibrián, D. Alvarado y S. García (Eds.), *Enfermedades forestales en México* (pp. 357–395). Montecillo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Clark-Tapia, R., Torres-Bautista, B., Alfonso-Corradó, C., Valdez-Hernández, J., González-Adame, G., Bretado-Velázquez, J. y Campos-Contreras, J. (2011). Análisis de la abundancia y la infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques*. 17(2): 19–33.
- DOF, Diario Oficial de la Federación (2013). Acuerdo por el cual se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl. [En línea]. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5294188&fecha=02/04/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294188&fecha=02/04/2013). Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2013.
- Donohue, K. (1995). The spatial demography of mistletoe parasitism on a Yemeni *Acacia*. *International Journal of Plant Sciences*. 156(6): 816–823.
- Endara-Agramont, A. R., Franco-Maass, S., Nava-Bernal, G., Valdez-Hernández, J. I., and Fredericksen, T. S. (2012). Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. *Journal of Forestry Research*. 23(1): 39–44.
- Geils, B. W. and Hawksworth, F. G. (2002). Damage, Effects, and Importance of Dwarf Mistletoes. En B. W. Geils, J. Cibrián-Tovar, and B. Moody (Eds.), *Mistletoes of North American Conifers* (pp. 57–66). Ogden, EUA: USDA Forest Service General Technical Report.
- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. (1996). *Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics*. Washington, D.C.: USDA Forest Service. 410 Pp.
- Heide-Jorgensen, H. (2008). *Parasitic flowering plants*. Leiden, Holanda. Brill. 438 Pp.
- Hernández-Benítez, R., Cano-Santana, Z. y Castellanos-Vargas, I. (2005). Incidencia de infestación de *Arceuthobium globosum grandicaule* (Hawks y Wiens) en *Pinus hartwegii* (Lindl.). *Ciencia Forestal en México*. 30: 79–86.
- Hessburg, P. F., Povak, N. A., and Salter, R. B. (2008). Thinning and prescribed fire effects on dwarf mistletoe severity in an eastern Cascade Range dry forest, Washington. *Forest Ecology and Management*. 255(7): 2907–2915.
- Kelly, D., Ladley, J. J., Robertson, A. W., and Crowfoot, L. (2008). Flower predation by *Zelleria maculate* (Lepidoptera) on *Peraxilla* mistletoes: effects of latitude and fragmentation, an impact on fruit set. *New Zealand Journal of Ecology*. 32: 186–196.
- Kipfmüller, K. and Baker, W. (1998). Fires and dwarf mistletoe in a Rocky Mountain lodgepole pine ecosystem. *Forest Ecology and Management*. 108: 77–84.
- MacRaid, L. M., Radford, J. Q., and Bennet, A. F. (2010). Non-linear effects of landscape properties on mistletoes parasitism in fragmented agricultural landscapes. *Landscape Ecology*. 25: 395–406.
- Mathiasen, R. L., Shaw, D. C., Nickrent, D., and Watson, D. (2008). Mistletoes. Pathology, Systematics, Ecology, and Management. *Plant Disease*. 92(7): 988–1006.
- Muir, J. A. and Moody, B. (2002). Dwarf mistletoe surveys. En B. W. Geils, J. Cibrián-Tovar, and B. Moody (Eds.), *Mistletoes of North American Conifers* (pp. 67–74).
- Ogden, EUA: USDA Forest Service General Technical Report.
- Musálem S. M. A. y Solís M. A. (2000). Monografía de *Pinus hartwegii*. Chapingo, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Centro-Campo Experimental Valle de México. 96 Pp.
- Musselman, L. and Press, M. (1995). Introduction to parasitic plants. En M. Press y J. Graves (Eds.), *Parasitic plants* (pp. 1–13). Londres, RU: Chapman and Hall.
- Obieta, C. y Sarukhán, J. (1981). Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*: 1. Estructura y composición florística. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*. 41: 75–125.
- Press, M. C. and Phoenix, G. K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *The New Phytologist*. 166(3): 737–751.
- Queijeiro-Bolaños, M. E., Cano-Santana, Z. y Castellanos-Vargas, I. (2011). Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el área natural protegida “Zoqueapan y anexas”, Estado de México. *Acta Botanica Mexicana*. 96: 49–57.
- Queijeiro-Bolaños, M. E., Cano-Santana, Z. and Castellanos-Vargas, I. (2013). Does disturbance determines the prevalence of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*, Santalales:Viscaceae) in Central Mexico? *Revista Chilena de Historia Natural*. 86: 181–190.
- Queijeiro-Bolaños, M. E., Cano-Santana, Z., and García Guzmán, G. (2014). Incidence, severity, and aggregation patterns of two sympatric dwarf mistletoe species (*Arceuthobium* spp.) in Central Mexico. *European Journal of Forest Research*. 113(2): 297–306.
- Ramírez-Dávila, J. F. y Porcayo-Camargo, E. (2010). Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Bosque*. 31(1): 28–38.
- Reid, N. and Smith, M. S. (2000). Population dynamics of an arid zone mistletoe (*Amyema preissii*, Loranthaceae) and its host *Acacia victoriae* (Mimosaceae). *Australian Journal of Botany*. 48: 45–58.
- Rist, L., Shaanker, R. U., Milner-Gulland, E. J., and Ghazoul, J. (2008). Managing mistletoes: The value of local practices for a non-timber forest resource. *Forest Ecology and Management*. 255(5-6): 1684–1691.
- Robinson, D. C. E. and Geils, B. W. (2006). Modelling dwarf mistletoe at three scales: life history, ballistics and contagion. *Ecological Modelling*. 199(1): 23–38.
- Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez-Hernández, H. C. y Ortega-Baranda, V. (2004). Ecología del fuego en bosques de *Pinus hartwegii*. En L. Villers-Ruiz y J. López-Blanco. *Incendios forestales en México. Métodos de evaluación* (pp. 103–120). México, D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Distrito Federal, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea]. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf). Fecha de consulta: 3 de octubre de 2012.
- Sarangzai, A. M., Khan, N., Wahab, M., and Kakar, A. (2010). New spread of dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*) in juniper forests, Ziarat, Balochistan, Pakistan. *Pakistani Journal of Botany*. 42(6): 3709–3714.
- Shaw, D. C., Chen, J., Freeman, E. A., and Braun, D. M. (2005). Spatial and population characteristics of dwarf mistletoe infected trees in an old-growth Douglas-fir western hemlock forest. *Canadian Journal of Forest Research*. 35: 990–1001.
- SMN, Servicio Meteorológico Nacional. (2013). Normales climatológicas. [En línea]. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/>. Fecha de consulta: 2 de junio de 2013.
- Stanton, S. and Hadley, K. S. (2010). Influence of western dwarf mistletoe (*Arceuthobium campylopodum* Engelm.) on surface fuels and snag abundance in mature ponderosa pine and mixed conifer stands in central Oregon. *Natural Areas Journal*. 30(3): 261–270.
- Watson, D. M. and Herring, M. (2012). Mistletoe as a keystone resource: an experimental test. *Proceedings of the Royal Society*. 279: 3853–3860.
- Zar, J. (2010). *Biostatistical analysis*. New Jersey, EUA: Prentice Hall. 944 Pp.

# Microalgas del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, México

Microalgae of Natural Protected Area Xochimilco and San Gregorio Atlapulco Ejidos (collective use rural lands), Mexico

María Guadalupe Figueroa-Torres<sup>1\*</sup>, Fernando Arana-Magallón<sup>1</sup>, Saúl Almanza-Encarnación<sup>1</sup>,  
María Guadalupe Ramos-Espinosa<sup>2</sup>, María Jesús Ferrara-Guerrero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento el Hombre y su Ambiente, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Calzada del Hueso 1100 col. Villa Quietud, México D.F., México, C.P. 04960.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal, Calzada del Hueso 1100 col. Villa Quietud, México D.F., México, C.P. 04960.

\*Autor para correspondencia: [figueroa@correo.xoc.uam.mx](mailto:figueroa@correo.xoc.uam.mx)

Fecha de recepción: 17 de febrero 2014 / Fecha de aceptación: 22 de mayo de 2015

## RESUMEN

En México, la mayor parte de los estudios florísticos hacen referencia a organismos macroscópicos, siendo escasos los trabajos de las especies microscópicas, pese a que poseen una gran importancia ecológica, económica y propiedades de interés para el sector salud. En la zona de estudio, Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México, este esquema se repite, encontrándose pocos trabajos sobre las microalgas de los canales de Xochimilco y ninguno sobre San Gregorio Atlapulco. El objetivo del presente trabajo fue elaborar un in-

ventario de las microalgas de los canales de estas dos áreas. Para el caso de Xochimilco, se hizo una revisión bibliográfica exhaustiva, que abarcó de enero de 1933 a diciembre de 2014. Para el caso de San Gregorio Atlapulco, debido a que no había estudios previos, se realizó un muestreo en enero del 2013 en 17 estaciones distribuidas en toda la zona, con una red de arrastre de abertura de malla de 54 µm y con una botella van Dorn. Las muestras se preservaron con formalina al 4 % y con lugol al 1 % respectivamente, obteniendo un total de 34 muestras. Se generó un listado de 370 especies de microalgas para

toda el Área Natural Protegida, de las cuales, 36 % pertenecieron a Clorofitas; 24 % a Euglenofitas; 24 % a Diatomeas, 12 % a Cianoprocaritas, 3 % a Dinoflagelados y 1 % a Cromofitas, con 27 nuevos registros para San Gregorio Atlapulco. Entre las especies registradas, *Microcystis aeruginosa* y *Peridinium willei* forman florecimientos algales tóxicos, por lo que se hace necesario monitorear estos ecosistemas para prevenir sus efectos nocivos, además de continuar con los estudios ficoflorísticos de la región.

**PALABRAS CLAVE:** Microalgas, Xochimilco, San Gregorio, México.

**ABSTRACT**

In Mexico, most of the floristic studies are focused on the analysis of macroscopic organisms, with few studies on species of microflora, in spite of the high importance they bear in ecological and economical values and the properties of interest that they hold for the health sector. In the context where this research was carried out, the Natural Protected Area of Xochimilco and San Gregorio Atlapulco Ejidos in Mexico City, this pattern is repeated. There are a very small number of studies on Xochimilco's channel microalgae and no research of this nature has been carried out in San Gregorio Atlapulco. The aim of this work was to develop an inventory of microalgae Xochimilco and San Gregorio Atlapulco canals. In the case of Xochimilco, a comprehensive review of literature related to microalgae studies ranging from January 1933 to December 2014 was conducted. Since there were no previous studies in the case of San Gregorio Atlapulco, sampling was conducted in January 2013 in 17 stations distributed throughout the area with a trawl net of 54  $\mu\text{m}$  mesh size and a van Dorn bottle. The samples were preserved with formalin 4 % and 1 % lugol respectively, obtaining a total of 34 samples. A list of 370 species of microalgae were obtained for all the Natural Protected Area from which 36 % belong to Chlorophytes; 24 % Euglenophytes; 24 % Diatoms; 12 % belong Cianoprocaritas, 3 % Dinoflagellates, and 1 % Cromofitas, 27 new records for San Gregorio Atlapulco. Among the species recorded, *Microcystis aeruginosa* and *Peridinium willei* produce toxic algal blooms, therefore it is necessary to monitor these species and ecosystems to prevent its potential harmful effects, besides continuing ficofloristic studies of the region.

**KEYWORDS:** Microalgae, Xochimilco, San Gregorio, Mexico.

**INTRODUCCIÓN**

En la porción sur de la Cuenca de México se encuentran una serie de humedales, únicos en el mundo, por formar parte de la chinampería (sistemas de producción agrícola creados por los pueblos originarios de mesoamérica), la cual posee gran valor biológico, ecológico, social, cultural y económico. Debido a estas circunstancias, el 11 de diciembre de 1987 las chinampas de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco fueron declaradas "Patrimonio Cultural de la Humanidad" por la UNESCO, con una área de 7 534 ha. Los días 7 y 11 de mayo de 1992 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el decreto en el que se estableció como zona prioritaria de preservación y conservación del equilibrio ecológico, declarándola como Área Natural Protegida (ANP), bajo la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" con una superficie de 2 657 ha. Aunado a lo anterior, el 2 de febrero de 2004, la Convención Internacional sobre Humedales Ramsar inscribió a la zona lacustre de Xochimilco en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, con la denominación "Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco", por lo que se estableció que deberá asegurarse el mantenimiento de sus características naturales (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2006).

México es uno de los 12 países megadiversos, que en conjunto albergan entre el 60 % y 70 % de la diversidad biológica del mundo, y por sí mismo reúne al menos el 10 % del total de las especies (CONABIO, 2006). Lo anterior se refleja en el Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México, ya que también posee una gran diver-

sidad biológica, con 139 especies de vertebrados, de las cuales 11 se encuentran enlistadas dentro de alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMAR-NAT-2001 (Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2006). En cuanto a las plantas vasculares, se han registrado 146 especies, distribuidas en 101 géneros y 16 familias (Tecalcon, 2007), además de cerca de 200 especies ornamentales cultivadas. Sin embargo, los estudios sobre las microalgas de la región son escasos, aislados y relativamente recientes (de 1933 a la fecha), no existiendo antecedentes para la zona de San Gregorio, lo que puede deberse a que se requiere de equipo especializado para su recolecta y revisión, y a que existen muchos problemas relacionados con la identificación y delimitación de las especies a causa de su enorme plasticidad morfológica, aunado a que en México es escaso el número de taxónomos especializados en estos grupos.

Las microalgas de agua dulce son importantes porque ofrecen servicios ecosistémicos, debido a que son productores primarios que capturan  $\text{CO}_2$  y liberan oxígeno a la atmósfera; sirven de alimento a pequeños crustáceos, peces y anfibios; limpian los ecosistemas eutrofizados ricos en materia orgánica, transformándola en biomasa disponible, de la cual se obtienen pigmentos, antioxidantes, vitaminas y biodiésel; eliminan metales pesados y sirven como indicadores biológicos para monitorear la contaminación del agua, entre otros muchos aspectos (Chung y col., 1978; McGeoch y Chown, 1998; Korunic y Mackay, 2000; Niemi y McDonald, 2004; Illana, 2008; Garibay y col., 2009; Garza y col., 2010; Infante y col., 2012; Segura y col., 2012; Muniz y col., 2013; Oliva y col., 2014). También es importante señalar que no todas las algas son benéficas, se ha observado que hay algunas especies oportunistas, que

llegan a desarrollarse masivamente aprovechando el exceso de materia orgánica de origen antrópico. La Cianoprocariota *Microcystis aeruginosa* es una de estas especies y puede producir daños causando irritación de la piel, enfermedades citotóxicas e incluso cáncer de páncreas, tanto en animales como en el hombre (Terrel y Bytnar, 1996; Dobal y col., 2011). Las toxinas tienden a concentrarse a lo largo de las cadenas tróficas, de modo que los peces que se alimentan de ellas suelen ser tóxicos para el hombre (Arbeláez y Ruiz, 2013).

Considerando la importancia de las microalgas de agua dulce y los pocos trabajos existentes en la zona de estudio, el objetivo de este trabajo consistió en hacer una revisión bibliográfica de la composición microalgal de los canales de Xochimilco, además de generar el primer registro de las especies de San Gregorio Atlapulco.

### MATERIALES Y MÉTODOS

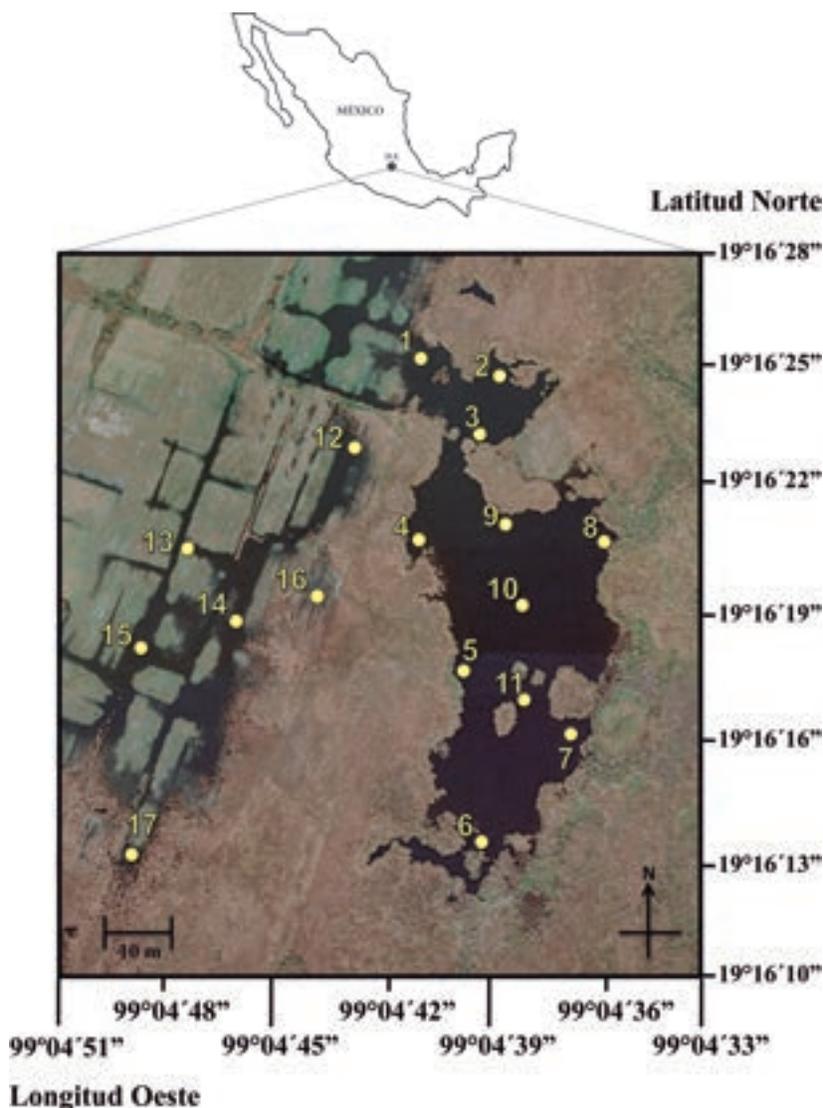
Para realizar el inventario de microalgas del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco de la Ciudad de México, se realizó una revisión bibliográfica que comprendió el periodo de enero de 1933 a diciembre de 2014, se revisaron 63 obras, entre las que destacan los trabajos de Sámano (1933, 1934, 1940); Ortega (1952, 1972, 1984); Pérez y Salas (1960a, 1960b); Aguayo (1993); Figueroa y Moreno (2003); Figueroa y col. (2008); Figueroa (2009, 2013); López y col. (2010). En el caso de las microalgas de San Gregorio Atlapulco (Figura 1), no se encontraron registros previos, por lo que se realizó un muestreo en enero de 2013. San Gregorio Atlapulco se encuentra ubicado entre los 19°16'10" y 19°16'28" LN y 99°04'33" y 99°04'51" LO; se establecieron 17 estaciones distribuidas en toda la zona, tratando de cubrir diferentes condiciones

microambientales. Las muestras se recolectaron con una botella van Dorn, marca Ocean Net (Valencia, España); se depositaron en frascos comunes de vidrio de 250 mL, y se les agregó lugol al 1 % final, éste es un fijador suave que conserva los flagelos de los organismos, pero presenta una pronta degradación de las muestras (días o semanas); de manera complementaria se obtuvieron muestras concentradas con el empleo de una red de arrastre de fitoplancton con aber-

tura de malla de 54 µm, marca KC Denmark (Silkeborg, Dinamarca), las cuales se colocaron en frascos de 30 mL, y se les agregó formalina al 4 %, que a diferencia del anterior, es un fijador fuerte que conserva las muestras por años, pero no conserva las estructuras delicadas. Se obtuvieron un total de 34 muestras. La revisión se llevó a cabo sobre submuestras de 0.1 mL de agua de cada lugar, basándose en la técnica de barrido de Schwöerbel (1975). Se realizaron repeticiones hasta que

### Figura 1

Estaciones de muestreo (17) en San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México.  
Figure 1. Sampling stations (17) in San Gregorio Atlapulco, Mexico City.



no se observara ningún organismo nuevo. Para esto, se utilizó un microscopio óptico marca Zeiss, modelo Axiostar (Alemania). La identificación se realizó con ayuda de descripciones taxonómicas e ilustraciones de Ortega (1952, 1972, 1984); Pérez y Salas (1958; 1960a; 1960b; 1961); Bourrelly (1966; 1968; 1970); Figueroa y col. (2008); Oliva y col. (2008); Valadez y col. (2010); Guiry y Guiry (2012); Novelo (2012); Soon (2013); Khalid y col. (2014). Se siguió el

sistema de clasificación de Hoek y col. (1995) y Wehr y Seath (2003) a nivel de División, y la nomenclatura de las especies se actualizó siguiendo la base de datos Algae-Base de Guiry y Guiry (2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la revisión bibliográfica y los estudios de campo y laboratorio sobre las microalgas del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco se registraron un to-

tal de 370 taxa, de los cuales 133 pertenecen a Clorofitas lo que corresponde al 36 %; 88 a Euglenofitas con el 24 %; 89 a Diatomeas con 24 %; 46 a Cianoprocarotas con 12 %, 10 a Dinoflagelados con 3 % y 4 a Cromofitas con 1 % (Tabla 1).

De la revisión de las muestras de San Gregorio Atlapulco, se determinaron 27 especies, todas ellas primeros registros para esta zona, de las cuales, 23 se encuentran también en los canales de Xochimilco.

**Tabla 1**

Microalgas de los canales de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco.

Table 1. Microalgae in Xochimilco and San Gregorio Atlapulco channels.

	División Cyanoprokaryota (Cyanophyta, Cianoprocarotas, Cianobacteria)	Canales de Xochimilco	San Gregorio Atlapulco
1	<i>Anabaena solitaria</i> f. <i>planctonica</i> (Brunnthal) Komárek	X	
2	<i>Anabaena</i> sp.	X	
3	<i>Anabaenopsis circularis</i> (West) Woll and Miller	X	X
4	<i>Aphanocapsa elachista</i> West y West	X	
5	<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G. Cronberg and Komárek= <i>Microcystis incerta</i> (Lemmermann)	X	
6	<i>Arthrospira laxissima</i> Gomont	X	
7	<i>Arthrospira maxima</i> Setchell and Gardner= <i>Spirulina maxima</i> (Setchell and Gardner) Geitler		X
8	<i>Calothrix stellaris</i> Bornet & Flahault	X	
9	<i>Coleofasciculus chthonoplastes</i> (Thuret ex Gomont) Siegesmund, Johansen and Friedl= <i>Microcoleus chthonoplastes</i> Thuret ex Gomont	X	
10	<i>Coelomoron pusillum</i> (Van Goor) Komárek= <i>Coelosphaerium collinsii</i> Drouet and Daily	X	
11	<i>Coelosphaerium</i> sp.	X	
12	<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissl.) Lemmermann	X	
13	<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann	X	
14	<i>Chroococcus minimus</i> (Keissl.) Lemmermann	X	
15	<i>Chroococcus prescottii</i> Drouet and Daily	X	
16	<i>Chroococcus rufescens</i> (Kützing) Nägeli	X	
17	<i>Chroococcus</i> sp.	X	
18	<i>Geitlerinema splendidum</i> (Greville ex Gomont) Anagnostidis= <i>Oscillatoria splendida</i> Greville ex Gomont	X	
19	<i>Gloeocapsa kuetzingiana</i> Nägeli ex Kützing	X	
20	<i>Gomposphaeria aponina</i> Kützing	X	
21	<i>Kamptonema formosum</i> (Bory de Saint-Vincent ex Gomont) Strunecký, Komárek and Smarda= <i>Oscillatoria formosa</i> Bory de Saint Vincent ex Gomont	X	
22	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis and Komárek= <i>Phormidium fragile</i> Gomont	X	
23	<i>Leptolyngbya tenerima</i> (Hansgirg) Komárek= <i>Oscillatoria tenerima</i> D. Prain	X	
24	<i>Lyngbya latissima</i> Prescott	X	
25	<i>Lyngbya natans</i> Hansgirg= <i>Oscillatoria tenuis</i> var. <i>natans</i> Gomont	X	
26	<i>Marssonella elegans</i> Lemmermann	X	
27	<i>Merismopedia elegans</i> Braun ex Kützing	X	
28	<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing		X

29	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	X	
30	<i>Merismopedia</i> sp.	X	
31	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	X	
32	<i>Microcystis pseudofilamentosa</i> Crow	X	
33	<i>Microcystis</i> sp.		X
34	<i>Nostoc linckia</i> Bornet ex Bornet and Flahault	X	
35	<i>Oscillatoria gracillina</i> Kützing	X	
36	<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont	X	
37	<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gomont	X	
38	<i>Oscillatoria tenuis</i> Agardh ex Gomont	X	
39	<i>Oscillatoria tenuis</i> f. <i>natans</i> (Gomont) Elenkin= <i>Oscillatoria natans</i> Kützing	X	
40	<i>Oscillatoria</i> sp.	X	
41	<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont	X	
42	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis and Komárek= <i>Oscillatoria agardhii</i> Agardh	X	
43	<i>Planktothrix pseudoagardhii</i> Suda and Watanabe	X	
44	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek= <i>Oscillatoria limnetica</i> Lemmermann	X	
45	<i>Spirulina laxa</i> G. M. Smith= <i>Arthrospira laxa</i> (G. M. Smith) Crow	X	
46	<i>Spirulina major</i> Kützing ex Gomont	X	
	<b>División Chlorophyta (Clorofitas)</b>	<b>Canales de Xochimilco</b>	<b>San Gregorio Atlapulco</b>
1	<i>Actinastrum gracillimum</i> Smith	X	
2	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	X	
3	<i>Actinastrum fluviatile</i> (J. L. B. Schröder) Fott	X	
4	<i>Acutodesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Tsarenko= <i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>tortuosus</i> (Skuja) Korshikov	X	X
5	<i>Acutodesmus dimorphus</i> (Turpin) Tsarenko= <i>Scenedesmus dimorphus</i> (Turpin) Kützing	X	
6	<i>Acutodesmus obliquus</i> (Turpin) Hegewald and Hanagata <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turpin) Kützing	X	
7	<i>Ankistrodesmus acicularis</i> var. <i>stipitatus</i> Korshikov	X	
8	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	X	X
9	<i>Ankistrodesmus nannoselene</i> Skuja	X	
10	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	X	
11	<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	X	
12	<i>Apiocystis brauniana</i> Nägeli	X	
13	<i>Botryococcus braunii</i> Kützing	X	
14	<i>Bulbochaete</i> sp.	X	
15	<i>Carteria klebsii</i> (Dang.) Dill	X	
16	<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann	X	
17	<i>Closterium acerosum</i> Ehrenberg ex Ralfs	X	
18	<i>Closterium acutum</i> Brébisson	X	X
19	<i>Closterium diana</i> Ehrenberg	X	
20	<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs	X	
21	<i>Closterium submoniliferum</i> var. <i>malinvernianum</i> (De Notaris) Coesel	X	
22	<i>Closterium jeneri</i> Ralfs	X	
23	<i>Closterium kuetzingii</i> Brébisson	X	
24	<i>Closterium leibleinii</i> Kützing ex Ralfs	X	
25	<i>Closterium lineatum</i> Ehrenberg ex Ralfs	X	
26	<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	X	
27	<i>Closterium parvulum</i> Nägeli	X	
28	<i>Closterium</i> sp.	X	

Continúa..

29	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	X	
30	<i>Cosmarium reniforme</i> (Ralfs) Archer	X	
31	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren	X	
32	<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchnerr) Kuntze	X	X
33	<i>Chaetosphaeridium globosum</i> (Nordsted) Klebahn	X	
34	<i>Chlamydomonas globosa</i> Snow	X	
35	<i>Chlamydomonas snowiae</i> Printz	X	
36	<i>Chlamydomonas sphagnicola</i> (Fritsch) Fritsch and Takeda	X	
37	<i>Chlamydomonas</i> sp.	X	
38	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijerinck	X	
39	<i>Chlorella</i> sp.	X	
40	<i>Chlorogonium elegans</i> Playfair	X	
41	<i>Chlorosarcina consociata</i> (Klebs) G. M. Smith	X	
42	<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedusenko) P. M. Tsarenko= <i>Scenedesmus bicaudatus</i> Dedusenko	X	
43	<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerheim) S. S. An, T. Friedl and E. Hegewald= <i>Scenedesmus denticulata</i> Schumacer= <i>Scenedesmus denticulatus</i> Lagerheim	X	
44	<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P. G. Richter) E. Hegewald= <i>Scenedesmus opoliensis</i> P. G. Richter	X	
45	<i>Desmodesmus protuberans</i> (F. E. Fritsch & M. F. Rich) E. Hegewald= <i>Scenedesmus protuberans</i> F.E. Fritsch and M. F. Rich	X	
46	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	X	
47	<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg	X	
48	<i>Golenkinia paucispina</i> West & West	X	
49	<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	X	
50	<i>Gonium pectorale</i> Müller	X	
51	<i>Haematococcus pluvialis</i> Flotow	X	
52	<i>Hydrodictyon reticulatum</i> (Linnaeus) Bory de Saint-Vincent	X	
53	<i>Keratococcus bicaudatus</i> (A. Braun ex Rabenhorst) J. B. Petersen	X	
54	<i>Kirchneriella contorta</i> (Schmidle) Bohlin	X	
55	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	X	
56	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West and West	X	X
57	<i>Lacunastrum gracillimum</i> (West and G. S. West) H. McManus= <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i> West and G. S. West	X	
58	<i>Lagerheimia wratislaviensis</i> Schröder	X	
59	<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	X	
60	<i>Micractinium pusillum</i> var. <i>elegans</i> Smith	X	
61	<i>Microspora stagnorum</i> (Kützing) Lagerheim	X	
62	<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda= <i>Pediastrum simplex</i> var. <i>simplex</i> (Meyen) Parra- Barrientos	X	
63	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsikov) Hindak	X	
64	<i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárková-Legnerová	X	X
65	<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová= <i>Ankistrodesmus acicularis</i> (Braun) Korshikov	X	
66	<i>Monoraphidium mirabile</i> (West and G. S. West) Pankow	X	
67	<i>Monoraphidium</i> sp.	X	X
68	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H. C. Wood) C. Bock, Proschold and Krienitz= <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	X	
69	<i>Nephrocytium agardhianum</i> Nägeli = <i>Nephrocytium agardhianum</i> Ehrenberg	X	
70	<i>Oedogonium</i> sp.	X	
71	<i>Oocystis borgei</i> Snow	X	
72	<i>Oocystis elliptica</i> West	X	
73	<i>Oocystis elliptica</i> var. <i>minor</i> West y West= <i>Oocystis elliptica</i> f. <i>minor</i> West	X	

Continúa..

74	<i>Oocystis parva</i> West & West	X	
75	<i>Oocystis pusilla</i> Hansgirg	X	
76	<i>Oocystis submarina</i> Lagerheim	X	
77	<i>Oocystis</i> sp.	X	
78	<i>Pandorina morum</i> (Müller) Bory de Saint-Vincent	X	X
79	<i>Pectinodesmus javanensis</i> (Chodat) E. Hegewald, C. Bock and Krienitz= <i>Scenedesmus javanensis</i> Chodat	X	
80	<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	X	
81	<i>Pediastrum boryanum</i> var. <i>longicorne</i> Reinsch	X	
82	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	X	
83	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>clathratum</i> (A. Braun) Lagerheim	X	
84	<i>Pediastrum reticulatum</i> (Lagerh.) Zacharias	X	
85	<i>Pediastrum tetras</i> var. <i>tetraodon</i> (Corda) Hansgirg	X	
86	<i>Pediastrum</i> sp.	X	
87	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i> Smith	X	
88	<i>Pleodorina illinoisensis</i> Kofoid	X	
89	<i>Polydriopsis spinulosa</i> (Schmidle) Schmidle	X	
90	<i>Pseudocharacium obtusum</i> (A. Braun) Petry-Hesse <i>Characium obtusum</i> A. Braun	X	
91	<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i> (Lemmermann) Nováková= <i>Tetraspora lacustris</i> Lemmermann	X	
92	<i>Pteromonas aculeata</i> Lemmermann	X	
93	<i>Pyramimonas tetrarhynchus</i> Schmarda	X	
94	<i>Quadrigula chodatii</i> (Tanner-Fullman) Smith= <i>Ankistrodesmus chodatii</i> (Tanner-Fullman) Brunthaler	X	
95	<i>Scenedesmus abundans</i> var. <i>longicauda</i> Smith	X	
96	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	X	
97	<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>elongatus</i> G. M. Smith	X	
98	<i>Scenedesmus acutus</i> var. <i>globosus</i> Hortobágyi	X	
99	<i>Scenedesmus</i> cf. <i>arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann	X	
100	<i>Scenedesmus armatus</i> (R. Chodat) R. Chodat	X	
101	<i>Scenedesmus bijuga</i> var. <i>irregularis</i> (Wille) Smith	X	
102	<i>Scenedesmu denticulatus</i> var. <i>brevispinus</i> (Smith) May	X	
103	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	X	
104	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>longispinus</i> G. M. Smith	X	
105	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>maximus</i> (West and G. S. West) Chodat	X	
106	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>westii</i> G. M. Smith	X	X
107	<i>Scenedesmus quadripina</i> Chodat	X	X
108	<i>Scenedesmus</i> sp.	X	
109	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann	X	
110	<i>Sphaerellocystis ampla</i> (Kützing) Nováková= <i>Gloeocystis ampla</i> (Kützing) Rabenhorst	X	
111	<i>Spirogyra condensata</i> (Vaucher) Leiblein	X	
112	<i>Spondylomorom quaternarium</i> Ehrenberg	X	
113	<i>Staurastrum curvatum</i> W. West	X	
114	<i>Staurastrum hexacerum</i> Wittrock	X	
115	<i>Staurastrum</i> cf. <i>lapponicum</i> (Schmidle) Grönblad	X	X
116	<i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte	X	
117	<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> var. <i>inflexum</i> M. Raciborski	X	
118	<i>Stigeoclonium nanum</i> (Dillwyn) Kützing	X	
119	<i>Tetraëdron gracile</i> (Reinsch) Hansgirg= <i>Tetraëdron trigonum</i> var. <i>gracile</i> (Reinsch) De Toni	X	
120	<i>Tetraëdron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	X	X

Continúa..

121	<i>Tetraëdron regulare</i> Kützing	X	
122	<i>Tetraëdron</i> sp.	X	
123	<i>Tetraselmis cordiformis</i> (H. J. Carter) Stein	X	
124	<i>Tetrastrum glabrum</i> (Y. V. Roll) Ahlstrom and Tiffany	X	X
125	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann	X	
126	<i>Treubaria setigera</i> (W. Archer.) G. M. Smith= <i>Tetraëdron trigonum</i> var. <i>setigerum</i> (Archer.) Lemmermann	X	
127	<i>Trochiscia reticularis</i> (Reinsch.) Hansgirg	X	
128	<i>Ulothrix cylindricum</i> Prescott	X	
129	<i>Ulothrix tenerrima</i> (Kützing) Kützing= <i>Ulothrix variabilis</i> Kützing	X	
130	<i>Ulothrix</i> sp.	X	
131	<i>Volvox tertius</i> Art. Meyer	X	
132	<i>Westloopsis linearis</i> (G. M. Smith) C.-C. Jao <i>Westella linearis</i> Smith	X	
133	<i>Willea crucifera</i> (Wolle) D. M. John, M. J. Wynne and P. M. Tsarenko	X	
	<b>División Euglenophyta (Euglenofitas)</b>	<b>Canales de Xochimilco</b>	<b>San Gregorio Atlapulco</b>
1	<i>Anisonema emarginata</i> Stokes	X	
2	<i>Colacium cyclopicola</i> (Gicklhorn) Bourrelly	X	
3	<i>Cryptoglena pigra</i> Ehrenberg	X	
4	<i>Cryptoglena skujae</i> Marin and Melkonian	X	
5	<i>Entosiphon sulcatum</i> (Dujardin) Stein	X	
6	<i>Euglena acus</i> (Müller) Ehrenberg	X	
7	<i>Euglena agilis</i> Carter= <i>Euglena agilis</i> Klebs en Pérez-Reyes y Salas Gómez	X	
8	<i>Euglena caballeroi</i> Pérez-Reyes	X	
9	<i>Euglena cantabrica</i> Pringsheim= <i>Euglena dicentra</i> Skuja	X	
10	<i>Euglena confusa</i> Pérez-Reyes	X	
11	<i>Euglena cyclopicola</i> Gickelhorn	X	
12	<i>Euglena chadefaudii</i> Bourrelly= <i>Euglena flagellata</i> Pérez Reyes y Salas Gómez = <i>Euglena spinifera</i> Pérez Reyes y Salas Gómez	X	
13	<i>Euglena deses</i> Ehrenberg = <i>Enchelys deses</i> Müller= <i>Euglena acus</i> Ehrenberg = <i>Euglena deses</i> Ehrenberg Pérez-Reyes y Salas Gómez	X	
14	<i>Euglena ehrenbergii</i> Klebs = <i>Amblyophis viridis</i> Ehrenberg = <i>E. truncata</i> Walton = <i>E. amblyophis</i> Playgair = <i>Amblyophis arinagari</i> Bhatia = <i>E. heimii</i> Lefèvre	X	
15	<i>Euglena elastica</i> Prescott	X	
16	<i>Euglena excavata</i> Schiller	X	
17	<i>Euglena exilis</i> Gojdics	X	
18	<i>Euglena flagellata</i> Pérez-Reyes	X	
19	<i>Euglena fundoversata</i> Johnson	X	
20	<i>Euglena gracilis</i> G. A. Klebs	X	
21	<i>Euglena granulata</i> (Klebs) Schmitz	X	
22	<i>Euglena guntheri</i> Gojdics	X	
23	<i>Euglena hemichromata</i> Skuja	X	
24	<i>Euglena limnophila</i> Lemmermann var. <i>sulcata</i> (Pérez Reyes y Salas Gómez) Ortega= <i>Euglena sulcata</i> Pérez Reyes y Salas Gómez	X	
25	<i>Euglena minima</i> Francé	X	
26	<i>Euglena oblonga</i> Schmitz	X	
27	<i>Euglena oxyuris</i> Schmarda	X	
28	<i>Euglena parasitica</i> Sokoloff [Sokolov]	X	
29	<i>Euglena polymorpha</i> Dangeard	X	
30	<i>Euglena proxima</i> Dangeard= <i>Euglena confusa</i> Pérez-Reyes y Salas Gómez	X	

Continúa...

31	<i>Euglena pseudoviridis</i> Chadefaud	X	
32	<i>Euglena rostrifera</i> Johnson	X	
33	<i>Euglena sanguinea</i> Ehrenberg	X	
34	<i>Euglena spinifera</i> Pérez Reyes	X	
35	<i>Euglena stellata</i> Mainx	X	
36	<i>Euglena sulcata</i> Pérez Reyes	X	
37	<i>Euglena texta</i> (Dujardin) Hübner= <i>Crumenula texta</i> Dujardin= <i>Lepocinclis obtusa</i> Francé= <i>L. texta</i> (Dujardin) Lemmermann	X	
38	<i>Euglena tornata</i> Pérez Reyes y Salas Gómez	X	
39	<i>Euglena viridis</i> (O. F. Müller) Ehrenberg = <i>Euglena viridis</i> (Schrank) Ehrenberg	X	X
40	<i>Euglena</i> sp.	X	
41	<i>Heteronema acus</i> (Ehrenberg) Stein	X	
42	<i>Lepocinclis acus</i> var. <i>longissima</i> (Deflandre) D. A. Kapustin= <i>Euglena acus</i> var. <i>longissima</i> Deflandre	X	
43	<i>Lepocinclis acuta</i> Prescott	X	
44	<i>Lepocinclis caudata</i> A. M. da Cunha	X	
45	<i>Lepocinclis fusiformis</i> (Carter) Lemmermann	X	
46	<i>Lepocinclis fusiformis</i> var. <i>amphirhynchus</i> Nygaard	X	
47	<i>Lepocinclis fusiformis</i> var. <i>excavatum</i> Bourrelly	X	
48	<i>Lepocinclis fusiformis</i> var. <i>major</i> Fritsch & Rich	X	
49	<i>Lepocinclis glabra</i> Drezepolski	X	
50	<i>Lepocinclis glabra</i> f. <i>minor</i> Prescott	X	
51	<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann	X	
52	<i>Lepocinclis ovum</i> var. <i>bütschlii</i> (Lemmermann) Conrad	X	
53	<i>Lepocinclis spirogyroides</i> Marin and Melkonian= <i>Euglena spirogyra</i> Ehrenberg	X	
54	<i>Lepocinclis spiroides</i> (Lemmermann) Marin and Melkonian= <i>Euglena spiroides</i> Lemmermann	X	
55	<i>Lepocinclis teres</i> (Schmitz) Francé	X	
56	<i>Lepocinclis texta</i> (Dujardin) Lemmermann	X	
57	<i>Lepocinclis tripteris</i> (Dujardin) Marin and Melkonian= <i>Euglena tripteris</i> (Dujardin) Klebs= <i>Euglena torta</i> Stokes	X	
58	<i>Lepocinclis salina</i> F. E. Fritsh	X	
59	<i>Lepocinclis steinii</i> Lemmermann	X	
60	<i>Lepocinclis</i> sp.	X	
61	<i>Ophiocytium capitatum</i> Wolle	X	
62	<i>Peranemopsis trichophora</i> (Ehrenberg) L. Péterfi= <i>Peranema trichophorum</i> (Ehrenberg) Stein	X	
63	<i>Phacus acuminatus</i> Stokes	X	
64	<i>Phacus caudatus</i> Hübner	X	
65	<i>Phacus curvicauda</i> Swirenko	X	
66	<i>Phacus inflexus</i> (I. Kisselev) Pochmann	X	
67	<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin = <i>Phacus longicaudus</i> (Ehrenberg) Dujardin	X	
68	<i>Phacus pleuronectes</i> (O. F. Müller) Nitzsch ex Dujardin	X	X
69	<i>Phacus pyrum</i> (Ehrenberg) Archer	X	
70	<i>Phacus quinquemarginatus</i> Jahn and Shawhan	X	
71	<i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Skvortzov	X	
72	<i>Phacus</i> sp. 1	X	
73	<i>Phacus</i> sp. 2	X	
74	<i>Phacus</i> sp. 3	X	
75	<i>Strombomonas costata</i> Deflandre	X	
76	<i>Strombomonas</i> sp.	X	
77	<i>Trachelomonas crebea</i> var. <i>brevicollis</i> Prescott	X	

78	<i>Trachelomonas heduma</i> Conrad= <i>T. varians</i> Deflandre f. <i>spiralis</i> Deflandre	X	
79	<i>Trachelomonas hexangulata</i> Swirenko	X	
80	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein	X	
81	<i>Trachelomonas lacustris</i> Drezepoloki= <i>T. cylindrica</i> var. <i>punctata</i> Skvortzow	X	
82	<i>Trachelomonas pulcherrima</i> Playfair	X	
83	<i>Trachelomonas robusta</i> Swirenko	X	
84	<i>Trachelomonas rotunda</i> Deflandre	X	
85	<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	X	
86	<i>Trachelomonas</i> sp. 1	X	
87	<i>Trachelomonas</i> sp. 2	X	
88	<i>Tribonema minus</i> (Wille) Hazen	X	
	<b>División Bacillariophyta (Diatomeas)</b>	<b>Canales de Xochimilco</b>	<b>San Gregorio Atlapulco</b>
1	<i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson ex Kützing) Grunow	X	
2	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	X	
3	<i>Aneumastus tuscula</i> (Ehrenberg) D. G. Mann and A. J. Stickle= <i>Navicula tuscula</i> (Ehrenberg) Grunow	X	
4	<i>Asterionella</i> sp.	X	
5	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen= <i>Melosira granulata</i> (Ehrenberg) Ralfs	X	
6	<i>Aulacoseira granulata</i> f. <i>curvata</i> (Hustedt) Simonsen = <i>Melosira granulata</i> var. <i>curvata</i> Grunow	X	
7	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. F. Müller) Simonsen= <i>Melosira granulata</i> var. <i>angustissima</i> Müller	X	
8	<i>Aulacoseira</i> sp.	X	
9	<i>Brebissonia lanceolata</i> (C. Agardh) Mahoney and Reimer= <i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) Kirchner	X	
10	<i>Caloneis amphibaena</i> (Bory de Saint Vincent) Cleve	X	
11	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	X	
12	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	X	
13	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D. G. Mann= <i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing	X	X
14	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X	X
15	<i>Cyclotella</i> sp.	X	
16	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	X	
17	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	X	
18	<i>Cymbella gastroides</i> var. <i>genuina</i> Mayer	X	
19	<i>Cymbella mexicana</i> (Ehr.) Cleve	X	
20	<i>Cymbella prostata</i> (Berkeley) Cleve	X	
21	<i>Cymbella</i> sp.	X	
22	<i>Denticula elegans</i> Kützing	X	
23	<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing= <i>Navicula confervacea</i> (Kützing) Grunow	X	
24	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	X	
25	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann= <i>Cymbella minuta</i> Hilse	X	
26	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann= <i>Cymbella minuta</i> var. <i>silesiaca</i> (Bleisch) Reimer	X	
27	<i>Encyonema muelleri</i> (Hustedt) D. G. Mann= <i>Cymbella muelleri</i> Hustedt	X	
28	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson= <i>Epithemia zebra</i> (Ehrenberg) Kützing	X	
29	<i>Epithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	X	X
30	<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>ventricosa</i> (Ehrenberg) Grunow	X	
31	<i>Eunotia</i> sp.	X	
32	<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	X	
33	<i>Fragilaria barbatula</i> (Kützing) Lange-Bertalot= <i>Tabularia barbatula</i> (Kützing) D. M. Williams and Round	X	
34	<i>Fragilaria brevistriata</i> Grunow	X	
35	<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow	X	

36	<i>Cf Fragilaria crotonensis</i> Kitton	X	
37	<i>Fragilaria dorsiventralis</i> (Otto Müller) Lange-Bertalot	X	
38	<i>Fragilaria tabulata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	X	
39	<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>contracta</i> (Østrup) Main	X	
40	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams and Round= <i>Fragilaria virescens</i> Ralfs	X	
41	<i>Fragilaria</i> sp.	X	
42	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	X	
43	<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	X	
44	<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg= <i>Gomphonema truncatum</i> var. <i>capitatum</i> (Ehrenberg) R. M. Patrick	X	
45	<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg	X	
46	<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg= <i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>coronatum</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	X	
47	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	X	X
48	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	X	X
49	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	X	
50	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	X	
51	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	X	
52	<i>Hantzschia</i> cf. <i>amphioxys</i> var. <i>vivax</i> (Hantzsch) Grunow	X	X
53	<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) F. E. Round and P. W. Basson= <i>Achnanthes hungarica</i> (Grunow) Grunow	X	
54	<i>Licmophora lyngbyei</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck	X	
55	<i>Melosira agassizii</i> var. <i>malayensis</i> Hustedt	X	
56	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	X	
57	<i>Melosira</i> sp. 1	X	
58	<i>Melosira</i> sp. 2	X	
59	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	X	
60	<i>Navicula exigua</i> var. <i>capitata</i> R. M. Patrick	X	
61	<i>Navicula exigua</i> var. <i>sagnata</i> Hustedt	X	
62	<i>Navicula</i> sp. 1	X	X
63	<i>Navicula</i> sp. 2	X	
64	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	X	
65	<i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs= <i>Nitzschia apiculata</i> (W.Gregory) Grunow	X	
66	<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	X	
67	<i>Nitzschia</i> sp.	X	
68	<i>Opephora americana</i> M. Peragallo	X	
69	<i>Pinnularia abaujensis</i> (Pantocsek) R. Ross	X	
70	<i>Pinnularia globiceps</i> Gregory	X	
71	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	X	
72	<i>Pinnularia</i> sp. 1	X	
73	<i>Pinnularia</i> sp. 2	X	
74	<i>Placoneis elginensis</i> (Gregory) E. J. Cox= <i>Navicula anglica</i> Ralfs	X	
75	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	X	
76	<i>Rhoicosphenia curvata</i> f. <i>minor</i> M. Schmidt	X	
77	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller= <i>Pinnularia gibba</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	X	
78	<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i> (Kützing) H. Peragallo and M. Peragallo	X	
79	<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) Otto Müller	X	
80	<i>Sellaphora americana</i> (Ehrenberg) D. G. Mann <i>Navicula americana</i> Ehrenberg	X	
81	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky= <i>Navicula pupula</i> Kützing	X	
82	<i>Staurisirella leptostauron</i> (Ehrenberg) D. M. Williams and Round= <i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehrenberg) Hustedt	X	

Continúa...

83	<i>Surirella ovalis</i> Brébisson	X	
84	<i>Surirella minuta</i> Brébisson = <i>S. ovalis</i> var. <i>ovata</i> (Kützing) Van Heurck	X	
85	<i>Surirella</i> sp. 1	X	
86	<i>Surirella</i> sp. 2	X	
87	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	X	
88	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams and Round = <i>Fragilaria fasciculata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	X	
89	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère = <i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	X	
	<b>División Dinophyta (Pyrrophyta, Dinoflagelados)</b>	<b>Canales de Xochimilco</b>	<b>San Gregorio Atlapulco</b>
1	<i>Ceratium hirundinella</i> (Müller) Dujardin	X	
2	<i>Gymnodinium</i> sp. 1	X	
3	<i>Gymnodinium</i> sp. 2	X	
4	<i>Peridinium cinctum</i> (Müller) Ehrenberg	X	
5	<i>Peridinium willei</i> Huitfeldt-Kaas		X
6	<i>Peridinium</i> sp.	X	
7	<i>Peridiniopsis gymnodinum</i> (Penard) Bourrelly	X	
8	<i>Peridiniopsis</i> sp.	X	
9	<i>Sphaerodinium cinctum</i> (Ehrenberg) Woloszyńska = <i>Sphaerodinium cinctum</i> var. <i>limneticum</i> (Woloszyńska) Hub.-Pest.	X	
10	<i>Sphaerodinium cinctum</i> var. <i>polonicum</i> (Woloszyńska) Huber-Pestalozzi	X	
	<b>División Chromophyta (Cromofitas)</b>	<b>Canales de Xochimilco</b>	<b>San Gregorio Atlapulco</b>
1	<i>Mallomonas mirabilis</i> Conrad	X	
2	<i>Mallomonas producta</i> Iwanoff	X	
3	<i>Synura uvella</i> Ehrenberg	X	
4	<i>Tribonema minus</i> (Wille) Hazen	X	
	<b>Total</b>	<b>366</b>	<b>27</b>

En San Gregorio Atlapulco las microalgas mejor representadas fueron las Clorofitas con 13 especies, constituyendo el 48 % del total, siguiéndole las Diatomeas con siete especies (26 %), las Cianoprocaritas con cuatro especies (15 %), las Euglenofitas con dos especies (7 %), y por último los Dinoflagelados con una especie (4 %); no se encontraron Cromofitas (Figura 2).

Entre las especies en común en ambos sistemas se encuentran Cianoprocarita: *Anabaenopsis circularis*; Clorofita: *Acutodesmus acuminatus*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Closterium acutum*, *Crucigenia tetrapedia*, *Kirchneriella obesa*, *Monoraphidium convolutum*, *Monoraphidium* sp., *Pandorina morum*, *Scenedesmus quadricauda* var. *westii*, *Scenedesmus quadrispinus*, *Staurastrum* cf. *lapponicum*, *Te-traëdrum minimum* y *Tetrastum glabrum*; Euglenofita:

*Euglena viridis* y *Phacus pleuronectes*, y Diatomeas: *Craticula cuspidata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Epithemia turgida*, *Gomphonema olivaceum*, *Gomphonema parvulum*, *Hantzschia* cf. *amphioxys* var. *vivax* y *Navicula* sp.

En San Gregorio solo se detectaron cuatro especies diferentes a las de los canales de Xochimilco: *Arthrospira maxima*, *Merismopedia glauca*, *Microcystis* sp. y *Peridinium willei*, lo que incrementa ligeramente el total de registros que se tienen para toda la zona patrimonial, de 366 a 370 especies, sin mostrar variación en los porcentajes totales (Figura 3).

Cabe señalar que en San Gregorio Atlapulco *Cyclotella meneghiniana* es escasa, a pesar de que en los canales de Xochimilco suele ser abundante y frecuente; de manera similar; las especies *Cocconeis placentula*,

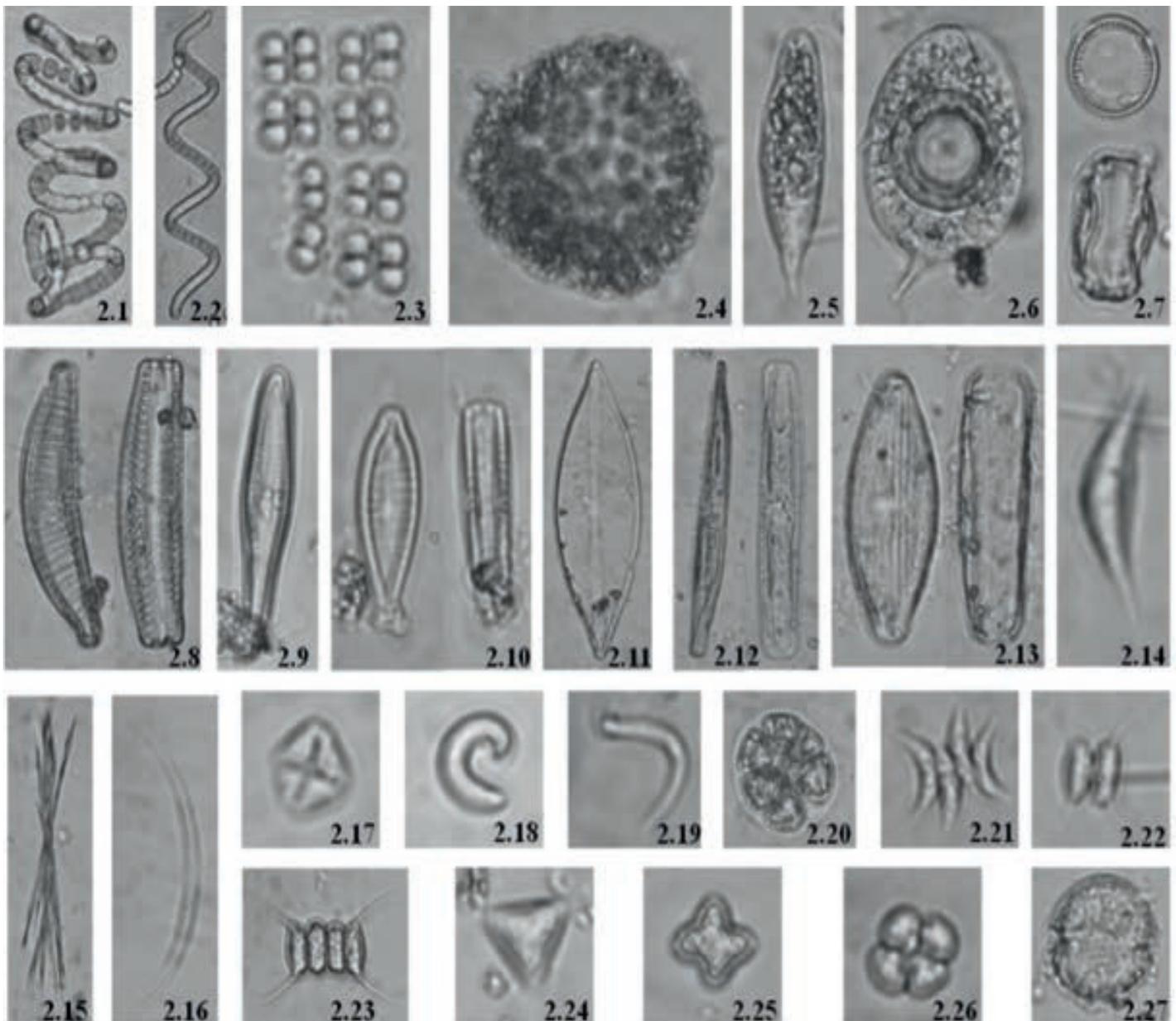
*Pediastrum* sp. y *Planktothrix agardhii* no se encontraron en San Gregorio Atlapulco y en los canales de Xochimilco son frecuentes y abundantes, revelando de forma indirecta la existencia de diferencias microambientales entre ambos sistemas.

Llama la atención la presencia de *Microcystis aeruginosa* en los canales de Xochimilco, ya que es una especie nociva que produce microcistina, que es una sustancia hepatotóxica, además de que es indicadora de eutroficación (Carvalho y col., 2013). La especie *Arthrospira maxima* estuvo presente históricamente en los canales de Xochimilco y ha sido utilizada como alimento desde la época prehispánica por poseer un alto valor nutricional. Actualmente solo se encuentra en San Gregorio en bajas cantidades, por lo que requiere ser protegida para evitar su desaparición. Es

**Figura 2**

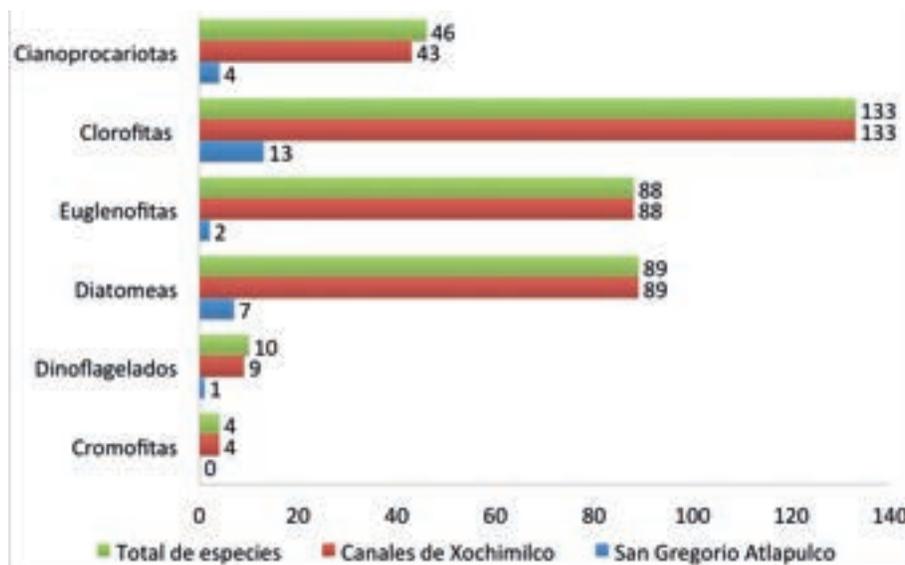
Microalgas de San Gregorio Atlapulco: 2.1 *Anabaenopsis circularis*, 2.2 *Arthrospira maxima*, 2.3 *Merismopedia glauca*, 2.4 *Microcystis* sp., 2.5 *Euglena viridis*, 2.6 *Phacus pleuronectes*, 2.7 *Cyclotella meneghiniana*, 2.8 *Epithemia turgida*, 2.9 *Gomphonema olivaceum*, 2.10 *Gomphonema parvulum*, 2.11 *Hantzschia* cf. *amphioxys* var. *vivax*, 2.12 *Craticula cuspidata*, 2.13 *Navicula* sp.1, 2.14 *Closterium acutum*, 2.15 *Ankistrodesmus falcatus*, 2.16 *Monoraphidium* sp., 2.17 *Crucigenia tetrapedia*, 2.18 *Kirchneriella obesa*, 2.19 *Monoraphidium convolutum*, 2.20 *Pandorina morum*, 2.21 *Acutodesmus acuminatus*, 2.22 *Scenedesmus quadrispina*, 2.23 *Scenedesmus quadricauda* var. *westii*, 2.24 *Staurastrum* cf. *lapponicum*, 2.25 *Tetraedron minimum*, 2.26 *Tetrastrum glabrum*, 2.27 *Peridinium willei*.

Figure 2. Microalgae of San Gregorio Atlapulco: Microalgae: 2.1 *Anabaenopsis circularis*, 2.2 *Arthrospira maxima*, 2.3 *Merismopedia glauca*, 2.4 *Microcystis* sp., 2.5 *Euglena viridis*, 2.6 *Phacus pleuronectes*, 2.7 *Cyclotella meneghiniana*, 2.8 *Epithemia turgida*, 2.9 *Gomphonema olivaceum*, 2.10 *Gomphonema parvulum*, 2.11 *Hantzschia* cf. *amphioxys* var. *vivax*, 2.12 *Craticula cuspidata*, 2.13 *Navicula* sp. 1, 2.14 *Closterium acutum*, 2.15 *Ankistrodesmus falcatus*, 2.16 *Monoraphidium* sp., 2.17 *Crucigenia tetrapedia*, 2.18 *Kirchneriella obesa*, 2.19 *Monoraphidium convolutum*, 2.20 *Pandorina morum*, 2.21 *Acutodesmus acuminatus*, 2.22 *Scenedesmus quadrispina*, 2.23 *Scenedesmus quadricauda* var. *westii*, 2.24 *Staurastrum* cf. *lapponicum*, 2.25 *Tetraedron minimum*, 2.26 *Tetrastrum glabrum*, 2.27 *Peridinium willei*.



**Figura 3**

Riqueza de especies de la Zona Patrimonial de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Ciudad de México.  
Figure 3. Richness of species at Xochimilco and San Gregorio Atlapulco, natural reserves Mexico City.



importante destacar que su producción comercial proviene de otros sitios y no de esta región.

Por otra parte, se pudo observar que con el trabajo realizado, aumentó de modo sustancial el conocimiento de los recursos ficológicos del Área Natural Protegida de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, ya que los 370 taxa registrados constituyen más del triple de las especies reportadas para dicha zona en la Gaceta Oficial del Distrito Federal (2006), donde se mencionan tan solo 115. También aumenta el número de registros para los ecosistemas acuáticos de la Ciudad de México, ya que Oliva y col. (2014), reportaron únicamente 184 especies de algas y en este estudio se contabilizaron más del doble. Por otra parte, Novelo y Tavera (2011), en su trabajo sobre las algas de agua dulce de México reportaron 651 especies para todo el Distrito Federal; sin embargo, por los alcances del mismo, no señalan las localidades ni los cuerpos de agua en donde fueron registradas, por lo que no se puede hacer una comparación con los resultados de este estudio.

En términos generales, se pudo constatar que son escasos y esporádicos los trabajos ficológicos realizados en el Área Natural Protegida, ya que en este estudio se presentan los primeros registros de microalgas de los canales de San Gregorio Atlapulco. Se puede observar que los datos existentes subestiman la riqueza de especies en esta zona, por ello se considera que si se intensifican los muestreos, es muy probable que se obtengan nuevos registros, aspecto que coincide con lo señalado por Novelo y Tavera (2011), para todo el país.

Pedroche y col. (1993), desde hace más de dos décadas, también refieren la falta de trabajos sobre la riqueza específica de las algas de ambientes de agua dulce del país, debido a la naturaleza de este grupo que implica el enfrentamiento con una diversidad morfológica, reproductiva y ecológica considerable, con relaciones filogenéticas y criterios de clasificación poco claros. Estos aspectos a la fecha se han ido resolviendo con la ayuda de nuevas tecnologías como la microscopía electrónica y la biología

molecular; sin embargo, todavía hay mucho trabajo por hacer al respecto.

Aunado a lo anterior, se considera necesario realizar monitoreos constantes, debido a que las condiciones ambientales están cambiando rápidamente en los últimos años a causa de las actividades de origen antrópico, como es el caso de la contaminación del agua y el cambio climático, factores que se reflejan en la desaparición, en los canales de Xochimilco, de especies sensibles como *Arthrospira maxima*, y en la generación de condiciones que favorecen el desarrollo masivo de especies potencialmente tóxicas como *Microcystis aeruginosa* y *Peridinium willei*.

### CONCLUSIONES

Se registraron un total de 370 especies de microalgas en el Área Natural Protegida de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, lo que incrementó de manera importante el conocimiento de su riqueza de especies, con respecto a los reportes existentes hasta el momento. Para el caso de San Gregorio, al no existir estudios previos, este trabajo contribuyó con el primer registro de 27 especies de microalgas. Debido a la escasez de trabajos ficológicos en la región, a su importancia científica, ecológica y económica y al riesgo que puede causar la presencia de especies tóxicas a la salud humana, es necesario continuar con la elaboración de los inventarios en la región. ||

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Autónoma Metropolitana y al Cuerpo Académico Sistemas y Procesos Ecológicos de los Recursos Acuáticos Tropicales (SEP Clave: UAM-X-CA-44), por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Aguayo, M. (1993). Aspectos hidrobiológicos y de calidad del agua de cuatro canales de Xochimilco. En E. Sthephan (Ed.), *Primer seminario internacional de investigadores de Xochimilco* (pp. 503-509). Tomo II. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco A. C., México.
- Arbeláez, A. y Ruiz, V. (2013). Dinámica de la bio-acumulación de ciguatoxinas en una cadena alimentaria. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 32(3): 271-283.
- Bourrelly, P. (1966). *Les algues d'eau douce, Initiation à la systématique*. Tome 1: Les algues vertes. Francia: Editions N. Boubée y cie. 512 Pp.
- Bourrelly, P. (1968). *Les algues d'eau douce, Initiation à la systématique*. Tome II: Les algues jaunes et brunes, Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Francia: Editions N. Boubée y cie. 438 Pp.
- Bourrelly, P. (1970). *Les algues d'eau douce, Initiation à la systématique*. Tome III: Les algues bleues et rouges Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Francia: Editions N. Boubée y cie. 512 Pp.
- Carvalho, M., Agujaro, L., Pires, D., and Picoli, C. (2013). *Manual de Cianobacterias Planctónicas: Legislação, Orientações para o Monitoramento e Aspectos ambientais*. Governo do Estado Sao Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 56 Pp.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2006). Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 71 Pp.
- Chung, P., Pond, W., Kingsbury, J., Walker, E., and Krook L. (1978). Production and nutritive value of *Arthrospira platensis*, a spiral Blue-Green Alga grown on swine wastes. *Journal Animal Science*. 47: 319-330.
- Dobal, V., Loza, S. y Lugioyo, G. (2011). Potencialidades de las cianobacterias planctónicas como bioindicadores de estrés ambiental en ecosistemas costeros. *Serie Oceanológica*. 9: 112-117.
- Figueroa, G. (2009). *Algas de la Cuenca de México*. México: Serie Académicos, CBS, UAM-Xochimilco. 81 Pp.
- Figueroa, G. (2013). *El papel de las cianoprocaríotas en la eutroficación de los canales de Xochimilco y pista de remo y canotaje Virgilio Uribe*. 4 Suplemento de Investigación. Cauce. UAM Xochimilco. 8 Pp.
- Figueroa, M. y Moreno, J. (2003). Dinoflagelados dulceacuicolas de México. En: M. Barreiro, M. Meave, M. Signoret, M. Figueroa (Eds.), *Planctología Mexicana* (pp. 85-102). Sociedad Mexicana de Planctología, A. C. México.
- Figueroa, G., Santos, D. y Velazco, A. (2008). *Ficoflora de Xochimilco, Parte 1: Diatomeas y Clorofitas*. México: Serie Académicos, CBS, UAM-Xochimilco. 122 Pp.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal (2006). Décima sexta época, 11 de enero, No. 5. [En línea]. Disponible en: [http://www.sma.df.gob.mx/corena/descargas/conservacion\\_restauracion\\_recursos\\_naturales/anp/decretos/DECRETO\\_PM\\_ANP\\_ZSCE\\_XOCHIMILCO.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/corena/descargas/conservacion_restauracion_recursos_naturales/anp/decretos/DECRETO_PM_ANP_ZSCE_XOCHIMILCO.pdf). Fecha de consulta: 10 de enero de 2014.
- Garibay, A., Vázquez, R., Sánchez, M., Serrano, L. y Martínez, A. (2009). *Biodiesel a partir de microalgas*. Instituto de Biotecnología, UNAM. México: CICESE. 24 Pp.
- Garza, M., Almaguer, V., Rivera, J. y Loredó J. (2010). Bioingeniería ambiental aplicada a una columna empacada con *Chlorella* sp. inmovilizada para la remoción de metales pesados. *CIENCIA UANL*. 13(2): 174-177.
- Guiry, M. and Guiry, G. (2012). World-Wide Electronic Publication, National University of Ireland, Galway, en *AlgaeBase*. [En línea]. Disponible en: <http://www.algaebase.org>. Fecha de consulta: 10 de enero de 2014.
- Hoek, C., Mann, D. G., and Jahns, H. M. (1995). *Algae. An introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 576 Pp.
- Illana, C. (2008). Usos industriales de las algas diatomeas. *Quercus*. 267: 32-36.
- Infante, E., Zárate, A., Florez, J., Barrios, F. y Zapata C. (2012). Propagación de la microalga *Chlorella* sp. en cultivo por lote: cinética del crecimiento celular. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 3(2): 159-164.
- Khalid, M., Nabiha, A., Sla, B., Bashir, R., and Shameel, M. (2014). Taxonomic studies of freshwater algae from Taxila, Pakistan. *Proceeding of the Pakistan Academy of Science*. 51(1): 61-66.
- Korunic, Z. and Mackay, A. (2000). Grain surface-layer treatment of Diatomaceous earths for insect control. *Arhiv za Higienu Rada i Toksikologiju*. 51(1): 1-11.
- López, H. M., Ramos, M. G., Figueroa, M. G., Flores, A. y Owen, T. (2010). Efecto de agua tratada sobre la biomasa del perifiton de dos sitios del área lacustre de Xochimilco utilizando un microcosmos artificial. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. 10(19): 39-61.
- McGeoch, M. and Chown, S. (1998). Scaling up the value of bioindicators. *Trends in Ecology and Evolution*. 13: 46-47.
- Muniz, L., Christ, A., Andrei, F., Greque, M., and Almeida, L. (2013). *Spirulina platensis* biomass cultivated in Southern Brazil as a source of essential minerals and other nutrients. *African Journal of Food Science*. 7(2): 451-455.
- Niemi G. J. and McDonald, M. E. (2004). Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 35: 89-111.
- Novelo, E. (2012). *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Vol. 102. Bacillariophyta Hustedt*. México: Instituto de Biología, UNAM. 230 Pp.
- Novelo, E. y Tavera, R. (2011). Un panorama gráfico de las algas de agua dulce de México. *Hidrobiológica*. 21(3): 333-341.
- Oliva, M., Godínez, J. y Zúñiga, C. (2014). Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 54-61.
- Oliva, M., Rodríguez, A., Lugo, A. y Sánchez, M. (2008). Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica*. 18(1): 1-13.
- Ortega, M. (1952). Estudios realizados en México sobre algas, líquenes, hepáticas y musgos. México: UNAM. *Anales del Instituto de Biología*. 23: 39-52.
- Ortega, M. (1972). Bibliografía algológica de México. México: Serie Botánica, UNAM. *Anales del Instituto de Biología*. 43(1): 63-76.
- Ortega, M. (1984). *Catálogo de algas continentales recientes de México*. México: UNAM. 567 Pp.
- Pedroche, F., Dreckmann, K., Sentíes, A. y Margain, R. (1993). Diversidad algal de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 44: 3-17.
- Pérez, R. y Salas, E. (1958). Euglenae del Valle de México IV. Algunas especies encontradas en el estanque de Chapultepec. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 1: 303-325.
- Pérez, R. y Salas, E. (1960a). Euglenae del Valle de México II. *Descripción de cinco especies nuevas. Homenaje al Dr. Eduardo Caballero y Caballero*. SEP-IPN. México: Ed. Política. 62 Pp.
- Pérez, R. y Salas, E. (1960b). Euglenae del Valle de México III. *Euglena tornata* sp. nov. *Acta Zoológica Mexicana*. 4: 1-5.
- Pérez, R. y Salas, E. (1961). Euglenae del Valle de México IV. Descripción de algunos endoparásitos. *Revista Latinoamericana Microbiología y Parasitología*. 4(2): 53-72.
- Sámamo, A. (1933). Algunas cianofíceas del lago de Xochimilco. *Anales del Instituto de Biología*. México, UNAM. 4: 29-31.
- Sámamo, A. (1934). Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología, México, UNAM*. 5: 149-177.
- Sámamo, A. (1940). Algas del Valle de México II. *Anales del Instituto de Biología, México, UNAM*. 11: 45-50.
- Schwöerbel, J. (1975). *Métodos de Hidrobiología*. Madrid, España: H. Blume. 262 Pp.
- Segura, V., Cantoral, E., Israde, I., and Maidana, N. (2012). Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico. *Hidrobiológica*. 22(1): 16-22.
- Soon, H. (2013). New record of fresh-water Green algae (Chlorophytes) from Korea. *Journal Ecology Environment*. 36(4): 3013-314.
- Tealcon, R. (2007). *Plan Delegacional de Desarrollo Sustentable, Delegación Xochimilco*. México. 80 Pp.
- Terrel, C. and Bytnar, P. (1996). *Water quality indicators guide*. Dubuque: Kendall/Hunt publishing company. 129 Pp.
- Valadez, F., Rosiles, G., and Carmona, J. (2010). Euglenophytes from Lake Chignahuapan, Mexico. *Cryptogamie, Algologie*. 31(3): 305-319.
- Wehr, J. D. and Sheath, R. G. (2003). *Freshwater algae of North America. Ecology and Classification*. San Diego-London: Academic Press. 918 Pp.

# Dinámica paisajística y cambio de cobertura en la comunidad indígena de Cuzalapa, Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (1972 a 2000)

Tomado de: <http://www.mexicodesconocido.com.mx/manantlan-jalisco-lugar-de-los-manantiales-y-del-maiz-primitivo.html>

## Landscape dynamics and land-cover change in the indigenous community of Cuzalapa, Sierra de Manantlan Biosphere Reserve (1972 to 2000)

Oscar Gilberto Cárdenas-Hernández\* y Peter R.W. Gerritsen

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur.  
Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Ave. Independencia Nacional 151  
Autlán de Navarro, Jalisco, México, C.P. 48900.

\*Autor para correspondencia: [oscar.cardenas@cucsur.udg.mx](mailto:oscar.cardenas@cucsur.udg.mx)

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2014/ Fecha de aceptación: 17 de junio de 2015

### RESUMEN

Las transformaciones del paisaje, como los cambios de cobertura y uso del suelo, son procesos que modifican los ecosistemas, particularmente en las áreas tropicales del planeta. Por ello, se analizaron los patrones de cambio en el paisaje de la comunidad indígena de Cuzalapa, ubicada dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México, durante el periodo comprendido entre 1972 a 2000. Estos patrones se explican a través del estudio de la dinámica agraria de la comunidad desde un enfoque sociológico con la

ayuda de la percepción remota. La cobertura en Cuzalapa cambió durante el periodo de estudio, la superficie boscosa disminuyó en casi 20 %, lo que coincidió con la apertura de áreas dedicadas a la agricultura y la ganadería; siendo la expansión ganadera el factor principal de transformación del paisaje de la comunidad. Este es un claro ejemplo de la dinámica agraria y del paisaje en muchas de las comunidades del país, en las que la apertura de áreas para actividades agrícolas y pecuarias, a expensas de las superficies boscosas, ha moldeado el territorio

con los consecuentes impactos ambientales y sociales.

**PALABRAS CLAVE:** Dinámica del paisaje, procesos sociales, Manantlán.

### ABSTRACT

Landscape transformations such as land-cover and land-use change are processes that modify ecosystems, particularly in the tropical regions at a global scale. In this paper we analyze the patterns of change in the landscape of the indigenous community of Cuzalapa, located within the Sierra de Manantlan

Biosphere Reserve, Jalisco, Mexico, during the period of 1972 to 2000. These patterns are explained through the analysis of the community's rural dynamics from a sociological approach with the help of remote sensing. Our results show that land-cover in Cuzalapa changed during the period analyzed, with a loss of approximately 20 % of forested area, that coincided with the opening of areas for agriculture and livestock; the expansion of extensive livestock activities appeared to be the main factor for the transformation of Cuzalapa's landscape. In this sense, Cuzalapa represents a clear example of landscape and agrarian dynamics in Mexico's rural areas, where forests are transformed into croplands or grasslands, with the corresponding environmental and social impacts.

**KEYWORDS:** Landscape dynamics, social processes, Manantlan.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades agropecuarias y forestales son una de las muchas manifestaciones de las interacciones que existen entre las sociedades humanas y la naturaleza. A través de estas prácticas se transforma el paisaje, y con ello, la diversidad biológica que contiene. Estas transformaciones antropogénicas tienen un impacto sobre la disponibilidad de recursos naturales (productos y servicios, incluyendo la biodiversidad), la cual, a su vez, influye en las posibilidades que tiene cualquier comunidad humana para desarrollarse (Ploeg, 2008). El grado de las transformaciones depende de la organización socio-política de una sociedad, de la tecnología con que cuenta (Bifani, 1997), así como de las características específicas (ecológicas y ambientales), de los recursos naturales (Ploeg, 2008). También depende de los procesos socio-políticos que

inciden en una determinada sociedad (Bifani, 1997).

En este contexto, los conceptos "co-producción", "estilos agrarios" y "diversidad en recursos", son herramientas útiles para el entendimiento de las interacciones entre sociedad y naturaleza, es decir, la relación entre los sistemas productivos y los recursos naturales. Estos conceptos parten de una perspectiva sociológica, esto es, desde la perspectiva particular de los productores (Long, 2001; Gerritsen, 2010), contrario a otros enfoques, principalmente ecológicos, que ponen al ecosistema central en su análisis (Berkes y Folke, 2000; Gunderson y Holling, 2002).

El término co-producción se refiere a las múltiples relaciones que existen entre campesinos y su entorno natural, el cual se transforma a través de la agricultura y la ganadería. Estas transformaciones tienen como consecuencia un proceso de diferenciación, tanto de las comunidades rurales como del entorno natural, permitiendo tanto el surgimiento de determinadas organizaciones sociales o tecnologías, como de recursos naturales específicos (Gerritsen, 2010). El impacto del proceso de diferenciación en las comunidades rurales, y la naturaleza que las rodean, se puede entender con el término de estilos agrarios cuando se enfoca en las estrategias productivas. Asimismo, se le puede entender con el término de diversidad en recursos, cuando se gira la atención hacia la diversidad biológica presente en un paisaje.

El término estilos agrarios hace referencia al cuerpo compartido de nociones e ideas de un grupo de campesinos en relación a la agricultura, así como las respuestas activas de estos campesinos frente a condiciones

ecológicas, socioeconómicas y políticas (Ploeg, 1994). En otras palabras, se refiere a las estrategias de vida de los actores locales, tal como lo entienden y como lo describen. El término diversidad en recursos alude a la variedad en recursos naturales como resultado de la co-producción, entendido desde la perspectiva campesina, es decir, cómo los campesinos la conocen y manejan de manera activa. De esta forma, se entiende a la diversidad en recursos como el resultado directo del trabajo agropecuario (Gerritsen, 2002).

La diversidad en recursos que surge como resultado del proceso de co-producción tiene sus efectos tanto sobre el paisaje, como sobre la sociedad rural. Con respecto al paisaje y la diversidad que contiene, puede haber un enriquecimiento o una degradación de la misma. Para las comunidades rurales, una diversidad en recursos transformada puede asegurar la continuidad de las actividades agropecuarias, así como inducir nuevas posibilidades o limitaciones.

Al analizar el impacto del proceso de co-producción sobre el paisaje y los recursos naturales que contiene, es posible encontrar que este impacto puede causar una homogeneización o una diferenciación en el paisaje natural, transformando los recursos naturales existentes, por ejemplo, cambiando los patrones de cobertura vegetal y uso del suelo. A su vez, estas transformaciones en la diversidad paisajística pueden tener impactos positivos o negativos sobre la biodiversidad, es decir, un aumento o una disminución en la riqueza de especies.

En la década de los ochenta las estrategias gubernamentales para la conservación de

la biodiversidad se centraron en el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP). Entre ellas destacan las reservas de la biosfera, las cuales buscan compaginar la conservación con acciones de desarrollo sustentable (López-Hoffman y col., 2010). En este contexto, se hace frecuentemente referencia a la "modalidad mexicana" (Halffter, 1984; Halffter, 1987), refiriéndose al estilo propiamente mexicano de manejar las reservas, donde se considera la conservación no solamente como una mera protección de los ecosistemas y las especies, sino también como una forma de asegurar su continuidad por medio del uso sustentable de los recursos naturales y de la restauración ecológica. Para lograrlo, se considera la participación local, la investigación aplicada al manejo sustentable de los recursos naturales y la coordinación interinstitucional. La entidad gestora para cada reserva de la biosfera en México es un organismo denominado Dirección de la Reserva, dependiente de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (INE, 2000).

En el estudio de los procesos de degradación ambiental, la investigación multi e interdisciplinaria ha cobrado importancia, ya que incorpora al análisis las variables socioeconómicas asociadas con el manejo de los recursos naturales y que causan directa o indirectamente los cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo (Krausmann y col., 2003; Gibon y col., 2010; Wehner y col., 2014). Aunque se han realizado estudios cuantitativos y cualitativos sobre

dónde, cuándo y por qué tales cambios se están presentando a nivel global, regional y local (Lambin y Geist, 2003; Lepers y col., 2005), los resultados todavía son incompletos y muy frecuentemente poco acertados, generalmente debido a las escalas de análisis (Yiran y col., 2012).

Para entender de manera precisa los procesos de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo (y quizá la más rápida y efectiva) se realizan estudios a escala regional y local (Boyd y Foody, 2011). Un análisis a estos niveles puede generar conocimientos sobre los procesos de cambio de uso de suelo y deforestación (Bocco y col., 2001; Perez-Verdin y col., 2009; Yiran y col., 2012).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue analizar los patrones de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la comunidad indígena de Cuzalapa, ubicada en la vertiente sur de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán en el Occidente de México, desde una perspectiva sociológica de sus habitantes con apoyo de herramientas de percepción remota.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

Este estudio se realizó en la comunidad indígena de Cuzalapa, que cubre una superficie de 23 967 ha y se encuentra ubicada en la vertiente sur de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, entre las coordenadas 19°23'27" y 19°37'33" de latitud norte y 104°10'52" y 104°25'43" de longitud oeste (Figura 1).

La mayor parte (65 %) del territorio de Cuzalapa se encuentra dentro de la zona de

amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM) y una parte importante (10 %), está dentro de la zona núcleo Manantlán-Las Joyas. Los demás terrenos se encuentran afuera de la RBSM, en su zona de influencia (Cárdenas, 2008).

La comunidad indígena de Cuzalapa tiene aproximadamente 1 500 habitantes, distribuidos en un poblado principal y varias rancherías (Gerritsen, 2010). Cuzalapa es una comunidad indígena de origen nahua; sin embargo, el proceso de desplazamiento cultural ha sido en detrimento de las raíces indígenas. Hoy día ya no se encuentran elementos indígenas, excepto por los rasgos físicos de los pobladores y las celebraciones de algunas fiestas religiosas (Gerritsen y Díaz, 2012).

La economía familiar de los habitantes de Cuzalapa se basa en la agricultura y la ganadería, la cual es complementada por el trabajo asalariado, la cacería, la pesca y la recolección de productos forestales no maderables. Los sistemas de cultivo varían en función del tipo de tierras. En las parcelas de temporal existen dos sistemas de cultivo principales: el sistema de yunta en los terrenos más o menos planos, donde la preparación de la tierra se realiza con tractor o bestias y se cultiva por lo general año con año. En los terrenos con pendientes pronunciadas y con pedregosidad elevada donde el uso de la tracción animal o mecánica es prácticamente imposible, se practica el cultivo de maíz en coamil bajo el sistema de cultivo de tumba-roza-que-ma. Las parcelas de coamil son sembradas uno o dos años y posteriormente se dejan en reposo por un periodo de 5 años a 6 años,

después de los cuales son cultivadas nuevamente. El cultivo se desarrolla a lo largo de la temporada de lluvias. En temporada seca se cultiva maíz y frijol en los llamados “regadillos”, que es un sistema tradicional de irrigación, donde el trabajo del suelo se realiza ya sea con tractor o con el uso de bestias. La milpa irrigada es más importante (en número de parcelas, superficies y demanda de trabajo) que el cultivo de maíz de temporal. Además, el cultivo de maíz de riego presenta menos riesgos de pérdida de cosecha (Gerritsen, 2002).

Por otra parte, la presencia de ganado bovino en la comunidad tiene una historia de más de cien años. La ganadería cobró una importancia mayor en la comunidad de Cuzalapa a partir de la década de los treinta y se estima la existencia de un total de 2 500 a 3 000 cabezas de ganado a finales de la década de los noventa. Sin embargo, la distribución del ganado varía considerablemente entre los diferentes productores, ya que existen algunos que tienen de una a dos reses, hasta comuneros que tienen más de 500 cabezas de ganado, siendo unos pocos los productores que poseen la mayor parte del ganado en la comunidad (Gerritsen, 2010).

### Métodos

Para entender los procesos sociales detrás de los patrones de cambio en la cobertura y uso del suelo en Cuzalapa se aplicaron diferentes métodos de investigación social (Bernard, 2011). Primero, se realizó una revisión de bibliografía y de archivos históricos con el fin de obtener una primera idea de los cambios ocurridos en el paisaje de la comunidad bajo estudio. La bibliografía se relaciona no solamente

con la comunidad indígena de Cuzalapa, sino también con la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán en general. El archivo histórico consultado fue el Registro Agrario Nacional de la Secretaría de Reforma Agraria, con sede en Guadalajara, Jalisco. Segundo, se aplicaron 20 entrevistas semiestructuradas a informantes clave con el fin de obtener un panorama general de los actores y factores sociales que influyen en el cambio de uso de suelo y la deforestación (Gerritsen, 2002).

El estudio de los patrones de cambio de cobertura y uso de suelo se realizó a través del análisis de imágenes de satélite LANDSAT, que incluyeron dos escenas del sensor LANDSAT MSS (Multi Spectral Scanner),

correspondientes a los años 1972 y 1980 de las misiones LANDSAT 1 y LANDSAT 3 respectivamente, y dos escenas del sensor LANDSAT TM (Thematic Mapper), correspondientes a los años 1990 y 2000 de la misión LANDSAT 5. Con ayuda del módulo “Expand” del programa IDRISI Selva (Jensen, 2005), se incrementó la resolución espacial de las imágenes de los años 1972 y 1980; en este contexto, todas las imágenes analizadas tuvieron un tamaño de pixel de 30 m y una resolución espectral de cuatro bandas, incluyendo aquellas correspondientes a los colores básicos (Banda 1-azul; Banda 2-verde; Banda 3-rojo) y al infrarrojo cercano (Banda 4-infrarrojo cercano).

Las imágenes fueron cla-

### Figura 1

Ubicación de la comunidad indígena de Cuzalapa.  
Figure 1. Location of the indigenous community of Cuzalapa.



sificadas en cuatro categorías de cobertura y uso del suelo (Rzedowski, 2006): Clase 1, uso agropecuario, que incluye aquellas áreas destinadas a la agricultura o al uso pecuario como los pastizales; Clase 2, vegetación secundaria, que incluye matorrales y etapas sucesionales tempranas; Clase 3, bosques tropicales, que incluye a los bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios; y Clase 4, bosques templados, que incluye a los bosques de pino, pino encino y mesófilos de montaña. Para realizar la clasificación se utilizó el algoritmo Maximum Likelihood Classifier con ayuda del programa IDRISI Selva (Jensen, 2005; Schmook y col., 2011).

El algoritmo fue ejecutado utilizando como apoyo sitios de entrenamiento desarrollados a partir de la leyenda generada al inicio del proceso. En este sentido, se tomaron por lo menos 10 píxeles por cada tipo de cobertura y uso del suelo para cada banda del sensor correspondiente, de tal manera que se generaran sitios con una muestra representativa de cada una de las clases. La unidad mínima cartografiada a la escala del presente trabajo corresponde a polígonos de 4 x 4 celdas (píxeles).

Al concluir con el proceso de clasificación se evaluó la exactitud del mismo, utilizando una matriz de confusión, la cual muestra la relación entre dos series de medidas correspondientes al área de estudio (Congalton y Green, 2009). La primera serie corresponde a datos de referencia adquiridos de observaciones de campo, interpretación de fotos aéreas y otras fuentes de información como Google Earth. La segunda corresponde a la categorización de los píxeles realizada por el clasificador para las clases de interés. En una

matriz de confusión, las columnas corresponden a los datos de referencia, mientras que las filas corresponden a las asignaciones del clasificador.

Para evaluar los cambios en la cobertura y uso del suelo en Cuzalapa, se utilizó el proceso de detección de cambios por comparación en post-clasificación (Jensen, 2005). Este método permite analizar la dinámica de cambio en un lugar, ya que genera un modelo que indica la cobertura que existía y por cual fue remplazada, ofreciendo un panorama muy claro acerca de la dinámica de cambio a la que ha estado sujeta la cobertura vegetal y el uso del suelo (Eastman y Sangermano, 2014). Una de las desventajas de este método radica en que la exactitud depende de las dos clasificaciones individuales (Viña y col., 2004).

Para evaluar la pérdida de superficies boscosas en Cuzalapa, se realizó un análisis de deforestación general mediante la siguiente ecuación:

$$R = 1 - \left( 1 - \frac{A_1 - A_2}{A_1} \right) 1/t$$

Donde:

A1 = Áreas forestales al principio del periodo.

A2 = Áreas forestales al fin del periodo.

t = Número de años en el periodo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comunidad indígena de Cuzalapa ha tenido múltiples cambios socio-culturales y paisajísticos a lo largo de su historia que ha influido el proceso de co-producción, los estilos agrarios presentes y la diversidad en recursos en el paisaje

rural (Gerritsen, 2002; Gerritsen y Díaz, 2012). Estos cambios han estado ligados a procesos locales y externos que han moldeado el territorio sobre el cual se asienta la comunidad actualmente. Si bien el énfasis en este trabajo se centra en el periodo 1972 a 2000, se presenta primero un breve recuento histórico para entender mejor la conformación del paisaje en esta comunidad, para posteriormente presentar los resultados del periodo de estudio.

### La conformación histórica del paisaje de Cuzalapa en el periodo 1524 a 1970

Los primeros cambios de mayor magnitud en el paisaje de Cuzalapa se presentan en el siglo XVI con la llegada de los españoles en 1524; sin embargo, no fue sino hasta después de la revolución mexicana, con la llegada y el establecimiento de campesinos mestizos en la comunidad, que se introdujo la ganadería extensiva como una práctica generalizada de uso y manejo de recursos naturales. El grupo que desarrolla dicha actividad ha dominado la asamblea general de comuneros y el proceso de distribución de la tierra, sobre todo las comunales. De esta manera, hoy en día la mayoría de los campesinos mestizos tienen en posesión una gran parte de los terrenos comunales (Gerritsen, 2002). Asimismo, la llegada de estos mestizos indujo un proceso donde la población indígena ha perdido casi todos los elementos culturales restantes. Debido a que fueron recibidos de manera pacífica, a través del tiempo, los mestizos y los indígenas se casaron entre ellos, lo cual ha causado que actualmente sus diferencias se dan únicamente en los rasgos físicos de la población, así como algunas

fiestas religiosas que pueden considerarse como el resultado de una hibridación entre las creencias indígenas y el catolicismo (Gerritsen y Díaz, 2012).

La expansión ganadera ha sido un factor que, por lo menos en este primer periodo, ha causado una transformación gradual del paisaje de Cuzalapa. Sin embargo, una empresa forestal privada, que logró obtener la concesión forestal en los terrenos de la comunidad en el periodo 1940 a 1969, generó un mayor impacto negativo sobre los bosques de la comunidad, debido a la extensa deforestación causada, lo cual generó a su vez graves daños al patrimonio natural de Cuzalapa. Los conflictos sobre la explotación forestal también dividieron a la comunidad y fue hasta el periodo 1967 a 1969 que el grupo de comuneros opositor logró cancelar la concesión forestal (Gerritsen, 1995).

**Dinámica paisajística y**

### **cambio de cobertura en el periodo 1972 a 2000**

Si bien el paisaje de la comunidad indígena de Cuzalapa ha estado sujeto a transformaciones desde el siglo XVI, estos cambios no habían sido registrados de manera cuantitativa en ningún trabajo anterior por la falta de información y datos al respecto, lo cual se resolvió, en gran parte, por la aparición a principios de los setenta, de los primeros sensores remotos capaces de detectar cambios en la superficie terrestre.

Los resultados del estudio mostraron que la cobertura vegetal y el uso del suelo en Cuzalapa, han seguido un patrón de cambio que coincide con los procesos sociales y productivos, y los impactos sobre la naturaleza que se han desarrollado en la región en los últimos cuarenta años. Por un lado, se observó la pérdida de casi la mitad de los bosques templados en el norte de Cuzalapa (Tabla 1; Figura 2), justo donde

se encontraban los aserraderos que explotaron los bosques en las partes altas de la Sierra de Manantlán, y que fueron detenidos con el establecimiento de la Reserva de la Biosfera a finales de la década de los ochenta. A pesar de ser las primeras en obtener el decreto de ANP en 1987, la explotación maderera todavía continuó unos años más en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, hasta que se estableció la Dirección de la Reserva a mediados de los noventa como órgano gestor y regulador del aprovechamiento de recursos en el área natural protegida.

Las leyes y reglamentos que regulan el uso y manejo de los recursos naturales en las reservas de la biosfera no son los mismos que se aplican fuera de ellas (Gerritsen y Forster, 2001). El control es diferenciado de acuerdo con la zonificación del área (Gerritsen, 1998; Kreutzer y Gerritsen, 1998). Este es mucho más estricto en las zonas núcleo

**Tabla 1**

Cambios en la superficie boscosa de la comunidad indígena de Cuzalapa durante el periodo comprendido de 1972 a 2000.

Table 1. Changes in forested areas in the indigenous community of Cuzalapa during the period of 1972 to 2000.

Tipo de cobertura y uso del suelo	1972		1980			1990			2000		
	Sup. (ha)	% en el periodo	Sup. (ha)	% en el periodo	Porcentaje de cambio en el periodo	Sup. (ha)	% en el periodo	Porcentaje de cambio en el periodo	Sup. (ha)	% en el periodo	Porcentaje de cambio en el periodo
Uso agropecuario	532.03	2.2 %	1 751.31	7.3 %	329.2 %	4 060.31	16.9 %	231.8 %	4 307.50	18.0 %	106 %
Vegetación secundaria	249.18	1.0 %	181.13	0.8 %	72.7 %	634.06	2.6 %	350.1 %	1 339.13	5.6 %	211 %
Bosques tropicales	4 918.86	20.5 %	6 485.56	27.1 %	131.9 %	8 926.75	37.2 %	137.6 %	8 347.13	34.8 %	94 %
Bosques templados	18 267.49	76.2 %	15 549.56	64.9 %	85.1 %	10 346.44	43.2 %	66.5 %	9 973.81	41.6 %	96 %
<b>TOTAL</b>	<b>23 967.56</b>	<b>100 %</b>	<b>23 967.56</b>	<b>100 %</b>		<b>23 967.56</b>	<b>100 %</b>		<b>23 967.56</b>	<b>100 %</b>	

y existe un número considerable de reglas para el aprovechamiento de los recursos (Graf y col., 1999). Esta ANP está dividida en zonas de manejo, que incluyen tres áreas núcleo ubicadas en las partes altas de la Sierra ("El Tigre", "Manantlán-Las Joyas" y "Cerro Grande") y un área de amortiguamiento que las rodea y termina en los límites de la reserva.

En este contexto, la dinámica del paisaje en el área, que involucra cambios en la cobertura y uso del suelo, presenta diferentes manifestaciones de acuerdo con la zonificación de la reserva, ya que los principales cambios se dan generalmente en las zonas

de amortiguamiento (Figuroa y Sánchez-Cordero, 2008; Terra y col., 2014), en las que se generan procesos de degradación ambiental como la erosión de suelos, la fragmentación de hábitats y la modificación en la composición de especies (Achard y col., 2002; Soto-Galera y col., 2010).

Dadas las condiciones ambientales de la zona, parte de las áreas explotadas fueron cubiertas por bosque tropical (subcaducifolio en las partes altas y caducifolio en las partes más bajas), mientras que, en las partes más bajas y cercanas al centro de población, esta cobertura fue transformada en pastizales y cultivos agrícolas

(Tabla 1; Figura 2).

La mayor pérdida de bosques se registró durante el periodo comprendido entre 1980 y 1990, en el cual se perdió un poco más del 10 % de la superficie boscosa, con una tasa de deforestación anual de alrededor del 1 %; esta se redujo en el periodo de 1990 a 2000 a sólo el 0.12 % por año (Tabla 2). Estos resultados son soportados por el análisis de la evaluación de la exactitud en la clasificación de las imágenes de satélite, que indica una exactitud total de por lo menos el 70 % para cada uno de los mapas realizados (Tabla 3).

La dinámica paisajística y el

**Tabla 2**

Patrones de cambio en la cobertura y uso del suelo en la comunidad indígena de Cuzalapa durante el periodo comprendido de 1972 a 2000.

Table 2. Patterns of change in land-cover and land-use in the indigenous community of Cuzalapa during the period of 1972 to 2000.

Año	Superficie total (ha)	Superficie boscosa (ha)	Áreas abiertas (ha)	% de la superficie boscosa	Pérdida de bosque / periodo (ha)	% de cambio en la superficie boscosa por periodo	% de cambio en la superficie boscosa / año por periodo	% de superficie boscosa en 1970 remanente al final del periodo	% de superficie boscosa en 1970 perdida al final del periodo	% de cambio acumulado en la superficie boscosa / año desde 1970
1972	23 968 ha	23 436 ha	532 ha	97.8 %						
1980	23 968 ha	22 216 ha	1 751 ha	92.7 %	1 219 ha	- 5.2 %	- 0.51 %	94.8 %	5.2 %	- 0.67 %
1990	23 968 ha	19 907 ha	4 060 ha	83.1 %	2 309 ha	- 10.4 %	- 0.99 %	84.9 %	15.1 %	- 0.58 %
2000	23 968 ha	19 660 ha	4 308 ha	82.0 %	- 247 ha	- 1.2 %	- 0.12 %	83.9 %	16.1 %	- 0.46 %

**Tabla 3**

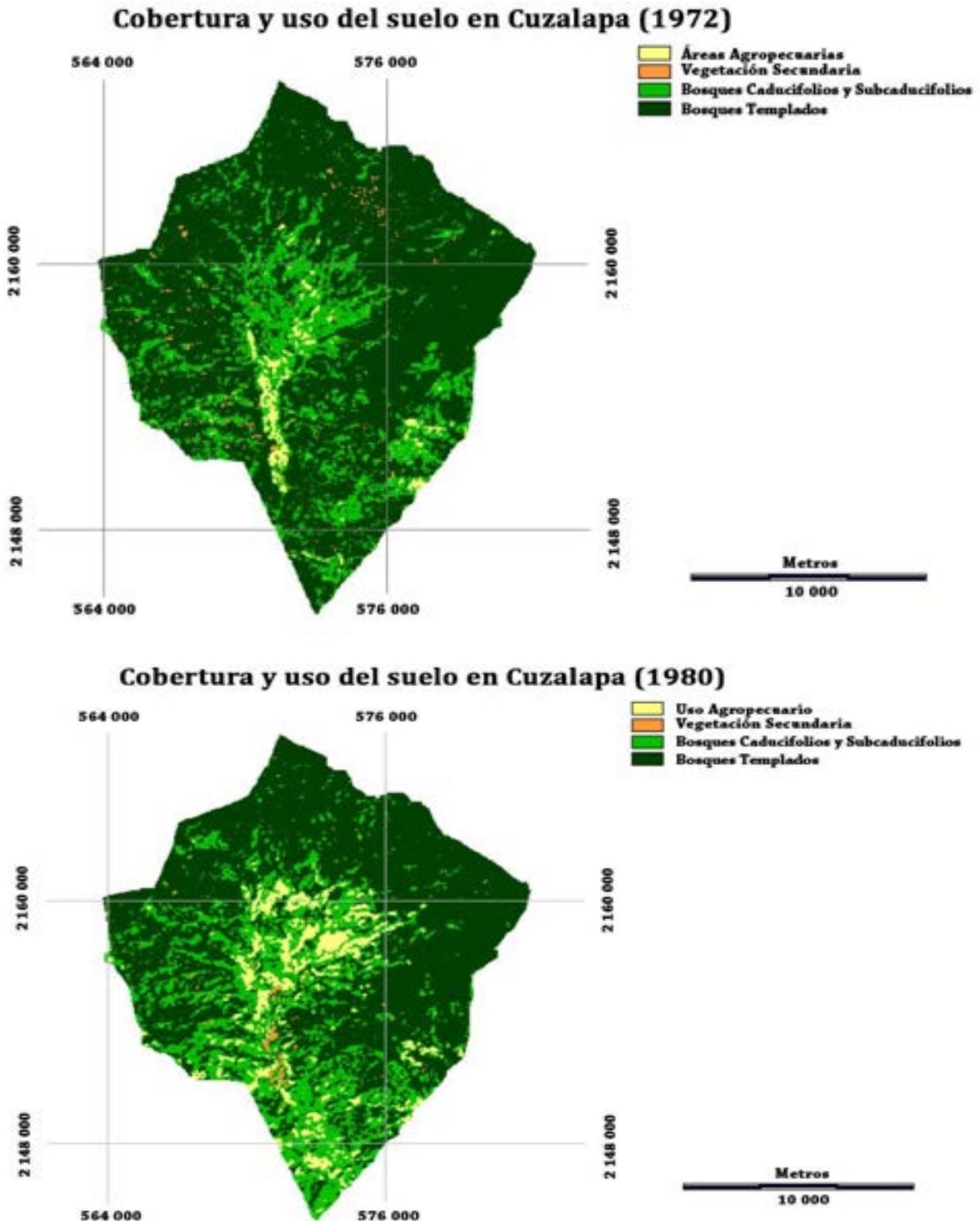
Exactitud total del mapa para cada una de las clasificaciones realizadas.

Table 3. Map accuracy for each classification.

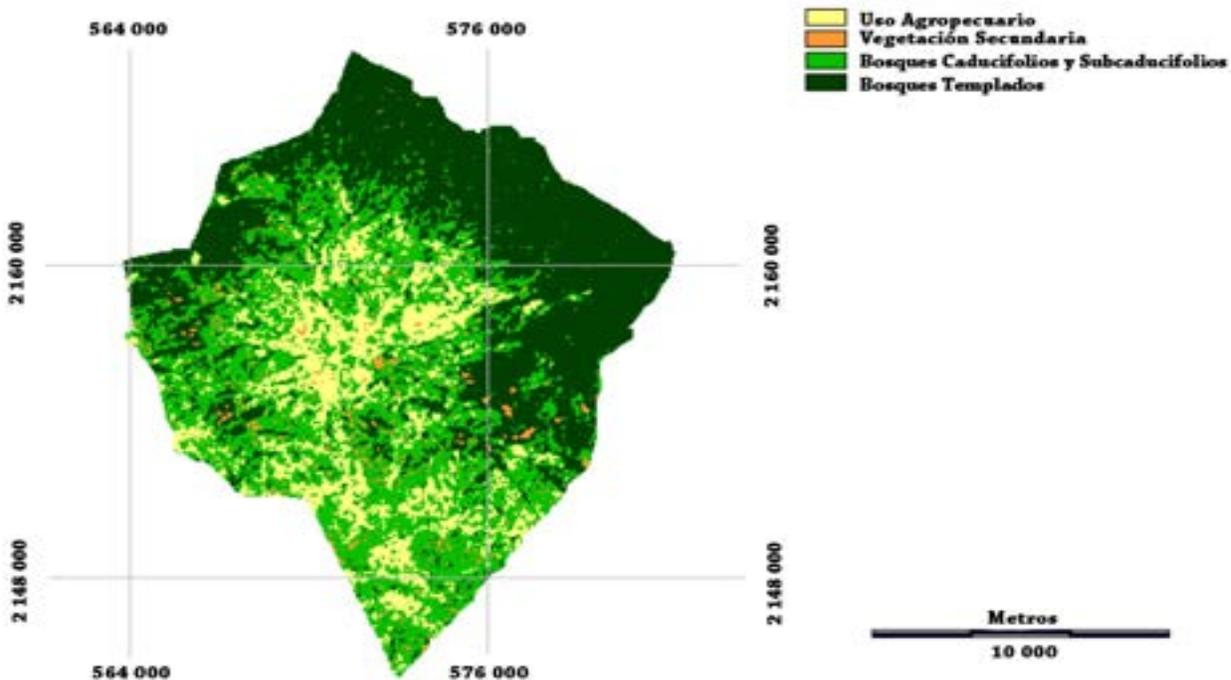
	1972	1980	1990	2000
<b>Exactitud total del mapa</b>	79.2 %	76.7 %	71.7 %	70.8 %
<b>Análisis k</b>	71.8 %	68.1 %	61.6 %	60.1 %

**Figura 2**

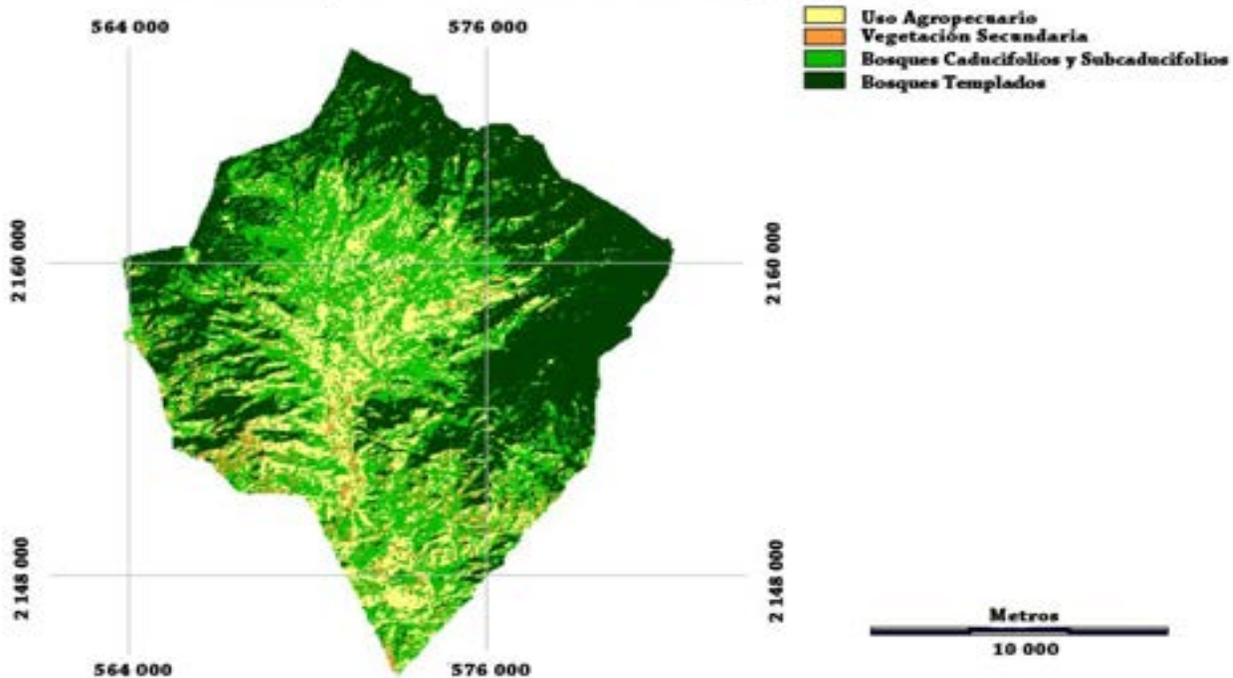
Patrones de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo de la comunidad indígena de Cuzalapa (1972 a 2000).  
Figure 2. Patterns of change in land-cover and land-use in the indigenous community of Cuzalapa (1972 to 2000).



### Cobertura y uso del suelo en Cuзалapa (1990)



### Cobertura y uso del suelo en Cuзалapa (2000)



cambio de cobertura en la comunidad durante el periodo de 1972 a 2000 se debe a tres principales factores: 1) la expansión de la ganadería extensiva (1972 a 2000); 2) la explotación forestal comercial a principios de los ochenta (1981 a 1983) y; 3) el decreto de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (1987 a la fecha). Los mayores cambios que impactaron en la conformación del paisaje de Cuzalapa se presentaron en el periodo 1980 a 1990.

La ganadería tiene una larga historia en el occidente de México (Louette y col., 1997), sin embargo, es desde la década de los setenta que la producción de ganado cobró mayor importancia en Cuzalapa, y el paisaje se transformó para enfrentar las necesidades de forraje y pastoreo (Martínez y Gerritsen, 2007). En el caso específico de Cuzalapa, las parcelas agrícolas se han transformado a pastizales, y grandes áreas con cobertura forestal han sido convertidas para incrementar la disponibilidad de pastura (Gerritsen, 2002).

En el periodo de estudio, la superficie con uso agropecuario se incrementó cuatro veces en detrimento de las superficies boscosas de la comunidad (Tabla 1), lo que coincide con lo expuesto por diferentes trabajos sobre deforestación llevados a cabo en el país (CONAFOR, 2003; Galindo y col., 2009; Bravo y col., 2010), que señalan a la política agropecuaria como una de las principales responsables de la deforestación

y degradación de los bosques del país.

En tanto a la explotación de los bosques, un grupo de comuneros intentó reanudar la explotación forestal en 1981, supuestamente en beneficio de toda la comunidad, pero después de problemas similares a la primera explotación, el grupo opositor logró pararla en 1984, vinculándose con los promotores de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Gerritsen, 2002).

Otro factor importante que influyó en la transformación del paisaje en Cuzalapa fue el establecimiento de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán a principios de 1987, por el que las tasas de deforestación disminuyeron. En la década de 1980 a 1990 se presentó una tasa superior al 10 % anual, mientras que para la década siguiente (1990 a 2000) esta se redujo a tan sólo un 1.2 % anual (Tabla 2). Aunque se conserva la misma tenencia de la tierra, se aplican un gran número de nuevas reglas en relación al uso y manejo de recursos naturales. Específicamente, parte del territorio de la comunidad se convirtió en zona núcleo, donde se prohíbe cualquier actividad productiva, mientras casi la totalidad de los demás terrenos ahora se ubican en zona de amortiguamiento, sujetos a un gran número de reglas y restricciones sobre el uso de la tierra (Gerritsen, 2002). Para la comunidad de Cuzalapa la reserva funciona protegiendo los bosques y servi-

cios ambientales asociados a los mismos (Cárdenas, 2008). Sin embargo, es necesario realizar nuevos estudios para entender los efectos a largo plazo del área natural protegida sobre la superficie boscosa no sólo de Cuzalapa, sino del resto de las comunidades rurales enclavadas dentro y en los límites de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán.

## CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de los patrones de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en Cuzalapa mostraron una reducción de las áreas cubiertas por bosques durante el periodo de estudio 1972 a 2000. El impacto de las actividades productivas en el paisaje tiene un carácter diferencial, sobre todo cuando se inserta un modelo de manejo diferenciado como lo son las reservas de la biosfera. Una vez que la presencia institucional de la reserva de la biosfera se fortalece a partir de la creación de un órgano gestor, la pérdida de la masa forestal en Cuzalapa se reduce considerablemente. ■

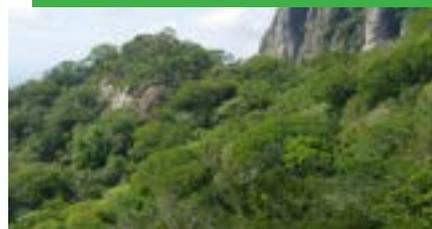
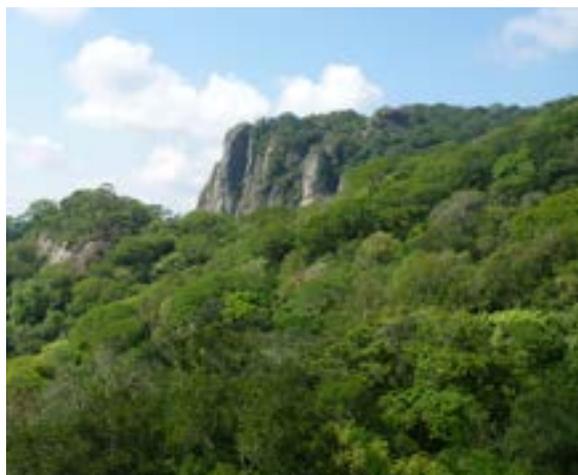
## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero recibido para la realización de este trabajo por parte de COECYTJAL (proyecto número 25-2008-917) y de la Universidad de Guadalajara, a través de las convocatorias de investigación emitidas por el Centro Universitario de la Costa Sur.

## REFERENCIAS

- Achard, F., Eva, H. D., Stibig, H. J., Mayaux, P., Gallego, J., Richards, T., and Malingreau, J. P. (2002). Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*. 297(5583): 999-1002.
- Bifani, P. (1997). *Medio ambiente y desarrollo*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara. 699 Pp.
- Berkes, F. and Folke, C. (2000). *Linking social and ecological systems. Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press. 459 Pp.
- Bernard, H. R. (2011). *Research Methods in Anthropology: Qualitative and Quantitative Approaches*. New York: Altamira Press, Rowman and Littlefield Publishers, Inc. 821 Pp.
- Bocco, G., Mendoza, M., Duhau, E., Lo, E., and Lopez, E. (2001). Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and Urban Planning*. 55(4): 271-285.
- Boyd, D. S. and Foody, G. M. (2011). An overview of recent remote sensing and GIS based research in ecological informatics. *Ecological Informatics*. 6: 25-36.
- Bravo, P. L. C., Doode, M. O. S., Castellanos, V. A. E. y Espejel, C. I. (2010). Políticas rurales y pérdida de cobertura vegetal. Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario

- relacionados con la apertura de praderas ganaderas en el noroeste de México. *Región y Sociedad*. 22(48): 3-35.
- Cárdenas-Hernández, O. G. (2008). *Causes and consequences of deforestation and land-cover change in rural communities of western Mexico. Dissertaton*. University of Wisconsin-Madison, USA: ProQuest. 247 Pp.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal (2003). *Programa Estratégico Forestal para México 2025*. Comisión Nacional Forestal. Publicación Especial de la Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, México. 191 Pp.
- Congalton, R. G. and Green, K. (2009). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data. Principles and Practices (Second Edition)*. United States of America: CRC Press. 183 Pp.
- Eastman, J. R. and Sangermano, F. (2014). Applications of Spatial Priors in the Maximum Likelihood Classification of Tropical Dry Forest Classes. [En línea]. Disponible en: [http://www.clarklabs.org/applications/upload/CS\\_LCM\\_SpatialPriors1-6.pdf](http://www.clarklabs.org/applications/upload/CS_LCM_SpatialPriors1-6.pdf). Fecha de consulta: 11 de febrero de 2014.
- Figueroa, F. and Sánchez-Cordero, V. (2008). Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 17(13): 3223-3240.
- Galindo, I., Barrón, J. y Padilla, J. I. (2009). Relación entre ganadería extensiva e incendios en zonas forestales del estado de Colima. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 13(3): 17-33.
- Gerritsen, P. R. W. (1995). *Styles of farming and forestry. The case of the Mexican community of Cuzalapa*. Wageningen: Agricultural University, The Netherlands/ Circle for Rural European Studies. Wageningen Studies on Heterogeneity and Relocalization 1. 99 Pp.
- Gerritsen, P. R. W. (1998). Community development, natural resource management and biodiversity conservation in the Sierra de Manantlan Biosphere, Mexico. *Community Development Journal*. 33(4): 314-324.
- Gerritsen, P. R. W. (2002). *Diversity at stake: a farmers' perspective on biodiversity and conservation in Western Mexico*. Wageningen: Wageningen University, The Netherlands. Wageningen Studies on Heterogeneity and Relocalisation 4. 286 Pp.
- Gerritsen, P. R. W. (2010). *Perspectivas campesinas sobre el manejo de los recursos naturales*. México: Mundi-prensa. 262 Pp.
- Gerritsen, P. R. W. y Díaz-Galván, J. M.'C. (2012). Las comunidades Nahuas de Cuzalapa y Ayotitlán en el Sur de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán: ¿Pérdida Completa de Cultura e Identidad?. *Cultura, Tecnología y Patrimonio*. 7(13): 113-127.
- Gerritsen, P. R. W. and Forster, N. R.'(2001). Conflict over natural resources and conservation in the indigenous community of Cuzalapa, Western Mexico. En A. Zoomers (Ed.), *Land and sustainable livelihood in Latin America* (pp. 139-155). Amsterdam: Royal Tropical Institute.
- Gibon, A., Sheeren, D., Monteil, C., Ladet, S., and Balent, G. (2010). Modelling and simulating change in reforesting mountain landscapes using a social-ecological framework. *Landscape Ecology*. 25(2): 267-285.
- Graf, M. S. H., Jardel, P. E., Santana, C. E. y Gómez, G. M. (1999). Instituciones y gestión de reservas de la biosfera: el caso de la Sierra de Manantlán, México. En: A. E. Toribio y C. Soruco (Eds.), *La investigación interdisciplinaria en las reservas de la biosfera*. Comité MAB Argentino-Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Buenos Aires, Argentina. 93-108 Pp.
- Gunderson, L. H. and Holling, C. S. (2002). *Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems*. Washington: Island Press. 507 Pp.
- Halffter, G. (1984). Las Reservas de la Biosfera: Conservación de la Naturaleza para el Hombre. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 5: 4-48.
- Halffter, G. (1987). La reserva de la biosfera de Manantlán y la conservación *in situ* de los recursos bióticos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 39: 27-34.
- INE, Instituto Nacional de Ecología (2000). *Programa de manejo de la reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México. 201 Pp.
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. Pearson Prentice Hall. 526 Pp.
- Krausmann, F., Haberl, H., Schulz, N. B., Erb, K. H., Darge, E., and Gaube, V. (2003). Land-use change and socio-economic metabolism in Austria Part I: driving forces of land-use change: 1950-1995. *Land Use Policy*. 20(1): 1-20.
- Kreutzer, S. M. y Gerritsen, P. R. W. (1998). *Análisis de Actores en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Análisis de los resultados del taller*. Autlán: Universidad de Guadalajara, CUCSUR/DERN/Imecbio/PDASM, Reporte técnico. 36 Pp.
- Lambin, E. F. and Geist, H. J. (2003). Regional differences in tropical deforestation. *Environment*. 45(6): 22-36.
- Lepers, E., Lambin, E. F., Janetos, A. C., De-Fries, R., Achard, F., Ramankutty, N., and Scholes, R. J. (2005). A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981-2000. *BioScience*. 55(2): 115.
- Long, N. (2001). *Development Sociology. Actor Perspectives*. Londres y Nueva York: Routledge. 294 Pp.
- López-Hoffman, L., Varady, R. G., Flessa, K. W., Balvanera, P., and Reviews, R.'R. (2010). Ecosystem services across borders: a framework for transboundary conservation policy. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 8: 84-91.
- Louette, D., Gerritsen, P. R. W. y Rosales, A. (1997). *La actividad ganadera en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán: un primer diagnóstico*. Autlán: Universidad de Guadalajara, CUCSUR/DERN/Imecbio/PDASM, Informe técnico final. 22 Pp.
- Martínez, R. L. M. y Gerritsen, P. R. W. (2007). *Estado actual y perspectivas de la ganadería extensiva en la Sierra de Manantlán*. Autlán, México: Universidad de Guadalajara. 166 Pp.
- Perez-Verdin, G., Kim, Y., Hospodarsky, D., and Tecle, A. (2009). Factors driving deforestation in common-pool resources in northern Mexico. *Journal of Environmental Management*. 90(1): 331-340.
- Ploeg, J. D. (1994). Styles of farming: an introductory note on concepts and methodology. En A. Long y J. D. van-der Ploeg (Eds.), *Born from within. Practice and Perspective of Endogenous Rural Development* (pp. 7-30). Assen, Drente: Van Gorcum Publisher.
- Ploeg, J. D. (2008). *The New Peasantries. Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization*. Londres: Earthscan. 356 Pp.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México. 1era. Edición Digital*. México, D. F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 504 Pp.
- Schmook, B., Palmer-Dickson, R., Sangermano, F., Vadjunec, J. M., Eastman, J. R., and Rogan, J. (2011). A step-wise land-cover classification of the tropical forests of the Southern Yucatan, Mexico. *International Journal of Remote Sensing*. 32(4): 1139-1164.
- Soto-Galera, E., Piera, J., and Lopez, P. (2010). Spatial and temporal land cover changes in Terminos Lagoon Reserve, Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 58(2): 565-575.
- Terra, T. N., dos-Santos, R. F., and Costa, D. C. (2014). Land use changes in protected areas and their future: The legal effectiveness of landscape protection. *Land Use Policy*. 38: 378-387.
- Viña, A., Echavarría, F. R., and Rundquist, D. C. (2004). Satellite change detection analysis of deforestation rates and patterns along the Colombia-Ecuador border. [En línea]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15151380>. Fecha de consulta: 13 de diciembre de 2013.
- Wehner, S., Herrmann, S., and Berkhoff, K. (2014). CLUENaban—A land use change model combining social factors with physical landscape factors for a mountainous area in Southwest China. *Ecological Indicators*. 36: 757-765.
- Yiran, G. A. B., Kusimi, J. M., and Kufogbe, S. K. (2012). A synthesis of remote sensing and local knowledge approaches in land degradation assessment in the Bawku East District, Ghana. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 14(1): 204-213.

*Hamelia Patens*

# Plantas de uso medicinal de la Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec”, municipio de Chontla, Veracruz, México

Medicinal plants of the Ecological Reserve “Sierra of Otontepec” Township Chontla, Veracruz, Mexico

Consuelo Domínguez-Barradas\*, Gerardo Eliseo Cruz-Morales y Carlos González-Gándara

Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Herbario, Carretera Tuxpan-Tampico km 7.5, col. Universitaria, Tuxpan, Veracruz, México, C.P. 92860.

\*Autor para correspondencia: consuelodb66@hotmail.com; codominguez@uv.mx

Fecha de recepción: 24 de enero de 2014 / Fecha de aceptación: 27 de marzo de 2015

## RESUMEN

La Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec” es una porción aislada de la Sierra Madre Oriental, y se localiza en el norte de Veracruz. Es un ecosistema con una enorme riqueza de flora y fauna, sin embargo son escasos los reportes de su biodiversidad, y en particular, no se ha documentado el uso de las plantas con efectos benéficos para la salud. En el presente trabajo se recolectó información etnobotánica medicinal, con la aplicación de entrevistas semiestructuradas y cuestionarios a 210 habitantes del municipio de Chontla. Como resultado, se logró un listado taxonómico de 80 especies; cada una con su nombre

científico y común, uso terapéutico, preparación y órgano vegetal utilizado. Las familias botánicas con mayor número de especies fueron Asteraceae y Lamiaceae (siete cada una), Euphorbiaceae y Fabaceae (cuatro cada una). Los usos de las plantas correspondieron para 42 padecimientos, destacando especies para tratar el cáncer, diabetes, diarrea, problemas de riñón y de presión alta. Los entrevistados en su mayoría (65 %), obtienen el material vegetal curativo de sus jardines, donde se cultivan hasta 24 especies distintas. Los resultados obtenidos revelan una riqueza considerable de plantas, útiles para atender un amplio espectro de enfermedades,

y un valioso conocimiento tradicional sobre los recursos vegetales del norte del estado. La información encontrada servirá como antecedente para futuros estudios etnobotánicos, así como para la valoración de diversas plantas que aseguren su inocuidad; todo esto basado en el uso sustentable de la flora medicinal.

**PALABRAS CLAVE:** Plantas medicinales, Otontepec, medicina tradicional, etnobotánica, Chontla.

## ABSTRACT

The ecological reserve named “Sierra de Otontepec”, located in the Northern region of the state of

Veracruz, represents an isolated portion of the Sierra Madre Oriental. It is an ecosystem with a vast richness of flora and fauna, however, there are few reports about of its biodiversity, and particularly concerning the use of plants with beneficial health effects has not been documented. In this study, medicinal ethnobotanical information was collected through the application of semi-structured interviews and questionnaires to 210 villagers from Chontla. The results enabled researchers to integrate a taxonomic list of 80 species; each one with their the scientific and popular name, therapeutic use, preparation and vegetal part used. The most representative botanical families was Asteraceae and Lamiaceae (seven by family), Euphorbiaceae and Fabaceae (four by family). In correspondence to the use 42 sickness where pointed, important species against the cancer, diabetes, diarrhea, kidney troubles, and high blood pressure. The interviewers declare that obtain the curative vegetal material (65 %), from its particular gardens were they cultivate more than 24 different species. The obtained results reveal a vast plant richness, with considerable importance for the care of a broad spectrum of illnesses and a valuable traditional knowledge regarding the local flora and vegetable resources in the northern region of Veracruz. The collected information represents a knowledge base for future ethnobotanical research and more informed point of view about the safety of some local plants, all this based on the sustainable usage of medicinal flora.

**KEYWORDS:** Medicinal plants, Otontepec, traditional medicine, ethnobotany, Chontla.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas con propiedades curativas han sido por muchos años parte elemental en la salud de las personas. Se estima que entre el 70

y 80 % de la población que habita en países en desarrollo depende de este recurso terapéutico como alternativa para la cura de sus enfermedades (Da-Silva y col., 2012; Luitel y col., 2014). Esta tendencia ha ido en aumento a nivel global. En México se han establecido clínicas mixtas donde se integran la medicina tradicional con la alópata (Gheno-Heredia y col., 2011). El 90 % de la población mexicana recurre a las plantas medicinales para el tratamiento empírico de varias enfermedades; entre las plantas más comúnmente utilizadas están *Allium sativum*, *Citrus limon*, *Gnaphalium* sp., *Eucalyptus globulus*, *Mentha* sp., *Matricaria recutita* y *Opuntia ficus indica* (Robles-Zepeda y col., 2011).

Si bien el conocimiento científico sobre el número de la flora en el planeta aún es desconocido, se calculan alrededor de 35 000 especies medicinales. México ocupa el segundo lugar mundial en este campo, se estima un aproximado de 4 500 plantas de uso medicinal, y solo en un 11 % de ellas se ha verificado su eficacia química, farmacológica y biomédica (Schlaepfer y Mendoza-Espinoza, 2010; Martínez, 2012).

Esta riqueza florística, junto con la gran diversidad cultural, ha propiciado su aprovechamiento desde épocas antiguas, y por consiguiente su transmisión entre generaciones. Dicho proceso es esencial para conservar las costumbres y creencias ligadas a la medicina herbolaria. Hoy en día, diversos factores, como la degradación de los hábitats, han limitado la disponibilidad de plantas, y a su vez ocasionado el abandono de las costumbres locales, junto con esto la pérdida del conocimiento tradicional sobre las especies útiles en la salud humana (Bermúdez y col., 2005).

En México, las investigaciones en el campo de la etnobotánica han demostrado la importancia de los recursos vegetales para la mejora de la salud en las personas (Cortes-Rodríguez y Venegas-Cardoso,

2011; Alonso-Castro y col., 2012; Estrada-Castillón y col., 2012; Molina-Mendoza y col., 2012; Juárez-Vázquez y col., 2013). Sin embargo, como lo menciona Gómez (2012), es insuficiente la información generada del uso y manejo de la flora medicinal. En el país, aún se localizan zonas geográficas, en donde las personas conservan la costumbre de tratar sus malestares con plantas, y dicho conocimiento no ha sido abordado con estudios etnobotánicos.

En lo que refiere a la entidad veracruzana, se tiene un registro de alrededor de 1 205 especies vegetales medicinales (Cano, 1997). La mayoría de ellas reportadas en los trabajos que se han realizado en municipios de la parte centro y sur del estado (Navarro y Avendaño, 2002; Gheno-Heredia y col., 2011). En el norte de Veracruz, para el caso de la Reserva Ecológica "Sierra de Otontepec", no se cuenta con antecedentes de la flora utilizada como medicina.

Por lo anterior, en este trabajo se presenta la lista de las plantas medicinales con su uso y manejo, mismas que fueron referidas por habitantes en el área de estudio, y colectadas para su registro y creación de un jardín etnobotánico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación incluyó siete comunidades rurales del municipio de Chontla: Tezitlal, Tamalcuatitla, San Nicolasillo, Las Cruces, Arranca Estacas, La Garita y Cruz Manantial (Figura 1). El municipio se encuentra parcialmente dentro del Área Natural Protegida (ANP): Reserva Ecológica "Sierra de Otontepec", y está ubicado en la zona norte del estado, en las coordenadas 21°11' y 21°40' de latitud norte y 97°52' y 98°05' de longitud oeste, a una altura que va de 30 msnm hasta los 1 300 msnm (SEFIPLAN, 2014). De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988), el clima predominante en el área de estudio



es cálido-extremoso (Aw 1 (e) w”), con una temperatura promedio de 24 °C y una precipitación pluvial media anual de 1 555 mm. El suelo es de tipo regosol calcárico y cambisol (SEDEMA, 2007). La comunidad vegetal en el área de estudio está conformada principalmente por bosque tropical subcaducifolio y pastizal. Destacan especies arbóreas como *Brosimum alicastrum*, *Cedrela odorata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus mexicana*, *Quercus oleoides* y *Sabal mexicana* (Puig, 1976; Rzedowski, 1978).

Para recabar la información se empleó el método etnobotánico de Kvist y col. (2001). Durante las 16 salidas a campo, de marzo a octubre del año 2012, se aplicaron entrevistas individuales semiestructuradas a 30 personas de comunidad, para un total de 210 entrevistas. Las personas entrevistadas fueron de ambos sexos, con un rango de edad de 18 a 88 años, con experiencia en el uso de plantas medicinales, siendo en general amas de casa, parteras y algunos jóvenes. La entrevista consistió en responder de forma oral un cuestionario, con temáticas referentes al uso, conocimiento, manejo y enfermedades que curan las plantas.

Se hicieron recorridos en los jardines de cada persona entrevistada y sitios cercanos en donde pudieran identificar las plantas que habían señalado usar con fines medicinales. Se tomaron fotografías con una cámara digital Canon PowerShot SX40 de 12.1 megapíxeles (Japón).

Se realizaron colectas de acuerdo a las técnicas para estudios florísticos (Loty Chiang, 1986; Gaviño y col., 2007). Primero, se obtuvieron ejemplares vivos para establecer el jardín en la estación de campo “Sierra de Otontepec” en Chontla, para esto fueron necesarias bolsas de plástico oscuras de 30 cm x 30 cm, navaja de campo (Sayula, Jalisco, México), pala espadón Truper (México) y geoposicionador Garmin GPSMAP 60CSx (Taiwán).

## Figura 1

Ubicación de los sitios de estudio en el ANP: Reserva Ecológica “Sierra de Otontepec”, municipio de Chontla, Veracruz, México.

Figure 1. Location of study sites at the NPR (Natural Protected Reserve). Ecological Reserve “Sierra de Otontepec”, Chontla Veracruz, Mexico.



Después, se colectaron tres ejemplares para herbario, cada uno se tomó en el mejor de los casos con flor, fruto y hojas, y se colocaron en una prensa de madera. Se etiquetó cada ejemplar botánico con sus datos de nombre científico, nombre común, fecha, localidad, coordenadas geográficas, una breve descripción y el uso que se le atribuye.

Todo el material colectado se llevó a la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana, campus Tuxpan, México, para ser herborizado e integrado a la colección del herbario con registro VER-HER-223-07-09. La identificación se apoyó en fascículos de la Flora de

Veracruz (Instituto de Ecología, A. C., 2012), Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas (Martínez, 1979), Flora Medicinal de Veracruz (Cano, 1997), base de datos del jardín de Missouri (TROPICOS), así como de la Colección del herbario del Instituto de Ecología (XAL) y la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana (XALU) en Xalapa, Veracruz, México, para su comparación.

La clasificación taxonómica se basó en lo propuesto por Stevens (2012). Y para fines de este estudio, los usos terapéuticos se organizaron y adaptaron a este trabajo,

tomando en cuenta la Clasificación Internacional de las Enfermedades (Organización Panamericana de la Salud, 2008).

Las familias se listaron de manera alfabética, cada una con sus respectivas especies, nombre científico y nombre común local.

## RESULTADOS

El producto de las 210 entrevistas se constató que el 85 % de las personas

entrevistadas tenía conocimiento del uso de plantas medicinales; siendo las personas mayores de 40 años las que aportaron más información.

En el listado taxonómico obtenido se registraron 80 especies, que correspondieron a 45 familias botánicas (Tabla 1). Las familias Asteraceae y Lamiaceae presentaron el mayor número de taxa medicinal (siete especies cada una), seguidas de Euphorbiaceae y

Fabaceae (cuatro especies cada una), Bignoniaceae y Malvaceae (con tres especies cada una), y en menor cantidad Amaryllidaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Burseraceae, Cactaceae, Commelinaceae, Lauraceae, Moraceae, Myrtaceae, Passifloraceae, Phytolaccaceae, Poaceae y Solanaceae (dos especies cada una). En el resto de las familias se obtuvo el registro de sólo una especie. Entre las familias registradas, la Asteraceae fue la

**Tabla 1**

Flora de uso medicinal en el ANP: Reserva Ecológica "Sierra de Otontepec", municipio de Chontla, Veracruz, México.

Table 1. Medicinal flora at the NPR (Natural Protected Reserve): Ecological Reserve "Sierra de Otontepec" Chontla, Veracruz, Mexico.

Familia y nombre científico	Nombre común	Uso medicinal	Modo de preparación	Parte utilizada de la planta	Forma biológica
<b>Acanthaceae</b>					
<i>Justicia spicigera</i> Schltld.	Mohuite	36, 41	Barridos, baños en el cuerpo	Hoja, flor	Hierba
<b>Adoxaceae</b>					
<i>Sambucus mexicana</i> C. Presl ex DC.	Sáuco, flor de novia	35	Infusión	Flor	Arbusto
<b>Amaryllidaceae</b>					
<i>Allium sativum</i> L.	Ajo	33, 35	Crudo	Tallo	Hierba
<i>Allium cepa</i> L.	Cebolla	17, 24	Macerados o cataplasmas	Tallo	Hierba
<b>Amaranthaceae</b>					
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Epazote	30	Infusión	Hoja	Hierba
<b>Anacardiaceae</b>					
<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	9	Infusión	Corteza	Árbol
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruela	9, 38	Infusión	Hoja	Árbol
<b>Annonaceae</b>					
<i>Annona reticulata</i> L.	Anona	9, 15, 21	Infusión	Hoja	Árbol
<b>Apiaceae</b>					
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Cilantro	15	Infusión	Semilla, hoja	Hierba
<b>Apocynaceae</b>					
<i>Gonolobus niger</i> (Cav.) R. Br. ex Schult	Cahuayote	18, 20	Infusión	Raíz	Arbusto trepador
<i>Pentalinon andrieuxii</i> (Müll. Arg.) B.F. Hansen and Wunderlin	Contrahierba	31, 32	Fresco	Hoja	Hierba
<b>Arecaceae</b>					
<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco	18, 30	Crudo	Fruto	Árbol
<b>Asteraceae</b>					
<i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.	Estafiate	4, 13, 14, 19	Infusión, fresco	Hoja	Hierba
<i>Bidens pilosa</i> L.	Mozote	8, 9, 19, 22, 40	Infusión, baños en el cuerpo	Hoja, flor, semilla, raíz	Hierba
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Manzanilla	4, 5	Infusión	Flor, tallo	Hierba

<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Chuchuyate	23	Infusión	Hoja	Hierba
<i>Tagetes erecta</i> L.	Flor de muerto	21, 22, 38	Crudo, infusión	Hoja, raíz	Hierba
<i>Verbesina persicifolia</i> DC.	Huichín	3, 8, 23	Infusión, crudo, baños en el cuerpo	Hoja	Hierba
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	Árnica	25	Infusión	Hoja	Arbusto
<b>Begoniaceae</b>					
<i>Begonia nelumbiifolia</i> Schltld. and Cham.	Begonia, quelite agrio	1	Crudo	Raíz	Hierba
<b>Bignoniaceae</b>					
<i>Parmentiera aculeata</i> (Kunth) Seem.	Chote	13, 16	Infusión, crudo	Corteza, fruto, flor	Árbol
<i>Pseudocalymma alliaceum</i> (Lam.) Sandwith	Bejuco de ajo, hierba ajo	37	Macerado	Raíz	Arbusto trepador
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Palo de rosa	3	Baños en el cuerpo	Hoja	Árbol
<b>Burseraceae</b>					
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Chaca, palo mulato	21	Crudo	Hoja	Árbol
<i>Protium copal</i> (Schltld. & Cham.) Engl.	Copal	27	Infusión	Corteza	Árbol
<b>Cactaceae</b>					
<i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton & Rose	Pitahaya	34	Crudo	Tallo	Epifita
<i>Rhipsalis baccifera</i> (J.S. Muell.) Stearn	Niguilla	8, 33	Infusión	Tallo	Epifita
<b>Caricaceae</b>					
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	7, 31	Crudo	Fruto	Hierba
<b>Commelinaceae</b>					
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Matlalina de monte, matlalina de milpa	40	Baños en el cuerpo	Hoja	Hierba
<i>Rhoeo discolor</i> (L'Hér.) Hance ex Walp.	Barquilla	3, 6, 24	Infusión, crudo	Hoja	Hierba
<b>Convolvulaceae</b>					
<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	Flor de Santa Catarina	35	Infusión	Raíz	Hierba
<b>Costaceae</b>					
<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Caña de jabalí	8, 16	Infusión, crudo	Tallo	Hierba
<b>Crassulaceae</b>					
<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	Siempre viva	3	Crudo	Hoja	Hierba
<b>Cucurbitaceae</b>					
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	Chayote	26, 33	Infusión	Hoja	Arbusto trepador
<b>Equisetaceae</b>					
<i>Equisetum hyemale</i> L.	Cola de caballo	16	Infusión	Tallo	Hierba
<b>Euphorbiaceae</b>					
<i>Cnidocolus multilobus</i> (Pax) I.M. Johnst.	Ortiga	6	Infusión	Hoja	Arbusto
<i>Croton draco</i> Schltld. & Cham.	Sangregado	28	Crudo	Resina	Arbusto
<i>Jatropha curcas</i> L.	Piñón	28	Crudo	Resina	Arbusto
<i>Ricinus communis</i> L.	Higuerilla	21	Crudo	Hoja	Arbusto
<b>Fabaceae</b>					
<i>Bauhinia divaricata</i> L.	Pata de vaca	9	Infusión, baños en el cuerpo	Flor	Árbol

<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Palo de sol	3, 21, 40	Infusión	Hoja	Árbol
<i>Acacia cornigera</i> (L.) Willd.	Cornezuelo, cuernitos	9	Infusión	Raíz	Arbusto
<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormilona, vergonzosa	38	Macerados	Hoja	Hierba
<b>Lamiaceae</b>					
<i>Hyptis verticillata</i> Jacq.	Hierba negra	11, 41	Infusión, barridos	Hoja, raíz	Hierba
<i>Mentha piperita</i> L.	Hierbabuena	9, 11, 22, 30	Infusión	Hoja	Hierba
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Albahaca	3, 14, 33, 41	Infusión, baños en el cuerpo, barridos	Hoja	Hierba
<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	Albahaca de monte	11, 41	Crudo, infusión, barridos	Hoja	Hierba
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	Orégano	9, 12, 35,	Crudo, infusión	Hoja	Hierba
<i>Salvia coccinea</i> Buc'hoz ex Etl.	Mirto rojo	5	Baños en el cuerpo	Flor	Hierba
<i>Satureja brownei</i> (Sw.) Briq.	Escobilla, tabaquillo de monte, tabardilla	21	Infusión	Planta	Hierba
<b>Lauraceae</b>					
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	Canela	11, 35	Infusión	Corteza	Árbol
<i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i> (Schltdl. & Cham.) S.F. Blake	Aguacate oloroso	4, 9, 14	Infusión	Hoja	Árbol
<b>Lygodiaceae</b>					
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Nido de papan	7, 16	Infusión	Hoja	Arbusto trepador
<b>Malvaceae</b>					
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	Tulipán	35	Infusión	Hoja	Arbusto
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guásima	9, 24	Infusión, macerados o cataplasmas	Hoja, corteza	Árbol
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Manzanita	9, 10, 21	Infusión	Hoja	Arbusto
<b>Martyniaceae</b>					
<i>Martynia annua</i> L.	Uña de gato	8	Infusión	Semilla	Arbusto
<b>Meliaceae</b>					
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	3, 4, 21	Infusión, crudo	Corteza, hoja	Árbol
<b>Moraceae</b>					
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Ojite	16	Infusión	Hoja	Árbol
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Mora	3	Baños en el cuerpo	Hoja	Árbol
<b>Muntingiaceae</b>					
<i>Muntingia calabura</i> L.	Púan	42	Baños en el cuerpo	Hoja	Árbol
<b>Myrtaceae</b>					
<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. and Cham.) Hook. and Arn.	Piste	24	Macerados y cataplasmas	Hoja	Arbusto
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	11, 24, 30	Infusión, crudo	Hoja, fruto	Árbol
<b>Passifloraceae</b>					
<i>Passiflora edulis</i> Sims.	Maracuyá	2, 26, 33	Infusión, crudo	Hoja, semilla	Arbusto trepador

<i>Passiflora foetida</i> L.	Amapola	10	Infusión	Hoja	Arbusto trepador
<b>Phytolaccaceae</b>					
<i>Petiveria alliacea</i> L.	Planta del zorrillo	17, 21, 35	Infusión, baños en el cuerpo	Hoja, raíz	Hierba
<i>Rivina humilis</i> L.	Chilacuaco	36, 39, 40, 41	Infusión, baños en el cuerpo	Hoja	Hierba
<b>Piperaceae</b>					
<i>Piper auritum</i> Kunth.	Acuyo, hoja santa	11, 21, 35	Infusión, crudo, cataplasmas o macerados	Hoja	Arbusto
<b>Plantaginaceae</b>					
<i>Plantago major</i> L.	Llantén	4, 24	Infusión	Hoja	Hierba
<b>Poaceae</b>					
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf.	Zacate limón	29, 33	Infusión	Hoja, tallo	Hierba
<i>Zea mays</i> L.	Maíz	16	Infusión	Flor	Hierba
<b>Primulaceae</b>					
<i>Ardisia escallonioides</i> Schlttdl. & Cham.	Capulín de la sierra	9, 35	Infusión, crudo	Hoja, raíz	Arbusto
<b>Rubiaceae</b>					
<i>Hamelia patens</i> Jacq.	Chacloco, patitas de paloma	6, 15, 22, 24	Infusión, crudo, baños en el cuerpo	Hoja	Hierba
<b>Rutaceae</b>					
<i>Citrus aurantium</i> L.	Naranja de cucho	29	Infusión	Hoja, fruto	Árbol
<b>Solanaceae</b>					
<i>Brugmansia candida</i> Pers.	Flor de campana	21	Crudo	Hoja	Arbusto
<i>Solanum melongena</i> L.	Berenjena	24	Lavados en el cuerpo	Hoja	Arbusto
<b>Scrophulariaceae</b>					
<i>Buddleja cordata</i> Kunth.	Tepozán	21, 24	Crudo	Hoja	Arbusto
<b>Verbenaceae</b>					
<i>Lippia dulcis</i> Trevir.	Hierba dulce	4, 35	Infusión	Hoja	Hierba
<b>Vitaceae</b>					
<i>Vitis cinerea</i> (Engelm.) Engelm. ex Millardet.	Uva de monte, parra	5, 18	Crudo	Tallo	Arbusto trepador
<b>Xanthorrhoeaceae</b>					
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.	Sábila	3, 6, 22	Crudo	Hoja	Hierba

Numeración de los usos terapéuticos: 1. Bronquitis, 2. Cáncer, 3. Cefaleas (dolor de cabeza), 4. Cólicos menstruales, 5. Conjuntivitis, 6. Desinflamación a causa de golpes, 7. Desinflamante/estómago, 8. Diabetes, 9. Diarrea, 10. Disentería, 11. Dolor de estómago, 12. Dolor de muelas, 13. Dolor de oído, 14. Dolor del corazón, 15. Empacho, 16. Enfermedades renales, 17. Epilepsia, 18. Estimulantes (para bajar leche), 19. Evitar el vómito, 20. Extracción de espinas, 21. Fiebre, 22. Gastritis, 23. Granos, 24. Heridas, 25. Hongos en la piel, 26. Insomnio, 27. Latido, 28. Mal de boca, 29. Nervios, 30. Parásitos intestinales, 31. Picadura de alacrán, 32. Mordedura de víbora, 33. Presión alta, 34. Problemas de próstata, 35. Problemas respiratorios, 36. Relajantes (baños), 37. Reumas, 38. Salpullido, 39. Susto, 40. Tisis, 41. Tlazol (mal de viento), 42. Viruela.

más diversa (siete géneros y siete especies), y ocupó el primer sitio en cuanto a los usos medicinales se refiere (14).

En la Tabla 1, se mencionan las especies vegetales que son utilizadas para el tratamiento de 42 afecciones, como la diarrea, problemas renales, presión alta, diabetes y cáncer; consideradas las primeras causas de muerte en el país y el mundo.

De las plantas medicinales que destacan en el presente trabajo fueron: *Acacia cornigera*, *Annona reticulata*, *Ardisia escallonioides*, *Bauhinia divaricata*, *Bidens pilosa*, *Guazuma ulmifolia*, *Malvaviscus arboreus*, *Mentha piperita*, *Persea americana var. drymifolia*, *Plectranthus amboinicus*, *Spondias mombin* y *Spondias purpurea*. Con frecuencia se hacen preparados herbolarios con estas plantas para tratar la diarrea.

Las hojas de *Passiflora edulis* se reportaron para combatir el cáncer.

Algunos entrevistados refirieron utilizar *Bidens pilosa*, *Costus spicatus*, *Martynia annua*, *Rhipsalis baccifera* y *Verbesina persicifolia* para controlar la diabetes. En cuanto a los problemas renales, señalaron tener buenos resultados cuando ingieren: *Brosimum alicastrum*, *Costus spicatus*, *Equisetum hyemale*, *Lygodium venustum*, *Parmentiera aculeata* y *Zea mays*.

Finalmente, cuando presentan malestares ocasionados por alteraciones en la presión arterial utilizan: *Rhipsalis baccifera*, *Sechium edule*, *Ocimum basilicum*, *Allium sativum*, *Passiflora edulis* y *Cymbopogon citratus*.

También se registró un grupo de enfermedades poco comunes, denominadas de filiación cultural como el susto y tlazol; y están vinculadas a las creencias mágico-religiosas de las localidades. Para tratarlas son utilizadas: *Hyptis verticillata*, *Ocimum campechianum*, *Ocimum basilicum*, *Justicia spicigera* y *Rivina humilis*. Con la finalidad de conocer el cuadro de afecciones, en

las cuales se utilizan más plantas; los padecimientos se clasificaron en 20 categorías (Tabla 2). Y fue la del sistema digestivo e hígado, en la que se observó la mayor cantidad (26 spp.): *Acacia cornigera*, *Aloe vera*, *Annona reticulata*, *Ardisia escallonioides*, *Artemisia ludoviciana*, *Bauhinia divaricata*, *Bidens pilosa*, *Carica papaya*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Coriandrum sativum*, *Guazuma ulmifolia*, *Hamelia patens*, *Hyptis verticillata*, *Lygodium venustum*, *Malvaviscus arboreus*, *Mentha piperita*, *Ocimum campechianum*, *Passiflora foetida*, *Persea americana var. drymifolia*, *Piper auritum*, *Plectranthus amboinicus*, *Protium copal*, *Psidium guajava*, *Spondias mombin*, *Spondias purpurea* y *Tagetes erecta*.

La eficacia de los recursos vegetales para curar enfermedades fue reiterada por el 67 % de los

entrevistados, mientras el 27 % comentó que algunas veces si les causan beneficio, y el 6 % dijo que no les resultan efectivos.

Respecto a las partes vegetales de las plantas, se determinó que la hoja es usada con más frecuencia en los preparados herbolarios (54.1 %), seguida de la raíz (10.2 %), el tallo (9.2 %), la flor (8.2 %), la corteza (6.1 %), el fruto (5.1 %), la semilla (4.1 %), la resina (2 %) y la planta completa (1 %).

Para la preparación de los remedios herbolarios utilizan distintos procesos (Tabla 1). No obstante, la infusión concentró la mayoría de los registros. El 67.5 % de las plantas son preparadas e ingeridas de esta manera.

En lo que refiere a la forma biológica o de crecimiento mejor representada en la flora medicinal, fueron las herbáceas con

**Tabla 2**

Tipo de padecimientos y número de especies vegetales utilizadas en su tratamiento.  
Table 2. Types of illnesses and number of plant species used in their treatment.

	Grupo de Enfermedad	Número de especies utilizadas
1	Enfermedades del sistema digestivo e hígado	26
2	Enfermedades de la piel, boca y ojos	22
3	Enfermedades del sistema respiratorio	15
4	Calenturas y fiebres	12
5	Enfermedades de la mujer	9
6	Dolores varios (musculares, dentales y de oído)	9
7	Síndrome de filiación cultural	5
8	Cefaleas (dolor de cabeza)	9
9	Enfermedades del riñón y sistema urinario	7
10	Enfermedades del sistema nervioso	6
11	Presión alta	6
12	Diabetes	5
13	Desinflamante de golpes	4
14	Parásitos intestinales	4
15	Dolor del corazón	3
16	Picadura de alacrán	2
17	Reumas	1
18	Cáncer	1
19	Extracción de espinas	1
20	Mordedura de víbora	1

36 especies. También destacó la forma arbustiva y arbórea con 16 y 19 especies, respectivamente. Se registraron solo siete arbustos trepadores y dos especies de epifitas.

El material vegetal curativo lo obtienen de tres sitios diferentes: 65 % de las personas respondieron de su jardín, 23 % del campo y un 12 % en las ventas de plaza. En los jardines siembran hasta 24 especies, destacan las de uso común: *Aloe vera*, *Artemisia ludoviciana*, *Buddleja cordata*, *Costus spicatus*, *Chenopodium ambrosioides*, *Cymbopogon citratus*, *Hamelia patens*, *Justicia spicigera*, *Lippia dulcis*, *Mentha piperita*, *Ocimum basilicum*, *Piper auritum*, *Pentalinon andrieuxii*, *Petiveria alliacea* y *Rhoeo discolor*.

Finalmente, se estableció un jardín etnobotánico con 50 especies medicinales, en la estación de campo del municipio de Chontla.

## DISCUSIÓN

El uso y manejo de plantas como elementos terapéuticos está muy difundido entre las diferentes comunidades de estudio. Sin embargo, no se encuentran referentes bibliográficos acerca de esta práctica para la región de interés, solo se reportan los trabajos florísticos de Puig (1976); Castillo y Medina (1996).

En general, las familias vegetales que se documentaron en el presente estudio, destacan por su amplia distribución en el país, y por los compuestos químicos que poseen, de gran interés farmacológico, como el eugenol, la taspina y la 3'-4-O-dimetilcedrusina con importantes propiedades cicatrizantes; estructuras fenólicas y alcaloideas con aplicaciones desinflamatorias, así como, flavonoides con actividad antioxidante y antimicrobial, ligados a la mejora de malestares en el aparato digestivo (Pérez-Portero y col., 2013; Richeri y col., 2013; Singh y col., 2014).

La familia Asteraceae fue la más diversa (siete géneros y siete especies). Sin duda, esta familia es muy

recurrente entre la flora medicinal, como se describe en los trabajos etnobotánicos de Juárez-Vázquez (2013), en Hidalgo, y Royo-Márquez y col. (2013), en Chihuahua. La característica arvense y ruderal de la mayoría de las especies que la conforman (Redonda-Martínez y Villaseñor-Ríos, 2011), facilitan su establecimiento en diversos hábitats. Por esta razón, la presencia de asteráceas en los sitios de estudio fue mayor; comparada con las otras familias. Así también, dicha familia ocupó el primer sitio en cuanto a los usos medicinales se refiere. La mayoría de las especies vegetales que la integran contienen sustancias farmacológicas importantes, como diterpenos de núcleo clerodano, lactonas sesquiterpénicas, indoides, fenilpropanoides, flavonoides y aceites esenciales; con aplicaciones en el tratamiento de malestares del tracto digestivo (Alonso y col., 2008). De todos los compuestos, destacan las lactonas sesquiterpénicas; de gran aplicación en enfermedades del corazón y de la piel, gastritis, diarrea y dolores de cabeza (Arrázola y col., 2002; Chadwick y col., 2013). La relevancia de las Asteraceas en la salud humana parece resultar de la diversidad de especies que la integran y del espectro tan amplio de sustancias de uso terapéutico que contienen.

Entre el listado de la flora medicinal, es relevante mencionar el uso de 12 plantas para combatir la diarrea. Para este padecimiento, se registró el mayor número de especies vegetales entre todo el grupo de enfermedades. El uso de las plantas contra la diarrea, que considera: *Bidens pilosa*, *Guazuma ulmifolia*, *Mentha piperita* y *Spondias purpurea*, también está documentado en otras regiones del país (Osuna y col., 2005; Magaña-Alejandro y col., 2010; Estrada-Castillón y col., 2012). La diarrea es una de las causas principales de mortalidad y morbilidad en la niñez en el mundo (Hernández y col., 2011; OMS, 2013). El rezago

social en los sitios del presente estudio, como la carencia a los accesos a servicios de salud, suministro de agua potable y drenaje, juegan un papel determinante en la incidencia de este problema de salud y al uso elevado de plantas.

Entre los remedios que se observaron para tratar la diabetes, solo *Bidens pilosa* registra el mismo efecto en diversos estudios (Borges y col., 2013; Lima y col., 2011). Se ha comprobado que los glucósidos poliacetilénicos presentes en esta especie, tienen la capacidad de regular el contenido de glucosa en la sangre (Shih-Chang y col., 2009).

Para el cáncer, enfermedad de consecuencias fatales y considerada como la principal causa de muerte a escala mundial (OMS, 2015), se registró la ingesta de preparados de hojas de *Passiflora edulis*. Sin embargo, hay evidencias sobre el uso del extracto etanólico de las hojas y el jugo del fruto de *Passiflora edulis* para tratar esta enfermedad en animales (Rojas y col., 2006). Otras alternativas contra este padecimiento han sido el uso de *Taxus brevifolia* y *Catharanthus roseus*, cuya eficacia ha sido comprobada (Schlaepfer y Mendoza-Espinoza, 2010).

De las plantas reportadas para las enfermedades renales, diversos estudios etnobotánicos concuerdan con los resultados de este trabajo, en los cuales también se registra *Equisetum hyemale* y *Zea mays* (Debenedetti, 2011; Gheno-Heredia y col., 2011; Estrada-Castillón y col., 2012; Battisti y col., 2013). El efecto benéfico se atribuye a las sustancias presentes en *Equisetum hyemale* y *Zea mays*, como las sales de potasio, taninos, equisetonina y al ácido gálico; que aumentan la diuresis en las personas (Sousa y Trevisan, 2007; Universidade Federal do Paraná, 2015).

Si bien el ajo es utilizado para muchas enfermedades, en este estudio destaca el uso en crudo para regular la presión alta. Algunos estudios señalan mejores resultados con

el extracto hidroalcohólico, en el cual la presencia de cantidades elevadas, principalmente de S-alil-cisteína, causa un posible efecto antihiper-tensor (Navarro, 2007; Chuan-Hsiao y col., 2011).

Respecto a las enfermedades que se registraron de filiación cultural, como el susto y tlazol, estas no son atendidas por la medicina alópata; los llamados curanderos son los encargados de estos males. Estos padecimientos son atribuidos a la brujería y a espíritus, y están vinculados a las creencias mágico-religiosas de las localidades. En este trabajo se reportaron cinco especies, de las cuales *Hyptis verticillata*, *Ocimum basilicum* y *Justicia spicigera*, son utilizadas en otras regiones del país para tratar estos malestares. Su uso popular es conocido en la medicina tradicional mexicana (Alonso-Castro y col., 2012; Juárez-Vázquez y col., 2013; Magaña-Alejandro y col., 2010).

Los malestares del aparato digestivo e hígado representan la categoría en la cual se utilizan más plantas medicinales. Al respecto, se destaca que de las 26 especies registradas en el área de estudio, nueve de ellas se reportan contra estos malestares en la Huasteca Potosina y Nuevo León (Alonso-Castro y col., 2012; Estrada-Castillón y col., 2012).

En las regiones rurales del país es frecuente encontrar una alta tasa de morbilidad en padecimientos de tipo digestivo, debido a que las condiciones socioeconómicas de esta población afectan su calidad de vida; esto a su vez se ha asociado con la existencia de un mayor conocimiento en el uso y en la diversidad de plantas medicinales disponibles para tratar estos padecimientos (Fuentes-Cervantes y col., 2013).

Si bien cada parte de la planta es un ingrediente importante en los preparados medicinales, las personas encuestadas señalaron para este fin, su preferencia por el uso de la hoja. Estos resultados coinciden con otros trabajos realizados en el país, en los que también se reporta esta

preferencia (Estrada-Castillón y col., 2012; Gómez, 2012; Juárez-Vázquez y col., 2013; Villarreal-Ibarra y col., 2014); así como en el extranjero (Abera, 2014; Kipkore y col., 2014). En las hojas se lleva a cabo la mayoría de las síntesis químicas de la planta, por lo que poseen un alto contenido de componentes activos, pero sobre todo, su amplio uso se debe a la facilidad para obtenerlas y su presencia en la planta la mayor parte del año.

En cuanto a la preparación de los medicamentos herbolarios, se mencionaron distintos procesos, pero la infusión concentró la mayoría de los registros; siendo una práctica muy concurrencia y aceptada en la medicina herbolaria (Alonso-Castro y col., 2012; Angulo y col., 2012). La mayoría de los remedios son preparados a manera de infusión, empleándose para ello las diferentes partes de la planta. Sin embargo, algunos autores sugieren utilizar solo las partes duras de la planta: como las raíces, cortezas, semillas y tallos; y recomiendan que no debe usarse dicho proceso si la planta contiene aceites volátiles (Pérez y col., 2011).

Con relación a los tipos de crecimiento o formas biológicas de las plantas registradas en el presente trabajo, se observó un claro predominio de las herbáceas. Las hierbas son un componente importante entre la flora medicinal, su presencia es muy marcada en diversos trabajos (Uprety y col., 2012 y Villarreal-Ibarra y col., 2014).

La mayoría de los entrevistados señalaron que obtienen el material vegetal, que ocupan en sus preparados medicinales, de sus propios jardines, aunque también optan por recolectarlo del campo o adquirirlo en los días de venta de plaza. Esta práctica de cultivo de plantas medicinales ya ha sido documentada. Los jardines son espacios fundamentales para la disponibilidad de plantas medicinales y para la transmisión del conocimiento de la herbolaria medicinal (Puente-Pardo y col.,

2010; Vázquez y col., 2011). Aunque son pocas las personas que recolectan del campo sus propias hierbas medicinales, esta práctica, aunada a los actuales patrones de colecta comercial de estos recursos, pueden ocasionar un impacto negativo en la sostenibilidad de las especies de interés (Puelles, 2007). Esto es de particular importancia en las zonas rurales, en donde la falta de criterios técnicos para selección y recolección del material, amenaza la variabilidad genética de la flora medicinal (Gómez y Puelles, 2010). Es por ello que se requiere diseñar y aplicar planes de manejo, que permitan regular la colecta de plantas, especialmente con fines de explotación comercial por el gran volumen que demanda, permitiendo con ello una recolección sostenible, mantener la diversidad genética de las especies y preservar los ecosistemas naturales.

## CONCLUSIONES

Entre las 80 especies medicinales que se usan y colectan en la reserva "Sierra de Otontepec", son muy importantes aquellas consideradas con atributos curativos contra la diarrea, problemas renales, presión alta, diabetes y cáncer, todas ellas enfermedades de gran prevalencia en el país y algunas de grave consecuencia para la salud y de alto costo en su tratamiento médico alópata. Las formas herbáceas fueron las especies predominantes y la hoja la parte vegetal más utilizada. La infusión fue la forma medicinal de mayor uso. El jardín fue un espacio de importancia para el suministro de las plantas medicinales, lo cual favorece el uso sostenible de la flora medicinal local. Se requieren más trabajos etnobotánicos encaminados al desarrollo de planes de manejo; así como la valoración de las plantas de interés, basados en el conocimiento tradicional de los recursos vegetales de la región, para asegurar su eficiencia e inocuidad, mediante análisis fitoquímicos, farmacológicos y toxicológicos. ■

## REFERENCIAS

- Abera, B. (2014). Medicinal plants used in traditional medicine by Oromo people, Ghimbi District, Southwest Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10(40): 1-15.
- Alonso-Castro, A. J., Maldonado-Miranda, J. J., Zárate-Martínez, A., Jacobo-Salcedo, M. R., Fernández-Galicia, C., Figueroa-Zúñiga, L. A., Ríos-Reyes, N. A., De León-Rubio, M. A., Medellín-Castillo, N. A., Reyes-Munguía, A., Méndez-Martínez, R., and Carranza-Álvarez, C. (2012). Medicinal plants used in the Huasteca Potosina, México. *Journal of Ethnopharmacology*. 143: 292-298.
- Alonso, T. M. G., Ibarra, M. C. M. y Martínez, D. S. M. (2008). Estudio fitoquímico de plantas medicinales propias del estado de Querétaro. Memorias del verano de la ciencia. [En línea]. Disponible en: <http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2008/10VeranoRegionCentro/34UAAlonsoTorresIbarraMartinez.pdf>. Fecha de consulta: 12 de agosto de 2013.
- Angulo, A. F., Rosero, R. A. y González, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia. *Revista Universidad y Salud*. 14(2): 168-185.
- Arazola, R. S., Atahuachi, M., Saravia, E. y López, A. (2002). Diversidad florística medicinal y potencial etnofarmacológico de las plantas de los valles secos de Cochabamba – Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*. 12: 53-85.
- Battisti, C., Bisognin, G. T. M., Essi, L., Klein, H. R., Andrade, A. y Rossato, B. M. (2013). Plantas medicinais utilizadas no município de Palmeira das Missões, RS, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 11(3): 338-348.
- Bermúdez, A., Oliveira-Miranda, M. A. y Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: Una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*. 30(8): 453-459.
- Borges, C. C., Matos, T. F., Moreira, J., Rossato, A. E., Zanette, V. C. y Amaral, P. A. (2013). *Bidens pilosa* L. (Asteraceae): traditional use in a community of southern Brazil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*. 15(1): 34-40.
- Cano, L. M. (1997). *Flora Medicinal de Veracruz. I. Inventario Etnobotánico. Primera Edición*. México: Editorial Universidad Veracruzana. 606 Pp.
- Castillo, G. y Medina, M. E. (1996). La vegetación de la Sierra de Tantima-Otontepec, Veracruz, México. *La Ciencia y El Hombre*. 24: 45-67.
- Chadwick, M., Trewin, H., Gawthrop, F., and Wagstaff, C. (2013). Sesquiterpenoids Lactones: Benefits to Plants and People. *International Journal of Molecular Sciences*. 14(6): 12780-12805.
- Chuan-Hsiao, H., Ju-Chi, L., Kwan-Han, C., Yin-Shiou, L., Ching-Tan, C., Chien-Teng, F., Hu-Lun, L., Der-Zen, L., and Wen-Chi, H. (2011). Antihypertensive activities of processed garlic on spontaneously hypertensive rats and hypertensive humans. *Botanical studies*. 52: 277-283.
- Cortés-Rodríguez, E. A. y Venegas-Cardoso, F. R. (2011). Conocimiento tradicional y la conservación de la flora medicinal en la comunidad indígena de Santa Catarina, B. C., México. *Ra Ximhai*. 7(1): 117-122.
- Da-Silva, S. C., Oliveira, G., Dias, R. y Martins, M. R. (2012). Representaciones y usos de las plantas medicinales en mayores. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. 20(4): 3-9.
- Debenedetti, S. (2011). Suplementos dietarios con drogas vegetales o extractos, en *Dosis: actualidad farmacéutica*. [En línea]. Disponible en: <http://revistadosis.com.ar/pdf/pharmamerican4.pdf>. Fecha de consulta: 27 de enero de 2015.
- Estrada-Castillón, E., Soto-Mata, B. E., Garza-López, M., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Sánchez-Salas, J., Scott-Morales, L., and Cotera-Correa, M. (2012). Medicinal plants in the southern region of the State of Nuevo León, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 8(45): 1-13.
- Fuentes-Cervantes, I., Villavicencio-Nieto, M. A. y Pérez-Escandón, B. E. (2013). Plantas medicinales de Omitlán, Hidalgo, México. Universidad de Nebraska. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. Volumen II. [En línea]. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/zeabook/16>. Fecha de consulta: 19 de diciembre de 2013.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México: Offset Larios. 217 Pp.
- Gaviño, G., Juárez, C. y Figueroa, H. H. (2007). *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. México: Limusa/Noriega Editores. 114 Pp.
- Gheno-Heredia, Y. A., Nava-Bernal, G., Martínez-Campos, A. R. y Sánchez-Vera, E. (2011). Las plantas medicinales de la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales de Ixhuatlancillo, Veracruz, México y su significancia cultural. *Polibotánica*. 31: 199-251.
- Gómez, A. R. (2012). Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1): 43-49.
- Gómez, V. y Puelles, M. (2010). La comercialización de las plantas medicinales en la zona central alto andina de Perú. Las plantas medicinales de Perú. Etnobotánica y Viabilidad. [En línea]. Disponible en: <http://www.reduniversitaria.es/libros.php>. Fecha de consulta: 29 de diciembre de 2013.
- Hernández, C. C., Aguilera, A. M. G. y Castro, E. G. (2011). Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*. 31(4): 137-151.
- Instituto de Ecología, A. C. (2012). Flora de Veracruz. [En línea]. Disponible en: <http://www1.incol.edu.mx/floraver/inicio.htm>. Fecha de consulta: 8 de julio de 2012.
- Juárez-Vázquez, M. C., Carranza-Álvarez, C., Alonso-Castro, A. J., González-Alcaraz, V. F., Bravo-Acevedo, E., Chamarro-Tinajero, F. J., and Solano, E. (2013). Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México. *Journal of Ethnopharmacology*. 148(2): 521-527.
- Kipkore, W., Wanjohi, B., Rono, H., and Kigen, G. (2014). A study of the medicinal plants used by the Marakwet Community in Kenya. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10(24): 1-22.
- Kvist, L. P., Oré, I., González, A. y Llapapasca, C. (2001). Estudio de plantas medicinales en la amazonia peruana: Una evaluación de ocho métodos etnobotánicos. *Folia Amazónica*. 12(1-2): 53-75.
- Lima, S. F., Hermine, F. D. C., Fechine, T. J., Sobral, S. M., Athayde-Filho, P. F., and Barbosa-Filho, J. M. (2011). Compilation of secondary metabolites from *Bidens pilosa* L. *Molecules*. 16: 1070-1102.
- Lot, A. y Chiang, F. (1986). *Manual de Herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. México: Consejo Nacional de la Flora de México. 142 Pp.
- Luitel, D. R., Rokaya, M. B., Timsina, B., and Münzbergová, Z. (2014). Medicinal plants used by the Tamang community in the Makawanpur district of central Nepal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 10(5): 1-11.
- Magaña-Alejandro, M. A., Gama, C. L. M. y Mariaca, M. R. (2010). El uso de las plantas medicinales en

- las comunidades mayachontales de Nacajuca, Tabasco, México. *Polibotánica*. 29: 213-262.
- Martínez, E. (2012). Algunos datos de plantas medicinales. [En línea]. Disponible en: <http://microdosismartinez.blogspot.mx/>. Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2013.
- Martínez, M. (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México: Fondo de Cultura Económica. 1209 Pp.
- Molina-Mendoza, J. L., Galván-Villanueva, R., Patiño-Siciliano, A. y Fernández-Nava, R. (2012). Plantas medicinales y listado florístico preliminar del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. *Polibotánica*. 34: 239-271.
- Navarro, L. C. y Avendaño, S. (2002). Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México. *Polibotánica*. 14: 67-84.
- Navarro, M. C. (2007). Posibilidades terapéuticas del bulbo de ajo (*Allium sativum*). *Revista de fitoterapia*. 7(2): 131-151.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2013). Enfermedades diarreicas. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/>. Fecha de consulta: 24 de enero de 2015.
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2015). Cáncer. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/>. Fecha de consulta: 24 de enero de 2015.
- Organización Panamericana de la Salud (2008). La Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud. [En línea]. Disponible en: <http://ais.paho.org/classifications/Chapters/index.htm>. Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2013.
- Osuna, T. L., Tapia, P. M. E. y Aguilar, C. A. (2005). *Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones gastrointestinales: estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico*. España: Universitat de Barcelona. 173 Pp.
- Pérez, M. M., Sueiro, O. M. L., Boffill, C. M. D. A., Morón, R. F., Marrero, F. E., Rodríguez, R. M., Méndez, O. O. R. y González, M. D. M. (2011). Estudio etnobotánico de las plantas más utilizadas como diuréticas en la Provincia de Villa Clara, Cuba. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 10(1): 46-55.
- Pérez-Portero, Y., Rivero-González, R., Suárez-López, F., González-Pérez, M. y Hung-Guzmán, B. (2013). Caracterización fitoquímica de extractos de *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae). *Revista Cubana de Química*. 25(2): 150-153.
- Puelles, M. (2007). Estudio de la viabilidad comercial de plantas medicinales en zonas rurales altas del Valle del Mantaro (Perú). [En línea]. Disponible en: <http://www.reduniversitaria.es/investigaciones.php?f=9>. Fecha de consulta: 13 de julio de 2012.
- Puente-Pardo, E., López-Hernández, E. S., Mariaca-Méndez, R. y Magaña-Alejandro, M. A. (2010). Uso y disponibilidad de plantas medicinales en los huertos familiares de El Caobanal, Huimanguillo, Tabasco, México. *Unacar Tecnociencia*. 4(1): 40-53.
- Puig, H. (1976). *Vegetación de la Huasteca. Mexique, Mission Archéologique et Ethnologique Française au Mexique*. México, D. F. 531 Pp.
- Redonda-Martínez, R. y Villaseñor-Ríos, J. L. (2011). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Asteraceae*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 64 Pp.
- Richeri, M., Ladio, A. H. y Beeskow, A. M. (2013). Conocimiento tradicional y autosuficiencia: la herbolaria rural en la Meseta Central del Chubut (Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 12(1): 44-58.
- Robles-Zepeda, R. E., Valenzuela-Antelo, O., Garibay-Escobar, A., Velázquez-Contreras, C., Navarro-Navarro, M., Contreras, L. R., Corral, O. L., and Lozano-Taylor, J. (2011). Use of complementary and alternative medicine in a region of northwest Mexico. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 17: 787-788.
- Rojas, J., Ronceros, S., Palomino, R., Tomás, G. y Chenguayen, J. (2006). Efecto antihipertensivo y dosis letal 50 del jugo del fruto y del extracto etanólico de las hojas de *Passiflora edulis* (maracuyá) en ratas. *Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. 67(3): 206-213.
- Royo-Márquez, M. H., Melgoza-Castillo, A. y Sierra-Tristán, J. S. (2013). Flora medicinal del estado de Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 4(18): 58-69.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México: Limusa. 432 Pp.
- SEFIPLAN, Secretaría de Finanzas y Planeación Social del Estado de Veracruz (2014). *Cuadernillos municipales*. [En línea]. Disponible en: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/informacion-socioeconomica-por-municipio/cuadernillos-municipales>. Fecha de consulta: 30 de enero de 2015.
- SEDEMA, Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente (2007). Programa de Manejo de la Sierra de Otontepec. México: Gobierno del Estado de Veracruz. 200 Pp.
- Schlaepfer, L. y Mendoza-Espinoza, J. A. (2010). Las plantas medicinales en la lucha contra el cáncer, relevancia para México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 41(4): 18-27.
- Shih-Chang, C., Young, P. H., Yi-Jou, H., Chun-Houh, C., Yin-Jing, T., Shang-Ying, S., Tzu-Hsuan, L., Chi-Wen, Y., Marimuthu, P., Feng-Liang, T. L., and Wen-Chin Y. (2009). Antidiabetic properties of three common *Bidens pilosa* variants in Taiwan. *Phytochemistry*. 70: 1246-1254.
- Singh, M., Kaur, M., and Silakari, O. (2014). Flavones: An important scaffold for medicinal chemistry. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 84: 206-239.
- Sousa, B. P. y Trevisan, F. D. (2007). Química de plantas psicotrópicas místicas. [En línea]. Disponible en: [http://www.uel.br/revistas/afroaitudineanas/?content=volume\\_2\\_2007.htm](http://www.uel.br/revistas/afroaitudineanas/?content=volume_2_2007.htm). Fecha de consulta: 1 de junio de 2015.
- Stevens, P. F. (2012). Grupo para la Filogenia de las Angiospermas (APG). [En línea]. Disponible en: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Fecha de consulta: 2 de agosto de 2012.
- Uprety, Y., Asselin, H., Dhakal, A., and Julien, N. (2012). Traditional use of medicinal plants in the boreal forest of Canada: review and perspectives. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 8(7): 1-14.
- Universidade Federal do Paraná. (2015). *Equisetum* L. (Equisetaceae): uma revisão. [En línea]. Disponible en: <http://www.gege.agrarias.ufpr.br/plantastoxicas/arquivos/equisetum%20ogiganteum.pdf>. Fecha de consulta: 27 de enero de 2014.
- Vázquez, B., Martínez, B., Aliphath, M. M. y Aguilar, A. (2011). Uso y conocimiento de plantas medicinales por hombres y mujeres en dos localidades indígenas en Coyomeapan, Puebla, México. *Interiencia*. 36(7): 493-499.
- Villarreal-Ibarra, E. C., García-López, E., López, P. A., Palma-López, D. J., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-García, C. F. y Oranday-Cárdenas, A. (2014). Plantas útiles en la medicina tradicional de Malpasito-Huimanguillo, Tabasco, México. *Polibotánica*. 37: 109-134.

Tomado de: [http://static-img-a.hqcdn.net/Media/\\_640x360/HG460\\_heart-lungs-pulmonary-hypertension\\_FS.jpg](http://static-img-a.hqcdn.net/Media/_640x360/HG460_heart-lungs-pulmonary-hypertension_FS.jpg)



# Relación entre hipertensión arterial y obesidad central en madres de familia

Relationship between arterial hypertension and central obesity in mothers

Jesús María Araujo-Contreras<sup>1\*</sup>, Efrén Rivas-Avila<sup>1</sup>, Armando Avila-Rodríguez<sup>1</sup>, Elías Humberto Avila-Rodríguez<sup>1</sup>, Nohé Vargas-Chávez<sup>2</sup>, Abelardo Camacho-Luis<sup>1</sup> y Miguel Arturo Reyes-Romero<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina y Nutrición. Centro de Investigación en Alimentos y Nutrición, Av. Universidad s/n esq. con Fanny Anitúa, Durango, Durango, México, C.P. 34000.

<sup>2</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Odontología, Predio Canoas s/n, Durango, Durango, México, C.P. 34000. <sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina y Nutrición. Departamento de Medicina Molecular, Av. Universidad s/n esq. con Fanny Anitúa, Durango, Durango, México, C.P. 34000.

\*Autor para correspondencia: [jesusm2003@yahoo.com.mx](mailto:jesusm2003@yahoo.com.mx)

Fecha de recepción: 29 de agosto de 2014/ Fecha de aceptación: 30 de abril de 2015

## RESUMEN

La hipertensión arterial (HTA) está asociada con el padecimiento de otras enfermedades y de la obesidad. Su alta prevalencia representa un serio problema de salud en el mundo. El objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre hipertensión arterial y obesidad central en madres de familia de tres colonias de la ciudad de Durango, Durango, México. Para ello, se hizo un estudio transversal con una población de 806 madres de familia. Se realizaron mediciones de tensión

arterial, circunferencia de cintura y cadera. El análisis estadístico incluyó descriptivos, pruebas de independencia y medición de riesgo epidemiológico. Se obtuvo información de características sociodemográficas y antecedentes de la enfermedad hipertensiva. Las participantes presentaron como media de edad 41.4 años y de escolaridad nueve años cursados. El 59.8% eran casadas, el 69.3% eran amas de casa y el 87.8% tenía afiliación a alguna institución de salud. La prevalencia

de hipertensión reportada por las participantes fue 20.3%; en el 50.6% de la población total estuvo presente el antecedente familiar de la enfermedad. La tensión arterial elevada obtenida por medición directa fue 19.7%. Se encontró hipertensión sistólica en 8.4% y diastólica en 17.3%. La obesidad abdominal se evidenció en 82.9%; el riesgo de presentar hipertensión arterial fue 3.1 veces mayor en las madres con obesidad abdominal. El riesgo de padecer enfermedad hipertensi-

va se elevó en los pacientes con antecedente familiar de HTA y con padecimiento de obesidad central, la cual es también considerada uno de los principales factores de riesgo cardiovascular.

**PALABRAS CLAVE:** hipertensión arterial, obesidad abdominal, zona urbana, estilos de vida.

#### ABSTRACT

Arterial hypertension (AHT) is associated with other diseases, primarily obesity. Its high prevalence represents a serious health problem in the world. The objective of the study was to determine the relationship between arterial hypertension and central obesity in mothers of three urban areas of the city of Durango, Mexico. In order to accomplish this goal, a cross-sectional study was conducted through a printed validated survey, which included 806 participants. Information about their socio-demographic characteristics and background of hypertensive disease was obtained. Measurements of blood pressure, circumference of waist and hip were performed. The analysis included descriptive statistics, tests of independence and epidemiological risk measurement. The participants had age mean of 41.4 years and 9 years of completed schooling. 59.8 % were married, 69.3 % housewives and 87.8 % affiliated with any health institution. The reported prevalence of hypertension was of 20.3 %; in 50.6 % of the total population family history of the disease was present. Elevated blood pressure obtained by direct measurement was 19.7 %. Systolic hypertension was found in 8.4 % and diastolic in 17.3 %. Abdominal obesity was evident in 82.9 %; the risk of developing AHT was 3.1 times higher in mothers with abdominal obesity. Family history of hypertension and central obesity, one of the main cardiovascular risk factors, increased the risk for developing hypertensive disease.

**KEYWORDS:** Arterial hypertension, abdominal obesity, urban area, life style.

#### INTRODUCCIÓN

La tensión arterial es la fuerza o empuje ejercido por la sangre contra la pared de la arteria (WHO/OMS, 2003). Para identificar a una persona con hipertensión arterial (HTA) se requiere cumplir cualquiera de dos condiciones: una tensión sistólica igual o superior a 140 mmHg y una diastólica igual o superior a 90 mmHg. El que ambas tensiones se encuentren por debajo de estos puntos de corte resulta particularmente importante para el funcionamiento eficaz del cerebro, corazón, riñones y el cuerpo en general (WHO/OMS, 2013).

La característica distintiva de la HTA, es la disfunción endotelial, la cual conlleva a la ruptura del equilibrio entre los factores relajantes del vaso sanguíneo (óxido nítrico, factor hiperpolarizante del endotelio) y aquellos que actúan como vasoconstrictores conocidos como endotelinas (Wagner-Grau, 2010).

Los determinantes sociales de la salud (ingresos, educación y vivienda) junto con la urbanización acelerada y desordenada, sedentarismo, tabaquismo y alcoholismo, representan los principales factores que contribuyen a potencializar la génesis de la hipertensión y sus complicaciones, sin olvidar la edad (por el endurecimiento de las arterias) y los factores metabólicos (sobrepeso, obesidad e hiperlipidemia). Cuando se desconoce la causa específica de la enfermedad se le denomina Hipertensión Arterial Primaria, donde los factores genéticos forman parte de la etiología de la enfermedad. En personas menores de 40 años hay que pensar en causas endocrinas, renales y/o malformaciones de los vasos sanguíneos (WHO/OMS, 2014).

La diabetes, obesidad y enfermedades autoinmunes como esclerosis

sistémica, hiperaldosteronismo primario, displasia fibromuscular y feocromocitoma, desencadenan la HTA (Lomelí y col., 2008), que representa un serio problema de salud en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS), reporta que este padecimiento está relacionado con la mortalidad de 7.5 millones de personas, las cuales representan 12.8 % del total de las muertes; también asevera que, durante 2008, entre los adultos de 25 años y mayores, uno de cada tres tuvo la presión alta, cifras a tomar en cuenta debido a las complicaciones que frecuentemente se presentan: retinopatía y discapacidad visual, enfermedad vascular periférica e insuficiencia cardíaca y renal (WHO/OMS, 2014).

En Latinoamérica, la HTA causa 13 % de las muertes y se le puede atribuir un 5.1 % de los años de vida ajustados por discapacidad. En adultos latinoamericanos la prevalencia de la hipertensión ocurre entre 26 % y 42 % (Sánchez y col., 2010). De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) (2012), la prevalencia de HTA en México fue de 31.5 % (IC 95 % 29.8 - 33.1); en adultos con obesidad ésta aumenta 42.3 % (IC 95 % 39.4 - 45.3) (INSP, 2012). En el 2006, la prevalencia de HTA en el estado de Durango, por diagnóstico médico previo en personas de 20 años o más fue de 18.5 %. Actualmente la prevalencia es del 19 %, ambos valores por encima de la media nacional reportada en 2012, que fue de 15.9 % (INSP, 2013).

En los obesos, la prevalencia de HTA es mayor; de ahí que la asociación entre obesidad y riesgo cardiovascular esté claramente establecida (WHO/OMS, 2008). La OMS considera que el exceso de peso (sobrepeso y obesidad) puede iniciar a edades tempranas, su origen es multifactorial y tiene una relación inversa con la educación; está reconocido como una epidemia no transmisible de una

enfermedad crónico-degenerativa (Moreno-González, 2012). La obesidad resulta de una compleja interacción entre genes y ambiente, que se caracteriza por un desequilibrio de energía debido a un estilo de vida sedentario, un consumo excesivo de energía o ambos, influenciados por factores celulares, moleculares, metabólicos, sociales y psicológicos (Gargallo y col., 2008).

Según la OMS, para el año 2015, habrá más de 700 millones de personas obesas en el mundo (Domínguez-García y col., 2012). En la región de las Américas, durante 2012, las mujeres registraron la mayor prevalencia de obesidad (29.7 %) (Castelo-Elías-Calles, 2012; UNO/ONU, 2012).

La obesidad central se define como un aumento en la circunferencia abdominal y es el resultado de la suma de la grasa abdominal subcutánea y la grasa abdominal visceral. Esta última tiene un papel más importante en la fisiopatología del exceso de peso al ser metabólicamente más activa (Botella-Carretero y col., 2001).

La grasa visceral es el mejor predictor de riesgo cardiometabólico y de mortalidad que el acúmulo graso subcutáneo. La circunferencia de cintura (CC) refleja de manera adecuada la acumulación de grasa en la región abdominal, compuesta por la grasa subcutánea y la reserva de grasa visceral. Esta sencilla medición muestra una fuerte correlación con la grasa intra-abdominal determinada por tomografía axial computarizada. También presenta una buena asociación con los factores de riesgo cardiovascular, con el riesgo relativo para desarrollar cardiopatología isquémica y con la mortalidad cardiovascular. Además, la CC es la medida antropométrica que mejor predice el desarrollo de diabetes mellitus tipo 2 (López-De-La-Torre y col., 2010). Estudios recientes han

puesto de manifiesto una relación entre el índice de cintura-cadera (ICC) y la presión arterial sistólica y diastólica (WHO/OMS, 2008; González-Jiménez y col., 2013). Se han propuesto puntos de corte de la CC, a partir de los cuales se considera en riesgo al paciente. El Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos propone 102 cm en varones y 88 cm en mujeres; la Federación Internacional de Diabetes propone 94 cm en varones y 80 cm en mujeres, con pequeñas variaciones para diferentes grupos étnicos (López-De-La-Torre y col., 2010).

La ENSANUT (2012), reveló que Baja California Sur fue el estado con mayor prevalencia de obesidad abdominal (80 %), seguido por Tabasco (79.3 %) y Distrito Federal (78.8 %), encontrándose Durango en el séptimo lugar (77 %). Entre los estados que presentaron la más baja prevalencia se encuentran Chiapas (64.3 %) y Oaxaca (66.4 %) (Barquera y col., 2013).

El presente estudio determina la relación entre hipertensión arterial y obesidad central en madres de familia de tres colonias de la ciudad de Durango, Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo transversal, por conglomerados. En base a las características del programa HÁBITAT (CONEVAL, 2008) y en forma censal, se buscó la participación de las madres de familia entre enero de 2013 y junio de 2014. Se seleccionaron por conveniencia las colonias: "La Virgen", ubicada al poniente de la capital, la "1° de Mayo" y "9 de julio", ubicadas al sur. Se excluyeron del análisis a las embarazadas y aquellas que estuvieran lactando por el sesgo que su condición pudiera generar. Las variaciones en la N muestral son debido a que algunas participantes no permitieron realizarles

todas las mediciones. Se les dio una explicación previa acerca de beneficios, costos, riesgos del proyecto y confidencialidad de sus datos. Se solicitó su consentimiento para la participación del estudio con base al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en su Título II, capítulo I, fracción I 183 y a la Declaración de Helsinki (Presidencia de la República, 1986; CONBIOÉTICA, 2013).

Se trabajó con un instrumento impreso, previamente estandarizado a través de una prueba piloto realizada con 120 madres de familia no pertenecientes a las colonias estudiadas. Este instrumento se aplicó a las 806 madres de familia comprendidas en el presente estudio para obtener la información relativa a características sociodemográficas, antecedentes personales y familiares de la enfermedad hipertensiva y de obesidad. Se consideró hipertensa a quienes sabían de su condición y/o resultaron con valores elevados. Las mediciones de la presión arterial se efectuaron de acuerdo a las guías de la Sociedad Europea de Hipertensión y la Sociedad Europea de Cardiología (Mancia y col., 2013).

La medición de la circunferencia de cintura y cadera se llevó a cabo de acuerdo al Manual de la Secretaría de Salud (2005). Para clasificar la obesidad abdominal se consideró como punto de corte de la CC: normal < 80 cm y con obesidad abdominal  $\geq 80$  cm (Alberti y col., 2005; Aschner, 2006) y en la alteración del ICC se utilizó como punto de corte 0.85 (sin alteración o normal < 0.85, con alteración o alto  $\geq 0.85$ ) (WHO/OMS, 2008).

El análisis estadístico se realizó mediante la distribución de frecuencias, análisis de varianza, pruebas de independencia  $X^2$  y medición del riesgo epidemiológico. Se utilizó un nivel de confianza de 95 %.

## RESULTADOS

Del universo estudiado, el 40.9 % de las mujeres tenían entre 20 a 39 años; 47.8 % entre 40 a 59 años y el 8.7 % con 60 años o más; el resto (2.6 %) lo conformaron madres menores a 20 años; la entrevistada más joven reportó 17. En cuanto a la escolaridad, el 28.6 % contaba sólo con primaria terminada, el 37.7 % con secundaria y el 31.9 % con preparatoria o superior; el 1.8 % no reportó. Respecto a la ocupación, el 69.3 % era ama de casa y el resto realizaba actividades laborales remuneradas; el 87.8 % de las madres de familia contaban con seguridad social: afiliadas al IMSS (45.5 %), Seguro Popular (35.6 %) y al ISSSTE (18.3 %), las demás estaban protegidas por el sistema de PEMEX (0.2 %) y SEDENA (0.4 %). En cuanto al estado civil, el 70.5 % manifestaron contar con pareja, de estas, el 59.8 % eran casadas y en unión libre 10.7 %; entre quienes no tenían pareja (29.5 %), las madres solteras representaron el 12 %, viudas el 8.4 %, divorciadas el 4.9 %, y separadas el 4.2 %. El 64.1 % de las mujeres comentaron ser originarias del municipio de Durango, 28.9 % de otros municipios del estado, en tanto que 7 % de fuera del estado.

Más de la mitad de las madres de familia (50.7 %) manifestaron haber recibido información acerca de la HTA y su prevención durante los últimos 12 meses; el 20.3 % de la población muestreada declararon padecerla, el 11.7 % desconocieron si la presentaban y el 68 % afirmó no padecerla; el 50.6 % refirieron tener un familiar directo con HTA.

Con relación a la obesidad, el 62.4 % reportaron tener información acerca de su prevención; se encontró que 82.9 % tenían obesidad abdominal y 60.1 % obesidad troncal (Tabla 1).

Al agruparlas de acuerdo a su CC e ICC y comparar los promedios de presiones sistólica y diastólica, las madres con obesidad abdominal y troncal

mostraron valores más altos, con diferencias significativas (Tabla 2).

Las madres de familia que informaron tener algún familiar hipertenso presentaron prevalencias de HTA mayores y un riesgo 3 veces más alto que las que no lo tienen.

La obesidad abdominal y la troncal incrementan 3.1 y 3 veces el riesgo para presentar HTA, respectivamente (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

La prevalencia de obesidad abdominal (82.9 %) fue similar a la reportada por Barquera y col. en el año 2013 (82.8 %). En cuanto a la media de la CC en las participantes del estudio fue 92.1 cm, valores muy similares a los reportados por estos autores a nivel Nacional (92.6 cm), Región Norte (94.3 cm), Ciudad de México (93.2 cm) y Región Sur (91 cm).

Referente a la relación entre la escolaridad y al perímetro de cintura, los mismos autores reportaron que las mujeres sin primaria presentaron una media de 93.3 cm, las de primaria y secundaria 94 cm, y aquellas con un nivel más alto de

### Tabla 1

Prevalencia de obesidad abdominal y troncal en las madres.

Table 1. Prevalence of abdominal and truncal obesity in mothers.

Condición	N	%
<b>CC</b>		
Obesidad abdominal ( $\geq 80$ cm)	606	82.9
Normal ( $< 80$ cm)	125	17.1
Total*	731	100
<b>ICC</b>		
Obesidad troncal ( $\geq 0.85$ )	439	60.1
Normal ( $< 0.85$ )	292	39.9
Total*	731	100

\*No todas las participantes permitieron tomar todas las medias.

### Tabla 2

Comparación de medias de la presión arterial por circunferencia de cintura e índice cintura cadera. Table 2. Comparison of blood pressure means by waist circumference and waist / hip ratio.

Condición	Presión sistólica		Valor de P	Presión diastólica		Valor de P
	N	$\bar{X} \pm D.E$		N	$\bar{X} \pm D.E$	
Obesidad abdominal ( $\geq 80$ cm)	578	120.3 $\pm$ 14.1	0.000	578	78.9 $\pm$ 10.6	0.001
Normal ( $< 80$ cm)	119	114.6 $\pm$ 12.4		119	75.3 $\pm$ 9.3	
Total	697	119.4 $\pm$ 14.1		697	78.4 $\pm$ 10.5	
<b>ICC</b>						
Obesidad troncal ( $\geq 0.85$ )	417	121.0 $\pm$ 14.8	0.000	417	79.6 $\pm$ 11.2	0.001
Normal ( $< 0.85$ )	280	116.8 $\pm$ 12.2		280	76.3 $\pm$ 9.0	
Total	697	119.4 $\pm$ 14.1		697	78.4 $\pm$ 10.5	

**Tabla 3**

Riesgo de hipertensión en madres de familia con obesidad abdominal, troncal y el antecedente de un familiar hipertenso.  
Table 3. Risk of hypertension in mothers with abdominal obesity, truncal and family history of hypertension.

Condición	Tensión arterial				Total					
	Normal		Hipertensión							
Familiar con hipertensión*	N	%	N	%	N	%	X <sup>2</sup>	P	RM	IC 95 %
No	251	81.5	57	18.5	308	100	40.76	0.000	3.08	2.1 a 4.3
Si	223	58.8	156	41.2	379	100				
<b>CC</b>										
Normal (< 80)	107	85.6	18	14.4	125	100	20.36	0.000	3.1	1.88 a 5.41
Obesidad abdominal (≥ 80)	394	65	212	35	606	100				
<b>ICC</b>										
Normal (< 0.85)	239	81.8	53	18.2	292	100	39.96	0.000	3.0	2.13 a 4.33
Obesidad troncal (≥ 0.85)	262	59.7	177	40.3	439	100				

\*Se excluyeron quienes no tenían conocimiento sobre el antecedente familiar.

secundaria registraron 89.8 cm, y entre grupos no encontraron diferencia significativa. En el presente trabajo, las madres de familia sin primaria tuvieron una media de 95.8 cm, con primaria y secundaria 93.5 cm, y con estudios superiores a secundaria 88.9 cm. Estos valores muestran una tendencia similar a la reportada por Barquera y col. (2013) en cuanto a que menor nivel de educación mayor circunferencia de cintura.

El antecedente familiar de hipertensión en el estudio es mayor por 11.5 pp al reportado por Espinoza-Gómez y col. (2007) (39.1 %).

El estudio realizado por Hernández (2010), en el que se contrasta la CC con la PAD y PAS, presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de mujeres con obesidad abdominal y normales. De igual forma, en la investigación documentada por Chen (2015), la CC en las mujeres mostró fuerte y positiva asociación

con la PAS. En el presente estudio, las madres de familia con obesidad abdominal exhibieron valores de tensión arterial más altos que las normales.

Las madres de familia con obesidad troncal mostraron cifras más altas de tensión arterial que las madres normales, resultados semejantes fueron reportadas por González-Jiménez (2013), para una población joven; por su parte, Leite-de-Araujo y col. (2006), no identificaron correlación significativa entre el ICC y las PAS y PAD en mujeres jóvenes.

Las madres con obesidad abdominal tuvieron una prevalencia de HTA ligeramente menor a la reportada por Alfie (2012) en un grupo de mujeres con obesidad abdominal (37.4 %).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio y los reportados por Zylbersztein (2013) (3.1 y 2.52 veces respectivamente), el riesgo de presentar

HTA se incrementa cuando se tiene obesidad abdominal.

Las madres con obesidad troncal tuvieron una prevalencia 22.1 pp mayor de HTA que las normales. Con relación al riesgo de HTA, en esta población fue 3 veces mayor si se tenía obesidad troncal; Gómez-de-la-Barral y Villarreal-Menchola (2002), describen que, en una población de mujeres adultas, cuando el ICC es mayor a 0.85 el riesgo de presentarla se incrementa 1.8 veces.

### CONCLUSIONES

El antecedente hereditario de la hipertensión arterial (HTA) incrementó el riesgo de presentar la enfermedad hipertensiva, pero también estuvo relacionada con la obesidad central, que incrementó tres veces el riesgo de HTA. Las madres de familia con bajo nivel educativo representaron un grupo vulnerable que debe ser atendido. ||

## REFERENCIAS

- Alberti, K. G. M., Zimmet, P., and Shaw, J. (2005). The metabolic syndrome - a new worldwide definition. *The Lancet*. 366: 1059-1062.
- Alfie, J., Díaz, M., Páez, O., Cufaro, P., Rodríguez, P., Fábreguez, G., Magni, R., Nucci, S., Rodríguez, M. y Marin, M. J. (2012). Relación entre la circunferencia del cuello y el diagnóstico de hipertensión arterial en el Registro Nacional de Hipertensión Arterial (RENATA). *Revista Argentina de Cardiología*. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-37482012000400004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-37482012000400004&lng=es&nrm=iso). Fecha de consulta: 15 de abril de 2015.
- Aschner, P. (2006). Guías ALAD de diagnóstico control y tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en *Revista de la Asociación Latinoamericana de Diabetes*. [En línea]. Disponible en: [http://www.revistaalad.com.ar/guias/GuiasALAD\\_DMT2\\_v3.pdf](http://www.revistaalad.com.ar/guias/GuiasALAD_DMT2_v3.pdf). Fecha de consulta: 14 de marzo de 2014.
- Barquera, S., Campos-Nonato, I., Hernández-Barrera, L., Pedroza, A. y Rivera-Dommarco, J. A. (2013). Prevalencia de obesidad en adultos mexicanos, 2000-2012. *Salud Pública México*. 55: S151-S160.
- Botella-Carretero, J. I., Lledín-Barbancho, M. D., Valero-González, M. A. y Varela-Da-Costa, C. (2001). Leptina: implicaciones fisiológicas y clínicas. *Anales de Medicina Interna*. 18: 48-56.
- Castelo-Elías-Calles, L. (2012). Epidemiología y prevención del síndrome metabólico. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 50: 250-256.
- Chen, X., Du, H., Zhang, J., Chen, X., Luo, G., Que, X., Zhang, N., Bian, Z., Guo, Y., Li, L., Chen, Z. and Wu, X. (2015). Adiposity and blood pressure among 55 000 relatively lean rural adults in southwest of China. *Journal of Human Hypertension advance online publication*. doi: 10.1038/jhh.2014.129.
- CONBIOÉTICA, Comisión Nacional de Bioética (2013). Declaración de Helsinki. Antecedentes y posición de la Comisión Nacional de Bioética. [En línea]. Disponible en: <http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/helsinki.pdf>. Fecha de consulta: 16 de abril de 2014.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2008). CONEVAL Lo que se mide se puede mejorar. HABITAT 2007. [En línea]. Disponible en: [http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/coneval/eval\\_mon/1730.pdf](http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/coneval/eval_mon/1730.pdf). Fecha de consulta: 9 de marzo de 2014.
- Domínguez-García, M. V., Huitrón-Bravo, G. G. y Mendoza-López, A. A. (2012). La reacción inflamatoria en la fisiopatogenia de la obesidad en *Ciencia Ergo Sum*. 75-82. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10422917008#>. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2015.
- Espinoza-Gómez, F., Ceja-Espíritu, G., Trujillo-Hernández, B., Uribe-Araiza, T., Abarca-de Hoyos, P. y Flores-Vázquez, D. P. (2007). Análisis de los factores de riesgo de la hipertensión arterial en Colima, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*. 16(6): 402-407.
- Gargallo, E., Casado, P. y Conthe, P. (2008). Obesidad y sobrepeso: criterios de intervención y tratamiento. *JANO*. 1716: 29-33.
- Gómez-de-la-Barral, A. Z. y Villarreal-Menchola, J. (2002). Índice Cintura-Cadera y Perímetro Abdominal: Su Relación con la Hipertensión Arterial y la Diabetes Mellitus en una Población Femenina en *Revista Peruana de la Sociedad de Medicina Interna*. [En línea]. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v15n3/cintura\\_cadera.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v15n3/cintura_cadera.htm). Fecha de consulta: 8 de abril de 2015.
- González-Jiménez, E., Montero-Alonso, M. A. y Schmidt-Riovaldo, J. (2013). Estudio de la utilidad del índice de cintura-cadera como predictor del riesgo de hipertensión arterial en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*. 28(6): 1993-1998.
- Hernández, L. M., Mazariegos, M. y Salomons, N. W. (2010). Relación entre circunferencia de cintura y presión arterial en mujeres guatemaltecas: el estudio CRONOS. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*. 16(2): 64-68.
- INSP, Instituto Nacional de Salud Pública (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Hipertensión Arterial en adultos mexicanos. Importancia de mejorar el diagnóstico oportuno y el control. [En línea]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/HypertensionArterialAdultos.pdf>. Fecha de consulta: 8 de enero de 2014.
- INSP, Instituto Nacional de Salud Pública (2013). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por Entidad. Durango. [En línea]. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/informes/Durango-ÓCT.pdf>. Fecha de consulta: 21 de enero de 2014.
- Leite-de-Araujo, T., De-Oliveira-Lopes, M. V., Frota-Cavalcante, T., Gomes-Guedes, N., Pessoa-Moreira, R., Soares-Chaves, E. y Martins-da-Silva, V. (2006). Relación entre medidas antropométricas y valores de la presión arterial en estudiantes brasileños en *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222006000300002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000300002&lng=es&nrm=iso). Fecha de consulta: 18 de marzo de 2015.
- Lomelí, C., Rosas, M., Mendoza-González, C. L., Pastelín, G., Méndez, A., Ferez, S. M. y Attie, F. (2008). Hipertensión arterial sistémica en la mujer en *Archivos de cardiología de México*. 78 (Supl. 2): 98-103.
- López-De-La-Torre, M., Bellido-Guerrero, D., Vidal-Cortada, J., Soto-González, A., García-Malpartida, K. y Hernández-Mijares, A. (2010). Distribución de la circunferencia de la cintura y de la relación circunferencia de la cintura con respecto a la talla según la categoría del índice de masa corporal en los pacientes atendidos en consultas de endocrinología y nutrición. *Endocrinología y Nutrición*. 57: 479-485.
- Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redon, J., Zanchetti, A., Böhm, M., Christiaens, T., Cifkova, R., De-Backer, G., Dominiczak, A., Galderisi, M., Grobbee, D., Jaarsma, T., Kirchhof, P., Kjeldsen S., Laurent, S., Manolis, A., Nilsson, P., Ruilope, L. M., Schmieder R., Sirnes, P., Sleight, P., Viigimaa, M., Waeber, B., and Zannad, F. (2013). ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 34: 2159-2219.
- Moreno-González, M. (2012). Definición y clasificación de la obesidad. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 23: 124-128.
- Presidencia de la República (1986). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. [En línea]. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2014.
- Sánchez, R. A., Ayala, M., Baglivo, H., Velázquez, C., Burlando, G., Kohlmann, O., Jiménez, J., López Jaramillo, P., Brandao, A., Valdés, G., Alcocer, L., Bendersky, M., Ramírez, A. J. y Zanchetti, A. (2010). Guías Latinoamericanas de Hipertensión Arterial. *Revista Chilena de Cardiología*. 29: 117-144.
- Secretaría de Salud (2005). Menor circunferencia abdominal, mejor salud. Comunicado de Prensa No. 740. [En línea]. Disponible en: [http://www.salud.gob.mx/ssa\\_app/noticias/datos/2005-12-31\\_1914.html](http://www.salud.gob.mx/ssa_app/noticias/datos/2005-12-31_1914.html). Fecha de consulta: 13 de marzo de 2014.
- UNO/ONU, Organización de las Naciones Unidas (2012). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe del 2012. Podemos erradicar la pobreza 2015. [En línea]. Disponible en: <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2012/Spanish2012.pdf>. Fecha de consulta: 28 de mayo de 2014.
- Wagner-Grau, P. (2010). Fisiopatología de la hipertensión arterial. *Anales de la Facultad de Medicina UNMSM*. 71: 225-229.
- WHO/OMS, World Health Organization/Organización Mundial de la Salud (2003). OMS Informe sobre la salud en el mundo 2002 Reducir los riesgos y promover una vida sana. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/whr/2002/es/>. Fecha de consulta: 14 de febrero de 2014.
- WHO/OMS, World Health Organization/Organización Mundial de la Salud (2008). WHO | Waist circumference and waist-hip ratio. Report of a WHO Expert Consultation. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/world-health-day/es>. Fecha de consulta: 20 de febrero de 2014.
- WHO/OMS, World Health Organization/Organización Mundial de la Salud (2013). Información general sobre la hipertensión en el mundo: una enfermedad que mata en silencio, una crisis de salud pública mundial: Día Mundial de la Salud 2013. [En línea]. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87679/1/WHO\\_DCO\\_WHD\\_2013.2-spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87679/1/WHO_DCO_WHD_2013.2-spa.pdf). Fecha de consulta: 12 de febrero de 2014.
- WHO/OMS, World Health Organization/Organización Mundial de la Salud (2014). WHO | Raised blood pressure. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/gho/ncd/risk\\_factors/blood\\_pressure\\_prevalence\\_text/en/](http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/blood_pressure_prevalence_text/en/). Fecha de consulta: 12 de febrero de 2014.
- Zylbersztejn, H. M., Kuszniar, S. G., Olivares, G. B., Oviedo, G. A., Kanterewicz, L. G. y Elizalde, R. J. (2013). Epidemiología de los factores de riesgo vascular en mujeres climáticas: Experiencia de un consultorio multidisciplinario de climaterio en un hospital público de Buenos Aires. *Revista Argentina de Cardiología*. 81(4): 336-342.



# Paradigmas en Psicología Clínica:

## Perspectiva intrapsíquica e interpersonal de modelos de intervención psicológica apoyados en la evidencia

**Paradigms in clinical psychology: Intrapsychic and interpersonal perspective  
of evidence-based psychological intervention models**

**Dacia Yurima Camacho-Mata<sup>1\*</sup>, Luz Adriana Orozco-Ramírez<sup>1</sup>,  
José Luis Ybarra-Sagarduy<sup>1</sup> y Lidia Guadalupe Compeán-Ortiz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87000.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Enfermería Campus Tampico, Centro Universitario Tampico-Madero, Tampico, Tamaulipas, México, C.P. 89140.

\*Autor para correspondencia: psicdacia@gmail.com

Fecha de recepción: 7 de mayo de 2014 / Fecha de aceptación: 23 de marzo de 2015

### RESUMEN

La psicoterapia está ampliamente influenciada por los conceptos teóricos de la psicología, tanto de corte individualista, que consideran la personalidad como un atributo del individuo (paradigma intrapsíquico), como de corte interpersonal (paradigma interpersonal), que consideran el efecto socioambiental en la personalidad. El objetivo del presente trabajo fue establecer las convergencias y divergencias de los aspectos teóricos y prácticos de los modelos terapéuticos: cognitivo conduc-

tual (paradigma intrapsíquico) y sistémico e interpersonal (la terapia sistémica y la terapia interpersonal). Estos paradigmas, lejos de oponerse, pueden compartir sus aportaciones y tener un beneficio en el ejercicio práctico. Por tal motivo, ahondar en las raíces de cada modelo para encontrar coincidencias a nivel epistemológico, permite la integración coherente y lógica de las teorías y técnicas de los diversos modelos, y así conformar un nuevo paradigma terapéutico, que potencialice los beneficios

de la psicoterapia en favor de los pacientes.

### PALABRAS CLAVE:

Intrapsíquico, intrapersonal, terapia cognitivo conductual, terapia sistémica, terapia interpersonal.

### ABSTRACT

Psychotherapy is largely influenced by psychological concepts. These include both individualistic views, which consider personality as an attribute of a person (intrapsychic paradigm), and interpersonal views, which consider the socio-

environmental effect on personality (interpersonal paradigm). The objective of this work was to review the convergence and divergence of theoretical and practical aspects of the cognitive behavioral model (intrapsychic paradigm) and the interpersonal and systemic models. These paradigms, far from being opposed, can share their contributions and have practical benefits. For this reason, looking at the roots of each model to find commonalities at the epistemological level allows the coherent and logical integration of both theories and techniques, forming a new therapeutic paradigm that enhances the benefits for patients.

#### KEYWORDS:

Intrapsychic, intrapersonal, cognitive behavioral therapy, systemic therapy, interpersonal therapy.

#### INTRODUCCIÓN

En sus inicios, la psicoterapia se basó en los desarrollos teóricos aportados por la psicología de corte individualista, la cual considera la personalidad como un atributo del individuo (Brarda, 2007). Destacan las aportaciones teóricas de Sigmund Freud a la comprensión de los síntomas psicopatológicos, quien, en su intento por entender los fenómenos intrapsíquicos, desarrolló la teoría psicoanalítica, de la cual, sólo interesa mencionar su gran legado en el desarrollo de las distintas formas de psicoterapia.

Aunque Freud centraba su interés en los aspectos inconscientes en el trabajo con sus pacientes, nunca ignoró la importancia de los factores externos en el desarrollo del carácter (Ruiz, 2009); sin embargo, estos no tomaron relevancia sino hasta mediados del siglo XIX, cuando se empezó a considerar la influencia de lo socioambiental en la etiopatogénesis y evolución de los

trastornos mentales (Fernández y Sánchez, 2003).

Estas diferencias en la manera de comprender la etiología y evolución de los trastornos mentales, dieron lugar al desarrollo de los paradigmas intrapsíquico e interpersonal.

Un paradigma constituye un modelo o patrón aceptado por una comunidad, es decir, un conjunto de creencias, valores, técnicas y modos de comprender la realidad (González, 2005). Esta realidad es considerada por el paradigma intrapsíquico como un atributo interno, por tanto, busca las causas en variables intrínsecas como esquemas cognitivos, para comprender la manera cómo la persona se relaciona con su entorno, mientras que en lo interpersonal se pone énfasis en la causación externa de la conducta que, por tanto, vendría explicada por variables situacionales, llámense estímulo, situaciones o contexto social, siendo estas las que presumiblemente determinan la conducta humana (Robertson y col., 2008).

Dentro del campo conceptual de dichos paradigmas, se han desarrollado gran parte de los modelos teóricos que actualmente constituyen la base de las prácticas de evaluación e intervención de los profesionales en la psicología clínica.

En el presente trabajo se compara el modelo intrapsíquico con el interpersonal, contrastando la terapia cognitivo conductual (TCC) de corte intrapsíquico con dos terapias de corte interpersonal, como son la terapia familiar sistémica (TFS) y la terapia interpersonal (TI), ejemplificando los paradigmas, y presentándose las características generales de intervención en el trastorno depresivo. Para ello, se revisaron trabajos como el de Beck y Ellis, quienes son pioneros en la terapia cognitivo-conductual;

también el trabajo de Sullivan o Meyer, fundadores de la terapia interpersonal; y el trabajo de Bateson quien fundó las bases de la terapia familiar sistémica. El análisis incluye las aportaciones de otros autores, como es el caso de Elia Roca, Alfredo Whaley y Cibanal, quienes han estudiado y aplicado los fundamentos de estas teorías desde sus respectivas áreas de intervención. Estas terapias han demostrado eficacia en el abordaje de los diferentes trastornos psicológicos (Echeburúa, y col., 2010; Fullana, y col., 2012) y pueden compartir sus bondades para lograr un beneficio conjunto en el ejercicio práctico.

#### De lo intrapsíquico a lo interpersonal

La terapia cognitivo-conductual, al igual que otras formas de psicoterapia, se inspiró en las formulaciones teóricas de psicoanalistas como Lungwitz, Freud y Horney (Ruiz y Cano, 2009; Korman, 2011). Se considera, en forma general, que en el tratamiento de los trastornos mentales, conviene identificar y modificar las estructuras nucleares de la personalidad (Beck, y col., 2005), sin embargo, es importante considerar que existen diferencias en la visión de la naturaleza de dichas estructuras, ya que para el psicoanálisis son inconscientes y para el modelo cognitivo-conductual son en gran medida conscientes (Vázquez, 2003).

La terapia cognitiva propiamente dicha surge en los años sesenta, sus principales fundadores son Aaron Beck, padre de la terapia cognitiva y Albert Ellis, creador de la terapia racional emotiva. Ambos se iniciaron como psicoanalistas pero tenían especial interés por desarrollar una forma de psicoterapia más breve y efectiva utilizando técnicas de evaluación (Korman, 2013). Sus dos modelos de intervención terapéutica

destacan la influencia del pensamiento sobre las emociones (Rivadeneira y col., 2013).

En la obra "Terapia Cognitiva de la Depresión" (Beck y col., 1979), se dan a conocer distintas técnicas de abordaje terapéutico para la depresión, mismas que posteriormente Beck, a través de su trabajo en psicoterapia, trasladaría a los trastornos de ansiedad. Uno de los grandes aportes de este enfoque fue identificar las distorsiones cognitivas, tales como la generalización excesiva, el pensamiento todo o nada, la minimización y magnificación, que pueden generar consecuencias emocionales y conductuales negativas (Cabezas y Lega, 2006).

Ellis, por su parte, se interesó en la búsqueda de métodos más activos dentro de la teoría del aprendizaje y las técnicas de condicionamiento, lo que lo llevó a desarrollar, en 1955, un enfoque racional-emotivo de la psicoterapia y a publicar el modelo A-B-C del funcionamiento psicológico, donde expone que los trastornos emocionales derivan de pensamientos irracionales (Ruiz y Cano, 2009).

Por otro lado, la teoría interpersonal surge en los últimos años, como una alternativa a las teorías psicológicas existentes, para equilibrar la importancia otorgada a los fenómenos intrapsíquicos (Whaley, 2006). El máximo representante de esta teoría es Harry S. Sullivan, quien plantea que el "sí mismo" de una persona está constituido por las experiencias de aprobación y desaprobación de otras personas significativas (Valderrama, 2001), por tanto, el comportamiento anómalo del individuo es el resultado de las experiencias basadas en relaciones interpersonales entre los pacientes y sus personas más cercanas (Sloan y col., 2009). Otros autores como Meyer (1958), apoyaron esta teoría al considerar los trastornos mentales como un intento fallido de adaptarse al

ambiente, destacando la relación entre factores biológicos y psicosociales con la psicopatología.

A raíz del surgimiento del paradigma interpersonal, fundamentado en las teorías interpersonales de Sullivan, Meyer y otros autores como Fromm, surgen nuevas formas de tratamiento psicoterapéutico, entre ellas, la terapia familiar sistémica en la década de los años 50 (Cibanal, 2006), y la terapia interpersonal a finales de los años 60 (Ignacio y col., 2007). Esta última, fundada por Klerman y col. (1984), como una forma focalizada de terapia a corto plazo para el tratamiento de los trastornos depresivos, donde se toman en cuenta, además de factores genéticos, bioquímicos y de personalidad, la incapacidad del individuo para solucionar los problemas interpersonales.

La terapia familiar sistémica, por su parte, se apoya además en los planteamientos originales de Bateson (1972), quien tras considerar la mente como un conjunto de pautas de organización y autorregulación de cualquier sistema, advirtió que no era posible seguir considerando ésta como un proceso inherente al individuo, sino como un proceso social (Bateson, 1972); asimismo, aplica los conceptos de tres teorías principales: la teoría general de sistemas de Bertalanffy (1975), la teoría de la comunicación de Watzlawick (1980), y la cibernética de (Foerster, 1990); (Shade y col., 2009).

Es por eso, que en los modelos con enfoque interpersonal, el foco de atención ya no es el individuo, sino las características de la organización del sistema al que pertenece. El tratamiento se lleva a cabo dentro de los sistemas relacionales, donde a menudo no es necesario entender de dónde viene un problema como la depresión, sino entender qué está impidiendo que el problema

sea resuelto (Stratton, 2011). Esto significa trabajar con todos los miembros de la familia, sin importar si acuden todos a sesión o sólo alguno de ellos (Cibanal, 2006). De esta manera, las otras personas en la familia o grupo con relaciones estrechas, son un gran recurso para generar el cambio y para mantener los beneficios terapéuticos (Stratton, 2011).

### **Convergencias y divergencias entre los paradigmas intrapsíquico e interpersonal**

En este apartado se revisan los supuestos teóricos de los modelos que emergen de un paradigma intrapsíquico: terapia cognitivo conductual (TCC), y de un paradigma interpersonal: terapia interpersonal (TI), y terapia familiar sistémica (TFS), con el fin de encontrar un espacio de convergencia entre ambos, más allá de que sus bases teóricas sean diferentes.

La TCC menciona que son los procesos cognitivos del paciente los que propician los problemas psicológicos, es decir, las interpretaciones erróneas del pensamiento originan emociones negativas y formas desadaptativas de conducta (Roca, 2012). Al hablar de procesos cognitivos en TCC, Beck se refiere a pensamientos específicos, tales como una interpretación ("está enojado conmigo"), una auto instrucción ("tengo que estudiar"), una autocrítica ("todo me salió mal") o incluso un deseo con contenido verbal ("quiero aprobar el examen") (Beck, 1963).

Se puede comparar la cognición con un iceberg, en el cual, se observa una parte superficial en la punta y una parte profunda que no se aprecia a simple vista, en el nivel superficial se sitúan los pensamientos automáticos, que son de fácil acceso a la conciencia y relativamente estables, ya que pueden evocarse ante una

situación determinada e inmediatamente después desaparecen, simplemente son destellos de ideas o imágenes (Vázquez, 2003). Si se supone que en estos momentos se encuentra una persona esperando a otra y ésta demora en llegar, probablemente se piense que algo malo le pasó durante el camino, incluso se viene a la mente la imagen del accidente o en el mejor de los casos puede pensar que se demoró por el tráfico. Estos pensamientos automáticos aparecen constantemente en la vida diaria y conducen a la persona a sentir y actuar de una u otra manera, es decir, si piensa “algo malo le pasó durante el camino” probablemente se sentirá preocupada y tratará de localizar a esta persona; por el contrario, si el pensamiento es “se demoró por el tráfico”, quizá se esté más tranquila y esperará a que regrese.

Lo interesante es preguntarse lo que hay detrás de estos pensamientos automáticos; ya que la respuesta lleva hasta el nivel más profundo del iceberg, es decir, las creencias, las cuales se forman desde etapas tempranas del desarrollo y se mantienen durante toda la vida. Las creencias son los conceptos que las personas tienen de sí mismas, del mundo y del futuro; determinan los procesos cognitivos y generalmente están relacionadas con temas como autonomía: “Nadie debe decirme lo que tengo que hacer”, valía personal: “Para ser valioso debo ser muy competente”, relaciones interpersonales: “No se puede confiar en nadie”, límites y normas: “Puedo hacer lo que quiera”.

Existen creencias profundas que las personas consideran como verdades absolutas, las adoptan incluso sin antes haberlas pasado por un filtro de selección, son rígidas en cuanto que no se cuestionan y determinan la forma en que las personas interpretan la realidad. Estas creencias se

denominan nucleares, ya que son la base o núcleo sobre la que se apoyan las cogniciones. Su importancia radica en que si la creencia es errónea o se encuentra distorsionada, también el pensamiento generado a partir de ella lo estará y por lo tanto se llevarán a cabo pautas de conductas desadaptativas. En resumen, la TCC considera que las emociones y las conductas son el resultado de la manera de pensar y de interpretar las situaciones que se presentan (Bunge y col., 2008).

La TI por su parte, supone que los problemas en las relaciones interpersonales son un factor importante en el origen de la problemática del paciente, y lo traslada especialmente a pacientes deprimidos (Fernández y Rodríguez, 2011). De igual manera, el enfoque sistémico explica la patología, no como un conflicto individual, sino como resultado de una relación patológica, donde el síntoma, presente en un miembro de la familia, cumple la función de mantener el equilibrio de ésta y es considerado la expresión de todo el sistema familiar disfuncional (Cibanal, 2006).

De esta manera, ya no se habla de un equilibrio intrapsíquico, sino más bien del equilibrio de un sistema, el cual, remite a un conjunto de elementos que interaccionan entre sí y con su ambiente, llámese familia, amigos o comunidad, y los cuales persiguen un objetivo en común (Cavani, 2010). Por tanto, no existe un conflicto individual sino un conflicto interpersonal, donde la causa de la patología gira en entorno a un sistema y a la manera en que sus miembros se comunican.

Véase entonces que mientras en el paradigma intrapsíquico (TCC), la causa del problema se centra en procesos internos del individuo, es decir en la cognición, en el paradigma interpersonal (TI

y TFS) la causa del problema se sitúa en el exterior; en las relaciones interpersonales/familiares (Stratton, 2011).

La manera de comprender o entender la etiología del trastorno, lleva a suponer que ambos paradigmas intentan resolver el conflicto de manera opuesta, por un lado, el paradigma intrapsíquico lo hace generando cambios en el individuo, tal como lo señala el objetivo de la TCC; hacer menos rígidas las formas patológicas en que se procesa la información (Bunge y col., 2008), es decir, esta terapia busca resolver el conflicto generando cambios en la manera de pensar, sentir y actuar del paciente (Cibanal, 2006).

Caso contrario, se podría decir, a lo que se observa en el paradigma interpersonal, el cual, aparentemente no busca resolver el conflicto desde el individuo, sino a partir de generar cambios en la organización de todo un sistema.

En la TI el objetivo es resolver las frustraciones, ansiedades y deseos, dentro del contexto interpersonal, para lograr un cambio por medio del entendimiento y aceptación de las circunstancias actuales de la vida de los pacientes (Whaley, 2006), semejante a lo que ocurre en la TFS, donde lo que se pretende es modificar el equilibrio de la relación patológica entre los miembros de la familia para establecer nuevas formas de relación (Stratton, 2011).

Si se observa bien, lo que plantea la terapia interpersonal como objetivo, es un cambio por medio del entendimiento, y al hablar de entendimiento no hace mención a otra cosa que no sean las cogniciones del paciente. Esto lleva a pensar que forzosamente se tengan que evaluar las cogniciones y, de manera directa o indirecta, intervenir en ellas. Tal vez no sea su intención modificarlas por sí mismas, sino en relación a los vínculos interpersonales,

los cuales se consideran la causa de la problemática (Fernández y Rodríguez, 2011).

Un planteamiento práctico podría ser el caso en que a una pareja le es muy difícil superar el término de una relación amorosa y piensa que si la otra persona se aleja de ella es porque "no es lo suficientemente valiosa para retener a su pareja a su lado". Sin embargo, en su intento por conservar la relación, realiza conductas que se vuelven un tanto molestas y desagradables para su pareja, provocando que se aleje más de ella, volviéndose entonces una profecía autocumplida. Es ahí donde la fundamentación teórica adquiere importancia para solucionar el problema de esta mujer, ya que se aborda en forma diferente si se usa el modelo intrapsíquico (TCC) o el modelo interpersonal (TFS). El primero intentaría resolver el conflicto generando cambios en el pensamiento de la persona. A través de una terapia cognitivo conductual se lograría hacer menos rígida y absoluta su manera de pensar, y, por consiguiente, desentir y actuar. Por ejemplo, en lugar de pensar que no es lo suficientemente valiosa para retener a su pareja puede considerar que ha tenido relaciones relativamente estables y que la responsabilidad del fracaso o del éxito es de ambos.

El segundo modelo intervendría directamente en la relación, rompiendo con esa interacción patológica desde la conducta que la causa: el hecho que la persona le hable a su pareja sentimental numerosas veces al día y la cele por todo. Para romper con esta interacción existen dos maneras, dejando de hacer lo mismo o haciendo lo contrario. Al generar un cambio en el sistema se modificaría la conducta de su pareja y esto evitaría que la persona pensara que su pareja ya no la quiere.

Ahora bien, al paradigma

intrapsíquico se le atribuye una causalidad lineal donde una conducta "a" afecta a "b", que a su vez genera "c". En este contexto, el modelo cognitivo conductual plantea que la evaluación cognitiva del significado de la información del ambiente determina los emociones y conductas del sujeto, por tanto, una evaluación cognitiva distorsionada (a), desencadena comportamientos (b) y emociones disfuncionales (c) (Roca, 2012), desarrollando una conducta patológica (Figura 1).

El paradigma interpersonal, por su parte, pone énfasis en la causalidad circular en vez de la tradicional causalidad lineal (Cibanal, 2006; Whaley, 2006), de esta manera, en la TI y la TFS se observa un intercambio circular de información entre los integrantes de un sistema donde una conducta "a" afecta a "b", que a su vez afecta a "c", que produce "d" y que lleva nuevamente a "a" (Cibanal, 2006). En estos patrones de circularidad no existe un principio ni un final claro, es decir, se forma una especie de círculo vicioso en donde la persona se ve afectada por las consecuencias de

estas relaciones interpersonales patológicas sin ser consciente de su responsabilidad (Whaley, 2006), por tanto, tiende a repetir el mismo patrón desadaptado de conducta.

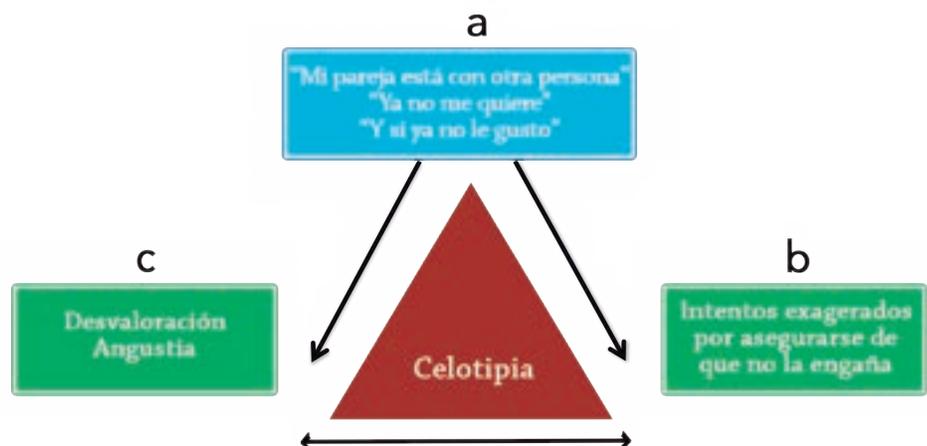
Ante el ejemplo de la paciente que llama a su marido reiteradas veces para asegurarse que está en el trabajo, su comportamiento propicia que su marido se enoje con ella, lo cual, a su vez genera que la paciente se angustie aún más, tenga pensamientos erróneos generados por su inseguridad y, por tanto, termine llamando a su marido nuevamente (Figura 2). Redefinir dicha interacción va a depender de la manera en que se divida la secuencia circular y se logre modificar ese comportamiento en específico (Cibanal, 2006). Entonces se cae en una causalidad lineal donde, al final de cuentas, se establece una relación causa-efecto.

Por otro lado, mientras que en el paradigma intrapsíquico, la TCC pretende identificar y modificar las estructuras de la personalidad (Beck y col., 2005), las terapias basadas en un paradigma interpersonal como

### Figura 1

Ejemplo de causalidad lineal. Adaptación del modelo cognitivo de Beck (1976) propuesto por Roca (2012).

Figure 1. Example of linear causality. Adaptation of the cognitive model of Beck (1976) as proposed by Roca (2012).



**Figura 2**

Adaptación del modelo propuesto por von Bertalanffy (1954, citado por Cibanal, 2006).

Figure 2. Example of circular causality. Adaptation of the model proposed by von Bertalanffy (1954, cited by Cibanal, 2006).



lo son la TI y TFS, señalan que no es su objetivo modificar las estructuras de la personalidad, sino focalizar la intervención en las relaciones interpersonales que están generando algún problema en el individuo (Whaley, 2006).

Ahora bien, revisando la concepción de personalidad que tiene cada uno de estos modelos, se observa que para la TCC los rasgos de personalidad tales como dependencia, extroversión, y retraimiento, están determinados por creencias insertadas en estructuras más o menos estables, denominadas esquemas, y estas estructuras influyen en la manera en que una persona evalúa una situación y emplea estrategias adaptativas o desadaptativas (Beck y col., 2005). En este sentido, el terapeuta tendría que examinar las actitudes, sentimientos y conductas del paciente, para detectar su posible relación con estrategias desadaptativas. Caso contrario a lo que ocurre desde el paradigma interpersonal, donde la

personalidad está determinada por una pauta relativamente estable de situaciones dadas en interacción con otros individuos, que son repetitivas y que caracterizan la vida humana. Es decir, que la identidad de una persona está conformada por las formas de interacción con los demás (Whaley, 2006).

Sin embargo, debido a que el individuo está en constante comunicación con su ambiente, y se ve influenciado por éste, no se descarta la posibilidad de que al intervenir en las formas de comunicación interpersonal, el individuo modifique en alguna medida esas creencias y, por tanto, algunos rasgos de su personalidad. Tal como lo expresa Belloch y Fernández-Álvarez (2002), al decir que en la medida en que se supere el obstáculo de pensar que los aspectos de la personalidad son inmodificables, los pacientes con trastorno de personalidad pueden responder positivamente a la psicoterapia (Belloch y Fernández-Álvarez, 2002).

### Comparación de un modelo intrapsíquico con uno interpersonal en el tratamiento de la depresión

Beck (1979), señaló que la depresión se debe principalmente a las interpretaciones distorsionadas de los acontecimientos y situaciones que la persona tiene que afrontar. Estas experiencias forman esquemas (conjunto de significados idiosincrásicos), con los cuales la persona va dando sentido a las diferentes situaciones de vida. Las personas forman estas estructuras cognitivas a través de la cultura y educación. Sin embargo, en ocasiones pueden resultar patológicas (Rivadeneira y col., 2013).

El esquema propuesto por Beck, denominado triada cognitiva, consiste en una visión negativa de sí mismo, del mundo y del futuro, que presenta una persona que padece depresión, y que se encuentra estrechamente relacionada con el riesgo de suicidio. Los esquemas se manifiestan en la consciencia del sujeto, provocando pensamientos automáticos negativos (mensajes específicos, cortos y fugaces), tales como "soy un fracaso" (Rivadeneira y col., 2013), los cuales generan emociones y conductas depresivas (Perelló y col., 2001).

La terapia propuesta como eficaz para tratar la depresión, fue desarrollada por Aaron T. Beck, desde finales de los años 50, y ha demostrado su eficacia al reducir significativamente los síntomas depresivos y pensamientos suicidas (Fournier y col., 2008; Driessen y Hollon, 2010; Rosselló y col., 2011; Toro, 2013). Consiste en un procedimiento estructurado de 15 a 25 sesiones, incluyendo las sesiones de seguimiento, y tiene un enfoque psicoeducativo diseñado para modificar cogniciones y conductas (Pérez y García, 2001).

La TC tiene como objetivo reestructurar los esquemas disfuncionales del paciente

y sustituirlos por otros más funcionales y saludables. Las personas que tienen depresión, por lo regular responden de una manera rígida y negativa ante las situaciones que se le presentan (Nezu y col., 2006). La función del terapeuta, entonces, es guiar a los pacientes a descubrir las distorsiones cognitivas que los predisponen a la depresión, tales como “soy muy poca cosa” ó “nadie se preocupa por mí”, y cómo estos pensamientos dan lugar a emociones y conductas desagradables e inadecuadas (Puerta y Padilla, 2011). El terapeuta se vale de diversas técnicas para indagar y cuestionar estos pensamientos, como reestructuración cognitiva, identificación y registro de los errores del pensamiento, plan de actividades agradables y tareas para la casa (Perelló y col., 2001).

Las técnicas se llevan a cabo en cinco fases del tratamiento: Fase 1: se establece la relación terapéutica, se crea un clima de confianza, empatía y honestidad, resaltando el trabajo en equipo y la participación activa del paciente; Fase 2: consiste en comprender las quejas del paciente y transformarlas en síntomas objetivo, es decir, escucharle empáticamente para comprender su visión de sí mismo, del mundo y del futuro, y ayudarle a clarificarlas y mostrarle cómo se relacionan sus síntomas con su depresión; Fase 3: se le explica al paciente el modelo cognitivo de la depresión y la influencia de las cogniciones en las emociones, en esta etapa se le explica la relación entre sus pensamientos y emociones, usando ejemplos concretos experimentados por el paciente; Fase 4: consiste en aplicar técnicas conductuales. Estas técnicas se utilizan para modificar pensamientos erróneos, fijando la atención del paciente en las sensaciones agradables que experimenta al realizar la actividad. Por ejemplo, listado de actividades agradables, programa semanal de actividades

o asignación de tareas graduales y; Fase 5: se aplican las técnicas cognitivas, que consisten en una serie de procedimientos para identificar y modificar los errores del pensamiento, tales como detectar pensamientos automáticos, entrenamiento en observación y registro de cogniciones, registro diario de pensamientos automáticos, someter los pensamientos automáticos a prueba de realidad y búsqueda de interpretaciones alternativas. Por último, en cada sesión se revisan las tareas para casa, se llevan a cabo las técnicas correspondientes y se proponen nuevas tareas para casa (Roca, 2012).

Ahora bien, en la TI, la cual también ha comprobado su eficacia en el tratamiento de este padecimiento (Frank y col., 2007; Schramm y col., 2007; Swartz y col., 2008), la depresión se desencadena a partir del estrés causado por las relaciones sociales del paciente, los diferentes roles sociales que desempeña y los problemas originados de estas relaciones (Fernández y Rodríguez, 2011; Perelló y col., 2001). La TI se centra en tres áreas que, según este modelo, hacen más vulnerable al individuo de presentar el trastorno depresivo: duelo complicado, conflictos de pareja o matrimoniales y transiciones de rol, especialmente a aquellas personas con falta de apoyo social (Millán-González y Solano-Medina, 2010). Sin embargo, debido a su abordaje focalizado, interviene sólo en una o dos áreas problema del paciente. Al igual que la TCC, su función es dotar al paciente las habilidades necesarias para desenvolverse en el contexto psicosocial (Robertson y col., 2008).

Se trata de un procedimiento estructurado de tiempo limitado que comprende 16 sesiones de 50 min a 60 min, programadas semanalmente (Pérez y García, 2001), y aborda solamente los

aspectos actuales del trastorno. Al igual que en la TCC, puede considerarse el uso de psicofármacos, según la gravedad del caso, siendo más común en algunos pacientes con trastorno depresivo mayor. Las estrategias se llevan a cabo en tres fases de tratamiento. La fase inicial comprende la evaluación diagnóstica, en la fase intermedia el terapeuta junto con el paciente selecciona el área interpersonal que considere de mayor relevancia y que esté relacionada con el problema actual, y la fase final que se realiza en las últimas semanas de tratamiento consiste en hacer explícita la terminación de la terapia y lograr que el paciente se sienta capaz de afrontar las situaciones futuras sin depender del terapeuta (Robertson y col., 2008; Fernández y Rodríguez, 2011).

Diversos estudios (Jakobsen y col., 2012; Hees y col., 2013) muestran que la TI proyecta resultados similares en la eficacia del tratamiento en relación con la TCC, siendo éstos muy favorables para ambas terapias. Debido a la eficacia que han demostrado estos abordajes para el tratamiento de un mismo trastorno, como lo es la depresión, algunos autores han implementado técnicas cognitivo conductuales con terapia interpersonal, y han logrado optimizar sus resultados terapéuticos (Borkovec y col., 2003).

Así mismo, en el ámbito clínico, también se han implementado técnicas cognitivo conductuales con terapia familiar, buscando modificar comportamientos desadaptativos en varios miembros de la familia (Muñoz y col., 2012) debido a que tales comportamientos son influenciados por las creencias que se tienen sobre uno mismo y sobre cómo deben comportarse los demás.

En este sentido, la inclusión de la perspectiva interpersonal en la psicoterapia individual, permite una visión más compleja

e integral del comportamiento humano, a la hora de promover cambios, a la par del trabajo de reestructuración cognitiva de creencias, lo cual, tal como lo señalan Heuzenroeder y col. (2004), es fundamental al momento de evaluar costo y efectividad para cualquier tratamiento en salud mental.

Desde un paradigma intrapsíquico, se aboga a causas internas para explicar el origen de un trastorno, donde intervienen pensamientos automáticos, supuestos subyacentes y creencias nucleares, y en el que una visión negativa del mundo genera emociones negativas y conductas desadaptativas. Esta perspectiva entiende la personalidad como un conjunto de rasgos determinados por creencias insertadas en estructuras más o menos estables, denominadas esquemas, que influyen en la manera en que una persona evalúa una situación y emplea estrategias adaptativas o desadaptativas.

Desde un paradigma interpersonal se aboga a causas externas para explicar una patología, se considera todo un sistema enfermo, donde el foco de aten-

ción, ya no es el paciente sino las relaciones interpersonales que supone le están generando problemas, esta visión se fundamenta en la conceptualización de la personalidad como un conjunto de principios con los que el individuo interactúa en su entorno. Desde este punto de vista, se puede entender que la causa de los diversos trastornos pueda estar vinculada a situaciones ambientales, como la pérdida de relaciones significativas o la presencia de estrés interpersonal. Sin embargo, no se puede olvidar que el ambiente sólo opera si el individuo posee ciertas características, por lo que habría que preguntarse por qué estas situaciones le generan problema a esa persona en particular y no a otros individuos involucrados en el mismo contexto social, y qué características hacen a esa persona diferente de las demás. Para responder a estas interrogantes, se debe recurrir a factores intrapsíquicos, que llevan a descubrir qué piensa o qué siente esa persona para comportarse de esa manera, y por qué le resulta tanto problema superar la pérdida de una persona, por ejemplo.

## CONCLUSIONES

El análisis de los modelos de intervención psicológica con perspectiva intrapsíquica e interpersonal permite concluir que ambos modelos son complementarios y que las herramientas para abordarlos no se contraponen y permiten tratar al ser humano como un todo. El empleo de un abordaje simultáneo y complementario evita poner demasiado énfasis en el contexto por encima del individuo; o el tratar de entender y resolver la problemática del paciente, desde el ambiente en el que se encuentra inmerso sin considerar a fondo los aspectos intrapsíquicos. Es pertinente desarrollar un tratamiento integral procurando combinar los modelos de intervención, de eficacia clínica demostrada, como lo son las terapias cognitivo conductual, sistémica e interpersonal, para aumentar la eficacia del tratamiento psicológico y considerar a la par el trabajo de la reestructuración cognitiva de creencias, así como atender a los factores interpersonales, que juegan un papel importante en el origen y mantenimiento del problema. ■

## REFERENCIAS

- Bateson, G. (1972). Steps to an ecology of mind. London: Jason Aronson Inc. [En línea]. Disponible en: <http://www.edtechpost.ca/readings/Gregory%20Bateson%20-%20Ecology%20of%20Mind.pdf>. Fecha de consulta: 9 de abril de 2014.
- Beck, A. (1963). Thinking and depression. I: Idiosyncratic content and cognitive distortions. *Archives of General Psychiatry*. 9: 324-333.
- Beck, A. T., Rush, A. J., Shaw, B. F., and Emery, G. (1979). *Cognitive Therapy of Depression*. New York: Guilford.
- Beck, A. T., Freeman, A. y Davis, D. (2005). *Terapia Cognitiva de los trastornos de personalidad* (2 ed.). Barcelona: Paidós.
- Belloch, A. y Fernández-Álvarez, H. (2002). *Trastornos de la personalidad*. Madrid: Síntesis.
- Bertalanffy, L von (1975). *Perspectives on General systems theory: Scientific-philosophical studies*. Nueva York: Braziller.
- Borkovec, T. D., Newman, M. G., and Castonguay, L. G. (2003). Cognitive-behavioral therapy for generalized anxiety disorder with integrations from interpersonal and experiential therapies. *CNS Spectr*: 8(5): 382-9.
- Brarda, G. (2007). Del procesamiento intrapsíquico al multinivel. *Revista Argentina de clínica psicológica*. 5(16): 21-27.
- Bunge, E., Gomar, M. y Mandil, J. (2008). *Terapia cognitiva con niños y adolescentes. Aportes técnicos* (1 Ed.). Buenos Aires: Akadia.
- Cabezas, P. H. y Lega, L. (2006). Relación empírica entre la Terapia Racional Emotivo-Conductual (TREC) de Ellis y la Terapia de Beck en una muestra costarricense. *Educación*. 30(2): 101-109.
- Cavani, G. (2010). Sistemas, cibernética y constructivismo. Fundamentos para una terapia familiar. [En línea]. Disponible en: [http://issuu.com/rezodeath/docs/art\\_culo\\_gino\\_cavani](http://issuu.com/rezodeath/docs/art_culo_gino_cavani). Fecha de consulta: 10 de abril de 2014.
- Cibanal, L. (2006). *Introducción a la sistémica y terapia familiar*. (1 Ed.). España: Editorial Club Universitario.
- Driessen, E. D. and Hollon, S. D. (2010). Cognitive Behavioral Therapy for Mood Disorders: Efficacy, Moderators and Mediators. *Psychiatric Clinics of North America*. 33(3): 537-555.
- Echeburúa, E., Corral, P. y Salaberría, K. (2010). Efectividad de las terapias psicológicas: un análisis de la realidad actual. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*. 15(2): 85-99.
- Fernández, B. y Sánchez, V. (2003). La influencia de lo socioambiental en los trastornos mentales. *Psychosocial Intervention*. 12(1): 7-18.

- Fernández, A. y Rodríguez, B. (2011). *Terapia interpersonal de la depresión*. Psiquiatría. Centre Londres 94. [En línea]. Disponible en: <http://www.centrelondres94.com/documento/terapia-interpersonal-de-la-depresion>. Fecha de consulta: 14 de abril de 2014.
- Foerster, H. von. (1990). La construcción de la realidad. En: P. Watzlawick (Eds.), *La realidad inventada*. Barcelona: Gedisa.
- Fournier, J. C., DeRubeis, R. J., Shelton, R. C., Gallop, R., Amsterdam, J. D., and Hollon, S. D. (2008). Antidepressant medications vs cognitive therapy in people with depression with or without personality disorder. *The British Journal of Psychiatry*. 192(2): 124-129.
- Frank, E., Kupfer, D. J., Buysse, D. J., Swartz, H. A., Pilkonis, P. A., Houck, P. R., Rucci, P., Novick, D. M., Grochocinski, V. J., and Stapf, D. M. (2007). Randomized trial of weekly, twice-monthly, and monthly interpersonal psychotherapy as maintenance treatment for women with recurrent depression. *The American Journal of Psychiatry*. 164(5): 761-7.
- Fullana, M. A., de-la-Cruz, L. F., Bulbena, A. y Toro, J. (2012). Eficacia de la terapia cognitivo-conductual para los trastornos mentales. *Medicina Clínica*. 138(5): 215-219.
- González, F. (2005). ¿Qué es un paradigma? Análisis teórico, conceptual y psicolingüístico del término. *Investigación y posgrado*. 20(1): 13-54.
- Hees, M., Rotter, T., Ellermann, T., and Evers, S. (2013). The effectiveness of individual interpersonal psychotherapy as a treatment for major depressive disorder in adult outpatients: a systematic review. *BMC Psychiatry*. 13: 22. [En línea]. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-244X-13-22.pdf>. Fecha de consulta: 30 de junio de 2014.
- Heuzenroeder, L., Donnelly, M., Haby, M., Mihalopoulos, C., Rossell, R., Carter, R., Andrews, G., and Vos, T. (2004). Cost-effectiveness of psychological and pharmacological interventions for generalized anxiety disorder and panic disorder. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*. 38(8): 602-12.
- Ignacio, E., Fernández, M. y Rousos, A. (2007). Un esquema clasificatorio para las intervenciones en terapia interpersonal. *Anuario de Investigaciones*. 15: 15-31.
- Jakobsen, J. C., Hansen, J. L., Simonsen, S., Simonsen, E., and Gluud, C. (2012). Effects of cognitive therapy versus interpersonal psychotherapy in patients with major depressive disorder: a systematic review of randomized clinical trials with meta-analyses and trial sequential analyses. *Psychological Medicine*. 42(7): 1343-1357.
- Klerman, G. L., Weissman, M. M., Rounsaville, B. J., and Chevron, E. S. (1984). *Interpersonal Psychotherapy of Depression*. Nueva York: Basic Books.
- Korman, G. P. (2011). Bases teóricas en la conformación de la terapia cognitiva en la Argentina. *Interamerican Journal of Psychology*. 45(2): 115-122.
- Korman, G. P. (2013). El legado psicoanalítico en la terapia cognitiva de Aaron Beck. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*. 67(3): 470-486.
- Meyer, E. (1958). Psychobiology. *A Science of Man. Psychoanalytic Quarterly*. 27: 273-275.
- Millán-González, R. y Solano-Medina, N. (2010). Duelo, duelo patológico y terapia interpersonal. *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 39(2): 375-388.
- Muñoz, E., Canales, A., Bados, A. y Saldaña, C. (2012). Terapia Familiar cognitivo-conductual con cuatro adultos. *Anuario de Psicología*. 42(2): 259-272.
- Nezu, A. M., Nezu, C. M. y Lombardo, E. (2006). *Formulación de casos y diseño de tratamientos cognitivo-conductuales. Un enfoque basado en problemas*. México: Manual Moderno.
- Perelló, M. J., Martínez, C. y Llorens, N. (2001). Eficacia y efectividad de los tratamientos psicológicos para la depresión. *Revista del Colegio Oficial de Psicólogos*. (76): 1-10.
- Pérez, M. y García, J. M. (2001). Tratamientos psicológicos eficaces para la depresión. *Psicothema*. 13(003): 493-510.
- Puerta, P. V. y Padilla, D. (2011). Terapia cognitivo-conductual (TCC) Como tratamiento para la depresión: Una revisión del estado del arte. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*. 8(2): 251-257.
- Rivadeneira, C., Dahab, J. y Minici, A. (2013). El Modelo Cognitivo de la Depresión, en *Revista de terapia cognitivo conductual*. [En línea]. Disponible en: <http://cetecic.com.ar/revista/pdf/el-modelo-cognitivo-de-la-depresion.pdf>. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2014.
- Robertson, M., Rushton, P., and Wurm, Ch. (2008). Interpersonal Psychotherapy: An overview. *Psychotherapy in Australia*. 14(3): 46-54.
- Roca, E. (2012). Terapia Cognitiva de Beck para la depresión. [En línea]. Disponible en: <http://www.cop.es/colegiados/PV00520/depresion6.pdf>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2014.
- Rosselló, J., Duarté-Vélez, Y., Bernal, G., and Zuluaga, M. G. (2011). Ideación suicida y respuesta a la terapia cognitiva conductual en adolescentes puertorriqueños/as con depresión mayor. *Interamerican Journal of Psychology*. 45(3): 321-329.
- Ruiz, M. E. (2009). El psicoanálisis y el saber acerca de la subjetividad. *Espiral*. 16(46): 37-58.
- Sloan, G., Hobson, J., Leighton, J., McFarlane, B., and Law, R. (2009). An overview and history of interpersonal psychotherapy. *Nursing Standard*. 23(26): 44-9.
- Ruiz, S. J. y Cano, S. J. (2009) Manual de Psicoterapia Cognitiva. [En línea]. Disponible en: <http://www.psicologia-online.com/ESMUBeda/Libros/Manual/manual.htm>. Fecha de consulta: 20 de marzo de 2014.
- Schramm, E., Van-Calker, D., Dykierok, P., Lieb, K., Kech, S., Zobel, I., Leonhart, R., and Berger, M. (2007). An intensive treatment program of interpersonal psychotherapy plus pharmacotherapy for depressed inpatients: acute and long-term results. *The American Journal of Psychiatry*. 164(5): 768-77.
- Shade, N., Beyebach, M., Torres, P. y González, A. (2009). Terapia Familiar Breve y Atención Primaria: Un caso de Trastorno Somatomorfo. *Terapia Psicológica*. 27(2): 239-246.
- Stratton, P. (2011). The evidence base of systemic family and couples therapy. *Association for Family Therapy, UK*. [En línea]. Disponible en: [http://www.aft.org.uk/SpringboardWebApp/userfiles/aft/file/Training/EvidenceBaseofSystemicFamilyandCouplesTherapies\(Jan2011\).pdf](http://www.aft.org.uk/SpringboardWebApp/userfiles/aft/file/Training/EvidenceBaseofSystemicFamilyandCouplesTherapies(Jan2011).pdf). Fecha de consulta: 20 de junio de 2014.
- Swartz, H. A., Frank, E., Zuckoff, A., Cyranowski, J. M., Houck, P. R., Cheng, Y., Fleming, M. A., Grote, N. K., Brent, D. A., and Shear, M. K. (2008). Brief interpersonal psychotherapy for depressed mothers whose children are receiving psychiatric treatment. *American Journal Psychiatry*. 165(9): 1155-62.
- Toro, R. (2013). Conducta suicida: Consideraciones prácticas para la implementación de la terapia cognitiva. *Psicología. Avances de la disciplina*. 1(7): 93-102.
- Valderrama, R. (2001). Teoría de Harry S. Sullivan. *Psiquiatría*. 5(3): 1-4.
- Vázquez, C. (2003). *Técnicas cognitivas de intervención clínica*. España: Síntesis.
- Watzlawick, P. (1980). *El lenguaje del cambio*. Barcelona: Herder.
- Whaley, J. A. (2006). *Manual de Terapia Interpersonal*. México: Plaza y Valdéz editores.

# Desarrollo de una técnica para la detección *in vitro* de la presencia de antibióticos en muestras de hígado de res, cerdo y pollo

Development of an *in vitro* antibiotics detection technique in samples of beef liver, pork and chicken

Rebeca Monroy-Torres<sup>1,2\*</sup>, Benigno Linares-Segovia<sup>1</sup>, Xochitl Sofía Ramírez-Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato. División de Ciencias de la Salud. Departamento de Medicina y Nutrición. Laboratorio de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria. Torre de Laboratorio del Departamento de Medicina y Nutrición de la División de Ciencias de la Salud, 4° Piso, Blvd. Puente del Milenio 1001; Fraccionamiento del Predio de San Carlos, León, Guanajuato, México, C.P. 37670.

<sup>2</sup>Observatorio Universitario de Seguridad Alimentaria y Nutricional del Estado de Guanajuato, Blvd. Insurgentes Norte no. 102, col. Chapingo, Cortazar, Guanajuato, México, C.P. 37296.

\*Autor para correspondencia: rmonroy79@gmail.com

Fecha de recepción: 12 de julio de 2014 / Fecha de aceptación: 22 de mayo de 2015

## RESUMEN

El descubrimiento de los antibióticos ha permitido salvar la vida de millones de personas, sin embargo, su efectividad ha ido disminuyendo a la par que los microorganismos van desarrollando resistencia debido a su exposición constante durante su aplicación en el crecimiento de animales de abasto, por lo que se hace necesario contar con técnicas de detección oportuna de su presencia en alimentos. Se realizó un estudio preliminar, de corte transversal, en muestras de hígado de res, cerdo y pollo para establecer la viabilidad de determinar la presencia de

antibióticos mediante la inhibición del crecimiento de una cepa de *Escherichia coli* ATCC25922, utilizando el método de Kirby-Bauer. Se inocularon 15 cajas Petri conteniendo agar Mueller Hinton (cinco para cada muestra de hígado: res, cerdo y pollo), con la cepa *E. Coli* sensible a antibióticos. En cada caja de agar se colocaron porciones de hígado de 5 mm a 10 mm de diámetro, con una distancia de 1 cm a 5 cm entre muestras. Las cajas se incubaron a 35 °C por 24 h y se evaluó la formación de halos de inhibición. Se encontró que sólo una de las 15 muestras de hígado analizadas, correspondiente a hígado de res,

presentó un halo de inhibición mayor a 30 mm. Los resultados obtenidos indican la viabilidad de usar esta técnica para la detección de la presencia de antibióticos en productos cárnicos.

## PALABRAS CLAVE:

Antibióticos, *Escherichia coli*, hígado, efecto inhibitorio.

## ABSTRACT

The discovery of antibiotics has enabled scientist to save millions of lives. However, their effectiveness has been declining at the same time that microorganisms are developing resistance due to the continuous application of

antibiotics during the rearing of farmed animals' production. It is therefore necessary to develop techniques for the early detection of antibiotics presence in food. A cross-sectional and preliminary study was conducted to establish the feasibility to determine the presence of antibiotics in samples of beef, pork and chicken livers by inhibiting the *Escherichia coli* ATCC25922 strain growth employing the Kirby-Bauer method. Fifteen Petri plates (five for each liver sample: beef, pork and poultry) containing the Mueller Hinton agar were inoculated with an antibiotic sensitive *E. coli* ATCC25922 strain. In each agar plate a portion of liver of 5 mm of diameter was placed 1 cm away from each inoculum. The plates were incubated at 35 °C for 24 h and the presence of inhibition halos were evaluated. It was found that only one of the fifteen liver samples analyzed, corresponding to a beef liver, showed an inhibition halo higher than 30 mm. The obtained results indicate that the use of this technique adequate to detect the presence of antibiotics in meat products.

#### KEYWORDS:

Antibiotics, *Escherichia coli*, liver, inhibitory effect.

#### INTRODUCCIÓN

Desde su introducción comercial, en la década de 1940, los antibióticos se han vuelto esenciales en la medicina moderna para tratar enfermedades infecciosas con prontitud y eficacia, disminuyendo los índices de morbimortalidad, salvando millones de vidas. Sin embargo, su uso indiscriminado y sin control adecuado, ha propiciado que algunas cepas bacterianas causantes de infección en el ser humano y los animales

desarrollen resistencia a los antibióticos, poniendo en riesgo la salud de las personas (McManus, 1999; Witte, 1999). Se estima que anualmente, en los Estados Unidos, por lo menos 2 millones de personas se infectan con bacterias resistentes a los antibióticos, y que mueren más de 23 000 personas como resultado directo de esas infecciones, lo que significa una alta tasa de mortalidad (Medina y col., 2008; Centers for Disease, Control and Prevention, 2013). Las infecciones resistentes a los antibióticos pueden ocurrir en cualquier lugar con una alta prevalencia para población general. Sin embargo, las muertes relacionadas con la resistencia a los antibióticos ocurren principalmente en hospitales, clínicas y casas hogar para adultos mayores (Gorbach, 2001; D'Costa, 2011; Balkhair, 2014).

La producción animal constituye la segunda causa en el uso intensivo de antibióticos y con ello la promoción de su resistencia, después de los hospitales (Martínez, 2010). Los antibióticos se emplean como agentes antimicrobianos y promotores de crecimiento, especialmente en cerdos y aves de corral. Se utilizan para el tratamiento de infecciones de forma individual o colectiva, como tratamientos profilácticos y metafilácticos para prevenir la propagación de infecciones de animales enfermos a sanos en una misma unidad de producción, ya que la producción industrial de ganado mantiene a un gran número de animales en espacios comparativamente pequeños y los brotes de infecciones pueden propagarse con facilidad (JECFA, 2000). También se emplean para promover el crecimiento en dosis más bajas que para tratar

enfermedades. Se considera que esta exposición prolongada a bajas dosis de antibióticos genera mayor resistencia que su uso en el tratamiento o la prevención de infecciones (McManus, 1999; Gorbach, 2001). Se estima que existen dos factores principales que generan la resistencia a los antibióticos: los genes transferibles de resistencia y la presión selectiva sobre su uso. Entre los antibióticos más comúnmente utilizados y agregados en el alimento de los animales, destacan: las penicilinas, tetraciclinas, cefalosporinas, fluoroquinolonas, avoparcina y virginiamicina (JECFA, 2000).

Existen estudios que demuestran que el empleo de oxitetraciclina en la alimentación de pollos favorece el desarrollo de microorganismos resistentes a tetraciclina. También se demostró la transferencia de cepas de *Escherichia coli* resistente a la tetraciclina de los pollos al personal de la granja. Otras cepas aisladas que han desarrollado resistencia a antibióticos incluyen a *Shigella* y *Campylobacter* sp. (Witte, 1999; Martínez, 2010). Se ha reportado que un 20 % de las muestras de carne obtenida de supermercados estaba contaminada con salmonella, y 84 % de estos aislamientos fueron resistentes al menos a un antimicrobiano (Witte, 1999). En general, la incidencia de cepas resistentes a fluoroquinolonas se ha incrementado con la introducción del uso terapéutico de estos antibióticos en la alimentación animal (Witte, 1999). Si bien, la resistencia de los microorganismos patógenos a los antibióticos va en aumento por el uso en la alimentación de los animales de abasto,

también se ve influenciada por las malas prácticas clínicas en su uso por parte del ser humano, principalmente por la falta de apego al tratamiento, debido al abandono de la terapia al manifestarse efectos adversos, el costo del medicamento, o el olvido al usarlos, entre otras, que llevan a la creación de cepas resistentes y la transmisión de genes de resistencia (JECFA, 2000).

El estudio de la sensibilidad bacteriana en humanos a los antibióticos es una de las funciones más importantes de los laboratorios de microbiología clínica. El propósito es dirigir la terapéutica una vez que el germen es conocido para su correcto tratamiento, vigilar la aparición de nuevos mecanismos de resistencia y detectar la diseminación epidémica de una cepa, tanto a nivel hospitalario como comunitario (Cantón y col., 2000). Estos métodos pueden clasificarse en métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos son aquellos procedimientos que permiten determinar la concentración inhibitoria mínima y la concentración bactericida mínima. Los métodos cualitativos, permiten establecer si un microorganismo patógeno presenta resistencia a diferentes antibióticos, usualmente sin buscar establecer dosis inhibitorias mínimas; el más frecuentemente usado es el método de Kirby-Bauer, también denominado antibiograma, y que consiste en la difusión en placa de una cepa aislada de un paciente colocando discos que contienen diferentes antibióticos en la superficie, y observando si se presentan halos de inhibición. Esta técnica ha sido aprobada por el National Committee for Clinical Laboratory Standards

(NCCLS) y se desarrolló como un estándar para datos clínicos y de laboratorio (Cantón y col., 2000; Ferraro, 2000).

En México existen dos normas oficiales para la detección de antibióticos, la NOM-004-ZOO-1994 y la NOM-032-ZOO-1996. La norma oficial mexicana NOM-004-ZOO-1994, establece las bases para la detección y el control de residuos tóxicos, incluyendo los antibióticos, en tejidos alimenticios primarios de origen animal y es aplicable a la carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos, provenientes de establecimientos de sacrificio ubicados en el país o de una planta aprobada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, cuando éstos sean de importación. Los métodos de detección descritos en esta norma son cromatográficos. Por otra parte, la norma NOM-032-ZOO-1996, para la determinación de antibióticos en hígado, músculo y riñón de bovinos, ovinos, equinos, porcinos, aves, caprinos y cérvidos por la prueba de torunda y el bioensayo, se basa en el principio del antibiograma y describe un método para hacer estimaciones cuantitativas de resistencia a antibióticos. Esta prueba se encuentra en desuso por ser costosa, debido a la cantidad de material requerido en los bioensayos y el tiempo necesario para la detección. Actualmente se mantiene como referencia la NOM-004-ZOO-1994, que también señala la posibilidad de usar la prueba de torunda y el bioensayo para detección de antibióticos.

El hígado es el órgano encargado del metabolismo de la mayoría de las sustancias tóxicas, en este

órgano se concentran altos niveles de antibióticos y de sus residuos. En México, es frecuente el consumo de hígado por parte de la población, por ser económico y accesible. Además de que en México se tienen hábitos alimenticios que permiten aprovechar todos los tejidos de los animales, incluyendo la masa muscular, las vísceras, la sangre y parte del tejido óseo (Medina, 2008). El objetivo del presente trabajo fue desarrollar una técnica que permita detectar la presencia de antibióticos *in vitro*, en muestras de hígado de res, cerdo y pollo, mediante la modificación del método convencional de sensibilidad por difusión en placa Kirby-Bauer, al reemplazar el uso de sensibilizadores por muestras de tejido de hígado y evaluando la presencia de un halo inhibitorio en el crecimiento de la cepa *Escherichia coli* ATCC25922, caracterizada por su sensibilidad a antibióticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de la muestra

Se obtuvieron 5 muestras de hígado de res, 5 muestras de hígado de cerdo y 5 muestras de hígado de pollo provenientes de diferentes carnicerías ubicadas en la ciudad de León, Guanajuato, México, seleccionadas al azar por simple disponibilidad y acceso a ellas. Las muestras adquiridas se introdujeron en hieleras cerradas, las cuales contenían bolsas con gel refrigerante, que fueron previamente congeladas, lo que permitió mantener las muestras a menos de 4 °C durante el transporte al laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Guanajuato, en León, Guanajuato, México, en un periodo no mayor de 3 h, en

horario matutino. Las muestras se refrigeraron hasta su análisis en un plazo no mayor a 24 h.

### Presencia de antibióticos en muestras de hígado

Se utilizó una modificación del método de sensibilidad por difusión en placa Kirby-Bauer. Siguiendo los procedimientos del National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS), y el procedimiento descrito por Ferraro (2000), se preparó un inóculo con la cepa control de *Escherichia coli* ATCC25922, caracterizada por su alta susceptibilidad antimicrobiana, tomando una asada de 5 µg, la cuál se suspendió en 5 mL de solución salina estéril, ajustando visualmente a una turbidez de 0.5 de Mc Farlan; se procedió a inocular la cepa con hisopo estéril en una caja de Petri, conteniendo medio de Mueller Hinton, ajustado a pH de 7.2 a 7.4 (de acuerdo a instrucciones del fabricante). Utilizando un sacabocado, se tomaron 5 mm de diámetro de los diferentes hígados de res, pollo y cerdo, y se colocaron en cajas con agar Mueller Hinton de 150 mm de

diámetro; se incubaron a 35 °C por 24 h para su posterior medición de los halos de inhibición.

### Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con medidas de tendencia central y porcentajes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La cepa de *Escherichia coli* ATCC25922 creció en todas las cajas Petri inoculadas, excepto en una muestra de hígado de res, en la que se presentó un halo de inhibición mayor a 30 mm (Tabla 1), que puede ser un marcador de una probable presencia de algún tipo de antibiótico en la muestra. Esto representa el 20 % de prevalencia de antibióticos en las muestras de hígado de res y el 6.7 % para el total de muestras analizadas. Adicional a esta prueba confirmatoria, se observó la presencia de espacios vacíos, separados de los halos, sin crecimiento, como se muestra en la Figura 1. El resto de las muestras no presentaron halos de inhibición (Figura 1 y 2).

En México, como en cualquier otro país, el empleo indiscrimi-

nado de antibióticos para apoyar el crecimiento de los animales de abasto y con ello la rentabilidad productiva, conlleva riesgos para la salud, al favorecer el crecimiento de organismos resistentes a antibióticos. El principal mecanismo de transferencia de la resistencia a los antibióticos es por uso no terapéutico, que representa una compleja vía de transmisión, ya que los consumidores estarán expuestos a bacterias resistentes a través del consumo de productos de origen animal (Bonnie, 2011; Chang y col., 2015). Estas sustancias pueden concentrarse principalmente en órganos como son el hígado y el riñón. En este estudio piloto, sólo se observó la presencia de un halo de inhibición en una de las 15 muestras analizadas, lo cual podría ser señal de poca presencia de antibióticos. Aunque también podría ser resultado de una limitación en la metodología desarrollada, ya que las muestras de hígado se colocaron en crudo, enjuagadas en solución salina, de forma directa en el medio nutritivo, y no se estableció si existía la presencia de otros microorganismos resistentes a antibióticos, sin embargo, las características visuales de las colonias que crecieron en los medios no sugieren la presencia de otro tipo de microorganismos, diferentes a la cepa de estudio *Escherichia coli* ATCC25922. El halo de inhibición encontrado en una muestra de hígado de res podría estar siendo causado por la presencia de antibióticos u otros residuos con efecto bactericida (Gorbach, 2001; López-Meza y col., 2015).

La concentración de un antibiótico, expresada en una zona de inhibición mediante el método de cultivo en placa, no puede ser calculada con precisión, por lo que

**Tabla 1**

Resultados de la prueba de sensibilidad a antibióticos por el método difusión en placa (Kirby-Bauer) en muestras de hígado de res, cerdo y pollo.

Table 1. Results of the antibiotic sensitivity test using the Kirby-Bauer disc diffusion method in the beef, pork and poultry liver samples.

Tipo de muestra	Con halo de inhibición N	Sin halo de inhibición N	Total	Muestras con antibióticos
Hígado de res	1	4	5	20 %
Hígado de cerdo	0	5	5	0 %
Hígado de pollo	0	5	5	0 %
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>6.7 %</b>

## Figura 1

Muestra de hígado de res con halo de inhibición.  
Figure 1. Sample of liver beef with inhibition halo.



## Figura 2

Ejemplo de muestra de pollo en placa sin halos de inhibición.  
Figure 2. Example of poultry livers sample without inhibition halos.



requiere ser confirmada y cuantificada con un posterior análisis químico (Medina y col., 2008); por lo que será necesario mejorar y adaptar este método de análisis propuesto, de manera que se pueda observar inhibición bacteriana aún en muestras contaminadas. Esto pudiera requerir algún método de esterilización de los productos por técnicas que no utilicen autoclave, para evitar la destrucción del antibiótico.

La presencia de antibióticos, en productos de origen animal, incrementa el riesgo de desarrollar microorganismos resistentes a antibióticos, particularmente en México, porque no existen suficientes estudios dirigidos hacia la detección de antibióticos en alimentos. Sin embargo, la determinación de la sensibilidad a antimicrobianos no implica sólo realizar un conjunto de técnicas y medir los resultados. Es necesario saber interpretar los mismos y darles el significado que realmente tienen (Cantón y col., 2000).

Los resultados preliminares obtenidos en el presente estudio señalan la importancia de formular estrategias para evaluar sistemáticamente la presencia de antibióticos en alimentos, como uno de los factores determinantes de prevención en el desarrollo de cepas microbianas con resistencia a antibióticos, así como para mantener y actualizar la regulación para el uso de estas sustancias en animales (CAC/RCP, 2005). Por ello, es relevante contar con herramientas que permitan establecer la presencia de antibióticos en alimentos, lo cual en el presente estudio se realiza a través de un modelo *in*

*vitro*, del cual ya se cuenta con estudios piloto.

## CONCLUSIONES

La técnica desarrollada en el presente estudio demostró ser adecuada para detectar la presencia de antibiótico en muestras de hígado, mediante la inhibición *in*

*vitro* del crecimiento de la cepa de *Escherichia coli* ATCC25922, sensible a antibióticos. Es necesario mejorar la técnica desarrollada para establecer su nivel de sensibilidad y descartar la presencia de falsos positivos debido a la contaminación de las muestras por cepas resistentes a antibióticos.■

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alejandro Macias, jefe del Laboratorio de Microbiología Clínica del Departamento de Medicina y Nutrición de la Universidad de Guanajuato en su momento, por sus aportaciones y críticas, así como por permitir realizar el estudio en dicho laboratorio.

## REFERENCIAS

- Balkhair, A., Al-Farsi, Y. M., Al-Muharrmi, Z., Al-Rashdi, R., Al-Jabri, M., Neilson, F., Al-Adawi, S. S., El-Beeli, M., and Al-Adawi, S. (2014). Epidemiology of Multi-Drug Resistant Organisms in a Teaching Hospital in Oman: A One-Year Hospital-Based Study. *The Scientific World Journal*. 14: 1-6.
- Bonnie, M. and Stuart, B. (2011). Food animals and antimicrobials: impacts on human health. *Clinical Microbiology Reviews*. 4: 718-733.
- Cantón, R., García, J. E., Gómez, L., Martínez, L., Rodríguez, C., Vila, J. y García, J. A. (2000). Procedimientos en microbiología clínica. *Métodos básicos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos en recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. En J. J. Picazo (Ed.). [En línea]. Disponible en: <http://www.seimc.org>. Fecha de consulta: 20 de junio de 2014.
- CAC/RCP, Código de Prácticas para Reducir al Mínimo y Contener la Resistencia a los Antimicrobianos (2005). Código de prácticas para reducir mínimo y contener la resistencia a los antimicrobianos. [En línea]. Disponible en: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10213/CXP\\_061e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10213/CXP_061e.pdf). Fecha de consulta: 15 de marzo de 2014.
- Centers for Disease, Control and Prevention. (2013). *Antibiotic Resistance Trends*. [En línea]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/drugresistance/threat-report-2013/pdf/ar-threats-2013-508.pdf>. Fecha de consulta: 30 de septiembre de 2014.
- Chang, Q., Wang, W., Regev-Yochay, G., Lipsitch, M., and Hanage, W. (2015). Antibiotics in agriculture and the risk to human health: how worried should we be? *Evolutionary Applications*. 8: 240-247.
- D'Costa, V. M., King, C. E., Kalan, L., Morar, M., Sung, W. W., Schwarz, C., Froese, D., Zazula, G., Calmels, F., Debruyne, R., Golding, G. B., Poinar, H. N., and Wright, G. D. (2011). Antibiotic resistance is ancient. *Nature*. 477: 457-461.
- Ferraro, M. J. (2000). National Committee for Clinical Laboratory Standards. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically: approved standard. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, PA, 36.
- Gorbach, S. (2001). Antimicrobial use in animal feed- Time to stop. New England. *Journal of Medicine*. 345: 1202-1203.
- JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2000). Evaluation of certain veterinary drug residues in food, WHO. *Technical Report Series*. 893(1): 21-54.
- López-Meza, J. E., Ochoa-Zarzosa, A., Barboza-Corona, J. E., and Bideshi, D. (2015). Antimicrobial Peptides: Current and Potential Applications in Biomedical Therapies. *BioMed Research International*. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/367243>. Fecha de consulta: 29 de abril de 2015.
- Martínez, A., Cruz, M., Veranes, O., Carballo, M. E., Salgado, I. Olivares, S., Lázaro, L., y Rodríguez, D. (2010). Resistencia a antibióticos y a metales pesados en bacterias aisladas del río Almandares. *Revista CENIC de Ciencias Biológicas*. 41: 1-10.
- McManus, P. S. (1999). Uso de antibióticos en el control de enfermedades de las plantas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiológicas*. 19: 199-218.
- Medina, M. S., Gonzalez, D. G., y Ramírez, A. (2008). Detección de residuos antimicrobianos en tejidos comestibles y tetraciclina en hueso de cerdo. *Revista de Salud Animal*. 30(2): 110-115.
- NOM-004-ZOO-1994 (1994). Norma Oficial Mexicana. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. [En línea]. Disponible en: [http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/establecimientos\\_habilitados\\_exportar/normativa/mexico/NOM-004-ZOO-1994\\_control\\_residuos\\_carne\\_otros.pdf](http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/establecimientos_habilitados_exportar/normativa/mexico/NOM-004-ZOO-1994_control_residuos_carne_otros.pdf). Fecha de consulta: 20 de julio de 2014.
- NOM-032-ZOO-1996 (1996). Norma Oficial Mexicana. Determinación de antibióticos en hígado, músculo y riñón de bovinos, ovinos, equinos, porcinos, aves, caprinos y cérvidos por la prueba de torunda y por bioensayo. [En línea]. Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/zoo/zoo032.pdf>. Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2014.
- Witte, W. (1999). Uso de antibióticos en la producción animal y desarrollo de la resistencia en las infecciones humanas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiológicas*. 19: 83-86.



Tomado de: <https://paulio629.files.wordpress.com/2013/07/cac3bra-de-azucar-sac.jpg>

# Producción de biocombustibles a partir de la caña en Veracruz, México: perspectivas y riesgos socio-ambientales

**Biofuels and sugarcane in Veracruz, Mexico: perspectives and socio-environmental risks**

**José Cruz Agüero-Rodríguez\*, Julia Tepetla-Montes y Beatriz Torres-Beristáin**

Universidad Veracruzana. Facultad de Sociología, campus Córdoba-Orizaba, calle Poniente 7, No. 1383, col. Centro, Orizaba, Veracruz, México, C.P. 94300.

\*Autor para correspondencia: [caguero@uv.mx](mailto:caguero@uv.mx)

Fecha de recepción: 10 de enero de 2014 / Fecha de aceptación: 16 de abril de 2015

## RESUMEN

México posee un marco normativo desde 2008 para impulsar la producción de bioenergéticos, pero esta aún no se incrementa en forma significativa; no obstante, existen regiones y estados interesados en ponerse a la vanguardia, como Veracruz, donde el gobierno estatal promueve la siembra de cultivos destinados a la producción de biocombustibles, así como, la reconversión industrial del aprovechamiento de la caña de azúcar. La región Córdoba-Paso del Macho representa una zona de alto interés

porque allí se localizan nueve de los 22 ingenios del estado y están establecidas tres empresas que producen bioetanol. El propósito de este estudio fue analizar el impacto que tendrá la transformación de la política nacional y estatal en materia de biocombustibles, principalmente con caña energética, sus alcances socio-económicos y probables externalidades socio-ambientales al incorporarse como regiones productoras. Se realizó un análisis documental, bibliográfico y hemerográfico, de las publicaciones realizadas sobre

el tema en el periodo de 2009 a 2013. Se visitó ésta región en los meses de julio a agosto de 2011, realizando talleres participativos en tres comunidades, así como 20 entrevistas semi-estructuradas a diversos agentes involucrados en la producción cañera. Los resultados permitieron observar que Veracruz carece de un proyecto energético integral a pesar de sus importantes reservas petroleras y que finca su interés en atraer inversiones extranjeras, dificultando el tránsito hacia una política energética basada en los recursos renovables

y las capacidades locales ambientales, tecnológicas y sociales. Los agrocombustibles representan una alternativa regional, en pequeña y mediana escala para la producción de biocombustibles, pero deben establecerse mecanismos normativos que garanticen el uso diversificado del suelo, para conservar el abastecimiento de alimentos y evitar su encarecimiento. Se requiere adicionalmente considerar la rentabilidad social y establecer mecanismos estrictos de control para preservar las áreas naturales protegidas.

**PALABRAS CLAVE:** Bioenergéticos, reconversión productiva, externalidades socio-ambientales, política energética, recursos renovables.

#### ABSTRACT

Mexico has a regulatory framework since 2008 to boost the production of bioenergy, but this has not been yet significantly increased; However, there are regions and states concerned to take the lead, as Veracruz, where the state government promotes the planting of crops for the production of biofuels, as well as, the industrial restructuring of the utilization of the sugar cane. The region of Cordoba-Paso del Macho represents an area of high interest because 9 of the 22 state mills are located there and 3 bioethanol producing companies are established. The purpose of this study was to analyze the impact that will have the transformation of the national and state policies on biofuels, primarily with energy cane, its socio-economic scope and posible socio-environmental externalities when becoming producing regions. A documentary, bibliographic and hemerographic analysis of publications on the subject from 2009 to 2013 was conducted. We visited this region in the months of July to August 2011, conducting participatory workshops in 3 communities, as well as, 20 semi-

structured interviews with various actors involved in the sugar cane production. The results revealed that Veracruz lacks a comprehensive energy project in spite of its significant oil reserves. In addition, the results show that such state heavily relies on attracting foreign investment, hindering the transition towards an energy policy based on renewable resources and local environmental, technological and social capacities. Agrofuels represent a regional alternative, in small and medium-scale for the production of biofuels. Nevertheless, regulatory mechanisms must be established to ensure the diversified use of the soil, to preserve the food supply and to prevent it from becoming more expensive. Furthermore, it is required to consider the social profitability and to establish strict control mechanisms to preserve the protected natural areas.

**KEYWORDS:** Agrofuels, productive reconversion, socio-environmental externalities, energy policy, renewable resources.

#### INTRODUCCIÓN

La producción de biocombustibles surgió a finales del siglo pasado, como una estrategia para promocionar el desarrollo de energías renovables, limpias y sustentables, ante la crisis de producción de combustibles fósiles y sus efectos negativos a la atmósfera. Estas políticas e instrumentos ambientales internacionales llevaron al establecimiento de una "modernización ecológica" normativa, término utilizado por Beck (2002), que se basa en el uso de combustibles, generados a partir de diversos cultivos, que prometen una menor contaminación e impactar positivamente a los sectores que los produzcan (Gómez-Pere, 2012). Sin embargo, hasta ahora, predomina un modelo de producción a gran escala, que favorece a los países centrales y multinacionales, quienes han

encontrado una veta invaluable de ganancias bajo el discurso de las "energías verdes", en detrimento del desarrollo social y ecosistémico de aquellos países pobres que se han sumado a la producción mundial (Giampietro y Kozo, 2009).

Una década después de su implementación, los informes oficiales de la Unión Europea (UE), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de Organismos No Gubernamentales (ONG's), exponían graves consecuencias no previstas al incrementar la producción y el consumo internacional de biocombustibles (Renewable Fuels Agency, 2008). Según Rosell el crecimiento en la demanda de alimentos entre 1987 y 2007 fue del 2 % anual, pero son los productos utilizados en la producción de biocombustibles los que registraron mayores tasas de crecimiento: aceites vegetales 5.6 %, oleaginosas 4.3 %, maíz 3.1 %, y azúcar 2.4 %. Debido a esto, la crisis alimentaria se profundizó considerablemente y las áreas de cultivo ampliaron la brecha agrícola sobre las áreas boscosas (Laine, 2009). Así, al interior mismo de los organismos impulsores, se incrementaron las dudas sobre los beneficios o daños sociales, económicos y ambientales de la producción a gran escala.

Por otra parte, en 1997 el Protocolo de Kioto, foro internacional organizado por la ONU, reunió 55 naciones para firmar el Convenio Marco sobre el Cambio Climático (CMNUCC), producto de la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI), principal componente antropogénico del Calentamiento Global (CG). Sin embargo, las acciones impulsadas por los países firmantes del Convenio, no han sido suficientes para mitigar los GEI, condicionados por las altas tasas de ganancia o la expectativa de industrialización acelerada. Estados Unidos, China, Canadá, Rusia e India, entre otros, contribuyen con cerca del 50 % de las emisiones globales y se niegan a

firmar el protocolo (Informe, 2009); pero han encontrado, en estas políticas, una veta para “inversiones verdes”, convirtiéndose en líderes productores de bioenergéticos. El objetivo principal es conservar el ritmo de consumo exigido por la modernidad, teniendo como meta aliciente el intensificar la acumulación de capital de empresas y países participantes. La UE se propuso como meta al 2010, reducir en 35 % la emisión de GEI, y alcanzar 50 % en 2017; Estados Unidos fijó como meta para 2022 reducir en 20 % sus emisiones e incorporar en 58 % energías renovables. Este optimismo inicial, pronto decayó, los propios impulsores se percataron que los agrocombustibles eran responsables del 75 % del aumento de los precios de los alimentos y, la demanda por tierras de cultivos podría crecer hasta 17 % para 2020, con graves consecuencias sobre las tierras forestadas y destinadas a la agricultura alimentaria. Asimismo, el balance energético entre la producción de biocombustibles y sus beneficios ha sido relativizado, ya que los costos económicos y ambientales son equiparables a la producción de combustibles fósiles (FAO, 2008). Para Giampietro y Kozo (2009), ese optimismo temprano devino en “desilusión”.

Las políticas globales de los países ricos y organismos multinacionales y financieros pretenden una tercera revolución energética; la producción de biocombustibles e hidroelectricidad serían los principales componentes de las energías renovables incorporadas al consumo energético global. Estas pudieran ser una salida válida considerando que las diversas fuentes energéticas son múltiples y con ventajas comparativas en baja y mediana escala previendo el beneficio social y cuidado ambiental, pero también una salida falsa a la crisis energética y ambiental, si se deja en manos de las empresas transnacionales y sin la reglamentación

coherente de los países productores (Quintana, 2007).

En México de acuerdo con la Secretaría de Energía (SENER, 2009), Veracruz presenta la mejor condición productiva, climática, tecnológica y potencial de tierras para la producción de etanol a gran escala, de acuerdo con los requerimientos del país y exportación futura. Esta intención puede estar poco fundamentada, si no se crean los mecanismos apropiados para generar una agroindustria limpia y socialmente responsable, que involucre a los productores y considere las características de los ecosistemas regionales donde se pretende implantar o intensificar dichos cultivos.

El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto que tendrá la transformación de la política energética nacional sobre los factores socio-ambientales existentes en las regiones productoras de biocombustibles y en las regiones previstas para producir, utilizando como modelo a Veracruz, estado líder en producción cañera, que intenta convertirse en eje de estas políticas energéticas en México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estado de Veracruz se localiza en la franja costera del Golfo de México, cuya superficie de 72 815 Km<sup>2</sup>, ocupa el 3.7 % del territorio nacional (Gobierno del Estado, 2013). La zona de estudio se ubica en la región conocida como “Las Altas Montañas”, precisamente entre las subcuencas del Río Blanco y Cotaxtla/Jamapa. Su abundancia hídrica ha sido fuente de atracción industrial, urbanización intensa y un nicho para cultivos agroindustriales, como la caña de azúcar y el café, desde mediados del siglo XIX (Pare, 2013).

### Metodología

En recorridos de campo, entre julio y agosto de 2011, se recopiló

información sobre padrones de productores, extensión sembrada y cosechada, cobertura de ingenios y alcoholeras.

El levantamiento de información se llevó a cabo bajo tres técnicas de investigación: 1) Se realizaron tres talleres participativos, donde asistieron 28 campesinos en las localidades de Francisco Villa, Paso del Macho y la Colonia Agrícola Paraíso del municipio de Paso del Macho. Los talleres permitieron realizar entrevistas semicollectivas a través de un cuestionario semicerrado para contrastar entre los participantes la información de la problemática de la producción cañera, aspectos socioeconómicos, tecnológicos y socioambientales; 2) Para reconocer los planes y perspectivas de la producción de bioetanol en la región, se localizaron tres alcoholeras: Destiladora Energética Atoyac, Destiladora del Papaloapan (se localiza en las inmediaciones de Veracruz y Oaxaca, pero su área de abastecimiento es Veracruz) y Destiladora del Valle de Orizaba; y un ingenio azucarero (San Nicolás). Estas cuatro empresas producen actualmente etanol para consumo interno y para la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río (Figuras 1 y 2). Se entrevistó y aplicó un cuestionario semi-cerrado a 15 agentes sociales: cuatro técnicos de las empresas: Destiladora Energética de Atoyac y del Ingenio San Nicolás; y a un funcionario del Instituto Veracruzano de Bioenergéticos (INVERBIO), cinco productores independientes, cinco líderes sindicales, dos del ingenio San Nicolás y tres del ingenio El Potrero; de ellos, tres de los entrevistados pertenecen al Consejo Nacional de Pequeños Propietarios (CNPR) y dos a la Confederación Nacional Campesina (CNC), esta última aglutina a campesinos ejidatarios. 3) Para reconocer la problemática estatal y regional, se revisaron dos programas impulsados por el INVERBIO, para el fomento de agro-

combustibles y las proyecciones 2011 a 2016 (INVERBIO, 2011; 2012) y se recopiló información hemerográfica regional y estatal (2009 a 2013), de dos fuentes: El Sol de Orizaba y el Mundo de Cordoba (Archivo interno CAEC-342 RSVS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados permitieron obtener una visión regional y estatal del futuro de los agrocombustibles en Veracruz, la cual se presenta en las Tablas 1 y 2 por producto, inversión, empresas y regiones.

**Tabla 1**

Agro-combustibles en el Estado de Veracruz. Proyección a 2016.  
Table 1. Agro-combustibles in the State of Veracruz. Projection to 2016.

Cultivo	Rend. T/ha	L/ha	L/T	ha	T	L
Yuca	30	8 000	267	26 000	780 000	208 000 000
Sorgo	60	3 900	65	20 000	2 400 000	156 000 000
Caña	70	5 600	80	12 000	840 000	67 200 000
				<b>Subtotal</b>	<b>4 020 000</b>	<b>431 200 000</b>
Jatropha	8	2 950	369	22 000	176 000	64 900 000
Palma de aceite	10	3 250	325	20 000	200 000	65 000 000
				<b>Subtotal</b>	<b>376 000</b>	<b>129 900 000</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>100 000</b>	<b>561 100 000</b>

**Tabla 2**

Proyectos de Bioetanol y Biodiésel en Veracruz por costos de producción. Proyección a 2016.  
Table 2. Projects of Bioetanol y Biodiesel in Veracruz for production costs. Projection to 2016.

Proyecto	Ubicación/ Región/Grupo étnico	Municipios	Área sembrada 2016 (ha)	Área sembrada 2011 a 2012 (ha)	Empresas vinculadas	Inversión primaria (millones)	Inversión Industrial (millones)	Empleos directos	Empleos indirectos
Yuca	Zona de Los Tuxtlas/ Reserva de la Biosfera/ Náhuatl	Lerdo de Tejada, Ángel R. Cabada, Santiago Tuxtla, Tlilapan, Catemaco y Zontecomatlán	26 000	16 000	Bioetanol del Golfo SAPI S.A de C.V	\$ 676 000 (\$ 26 000/ha)	\$ 977 700 (47 603/ha)	13 480 (0.5/ha)	13 800
Sorgo	Zona Norte y Sur/ Selva tropical. Región Ganadea/ Náhuatl-Zoque Popolucas	Pánuco, Acayucan, Hueyapan, Mecayapan, Chacaltianguis, J. Carranza, Agua Dulce y Moloacan	20 000	23 000	Alimentos Especiales Tenerife	\$ 480 000 (\$ 24 000/ha)	\$ 1 930 600 (96 513/ha)	2 600 (0.13/ha)	12 000
Caña	Zona Centro y Sur/Selva tropical/ Náhuatl-Zoque popoluca	Tlalixcoyan, Tierra Blanca, Isla Rodríguez, Clara, Azueta, Acayucan, Hueyapan, Mecayapan, Chacaltianguis, J. Carranza, Agua Dulce, Moloacan y Tezonapa	12 000	12 000	Destiladora Energética Atoyac	\$ 444 900 (\$ 37 000/ha)	\$ 796 200 (66 350/ha)	4 000 (0.3/ha)	20 000
Jatropha	Zona Centro/ Altas Montañas/ Náhuatl	Tezonapa Zongolítica	22 000	1 000	Nature Fuels México	\$ 305 082 (13 867/ha)	\$ 85 570 (3 889/ha)	7 353 (0.34/ha)	29 333
Palma de aceite	Zona Sur/ Selva tropical/ Zoque Popoluca	Acayucan	20 000	4 000	Nature Fuels México	\$ 799 000 (39 900/ha)	\$ 70 000 (3 500)	4 000 (0.2/ha)	20 000
<b>TOTAL</b>			<b>100 000</b>	<b>56 000</b>		<b>\$ 2 704 982</b>	<b>\$ 3 860 070</b>	<b>31 433</b>	<b>95 133</b>

Estas proyecciones fueron la base para elaborar una regionalización y análisis georeferencial socioambiental (Figura 1) que permite ver las tendencias de las regiones potenciales para incorporarse a la producción de agrocombustibles.

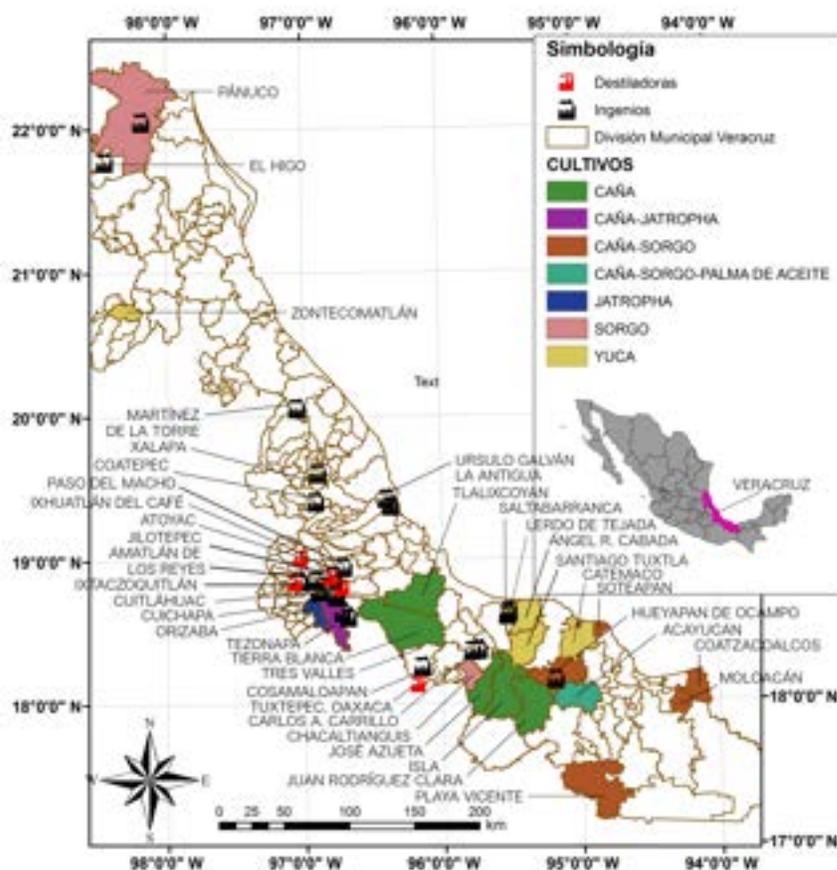
### Políticas públicas y agrocombustibles en México

La disminución vertiginosa de las reservas mundiales de petróleo y la amenaza del calentamiento global, asociada al consumo de energías no renovables, originó una serie de políticas, tratados y convenios internacionales a los cuales México se unió, generando en 2008 La Ley de Promoción y Desarrollo de Biocombustibles (LPDB) y la Comisión de Bioenergéticos. Las estrategias nacionales para la promoción y producción de agrocombustibles están establecidas en la Ley de Desarrollo Sustentable (LDS), que regula los permisos de producción y su comercialización. La norma ambiental NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, SENER (2006b), regula la disminución de contaminantes en automotores con un mínimo de 2.7 % de oxígeno en peso, para lo cual, la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), utiliza MTBE (Metil Terbutil Éter) y TAME (Teramil Metil Éter) (SENER, 2006b), de uso obligado en tres Zonas Metropolitanas (ZM), densamente pobladas y contaminadas: El Valle de México, Jalisco y Monterrey. Para sustituir la mezcla de éteres anteriormente mencionados con bioetanol, en 2010, se requerían 411.9 mil m<sup>3</sup> de etanol anhidro, y la oferta en esa fecha era casi nula (Narváez y col., 2010).

La demanda nacional de biocombustibles ha propiciado la generación de importantes iniciativas para producir agroenergéticos en el norte, centro y sur del país, donde se ha introducido

### Figura 1

Producción de biocombustibles en Veracruz, proyección 2012 a 2016.  
Figure 1. Biofuels production in Veracruz, projection 2012 to 2016.



el cultivo de caña energética, sorgo, jatropha, palma de aceite e higuera (SENER, 2006a; 2009; Yuñez-Naude, 2008).

### Reconversión agro-industrial y biocombustibles

En México, a través del Programa de Introducción de Bioenergéticos (PIBE) 2008 a 2012, se propuso cultivar 300 000 ha de biomasa para la generación de combustibles, bajo una política en la que el desarrollo sustentable y la seguridad alimentaria eran centrales, declarando que, a través de este programa: “se establecen las bases por las que la actividad agropecuaria se integra a la actividad energética, coadyuvando a la diversificación energética

y al desarrollo sustentable, sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del país, con el fin de contribuir a la diversificación energética y al desarrollo sustentable” (SENER, 2009). Sin embargo, en México como en el resto del mundo, esta “diversificación energética” tendrá un fuerte impacto negativo en el campo, ya que la producción a gran escala de biomasa se fundamenta en la producción agrícola primaria, que aporta el 75 % de la energía incorporada a los biocombustibles. Esto implica la inminente apertura de nuevas tierras, afectando la producción agropecuaria, debido a que la producción masiva de biocombustibles requiere de tierras de alta productividad y abun-

dante agua (UCCS, 2009). Además, implica intensificar el monocultivo en contraposición de aquellos cultivos asociados o agrosistémicos, como el café y el desplazamiento de tierras forestales y agrícolas dedicadas al consumo humano (Salazar y Maserá, 2010). Actualmente, se calcula que la siembra de material destinada a la producción de los biocombustibles ha desplazado cerca de 60 millones de campesinos alrededor del mundo; apenas se crean dos trabajos por c/100 ha de soya o 10 trabajos por 100 ha de caña de azúcar (Giampietro y col., 2013).

Las políticas sobre bioenergéticos se muestran contradictorias, así el propósito de "Preservación de los recursos naturales y la biodiversidad, contribuyendo a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>", parece poco probable, porque el balance energético para producir agrocombustibles, así como sus costos económicos y ambientales son cuestionables (Salazar y Maserá, 2010). La mayoría de los estudios técnicos realizan el balance energético a partir de la combustión de bioenergéticos, cuyas propiedades son más benignas en la emisión de GEI, pero no consideran los procesos entrópicos en su producción y transformación y las externalidades negativas que conllevan (Barros, 2012). Así, la política energética nacional no apuesta a la autosuficiencia energética, si no a su transnacionalización y una estrategia de extracción sin límites (Harvey, 2007); afortunadamente, a la fecha, los biocombustibles no se han constituido en prioridad energética.

### Veracruz, fomento y producción de agrocombustibles

En 2008, con la implementación de la LPDB, el gobierno de Veracruz incluyó en su programa energético la producción de biocombustibles como meta prioritaria (Gobierno del Estado, 2008; 2011). El término

biocombustible abarca dos tipos de energéticos: el biodiésel y el bioetanol o etanol anhidro. El primero es producido a partir de plantas oleaginosas como girasol, soya, palma africana, jatropha; mientras que para generar el bioetanol se utilizan sustancias ricas en azúcares o almidones, como la caña de azúcar, la yuca, cereales y remolacha azucarera, entre otras. El Plan de Energéticos en materia de agrocombustibles planteó un techo agrícola de 100 000 ha para 2016, considerando que en 2011 iniciaba con 22 000 ha sembradas; suponiendo una cosecha anual por producto se obtendrían: 4 396 000 T de biomasa, equivalentes a 561 100 000 L de biocombustibles, de los cuales, 431 200 000 estarían destinados a la oferta de bioetanol y, 129 900 000 L para biodiésel (INVERBIO, 2011) (Tabla 1). Un proyecto de estas dimensiones requiere: disposición de tierras aptas, su compra directa o indirecta, contratos o renta a largo plazo; paquetes tecnológicos específicos; reorganización de productores; nuevas relaciones entre productores/empresas/gobierno; y sobre todo, políticas públicas capaces de incentivar la producción y garantizar beneficios sociales sin dañar el ambiente.

INVERBIO es un organismo estatal creado para promover y gestionar la producción, transformación y comercialización de agrocombustibles en Veracruz, de acuerdo al Plan Energético estatal. Este organismo se propone producir etanol anhidro y biodiésel para la sustitución de MTBE y TAME, en proporción de 5.7 % en éteres y mezcla de 10/90 etanol/gasolinas, para la oxigenación de hidrocarburos de acuerdo con las normas ambientales. Para alcanzar la meta establecida, de 100 000 ha de producción de agrocombustibles, se requiere una inversión del orden de 2 704 982 pesos, para

el aseguramiento de la materia prima, e inversiones industriales y tecnológicas estimadas en 3 860 070 pesos. La yuca sería el cultivo más rentable para etanol anhidro por su alto rendimiento por ha y una inversión primaria e industrial moderada (Tabla 2). Después, la caña energética, con rendimientos de 80 L/T, la cual requiere inversiones primarias e industriales por ha muy por arriba de la yuca. Las empresas interesadas deberán realizar inversiones cuantiosas del orden de 2 mil millones de pesos y 1 mil millones de pesos para su procesamiento futuro (Tabla 2), Gobierno del Estado, 2008). En biodiésel, la jatropha presenta las mejores condiciones de productividad, inversión y empleo para el campo (Quimbaya, 2010). Es un cultivo perenne, su vida productiva dura hasta 25 años y presenta menores costos de producción que la palma de aceite (Sotolongo y col., 2007).

### Relación organizacional: empresas/estado/productores

En Veracruz, las empresas que ya iniciaron operaciones en siembra, contratación e inversiones en infraestructura a futuro, son las transnacionales: Grupo Báltico y su filial Alimentos Especiales Tenerife, quienes adquirieron la Destiladora del Valle de Orizaba en 2011 (Rodríguez, 2011), así como Nature Fuels México y, el Ingenio San Nicolás, ubicado en Cuichapa, Veracruz, filial de la Sugar Refinig Inc, perteneciente al grupo Florida Crystals Corporation, corporativo que controla la mayor parte de la producción y el comercio mundial de azúcar; interesada en la producción de bioetanol. Las empresas con capital nacional son: Destiladora Atoyac, Destiladora del Papaloapan y Bio-etanol del Golfo SAPI S.A. de C.V., quienes cuentan con la mayor capacidad para su reconversión a la producción de

bioetanol (Tabla 2). Las destiladoras en general podrían reconvertir sus procesos de producción de alcohol etílico a etanol anhidro hasta en un 30 %.

La relación gobierno-empresas-productores es importante para el desarrollo de estos emprendimientos y la transferencia de valor que realiza y realizará al subsidiar prácticamente las inversiones en materia prima y su transformación. Existen dos estrategias: la inversión directa e indirecta con ejidatarios y propietarios, y los subsidios gubernamentales y su gestión ante los grupos financieros. Veracruz ha privilegiado esa relación atrayendo capitales transnacionales de Brasil, España y Estados Unidos principalmente, quienes se asientan en nichos fiscales y normativas privilegiadas para el control de las nuevas áreas de expansión, la reorganización de productores y jornaleros, volúmenes y precios contratados de antemano, creación de infraestructura por el estado, dotación de tierras e inversión del erario público para la construcción de parques industriales (Imagen del Golfo, 2012).

Es importante destacar, que algunos de estos agronegocios están insertados en regiones cuya categoría ambiental es de Áreas Naturales Protegidas (ANPs), como la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas al sur de Veracruz y territorios étnicos de conservación. En este sentido, la empresa Bioetanol del Golfo SAPI S.A. de C.V., planeó sembrar 16 000 ha de yuca para producir 1 millón 500 000 T/a de biomasa, en tierras pertenecientes a los municipios que constituyen el corazón de esta ANPs (Enríquez, 2007; INVERBIO, 2011), (Tabla 2). Estos proyectos por sus dimensiones requieren Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y cambio de uso del suelo, que al parecer no han sido obstáculos para su implantación, dado el papel gestor del estado. El riesgo a considerar es que la yuca, como

monocultivo, requiere áreas de mucha humedad o riego, competirá con especies nativas que hacen posible la biodiversidad, y su conversión a agrocombustible la haría deficitaria como alimento (Cortes y col., 2010).

En las regiones norte y centro del estado (Figura 1), se pretende expandir la producción de sorgo, palma y caña. Introducir estos cultivos requerirá amplias extensiones de tierra, lo que eliminará la posibilidad de asociación de cultivos. La empresa Bioetanol del Golfo SAPI S.A. de C.V. ya cultiva 20 000 ha de sorgo en el municipio de Pánuco, región ganadera y productora de caña de azúcar, maíz, sorgo y soya para alimento humano y ganadería. El proyecto considera reorientar el riego de la presa Chicayan y el sistema de riego Pujol Coy, entre Pánuco y Ozuluama, para sorgo y caña etanolera. Su capacidad de riego es de 75 000 ha y sólo abastece 35 000 ha con múltiples problemas de abastecimiento, captación de agua y falta de mantenimiento; sometida a eventos extremos, que van de prolongadas sequías a inundaciones periódicas, consecuencia del cambio climático.

Los territorios indígenas, tradicionalmente marginados, son fuente importante de agua y humedad en las zonas serranas. En la sierra náhuatl de Zongolica y Tezonapa, región de alta marginalidad, la transnacional española Grupo Báltico ha firmado contratos y convenios tecnológicos con el gobierno estatal y productores, para introducir más de 1 000 ha de palma de aceite y jatropha en tierras de acahual (tierras maiceras en descanso), pastizales o reductos arbóreos consideradas como tierras "ociosas" o "improductivas". En esta misma región, la transnacional norteamericana Nature Fuels de México tiene un proyecto para incorporar 2 000 ha de caña energética. En 2011 ya contaba con 6 000 ha de jatropha, su meta para

el 2012 fue introducir 17 000 ha, involucrando 11 sociedades de producción rural y cerca de 800 socios, en contratos de 30 años (FUNPROVER, 2012a).

En la región náhuatl, zoquepopoluca de Acayucan (Figura 1), ya se extiende el cultivo de caña energética y sorgo, también por Grupo Báltico; área tradicionalmente productora de café, maíz, chile y ganadería, con relictos de selva tropical. El proyecto fue incorporar más de 4 000 ha de caña y 3 000 ha de sorgo en nueve municipios de esta región (Tabla 2). Las comunidades étnicas y campesinas quedarán expuestas a contratos de 30 años o más, sometidos al monocultivo, dependencia tecnológica de alto costo, precios establecidos de antemano y endeudados con las instituciones financieras (FUNPROVER, 2012b).

#### Plan cañero y bioenergéticos en Veracruz

La SENER (2009), concluye que esta es la materia prima más recomendable por su alto rendimiento de entre 80 T/ha a 100 T/ha, moderados costos de producción e infraestructura, y a que Veracruz tiene el mejor potencial en caña energética.

Las industrias azucareras y alcoholeras podrían realizar una reconversión tecnológica relativamente sencilla para producir etanol anhidro como un subproducto más en sus procesos industriales. PEMEX ha concedido 12 permisos para producir bioetanol, estos empresarios están dispuestos a destinar el 30 % de su producción a biocombustibles. Durante el ciclo 2010 a 2011, la industria nacional azucarera ocupó una superficie de 647 681 ha de caña en 15 estados de la República, con 57 ingenios azucareros. Veracruz es el principal productor con una superficie de 262 531 ha de caña con 40 % del total nacional, cuenta con 22 ingenios y aporta 36 % del azúcar

nacional (CNPR, 2011), por lo que en un proceso de reconversión productiva ocuparía un lugar preponderante.

La reconversión de caña de azúcar a etanol anhidro en Veracruz, es un proyecto auspiciado por los gobiernos federal y estatal y empresarios agroindustriales desde 2008 en la región cañera de Córdoba-Paso del Macho, una de las más importantes regiones productoras de caña de azúcar en el país. Ahí se localizan nueve de los 22 ingenios y cuatro destiladoras existentes en el estado. Su inminente puesta en marcha involucra por lo menos cuatro empresas: las destiladoras Atoyac y del Papaloapan de capital nacional y; el Ingenio San Nicolás y la Destiladora del Valle de Orizaba de capital transnacional (Figura 2). Este ingenio

ha incorporado tecnología suficiente para la generación de energía eléctrica y está preparado para la producción inmediata de 50 000 L/d de bioetanol (Arizpe y Agüero, 2011). Estas cuatro factorías han transitado a una reconversión tecnológica y reorganizativa en espera de las adecuaciones normativas e institucionales de PEMEX, (demandante monopólico), necesarias para la producción de bioetanol y su comercialización. La Destiladora del Papaloapan en Zacate Colorado, municipio de Tuxtepec, Oaxaca, tiene su zona de abastecimiento en la región Veracruzana de Tierra Blanca-Joachin y Tlalixcoyan, Veracruz. De hecho, las tres destiladoras y el grupo Dortmund se adjudicaron en 2009 la primera licitación convocada por PEMEX-Refinación para proveer a la

paraestatal de 823 000 000 de L/a, durante cinco años; sin embargo, declinaron por el elevado precio de la caña de azúcar, al competir con los ingenios azucareros, y el bajo precio de compra del biocombustible (INVERBIO, 2012). Este reto implicaba incrementar la frontera agrícola cañera en el estado por 100 000 ha de nuevos cultivos, un aumento de 38 % de la superficie actual, o bien competir con la superficie cañera existente, hecho que contraveniría las disposiciones previstas en la ley de bioenergéticos para evitar el desplazamiento de alimentos y deforestar áreas de conservación. Es precisamente por la competencia entre la caña de azúcar y la energética, que la primera licitación de PEMEX en 2009 no se pudo concretar a pesar de que era un contrato millonario.

### Figura 2

Producción de bioetanol y zona de estudio.  
Figure 2. Bioethanol production in the study zone.



La industria del bioetanol en México aún no es una realidad, debido a la incertidumbre existente en los precios monopólicos de PEMEX, la frágil fluctuación de los precios en la caña de azúcar en el mercado nacional e internacional, las normas ambientales y de autosuficiencia alimentaria prevista en la legislación de biocombustibles (SENER, 2006a).

Las estrategias y esquemas de promoción, financiamiento, contratación de tierras y contratos de compra-venta de las empresas, tienen algunos aspectos comunes. La Destiladora de Atoyac se localiza en el municipio del mismo nombre, en Veracruz, y desde 2010 empezó a producir su propia energía eléctrica y a impulsar procesos de innovación tecnológica para incursionar en la producción de bioetanol para el mercado nacional e internacional. Su meta al 2016 es producir 150 000 L/d de bioetanol, por lo que requerirá introducir 10 000 ha de nuevas tierras (Aguirre, 2011). Su crecimiento depende de sus inversiones y alianzas estratégicas con los diferentes niveles de gobierno. Hasta 2012 había invertido cerca de 700 millones de pesos en innovación tecnológica, compra de parcelas, desmonte, alineación de terrenos, perforación de pozos profundos y sistemas de riego (Tabla 1). La estrategia del gobierno estatal, para la reconversión en 2012, fue la asociación con las alcohólicas Atoyac y del Papaloapan para introducir 6 000 ha de caña energética, acción que permitió beneficiar a 350 productores directos y crear 10 000 jornales; adicional a esto, la industria incrementó 150 empleos directos y 125 indirectos (INVERBIO, 2012). El Ingenio San Nicolás cuenta con su zona de autoabastecimiento, pero reorientar su producción a biocombustibles

implica adquirir tierras propias para garantizar sus stocks productivos, la calidad y temporalidad de la materia prima para su producción estándar y el control propio de sus procesos productivos. Estos datos permiten establecer que las tres empresas tienen entre sus planes la adquisición de tierras propias para la siembra de agroenergéticos.

El gobierno estatal invirtió en el año 2012, a través de la Comisión Nacional del Agua (CNA), 26 000 000 de pesos para la construcción del sistema de riego Tlalixcoyan, que irrigará 2 000 ha para caña energética. Aplica un sistema crediticio que consiste en aportar el 10 % como fondo de garantía por productor/ha y el 90 % restante canalizado a la banca privada y FIRA (Fondo de Inversiones para el Desarrollo Rural). Para 2012 y 2013, la meta fue invertir 80 000 000 de pesos como fondo de garantía y 800 000 000 de pesos en inversión privada-FIRA para financiamientos de caña (Gobierno del Estado, 2008).

La Destiladora del Papaloapan pretende constituirse en la planta etanolera más grande del país, con capacidad para moler 9 000 T/d y producir 500 000 L/d de etanol. Actualmente muele 3 000 T/d y cuenta con 2 000 ha propias. En los últimos años ha invertido 500 millones de pesos para innovación tecnológica, compra de tierras, preparación de terrenos, sistemas de riego y organización de productores.

El subsidio en infraestructura también es canalizado hacia la producción de biocombustible; en el municipio de Tierra Blanca, la CNA y el gobierno estatal rehabilitan 15 000 ha de riego en el distrito de Joachin, buscando alcanzar un total de 36 000 ha para optimizar su capacidad productiva. Por otra parte, los productores asociados a

la Destiladora del Papaloapan recibirán apoyos mediante esquemas crediticios. En 2009, esta empresa recibió una donación de 80 ha del gobierno municipal, con el compromiso de instalar otra planta etanolera y expandir sus propios cultivos, sin necesidad de comprar tierras. El distrito de riego estaba destinado originalmente a la producción de arroz y caña de azúcar con propósito alimentario, por lo que la inminente reconversión hacia los agrocombustibles, tendrá un efecto negativo en el abasto alimentario.

Los apoyos de INVERBIO comprenden: capacitación, instalación de viveros, organización de productores, estudios de impacto ambiental, paquetes tecnológicos, parcelas demostrativas, canalización de financiamientos, asistencia técnica con universidades e institutos tecnológicos, servicio social a bajo costo, investigación y transferencia tecnológica. Así, estas empresas se perfilan como las verdaderas beneficiarias de la reconversión productiva para agrocombustibles.

Las energías renovables pueden convertirse en una opción para la sustentabilidad futura del país y no en un simple discurso "verde" para justificar un modelo de derroche energético, siempre y cuando incorporen la responsabilidad social y ambiental requerida. Un valioso instrumento de gestión ambiental, es el ordenamiento territorial estatal y municipal, que permitiría hacer un mejor uso del espacio, la planeación de cultivos asociados y complementarios, como los sistemas agrosilvopastoriles, y la delimitación de áreas para cultivos agroalimentarios y bioenergéticos, como ya sucede en Cuba (Sotolongo y col., 2007). Sería necesario fijar normas de coinversión, rentabilidad de la producción y políticas distributivas, para garantizar a los

productores beneficios sustantivos y no convertirse en trabajadores en su propia tierra. El fomento a la pequeña y mediana escala podría prever la intensificación de daños ambientales, principalmente en el caso de la caña de azúcar y alcohólicas, con serios problemas de contaminación ambiental por aplicación de fertilizantes químicos, pesticidas, vertimiento de melazas y vinazas a las fuentes de agua y la tierra, sobre las Cuencas Jamapa-Atoyac y Río Blanco, que tenderían a agravarse, sin una adecuada prevención (Pare, 2013). También podría ser una salida válida a la crisis estructural de este sector social, sin atentar con el abasto alimentario de la gramínea. Otros cultivos alternativos, podrían ser opciones importantes para la generación de energías y diversificación productiva en el campo y conservación ecosistémicas, como la siembra de *Jatropha curcas* en agrosistemas silvopastoriles o de conservación del suelo en zonas áridas (Quimbaya, 2010).

## CONCLUSIONES

Veracruz es un estado rico en ecosistemas diversos, incluyendo

ANPs y zonas indígenas de conservación, que representan un enorme potencial para el cultivo de alimentos y agrocombustibles, pero carece de un proyecto energético integral y parece fincar su interés en atraer inversiones foráneas. Se requiere transitar hacia una política energética basada en los recursos renovables y las capacidades locales ambientales, tecnológicas y sociales. Se necesita generar mecanismos normativos y políticos que garanticen el uso diversificado del suelo, la rentabilidad social hacia los productores y medidas ambientales suficientes para revertir los intensos procesos de degradación y contaminación ligados a la producción de azúcar y alcohol en la región. Sin la adecuada normatividad, la producción intensiva de agrocombustibles puede intensificar los conflictos sociales por el control de los recursos naturales, despojo de tierras, control y contaminación del agua, encarecimiento de alimentos e intensificación de la migración. Es necesario formalizar el Plan

de Ordenamiento Territorial y Ecológico estatal y municipal para determinar las áreas susceptibles de siembra de agrocombustibles, evitando competir con la producción de alimentos y evitando afectar las ANPs. El Gobierno y PEMEX podrían integrar un sector energético de renovables para garantizar, subsidios y precios justos a las organizaciones campesinas, bajo condiciones de autonomía que permitiría su incorporación integral a la producción de bioenergéticos en el país y un camino al desarrollo regional sustentable, evitando la transferencia de valor a las transnacionales y normar los grupos empresariales nacionales. ||

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con recursos del Programa PROMEP/103.5/10/5006, para la Universidad Veracruzana, denominado "Riesgos socio-ambientales, vulnerabilidad y desarrollo sostenible", dentro del programa de Apoyo a la Incorporación de Nuevos Profesores de Tiempo Completo.

## REFERENCIAS

Aguirre, R. (2011). Central energética de Atoyac es fundamental. Inverbio, en *Agencia Imagen del Golfo*. [En línea]. Disponible en: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.

Archivo Hemerográfico Regional (2009). Documento interno del Cuerpo Académico Riesgos Socio-ambientales y Vulnerabilidad Social CAC-345 RSVS.

Arizpe, N. y Agüero, J. (2011). Reconversión cañera y biocombustibles en Veracruz, México, ¿para quién?. *Revista Ecología Política*. 1(41): 67-73.

Barros, S. (2012). Brazil. Biofuels Annual BR12013, en *Annual Report 2012*. [En línea]. Disponible en: [http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_Sao%20Paulo%20ATO\\_Brazil\\_8-21-2012.pdf](http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_8-21-2012.pdf). Fecha de

consulta: 20 de septiembre de 2013.

CNPR, Confederación Nacional de Productores Rurales (2011). Producción azucarera 2010-2011. [En línea]. Disponible en: [http://www.caneros.org.mx/site\\_caneros/descargas/pleno\\_aguascalientes/presentacion\\_Blackaller.pdf](http://www.caneros.org.mx/site_caneros/descargas/pleno_aguascalientes/presentacion_Blackaller.pdf). Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2013.

Beck, U. (2002). *La sociedad del riesgo global*. España: Siglo XXI. 300 Pp.

Enríquez, P. (2007). Panorama General de la industria alcohólica y los biocombustibles, en CONAE, SENER. [En línea]. Disponible en: <http://conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4386/3/biocombustibles.pdf>. Fecha de consulta: 23 de octubre de 2013.

Cortes, S., Chavarriaga, P. y López, C. (2010). Biocombustibles y Biotecnología: la yuca como modelo de investigación. *Acta Biológica*

*Colombiana*. 15(1): 3-24.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2008). Biocombustibles, perspectivas, retos y oportunidades. FAO. Roma, Italia. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.HTM>. Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2013.

FUNPROVER, Fundación Produce Veracruz (2012a). Inverbio destinará 30 mdp a producción de cultivos bioenergéticos, en *Agroentorno*. [En línea]. Disponible en: <http://www.funprover.org/agroentorno/marzo012pdf/INVERBIOdestinacultivbioenerget.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.

FUNPROVER, Fundación Produce Veracruz (2012b). Programa agrícola para 2012 para bioenergéticos en *Agroentorno*. [En línea]. Disponible

- en: <http://www.funprover.org/agroentorno/febrero012pdf/INVERBIObioenergeticos.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Giampietro, M. and Kozo, M. (2009). The biofuel desilusion. The fallacy of large scale agro-biofuels production. London: Earthscan. 320 Pp.
- Giampietro, M., Aspinal, R., Burkens S., Caudillo, J., Diaz, M., and Flammini, A. (2013). An innovative accounting framework to the food-energy-water nexus. FAO. [En línea]. Disponible en: [http://www.fao.org/docrep/019/i3468e/i3468e.pdf?utm\\_source=twitter&utm\\_medium=social+media&utm\\_campaign=faoknowledge](http://www.fao.org/docrep/019/i3468e/i3468e.pdf?utm_source=twitter&utm_medium=social+media&utm_campaign=faoknowledge). Fecha de consulta: 13 de enero de 2014.
- Gobierno del Estado (2008). Programa, en Veracruz y la energía. Gobierno del Estado de Veracruz. [En línea]. Disponible en: <http://www.invedem.gob.mx/files/2014/03/tf07-pvd-ver-y-la-ener.pdf>. Fecha de consulta: 20 de octubre de 2013.
- Gobierno del Estado (2011). Promueve Inverbio inversión para detonar la industria de biocombustibles. [En línea]. Disponible en: <http://gobiernover.blogspot.mx/2011/01/promueve-inverbio-inversion-para.html>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Gobierno del Estado (2013). Ubicación. [En línea]. Disponible en: [http://www.elclima.com.mx/ubicacion\\_geografica\\_de\\_veracruz.htm](http://www.elclima.com.mx/ubicacion_geografica_de_veracruz.htm). Fecha de consulta: 22 de octubre de 2013.
- Harvey, D. (2007). Breve historia del neoliberalismo. España: Editorial Akal. 256 Pp.
- Imagen del Golfo (2012). Abrirá Veracruz convocatoria para biocombustibles. Xalapa, Veracruz, México. [En línea]. Disponible en: <http://www.imagendelgolfo.com.mx/resumen.php?id=292321>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Informe (2009). UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change. [En línea]. Disponible en: [http://www.lareserva.com/home/principales\\_responsables\\_efecto\\_invernadero](http://www.lareserva.com/home/principales_responsables_efecto_invernadero). Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Inverbio, Instituto Veracruzana de Fomento Agropecuario (2011). Desarrollo agrícola para la producción de biocombustibles 2011-2016 (PW). Gobierno del Estado de Veracruz (documento interno).
- Inverbio, Instituto Veracruzano para el fomento de biocombustibles (2012). Programa Agrícola. Gobierno del Estado de Veracruz. [En línea]. Disponible en: <http://www.funprover.org/agroentorno/marzo012pdf/INVERBIOdestinacultivobioenerget.pdf>. Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2012.
- Laine, J. (2009). El neocolonialismo del oro verde. *Interiencia*. 34(6): 377 Pp.
- Narváez, M., Sánchez M. y Menjivar J. (2010). Cambios en las propiedades químicas y en la actividad de los fosfatos en suelos cultivados con maíz dulce (*Zea mays L.*) fertilizados con vinazas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín (RFNAM)*. 63(2): 5533-5541.
- Gómez-Pere, R. T. (2012). *El cambio climático, pasado, presente y futuro*. España: Editorial Océano. 336 Pp.
- Pare, L. (2013). "Veracruz bajo la lupa. Megaproyectos y justicia ambiental", en suplemento *La Jornada Ecológica*. Edición especial. [En línea]. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2013/09/30/eco-b.html>. Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2013.
- Quintana, V. (2007). Biocombustibles y Agricultura Campesina. [En línea]. Disponible en: <http://romperelcercoinformativo.blogspot.mx/2007/08/biocombustibles-biodiversidad-y-nuestro.html>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Renewable Fuels Agency (2008). The Gallagher Review of the indirect effects of biofuels production. [En línea]. Disponible en: [https://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/UNIDO\\_Header\\_Site/Subsites/Green\\_Industry\\_Asia\\_Conference\\_Maanila/GC13/Gallagher\\_Report.pdf](https://www.unido.org/fileadmin/user_media/UNIDO_Header_Site/Subsites/Green_Industry_Asia_Conference_Maanila/GC13/Gallagher_Report.pdf). Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Rodríguez, M. (2011). Llegó una nueva empresa al lugar donde estaba la Destiladora del Valle de Orizaba, en *alcalorpolitico.com*. [En línea]. Disponible en: <http://www.alcalorpolitico.com/informacion/llego-una-nueva-empresa-al-lugar-donde-estaba-la-destiladora-del-valle-de-orizaba-83484.html#Va3LR29XD94>. Fecha de consulta: 20 de enero de 2012.
- Rosell, J. y Viladomiu, L. (2008). La producción de agro-combustibles y el aumento de los precios de los alimentos. Universitat Autònoma de Barcelona. [En línea]. Disponible en: <http://www.asfac.org/fixers/AVISOS/2009/DRUAB-Informeagrocaburantes-Julio2008.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Salazar, A. y Masera, O. (2010). México ante el cambio climático. Resolviendo necesidades locales con impactos globales. UCCS. [En línea]. Disponible en: <http://www.oikos.unam.mx/Bioenergia/imagenes/PDF/CC/CC-General/DossierUCCS-CC10A.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- SENER, Secretaría de Energía (2006a). Potenciales y viabilidades del uso de bioetanol y biodiésel en el transporte en México. Gobierno Federal. [En línea]. Disponible en: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/descargas/SENER-BID-GTZ-Biocombustibles-en-Mexico-Resumen-ejecutivo.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- SENER, Secretaría de Energía (2006b). "Análisis integrado de las tecnologías, el ciclo de vida y la sustentabilidad de las opciones y escenarios para el aprovechamiento de la bioenergía en México", en *Imagen del Golfo*. Octubre, 2008. [En línea]. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/climatico/e2008e\\_bioenergia.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/climatico/e2008e_bioenergia.pdf). Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2013.
- SENER, Secretaría de Energía (2009). Programa de Introducción de Bioenergéticos. [En línea]. Disponible en: <http://www.campomexicano.gob.mx/bioener/descargas/Programa-Introduccion-de-Bioenergeticos.pdf>. Fecha de consulta: 25 septiembre de 2013.
- Sotolongo, J., Díaz A., Montes-de-Oca S., Del Valle Y. y García S., (2007). Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* en las condiciones edafológicas de la región semiárida de la provincia de Guantánamo. *Tecnología Química*. 27(2): 76-82.
- UCCS, Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (2009). La producción de agrocombustibles en Chiapas. Programa de Recursos Naturales. [En línea]. Disponible en: [http://www.uccs.mx/downloads/index.php?id=file\\_4d3679551c6af](http://www.uccs.mx/downloads/index.php?id=file_4d3679551c6af). Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.
- Quimbaya, P. A. (2010). El uso actual del cultivo de la *jatropha Curcas L.* en sistemas agropastoriles y silvopastoriles y su potencial para contribuir al desarrollo social y económico de un cultivo en expansión mundial. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Villavicencio-Meta. [En línea]. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioWeb/Documento/JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf>. Fecha de consulta: 8 de octubre de 2013.
- Yúñez-Naude, A. (2008). "El TLCAN, las políticas públicas y el sector rural y el maíz". *Prensa Rumbo Rural, CEDRSSA*. [En línea]. Disponible en: <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/TLCAN-Yunez.pdf>. Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2013.