

DISTRIBUCIÓN DEL ICTIOPLANCTON EN RELACIÓN A LA DINÁMICA DE LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR; PRIMAVERA Y OTOÑO DE 2009

Carlos Gabriel Caballero-García¹, José Angel Trigueros-Salmeron², Gustavo Enrique Rojo-Martínez⁴ Benito Ramírez-Valverde³ y Rosa Martínez Ruiz⁴

¹Alumno de doctorado en Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales, UAIM. Estación de Investigación Oceanográfica de Topolobampo, Sinaloa.

²Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de Occidente.

³Profesor Investigador Titular del Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

⁴Profesor Investigador de la UAIM.

Correo electrónico: grojomtz@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se registró un total de 2,642 larvas de peces las cuales estuvieron incluidas en 45 familias y 82 taxa. En primavera se determinó 1.187 bits/ind. con el índice de Shannon-Wiener y una equidad de 0.66; poco más del 60% estuvo contenida en *Vinciguerria lucetia*. Durante otoño se registró 2.741 bits/ind. con el índice de Shannon-Wiener y una equidad de 0.643, el 30% estuvo en Gerreidae spp. En los diagramas T-S en primavera registró Agua Intermedia del Pacífico (AIP), Agua Subsuperficial Ecuatorial (ASsSt) y Agua del Golfo de California (AGC). En otoño AIP, ASsSt, AGC y Agua Superficial Ecuatorial (ASE). Estos resultados indican que la estructura de las asociaciones larvarias es regulada por los cambios en la hidrodinámica local lo que debe ser constatado con estudios posteriores.

Palabras clave: diversidad, muestreo, taxa, temperatura.

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 1-29.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

INTRODUCCIÓN

La Bahía de La Paz (BLP) Baja California Sur, es el cuerpo de agua protegido más grande del Golfo de California en su litoral occidental (De Silva, 1997). Se han realizado varios trabajos en la BLP, los cuales son puntuales tanto espacial como temporalmente (Martínez, 2004). Arreola (1991) identificó 25 taxa agrupados en 18 familias, destacando por su abundancia los góbidos, gerreidos y engraulidos desde finales de invierno a inicios de verano. Moreno (1996) identifica 51 taxa pertenecientes a 39 familias, de las cuales nueve representan el 90% de la abundancia (Clupeidae y Myctophidae). Martínez (2004) define dos asociaciones de larvas de peces en la bahía, la abundancia y diversidad larval fueron mayores en verano y estuvieron relacionadas tanto con la variación de la temperatura como con la concentración de biomasa zooplanctónica. Jiménez *et al.*

(1994) reportaron datos de CTD de junio de 1992 en ocho estaciones en la BLP. Monreal *et al.* (2001) en junio de 1998 identificaron tres masas de agua: Agua del Golfo de California (AGC), Agua Superficial Ecuatorial (ASE) y Agua Subsuperficial Subtropical (ASS). Obesos (2003) señaló la presencia permanente en la bahía de AGC y ASS, detectando ASE durante el otoño y de manera extraordinaria durante el verano de 1997 e invierno de 1998. Es importante la realización de estudios ictioplanctónicos, ya que como enfatiza Lasker (1981) el estudio del ictioplancton otorga el conocimiento sobre el área, tiempos de desove y la estimación del tamaño de las poblaciones adultas de especies de peces con importancia, comercial o ecológica, lo cual mediante un seguimiento paulatino, nos permite realizar análisis sobre fluctuaciones en cuanto a la abundancia de huevos y larvas, trayendo como consecuencia el de sus poblaciones adultas.

El presente trabajo determinó la distribución y abundancia espacio-temporal del ictioplancton en 24 estaciones de muestreo

(Figura 1), en referencia al patrón de circulación de las masas de aguas presentes en la BLP durante primavera y otoño del 2009.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos cruceros oceanográficos, el primero del 24 de marzo al 06 de abril (primavera) y el segundo del 07 al 21 de septiembre (otoño) durante el 2009. A bordo de los Buques Oceanográficos ARM Humboldt BI-01 y ARM Río Suchiate BI-05, respectivamente, ambos pertenecientes a la Secretaría de Marina – Armada de México.

Las muestras para ictioplancton se obtuvieron mediante arrastres superficiales tipo oblicuo con una trayectoria semicircular girando a babor Smith y Richardson (1979), la velocidad del buque para los arrastres fue de tres nudos. Se empleó una red de plancton de forma cónica con 0.60 m de diámetro de boca y una longitud de 1.80 m y de 505 micras

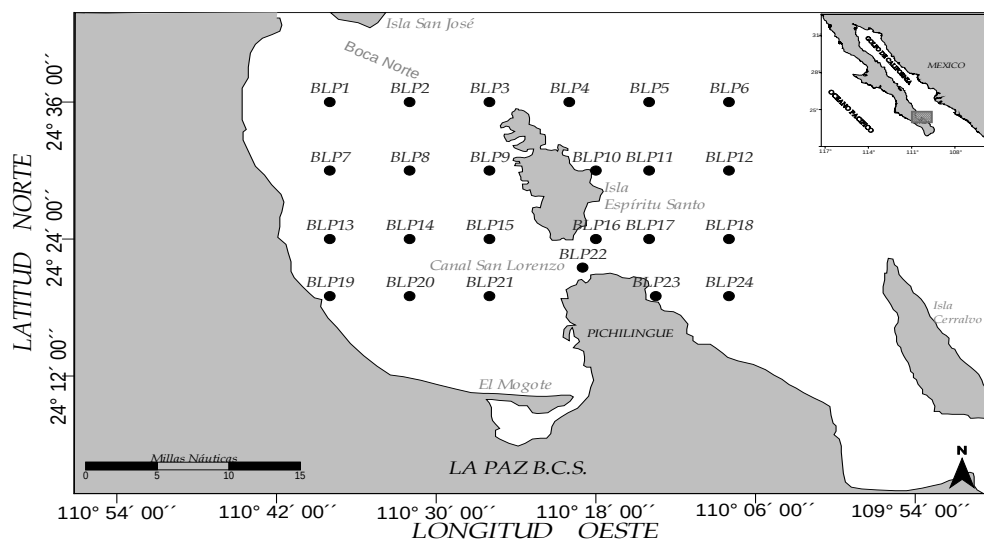


Figura. 1.- Localización geográfica de la BLP y distribución de 24 estaciones oceanográficas.

de abertura de malla, con un copo colector de la misma abertura de malla de la red y un flujometro digital marca General Oceanics, modelo 2030, instalado en la boca de la red para estimar el volumen de agua filtrada. Los organismos zooplanctónicos recolectados se llevaron a recipientes de plástico de un litro de capacidad y se preservaron con una solución de formol puro neutralizado con borato de sodio. La temperatura del agua de mar, salinidad y sigma-t se determinó y se calculó *in situ* respectivamente, utilizando un equipo oceanográfico de registro continuo de Conductividad, Temperatura y Profundidad (CTD Mca. SEA-BIRD, Mod. SBE 19 SEACAT Profiler) siguiendo la metodología de Kara *et al.* (2003). El registro de los datos fue de 2 Hz, equivalente al registro de dos datos por segundo. En cada una de las estaciones se realizaron lances hidrográficos hasta una profundidad máxima de 500 decibares (db), con un descenso de 1 metro por minuto, durante los primeros cien metros descendidos, incrementándose la velocidad de descenso al doble por debajo de esta profundidad. Los datos registrados se descargaron mediante el módulo de comunicación Term19 (Sea-Bird Electronics, Inc., Manual de operación, 1999).

La identificación del ictioplancton se realizó en el Departamento de Plancton y Ecología Marina del CICIMAR unidad la Paz, BCS y se identificaron siguiendo los criterios establecidos en el trabajo de Moser (1996), los huevos y larvas de peces se separaron manualmente y se cuantificaron de acuerdo con el método de Smith y Richardson (1979) utilizando un microscopio estereoscópico marca Swift con luz directa e indirecta.

Se elaboró una matriz de datos taxón/ estación, el número de larvas de peces se normalizó a 10 m² de superficie marina de acuerdo a las recomendaciones de (Smith y Richardson, 1979), con la siguiente fórmula;

$$N = (cd / ab) * 10 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde N=es el número de organismos por 10 m² de superficie marina, a= área de la boca de la red, b= largo de la trayectoria de arrastre, c=número de organismos en la muestra y d=profundidad del lance.

Los valores de abundancia obtenida se ordenaron en cuatro categorías según (Kramer, 1972 y Funes, 1991), que son muy abundantes (1001-10000/10 m²), abundante

Cuadro 1.- Composición taxonómica de la comunidad ictioplanctónica en la BLP durante primavera y otoño del 2009.

FAMILIA	TAXA	PRIMERA	OTOÑO
ANGUILIFORMES	<i>Anguiliformes spp.</i>		X
OPHICHTHIDAE	<i>Ophichthidae spp.</i>		X
CONGRIDAE	<i>Congridae spp.</i>		X
CLUPEIDAE	<i>Opisthonema spp.</i> <i>Sardinops sagax</i>	X	X
ENGRAULIDAE	<i>Anchoa spp.</i> <i>Engraulis mordax</i>	X	X
PHOSICHTHYIDAE	<i>Vinciguerria lucetia</i>	X	X
SYNODONTIDAE	<i>Synodus luciocephalus</i>		X
MYCTOPHIDAE	<i>Ventosea panamense</i> <i>Triphoturus mexicanus</i>		X
HEMIRAMPHIDAE	<i>Hyporhamphus spp.</i>		X

(101-1000/10 m²), poco abundante (11-100/10 m²), y escaso (1-10/m²).

Las muestras de ictioplancton se representaron con núcleos de abundancia ordenados en intervalos de clase y categoría según su concentración, empleando el software Surfer Versión 8.0 Golden Software.

Con las lecturas de temperatura y salinidad se realizaron diagramas T-S para identificar las masas de agua, utilizando los límites reportados por (Torres, 1993) para las distintas masas de agua representativas de la BLP. Para su elaboración se utilizó el programa MATLAB versión 6.5. de MathWorks Inc. (2002).

Con el fin de conocer la estructura de la comunidad del ictioplancton, se aplicaron los índices ecológicos recomendados por (Gonzales, 1998). A partir de la matriz taxón/estación estandarizada, se determinó la riqueza específica (S) para conocer el número de especies que se identificaron durante primavera y otoño (Broker y Zar, 1977). Así mismo se determinó la diversidad (H') mediante el índice de Shannon-Wiener (Ludwig y Reynolds, 1988) que toma en cuenta la proporción del número de individuos de una especie en relación al número total de especies (Pielou, 1975), se aplicó la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde H' es la diversidad en bits/individuo y p_i, donde p_i = 1/S y representa la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_t). El índice de diversidad se calculó con logaritmo base 2.

Se calculó la equidad mediante el índice de

Pielou (1975) que es la razón del valor de diversidad observada con respecto al valor máximo posible de diversidad que puede tener una comunidad. Para este índice se aplicó la siguiente ecuación.

$$J' = H'/H_{\text{máx.}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde H_{máx} es el log₂S que es la diversidad bajo condiciones de máxima equidad. Con el propósito de obtener mayor información de la relación con la equidad de las especies, dentro de la comunidad ictioplanctónica, se determinó la dominancia (D) a partir de la expresión:

$$D = 1 - J' \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde J' corresponde al valor calculado de la equidad. Cuando el valor resultante tiende a cero, la dominancia es baja, pero si dicho valor es cercano a uno, entonces es alta Broker y Zar (1977).

Se empleo el índice de similitud de Bray, (1957) que clasifica las especies en orden descendente de acuerdo a su similitud y abundancia relativa. Con este índice se realizaron dendrogramas simples (modo R) para formar los grupos recurrentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron un total de 2,642 larvas de peces, las cuales estuvieron incluidas en 45 familias y 82 taxa. Durante otoño se registró el mayor número de taxa (78) y familias (44), mientras que en primavera el menor seis familias y seis taxa (Cuadro 1).

Primavera

Durante esta época la distribución espacial y temporal en el área de estudio, presentó los mayores núcleos de abundancia con valores entre las 1000 – 10000 biomasa/10 m². Se identificaron 46 taxa y seis a nivel

de especies. Poco más del 60 % estuvo contenida en la especie *Vinciguerria lucetia*. *Engraulis mordax* (13.57%), *Seriola lalandi* (11.64%), *Scomber japonicus* (6.47%), *Sardinops sagax* (3.35%) y *Diplectrum spp.* (3.78%). Los mayores núcleos de abundancia de biomasa se encontraron en la parte central de la bahía y en la zona posterior de la Isla Espíritu Santo, donde se presentaron las más bajas temperaturas del agua. 20.7°C (Figura. 2).

Para la especie *Vinciguerria lucetia* destaca la temporalidad de registro de su presencia durante primavera y otoño, ya que en primavera presentó una alta abundancia (Figura. 3), en contraste con el otoño que estuvo reducida con una abundancia baja, mostrando así una estrategia reproductiva anual en aguas de temperatura baja, sin que esto signifique que su distribución este determinada por este parámetro. Los mayores núcleos de biomasa se presentaron en la boca norte de la BLP y fuera de la BLP en el GC donde se registró la temperatura mínima del agua de 20.7°C.

Otoño

La distribución espacial y temporal presentó núcleos de abundancia con valores entre las 100-1000 biomasa/100 m² (Figura 4). Se identificaron 82 taxa y 78 a nivel de especie poco más del 30% estuvo contenida en *Gerreidae spp.* (30.10%), *Ophisthonema spp.* (14.63%), *Mullidae spp.* (8.50%), *Benthosema panamense* (6.93%), *Haemulidae spp.* (6.33%), *Epinephelinae spp.* (4.21%), *Abudefduftroschellii* (3.84%), *Carangidae spp.* (2.96%), *Ballistidae spp.* (2.70%), *Anguiliforme spp.* (1.80%), *Auxis spp.* (1.46%), *Caranx caballus* (1.41%). Después de las especies anteriores todas tuvieron abundancias relativas menores de 1% (Figura 5).

Los valores de abundancias registrados por estación muestran un rango de 0 a 21 larvas/100m², en primavera en la estación BLP-17 se obtuvo la máxima abundancia. En otoño las abundancias larvales estuvieron entre 0 a 474 larvas/100m². La máxima concentración se registro en la estación BLP-12. Estas dos estaciones se encuentran ubicadas fuera de la BLP en la parte oceánica dentro del Golfo de California (Figura 6).

Los valores de abundancias registrados por estación muestran un rango de 0 a 21 larvas/100m², en primavera en la estación BLP-17 se obtuvo la máxima abundancia. En otoño las abundancias larvales estuvieron entre 0 a 474 larvas/100m². La máxima concentración se registro en la estación BLP-12. Estas dos estaciones se encuentran ubicadas fuera de la BLP en la parte oceánica dentro del Golfo de California (Figura 6).

La diversidad calculada durante estas dos épocas muestra que en otoño se obtuvo una alta diversidad de 2.74 bits/individuo y una equidad de 0.64. En primavera se registró una diversidad de 1.18 bits/individuo y una equidad de 0.66.

El dendrograma del análisis de similitud entre las estaciones mostró dos agrupaciones en primavera y en otoño, con una similitud superior al 70%. Durante primavera en el grupo I destaca la presencia de *Sardinops sagax* y *Seriola lalandi*, en el grupo II se ubico la estación 17 donde se encuentra presente la mayor abundancia de la especie *Vinciguerria lucetia*.

En otoño el grupo Ia con una similaridad superior al 70%, y especies representadas por *Opisthonema spp.*, *Mullidae spp.*, *Benthosema panamense*, con abundancias relativas superiores al 5%. El grupo IIa agrupa a la estación BLP-12 que presenta la

Cuadro 1. Continuación

EXOCOETIDAE	<i>Cheilopogon heterurus</i>		X
	<i>Fodiator acutus rostratus</i>		X
	<i>Hirundichthys spp.</i>		X
	<i>Prognichthys tringa</i>		X
HOLOCENTRIDAE	<i>Holocentridae spp.</i>		X
	<i>Myripristis leiognathos</i>		X
	<i>Sargocentron suborbitalis</i>		X
MELAMPHAIDAE	<i>Melanphaidae spp.</i>		X
FISTULARIIDAE	<i>Fistularia corneta</i>		X
SCORPAENIDAE	<i>Pontinus spp.</i>		X
TRIGLIDAE	<i>Triglidae spp.</i>		X
SERRANIDAE	<i>Diplectrum spp.</i>	X	X
	<i>Hemantias signifer</i>		X
	<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>		X
	<i>Serranidae spp.</i>		X
PRIACANTHIDAE	<i>Pristigenys serrula</i>		X
APOGONIDAE	<i>Apogon retrosella</i>		X
CARANGIDAE	<i>Carangidae spp.</i>		X
	<i>Caranx caballus</i>		X
	<i>Caranx sexfasciatus</i>		X
	<i>Chloroscombrus orqueta</i>		X
	<i>Decapterus spp.</i>		X
	<i>Selar crumenophthalmus</i>		X
	<i>Seriola spp.</i>		X
	<i>Seriola lalandi</i>	X	
	<i>Trachinotus kennedyi</i>		X
	<i>Trachinotus rhodopus</i>		X
CORYPHAENIDAE	<i>Coryphaena hippurus</i>		X
LUTJANIDAE	<i>Hoplopagrus guentherii</i>		X
	<i>Lutjanus spp.</i>		X
GERREIDAE	<i>Gerreidae spp.</i>		X
HAEMULIDAE	<i>Haemulidae spp.</i>		X
SPARIDAE	<i>Calamus brachysomus</i>		X
MULLIDAE	<i>Mullidae spp.</i>		X
KYPHOSIDAE	<i>Kyphosidae spp.</i>		X
	<i>Kyphosus analogus</i>		X
	<i>Medialuna californiensis</i>		X
EPHIPPIDAE	<i>Chaetodipterus zonatus</i>		X
ACANTHURIDAE	<i>Acanthuridae spp.</i>		X
CHAETODONTIDAE	<i>Chaetodontidae spp.</i>		X
POMACENTRIDAE	<i>Abudefduf troschelli</i>		X
	<i>Hypsypops rubicundus</i>		X
	<i>Pomacentridae spp.</i>		X
	<i>Stegastes rectifraenum</i>		X
CIRRITHIDAE	<i>Cirrithidae spp.</i>		X
MUGILIDAE	<i>Mugil cephalus</i>		X
LABRIDAE	<i>Labridae spp.</i>		X
SCARIDAE	<i>Scaridae spp.</i>		X

Cuadro 1. Continuación

	<i>Scarus spp.</i>		X
CALLIONYMIDAE	<i>Synchiropus atrilabiatus</i>		X
ELEOTRIDAE	<i>Eleotridae spp.</i>		X
GOBIIDAE	<i>Gobiidae spp.</i>		X
SCOMBRIDAE	<i>Auxis rochei</i>		X
	<i>Auxis spp.</i>		X
	<i>Auxis thazard</i>		X
	<i>Scomber japonicus</i>	X	
	<i>Euthynnus lineatus</i>		X
TRICHIURIDAE	<i>Lepidopus fitchi</i>		X
ISTIOPHORIDAE	<i>Tetrapturus audax</i>		X
PARALICHTHYIDAE	<i>Cyclopsetta panamensis</i>		X
	<i>Etropus crossotus</i>		X
	<i>Syacium spp.</i>		X
BOTHIDAE	<i>Bothidae spp.</i>		X
	<i>Bothus leopardinus</i>		X
CYNOGLOSSIDAE	<i>Symphurus atramentatus</i>		X
	<i>Symphurus spp.</i>		X
BALISTIDAE	<i>Balistes polylepis</i>		X
	<i>Balistidae spp.</i>		X
TETRAODONTIDAE	<i>Sphoeroides lobatus</i>		X

mayor abundancia superior al 30% integrado por la especie *Gerreidae spp.* (Figura 7).

Las características físicas del agua marina en el área de estudio muestran una temperatura media de 16.04°C para primavera y de 21.19°C para otoño. La temperatura máxima se presentó en otoño con un error estándar de 0.0893°C (Cuadro 2).

La salinidad en primavera presentó una media de 35.01UPS, mientras que en otoño fue de 34.91 UPS, la concentración mínima se presentó en otoño y la máxima en primavera, con la variación mayor en primavera con un error estándar de 0.0032 UPS, 0.0015 UPS superior al de otoño (Cuadro 2).

La densidad expresada como sigma-t presentó en primavera una media de 25.67 kg m⁻³ y en otoño de 24.41 kg m⁻³, registrándose los valores máximos y mínimos en otoño (Cuadro 2).

La temperatura del mar muestra una diferencia de hasta 5°C en promedio entre las dos épocas, claramente en primavera se registraron temperaturas más bajas que en otoño. Sin embargo se observa que esta variación esta dada por su interacción con el GC, por el gradiente térmico que va desde los 29.28°C, por ser la temporada cálida una intrusión de agua proveniente del GC.

El diagrama T-S durante primavera registró Agua Intermedia del Pacífico (AIP), Agua Subsuperficial Ecuatorial (ASsSt) y Agua del Golfo de California (AGC). En otoño en los diagramas T-S se registró AIP, ASsSt, AGC y Agua Superficial Ecuatorial (ASE) (Figura 8). Mientras que en primavera no se detectó ASE.

Al analizar las imágenes de temperatura y biomasa en primavera y otoño nos permite inferir que gran parte de las características hidrográficas superficiales están dadas por la interacción de la BLP-GC caso contrario a lo mencionado por Salinas (2000) que

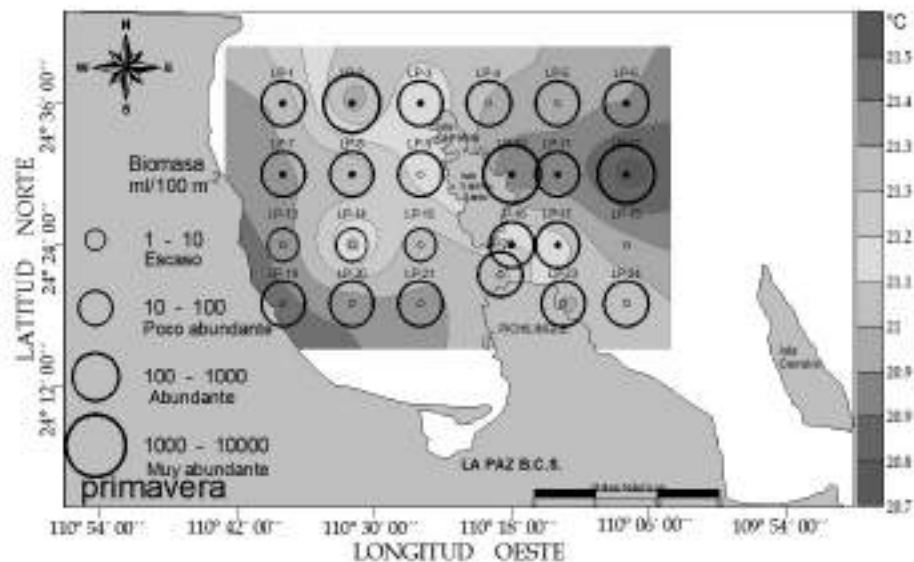


Figura. 2. Mapa de distribución horizontal de la concentración de biomasa zooplanctónica en ml/1000 m² durante primavera del 2009 en la BLP.

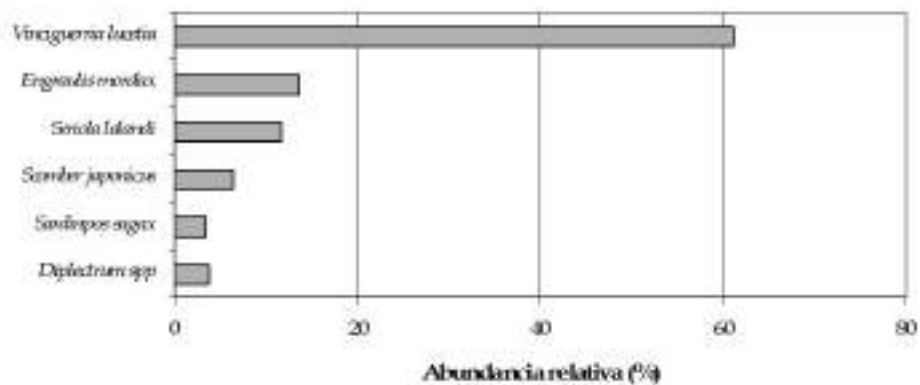


Figura. 3. Abundancia relativa de especies del ictioplancton en la BLP durante primavera de 2009.

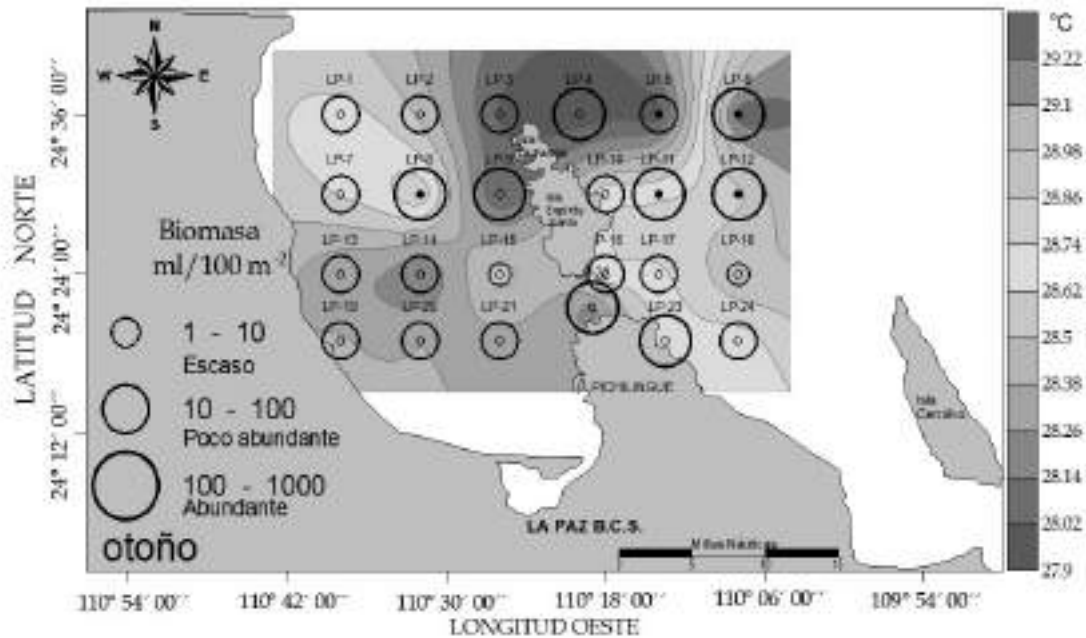


Figura 4. Mapa de distribución horizontal de la concentración de biomasa zooplanctónica en ml/1000 m² durante otoño de 2009 en la BLP.

menciona que las aguas de la BLP se encuentra aislada de las del GC.

Los resultados del presente trabajo indican que en otoño los valores de riqueza y diversidad fueron altos ($H = 2.74$ bits/individuo) en contraste con el periodo de primavera ($H = 1.18$ bits/ind) la alta

diversidad y riqueza específica encontrada en este estudio coinciden de manera general con lo encontrado por diferentes autores (De Silva, 1997; y Sánchez *et al.*, 2004a y 2004b), quienes mencionan que el mayor registro de riqueza específica y diversidad se encuentra en la temporada cálida (otoño) y la menor en la temporada fría (primavera).

Cuadro 2.- Estadística descriptiva de temperatura, salinidad y sigma-t en la BLP en primavera y otoño de 2009.

	<i>N</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>	<i>Desv.</i>	<i>Err.</i>
Primavera						
Temperatura (°C)	5435	7.07	21.45	16.04	3.95	0.0535
Salinidad (UPS)	5435	34.57	35.41	35.01	0.24	0.0032
Sigma-t (kg m ⁻³)	5435	24.55	26.98	25.67	0.72	0.0097
Otoño						
Temperatura (°C)	4785	9.07	29.28	21.19	6.18	0.0893
Salinidad (UPS)	4785	34.32	35.35	34.91	0.12	0.0017
Sigma-t (kg m ⁻³)	4785	21.89	26.80	24.41	1.57	0.0226

- *N* es el tamaño de la muestra.

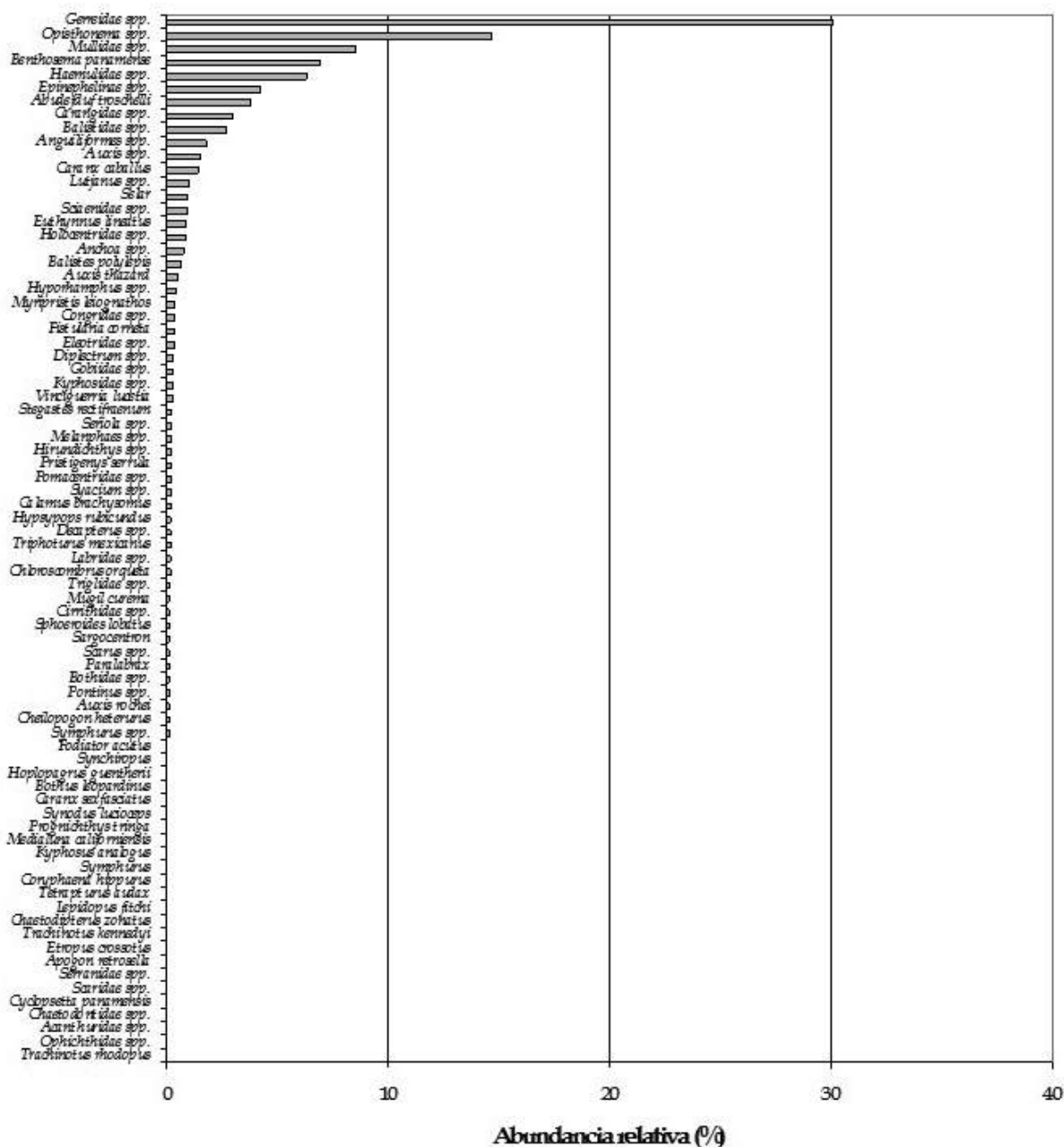


Figura.- 5. Abundancia relativa de especies del ictioplancton en la BLP durante otoño de 2009.

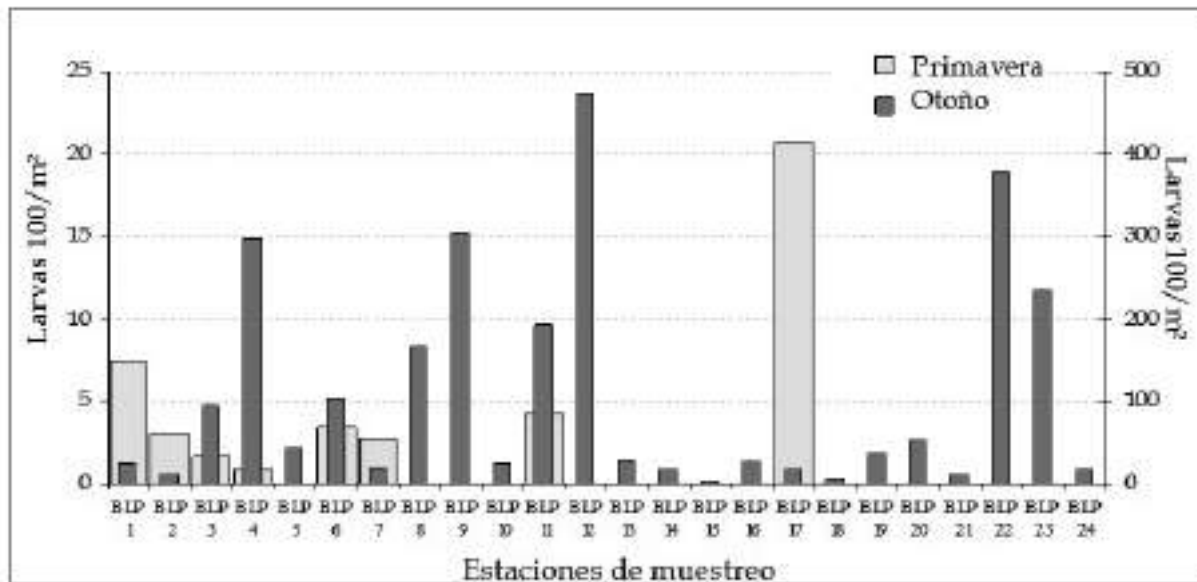


Figura.- 6. Comparación de los valores de abundancia de larvas de peces en las estaciones de muestreo durante primavera y otoño de 2009.

El número de taxa encontrados en otoño fue de 82, lo que difiere con los reportados por (Sánchez *et al.*, 2004b) quienes reportaron 147 taxa de larvas de peces de 753 especies de peces en estado adulto reportadas para el golfo por (Castro *et al.*, 1994), lo que

puede estar dado por el número de larvas en eclosión sin identificar dado su desarrollo. Los resultados también difieren de la reportado por Moser *et al.* (1974) y Ávalos *et al.* (2003), pero cabe señalar que ellos mencionan que la diversidad, riqueza y

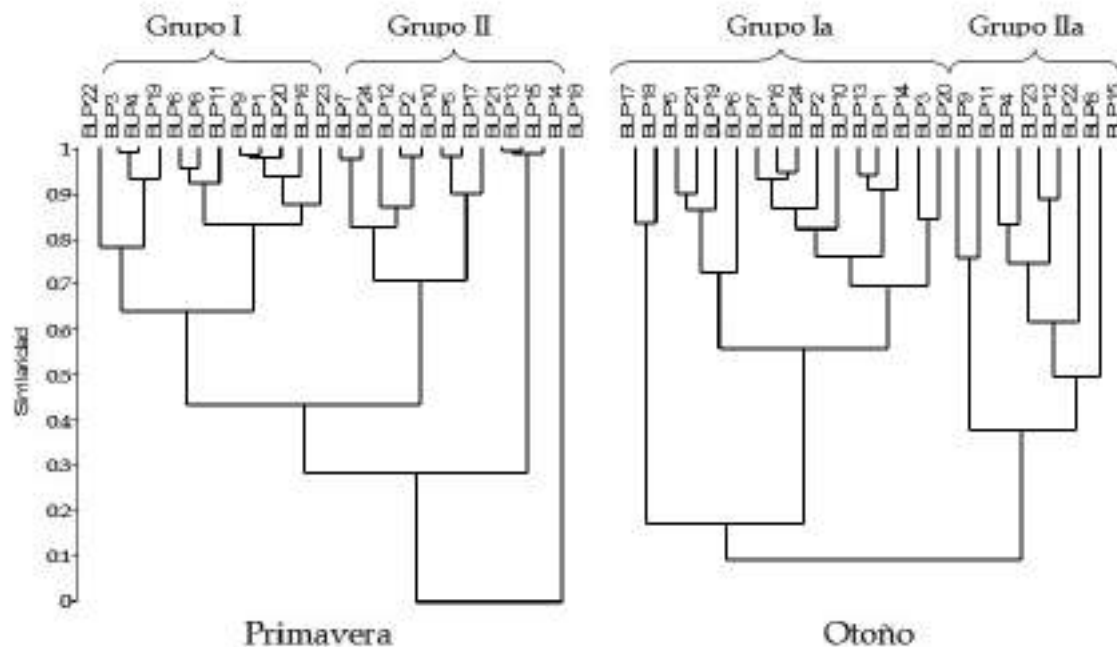


Figura.- 7.- Dendrograma de las estaciones de muestreo durante primavera y otoño con el índice de similitud de Bray-Curtis (enlace de promedio simple).

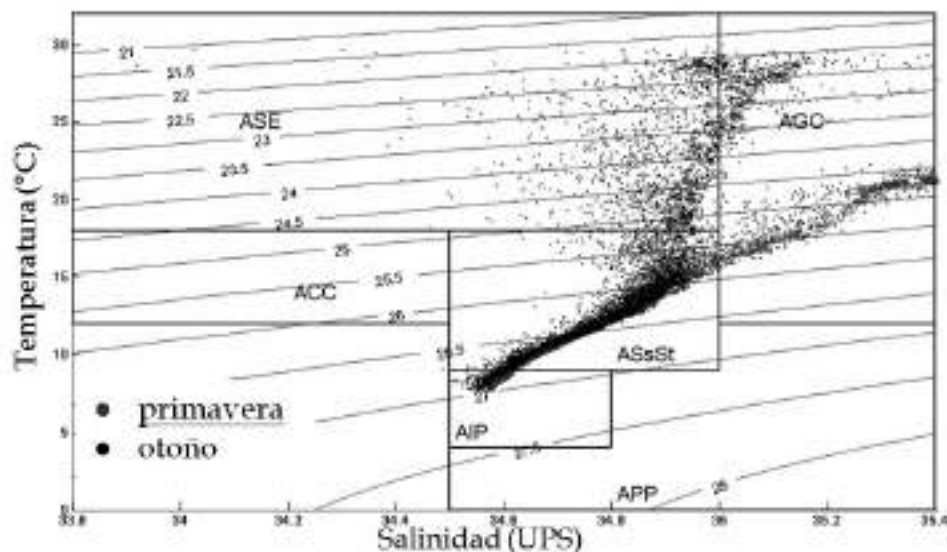


Figura 8.- Diagrama T-S durante primavera y otoño en el 2009 en la BLP.

composición de especies varían dependiendo de la temporada del año.

Registrar un número mayor de taxa en otoño y el menor número en verano, ha sido reportado por diversos autores en temporadas cálida y fría para el GC (De Silva, 1997; Avalos *et al.* 2003) y en la Bahía de La Paz (De Silva, 1997; y Sánchez *et al.*, 2004a, 2004b), quienes han registrado la mayor riqueza específica y diversidad en la temporada cálida y la menor en la temporada fría, asociada principalmente a las variaciones del ambiente.

En la distribución horizontal de la concentración superficial de la biomasa podemos observar que en ambas épocas (primavera y otoño) la distribución se invierte; donde algunas especies tienen distribuciones temporales, estando con más abundancia en algunas épocas del año. Existe un claro predominio de larvas de peces de *Vinciguerria lucetia* durante primavera mientras que en otoño predominan las especies de *Gerreidae spp* y *Ophisthonema spp*.

En el presente estudio fue posible identificar en la BLP durante primavera AIP, ASsSt y AGC, notándose la presencia durante otoño de Agua Superficial Ecuatorial (ASE). Obeso-Nieblas (2003) reportó la presencia en mayor proporción del ASsSt, AGC y del arribo del ASE en julio de 1997, coincidiendo con lo reportado por Reyes (1999) y Monreal *et al.* (2001).

La BLP presentó una distribución vertical de la salinidad muy heterogénea ya que registró valores dentro del rango de 34.57 UPS a 35.41 UPS durante primavera y durante la época de otoño el rango fue de 34.32 UPS a 35.35 UPS. Debido a que esta masa de agua (AGC), ocupa en mayor proporción la parte superficial del golfo. Presentó escasa variación en su salinidad sin embargo el calentamiento solar en otoño es mayor por lo que la evaporación tiende a incrementar los valores de salinidad.

De acuerdo a la asociación de especies registradas durante estas dos épocas, se puede proponer que las variaciones encontradas entre ambos periodos, obedecen de manera importante a la influencia de la temperatura

del mar, lo que debe ser constatado con estudios posteriores.

CONCLUSIONES

Durante otoño se registró el mayor número de taxas (78) y en primavera (6) de acuerdo a esta caracterización ecológica y asociaciones de especies registradas durante estas dos épocas, se puede proponer que las variaciones encontradas entre ambos periodos, obedecen de manera importante a la influencia de la temperatura del mar. Existe un claro predominio de larvas de peces de *V. lucetia* durante primavera mientras, que en otoño predomino las especies de la familia *Gerreidae spp.* y del género *Ophisthonema spp.*

En primavera se observo la presencia de agua con características del AIP, ASsSt y AGC. Mientras que en otoño estuvieron presentes AIP, ASsST, AGC y ASE aguas más cálidas.

LITERATURA CITADA

Armenta Martínez L.F. 2004. Composición y distribución de larvas de peces en la Bahía de La Paz (Golfo de California) durante épocas climáticas extremas (verano del 2001 – invierno del 2002). México 44p. (Tesis de Licenciatura. U.A.B.C.S. La Paz. B.C.S.)

Avalos García C.L., Sánchez Velasco and B. Shirasago 2003. Larval fish assemblages in the Gulf of California and their relation to hydrographic variability (autumn 1997-summer 1998). Bull. Mar. Sci. 72(1); 63-76.

Arreola, L.A. 1991. Larvas de Peces EB La Ensenada de La Paz, B.C.S. (1984) Tesis de

Licenciatura. Dpto. de Biol. Mar. UABCS, 24 pp.

Bray, J.R. y J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological. Monographs.- 27:325-349.

Castro Aguirre, J.L. E.F. Balart y J. Arvizu-Martínez, 1994. Consideraciones generales sobre la ictiofauna de las lagunas costeras de México, Zoología informa. ENCB-IPN (27) 47-84.

De Silva Dávila, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufásidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en la Bahía de la Paz, B.C.S., México 112 p. (M. Sci. Tesis, CICIMAR-IPN, U.A.B.C.).

Kara, A.B., P.A. Rochford and H.E. Hurlburt (2003), Mixed layer depth variability over the global ocean, J. Geophys. Res., 108 (C3), 3079, doi:10.1029/2000JC000736.

Jiménez Illescas, A.R. M. Obeso-Nieblas, M.A. Alatorre Mendieta, S. Troyo-Díez y H. García-Escobar, 1994. Hidrografía de la Bahía de La Paz, B.C.S. Oceanología 2:115-131.

Lasker, R. 1981. Marine Fish Larvae. Morphology, ecology and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program. Seattle and London. 131 p.

Lavín, M.F., E. Beier, A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: Escalas estacional e interanual. En: Contribuciones a la Oceanografía. p. 141-171

Margalef, R. 1980. Ecología. Edit. Press. México 540 pp.

Moser, G. E. H. Ahistrom, D. Krames y E.G. Stevens, 1974. Distribution and abundance of fish eggs and larvae in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 17: 112-128.

Moser, H.G. 1996. The early stages of fishes in the California Current region. CalCOFI, Atlas No. 33 Allen Press Inc. Lawrence. Kansas.

Moreno Salas, G. 1996. Distribución y abundancia de larvas de peces en la Bahía de La Paz, B.C.S., 60 p. (Tesis profesional CICIMAR-IPN, U.A.B.C).

Monreal Gómez M.A., Molina Cruz A., Salas de León D.A. 2001. Water masses and cyclonic circulation in La Paz Bay, Gulf of California, during June 1998. J. Mar. Syst. 50: 305-315.

Obeso Nieblas M & AR Jiménez Illescas. 1989. Propagación de la constituyente M2 de la marea en La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, mediante un modelo bidimensional hidrodinámico numérico. Ciencias Marinas CICIMAR 4: 241-256.

Obeso Nieblas M. Bernardo Shirasago-Germán, Juan Gaviño-Rodríguez, Edgar Pérez Lezama, Hipólito Obeso-Huerta y Ángel Jiménez Illescas. 2008. Variabilidad hidrográfica en Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(3): 559-567

Obeso Nieblas M. 2003. Variabilidad espaciotemporal de las condiciones oceanográficas de la bahía de La Paz, BCS, México 337 (Tesis doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, La Paz BCS).

Obeso Nieblas, M. B. Shirasago-German, A.R. Jiménez Illescas y L. Sánchez Velasco.

2000 variación de las condiciones oceanográficas en la Bahía de La Paz B.C.S. México durante dos épocas en 1997. XII Congreso Nacional de Oceanografía.

Obeso Nieblas M. J.H. Gaviño Rodríguez B., Shirasago German, M.A. Alatorre Medieta y L. Sánchez Velasco. 2001 Análisis de la estructura hidrográfica en la Bahía de La Paz B.C.S., México. Unión Geofísica Mexicana, A.C. Reunión Anual.

Pielou, E.C., 1975 Ecology diversity. Ed. John Wiley and Sons, Inc. 165 p.

Reyes Salinas, A. 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S., México 112p (Tesis de Maestría. CICIMAR, La Paz).

Salinas, G.F. 2000. Mezcla turbulenta y transporte de masa en la Bahía y Ensenada de La Paz B.C.S. Experimentación y modelación numérica. México 260 p. (Tesis de Doctorado. Cent Interdisciplinario Ciencias Marinas IPN La Paz, B.C.S.).

Sánchez Velasco L., Avalos García, Rentería Cano y B Shirasago 2004^a. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (El niño 1997-1998 and la Niña 1998-1999). Deep Sea Research II. Vol. 51 711-722

Sánchez Velasco L., Jiménez Rosenberg P.B., Shirasago y M. Obeso-Nieblas 2004b. Distribution and abundance of fish larvae in Bahía de La Paz (Gulf of California) and their relation hydrographic variability during summer (1997-1998) Deep Sea Research II. Vol. 51:723-737.

Smith, P.E. and S.L. Richardson, 1979. Standard Techniques for pelagic fish egg and larvae survey. FAO fish. Tech. Pap. 175.

100p.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Marina – Armada de México, DIGINDES.- DIGAHOHM.- EIOT por los datos oceanográficos proporcionados de los cruceros VERTIMIENTOS 2009, que permitió la realización del presente trabajo de investigación.

APORTACIÓN A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA HUMANA POR LA ACTIVIDAD PESQUERA EN EL LAGO DE ZAPOTLÁN Y LA PRESA BASILIO VADILLO

J. Guadalupe Michel Parra¹; Isabel Montaña Larios² y Evangelina Díaz Andrade¹

Centro Universitario del Sur Departamento de Desarrollo Regional¹. Centro Universitario del Sur.

Carrera Lic. Nutrición². Universidad de Guadalajara¹

Av. Enrique Arreola Silva 888. Cd. Guzmán, Jalisco. Tel.341-5752222 ex.46074.

Correo electrónico:michelp@cusur.udg.mx, isa_ml64@hotmail.com, evadiaz1971@hotmail.com.

RESUMEN

El presente estudio ecológico, tuvo como objetivo conocer las aportación productivas y nutrimentales de la actividad pesquera del lago de Zapotlán y la presa Basilio Vadillo, a la seguridad alimentaria; las especies ictiológicas alimentarias en común de los humedales son; tilapia, carpa y lobina. El charal y el bagre son la diferencia entre ambos. La captura mínima por pescador en la Laguna de Zapotlán es de 12.56 kg/día, y en la presa Basilio Vadillo es de 20 kg/día. El esfuerzo pesquero entre la presa Basilio Vadillo y el lago de Zapotlán es 13% respectivamente; se detectó diferencia entre lago eutrófico y una presa oligotrófica, temperatura de 21.9 y 26 °C en promedio y el pH es de 9.4 y 8.5 de los humedales. Se concluye que la actividad pesquera con buenas prácticas de manejo puede contribuir a la seguridad alimentaria; prioridad de México.

Palabras clave: humedales, alimentación, pesca.

INTRODUCCIÓN

Según la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) para que coexista la seguridad alimentaria debe haber: a) disponibilidad de alimentos; la existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, b) acceso a los alimentos; acceso de las personas a los recursos adecuados para adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva, c)utilización; utilización biológica de los alimentos a través de una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica; d) estabilidad; una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento. Resume que existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana(FAO

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 31-39.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

1996); por eso desde hace tiempo atrás se ha visto que la demanda de proteína de origen animal para la alimentación del hombre se incrementa cada día más obligando a realizar estudios para su solución de manera sustentable y óptima, una opción la ofrecen las especies animales con alta tasa de deposición proteica. Algunas de éstas se encuentran en los peces que se capturan en los diversos ecosistemas acuáticos, como ríos, lagos, presas, esteros y mares, por lo cual es necesario proteger, conservar, aprovechar y manejar sustentablemente los humedales que ofrecen estos servicios (Guzmán, 1994), mediante actividades productivas como la pesca, ya que contribuyen generando fuentes de alimento y empleo; por ello en el Lago de Zapotlán y en la presa Basilio Vadillo se han comenzado a impulsar diferentes investigaciones en el aspecto ictiológico, limnológico, pesquero y sanitario, mismos que se han fortalecido con la Protección, conservación y manejo sustentable del ecosistema (Parra *et al.*, 2011).

El estudio de la fauna ictiológica es indispensable, debido a que conforma un grupo de gran importancia, tanto en el aspecto económico, se obtiene alimento, recreación, ornato y recursos económicos, como en el aspecto ecológico, por la importancia del papel que juegan en los ecosistemas acuáticos. Lo que obliga a desarrollar programas de conservación, a través de estudios que den a conocer su situación real, más aún en este momento, debido a las crecientes condiciones de deterioro y modificación ambiental, que sufren su hábitat y que ponen en peligro su supervivencia, por el incremento de la contaminación, la desecación de los cuerpos de agua, la introducción de especies exóticas y la sobrepesca, entre otras causas (Guzmán, 1990).

En México se encuentra aproximadamente el 60% de los peces de agua dulce de Norteamérica y el 6% del total mundial. Miller (1986) reporta 500 especies de peces dulceacuícolas para México, agrupados en 47 familias. Espinosa y colaboradores (1993) registran un total de 506 especies. Guzmán (1990 y 1998) para el Occidente de México (Nayarit, Jalisco, Colima, Aguascalientes, Guanajuato y Michoacán) registra 191 especies y para el Eje Neovolcánico en la misma región a 98 especies.

De las 8 familias más numerosas en el planeta (con mas de 400 especies cada una) 4 se encuentran en Jalisco: Cyprinidae, Gobiidae, Cichlidae y Characidae. De las 7 familias con mayor número de especies endémicas de México, 5 se encuentran en el estado: Petromizontidae, Goodeidae, Cyprinidae, Atherinidae y Poecilidae. Siendo la segunda y cuarta familias exclusivas de la región. El endemismo es alto en la cuenca del Lerma-Santiago (66%), menor en la cuenca del Balsas (35%) y del Ameca (32%) y mucho menor en el Duero (15%), (Espinosa, 1993; Aguilar y González, 1997; Guzmán *et al.*, 1994). Sánchez (1994) menciona que 14 especies de peces de agua dulce han desaparecido en México y 2 han sido extirpadas (existen solo en otro país). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 se reportan 139 especies de peces de agua dulce para México que están amenazadas o en peligro de extinción.

Ictiofauna de Jalisco

El Catálogo sistemático de las especies de Jalisco, está formado por 32 familias, 69 géneros y 137 especies. Se describen a continuación las características generales de las familias y/o de las especies, agrupadas y ordenadas en 8 grupos y en 38 aspectos:

Las principales especies acuáticas que son

aprovechadas vía la pesca (comercial, de subsistencia y deportiva) y la piscicultura (para alimento u ornato), se pueden considerar en tres grupos: Las especies que son nativas de México, las especies que siendo nativas de México han sido llevadas fuera de sus áreas naturales, considerándose como trasfaunadas y las especies exóticas que provienen de otros países (Arredondo, 1983; Escalante y Contreras, 1984 y 1985; Guzmán, 1994).

Las sardinitas (*Characinidae*), son usadas como alimento o carnada en la zona costera; Los boquinetes (*Catostomidae*) son ampliamente aprovechados en las zonas del centro y sur del estado; Los ciprínidos nativos (*Ciprinidae*) como la popocha y la sardina, tuvieron gran importancia económica hasta los años 70's, cuando prácticamente desaparecieron por la introducción de especies exóticas y la sobrepesca; Los bagres (*Ictaluridae*) en ríos y lagos son muy apreciados; La trucha de tierra caliente (*Mugilidae*), es de las pocas especies aprovechadas en las estribaciones montañosas de la zona costera, junto con las lisas de la zona estuarina; Los pescados blancos y los charales (*Atherinidae*), del altiplano, es tal vez el grupo mas importante de agua dulce en Jalisco por su volumen de captura; Las mojarra nativas de aguas estuarinas (*Gerridae*) y las de agua dulce (*Cichlidae*) de los ríos y lagunas de las planicies costeras; los burritos (*Haemulidae*), las sardinas (*Cupleidae* y *Engraulidae*), el sabalote (*Chanidae*), los róbalos (*Centropomidae*), los pargos (*Lutjanidae*), las barracudas (*Sphyraenidae*), los jureles (*Carangidae*), las guavinas (*Eleotridae*) y los lenguados (*Bothidae* y *Soleidae*), especies estuarinas y marinas que penetran en las aguas estuarinas son ampliamente aprovechadas. Algunas especies de peces (*Goodeidae*, *Poecilidae*, *Gobiidae* y

Cyprinidae, etc.) por su tamaño pequeño o mediano, son consumidos localmente o empleados como carnada, sin que tengan una pesquería específica (Guzmán, 1995).

Especies exóticas

La introducción indiscriminada de especies a los sistemas acuáticos, como política de desarrollo rural en México, ha tenido muy graves consecuencias sobre las especies nativas, en especial en los cuerpos de aguas naturales (lagos y lagunas costeras), que van desde la drástica disminución de poblaciones de las especies nativas de peces, la desaparición de especies de peces de gran valor ecológico y económico, hasta la modificación grave de la estructura de las comunidades biológicas que habitan en las aguas continentales (simplificación de las cadenas alimenticias).

En relación a las especies exóticas: Arredondo (1983) presenta un trabajo sobre las especies de importancia económica introducidas en México. Contreras y Escalante (1982) sobre los impactos de los especies exóticas. Escalante y Contreras (1984 y 1985), amplían la información en dos trabajos publicados sobre este mismo aspecto. Guzmán (1990 y 1994) presenta trabajos regionales sobre la fauna acuática del Occidente de México (Nueva Galicia) y sobre el impacto del hombre en sus comunidades, incluye un tema sobre especies exóticas y su efecto en el lago de Chapala. Morelos y Guzmán (1990 y 1995) lo complementan con dos trabajos sobre la ictiofauna pesquera, nativa, endémica y exótica del lago de Chapala.

La carpa común (*Cyprinus carpio*) y sus variedades, fue introducida a finales del siglo pasado (Arredondo, 1983), ampliamente distribuida durante los años 50's en el altiplano central de México. La

carpa dorada (*Carasius auratus*), especie de ornato, se le encuentra en el lago de Chapala donde es aprovechada como alimento, se introdujo un poco después que la carpa común. Las diversas especies de carpas chinas llegaron a México en los 70's y desde entonces han sido diseminadas, particularmente en la zona centro del estado, ninguna de ellas incluyendo a la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*) han logrado reproducirse en forma natural en el estado. Rosas (1976) reporta que esta especie solo se ha logrado reproducir en la Presa Infiernillo en Michoacán-Guerrero. Las diversas especies de tilapia (*Oreochromis aurea*, *Tilapia mossambica*, *T. nilotica* y *T. rendalii*), han sido introducidas de manera indiscriminadamente desde los años 70's (Morales, 1991; Arredondo, 1983; Arredondo y Guzmán, 1986; Lyons y Navarro, 1990) en las regiones tropicales y subtropicales de México, actualmente soportan una de las mayores pesquerías del país y del estado. En años recientes se ha manejado via la acuacultura a diversos híbridos de la Tilapia. Con una distribución mas restringida en Jalisco se encuentra la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), en algunas zonas frías, en granjas de cultivo y sembrada en ríos y presas.

Especies trasfaunadas

La lobina negra (*Micropterus salmoides*) originaria del noreste de México, Canada y los E.U.A., fue introducida en el centro de México y en los lagos de Pátzcuaro, Camécuaro y Chapala por los años 40's (Guzmán, 1990). Diversas reintroducciones en tiempos recientes han ampliado su distribución prácticamente en todos los grandes embalses del estado, como las presas de Cajón de Peña, Trigomil, Tacotán, Las Piedras y de la Vega con fines de pesca deportiva. La mojarra de agallas azules (*Lepomis macrochirus*) se introdujo

inicialmente junto con la lobina negra y se le encuentra en una distribución menos amplia que esta. Ambas especies son nativas del Noreste de México, aún cuando los ejemplares introducidos originalmente provenían de los Estados Unidos. El bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) ampliamente difundido por las prácticas piscícolas, ya se ha registrado su libre presencia en presas y lagos del estado, incluyendo el lago de Chapala (Morelos y Guzmán, 1995). Diversas especies de charal y pescado blanco (*Chirostoma spp.*) de Chapala, se han diseminado sobre todo en bordos del centro y noreste del estado, hay registros de charal en las presas del norte de México e incluso en el sur de los E.U.A. Al igual que el bagre de Chapala (*Ictalurus dugesii*) se ha sembrado en presas y lagos (Zapotlán), pero no se tiene conocimiento sobre el éxito de estas repoblaciones.

Por lo que el objetivo del trabajo fue conocer la aportación de la actividad pesquera de la laguna de Zapotlán y la presa Basilio Vadillo, a la seguridad alimentaria y, como objetivos específicos conocer e identificar las diferencias del diagnóstico limnológico, sanitario y el esfuerzo pesquero en ambos humedales para el año 2011-2012.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en un periodo de mayo 2011 a marzo 2012, en la presa Basilio Vadillo y la laguna de Zapotlán.

La presa Basilio Vadillo se encuentra ubicada entre los municipios de Ejutla y el Limón, Jalisco, entre las coordenadas Latitud Norte 19° 15' Longitud Oeste 104° 04'.

Laguna de Zapotlán la cual se localiza en la Región Sur del Estado de Jalisco, entre los Municipios de Zapotlán el Grande y Gómez

Fariás, Jalisco, entre las coordenadas: 19° 27'13" de latitud Norte y a 103° 27'53" de longitud Oeste.

El diseño es de tipo ecológico, longitudinal descriptivo en series cronológicas de lluvias y estiaje con variables nutrimentales, limnológicas, pesqueras y sanitarias, evaluación de la dinámica poblacional, tallas de captura; en el que se realiza el diagnóstico pesquero de ambos humedales, esfuerzo pesquero, especies ictiológicas, reproducción, nutrición y microbiología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el diagnóstico pesquero en la laguna de Zapotlán se capturaron los siguientes tipos de pescados: tilapia, charal y carpa para la pesca comercial y lobina para pesca deportiva encontrándose solo diferencia en el charal el cual es una especie nativa de peces propia de los lagos del altiplano y eje Neovolcánico donde se encuentran prácticamente en su mayoría los lagos de México y el caso de la mojarra criolla (*Cichlasoma beani*) propia de ríos la cual es también una especie nativa la cual se encuentra en la presa Basilio Vadillo. Tanto la especie de charal como la mojarra se encuentran entre las especies con atención de protección especial e incluso de veda en determinadas épocas del año.

La limnología con la que cuenta la laguna comprende una temperatura promedio de 21.76°C, el oxígeno disuelto es de 6.69 mg/L; cuenta con el agua alcalina de 145 ppm y una dureza 155 ppm, el pH es de 9.11. Contiene un total de sólidos disueltos de 0.63 g/L, bajo/alto contenido de amonio y ortofosfato disuelto y Clorofila de 64 mg/m, lo que le da una caracterización de ser un lago natural eutrófico, mientras que la presa Basilio Vadillo esta caracterizado por ser un humedal artificial oligotrófico.

En el esfuerzo pesquero en la Laguna de Zapotlán se caracteriza por tener dos organizaciones pesqueras denominadas sociedades cooperativas, alcanzando un total de 64 pescadores. La captura por pescador es critica por solo alcanzar un promedio de 12.56 kg/día, en periodo de estudio teniendo como promedio anual 293.592 toneladas, prácticamente la mitad de la captura alcanzada en su máxima producción en el año 2005 que fue de 590 toneladas; los especímenes capturados son: carpa; con un promedio de 24 a 31 centímetros y peso de 600 a 800 grs, tilapia; con 22.25 cm y un peso de 236 grs en promedio, y charal; con una captura de 13 toneladas para el lago de Zapotlán. Destaca que para Zapotlán existe una caída muy significativa en la producción de tilapia posiblemente debido a que por algunos años se utilizó la tilapia variedad Stirling (*Oreochromis stirling*) la cual su función zootécnica es producción de carne y prácticamente no se reproduce con éxito como las especies que anteriormente se utilizaban que son las tilapia nilotica y aurea (*Oreochromis aurea* y *O. nilotica*) propias para sistemas extensivos de producción.

En las artes de pesca, se utilizan redes agalleras de longitud de 60 metros de abertura y una malla de 3½" a 4½", para captura de tilapia, carpa y balsas charaleras, nasas, chinchorro y cuchara para captura de charal y embarcaciones que son lanchas de fibra de vidrio de 14 ft.

Dentro de la ictiología se encontró la siguiente: 6 familias, 8 géneros y 13 especies. De las cuales se encontraron: Carpa (*Cirpinus carpio* comunis.), (*Cirpinus carpio* especularis.), tilapia (*Oreochromis* spp.), lobina (*Micropterus salmoides*), charal (*Chirostoma* spp.), pescado lodero (*Goodea atripinnis*) y pintitas (*Poeciliopsis infans*) (Cuadro 1).

Cuadro No 1. Taxonomía de la Ictiología de la “Laguna de Zapotlán”.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
CYPRINIFORMES	CYPRINIDAE	Cyprinus	Cyprinus Carpio	Carpa cometa
			Cyprinus Carpio var. quinquelineatus	Carpa espejo
ACTINOPTERYGII	ACTINOPTERYGII	Actinopterygii	Actinopterygii	Bagre, perca gato
	CYPRINIDAE	Actinopt.	Actinopterygii	Sardina
	ATHERINOMORPHIDAE	Chirocentrus	Chirocentrus spp.	Chirid
	POMCENTRIDAE	Pomacentrus	Pomacentrus opifex	Pomacentrus opifex
	CENTRARCHIDAE	Micropterus	M. salmoides	Lutita
			E. regalis	Mejuna de aguas dulces
			E. maculatus	Mejuna de aguas dulces
	CICHLIDAE	Oreochromis	O. niloticus	Mejuna platada
			O. mossambicus	Mejuna negra
			O. aureus	Mejuna nublada
			Tilapia cili	Tilapia

El diagnóstico microbiológico realizado a los dos humedales mostró como resultado pescados y agua de mala a buena calidad sanitaria, siendo más crítica la contaminación y presencia de bacterias en la laguna de Zapotlán por recibir mayor cantidad de aguas urbanas y arrastres de sustancias agrícolas y pecuarias que impactan al ecosistema, por lo que se infiere en hacer hincapié en uso de buenas prácticas en el consumo del pescado evitándose los cebiches sin cocimiento del

producto o el consumo de pescado sin una buena práctica que garantice la inocuidad alimentaria, problema alta mente acentuado en las cuencas hidrológicas del país como el caso de la colibacilosis por bacterias del tipo de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

El diagnóstico microbiológico realizado a los dos humedales mostró como resultado pescados y agua de mala a buena calidad sanitaria, siendo más crítica la contaminación y presencia de bacterias en la laguna de Zapotlán por recibir mayor cantidad de aguas urbanas y arrastres de sustancias agrícolas y pecuarias que impactan al ecosistema, por lo que se infiere en hacer hincapié en uso de

buenas prácticas en el consumo del pescado evitándose los cebiches sin cocimiento del producto o el consumo de pescado sin una buena práctica que garantice la inocuidad alimentaria, problema alta mente acentuado en las cuencas hidrológicas del país como el caso de la colibacilosis por bacterias del tipo de *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

Dentro del análisis del pescado se manifestó, BMA de 100 a 84’500,000 UFC/g, Coliformes fecales (1.1 a > 8 UFC/100 g), no se encontró *Salmonella* y *Vibrio cholera* No 01, teniendo un rango de 80 a 100%.

En el análisis del agua se encontró BMA de 838 a 78,000 UFC/ml, Coliformes fecales (2.8 a>8 UFC/100 ml), *Salmonella* resultó negativo y *Vibrio cholera* NO 01 con un 26.66%.

La reproducción de la carpa se efectúa dentro de los meses de marzo a septiembre y la de la Tilapia se realiza dentro de los meses de marzo a octubre sujetándose este evento a factores externos ambientales como son la temperatura, siendo arriba de los 20 °C. para carpa y tilapia, resultado óptimo para esta especie de 26 a 28 °C.

Dentro de los resultados bromatológicos, la carpa (*Ciprinus carpio*) presenta una humedad de un 79,59%, cuenta con una proteína cruda de N X 6.25= 15.0%. La tilapia (*Oreochromis sp.*) presenta una humedad de 79.26%, cuenta con una proteína cruda de (N X 6.25= 17.78%, y un total de cenizas de 1.8%.

El diagnóstico pesquero con el que cuenta la presa Basilio Vadillo comprende a tilapia, carpa, bagre, mojarra criolla para pesca comercial y lobina para pesca deportiva. Dentro de la limnología, la presa Basilio Vadillo cuenta con una temperatura de

25.03°C, con un oxígeno disuelto de 5.0 mg/L; el agua alcalina de 145 ppm y una dureza de 155 ppm, tiene su pH de 8.38, contando con un bajo/alto contenido de amonio y ortofosfato disuelto y el contenido de clorofila de 40 mg/m.

Conforme al esfuerzo pesquero, en la presa existe una organización pesquera con un total de 36 pescadores de los cuales son 22 los activos.

La captura por pescador es de 20 a 50 kilogramos diarios obteniendo como un promedio anual de 150 a 240 toneladas. Los especímenes capturados fueron: la carpa con un promedio de 24 a 31 cm y un peso de 600 a 800 gramos, y la tilapia con un promedio de 22.25 centímetros y un peso de 236 gramos en promedio.

Dentro de las artes de pesca cuentan con redes agalleras de longitudes de 60 metros de abertura y mallas de 3½” a 4½”, se cuenta también con embarcaciones (lanchas de fibra de vidrio) de 14 pies con motores de 15 25 caballos de fuerza.

Cuadro No. 2. Taxonomía de la Ictiología de la Presa Basilio Vadillo.

CLASE: Osteichthyes

HIDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	NOBRE COMÚN
Spermatofitas	Celastraceae	Cyperus	Cyperus Cyperus	Capo yuyo
			Cyperus Cyperus var. cyperoides	Capo yuyo
Spermatofitas	ECDECAZACEAE	Endicera	Endicera endicera	Bajo, yu yu
Spermatofitas	GUTTIFERACEAE	Mitraspora	M. capitata	Lubina
			E. repens	Mojito de agallo: andino
			Z. maculata	Mojito de agallo: andino
	CUCURBITACEAE	Discocarpus	D. amara	Mojito pinche
			D. amara	Mojito negro
			O. alba	Mojito rubia
Spermatofitas	Dioscoreaceae	Diocleia	Diocleia diocleia	Trépan
			Diocleia diocleia	Mojito andino
Spermatofitas	POITEACEAE	Poitea	Poitea poitea	Poitea andino
Spermatofitas	GRAMINEAE	Arizema	Arizema arizema	Arizema

Acorde a la Ictiología, las especies que se encontraron fueron 14: la carpa (*Cirpinus carpio* comunis.), la carpa espejo (*Cirpinus carpio* especularis.), el bagre (*Ictalurus*

ochoterenai), la lobina (*Micropterus salmoides*), la mojarra de agalla azul (*Lepomis macrochirus*), la mojarra criolla (*Cichlasoma beani*), la tilapia (*Oreochromis*), (*Oreochromis aureus*), (*Oreochromis niloticus*), la tilapia (*tilapia zilli*), el pescado lodero (*Goodea atripinnis*), las pintitas (*Poeciliopsis infans*) y la sardinita (*Astyanax fasciatus*) (Cuadro 2).

Dentro del diagnóstico microbiológico se encontró que el pescado y el agua son de buena calidad, se presentan pequeñas zonas de contaminación en comunidades rurales aledañas al humedal y en la entrada de la presa por la parte del municipio de Juchitlán. En el análisis del pescado reveló BMA de 300 a 324,000, UFC/g, Coliformes fecales (4.6 a >8 UFC/100 g), no se encontró *E. coli*, *Salmonella* y *Vibrio cholerae*.

El análisis del agua muestra que BMA de 3000 a 100,000 UFC/ml, los coliformes fecales >8 UFC/100 ml y no se encontraron *E. coli*, *Salmonella* y *Vibrio cholerae*.

La reproducción al igual que en la Laguna de Zapotlán es la siguiente: Carpa: marzo-septiembre y Tilapia: marzo-octubre.

Los resultados bromatológicos arrojan que la tilapia (*Oreochromis sp.*) que se produce en la presa Basilio Vadillo tiene las siguientes propiedades: cuenta con una humedad del 81.18%, la proteína cruda es de $N \times 6.25 = 15.31\%$ y las cenizas son un 1.01%.

CONCLUSIONES

La calidad de los productos de la pesca es indispensable para que la industria del sector cubra las demandas crecientes de los consumidores nacionales, respecto a la calidad sanitaria e higiene en el manejo de los productos que se ofertan en el

mercado (NOM. SSA 128). La Laguna de Zapotlán sufre de contaminación natural y antropogénica es por eso que requiere de mayor impulso en su programa de saneamiento.

El agua y el pescado, para ser aptos para comercialización y consumo, deben cumplir con los parámetros de calidad establecidos en la NOM. SSA 128. La cual habla de la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca.

Los productos pesqueros deben someterse a tratamiento de cocción, para evitar la transmisión de agentes patógenos como E. Coli, Vibrio cholera (no patógeno).

Es necesario proteger y conservar las condiciones sanitarias del producto desde su captura o cosecha hasta su comercialización final reduciendo las mermas en valor y volumen y ampliando los tiempos de conservación en beneficio de los productores, procesadores y consumidores (NOM. SSA 128).

En ambos humedales la actividad pesquera con buenas prácticas contribuye a la seguridad alimentaria por las características nutrimentales y calidad del pescado ya que son de las fuentes proteicas más eficientes y de más factibilidad de alcance de los recursos económicos de las comunidades más pobres y demandantes.

LITERATURA CITADA

Arredondo, F.J.L., 1983. Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidas en México. *Biótica* 8 (2): 175-199 pp

Contreras, F., 1985. Las Lagunas Costeras

Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México. 253 pp.

Escalante, C.M.A. y S.B. Contreras. 1985. Especies exóticas. Su distribución en México (Trasfaunadas de sus ecosistemas nativos). Parte II. *Rev. Ciencias del Mar. Univ. Autón. Sinaloa*. México. 1 (7): 18-24 pp.

Espinosa, P.H., 1993. Riqueza y diversidad de Peces. *Ciencias. Número Especial* 7. México. 77-84 pp.

FAO (1996). Cumbre Mundial sobre la Alimentación.

Guzmán, A.M., 1990. La fauna acuática de la Nueva Galicia. Una aproximación a la problemática de su estudio y conservación. *Tiempos de Ciencia. Univ. Guadalajara*. 20. 1-46 pp.

Guzmán, A.M., 1998. Los lagos Naturales del Eje Neovolcánico. Taller sobre regionalización de las cuencas hidrográficas y biodiversidad en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. México. 12 pp.

Guzmán, A.M., A.O. Ortega, J. Lyons y M.H. López. 1994. Abundance, distribution and affinity of Ichthyofauna from Duero river, Michoacan, Mexico. *Society for Conservation Biology. Association for Tropical Biology. Ann. Meet.*, Guadalajara, México.

Guzmán, A.M., y J.S. Bueno. 1993. Diagnóstico y pronóstico de los efectos del llenado y operación del P.H. Aguamilpa, Nayarit en las actividades productivas (Acuacultura y Pesca) en el Estuario del río Santiago y en el litoral adyacente. *Inst. Biol., Univ. Nal. Autón. México*. México. 250 pp.

Guzmán, A.M., (1994). El hombre y su

impacto en las comunidades de peces continentales del occidente de México. Una aproximación a la problemática de su estudio y conservación. La Semana Internacional de Limnología. Comisión Nacional del Agua. Guadalajara. 12 pp.

Lyons, J. y S.P. Navarro. 1990. Fishes of the Sierra de Manantlán, west-central Mexico. The Southwestern Naturalist. 35 (1) 32-46 pp.

Michel Parra, J.G. (2011). Lago de Zapotlán-Laguna de Zapotlán-Sitio Ramsar. Ed. Universidad de Guadalajara. 2° Ed. Cd. Guzmán, Jalisco, México. 240 pp

Michel Parra. J. G y Cols, 2007. La pesca y acuacultura en Jalisco (Panorama). Ed. 1° Ed. Universidad de Guadalajara. Cd. Guzmán, Jalisco, México. 200 pp

Miller, R.R., 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. An. Esc. Nac. Cienc. Biol., México. 30: 121-153 pp.

Morales, A.D., 1991. La tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías. RGT Editor. México. 190 pp.

Morelos, M.G. y A.M. Guzmán. 1990. Ictiofauna endémica del lago de Chapala, Jal., México. I Seminario Internacional "La Tierra". Cent. Cien. Tierra. Inst. Limnol., Univ. Guadalajara. Guadalajara, Jal.

Morelos, M.G. y A.M. Guzmán. 1995. Ictiofauna. En A.M. Guzmán, (Comp.) La pesca en el lago de Chapala: hacia su ordenamiento y explotación racional. Comisión Nacional del Agua. Universidad de Guadalajara. México. 49-71 pp.

NORMA Oficial Mexicana NOM-128-

SSA1-1994, Bienes y servicios. Que establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca.

Sánchez, S.Ma.E., 1994. Peces, anfibios y reptiles. En Animales en peligro de extinción. Guía México Desconocido. México. 13. 27-43 pp.

METALES PESADOS EN EL PEZ *Dormitator latifrons* (RICHARDSON, 1884) Y AGUA DE LA LAGUNA DE TRES PALOS, GUERRERO, MÉXICO

Rodríguez Amador, R.¹, S. Monks¹, G. Pulido Flores¹, J. C. Gaytán Oyarzun¹,
C. Romo Gómez² y J. Violante González³

¹Área Académica de Biología. ²Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo Km. 6.5, C.P. 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México;

³Unidad Académica de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran Vía Tropical # 20, Fracc. Las Playas, C.P. 39390, Acapulco, Guerrero, México.
Correo electrónico:redhiglander@yahoo.com.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es registrar la concentración de metales pesados en *Dormitator latifrons* (Richardson, 1884), el popoyote y el agua de laguna Tres Palos. En febrero de 2011 se tomaron muestras de agua por triplicado en recipientes de polipropileno lavados y tratados con ácido nítrico, cada muestra se ajustó a pH 2 in situ en el área de colecta, y se mantuvieron a 4°C hasta su análisis. Así mismo se recolectó treinta ejemplares de *D. latifrons*, se congelaron in situ, y transportaron al laboratorio para su análisis. Las se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados indican la presencia de Pb en pez y agua, en el músculo se registró una concentración por arriba de los límites permisibles, y en agua por debajo de los límites permisibles de acuerdo a los criterios ecológicos de calidad de agua en México. Se registró la presencia de Cr, Cd y Mn en branquias en concentraciones relativamente altas, en agua no se detectó en el espectrofotómetro de absorción atómica, a una concentración menor al límite de

detección de 0.05 mg/L. El Pb, Mn y Cd son elementos que podrían biomagnificarse en el ámbito de la acuicultura (Golovanova, 2008). Por lo cual, es importante monitorear estos elementos para garantizar la calidad del pescado que proviene de ésta laguna.

Palabras clave: metales pesados, bioacumulación, peces.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años las lagunas costeras han sido objeto de numerosos estudios desde el punto de vista de las ciencias ambientales. Se ha documentado que estos cuerpos de agua albergan una gran diversidad de organismos, los cuales están asociados a sistemas marinos. Sin embargo, los usos a los que se han sometido generan una gran cantidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos, los cuales se pueden incorporar por arrastre de los contaminantes con el influjo de los ríos, que alimentan estas lagunas. Por lo general son afluentes muy contaminados durante todo su cauce, ya que en estos se incorporan escorrentías derivadas

de la producción agrícola, industrial y domestica.

Las lagunas costeras son un ecosistema demasiado complejo, son estuarios, donde el agua marina y dulce se combinan. Están formadas por una boca, una barra de arena y un cuerpo de agua propiamente dicho (Violante, 2007). Estos cuerpos de agua son de importancia ecológica y natural por la gran cantidad de organismos que en ellos existen.

Los contaminantes llegan a lagunas costeras de diferente forma: procesos naturales, actividades humanas, escurrimiento, ríos, deposición directa, etc. (Luna *et al.*, 2002).

Entre estos contaminantes se encuentran los metales pesados, el Pb y Cd son los metales de mayor riesgo para la salud humana (Scarpa y Glatin, 1992). Existe poca información sobre la concentración de metales en lagunas costeras en México, Vázquez-Sauceda *et al.* (2006) realizaron un estudio de la laguna de San Andrés en Tampico Tamaulipas de gran aporte de ostiones, donde detectaron el contenido de metales pesados (Cu, Mn, Fe, Ni, Cd, Pb y Zn) en el ostión, agua y sedimento.

El único estudio publicado para la laguna de Tres Palos Guerrero es el que realizaron De La Lanza *et al.* (2008), quienes realizaron un análisis químico-biológico para determinar el estado trófico de la laguna. Con el fin de cuantificar el deterioro de la calidad del agua, así como el estado trófico en el que se encontraba en 2003, con conclusiones que es una laguna en proceso de eutrofización, por el cambio brusco de plantas y algas.

Conocer la calidad de Laguna Tres Palos en Guerrero es primordial para la conservación de la biodiversidad y para la salud de los

consumidores de los productos que se obtienen de este cuerpo de agua. Por lo cual, el objetivo del presente estudio fue evaluar el contenido de metales pesados presentes en agua de la laguna y en tejido de *Dormitator latifrons*, un pez con importancia comercial en la Laguna Tres Palos Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Laguna de Tres Palos se localiza a 16°47' 14.49" N y 99° 44' 3.89", a 25 km del puerto de Acapulco Guerrero, con una superficie de 55 km² (Figura 1) y este sistema es alimentado por el Río Sabana. El muestreo se realizó en febrero de 2011. Las muestras se colectaron por triplicado en recipientes de polipropileno lavados y tratados con ácido nítrico, se ajustó cada muestra a pH 2 *in situ* y se mantuvieron a 4°C hasta su análisis. Con el apoyo de pescadores locales se colectaron 30 ejemplares de *Dormitator latifrons* (el popoyote) de la misma zona. En el laboratorio las muestras de peces se congelaron hasta disección (se separaron en partes de piel, músculo y branquias) y puestas en estufa para su secado total. Las muestras fueron digeridas con ácido nítrico a presión y temperatura elevadas (180°C) de acuerdo al método EPA method-3015A (EPA, 2007) y se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica para obtener las concentraciones de Cd, Cr, Mn y Pb.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican la presencia de Pb, Cd en agua; de los metales registrados, el Pb rebasó el límite establecido en agua para el uso pecuario de los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua en México (Cuadro 1) (SEDUE, 1989). Así mismo, se rebasó los límites permitidos para productos



Figura 1. Ubicación geográfica de la Laguna Tres Palos, Guerrero. (Google Earth, 2008).

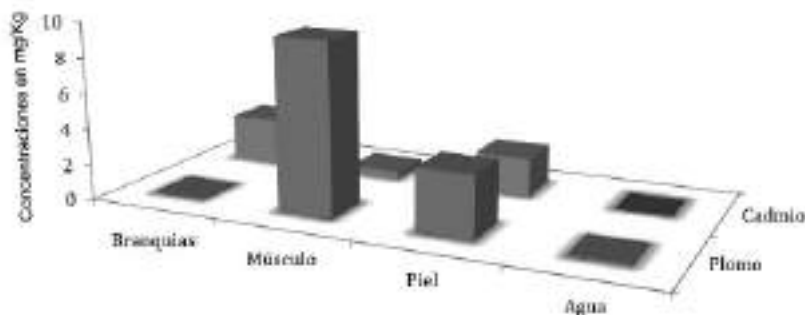


Figura 2. Concentraciones de Pb y Cd en *D. latifrons* y agua de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

alimenticios, al registrarse en músculo en 9.61 mg/kg, y en piel 3.51 mg/kg, de acuerdo a la NOM-027-ssa1-1993, que indica el límite de Pb de 1 mg/kg (Figura 2); para el caso Cd las concentraciones no rebasan los límites establecidos en la normatividad mexicana (Cuadro 1). Sin embargo en tejidos, particularmente en piel se registró en una concentración de 2.22 mg/kg, y en branquias 2.65 mg/kg, la NOM establece que el límite permisible es de 0.5 mg/kg (Figura 2). El Cr no fue detectado aun límite de detección del equipo de 0.05 mg/L en lo que respecta a agua (Tabla 1), pero si se registró en altas concentraciones en branquias 33.5 mg/kg, músculo 12.35 mg/kg y piel 4.89 mg/kg. Para este metal no hay una normatividad que establezca los límites permisibles (Figura 3),

por último el para Mn no se detectó en las concentraciones en agua y no hay límites permisibles para uso pecuario (Cuadro 1), pero en lo que respecta a branquias 23.57 mg/kg, músculo 12.35 mg/kg y piel 8.86 mg/kg las concentraciones son relativamente altas, pero no hay una normatividad que mencione límites permisibles en la NOM (Figura 3), (NOM-027-ssa1-1993; SEDUE, 1989).

Discusiones

Leal *et al.* (2009) reportaron que no detectaron concentraciones de metales en agua de Laguna el Limón, Chiapas, sin embargo las concentraciones detectadas en sedimento de la zona de estudio superaron los límites permisibles para evitar efectos biológicos en la normatividad establecida en

Cuadro 1. Límites permisibles en agua para uso pecuario (SEDUE, 1989).

Metal	Plomo	Manganeso	Cromo	Cadmio
Concentración máxima	0.1 mg/L	SLES	0.02 mg/L	0.02 mg/L

SLES. Sin Límite Establecido en SEDUE, 1989.

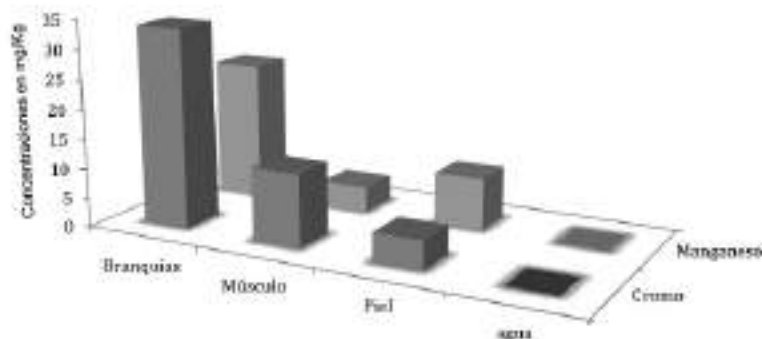


Figura 3. Concentraciones de Cr y Mn en D. latifrons y agua de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

Canadá y los Estados Unidos de América. Por esto la importancia de establecer una nueva normatividad que considere los sedimentos, y que se consideren otros metales debido que solo hay una legislación para muy pocos metales (Bryan y Langston, 1992). Es posible que el fenómeno mencionado este ocurriendo en Laguna Tres Palos, en donde las concentraciones registradas para agua son bajas, pero se desconoce las concentraciones de estos metales en sedimentos. Por ello se sugiere analizar los sedimentos de este cuerpo de agua, ya que los metales presentes en agua se incorporan con los sedimentos, especialmente se asocian con la materia orgánica que conforma a los mismos. Es conocido que el bentos, plantas y animales de los sistemas acuáticos tienen la capacidad de bioacumular ciertos contaminantes. Por lo anterior no se descarta que se presente el proceso de bioacumulación en D. latifrons y otras especies de peces presentes en la laguna. De esta manera estos contaminantes

se pueden biomagnificar; el Pb y Cd no se magnifican a lo largo de la cadena alimenticia (Tacon, 1989; Scarpa y Gatlin, 1992 y Peña et al., 2001).

CONCLUSIONES

En el cuerpo de agua bajo estudio es necesario que se efectúe un seguimiento cercano y amplio que pueda abarcar otras matrices ambientales, tales como sedimento y organismos tanto vegetales, lo más cercano a la cadena trófica, aún cuando las concentraciones en agua son bajas, las concentraciones en diversos órganos del popoyote son altas. Con un monitoreo continuo se podrá descartar si existe algún riesgo a los consumidores de los productos de la laguna tres palos o no están expuestos a algún tipo de riesgo por contaminación de la misma.

LITERATURA CITADA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2002.

Bryan, G. W. y W. J. Langston. 1992. Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom Estuaries: a review. *Environmental Pollution*. 76:89-131.

Castañeda, C. y J. Rábago. 2006. Contenido de metales pesados en agua, sedimentos y ostiones de la Laguna de San Andrés, en Tamaulipas, México. Convocatoria de Tesis de Calidad del Premio Universitario.

EPA, U. S. Environmental Protection Agency 2007. SW-846 EPA Method 3015A: Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. en *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*. Washington, D. C. (primer edición 1995).

Giesy, J. P. y R. L. Graney. 1989. Recent developments in and intercomparisons of acute and chronic bioassays and bioindicators. *Hydrobiologia* 188-189:21-60.

Golovanova, I. 2008. Effects of heavy metals on the physiological and biochemical status of fishes and aquatic invertebrates. *Inland Water Biology* 1:93-101.

De la Lanza-Espino, G., D. J. Alcocer, R. J. L. Moreno, P. S. Hernández 2008. Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica* 18:21-30.

Leal-Ascencio, M. T., S. I. Miranda, E. M. E. Otazo-Sánchez, F. Prieto-García, y A. J. Gordillo. 2009. Metals pollution in El Limón Lagoon, Chiapas, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:415-

421.

NOM, Norma Oficial Mexicana 1994. NOM-027-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. Secretaría de Salud. Diario Oficial, 14 de marzo de 1994.

Peña, E., D. E. Carter, F. Ayala-Fierro. 2001. Toxicología Ambiental Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental. Southwest Hazardous Waste Program. The University of Arizona 197 pp.

Vázquez-Sauceda M. L., G. Aguirre-Guzmán, J. G. Sánchez-Martínez, R. Pérez-Castañeda, C. J. Rábago. 2006. Contenido de metales pesados en agua, sedimentos y ostiones de la Laguna de San Andrés, en Tamaulipas, México. Convocatoria de Tesis de Calidad del Premio Universitario.

Violante-González, J., M. L. Aguirre-Macedo y E. F. Mendoza-Franco. 2007. A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research* 102:151-161.

Scarpa, J., D. M. III. Gatlin. 1992. Effects of dietary zinc and calcium on select immune functions of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*. 4:24-31.

SEDUE. 1989. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua CE-CCA-001-1989. Secretaría Desarrollo Urbano y Ecología. Diario Oficial de la Federación. 02 de diciembre de 1989.

Tacon, A. G. J. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados Manual de Capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 111 pp.

EVALUACIÓN DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SENDEROS Y MALECONES DE LA LAGUNA DE ZAPOTLÁN

J. Guadalupe Michel-Parra¹; J. Emmanuel Jiménez-Moreno² y C. Felipe Pascual Ramos²

¹Centro Universitario del Sur Departamento de Desarrollo Regional. Universidad de Guadalajara
Av. Enrique Arreola Silva 888. Cd. Guzmán, Jalisco Tel.341-5752222 ex.46074.

²Instituto Tecnológico De Cd. Guzmán. Av. Tecnológico 100. Cd. Guzmán, Jalisco
Correo electrónico michelp@cusur.udg.mx; yony24_dub@hotmail.com,

RESUMEN

El presente trabajo se realizó de febrero a octubre de 2011 utilizando para ello un estudio ecológico, transversal y descriptivo en el que se describieron las características arquitectónicas en su primera etapa de los senderos y malecones de la laguna de Zapotlán. Se realizó el estudio de impacto ambiental con su mecánica de suelo, levantamiento topográfico, análisis de medio físico transformado, análisis de las vías de comunicación, análisis de infraestructuras especiales, análisis económico demográfico, elementos y parámetros del subdistrito del lago, conceptos, partido arquitectónico, anteproyecto y proyecto, factibilidad, estrategias y acciones y resultados de obra. Se tomo en consideración el estudio preliminar de ordenamiento ecológico y territorial de la subcuenca de Zapotlán y el Programa de Protección Conservación y Manejo del humedal. El diseño y construcción de los senderos y malecones de la laguna de Zapotlán contribuyeron a las actividades deportivas de la subsede de los

Juegos Panamericanos Guadalajara, 2011.

El humedal tiene un alto potencial ecoturístico, cultural, recreativo, educativo y didáctico, que impulsa el desarrollo comunitario y la integración regional, al fortalecer valores ambientales, culturales y sociales, al fortalecimiento y desarrollo de ecotécnicas para la conservación del humedal, a la protección de la biodiversidad y a la motivación hacia cambios profundos de actitud y aptitud para generar acciones responsables con respecto al ecosistema.

Palabras clave: laguna de Zapotlán, impacto ambiental, ecotécnicas.

INTRODUCCIÓN

A partir del informe Brundtland, el mundo es concebido como un sistema global cuyas partes están interrelacionadas considerándose el concepto de desarrollo sostenible como un proceso multidimensional que afecta al sistema económico, ecológico y social pasando a ser una variable a tener en cuenta en las decisiones de política públicas.

Sin embargo, en los últimos años, una de las cuestiones más preocupantes ha sido el conocer si realmente se siguen pautas de sustentabilidad, es decir, si se tienen indicadores que nos alerten sobre la evolución positiva o negativa de este proceso de desarrollo y progreso.

El lago de Zapotlán es uno de los diez lagos considerados como de los más importantes en México, el cual se encuentra en una cuenca cerrada (endorreica), está clasificado como un lago eutrófico, somero, cálido, con un manejo sustentable exitoso y de una gran belleza escénica y paisajística, con aguas alcalinas y duras, con una gran biodiversidad de aves migratoria y endémicas, con una buena producción pesquera, de hortalizas, frutícola, avícola y ganadera, además de un alto potencial deportivo, ecoturístico, cultural, recreativo, educativo y didáctico (Michel, 2011).

El lago de Zapotlán es un lago de de importancia internacional al ser considerado sitio Ramsar No. 1466 por su gran variedad de nichos ecológicos y los múltiples beneficios al ambiente por la producción de biomasa, por los aportes nutrientes a la cadena alimentaria, por la infiltración de aguas a los mantos freáticos, porque alberga especies únicas en peligro de extinción, porque regula la temperatura y el ciclo hídrico de la región, entre otros muchos beneficios a la población.

El lago de Zapotlán es un sitio de importancia regional ya que todo lo que pasa en la cuenca, repercute en el humedal y porque es el lago el que permitirá que sede una real integración de los municipios de la región sur-sureste del estado en un objetivo en común como es la difusión de las tradiciones, su cultura y el conocimiento de los recursos naturales

susceptibles de explotación turístico-ambiental (Michel, 2011).

Debido a los esfuerzos de gestión y vinculación entre investigadores, técnicos, autoridades y usuarios, se ha logrado una lenta pero eficiente recuperación del lago al mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del cuerpo de agua y su cuenca (Michel, 2009).

Para lo cual es necesario para la mayoría de los centros de población del país y de la región tener instrumentos de ordenamiento ecológico y territorial en los que se pueda plasmar como deberá crecer la metrópoli, ciudad, poblado o localidad, según su situación geográfica en el territorio, para obtener el aprovechamiento de sus recursos naturales, artificiales y las actividades de sus habitantes.

Con el plan de ordenamiento territorial y ecológico se definen las unidades de gestión ambiental (UGAs), los usos potenciales y los vocacionamientos del suelo, con el plan de manejo y saneamiento integral del lago se tienen cubiertas las acciones concretas de protección, conservación, rehabilitación, usos y sustentabilidad que requiere el humedal.

El impacto que se genere se puede prever a través del ordenamiento urbano y territorial. Así se garantiza que el ordenamiento urbano y territorial sea preventivo y no correctivo. (Flores, 2011).

Las administraciones actuales nos plantean los siguientes enunciados al iniciar la investigación aplicada:

Actualizar el plan de desarrollo urbano de centro de población de la cabecera municipal, según las necesidades de desarrollo urbano



Figura No. 1. Sendero y malecón de la laguna de Zapotlán.

y territorial de ciudad guzmán, considerando su operatividad y condicionantes.

Frenar la depredación del patrimonio edificado (fincas patrimoniales) y medio ambiental (áreas naturales), desde el punto de vista de la especulación del suelo creada por el desarrollo inmobiliario a través de una sobreexplotación del aprovechamiento del uso del suelo.

Operación del ordenamiento urbano y territorial en las áreas con mayor potencial para desarrollar actividades socioeconómicas y culturales en función de su potencia de desarrollo; frenar el crecimiento urbano que se ha generado en las áreas identificadas como suelo con indeterminación de límites municipales, por una situación administrativa entre Zapotlán el Grande y los municipios de Zapotiltic y Gómez Farías, donde se están generando problemas de asentamientos urbanos irregulares de una manera irresponsable.

Objetivo general. El aprovechamiento de los recursos naturales como el humedal de la laguna de Zapotlán requieren de una evaluación de la primer etapa del diseño, construcción e infraestructura de los pabellones, senderos y malecones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Laguna de Zapotlán (Figura 1.) se ubica en el sur del Estado de Jalisco entre las porciones territoriales de los municipios de Gómez Farías y Zapotlán El Grande a 124 kilómetros de Guadalajara, a una altitud de 1,500 msnm (INEGI, 2010). Entre las coordenadas (19°27'13" Norte y 103°27'57" Oeste).

La laguna está en la parte más baja de la Cuenca de Zapotlán, está limitada al este por las pendientes de la Sierra del Tigre y la carretera estatal Ciudad Guzmán – Gómez Farías; al sur por Ciudad Guzmán; al oeste por la línea del Ferrocarril Guadalajara-Manzanillo y al Norte, por el área agrícola denominada los Cerrillos y la carretera Gómez Farías - la Cofradía. Está delimitada dentro de los paralelos 19° 34' – 19° 53' de latitud norte y los meridianos 103° 38' - 103° 53' de longitud oeste, sus coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) son: X: 660139.98, Y: 2185983.2 y Z: 1499, en la parte occidental de México (Michel P. J.G. 2011).

Se utilizó criterio de ordenamiento ecológico y territorial y el PCyM del Humedal. En la microrregión denominada Ciudad Guzmán – Tuxpan – Zapotiltic, entre la capital del



Figura 2. Diseño de senderos y malecón de la laguna de Zapotlán.

estado de Colima del mismo nombre (a 63km, aproximadamente) y a 132 km de Guadalajara, Jalisco, su altura sobre el nivel del mar es de 1,520 metros. La subcuenca de Zapotlán alberga a una población de 140,000 personas de las cuales 125,000 son fijas y 15,000 flotantes.

El municipio de Zapotlan El Grande con 107,094 habitantes, siendo la tercera más importante después de las ciudades del área metropolitana de Guadalajara, colinda con los siguientes municipios al norte, con los de Gómez Farías y Sayula; al este con los municipios de Tamazula de

Gordiano y Zapotiltic; al sur con los de Tuxpan y Tonila; al oeste con los de Venustiano Carranza y Zapotitlán de Vadillo. El municipio de Gómez Farías con 15, 075 habitantes.(Parra, 2009).

Se diseñaran 8 senderos interpretativos en 35 kilómetros, todos desarrollados de forma individual bajo su propio concepto cuya temática engloba elementos o lugares de la

- 1.- Sendero Las Garzas
- 2.- Sendero Los Ranchitos
- 3.- Sendero La Cofradía
- 4.- Sendero San Andrés
- 5.- Sendero Los carroñeros
- 6.- Sendero Lacustre
- 7.- Sendero Los Pinos
- 8.- Sendero de Las Ecotécnicas

- Desarrollo de ecotecnologías para la conservación del humedal.
- Protección de la biodiversidad.
- Fortalecimiento de la educación ambiental (formal, informal y ocasional)
- Motivación hacia cambios profundos para generar acciones responsables con respecto al medio ambiente.
- Desarrollo e integración regional.

zona de estudio (Figura 2).

Senderos interpretativos que conformarán el parque temático-ecológico de la laguna de Zapotlán.

Las acciones realizadas busca acercar a las personas al medio natural, constituyendo una simbiosis entre educación, cultura, deporte y medio ambiente.

El presente trabajo se realizó de febrero a octubre de 2011 utilizando para ello un estudio ecológico, transversal y descriptivo en el que se describieron las características arquitectónicas en su primera etapa de los senderos y malecones de la laguna de Zapotlán. Estudio de impacto ambiental con su mecánica de suelo, levantamiento topográfico, análisis de medio físico transformado, análisis de las vías de comunicación, análisis de infraestructuras especiales, análisis económico demográfico, elementos y parámetros del subdistrito del lago, conceptos, partido arquitectónico, anteproyecto y proyecto, factibilidad, estrategias y acciones y resultados de obra (Flores, 2011) y (More, 2009).

Se tomó en consideración el estudio preliminar de ordenamiento ecológico y territorial de la subcuenca de Zapotlán y el Programa de Protección Conservación y Manejo del humedal (PCyM, 2009) (Parra *et al.*, 2009).

El área de protección de la Laguna de Zapotlán (área del sitio Ramsar) es de 1,497 hectáreas, entre 900 y 1,340 hectáreas pueden estar cubiertas de agua con un volumen máximo de acopio en su máxima capacidad de 27 millones m³, con una profundidad de 1.5 a 4.75 metros, una evaporación media anual de 17.7 millones m³ y una precipitación media anual de 812

milímetros en promedio anual (Parra *et al.*, 2011).

Se utilizaron los criterios del Ordenamiento ecológico y territorial y el Programa de Conservación y Manejo de la Laguna de Zapotlán, ya que en ellos se establece que cualquier acción que vaya a ser desarrollada en el entorno del humedal, deberá ser sometida a un escrutinio profundo, el cual debe ser apegado a las leyes, normas reglamentos realizado por investigadores, usuarios y gobierno en sus tres niveles, ya que de esta manera se cubren todos los aspectos importantes y relevantes que pueden surgir de las acciones antropogénicas, las cuales se podrían ser en detrimento y/o perjuicio del ecosistema y consecuentemente del humedal, motivo por el cual debe de existir un consenso de todos los actores en el humedal, que de esa manera quedan satisfechos con los resultados que puedan producirse, pero sobre todo, están consientes de que han participado en la toma de decisiones y que su punto de vista (siempre bajo la observancia de los reglamentos y normas establecidas) son válidos y provechosos para el humedal. Lo anterior, está fundamentado en el hecho de que las acciones que implican posibles cambios y/o alteraciones en el ecosistema, son responsabilidad de la sociedad, todos deben contribuir a cuidar que no suceda así, y, aunque en ocasiones el impacto es negativo, se deben de buscar aquellos que sean positivos y de esa manera se tendrán que sacrificar algunos aspectos en beneficio de otros muchos, y el balance, siempre debe ser a favor del cuerpo de agua.

Por lo anterior, se seleccionó a la Laguna de Zapotlán como subselección de la Olimpiada Nacional 2010 y Juegos Panamericanos Guadalajara 2011 en las especialidades de remo y canotaje, se buscó conocer cuáles serían los planes de construcción

de instalaciones deportivas, su ubicación y dimensiones, para saber cuánto podría ser la posible afectación, por lo que en reunión de todos los participantes comprometidos e involucrados, se decidió hacer el análisis sobre las condiciones que se plantearon para llevar a efecto ambas justas deportivas y así escuchar a las autoridades deportivas sobre sus necesidades para dar cumplimiento a las normas y los posibles ajustes que causaran el menor impacto posible en el ecosistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primer etapa se dio inicio en febrero con los trabajos de gabinete y reuniones para aprobar los trabajos de obra donde participaron los gobiernos municipales de Gómez Farías, Zapotlán el Grande, Comisión Nacional del Agua (CNA), Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADDES) y un responsable académico del Sitio Ramsar por las Instituciones de Educación Superior (IES) construcción de obra construyó medio kilómetro de malecón con senderos, casetas de jueces y ciclistas y se dio mantenimiento primario al total 36 kilómetros de senderos y malecones, en los 500 metros de senderos y malecón se dio una anchura de 8 metros y un elevación de dos metros arriba del límite máximo de agua alcanzado en el lago en su histórico de mayor capacidad de los últimos 50 años y se realizaron conductos de intercambio de agua entre el fragmento de lago oriente y poniente. La fragmentación del lago se había realizado en la década de los 60 cuando se construyó la carretera estatal Ciudad Guzmán - Guadalajara y por falta de mantenimiento se había perdido esta funcionalidad, se aplicó material rocoso en los costados y base de la carpeta de los senderos y malecones, logrando el nivel proyectado y contribuyendo a reducir la acción mecánica del oleaje y el viento sobre

los senderos y el malecón y se logró una compactación aceptable para la aplicación de ladrillo adoquín y huellas de cemento en el sendero y ciclista, se construyó un pabellón que alberga a la escuela de canotaje y remo, baños y una explanada para los deportes al aire libre (Figura 3)

La inversión tuvo un costo de 70 millones de pesos y se realizó con recursos públicos. Sirvió de albergue al mobiliario de 3000 espectadores en promedio en los juegos panamericano Guadalajara 2011.

Un nuevo dilema es el de la falta de un espacio acorde a las necesidades donde la comunidad principalmente infantil, pueda desarrollar plenamente actividades para su crecimiento cultural en un lugar digno, confortable y con los servicios necesarios. Lago -Laguna de Zapotlán, fue sede de los Juegos Panamericanos Guadalajara 2011. Actualmente se tiene un espacio que quedó de los juegos que funcionan como malecón, tales instalaciones no tienen la envergadura necesaria para la comunidad de Zapotlán El Grande, visitantes regionales y extranjeros para poder admirar su belleza paisajística así como su biodiversidad natural y cultural, en donde actualmente se puede notar la poca participación de la comunidad, tomando en consideración que es un Sitio Ramsar y que se están realizando las gestiones ante las instancias correspondiente para que pueda obtener la categoría de Área Natural Protegida, un paradigma a romper es que los humedales hoy en día deben de protegerse, conservarse, manejarse y aprovecharse de manera sustentable en beneficio de una comunidad responsable ya que son patrimonios de la humanidad.

El lago de Zapotlán cumple funciones muy diversas desde la producción de tule para artesanías de la cual viven 300 familias,



Figura 3. Malecon de la laguna de Zapotlán.

la producción pesquera que integra a dos sociedades cooperativas con 64 socios, a 224 usuarios de las concesiones federales las cuales se utilizan para agricultura y ganadería y los servicios ecoturismo con 21 socios y una escuela de remo y canotaje con 200 alumnos.

Los malecones y senderos de la laguna de Zapotlán son ante todo, un lugar de aprendizaje, encuentro, esparcimiento, recreación, física y cultural, relacionándose con su entorno social colaborando con otras instituciones relacionadas al cuidado de los recursos naturales y el fortalecimiento de buenas prácticas en el ecoturismo, utilizando las nuevas tecnologías que le permiten estar en comunicación, socialización, educación y participación pública con la sociedad.

Se toman en cuenta las fortalezas y

oportunidades estratégicas de los senderos y malecones basadas en:

Aprendizaje.- El aprendizaje humano está relacionado con la educación y el desarrollo personal. Debe estar orientado adecuadamente y es favorecido cuando el individuo está motivado. Los usuarios que asistan a las instalaciones podrán aprender tras presentaciones temporales de libros, sobre la importancia que tiene la ecología en estos tiempos disfrutando la belleza del lago y por ende dándose cuenta que sería una desgracia no protegerlo.

Encuentro.- Servirá como un punto de encuentro tanto a jóvenes como a personas adultas no solo de la localidad, logrando así estimular su participación activa convirtiéndose en un icono de la ciudad.

Esparcimiento físico.- Con las instalaciones

se puede lograr atraer más a la juventud a practicar deporte dentro o en los alrededores de la laguna mejorando con esto la calidad de vida de las personas que frecuenten las instalaciones.

Esparcimiento cultural. -Se efectuaran obras de teatro, danza folclórica, artesanías regionales además de exposiciones temporales de flora y fauna de la zona.

Esparcimiento recreativo.- Se pueden efectuar eventos musicales, eventos de fotografía y pintura, exposición de esculturas y muchos otros eventos interdisciplinarios teniendo como estupendo marco la laguna de Zapotlán, el nevado de colima y el bosque Mesófilo.

Todo esto obliga a autoridades (de los tres niveles de gobierno), usuarios y sociedad en general a transitar hacia la consolidación de un sitio sustentable que cumpla con las demandas sociales, económicas, ambientales, culturales y políticas de este humedal.

CONCLUSIONES

El diseño y construcción de los senderos y malecones de la laguna de Zapotlán contribuyeron a las actividades deportivas de la subse de los Juegos Panamericanos Guadalajara, 2011. Donde participaron un promedio de 3000 personas por cada evento deportivo los cuales fueron en el mes de octubre remo del 15 al 19 y canotaje del 26 al 29 en diferentes categorías, dejando como infraestructura y consolidando dos escuelas nacionales de deportes acuáticos de remo y canotaje, los senderos de caminata son utilizados por un promedio de 4200 personas, en ciclismo participan 300, recreación 1500, descanso y ocio.

El humedal tiene un alto potencial

ecoturístico, cultural, recreativo, educativo y didáctico, que impulsa el desarrollo comunitario y la integración regional, al fortalecer valores ambientales, culturales y sociales, al fortalecimiento y desarrollo de ecotécnicas para la conservación del humedal, a la protección de la biodiversidad y a la motivación hacia cambios profundos de actitud y aptitud para generar acciones responsables con respecto al ecosistema.

LITERATURA CITADA

Flores S. R.C. (2011) Análisis del marco de planeación urbana territorial de la laguna de Zapotlán el Grande. Tesis de licenciatura en urbanística y medio ambiente. Guadalajara, Jal.

Michel P. J.G., *et al.* 2011. Lago-laguna de Zapotlán-Sitio Ramsar-Humedal de importancia internacional. Ed 2°. Ed. Universidad de Guadalajara. Pp. 260.

Michel P. J.G, *et al.* (2009). Guadalajara 2011 (Juegos Panamericanos). Memorias 2do Congreso Int. De Humedales Laguna de Zapotlán. Cd. Guzmán, Jalisco, México. ISBN: 978-607-450-145.

Moreno, J. (2009). Lago-Laguna de Zapotlán el Grande de cara a los Juegos Panamericanos de Guadalajara 2011, en los deportes de remo y canotaje. 3er Congreso Internacional de Humedales Laguna de Zapotlán. Cd. Guzmán, Jalisco, México.

Michel P J.G. *et al.* (2009). Programa de Protección, Conservación, Manejo y Aprovechamiento de la "Laguna de Zapotlán". CONANP. México. D.F. pp 432. Síntesis Curricular

TÉCNICAS PARA DESALINIZAR AGUA DE MAR Y SU DESARROLLO EN MÉXICO

Germán E. Dévora Isiordia¹, Rodrigo González Enríquez¹ y Nora E. Ponce Fernández²

¹Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente.
Instituto Tecnológico de Sonora,

²Estudiante de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales.

RESUMEN

Existen diversos tipos de desalinización y se diferencian por costos, impacto ambiental, calidad del producto y energía consumida. Mediante comparación entre procesos térmicos y de membranas, se encontraron las diferentes tecnologías existentes para desalar agua de mar, número de plantas instaladas, tecnología utilizada, fuentes de abastecimiento, y uso del agua desalinizada. La factibilidad técnica se determinó comparando costos de producción en USD/m³ y consumo energético en kWh/m³. La fuente de abastecimiento más utilizada es agua de mar con 60%, agua salobre 22%. Los sectores beneficiados con agua desalinizada son municipal con 66% e industrial con 23%. El tipo de tecnología que requiere menor consumo energético es OI, de 2 a 2.8 kWh/m³ y costo de 0.6 USD/m³, la tecnología MED y MSF consume de 3.4 a 4 kWh/m³ y de 5 a 8 kWh/m³ respectivamente, con un costo de producción

de 1.5 USD/m³ y 1.10 USD/m³. Es evidente, consumo energético y costo de producción de OI presenta ventajas significativas que el resto, debido a que no requiere cambios de estado, como en MED y MSF, que utilizan mayor consumo de hidrocarburos lo que incrementa la emisión de CO². La OI es el proceso más viable en producción, energía consumida y costo.

Palabras clave: Ósmosis inversa, electrodialisis, destilación, desalinización, calidad del agua, cationes, aniones.

INTRODUCCIÓN

El agua es un compuesto de vital importancia para la vida, y para la realización de todas las actividades que se efectúan para nuestro sustento, como los procesos industriales, producción agrícola, ganadera, entre otros, así como también es un factor influyente para impulsar la economía de un país, sin embargo ya se están presentando problemas en la actualidad, por el déficit de este vital

elemento, ya que el tamaño de la población es muy grande, y esto origina grandes esfuerzos para abastecer de agua a todos, incluyendo a los sectores productivos, por ello la preocupación mundial por la escasez de agua es inobjetable y cada día se encuentran más problemas por falta de agua dulce y procesos que contaminan e impactan al medio ambiente (Valencia, 2000).

La División de Agua Superficial menciona que la población del mundo para el año 2010 es más de 6,000 millones y está creciendo a razón de unos 80 millones por año y se espera una proyección al año 2050 de 9,100 millones de habitantes. En México la escasez de agua también ha limitado al país de un desarrollo económico y social (Sánchez, 2008). Cada vez es menor la proporción de agua que puede poseer cada mexicano. La disponibilidad natural media per cápita, que resulta de dividir el valor nacional entre el número de habitantes, ha disminuido de 9,880 m³/hab/año en 1970 a tan sólo 4,312 en el 2007, y una proyección a 3,822 m³/hab/año para el año 2025, bajo este contexto instancias gubernamentales se está viendo la manera de solucionar este problema de déficit de agua por varias estrategias, una de ellas por medio de la desalinización.

Bajo esta problemática, se han buscado soluciones para aportar agua en un corto y mediano plazo, si bien no la podemos obtener de forma directa; si por medio de tecnologías que el hombre ha diseñado, con la finalidad de darle solución al problema (Medina, 2000). La desalinización se vislumbra como una tecnología viable que aporta agua al ciclo hidrológico y que no compite con otros sistemas como los trasvases.

La desalinización consiste en un proceso de separación de sales disueltas de aguas salobres ó de mar para convertirlas en aguas

adecuadas para consumo humano, uso industrial ó riegos (Medina, 2000).

En la década de 1950 se inician las primeras investigaciones sobre desalinización, con el objeto de construir grandes instalaciones de producción de agua dulce, y se obtienen resultados importantes como el sistema de destilación súbita flash en múltiples etapas en 1957, lo que permite construir la primera planta comercial en 1960 (Custodio, 1976). Actualmente, el agua desalinizada se utiliza para consumo humano, en procesos industriales y en forma muy limitada para riego agrícola, pues los costos de desalinizar agua son relativamente altos para usar este líquido con los métodos tradicionales de riego; resulta más económico importar los productos agrícolas de aquellos países que cuentan con las condiciones climatológicas adecuadas para producirlas.

Existen diversas tecnologías desarrolladas actualmente para desalinizar el agua de mar y aunque tienen características distintas de acuerdo al tipo de energía, diseño y producción que requiere cada una, todas tienen el mismo objetivo, reducir la concentración de sales disueltas del agua de mar, esto permite distinguir entre los procesos que separan el agua de las sales y los que realmente efectúan la separación de las sales de la solución (Cuadro 1).

La disponibilidad de agua no implica que su calidad permita el uso, la contaminación natural y el hombre ha provocado que sea necesario tratarla antes de destinarla a consumo humano, agrícola e industrial. La calidad del agua varía acorde a la región y por el tipo de subsuelo de los contaminantes (Cuadro 2).

El agua obtenida de los procesos de desalinización es perfectamente utilizable en

Cuadro 1. Clasificación de los procesos de desalinización.

Clase de separación	Energía utilizada	Proceso	Sistema
Separación agua de sales	Vapor	Evaporación	Destilación solar
			Destilación súbita simple
			Destilación en tubos sumergidos
			Destilación súbita multietapa
			Destilación multiefecto de tubos horizontales
			Destilación multiefecto de tubos verticales
			Compresión mecánica de vapor
			Termo compresión de vapor
			Formación de hidratos
			Congelación
Separación de sales del agua	Presión	Membrana	Ósmosis Inversa
	Carga eléctrica	Membrana selectiva	Electrodialisis
	Atracción química	Resina	Intercambio iónico

Cuadro 2. Salinidad de diferentes tipos de agua.

Agua	SDT (mg/L)
Ultrapura	0.03
Pura	0.30
Desionizada	3.00
Potable	< 1,000.00
Salobre	1,000.00-10,000.00
Salina	10,000.00-30,000.00
Marina	30,000.00-50,000.00

Fuente: Valero (2001).

la agricultura, turismo y consumo humano, pero exigen una eliminación más selectiva de iones. Bajo este contexto, el objetivo del trabajo, es evaluar los procesos de desalinización, para determinar el más viable, mediante la comparación entre sistemas térmicos y de membranas, considerando el costo de producción, consumo energético, parámetros de operación y aplicación del agua producto.

El agua obtenida de los procesos de desalinización es perfectamente utilizable en la agricultura, turismo y consumo humano, pero exigen una eliminación más selectiva de iones. Bajo este contexto, el objetivo del trabajo, es evaluar los procesos de desalinización, para determinar el más viable,

mediante la comparación entre sistemas térmicos y de membranas, considerando el costo de producción, consumo energético, parámetros de operación y aplicación del agua producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando el compendio realizado por el IDA Yearbook 2007-2008, informes técnicos de proyectos de investigación con fondos sectoriales de CONACYT-CONAGUA en México, además de visitas a más de 60 desaladoras en México, en los Estados de Sonora, Baja California Sur, Baja California, Jalisco, Quintana Roo, Estado de México y visitas realizadas a más de 10 desaladoras en el extranjero en los países de España (Almería, Tenerife y Gran Canaria) en el año 2007 y a Emiratos Árabes Unidos (Dubai) en el año 2009, se determinó el número de plantas instaladas, fuente de abastecimiento y costos de producción.

La recopilación mostró las diferentes tecnologías existentes, posteriormente se compararon los números de plantas instaladas, fuentes de abastecimiento, y el uso del agua desalinizada en diversos sectores de producción y consumo. Además se hizo una comparación entre los países con más plantas desalinizadoras y el tipo de tecnología empleada en cada uno de ellos.

A continuación se explican las estrategias que estudian el proceso de desalinización.

Tecnología de la desalinización

El sistema de desalinización consiste en alimentar agua salobre o marina a una planta desaladora, que tiene como función acondicionar y eliminar sales al agua, para obtener un producto y un rechazo o salmuera. La desalinización de agua salobre y de mar se realiza en dos sistemas principalmente,

los que utilizan el uso de combustibles fósiles como los sistemas térmicos y por otro lado los que utilizan membranas y alta presión.

Sistemas Térmicos

Los procesos de destilación necesitan calor para provocar el cambio de estado del líquido a vapor, que prácticamente es independiente de la salinidad que tenga el agua y es el proceso en el cual el agua de mar se calienta hasta evaporarla, posteriormente el vapor se condensa formando agua dulce y el agua sobrante se desecha como salmuera concentrada (Porta, 2002; Hiriart, 2007).

Destilación por Compresión Mecánica de Vapor (MVC)

Los sistemas MVC funcionan comprimiendo vapor de agua lo que causa condensación sobre una superficie de transferencia de calor (un tubo) lo que permite al calor de la condensación ser transferido a la salmuera del otro lado de la superficie resultando en la vaporización de esta. El compresor es el requerimiento de energía principal, este aumenta la presión en el lado del vapor y baja la presión del lado del agua salada para bajar su temperatura de ebullición (Cipollina, 2007).

Un esquema del funcionamiento de un equipo que desaliniza agua marina por medio de compresión de vapor, donde se utiliza un elemento calefactor en una caldera, y se comprime el vapor para obtener agua con una disminución considerable de sales (Figura 1).

Destilación Flash Multietapa (MSF)

En este proceso el agua de mar es calentada en un tanque por medio de un serpentín o tubos en paralelo que contienen algún fluido caliente, posteriormente se pasa a otro tanque, llamado etapa, donde la presión reducida

permite que el agua hierva. Posteriormente, el agua vaporizada es enfriada y condensada para obtener el producto. El calor latente liberado en la condensación del vapor es utilizado para calentar la salmuera en otra etapa y el producto destilado se colecta en cascada, en cada uno de los tanques colocados en paralelo con la salmuera y se bombea a un tanque de almacenamiento (Khawaji, 2008). La tasa de producción depende de la temperatura del agua salada y del número de etapas que se lleven a cabo. El agua desalinizada en este proceso contiene generalmente de 2 a 10 ppm de sólidos disueltos, por lo tanto es remineralizada por potabilización (Figura 2).

Destilación multiefecto (MED)

Las plantas MED se configuran en base a tubos verticales u horizontales. El vapor se condensa en un lado de un tubo lo que ocasiona la evaporación de agua salada en el otro lado. El agua salina al evaporarse es distribuida sobre la superficie exterior de tubos calentados. Dentro de cada efecto MED, se rocía agua marina fresca sobre un grupo de tubos de intercambio térmico mientras el vapor que fluye a través de los tubos se condensa volviéndose agua pura.

Fuera de los tubos, la delgada película de agua marina hierve a medida que absorbe el calor del vapor. El vapor resultante pasa a través de eliminadores de rocío para atrapar gotas de salmuera remanentes antes de que el vapor se introduzca en los tubos para el próximo efecto. El proceso se repite a través de toda la planta. Configuraciones MED alternativas que emplean tubos verticales o superficies de transferencia de calor planas también están disponibles (WHO, 2007).

La presión se reduce secuencialmente en cada efecto a medida que la temperatura se reduce y se proporciona más calor en cada etapa para mejorar el desempeño del proceso y este tipo de instalaciones cubren grandes superficies (Figura 3).

Sistemas por Membranas

La desalinización de agua de mar por medio de membranas, es un proceso que separa el agua salina en dos vertientes, una corriente de agua potable con baja concentración de sales disueltas y, una corriente de salmuera concentrada. Los sistemas más utilizados son Osmosis Inversa y Electrodiálisis.

Osmosis Inversa

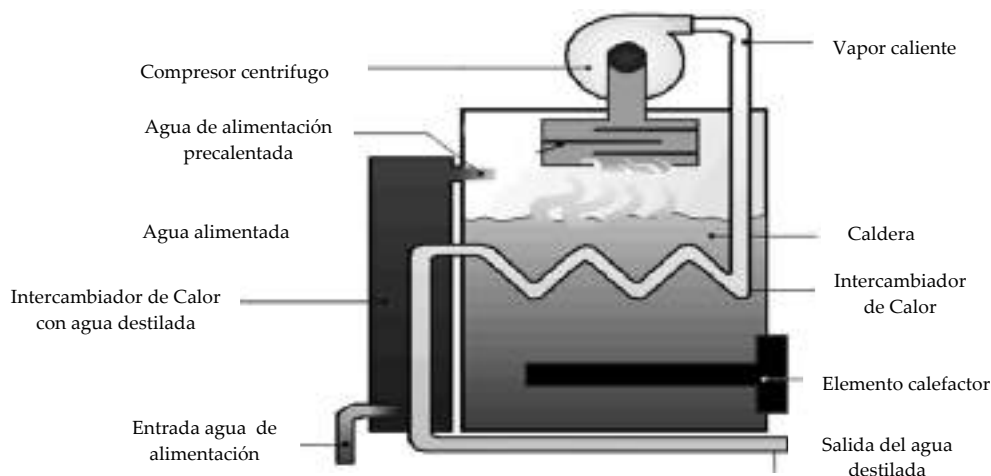


Figura 1. Esquema de desalinización por compresión mecánica de vapor (Norlandintl, 2004.)

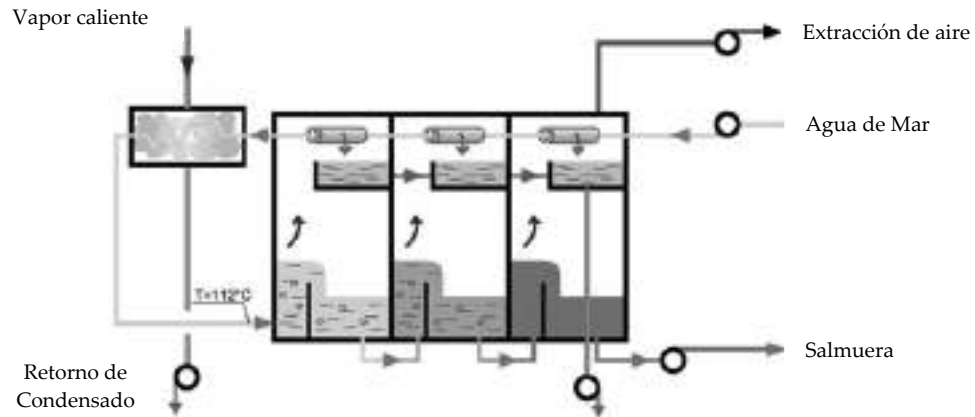


Figura 2. Procesos de desalinización mediante MSF (Veolia, 2009).

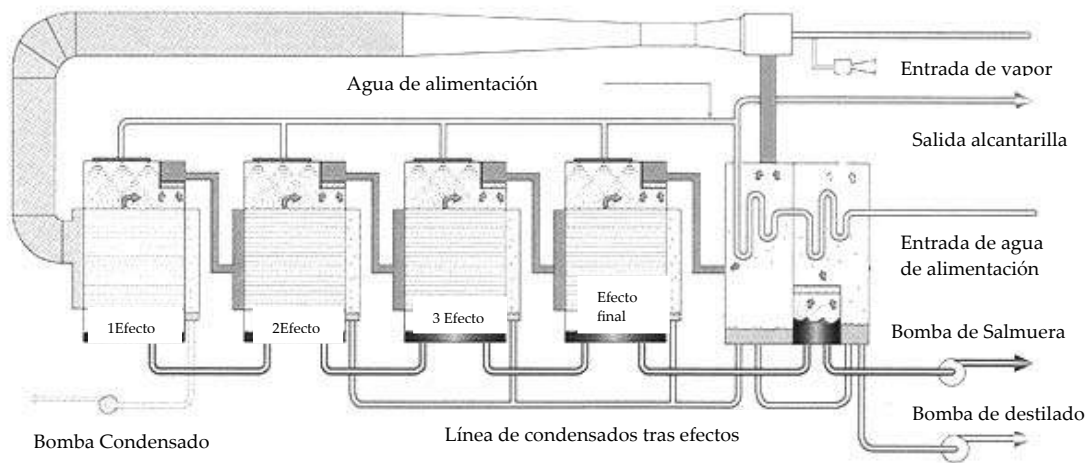


Figura 3. Procesos de Destilación Multiefecto (MED)(Cetenma, 2008).

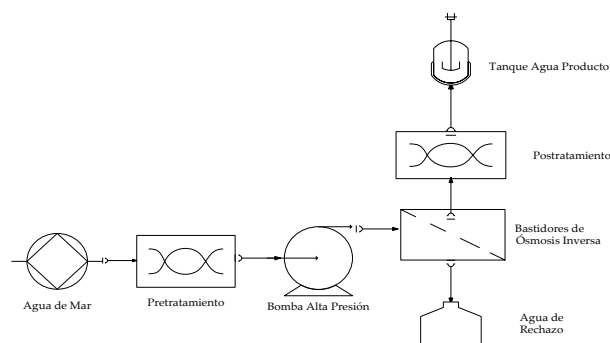


Figura 4. Esquema general de una planta de Ósmosis Inversa.

El sistema toma su nombre por realizarse el paso de las soluciones en forma contraria a los procesos osmóticos normales. Es decir, las soluciones menos concentradas se desplazan, por diferencia de energía potencial, hacia las más concentradas a través de una membrana semipermeable sin necesidad de aplicar ninguna fuerza externa (Arreguín, 2000).

Por tanto cuanto mayor sea la salinidad del agua, mayor será su presión osmótica a superar. Consta de obra de toma para captación

de agua de mar, seguido de un sistema de pretratamiento consistente en filtros de carbón activado y filtros de arena, hasta el paso por los bastidores de membranas de osmosis inversa lugar donde se aplican químicos para regular pH del agua de alimentación, adición de anticrustantes para evitar depósitos de sal en las membranas. Desalinizada el agua, se conecta un tren de postratamiento para desinfectar el agua producto usando lámparas UV, cloración

y ozonación que permite asegurar la calidad del agua en líneas de distribución y almacenamiento. Debido al arreglo en serie o paralelo de las membranas, el espacio ocupado por la planta es pequeño, haciendo esto una ventaja respecto a los sistemas térmicos (Figura 4).

Electrodiálisis

La tecnología de electrodiálisis (ED) es un proceso de separación electroquímico,

Cuadro 3. Criterios de operación de diferentes tecnologías de desalinización.

ASPECTOS DEL PROCESO	TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN		
	ESME	ED	OI
			1 PASO 2 PASO
Estado comercial	Completamente desarrollado	Desarrollo más reciente	Desarrollado
Producción instalada	3,520 plantas	497 plantas	4,000 plantas
Capacidad máxima	45,000m ³ /d	18,000m ³ /d	9,000m ³ /d
Plazo de instalación	24 meses	18-24 meses	18 meses
Fabricantes	Amplia competencia	Pocos en el mercado	Amplia competencia
Consumo de energía	3-6 kWh/m ³	1,5-2,5 kWh/m ³	0.2 - 2 kWh/m ³ 2-6 kWh/m ³
Temperatura máxima	90-120 °C	70-75 °C	40-45 °C 40-45 °C
Calidad del agua producto (STD)	< 40 mg/L	< 40 mg/L	< 40 mg/L < 40 mg/L
Necesidades de mantenimiento	Limpiezas 2-4 veces por año	Limpiezas 0,5-2 veces por año	Limpiezas 1-2 veces por año
Sensibilidad al agua mar	Media	Reducida	Alta. Mayor control de membranas
Pretratamiento	Moderado	Simple	Exigente
Influencia en la operación	Alta incidencia. Corrosión e incrustación	Baja-Media	Alta. Incidencia en la vida de las membranas
Tipo de energía	Térmica	Eléctrica	Eléctrica
Posibilidad de ampliación	Difícil	Fácil	Fácil
Superficie de instalación	Mucha	Poca	Poca
Costo USD/m ³ tratado	1.68	0.32	0.76 - 1.32
Desalación con agua de mar	SI	NO	SI

Fuente: Thomas (1997), Medina (2000).

Cuadro 4. Plantas desalinizadoras de agua instaladas en México, por Estado.

Entidad Federativa	Sitios con plantas desaladoras	Número unidades	% Nacional	Operan			Proceso				Capacidad m ³ /d
				Sí	No	OI	C V	MS F	S	D	
Baja California	23	38	8.74	24	14	26	7	2	3	0	51,938
BCS	71	73	16.78	53	20	63	6	0	4	0	36,971
Campeche	8	19	4.37	14	5	16	2	0	1	0	5,456
Coahuila	31	33	7.59	23	10	30	1	0	1	1	7,668
Colima	17	18	4.14	2	16	17	1	0	0	0	2,856
Edo. México	3	4	0.92	2	2	4	0	0	0	0	7,000
D.F.	14	17	3.91	12	5	15	0	0	1	1	95,471
Durango	26	26	5.98	13	13	26	0	0	0	0	868
Guerrero	6	6	1.38	3	3	6	0	0	0	0	2,355
Jalisco	3	4	0.92	3	1	3	0	0	1	0	2,865
Morelos	2	21	4.83	21	2	20	1	0	0	0	110
Nuevo León	5	5	1.15	5	1	5	0	0	0	0	2,847
Oaxaca	1	4	0.92	4	1	4	0	0	0	0	14,256
Q. Roo	79	124	28.51	73	51	121	2	0	1	0	53,339
SLP	1	1	0.23	1	0	1	0	0	0	0	60
Sonora	16	22	5.06	15	7	17	2	0	1	2	9,349
Tamaulipas	4	4	0.92	2	2	4	0	0	0	0	5,100
Veracruz	9	15	3.45	11	4	13	1	0	0	1	12,167
Yucatán	1	1	0.23	1	2	1	0	0	0	0	700
Total Nacional	320	435	100%	282	137	392	23	2	13	5	311,377

Nomenclatura. OI: Osmosis Inversa, MVC: Compresión Mecánica de Vapor, MSF: Flash multietapa, S: Solar y D: Destilación. Fuente: IDA (2007-2008).

donde los iones son transferidos a través de membranas de intercambio iónico (Figura 6), por medio de un campo de corriente continua (Belfort, 1984 y Mani, 1991).

En este proceso, las sales disueltas ionizadas atraviesan las membranas y de esta forma se eliminan a las partículas cargadas eléctricamente, no produce una eliminación total de sales, sino que en la práctica la reducción de salinidad es del orden del 40%.

Para efectuar una determinada reducción se dispone de una cascada de células de electrodiálisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad mundial de desalación ha crecido de 1980 con una capacidad de producción de 950,000 m³/d hasta 3,350,000 m³/d. Como fuente de abastecimiento al

proceso, se tiene que la más utilizada es la proveniente de agua de mar con un 66%, el agua salobre con un 22%. Por otra parte los sectores con mas uso del agua producto son el municipal con un 66% y el industrial con un 23%.

Es evidente que los requerimientos energéticos, uso de combustibles, uso de membranas, rango de salinidad, complejidad operacional, mantenimiento requerido, entre otros factores varía según la tecnología a utilizar. Por otro lado, el proceso a utilizar y tamaño de planta deberá sujetarse a las necesidades de la región, calidad y cantidad de agua disponible, así como el uso final del agua producto generado del proceso y la solvencia económica de gobiernos, industrias y agricultores (Cuadro 3).

Según reportes de IDA yearbook, (IDA, 2007; IDA 2005) e informes nacionales existen 435 plantas desalinizadoras ubicadas en 320 sitios y cuentan con una capacidad instalada de 311,377 m³/d. Los Estados con mayor crecimiento de plantas desalinizadoras son el de Baja California, Baja California Sur y Quintana Roo, representando éste último el estado con mayor cantidad de plantas desaladoras, con un 28.5%. La mayoría de las plantas desalinizadoras pertenecen al sector turismo (Cuadro 4).

Los países que cuentan con mayor cantidad de plantas instaladas, se tiene a los siguientes; En primer lugar se encuentra Estados Unidos con 2,174 plantas con un 34%, de las cuales el 72 % corresponde a OI, Arabia Saudita con un total de 2,086 plantas con un 32%, de las cuales un 65% corresponde a MSF, Japón con un total de 1,457 plantas con un 22%, de las cuales un 90% corresponde a Osmosis Inversa, y a España con 760 plantas aproximadamente con un 12%, de las cuales el 90% corresponde a OI. Entre los países

que tienen alrededor entre 100 a 300 plantas, están Libya, India, China, Australia, Algeria, Bahrain y Oman, (IDA, 2007).

En el año 2006, entró en operación la planta desalinizadora municipal más grande de México con una capacidad nominal de 200 L/s, en Los Cabos, Baja California Sur (Dévora, 2007). Actualmente se proyectan varias plantas desalinizadoras en el noroeste de México, principalmente en las ciudades de Tijuana y Ensenada en el estado de Baja California, predominando la tecnología de OI.

Actualmente la capacidad total instalada de desalinización en todo el mundo es de 25 millones de m³/d y ha crecido alrededor de tres veces la capacidad existente respecto al año 1980, de los cuales 14 Hm³/d corresponden a agua de mar y 12 Hm³/d a aguas salobres (Semiat, 2010).

Evidentemente hace 30 años se tenían cantidades considerables de combustibles fósiles, por esta razón la tecnología de MSF, era una de las principales tecnologías de desalinización utilizadas, sin embargo en épocas actuales esta tecnología se ha dejado de operar en una manera considerable debido al déficit de los hidrocarburos como materia prima a dicha tecnología y por los bajos porcentaje de obtención de agua producto. Por ello las tecnologías de membrana han tenido un incremento respecto a los sistemas térmicos debido a que no requieren para su funcionamiento combustible fósiles.

El estudio de la factibilidad de costos y consumo energético mostraron que el tipo de tecnología que requiere menor consumo energético es la OI, con un consumo de 2 a 2.8 kWh/m³ y un costo de \$0.6 USD/m³. Por otro lado, en los sistemas térmicos la tecnología MED consume de 3.4 a 4 kWh/

m³, con un costo de producción de \$1.5 USD/m³. El sistema MSF, consume de 5 a 8 kWh/m³, con un costo de \$1.10 USD/m³.

Es evidente, que el consumo energético y el costo de producción de la Ósmosis Inversa presentan ventajas significativas sobre el resto de los procesos, debido a que esta tecnología no requiere de cambios de estado, como los usados en MED y MSF, que utilizan mayor consumo energético e incrementan la emisión de CO₂, provocando el efecto invernadero, y los terribles daños en la atmósfera, ocasionando problemas medioambientales, que todos padecen, y que se han ido incrementando con el tiempo, por agotamiento de los recursos y sobrepoblación en la Tierra (Lechuga, 2007).

CONCLUSIONES

La destilación, tiene un elevado consumo energético, requiere una elevada inversión inicial, precisa de una extensión de terreno importante, su eficiencia es baja y no depende de la salinidad del agua, por otra parte necesita una fuente de vapor que según los casos puede o no ser independiente del proceso, produce agua de calidad casi pura y puede acoplarse a una central eléctrica productora de energía.

La ósmosis inversa, tiene el menor consumo energético y puede utilizar agua salobre como de mar, una ventaja ante los sistemas térmicos. El costo de inversión es ligado a las características del agua que se pretende desalar y en general es inferior respecto a los sistemas térmicos. En este proceso es indispensable el uso de tratamientos físico-químicos que suelen ser muy importantes y claves para elevar el tiempo de vida de las membranas. El terreno en extensión es de tipo medio. Necesita una fuente exterior

de energía para operar las bombas de alta presión. Por otro lado la presencia de iones específicos limita sus posibilidades de aplicación eficiente y su manejo se complica en función de las características físico-químicas del agua.

La electrodiálisis, tiene un consumo energético de tipo medio dado que solo utiliza agua de baja salinidad una desventaja respecto a sistemas de OI y térmicos, necesita menores tratamientos químicos que los otros sistemas. Respecto a las necesidades de espacio e inversión estas son intermedias comparándola entre los otros sistemas. Por otro lado el costo de instalación es superior a la ósmosis inversa y el agua producto es de inferior calidad a la de las otras tecnologías.

La destilación se emplea únicamente a nivel comercial para desalar agua de mar, la electrodiálisis para desalar agua salobre y la ósmosis inversa tanto para agua salobre como para agua de mar. Analizando los resultados obtenidos, la OI es el proceso más viable en cuanto a producción, energía consumida, costo y variabilidad en las fuentes de abastecimiento, sin olvidar que se tiene que seguir mejorando dicho sistema de producción para que sea sustentable.

LITERATURA CITADA

- Arreguin F. (2000), Desalinización del agua. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XV, Núm. 1, 27-49.
- Belfort G. (1984), Synthetic membrane processes, fundamentals and water applications. Ed. Academic, New York, pp 287-296.
- Cetenma (2008), Vigilancia Tecnológica para la energía y el medio ambiente. Centro

Tecnológico de la Energía y el Medio Ambiente. Disponible para World Wide Web: <http://www.ctmedioambiente.es>. Enero 2011.

Cipollina A. (2007), Efficiency increase in thermal desalination plants by matching thermal and solar distillation theoretical analysis. *Journal for Desalinization*. Desalination. 183 pp. 127–136.

CONAGUA. (2005), Estadísticas del Agua en México. Tercera Edición. Comisión Nacional del Agua y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), pp. 36-50.

Custodio E., Llamas M.R. (1976), Hidrología subterránea. 2 Vols. 2350. Ediciones Omega. Barcelona. Secciones 10 y 12.

Devora G.E. (2007), Desalinización de agua de mar, una estrategia para detonar el desarrollo del Noroeste de México. Artículo para los acuíferos costeros: Retos y Soluciones. Vol. 1, pp. 1025-1034.

Hiriart G. (2007), Desalinización de agua con energías renovables: Interrogantes jurídicas. Instituto de Investigaciones jurídicas de la UNAM Disponible para World Wide Web: <http://www.juridicas.unam.mx>.

IDA. (2005), Desalting Plants Inventory. International Desalination Association. Madrid, España, pp. 210.

IDA. (2007), Desalination Yearbook. International Desalination Association. Market profile. Pankratz T. IDA, United Kingdom, pp. 91-125.

Khawaji A. (2008), Advances in seawater desalination technologies. *Journal for Desalination*, 221, pp. 47-69.

Lechuga J. (2007), Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica. *Ingeniería. Revista Académica de la FI-UADY*, 11-3, pp. 5-14, ISSN: 1665-529X.

Medina J. (2000), Desalinización de aguas salobres y de mar en ósmosis inversa. Editorial Mundi Prensa, Madrid, España, pp. 799 pp.

Norlandintl (2004), Sistemas comerciales de destilación, Norland Int'l Inc. Disponible para World Wide Web: <http://www.norlandintl.com/spanish>, Diciembre de 2009.

Porta M.A., et al. (2002), Sistema de desalación solar de agua de mar para riego eficiente en un módulo de cultivo. *Ingeniería Hidráulica en México*, Vol. 17(2) pp. 55-64. Sanchez C.I., et al. (2008), Variabilidad climática en México: Algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos. *Ingeniería Hidráulica en México*, vol XXIII, núm. 4. 99 pp. 5–24.

Semiat R., Iwra. (2010), *Water International, Desalination: Present and Future*, Volume 25, Number 1. Recuperado 17 de Abril de 2010 Disponible para World Wide Web: <http://www.cepis.org.pe/acrobat/israel.pdf>.

Thomas K.E. (1997), Overview of village scale, renewable energy powered desalination, Colorado, national renewable Energy Laboratory.

Valencia J. (2000), Teoría y práctica de la purificación del agua. Editorial Mc Graw-Hill, Bogotá, Colombia, pp. 793

Valero A. (2001), La Desalinización como alternativa al plan hidrológico nacional.

Universidad de Zaragoza y el Centro de Investigación de recursos y Consumos Energéticos (CIRCE), España. Disponible para World Wide Web: <http://circe.cps.unizar.es/spanish/isgwes/spain/desala.pdf>

Veolia (2009), Veolia Water Solutions & Technologies Water Treatment Specialist. Disponible para World Wide Web: <http://www.veoliawaterst.com>. Marzo 2011.

WHO. (2007) Desalinización para el suministro de agua potable segura. Guía de los Aspectos Ambientales y de Salud Aplicables a las Desalinización. Ginebra.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Fondo Sectorial CONACYT-CONAGUA por haber aportado los recursos financieros para la realización de este proyecto: Funcionamiento, análisis de la problemática y contaminación generada en plantas desalinizadoras ubicadas en la república mexicana, con el fin de determinar la normatividad aplicable a este rubro, que dan origen a la elaboración de este artículo científico.



Sistemas Productivos

Cosecha de Maíz en Guasave, Sinaloa.

EL SISTEMA MILPA ROZA, TUMBA Y QUEMA DE LOS MAYA ITZÁ DE SAN ANDRÉS Y SAN JOSÉ, PETÉN GUATEMALA

Estuardo Lara Ponce¹ ; Laura Caso Barrera² y Mario Aliphath Fernández²

Profesor Investigador. Universidad Autónoma Indígena de México

Profesor investigador. Programa en

Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados.

Correo electrónico: elara@hotmail.com

RESUMEN

Se efectuó un estudio etnoecológico con los maya itzá de San Andrés y San José del Petén, Guatemala, para analizar el Sistema Milpa de Roza, Tumba y Quema. En base al conocimiento local, un diagnóstico agrícola y encuestas, se identificó el proceso productivo agrícola y el manejo de 40 cultivos agrupados por especies y variedades criollas. El rendimiento de los cultivos, como el maíz, son afectados por fenómenos climatológicos y 47 plagas y 53 malezas diversas, de las que algunas especies son las más perjudiciales. La milpa es un complejo agroecosistema integrado a la selva tropical, proporciona ingresos económicos a las familias junto con el aprovechamiento de los recursos naturales y las actividades extraparcera. Existe un modelo agroecológico maya itzá adaptado a las condiciones locales, que proporciona diversos alimentos a las familias y preserva el medio ambiente ante la presión social de la región.

Palabras clave: Maya Itzá, Petén, agrobiodiversidad, recursos naturales, conocimiento.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Roza-Tumba y Quema (RTQ) tiene orígenes milenarios, sus bases de funcionamiento consisten en fuentes de energía natural como el fuego, la acción humana y herramientas simples. Manejado adecuadamente por la población local, altera los ecosistemas mucho menos que otros tipos de agricultura moderna, como se ha reportado en estudios pioneros de población indígena del trópico húmedo (Rappaport, 1975). Esta agricultura de “tala y quema”, continúa siendo un importante modo de subsistencia, para unas 200 millones de personas, que cubren unos 36 millones de kilómetros cuadrados y pertenecen a diversos grupos culturales que habitan diferentes partes del mundo; quienes habitan desde el sudeste asiático, África, el Pacífico, hasta América Central y del Sur (Conklin, 1961; Nakashima, 1998).

En el área cultural mesoamericana la importancia histórica del sistema de milpa bajo RTQ es indiscutible. El eje principal de este sistema agrícola es la milpa de origen prehispánico, en donde el maíz se siembra como cultivo principal, junto con

otros cultivos como el frijol, calabaza y frutales, que en conjunto representan a los cuatro géneros cultivados más comunes del área cultural mesoamericana (Rojas, 1989). Para Rojas (1982:216) la RTQ consiste en un método que se utiliza para desmontar los terrenos y desmenuzar la vegetación, es decir, se derriba con hacha los árboles grandes y se corta con machete los más delgados, junto con los arbustos, las hierbas y los bejucos. Después con la ayuda de un palo ganchudo se jala, sujeta, empuja y dobla la vegetación para prenderle fuego o dejarla pudrir en el suelo y posteriormente realizar la siembra de cultivos.

Otros autores como Nahmad et al. (1988:127), definen a la RTQ como un sistema de policultivo de zonas tropicales, muy difundido en toda el área cultural mesoamericana, que permitió y permite la reproducción y subsistencia de la unidad doméstica indígena. Por su parte Hernández-Xolocotzi et al. (1994:347), consideran la RTQ como un sistema rudimentario, generalmente pionero a otras formas de aprovechamiento agrícola en regiones boscosas cálidas y templadas, que consiste en abrir el bosque con toda anticipación, cortar la vegetación leñosa delgada (roza) y luego los árboles (tumba) dejando tocones de un metro de altura; cortar y picar las ramas para que se sequen mejor; abrir guarda raya en los lados de la quema; y proceder a la quema cuando más seca esté la vegetación y lo más próximo a las primeras lluvias.

En la Milpa de RTQ se cultivan y se asocian diversas plantas. En un estudio llevado a cabo con mayas lacandones, se reportaron hasta 56 especies integradas a éste sistema agrícola (Nations y Nigh, 1980). La mayoría de estas variedades cultivadas responden a la aplicación de una estrategia agrícola típicamente del área cultural mesoamericana

y que han sido de importancia básica en la dieta campesina de los diferentes grupos mayas (Barrera et al., 1977; Rojas, 1982; Colunga et al., 2003). El proceso productivo del sistema milpa incluye varias prácticas de origen ancestral; como la siembra, escarda, abonos y almacenamiento de la cosecha (Rojas, 1989). Sin embargo, en la actualidad se reportan un número mayor de actividades, como son: brechar, medición, tumba, guardarraya, chapeo de cañada, quema, resiembra, deshierbe, aplicación de herbicida, corte de retoños, dobla y cosecha (Arias, 1995:194).

En términos productivos, existen diferencias y debate en cuanto a la eficiencia actual del sistema RTQ. Los estudios agronómicos de las últimas décadas del siglo XX, como el de Hernández-Xolocotzi et al. (1994), hallaron cuestionable la eficiencia del sistema en los ambientes tropicales actuales. Estos autores plantean que el sistema RTQ se puede mantener mientras el periodo de barbecho proporcione el tiempo suficiente a la vegetación de reponer los elementos productivos (nutrientes en general) y su productividad está en función de la mano de obra empleada, de los cultivos utilizados y de los arreglos topológicos. Sin embargo, la relevancia del sistema RTQ a partir de las fuentes históricas, ha demostrado que la producción agrícola de este sistema hizo posible el mantenimiento de la civilización maya, así como su manejo en buena parte del territorio mexicano (Rojas, 1989). En términos de rendimiento agrícola un estudio realizado con mayas lacandones reporta hasta 2,800 kg/hectárea de maíz (Nations y Nigh, 1980); mientras que Cowgill (1962) halló para la región maya de la península de Yucatán, rendimientos de 1,600 kg/hectárea.

Pero la Milpa de RTQ no es solo productividad de maíz, sino implica todo un

aprovechamiento como sistema múltiple. De acuerdo con Toledo (2000), a los practicantes de esta agricultura del trópico, no se les debe ver de manera acotada al uso de la milpa de RTQ, o al nomadismo como tal; sino como estrategias del uso múltiple que incluyen el manejo agrícola, agroforestal, pesca, caza, recolección y ganadería en pequeña escala. Por lo que de acuerdo con éste enfoque, existe un modelo agroecológico maya. Las evidencias de varias fuentes de investigación describen cómo el potencial de éste modelo agrícola, silvícola y de variantes múltiples, ha sido practicado y desarrollado por los mayas históricamente desde tiempos prehispánicos, por lo que no debe verse como una tecnología destructiva (Barrera et al., 1977; Gómez-Pompa, 1987; Dahlin, 1989 y Caso-Barrera, 2002). Los autores consultados coinciden en general, en la importancia, trascendencia y eficiencia del sistema RTQ en condiciones apropiadas de manejo. Sin embargo en general existen diversos aspectos globales que afectan el funcionamiento adecuado del sistema RTQ; estos se dividen en abióticos que directamente intervienen en el sistema, como los climáticos (humedad, temperatura, movimiento del aire y cantidad de luz solar) y los edáficos (fertilidad, porosidad, textura, relieve y drenaje); los de tipo biótico (flora y fauna); y los aspectos sociales ligados a las actividades humanas y culturales (Fernández, 1982).

Entre los aspectos ligados a la acción humana y a fenómenos sociales contemporáneos que están alterando las estrategias de manejo integral y cuidado de los agroecosistemas por los mayas, se reporta al crecimiento de la población, la migración, la ganaderización y los cambios tecnológicos (Nahmad et al., 1988; Aguilar et al., 2003). Desde el enfoque agronómico, el cambio tecnológico significa que algunas prácticas del proceso agrícola

de la RTQ han sufrido modificaciones sustanciales. Por ejemplo, en el sistema de milpa de RTQ de Yucatán, la competencia por arvenses y la disminución de nutrimentos a la planta cultivada, son dos factores limitantes de la producción agrícola (Mariaca et al., 1995:364). Por lo que la adopción del herbicida y el fertilizante por los mayas, se convirtió en la solución debido al impulso de estos insumos como parte de una estrategia de desarrollo agrícola (Ku, 1995). Sin embargo, se sabe que ciertas leguminosas controladas por el hombre, pueden realizar efectos fertilizadores (Guevara et al., 2000), conocidas técnicamente como abonos verdes.

Otro aspecto polémico del sistema, es el efecto de la práctica de la quema por la acción humana y que a menudo se identifica como la causa que origina incendios. Sin embargo, Hernández-Xolocotzi (1981), menciona que los orígenes de estos siniestros son ajenos al propio sistema de RTQ, y se centran en la mermada organización social del campesino, en las quemas libres en las sabanas y a la falta de cuidado en hacer “buenas guardarrayas”. Es precisamente esta última acción, a la que los grupos mayas dan cuidado para lograr la efectividad del sistema de RTQ, al proteger durante la quema importantes especies de la vegetación que se utilizan para diversos propósitos locales (Nations y Nigh, 1980; Gomez-Pompa, 1987 y Nahmad et al., 1988).

Los mayas itzaes, son un grupo indígena que posee conocimientos sobre el manejo de los recursos bióticos del entorno selvático tropical del Petén. Entre los estudios que se han realizado, se encuentra el uso de plantas medicinales (Comerford, 1996), aspectos agrícolas (Reina, 1967); agroforestales (Atran, 1993; Atran et al. (2004); hasta la perspectiva histórica (Caso,

2002). En el campo histórico, Caso-Barrera menciona que poco antes del sometimiento de los itzaes, las incursiones de españoles registraron las diversas actividades que los mayas llevaban a cabo, como la agricultura de RTQ en pequeñas superficies y el cuidado de huertos y animales. Estas actividades han significado una estrategia de adaptación al medio ambiente utilizada por los itzaes desde la época prehispánica y al igual que para grupos mayas de otras regiones, la milpa ha sido el principal sistema agrícola de sostenimiento de la población Itzá, pues antiguamente sembraban milpas individuales y comunales, llegando a obtener dos cosechas al año. Los cultivos más frecuentes eran maíz, *Zea mays*; frijol, *Phaseolus* spp.; calabaza, *Cucurbita* spp.; chayote, *Sechium edule* Sw.; algodón, *Gossypium hirsutum* L.; achioté, *Bixa orellana* L.; entre otros; así como especies introducidas por los españoles, como caña (*Saccharum officinarum* L.), plátanos (*Musa* spp.), sandías (*Citrullus vulgaris* Schrad.) y cítricos (Caso-Barrera, 2002:228).

En 1967, Reina efectuó un estudio de la milpa itzá. Este sistema agrícola en esa época, era manejado por la mayoría de los pobladores y cubría territorialmente el norte del lago Petén. Aunque la producción agrícola significaba la base económica de las familias itzaes, también se ocupaban en actividades importantes como la caza, pesca, corte de leña y la obtención de chicle, para mejorar sus condiciones económicas. En un trabajo posterior, Atran (1993) halló que los mayas itzaes integraban la milpa con el manejo de la selva, en lo que podría considerarse como un sistema de arreglo de policultivos, es decir un manejo agroforestal ligado a épocas prehispánicas. En un estudio complementario, Atran et al. (2004), reportaron que en el sistema de la milpa de los itzaes contemporáneos existía

111 especies cultivadas y manejadas en sus milpas y huertos, de las cuales 75 son de origen mesoamericano y las 36 especies restantes provienen del Viejo Mundo. Con el propósito de abundar en las bases del funcionamiento y de relaciones del sistema de milpa de RTQ manejado por los mayas itzaes de San Andrés y San José; el objetivo central del estudio consistió en la sistematización de las características de la milpa, los elementos que se vinculan al conocimiento ancestral, importancia económica y la problemática que enfrentan en el Petén central.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuó un estudio etnoecológico de carácter cualitativo y cuantitativo con los mayas itzaes de San Andrés y San José, y consistió en las siguientes etapas:

Revisión documental. En una primera etapa de gabinete se revisó la metodología para emprender estudios etnoecológicos (Toledo, 1991; Morán, 1990); que se complementó con elementos de investigación adaptativa (básicamente el diagnóstico agrícola a través de la revisión de fuentes secundarias y sondeo) [Doorman, 1991]; y enfoque de sistemas (Hart, 1982).

Criterios de elección de las poblaciones. Producto del análisis de la información obtenida en la fase de gabinete, de la primera salida de campo, así como de la sugerencia hecha por la Dra. Laura Caso-Barrera en cuanto a la conveniencia de realizar el estudio en las dos únicas comunidades maya itzá existentes en El Petén, se decidió focalizar la investigación en los pueblos de San José y San Andrés, por tres razones: a) La población se dedica a las actividades de milpa de RTQ, huertos, caza, pesca y uso de recursos naturales, b) La vecindad

geográfica de ambas localidades permite la comparación y c) Los estudios que existen hasta el momento sobre los itzaes suelen centrarse en San José y existe poca información sobre San Andrés.

Sondeo, recorridos y entrevistas. La tercera etapa de campo incluyó el otoño de 2006 y verano de 2007 y con el apoyo de un experto local contactado al azar, se estableció diálogo con 15 familias y 60 personas de ambas localidades. Con éstas personas se condujo el sondeo participativo (Doorman, 1991), logrando obtener y sistematizar información de las características ambientales y sociales, en torno al sistema de milpa de RTQ. La información registrada del sondeo se completó con entrevistas a expertos locales y campesinos encontrados al azar en campo, conocedores de actividades relacionadas con la agricultura, caza, pesca y otras. Posteriormente se consultaron fuentes secundarias, como libros, publicaciones y otros textos inéditos para abundar.

Encuestas. La cuarta etapa consistió en obtener información de las características sociales y ambientales relacionadas con la milpa de RTQ, para lograrlo se aplicó un cuestionario a una muestra representativa de hogares de ambas comunidades. Para calcular el tamaño de muestra se optó por el muestreo cualitativo, recurriendo a la ecuación propuesta por Evert (2000):

$$n = \frac{N Z^2 \alpha / 2 p_n q_n}{Nd^2 + Z^2 \alpha / 2 p_n q_n}$$

Donde: n=Tamaño de la muestra; N= Tamaño total de la población (104 hogares para San José y 258 hogares para San Andrés); d= Precisión del 10 %; $Z^2 \alpha / 2$ = Confiabilidad al 90 %(1.64); pn= Proporción de la población con la característica de ser

maya itzá; qn = Proporción de la población sin la característica de ser maya itzá (pn=0.4 y qn=0.6 en San José y pn=0.1 y qn=0.9 en San Andrés); las diferencias se deben a que en San José, la varianza para la característica de interés resultó mayor. Con estas especificaciones, el tamaño de muestra para San José fue de 40 hogares y de 22 hogares en San Andrés.

Variables de estudio. Los aspectos estudiados y las variables e indicadores considerados fueron los siguientes:

1. Identificación del manejo de la milpa por las familias maya itzá.
2. Milpa de Roza Tumba y Quema (RTQ): Características, proceso productivo, calendario agrícola, tecnología, principales cultivos, plagas y malezas, métodos de control, destino de la producción, rendimiento.
3. Actividades productivas, percepción de ingresos en cada actividad.

Identificación de los nombres. En una etapa final en gabinete, se procedió a la identificación de los nombres científicos de las especies de vegetación y fauna recabados en campo, la cual se obtuvo mediante la consulta de literatura publicada de trabajos efectuados en el área de estudio (Comeford, 1996; Atran et al., 2004; Hofling y Tesucun 1997 y CONAP, 2001), y de bases de datos especializadas en internet (ITIS, 2009). El propósito de la revisión y cotejo de esta información, fue para corroborar el empleo de los nombres comunes, nombres en maya itzá, así como el de identificar en su caso, los nombres científicos respectivos de animales y plantas.

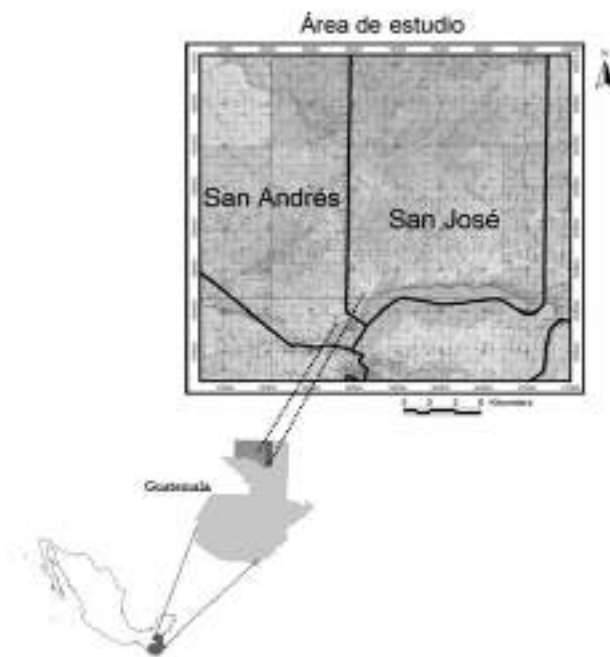


Figura 1. Localización geográfica de los poblados mayas itzaes en la región del Petén central, Guatemala.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Zona de estudio. Guatemala cuenta con 22 departamentos, los cuales se distribuyen en ocho regiones político-administrativas. El Departamento del Petén se localiza en el norte del país y forma parte de la región agraria más grande de Guatemala; se integra por doce municipios y cubre un área de 35 854 km². Colinda al norte con México; al este con Belice, al sur con los departamentos de Izabal y Alta Verapaz, y al Oeste con México (IGN, 2000; INE, 2005). La población maya itzá se localiza en la parte central del Petén, en dos jurisdicciones políticas importantes; el municipio de San Andrés, cuya cabecera municipal se ubica geográficamente en las coordenadas 89° 54' 37" LO, y 16° 58' 03" LN, y en la cabecera del municipio de San José, situada a los 89° 54' 37" LO, y 16° 58' 53" LN (Figura 1).

Características del Sistema milpa de RTQ

Los usuarios encuestados de San José y San Andrés que manejan la milpa de RTQ son mayoritariamente campesinos itzaes (85.3 y 73.7 % respectivamente), seguidos por mestizos (11.8 y 26.3 %) y mopanes (2.9 y 0 %). En lo que respecta a la cubierta vegetal inicial del sistema RTQ, en ambas comunidades fue básicamente rebrote secundario (barbecho antiguo con maleza o bosque degradado). En consecuencia en ambos casos, la cubierta vegetal final resultante, correspondió principalmente a barbecho y rebrote secundario; la presencia de pastos y cultivos perennes fue mayor en San Andrés que en San José. Finalmente, en San José el tiempo de barbecho (periodo de descanso antes de volver a sembrar la milpa de RTQ), más común fue de tres a ocho años, mientras que en San Andrés comúnmente fue de uno a dos años (Cuadro 1).

En cuanto al número de predios empleados en la RTQ en ambas localidades, osciló de

Cuadro 1. Características del Sistema Milpa de RTQ en San José y San Andrés, Petén, Guatemala.

Sistema Milpa de roza, tumba y quema			Comunidad	
			San José (%)	San Andrés (%)
Cubierta vegetal inicial	Bosque primario Campo de pastoreo ó pasto Rebrote secundario, barbecho antiguo o en maleza, bosque degradado		9.1	22.2
			3.0	5.6
			87.9	72.2
			100.0	100.0
Cubierta vegetal final	No sembró Barbecho y rebrote secundario Barbecho, rebrote secundario y pastos Pastos Cultivos perennes		13.5	14.3
			73.0	47.6
			.0	4.8
			5.4	14.3
			8.1	19.0
Total			100.0	100.0
Duración del barbecho	No sembró Sin barbecho Corto (1 – 2 años) Medio (3 – 8 años) Medio (3 – 8 años) y largo (más de 8 años) Largo (más de 8 años)		13.5	14.3
			.0	4.8
			5.4	38.1
			73.0	38.1
			2.7	.0
			5.4	4.8
Total			100.0	100.0

uno a seis. La superficie total ocupada por los predios fue de 0.19 a 187.25 has, en San José, mientras que en San Andrés varió de 0.13 a 92.4 has. El tamaño promedio del predio fue mayor en San Andrés (30.63 has), que en San José (25.99 has). A pesar de estos valores contrastantes, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre variables.

Actividades del proceso de producción, instrumentos de trabajo y fuerza productiva

En la Milpa de RTQ se registraron diez actividades de campo: roza, tumba, ronda, quema, siembra, chapeo, aplicación de herbicidas, dobla, cosecha (o tapixca como localmente se conoce) y almacenamiento.

Las labores agrícolas comprenden prácticamente los doce meses del año. En todos los casos la fuerza de trabajo es fundamentalmente humana y de carácter familiar. El número de personas empleadas en las actividades del proceso, fue mayor en promedio en la aplicación de herbicidas en San Andrés en relación a San José. En cambio, la cosecha en San José requirió, en promedio, mayor cantidad de jornales alquilados y familiares que en San Andrés. Para las demás actividades agrícolas se utilizó en promedio dos personas, básicamente de carácter familiar empleando alrededor de ocho horas diarias de trabajo. Los instrumentos de trabajo utilizados en la RTQ, consisten en hachas, machetes y moto sierras para desmontar, el palo plantador

conocido como “macana”, una bolsa o recipiente donde va la semilla para sembrar, mochila para fumigar, tapixcador y costales para acarrear la cosecha (Figura 2).

Calendario agrícola de la Milpa de RTQ

Los itzaes manejan dos ciclos definidos para cultivar la milpa de RTQ: el de verano y el de invierno. En verano se establece la “milpa de primera”, que abarca los meses más intensos de calor (febrero a mayo) y coincide con la temporada de lluvias (mayo a octubre). La “milpa de segunda” se establece bajo condiciones de humedad residual y se desarrolla de septiembre a abril. La distribución temporal y general de las actividades se registra en el Cuadro 2. Durante el ciclo agrícola del 2007, el número de cultivos sembrados en la milpa osciló entre cero y diez. En San José, lo más frecuente fue sembrar cinco especies (16.2 %); entre una y dos especies (13.5

% respectivamente); tres especies (10.8 %); cuatro (8.1 %); ocho (5.4 %) y entre seis, nueve y diez cultivos (2.7 % cada uno). Quienes no sembraron en dicho ciclo sumaron el 24.3 %. En San Andrés, lo más común fue la siembra de dos (28.6 %) y cinco cultivos (23.8 %); siguió la de seis (9.5 %) y la de uno, tres, cuatro y nueve especies (4.8 % respectivamente); en este caso, 19 % de los entrevistados no sembraron cultivos. De acuerdo con la información recabada, en el conjunto de las milpas de RTQ de los itzaes se identifican un total de 21 cultivos, agrupados en 22 géneros y 25 especies, que incluyen plantas utilizadas como granos básicos, frutos, tubérculos y raíces (la lista completa de acuerdo al nombre común asciende a 40 cultivos – Cuadro 3). Un aspecto peculiar fue la amplia variabilidad de tipos de maíz, frijol, e incluso de calabaza que se encontraron. En el caso de maíz, se reportaron ocho tipos que pudieran



Figura 2. Izquierda. Campesino Maya Itzá, con bastón plantador o “macana” y bolsa con semilla para sembrar maíz después de la quema. Derecha. Anciano Itzá jefe de familia, en labores de deshierbe en su parcela de Milpa de RTQ.

catalogarse como criollos o nativos (aparte los “mejorados”) y en frijol, siete del género *Phaseolus* mas otro del género *Vigna*. En calabaza se encontraron tres especies. En maíz, el tipo más preferido en ambas comunidades fue el “maíz bejuco”, mientras que en frijol, las preferencias fueron por los tipos enredadores. En calabazas, los tipos más empleados fueron las llamadas “ayote o calabaza” (*Cucurbita mostacha Duchesne ex Poir.*) y la “sikil” (*Cucurbita mixta Pangalo*). Resalta el hecho de que en ambas comunidades queda representado un grupo de cuatro cultivos esenciales para la alimentación: una gramínea (el maíz), una leguminosa (el frijol), una cucurbitácea (las calabazas) y un cultivo de raíz (malanga o camote), los cuales corresponden plenamente con el concepto de milpa.

Aspectos tecnológicos de la Milpa de RTQ
Respecto al origen de la semilla empleada en la milpa (especialmente el caso de maíz y frijol), las procedencias más comunes fueron la cosecha previa, la compra, ambas y origen no especificado. En aquellos casos en los cuales la semilla empleada proviene de la cosecha anterior, se asumió que era material de propagación que el campesino ha venido empleando año tras año. Al preguntar a los campesinos el tiempo que tal germoplasma ha estado en su posesión, se encontró que se ha preservado desde uno hasta 100 años, dependiendo de la especie. Mientras que el germoplasma de diversos cultivos (varias especies de calabazas, jícama, camote, macal, payac, yuca, ocoro, etc.), oscila de cinco hasta 100 años. Se puede decir que cada campesino preserva in situ, una compleja agrobiodiversidad en función del tiempo, lo que significa y sustenta un enorme valor cultural para los itzaes.

Plagas, malezas y control

En aspectos tecnológicos como la fertilización, los itzaes de ambas localidades, en su gran mayoría reportaron no utilizar fertilizantes químicos o abonos para la milpa. Sin embargo en el rubro de presencia de plagas en cultivos y almacenamiento, el 94.1 % de los encuestados de San Andrés y el 92.9 % de San José manifestaron la presencia y la afectación en la producción de la milpa. En conjunto se reportaron 47 especies por nombre común (entre mamíferos, aves e insectos) que causan algún tipo de daño. Las cinco identificadas como más importantes durante el ciclo de la milpa en ambas poblaciones fueron: el pisote o tejón, el mapache, el puerco de monte, el gusano cogollero y el loro (Cuadro 4). El daño puede presentarse en cualquier etapa del periodo del cultivo, es decir, desde la emergencia hasta la cosecha, mientras que en almacén, las plagas más frecuentemente mencionadas fueron los gorgojos, las palomillas, el comején y los roedores. Los informantes declararon que los daños de estas plagas son mínimos en comparación con los que se tienen por las plagas que atacan los cultivos en campo.

Para el control de las plagas particularmente las que atacan en campo, se emplean y combinan métodos manuales o naturales con los químicos y el uso de armas. En el control manual o natural, los campesinos de ambas poblaciones recurrieron al empleo de humo, al ruido, a tener perros o a la instalación de espantapájaros. Una proporción importante de los entrevistados citaron como método de control la lluvia, aunque en un sentido estricto no lo es, pues aun cuando en ciertos casos puede disminuir el ataque de algunas plagas, no es modificable directamente por el hombre. En lo que se refiere al control de plagas que atacan durante el almacenamiento de la cosecha, los métodos

Cuadro 2. Proceso de producción y calendario agrícola del Sistema Milpa de RTQ en El Petén, Guatemala

Milpa de primera												
ACTIVIDADES/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Roza de rastrojo (bajeo, guamileo, socoleo, chapeo, bota)												
Tumba (bota, tira de guamil, rastrojo, palos - 4-5 años-)												
Ronda												
Quema												
Siembra												
Chapeo, limpia												
Aplicación de herbicidas e insecticidas												
Dobla												
Tapixca												
Milpa de segunda												
Limpia (bota, tumba)												
Quema												
Chapeo												
Siembra												
Dobla												
Cosecha o Tapixca												
Ciclo agrícola												

Intensidad de las Prácticas Agrícolas			
	Mínimo		Medio
	Moderadamente bajo		Moderadamente alto
	Bajo		Muy alto

empleados en ambas localidades resultaron estadísticamente diferentes ($X^2= 11.84$; $p= 0.037$). En San José básicamente se utilizó el control químico (48.6 %); en cambio, en San Andrés, principalmente se empleó la combinación de los métodos natural y químico (23.8 %).

Las “malezas o malas hierbas” que se presentan en la milpa son el otro componente

que afecta el Sistema de Milpa de RTQ, los encuestados las mencionan como problema debido a la cantidad de trabajo que se requiere para su control, se reconocieron en su conjunto 53 tipos de plantas con diferentes hábitos de crecimiento por nombres específicos (común, maya itzá y científico) [Cuadro 5]. Muchas de las plantas consideradas como malezas, en realidad llegan a tener alguna utilidad para

Cuadro 3. Principales cultivos y variedades sembradas por las familias de San José y San Andrés en el Sistema de Milpa de RTQ.

Núm.	Nombre común	Nombre en Maya Itzá	Nombre científico	San José %	San Andrés %
1	Maíz petenero, bejuco	<i>Aj/ix säk ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	9.0	8.7
2	Maíces mejorados (diversos)	-	<i>Zea mays</i> L.	7.8	6.8
3	Maíz blanco, Icta	<i>Aj noj säk ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	6.6	1.9
4	Maíz negro, boxnic, Ek-uc	<i>Aj/ix b'ox ixi'im = aj/ix 'ek'ju' ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	1.3	1.9
5	Maíz de segunda	-	<i>Zea mays</i> L.	0	1
6	Maíz diente de perro	<i>Ukoj pek' säk ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	0	1
7	Maíz zactuch	<i>Ix säktux säk ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	0	1
8	Maíz amarillo	<i>Ix k'änchu'ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	0.6	1
9	Maíz colorado	<i>Aj/ix säk ixi'im; aj/ix chäk ixi'im</i>	<i>Zea mays</i> L.	0.6	0
10	Frijol samá, enredador	<i>Ix tzäma' (b'u'ul) = ix 'ek'sub'in (b'u'ul)</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0.6	6.8
11	Frijol de caña de maíz, milpa, guía	<i>Aj/ix kolilb'u'ul</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	4.8	5.8
12	Frijol bolokché, de vara	<i>Aj/ix wolokche' (b'u'ul)</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0.6	4.9
13	Frijol de mata, arbolito	<i>Ix pokche'b'u'ul = ix teekilb'u'ul</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	4.2	1.9
14	Frijol pascua de guía	<i>Ix chäkmocho'kox (b'u'ul)</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0	2.9
15	Frijol de navidad, guía	<i>Ix chäkmocho'kox (b'u'ul)</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	0.6	1
16	Frijol ib, bejuco de monte	<i>'Ib' = (ix) pech'ekb'u'ul</i>	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	0.6	0
17	Frijol Ixpeón, vara	<i>Ix pelon</i>	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	0	1.9
18	Frijol abono	<i>Frijol' ab'oonoj = frijol d'e ryeend'aj</i>	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC	0.6	0
19	Pepitoria, sikil, xiquil	<i>Sikil</i>	<i>Cucurbita mixta</i> Pangalo	7.3	5.8
20	Ayote, calabaza	<i>K'uum</i>	<i>Cucurbita mostacha</i> Duchesne ex Poir.	7.2	5.8
21	Tzol, huicoy	<i>Tz'ool</i>	<i>Cucurbita pepo</i> L.	0	5.8
22	Macal, ñame, malanga	<i>Mäkäl</i>	<i>Xanthosoma yucatanense</i> Engl.	11.4	7.8
23	Camote	<i>Kamuut</i>	<i>Ipomoea batatas</i> Poir.	8.4	0
24	Camote blanco	<i>Aj/ix säk kamuut</i>	<i>Ipomoea batatas</i> Poir.	0	7.8
25	Jicama	<i>Chi'kam</i>	<i>Pachyrhizus erosus</i> Urb.	6	3.9
26	Payac, ñame, yame	<i>Ix pä'yak'</i>	<i>Dioscorea bulbifera</i> L., <i>D. alata</i> L.	5.4	2.9
27	Yuca	<i>Tz'iim</i>	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	4.8	1.9
28	Yuquilla, yuquia	<i>Ix cha'ak</i>	<i>Maranta arundinacea</i> L.	0.6	0
29	Cuero de sapo, ócoro, yerba de sapo, palo amarillo	<i>Ookoroj</i>	<i>Hibiscus esculentas</i> L.	3.6	1.9
30	Caña de azúcar	<i>Kaanyaj</i>	<i>Saccharum officinarum</i> L.	1.8	1
31	Tomate	<i>P'ak</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	1.3	1.9
32	Arroz	<i>'Aroos</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	0	1
33	Chile habanero	<i>Aj/ix 'ab'aneeroj</i>	<i>Capsicum frutescens</i> L.	0	1
34	Rábano	<i>Raab'anoj</i>	<i>Raphanus sativus</i> L.	0	1
35	Sandia	<i>K'uumja' = sand'iij</i>	<i>Citrullus lanatus</i> Matsumura & Nakai	0	1
36	Chile	<i>'Tk</i>	<i>Capsicum annum</i> L.	1.3	0
37	Cilantro, culantro	<i>Kulaantroj</i>	<i>Coriandrum sativum</i> L.	0.6	1
38	Achiote	<i>B'itz'k'uxu' = kiwi', tzo'otzk'uxu'</i>	<i>Bixa orellana</i> L.	0.6	0
39	Lek, chibola, tecomate	<i>Chuj, Ix säk lek, ix chäk lek</i>	<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl	1.2	0
40	Pepino	<i>Pepiinoj</i>	<i>Solanum mucronatum</i> O.E. Shulz	0.6	0
TOTAL				100	100

Fuente: Trabajo de campo otoño (2006); verano (2007) y siguiendo la identificación científica de Atran *et al.* (2004:190-196); CONAP (2001); Hofling y Tesucun (1997:61-71) e ITIS (2009).

las familias itzaes. Del total de malezas mencionadas, en San Andrés, las cinco que se consideraron más perjudiciales para el sistema milpa fueron: “el zacate canchin”, “bejuco kinimacal”, “bejuco guaco”,

“bejuco peludo” y “chichibe”. En el caso de San José, las principales malezas fueron el “zacate canchin”, “bejuco peludo”, “bejuco gato”, otros bejucos y “lavaplatos”. Los zacates o pastos son los más difíciles

de erradicar una vez que han invadido o se han establecido en la milpa, en el caso de los bejucos, su habito de crecimiento como guía, resulta agresivo para la milpa en crecimiento y si no se controla a tiempo, la invasión limita el desarrollo de la milpa. Para el control de malezas de la milpa, los encuestados de San Andrés y San José

dijeron emplear principalmente el control manual o natural; seguido de solamente el químico o ambos. En referencia al método manual, los itzaes básicamente utilizan herramientas como el machete, en etapas definidas de crecimiento de los cultivos. Los meses en los que se intensifica el trabajo de control de malezas, son de junio a agosto

Cuadro 4. Plagas presentes en el Sistema Milpa de RTQ de San José y San Andrés, Petén, Guatemala

Num	Clasificación	Nombre común	Nombre en Maya itzá	Nombre científico	San José %	San Andrés %
1	Ave	Loro	Ixt'ut'	<i>Amazona spp.</i>	6.8	9
2	Ave	Carpintero, chejé (pequeño)	Ajch'ej-nek'	<i>Centurus spp. Dryocopus lineatus</i> Linnaeus	3.9	3.8
3	Ave	Urraca, urraca morena, pea	Ajpa'ap	<i>Ceryle torquata</i> Linnaeus, <i>C. alcyon</i> Linnaeus	3.9	6.8
4	Ave	Perico	Ixp'ili'	<i>Aratinga spp.</i>	3.4	0.8
5	Ave	Pijul, pijuy, pich negro	Ajch'ik-b'ul/ Ajpich'	<i>Crotophaga sulcirostris</i> Swainson	5.8	0.8
6	Ave	Zanate negro	Ajsanaatej	<i>Cassidix mexicanus</i> Gmelin	1	0.8
7	Ave	Chachalaca	Ixb'ach	<i>Ortalis vetula</i> Wagler	0.5	1.5
8	Ave	Martin Pescador (pájaro azul)	Ajjanäl-käy ch'el	<i>Chloroceryle amazona</i> Latham, <i>Ch. americana</i> Gmelin, <i>Cerile (Megaceryle) alcyon</i> Linnaeus, <i>C.(M.) torquata</i> L.	0.5	0.8
9	Ave	Tucán	Ajpiitoj	<i>Ramphastos sulfuratus</i> Lesson	0.5	0
10	Ave	Zapín, Rey zope	Ixtz'apin	<i>Saltator atriceps</i> Lesson	0.5	0
11	Ave	Colonté	Ajkolon-te'	<i>Celeus castaneus</i> Wagler	0	2.3
12	Enfermedad	Marchitez ("hielo")	Tikintal	<i>¿Fusarium sp. Alternaria sp.?</i>	0.5	0
13	Enfermedad	Mosaico común	-	<i>Virus</i>	0.5	0
14	Enfermedad	Mancha foliar del plátano	-	<i>¿Mycosphaerella musicola?</i>	0.5	0
15	Enfermedad	Tizón ("palo quemado")	Ni'i-si'	<i>¿Helminthosporium turcicum?</i>	0	0.8
16	Hongo	Flor de mazorca, So	Tzo'	<i>Ustilago maydis</i> (DC.) Corda	0	0.8
17	Insecto	Gusano cogollero	Ixnok'olil näl	<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith	11.1	8.3
18	Insecto	Tortuguilla	-	<i>Diabrotica spp.</i>	3.9	1.5
19	Insecto	Chinche	Ixkisay	<i>Epilachna varivestis</i> Mulsant	3.9	1.5
20	Insecto	Gusano barrenador	Ixnok'ol; Ajch'och'	<i>¿Elasmopalpus angustellus</i> Blanchard?	2.5	3.7
21	Insecto	Gusano falso medidor	Ajp'is-nok'ol	<i>Trichoplusia ni</i> Hubner	2.5	3.8
22	Insecto	Gallina ciega	Ixnok'olil päk'aal	<i>Phyllophaga spp.</i>	2	0.8
23	Insecto	Chapulines, saltón	Ajchäk saak'	<i>Schistocerca piceifrons</i> Walker	2	1.6
25	Insecto	Hormiga arriera, zompopo	Ajsakal, sakal	<i>Atta spp.</i>	3	8.8
26	Insecto	Grillo negro (gusano negro)	Ajch'anay	<i>Spodoptera spp.</i>	0.5	0.8
27	Insecto	Gusano elotero	Ixnok'ol	<i>Heliothis zea</i> Boddie	0.5	0
28	Insecto	Papalotilla (nocturna)	Ajmejen pepem	<i>¿Sitotroga cerealella</i> Olivier?	0.5	0
29	Insecto	Gorgojo	Xoj	<i>Sitophilus spp.</i>	0	1.5
30	Insecto	Mosquita blanca	-	<i>Bermisia tabaci</i> Gennadius	0	0.8
31	Insecto	Comején, polilla	Xojil che'	<i>¿Heterotermes, Nasutitermis?</i>	0	2.2
32	Insecto	Tijereta, tijerilla	Ixnali'	<i>Dermaptera</i>	0	0.8
33	Mamífero	Pisote	Ajchi'ik	<i>Nasua narica</i> Linnaeus	11.6	9.8
34	Mamífero	Mapache	Ajk'ulu'	<i>Procyon lotor</i> Linnaeus	10.1	9.8
35	Mamífero	Puerco de Monte	Kitam	<i>Tayassu tajacu</i> Linnaeus	7.4	6.8
36	Mamífero	Ardilla	Ajku'uk	<i>Sciurus aureogaster</i> F. Cuvier	3.9	4.4
37	Mamífero	Taltuza, tuza	Ajb'aj	<i>Orthogeomys hispidus yucatanensis</i> Nelson y Goldman	0.3	0.3
38	Mamífero	Rata de campo, ratones	Ajch'o'	<i>Sigmodon hispidus</i> Say and Ord	2	3
39	Mamífero	Cotuza, Sereque	Ajtzu'	<i>Dasyprocta punctata</i> Gray	1	0
40	Mamífero	Cabro	Ajyuc	<i>Mazama americana</i> Erxleben	0.5	0
41	Mamífero	Tapir o Danto	Tzimín-che'	<i>Tapirus bairdii</i> Gill	0.5	0
42	Mamífero	Zorro gris	'Och	<i>Urocyon cinereoargenteus</i> Schreber	0.5	0
43	Mamífero	Jabalí	K'ek'en-che'	<i>Tayassu pecari</i> Link	0.5	0
44	Mamífero	Venado	Keej	<i>Odocoileus virginianus</i> Zimmerman	0.5	0
45	Mamífero	Gato de monte	Ajch'umak	<i>Leopardus pardalis</i> Linnaeus	0.5	0
46	Mamífero	Mono Aullador o Saraguato	Ajb'aatz'	<i>Alouatta palliata</i> Gray	0	0.8
47	Mamífero	Zorrillo	Ajpaay	<i>Mephitis macroura</i> Lichtenstein	0	0.8
TOTAL					100	100

Fuente: Trabajo de campo otoño (2006); verano (2007) y siguiendo la identificación científica de Atran *et al.* (2004); CONAP (2001); Hofling y Tesucun (1997) e ITIS (2009).

Cuadro 5. Malezas presentes en el Sistema Milpa de RTQ de San José y San Andrés, Petén, Guatemala

Núm	Nombre común	Nombre en Maya itzá	Nombre científico	San José %	San Andrés %
1	Zacate canchim	K'an-chiim	<i>Panicum fasciculatum</i> Swartz	9.1	21.8
2	Zacate talquetzal, sajun	Su'uk	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv	1.1	3.6
3	Gran zacate, hueche, zacatón	Nojsu'uk = we'ech	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	0	3.6
4	Zacate chispa	Ajpech'	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	3.4	0
5	Zacate (pata colorada)	Su'uk	<i>Poaceae = Gramineae</i>	1.1	0
6	Bejuco kinimacal, gato	Ak' ajch'a'ay	No determinado	5.6	12.7
7	Bejuco guaco (de caballo), chompipe	Aj ('ak') waakoj	<i>Aristolochia maxima</i> Jack.	3.4	7.5
8	Bejuco peludo, ortiguilla, picapica	Ix pikapiikaj	<i>Tragia yucatanensis</i> Millsp.	6.8	7.4
9	Bejuco soxbac, cucharillo, xochac	Aj/ix sojb'ach	<i>Arrabidaea pubescens</i> (L.) A.H.Gentry	1.1	3.6
10	Bejuco quechui, cuadrado, cuatro filos	Ek'k'ixil = 'Ek'elxiw	<i>Cydista potosina</i> Loes.	0	1.8
11	Bejuco zarza (espinoso)	Tzitz = Aj sik'in	<i>Jacquinia aurantiaca</i> Ait.	0	1.8
12	Bejuco de (¿camotillo, guía, morado?)	Ak'il	No determinado	4.5	0
13	Bejuco pimienta o colorado	Chäkak'	<i>Cnestidium rufescens</i> Planch.	2.4	0
14	Bejuco quibich, coralillo	(Aj) kib'ix	<i>Bauhinia herrerae</i> (Britton & Rose) Standl. & Steyerf.	1.1	0
15	Chichibe, escobillo	Ix chi'chi'b'ej	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	2.4	5.6
16	Lavaplatos, campulul, ixcanpuluc	Ix k'änp'ulu'uk	<i>Solanum umbellatum</i> Mill.	4.5	3.6
17	Ixcanan, canan, ciguapate, chichipin, hierba del cáncer	Ix k'änan = ix k'änal	<i>Psychotria erecta</i> (Aubl.) Standley & Steyerf., <i>P. pubescens</i> Sw.	5.8	1.8
18	Flor de pascua	Utop'il paaskw	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd ex Klotzsch	0	1.8
19	Dormilona	Ix wenel	<i>Mimosa pudica</i> L.	0	1.8
20	Hierba, yerba (de taco)	Pok-che'	No determinado	0	1.8
21	Hierba Chispal	Kulantriiyoj	<i>Adiantum tricholepis</i> Clute.	3.4	0
22	Monte tierno, M. bajo	Pok-che'	No determinado	2.2	0
23	Berbená	B'erb'eenaj	<i>Stachytarpheta</i> spp.	1.1	0
24	Hierba mora	Ix ch'a'yuk	<i>Solanum americanum</i> Mill.	1.1	0
25	Huele de noche	Ix jaway	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	1.1	0
26	Mozote	Aj nik	<i>Pavonia rosea</i> Schlecht.	1.1	0
27	Oc mal, carretillo	Okmal	<i>Coccoloba reflexiflora</i> Standley	2.4	1.8
28	Cuero de sapo, ócoro, palo amarillo	'Ookoroj	<i>Hibiscus esculentus</i> L.	2.3	1.8
29	Yaxmohen, yaxmuhen, palo de gusano	Aj/ ix ya'axmojen	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth.	2.3	1.8
30	Bu lu che, sangre de toro, palo colorado	B'ulu(l)che'	<i>Swartzia cubensis</i> Standley	0	1.8
31	Frijolillo	B'u'ulxiw	<i>Cassia occidentalis</i> L. = <i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	0	1.8
32	Capulín de monte	Upujaniil k'aax	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	0	1.8
33	Chichibe, escobillo	Uch'upal chi'chi'b'ej	<i>Sida glutinosa</i> Cav.	0	1.8
34	Linda hormiga, palo de hormigas	B'ejsinik	<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liemb.	0	1.8
35	Palo yaxul, ya hu chuc	Ya'axxu'ul	<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell, L. yucatanensis Pittier	0	1.8
36	Wayum, guaya	Aj/ix säk wayum	<i>Matayba oppositifolia</i> Britton	0	1.8
37	Zapotillo	Ja' asche'	<i>Mastichodendron foetidissimum</i> (Jacq.) Lam	0	1.8
38	Jabín	Jab'in	<i>Piscidia piscipula</i> Sarg.	8	0
39	Yaxnic	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i> Greenman	3.4	0
40	Chaya de monte	U'uyix/ix chayil k'aax	<i>Cnidioscolus chayamansa</i> Mc Vaugh	2.4	0
41	Jobo, jobo de monte	U'ab'älil k'aax	<i>Spondias purpurea</i> L.	2.4	0
42	Son, tabaquillo	Soom	<i>Alseis yucatanensis</i> Standley.	2.4	0
43	Canlol	Ix k'änlol	<i>Senna racemosa</i> (Mill.) H.S. Irwin & Barneby; <i>Ouratea lucens</i> Engl.	1.1	0
44	Cante, madre cacao	Aj/ix k'änte'	<i>Gliricidia sepium</i> Urb.	1.1	0
45	Chapemo	Aj/ix b'itz', tzitz	<i>Inga</i> spp.	1.1	0
46	Guarumo, cuché	K'o'ochche'	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	1.1	0
47	Indio desnudo, palo mulato, palo jiote	Chäkaj	<i>Bursera simaruba</i> Sarg.	1.1	0
48	Jicara, güiro, morro, guacal, luch	Ix was (luch) = wiiruj	<i>Crescentia alata</i> HBK, <i>C. cujete</i> L.	1.1	0
49	Manchiche	Mänchiich	<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standley	1.1	0
50	Ocbat, plumajillo	Okb'aat	<i>Pithecellobium tonduzii</i> Standl.	1.1	0
51	Pucté, puchté	Pukte'	<i>Bucida buceras</i> L.	1.1	0
52	Sacuché, sacbiché, sacuché	Aj säkwi(l)che'	<i>Rehdera penninervia</i> Standley & Moldenke	1.1	0
53	Testab	Testaab'	<i>Guettarda combsii</i> Urb.	1.1	0
TOTAL				100	100

Fuente: Trabajo de campo otoño (2006); verano (2007) y siguiendo la identificación científica de Atran *et al.* (2004); CONAP (2001); Hofling y Tesucun (1997) e ITIS (2009).

para ambas localidades y de mayo a octubre una vigilancia para erradicar las malezas si es necesario.

La Milpa de RTQ no se encuentra exenta

de los daños ocasionados por los siniestros climatológicos. El principal daño señalado se refiere a la sequía o “verano” como localmente se le conoce a la falta prolongada de lluvia, aunado a los efectos ocasionados

por el periodo de la canícula (duración corta) que ocurre regularmente entre julio y agosto, según

Cuadro 6. Rendimientos del principal cultivo de la milpa, en San José y San Andrés, Petén, Guatemala.

	Comunidad									
	San José					San Andrés				
	Media	N	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Media	N	Desv. típ.	Mínimo	Máximo
Rendimiento de maíz (Kilogramos/hectárea)*	1652.93	27	804.34	236	3143	1758.88	17	828.88	500	3571

*Se aplicó la prueba de “t” para muestras independientes con una $p=0.05$; no se encontraron diferencias significativas en cada caso.

Desv. típ. = Desviación típica

comentarios de los campesinos de San José. En contraparte, otros fenómenos climáticos que ocasionan daños a los cultivos en ambas localidades son la inundación y las lluvias torrenciales.

Rendimientos y destino de la producción

Se estimó el rendimiento del principal cultivo de la milpa (maíz), y la comparación entre localidades evidenció que no hubo diferencias estadísticas entre ambas. No obstante, un aspecto que llama la atención

fue el intervalo de variación amplio de esta variable de ambos casos, pues los rendimientos oscilaron desde 236 hasta 3,571 kg/ha (Cuadro 6)

El grano de maíz en ambas localidades se destina en mayor proporción tanto al autoconsumo como a la venta. El otro cultivo importante de la milpa, el frijol, se destina fundamentalmente para el autoconsumo y la venta (90.9 % en San Andrés y 88.9 % en San José); solamente para el autoconsumo

Cuadro 7. Ingresos monetarios por las actividades productivas y de uso de los recursos naturales por las familias itzaes de San Andrés y San José, Petén, Guatemala.

Actividad Productiva /uso de los recursos naturales	Comunidad	
	San Andrés (pesos)	San José (pesos)
Maíz*	3,518	3,036
Frijol*	4,313	11,020
Cultivos secundarios**	5,809	21,136
Huertos***	77,376	68,548
Cría de animales domésticos	4,705	3,716
Recolección del bosque, caza y pesca	19,764	19,992
Actividades extraparcela****	29,184	29,184
Total anual	144,669	156,632

* Superficie de una hectárea

** Superficie de una hectárea de policultivos (xiquil, ayote, jícama, camote, macal, payac, yuca, ocoro).

*** Superficie de una hectárea de policultivos y frutales (abache, aguacate, anona, caimito, cericote, chicozapote, chile habanero, coco, guanabana, guano, guaya, izote, jocote, limón, macal, mandarina, mango, moxan, nance, naranja, papaya, pimienta, piña, plátano, plátano guineo, ramón, sábila, saramullo, tomate, toronja y zapote mamey).

**** Entre las actividades extraparcela de la familia figuran las siguientes: el comercio (tiendas, negocios, cocinas, tortillería, venta de frutas, productos de plantas medicinales, así como cárnicos); trabajos asalariados (guardia de diversos sitios, guarda-recurso de Reservas Naturales, albañil, socio o trabajador de aserradero, jornalero, chofer); anfitrión de turistas; vendedor de leña u otros productos del bosque y de materiales para la construcción; curandero o artesano; maestros de educación básica o empleados de las municipalidades e instituciones de localidades cercanas.

(11.1 % en San José) y únicamente la venta (9.1 % en San Andrés).

Estimación de ingresos por actividades productivas de las familias itzaes

Una característica importante de la RTQ es su manejo integral, ya que la siembra de los cultivos (maíz, frijol ó cultivos secundarios) conforma un sistema agrícola complejo que es difícil desagregar. Sin embargo, para este estudio fue posible efectuar una estimación de los ingresos monetarios que en su conjunto generó el Sistema Milpa de RTQ junto con otras actividades complementarias de las familias en el 2007. Se tomaron los datos de la media estadística por actividad productiva y se refirieron a una hectárea, para ajustar la información de rendimientos de cultivos de la milpa y otras actividades productivas (huertos y cría de animales domésticos). Adicionalmente se calcularon los ingresos por el aprovechamiento de los recursos naturales reportados (recolección del bosque, caza y pesca) y actividades extraparcelsa. Se encontró que en términos de superficies estandarizadas y valores promedio, los ingresos monetarios netos anuales de las familias de San José (\$ 156,631 pesos), fueron superiores a los obtenidos en San Andrés (\$ 144, 669 pesos) [Cuadro 7].

Problemas comunes identificados en torno a la Milpa de RTQ

A juicio de los encuestados, se detectaron diversos problemas relacionados con el desarrollo de la Milpa de RTQ y el aprovechamiento de los recursos naturales, que indistintamente afectan a ambos poblados; en orden de importancia los más comunes fueron los siguientes: el efecto de los agroquímicos en el sistema milpa (20.2 %); falta de recursos monetarios (11.6 %); migración y abandono de parcelas (11.6 %); limitantes de los recursos naturales como

la fertilidad del suelo (11.6 %); desuso de medicina la tradicional (8.9 %); caza restringida (7.5 %); cambio de uso de suelo (6 %); incendios (6 %); baja producción agrícola (6 %); disminución de la pesca (6 %) y pérdida de semillas de especies criollas (4.6 %).

Discusión

El Sistema de Milpa de RTQ en su conjunto, incluye el manejo de 21 cultivos y variedades locales (22 géneros y 25 especies), que asciende a 40 cultivos por nombre común. Esta diversidad de cultivos dentro de un calendario agrícola definido, significa una gran riqueza de recursos fitogenéticos que preservan los pobladores itzaes y una amplitud de opciones para su subsistencia alimenticia. La lista de cultivos del presente estudio se comparó con los reportados por Atran et al. (2004), en la que se contabilizaron 47 especies diferentes en la milpa, estos autores especifican que del total de plantas, el 57% (26 especies), también se cultivan en los huertos de casa como de la parcela. En el presente estudio se contabilizaron por separado las variedades y tipos de cultivos asociados a la triada maíz-frijol-calabaza, en tanto que la mayoría de las especies perennes, se registraron aparte como especies frecuentes en los huertos de la parcela y que suelen estar contiguos a las milpas. El número de cultivos contabilizados en la milpa de los itzaes, arroja un dato significativo al compararse con los reportados para otros grupos mayas contemporáneos. Interián (2005), en su estudio con mayas de Yaxcabá de Yucatán, halló que los campesinos tienen un manejo diferencial de los sistemas de milpa, debido a la diversidad de las variedades cultivadas de maíz, frijol, calabaza y a sus combinaciones. La amplitud de la diversidad manejada por los mayas de Yaxcabá, arrojó 10 tipos de maíz, cuatro de frijol y tres de calabaza (17

variantes cultivadas diferentes). Interián no reporta otros cultivos asociados a la milpa, pero ello no resta la importancia de la agrobiodiversidad presente en la milpa de RTQ, practicada por los mayas de Yucatán, como por los itzaes del Petén.

Los maíces mejorados sembrados por los itzaes de San Andrés y San José, representan menos del 10 % como cultivos presentes en la milpa y significan por ello una opción de maíz alternativo a las variedades criollas. Este resultado tiene semejanza con lo publicado por Camacho-Villa y Chávez-Servia (2004), quienes hallaron en la región centro de Yucatán, que los campesinos han manejado o seleccionado los maíces mejorados para adaptarlos y convertirlos en opciones agronómicas. Estos autores mencionan, que aunque existe una introducción de variabilidad genética, es probable que se mantengan diferencias en relación con las variedades originalmente locales. Esta situación que ocurre en la región centro de Yucatán podría estar sucediendo con los maíces de variedades locales utilizados por los itzaes del Petén, resulta conveniente por lo tanto, llevar a cabo estudios más profundos sobre el tema.

Como limitantes que afectan el rendimiento de los cultivos de la milpa de RTQ, se encuentran los daños ocasionados por 47 diferentes tipos de plagas de insectos, mamíferos y aves, mientras que la afectación en el desarrollo de la milpa, por efectos de competencia de las “malezas” fue de 53 tipos de hierbas, árboles, arbustos, pero principalmente bejucos y pastos o zacates. Esta biodiversidad de especies de fauna y vegetación integradas en el proceso de la milpa de RTQ, demuestra que este sistema agrícola se encuentra plenamente integrado al agroecosistema selvático tropical y las interacciones se desarrollan de manera

compleja en las distintas fases de crecimiento del bosque donde crece la milpa. Aunque muchas de las especies de fauna y vegetación citadas por los campesinos, afectan directa o indirectamente a los cultivos de la milpa, en realidad, la mayoría al mismo tiempo, constituye una fuente de aprovechamiento integral para las familias como alimento, leña, construcción, cercos, etc., y solamente unas pocas especies son las más perjudiciales, como se ha documentado en el presente estudio. En cuanto a los siniestros climatológicos, estos no son ajenos al desarrollo de la milpa. La sequía ocasionada por el retraso de las lluvias, ó lo contrario, la presencia de lluvias torrenciales; son causas que afectan invariablemente el desarrollo y productividad del sistema RTQ.

Así mismo, los resultados del estudio demuestran que la Milpa de RTQ no significa un sistema que opera aislado de otros sistemas como los huertos familiares y el uso de los recursos naturales, sino que todos estos sistemas conjuntamente integran un modelo agroecológico maya, cuyos principios han sido planteados a detalle, por varios autores en estudios pioneros (Barrera et al., 1977; Nations y Nigh, 1980; Gómez-Pompa, 1987, etc). Los datos obtenidos del rendimiento de maíz como principal cultivo, confirman el potencial productivo y la tecnología local empleada, presentan una similitud con el proceso productivo y tecnológico reportado por diversos investigadores de este sistema agrícola maya (Morley, 1975; Hernández-Xolocotzi, 1981; Nahmad et al., 1988; Rojas, 1982; Dahlin, 1989; entre otros), lo que demuestra claramente su eficacia y permanencia en el tiempo del sistema milpa como tal.

El aspecto económico representa un eje trascendental para el sustento de las familias itzaes, pues son varias y diferentes

actividades las que llevan a cabo (milpa, huertos familiares, crianza de animales domésticos, ganadería en pequeña escala, la recolección de recursos del bosque, caza, pesca y trabajos extraparcelsa) todas relevantes y propias de la cultura maya itzá. La estimación de los ingresos obtenidos brutos, por la producción de la milpa y de las otras actividades económicas, fueron significativos para San Andrés (\$ 144,669) y San José (\$ 156,632). Al comparar esta información, con los ingresos reportados en una comunidad de Quintana Roo, que ascendieron en el año a \$ 31,641 como producto de 13 actividades productivas y extraparcelsas (Toledo et al., 2008), prácticamente quintuplican los ingresos. Este margen de disparidad se explica por la diferencia en el método de los cálculos para las actividades involucradas, pero también ilustra el máximo ingreso monetario posible de alcanzar, por una familia maya al año y que merece un análisis económico comparativo más profundo y detallado.

En suma, la caracterización de las familias de San José y San Andrés, las sitúa como practicantes de una agricultura de subsistencia tal como la tipifica Reyna et al. (1999); pero comparativamente a lo hallado en otro estudio con mayas de Yucatán, se define propiamente como una forma de producción campesina de subsistencia, con características de alta diversidad de actividades tradicionales, que cubren las necesidades básicas familiares y una venta de fuerza de trabajo que complementa el ingreso familiar (Bello et al., 1995). Precisamente, una actividad extraparcelsa, que ha tomado importancia en El Petén central, es el ecoturismo, y los itzaes no son ajenos a esta nueva incursión socioeconómica, prueba de ello son las visitas continuas de extranjeros y nacionales a la rivera norte del Lago Petén, por el particular interés de

visitar la Reserva Bioitzá en San José y la Ecoescuela de San Andrés, y conocer a dos de las más importantes Asociaciones que ofrecen este servicio. Los extranjeros junto con los migrantes y otros grupos sociales, continúan siendo atraídos por temporadas al Petén, en la búsqueda incesante de ese “tesoro inexplorado” como lo señaló en su momento Soza (1957).

Finalmente, la problemática general que enfrenta la Milpa de RTQ practicada por los itzaes en la actualidad, se encuentra relacionada con aspectos no solo ambientales, sino de carácter social. Trabajos desarrollados en el área del Petén, corroboran los problemas que enfrentan los itzaes, como son los relacionados con su influencia territorial, el uso de los recursos naturales, la agricultura, la población existente y su idioma (Atran, 1993; Atran et al., 2004; Alejos, 2008). En particular la contaminación, el deterioro del Lago Petén y del entorno selvático agudizados por la acción humana de los últimos 30 años, son signos de alerta ambiental reportados en estudios científicos (Brenner et al., 2002), como en diagnósticos locales (Escobar 2002).

Como respuesta a la problemática ambiental y social prevaleciente en los ecosistemas del trópico, en la década de los noventa, comenzó el impulso y la valoración por parte de técnicos y organismos no gubernamentales del Petén en Guatemala, de todas aquellas prácticas y medidas exitosas que grupos mayas como los itzaes, seguían llevando a cabo en el ecosistema tropical. Esta divulgación del conocimiento maya agroforestal, se incorporó al modelo de agricultura sostenible y el desarrollo comunitario, que tomó como marco de acción inicial, la denominada Reserva de la Biosfera Maya (CARE, 1999; Palma,

2000). En la actualidad los descendientes de los itzaes con base en el conocimiento acumulado sobre el aprovechamiento de la selva a lo largo del tiempo (milpa, huertos, caza, etc), han comenzado a sistematizarlo de manera local. Los encargados actuales de la Reserva Bioitzá en San José y sus pares de San Andrés, han elaborado diagnósticos locales para caracterizar con detalle la vegetación y la fauna del ecosistema selvático de la Reserva, teniendo como objetivo central rescatar los valores culturales de los itzaes y la protección de los recursos naturales asociados a la cosmovisión de este grupo maya (Chayax et al., 1999; Santiago y Bonilla, 2004). Por otra parte, la búsqueda de apoyos de fondos internacionales y asesoría, así como la iniciativa de investigación participativa, en la que algunos itzaes y técnicos de apoyo han colaborado permanentemente, se vislumbra el seguimiento de acciones a favor del entorno natural del que forman parte y la difusión de estos conocimientos milenarios a las nuevas generaciones. No obstante la visión de la conservación internacional inicialmente ajena a los itzaes, éste grupo maya tiene ante sí, el enorme desafío de preservar y conservar no solo su cultura y su existencia, sino al ambiente amenazado en el que viven y al territorio al que históricamente están vinculados. Un medio para lograrlo es el de mantener y hacer valer sus derechos ancestrales, en un ejercicio de libre y plena participación organizada para formular con libre determinación soluciones reales participativas. Sin duda, el manejo del complejo sistema milpa de RTQ forma parte de ello.

CONCLUSIONES

El Sistema de Milpa de RTQ que se practica en San Andrés y San José en El Petén, Guatemala, se basa en un proceso productivo

y calendario agrícola similares. La fuerza de trabajo empleada es fundamentalmente humana, familiar y variable en su distribución. Se observaron diferencias importantes en los patrones de especies de cultivos, pues se manejan 40 cultivos agrupados por especies y variedades criollas. Sin embargo, la milpa en ambas comunidades queda representada por un grupo de cuatro cultivos esenciales para la alimentación (gramínea, leguminosa, cucurbitácea y un cultivo de raíz) y no existe para los itzaes una medida de tiempo homogénea para la conservación del germoplasma de los cultivos, cada campesino en lo particular, preserva in situ una compleja agrobiodiversidad de acuerdo al tiempo y necesidades familiares.

Ambas comunidades prácticamente y por conveniencia económica, no utilizan fertilizantes químicos en la milpa, aunque coinciden en que la presencia de las 47 plagas identificadas, atacan y afectan la producción de los cultivos en alguna proporción. Para su efectivo control combinan métodos manuales, naturales, con los químicos e incluso usan armas, solamente en el control de plagas de almacenamiento de la cosecha se hallaron diferencias estadísticas entre localidades. Las 53 malezas detectadas y que afectan el sistema de la milpa en ambas localidades, en realidad solo unas cuantas son perjudiciales, la gran mayoría de las plantas consideradas como “malezas”, representan alguna utilidad para las familias, esto se debe a la enorme riqueza biótica que converge en el sistema milpa.

La Milpa de RTQ forma parte de un sistema más complejo, pues no se encuentra aislado de otros sistemas como los huertos familiares y el uso de los recursos naturales, todos estos sistemas en su conjunto integran un modelo agroecológico maya, que ha sido caracterizado y descrito por investigadores

pioneros, cuyas bases se sustentan en el cúmulo de conocimientos característico del manejo histórico de la agricultura y la selva por los itzaes.

En el plano económico, los itzaes de San José y San Andrés, practican una agricultura de producción campesina de subsistencia, con características de alta diversidad de actividades tradicionales, que cubren las necesidades básicas familiares y de las que sobresale una creciente gama de actividades extraparcela.

Existe una problemática general que enfrentan los itzaes en torno a la Milpa de RTQ, que se relaciona con aspectos no solo ambientales, sino de carácter social. En respuesta, los descendientes de los itzaes han recibido apoyos y asesoría internacional que junto con la iniciativa de investigación participativa local, se vislumbra el seguimiento de acciones a favor del entorno natural del que forman parte, así como la difusión de estos conocimientos milenarios a las nuevas generaciones.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue posible, gracias al apoyo económico del proyecto titulado: "Relaciones entre mayas de Yucatán, El Petén y La Verapaz, siglo XVII-XIX" financiado por CONACyT 40088H y dirigido por la Dra. Laura Caso Barrera, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla.

LITERATURA CITADA

Aguilar, J., C. Illsey y C. Marielle. 2003. "Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos". En: G. Esteva y C. Marielle (coords.). Sin Maíz no hay País. CONACULTA/Museo Nacional de Culturas

Populares, México.

Alejos G., J. 2008. "Los itzaes y el discurso conservacionista", Estudios de Cultura Maya, XXXIII, pp. 161-177.

Arias, R. L.M. 1995. "La producción milpera actual en Yaxcaba, Yucatán". En: La Milpa en Yucatán. E. Hernández-Xolocotzi, E. Bello B., S. Levy T. (comp.) Tomo 1. Colegio de Postgraduados, México.

Atran, S. 1993. "Itza maya tropical agroforestry". Current Anthropology 34(5):633-700.

Atran, S., X. Lois y E. Ucan E. 2004. Plants of the Petén Itzá Maya. Memoirs of the Museum of Anthropology, U. of Michigan., Número 38, Ann Arbor, Michigan.

AVANCSO, 2001. Regiones y zonas agrarias de Guatemala. Asociación para el Avance de las Ciencias Sociales en Guatemala (AVANCSO). Cuaderno de Investigación No. 15. Editores Siglo Veintiuno, Guatemala. Barrera, A., A. Gómez-Pompa y C. Vázquez-Yanes. 1977. "El Manejo de las Selvas por los Mayas: sus implicaciones Silvícolas y Agrícolas". Biótica 2(2):47-61.

Bello, B.E., T. Martínez S., E. Hernández-Xolocotzi. y G. Fuji G. 1995. "Adaptaciones de la economía campesina en Yaxcaba, Yucatán". En: La Milpa en Yucatán. E. Hernández-Xolocotzi, E. Bello B. y S. Levy T. (comp.) Tomo 1. Colegio de Postgraduados, México.

Brenner, M., M.F. Rosenmeier, D.A. Hodell, J.H. Curtis, F. Anselmetti y D. Ariztegui. 2002. "Limnología y Paleolimnología de Petén, Guatemala". Revista Universidad del Valle de Guatemala 12:2-9.

Camacho-Villa, T.C. y J.L. Chávez-Servia 2004. "Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán". En: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. J.L. Chávez-Servia, J. Tuxill, D.I. Jarvis (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali.

CARE, 1999. Manual de Comunidades de Petén. Cooperación Austriaca para el Desarrollo/EduCAREmos, Guatemala.

Caso Barrera L. 2002. Caminos en la selva. Migración, comercio y resistencia. Mayas yucatecos e itzaes, siglos XVII-XIX. Ed. COLMEX/FCE, México.

Colunga, P. G., R. Ruenes M. y D. Zizumbo V. 2003. "Domesticación de plantas en las tierras bajas mayas y recursos fitogenéticos disponibles en la actualidad". En: Naturaleza y Sociedad en el Área Maya. Pasado, Presente y Futuro. P. Colunga G. y A. Larqué (eds). Academia Mexicana de Ciencias/CICY, México.

Comeford, S.C. 1996. "Medicinal Plants of Two Mayan Healers from San Andrés, Petén, Guatemala". *Economic Botany* 50(3):327-336.

CONAP, 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Maya 2001-2006. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). Serie: Co-ediciones Técnicas No. 30. CONAP/TheNatureConservancy/USAID, Guatemala.

Conklin, H.C. 1961. "The Study of Shifting Cultivation". *Current Anthropology* 2(5):27-61.

Cowgill, U. M. 1962. "An Agricultural

Study of the Southern Maya Lowlands". *American Anthropologist* 64 (2): 273 – 286.

Chayax, H. R, F. Tzul C., C. Gómez C. y P. Gretzinger S. 1999. "La Reserva Bio-itzá: Historia de un esfuerzo Conservacionista indígena de la comunidad maya itzá de San José, Petén, Guatemala". En: La selva maya. Conservación y desarrollo. R.B. Primack, D. Bray, H. Galleti, I. Ponciano (eds). Siglo Veintiuno Editores, México.

Dahlin, B.H. 1989. "La geografía histórica de la antigua agricultura maya". En: Historia de la agricultura época prehispánica Siglo XVI. T. Rojas R. y W.T. Sanders (eds.). INAH, México.

Doorman, F. 1991. La metodología del diagnóstico en el enfoque "Investigación Adaptativa". Universidad Nacional Heredia (UNA)/Universidad Estatal de Utrecht (RUU)/Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José.

Evert, W. 2000. Forest sampling desk reference. CRC Press. USA.

Escobar, M. 2002. "Ocupación, contaminación y deterioro de la ribera del lago Petén Itzá". Tesis Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos, Guatemala.

Fernández, T. I. 1982. La agricultura entre los antiguos mayas. Colección Nuestro México No.1. UAEM, México.

Gómez-Pompa, A. 1987. "On maya Silviculture". *Mexican Studies/Estudios mexicanos* 3(1):1-17.

Guevara, F., T. Carranza, R. Puentes y C. González. 2000. "La sustentabilidad de sistemas maíz-mucuna en el sureste de México". En: Sustentabilidad y Sistemas

Campeños. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. Omar M. y S. López-Ridaura (eds.). GIRA A.C./Mundi-Prensa/PUMA, México.

Hart, R.D. 1985. Conceptos básicos sobre Agroecosistemas. Serie material de enseñanza No.1. Centro Agrícola Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Hernández-Xolocotzi. E. 1981. "Prácticas Agrícolas". En: La milpa entre los mayas de Yucatán. L.A. Varguez P. (comp.). Serie Números Monográficos 1. UDY/DECR. México.

Hernández-Xolocotzi. E., L.M. Arias R. y L. Pool N. 1994. "El sistema agrícola de roza-tumba-quema en Yucatán y su capacidad de sostenimiento". En: Agricultura indígena: pasado y presente. T. Rojas R. (coord.). CIESAS. México.

Hofling, C. A. y F.F. Tesucun 1997. Diccionario Maya itzaj-Español-Inglés. University of Utah Press.

IGN, 2000. Diccionario Geográfico Digital de Guatemala. Instituto Geográfico Nacional (IGN). CD interactivo. <http://www.ign.gob.gt>

INE, 2005. Sistema geoestadístico nacional. CD interactivo de Base de Datos. Instituto Nacional de Estadística (INE). Guatemala.

Interián, K. V.M. 2005. Asociación de la diversidad genética de los cultivos de la milpa con los sistemas agrícolas y factores socioeconómicos en el centro – oriente de Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México.

ITIS, 2009. Integrated Taxonomic

Information System Data Access [<http://www.itis.gov/access.html>: junio de 2009].

Ku, N. R. 1995. "Cambios técnicos en la milpa bajo roza-tumba-quema en Yaxcaba, Yucatán" En: La Milpa en Yucatán. E. Hernández-Xolocotzi., E. Bello B., S. Levy T. (comp.). Tomo 2. Colegio de Postgraduados, México.

Mariaca, M.R, E. Hernández-Xolocotzi, A. Castillo M. y E. Moguel O. 1995. "Análisis estadístico de una milpa experimental de ocho años de cultivo continuo bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México" En: La Milpa en Yucatán. E. Hernández-Xolocotzi, E. Bello B., S. Levy T. (comp.). Tomo 2. Colegio de Postgraduados, México.

Morán, F.E. 1990. La ecología humana de los pobladores de la Amazonia. Fondo de Cultura Económica, México.

Morley, .SG. 1975. La civilización maya. Fondo de Cultura Económica. México.

Nahmad, S., A. González y M.W. Rees. 1988. Tecnologías indígenas y medio ambiente. Análisis crítico en cinco regiones étnicas. Centro de Ecodesarrollo, México.

Nakashima, D. 1998. "Conceptualizar la naturaleza: el contexto cultural de la gestión de los recursos" *La Naturaleza y sus Recursos* 34(2):8-22.

Nations, J.D. y R.B. Nigh.1980. "The Evolutionary Potential of Lacandon Maya Sustained-yield Tropical Forest Agriculture". *Journal of Anthropological Research* 36(1):1-30.

Palma, E. E. 2000. Cómo vivir mejor de nuestras parcelas. Cooperación Austriaca para el Desarrollo/ EduCAREmos, Guatemala.

Rappaport, R. 1975. "El flujo de energía en una sociedad agrícola". *Biología y cultura* 34:379-391.

Reina, R. E. 1967. "Milpas and Milperos: Implications for Prehistoric Times". *American Anthropologist* 69(1):1-20.

Reyna, C. A.V., S. Elías G., C. Cigarroa y P. Montero. 1999. Comunidades rurales y áreas protegidas. Análisis de la gestión colectiva en dos sitios de El Petén. A.V. Reyna C. (coord.). Debate 48. FLACSO, Guatemala.

Rojas, R. T. 1982. "Los instrumentos de trabajo agrícola en el siglo XVI". *Biotica* 7(2):205-222.

Rojas, R.T. 1989. "La tecnología agrícola mesoamericana en el siglo XVI". En: *Historia de la agricultura Época prehispánica siglo XVI*. Colección Biblioteca del INAH. México.

Santiago, C.N y R.J. Bonilla E. 2004. Estudio Técnico de la Reserva Bioitzá. Asociación para la Conservación de la Biosfera Itzá. Fundación ProPetén. Guatemala.

Soza, J.M. 1957. *Pequeña Monografía del Departamento del Petén*. Editorial del Ministerio de Educación Pública, Guatemala.

Toledo, V.M. 1991. *El juego de la supervivencia. Un Manual Para La Investigación Etnoecológica en Latinoamerica*. Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES)/ Centro de Ecología, UNAM, México.

Toledo, V. M. 2000. "El modelo mesoamericano: Construyendo con la naturaleza y la cultura". En: *La Paz en Chiapas. Ecología, luchas indígenas y modernidad alternativa*. Ed. Quinto Sol/

UNAM. México.

Toledo, V.M., N. Barrera-Bassols, E. García-Frapolli y P. Alarcón-Chaires. 2008. "Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos (México)". *Interciencia* 33(5):345-352.

LA DINÁMICA ESPACIAL DE LOS ECOSISTEMAS DEL ESTADO DE DURANGO

¹Rodríguez F. F. J. y ²Pereda S. M. E.

¹Profesora-Investigadora de la Universidad Politécnica de Durango. ²Profesor-Investigador de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED. Carretera Durango-México Km. 9.5. Localidad Dolores Hidalgo, Durango, Dgo. C.P. 34300. Correo electrónico: jesu_rgz@hotmail.com.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se intenta determinar la dinámica espacial de los ecosistemas del estado de Durango a través un modelo de predicción obtenido mediante el software STELLA, alimentándolo de las variables de degradación, deterioro y recuperación, las cuales se obtuvieron del área de Geomática de CONAFOR, 2007. El modelo representa la dinámica de la superficie en un periodo de ocho años (1994 a 2002). Los resultados muestran que los ecosistemas de bosque son los más deforestados y degradados, sin embargo también son los que más se recuperan a diferencia de los pastizales y matorrales; estos últimos ecosistemas muestran un cambio en la dinámica espacial y son los que más lentamente se recuperan.

Palabras clave: Ecosistemas, perturbados, cambio.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas son capaces de adaptarse a cualquier tipo de variación natural, usando continuamente materia y energía. Estos proporcionan al planeta múltiples beneficios

ambientales, sociales y económicos, contribuyendo al desarrollo de la sociedad. En los ecosistemas de México, como en otros países, los recursos naturales son manejados inadecuadamente por lo que su conservación constituye un desafío. Las prácticas en el manejo de los ecosistemas están relacionadas con las actividades humanas que han ocasionado deterioro, que se manifiesta no sólo en degradación de suelos, pérdida de vegetación y reducción de hábitat. Entre las causas principales del deterioro ambiental se han identificado al rápido avance de la frontera agrícola, ganadera y urbana que en un futuro podría poner en peligro la diversidad biológica.

En lo que respecta a la dinámica de la vegetación en ecosistemas de México, se han experimentado diversos cambios sustanciales en periodos cortos de tiempo. Según datos obtenidos por la SEMARNAT (2008) se reporta que en el período de 1994 a 2000, los bosques han desaparecido a una tasa anual de 0.79 % equivalente a 2,672 km² al año; las selvas 1.58 % y los matorrales 0.48 %, por lo que es necesario realizar estudios que refieran las tendencias

de cambio en la dinámica de los ecosistemas. Esta dinámica en México ha sido estudiada por la Comisión Nacional Forestal (2007) y Dirzo y Masera (1996), los cuales han utilizando las series I, II y III del uso de suelo y vegetación para estimar el cambio de la vegetación en tres periodos de estudio de considerando las variables de deterioro, degradación, deforestación y recuperación de los ecosistemas. El propósito de este trabajo de investigación es analizar la dinámica espacial de vegetación de los ecosistemas de Durango, interpretando el grado de deforestación, degradación y recuperación, para predecir su tendencia futura. Con este estudio se demuestra que los ecosistemas de Durango siguieron una tendencia de cambio en el periodo de 1994 a 2002.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de Estudio

El Estado de Durango se encuentra ubicado en la región centro-noroccidental de México. Colinda al norte con Chihuahua, al noreste con Coahuila, al sureste con Zacatecas, al sur

con Nayarit y al oeste con Sinaloa (Figura 1). Sus coordenadas extremas son al norte $26^{\circ}53'N$, al sur $22^{\circ}16'N$, al este $102^{\circ}29'W$ y al oeste $107^{\circ}16'W$ (INEGI, 2000).

En Durango existe una gran diversidad de ecosistemas que están representados por vegetación xerofita, pastizales, bosque templados, bosque mesófilo, bosques tropicales caducifolios, subcaducifolios y espinoso, así como por vegetación acuática y subacuática, la cual se desarrolla en climas templado o semifrío subhúmedo y cálido (SEMARNAT, 2008).

El Estado cuenta con una superficie forestal es de 9.13 millones de ha, incluyendo sobre todo a los bosques, región árida y semiárida. El producto forestal principal es la madera de la cual se extrae un volumen anual poco menor a dos millones de metros cúbicos de madera en rollo, a partir de un volumen autorizado del orden de 2,806,522 m³ rollo total árbol. Por su producción maderable, Durango ocupa el primer lugar a nivel nacional. Las maderas que más se aprovechan son el pino con 88% y el encino



Figura 1. Localización del área de estudio (SIGEED, 2009).

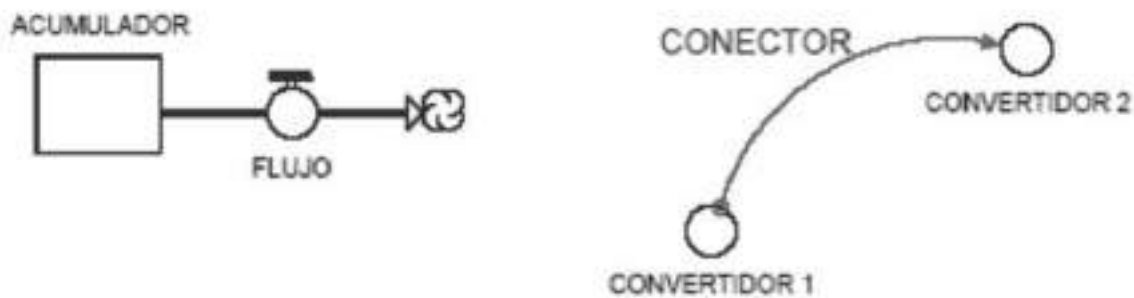


Figura 2. Representación del acumulador, flujo, convertidor y conector.

con el 6% del total de la producción anual. (SEMARNAT, 2007 y CONAFOR, 2007).

Base de datos

La base de datos se obtuvo del área de Geomática, de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2007), donde se tomó información en formato "shape file" de la superficie, a partir de la Serie I, II y III de INEGI de uso de suelo y vegetación, trabajada por CONAFOR para República Mexicana. Para obtener la base de datos que se creó para evaluar la dinámica de cambio de la cobertura vegetal del Estado de Durango se utilizó el software ArcMap versión 9.3. Para este estudio solo se consideraron los ecosistemas de bosque templado, matorral y pastizal. Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

1. Pérdida de la cobertura vegetal (deforestación).
2. Degradación de los ecosistemas (degradación).
3. Áreas recuperadas.

Con toda esta información se realizó una sobreposición, la cual permitió definir la dinámica de cambio de los ecosistemas en el estado de Durango en el periodo de 1994 a 2002.

Análisis de la información

La base de datos obtenida de la información de CONAFOR e INEGI se analizó con el

Programa "STELLA", que es un entorno informático de simulación que provee de un esqueleto y de una interfase gráfica fácil de entender, para observar la interacción cuantitativa de las variables dentro de un sistema. Los modelos de STELLA se componen de sólo cuatro elementos básicos (Figura 2).

Acumulador (Nivel o Stock): El acumulador es un símbolo genérico que se utiliza para representar algo que se acumula o se drena.

Flujo: Es la tasa de cambio de un acumulador.

Convertidor: Se utiliza para realizar manipulaciones sobre los datos de entrada o convertir esos datos de entrada en algún tipo de señal de salida.

Conector: Es una flecha que permite que la información se pase entre los convertidores, entre acumuladores y convertidores, entre acumuladores y flujos o entre convertidores y flujos.

Para determinar la dinámica de la vegetación en los ecosistemas de Durango se compararon dos series II y III de Uso de suelo de Vegetación, publicadas por el INEGI con tiempos de separación de ocho años.

En el modelo de la Figura 3 se observa que el sistema está conformado por tres acumuladores principales: la superficie del bosque, superficie de pastizal y la superficie

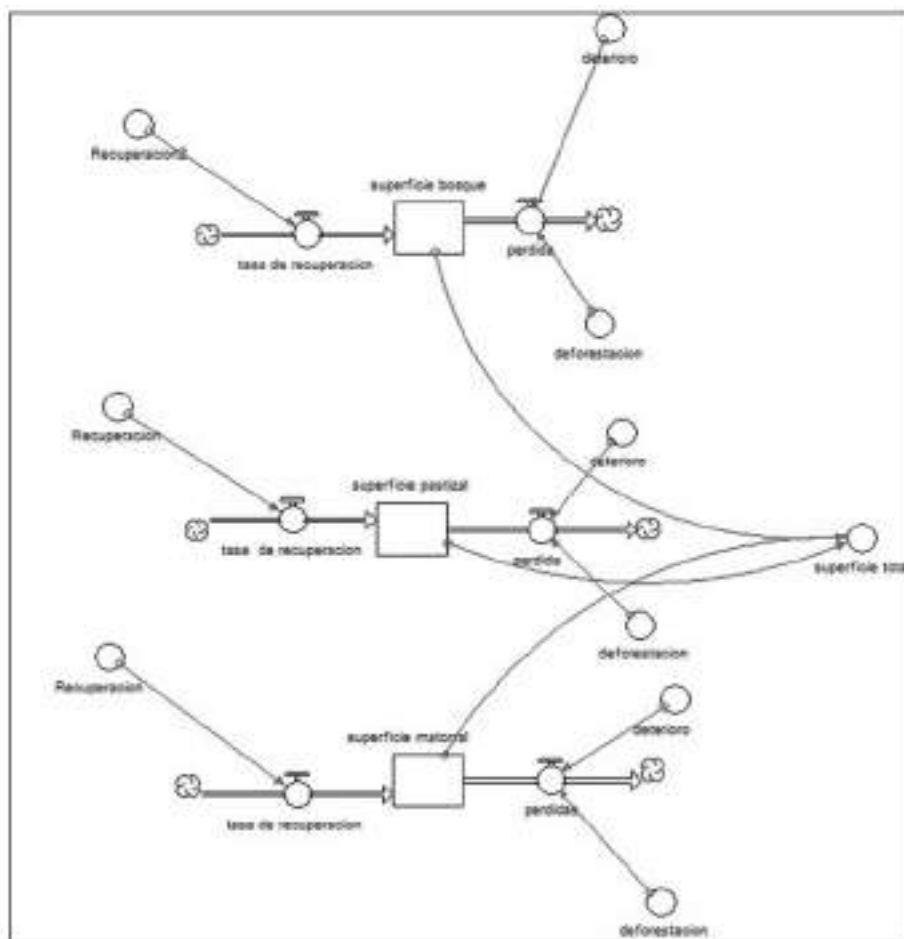


Figura 3. Modelos por ecosistemas en el Programa STELLA.

de matorral, a los cuales se les coloca la superficie actual de vegetación y las variables de estado (pérdida de vegetación, deterioro, y tasa de recuperación).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

La superficie total del estado de Durango es de 12.27 millones de hectáreas que representa el 6.3% de la superficie del país, ubicándose en el 4° lugar, con relación al total nacional, después de Chihuahua, Sonora y Coahuila (INEGI, 2011) y tiene una superficie forestal de 9.13 millones de hectáreas, ocupa el primer lugar en extracción de madera después de Chihuahua, Michoacán y Jalisco (SARH, 1994). De acuerdo al análisis

obtenido de la CONAFOR, 2007 e INEGI, en el periodo de 1994 al 2002 de las series I, II y III, se compararon las superficies entre las dos series obteniéndose, los resultados que se describen en el Cuadro 1, donde se muestra que en 1994 había una superficie de bosque templado de 3,889,488 ha, pastizal 1,400,395 ha y matorral de 2,430,593 ha, y se comparan con las áreas de cada ecosistema que existían en 1994. Mediante el estudio de la dinámica de la vegetación se estimaron las tasas anuales promedio de deterioro, pérdida y recuperación de cada tipo de vegetación. En bosques se detectó un deterioro anual promedio de 102,216 ha, matorral 941 y pastizales de 1,616 ha; el deterioro está relacionado con el cambio de uso de suelo, la extracción de los recursos maderables,

Cuadro1. Superficies de vegetación y dinámica de cambio en el estado de Durango (hectáreas)

Tipo de ecosistema	Superficie en 1994 ^a , (ha)	Superficie en 2002 ^b (ha)	Resultados de la dinámica de la vegetación (ha/año)		
			Deterioro	Pérdida de vegetación	Recuperación
Bosques	4 ,989 ,401	3,889,488	102,216	36,672	11,918
Matorral	2, 671, 571	2,430,593	941	10,694	448
Pastizal	972,909	1,400,395	1,616	17,874	1,228

a) Según la serie I, utilizada por SARH (1994). b) Según la serie II y III, (CONAFOR, 2007 E INEGI, 2010).

deforestación y erosión. También se observa una recuperación de bosque de 11,918 ha, matorral de 448 ha y 1,228 ha/año.

a) Según la serie I, utilizada por SARH (1994). b) Según la serie II y III, (CONAFOR, 2007 E INEGI, 2010).

Los ecosistemas de pastizal y matorral tienden a deteriorarse más lentamente que el bosque, como se observa en la Figura 4, donde se presentan las tendencias del cambio promedio en superficie de cada ecosistema estudiado, entre el año 1994 y el año 2002.

Discusión

Es notoria la dinámica espacial de los ecosistemas en México; muchos investigadores coinciden que las principales causas de cambio en los ecosistemas son las actividades antropógenicas. Algunos autores como Dirzo y Masera (1996), consideran que los principales factores de esa dinámica espacial son la deforestación y el cambio de uso de suelo, que han deteriorado los ecosistemas. En el estado de Durango las superficies deforestadas y deterioradas no son tan alarmantes, sin embargo requieren ser atendidas ya que están siguiendo una

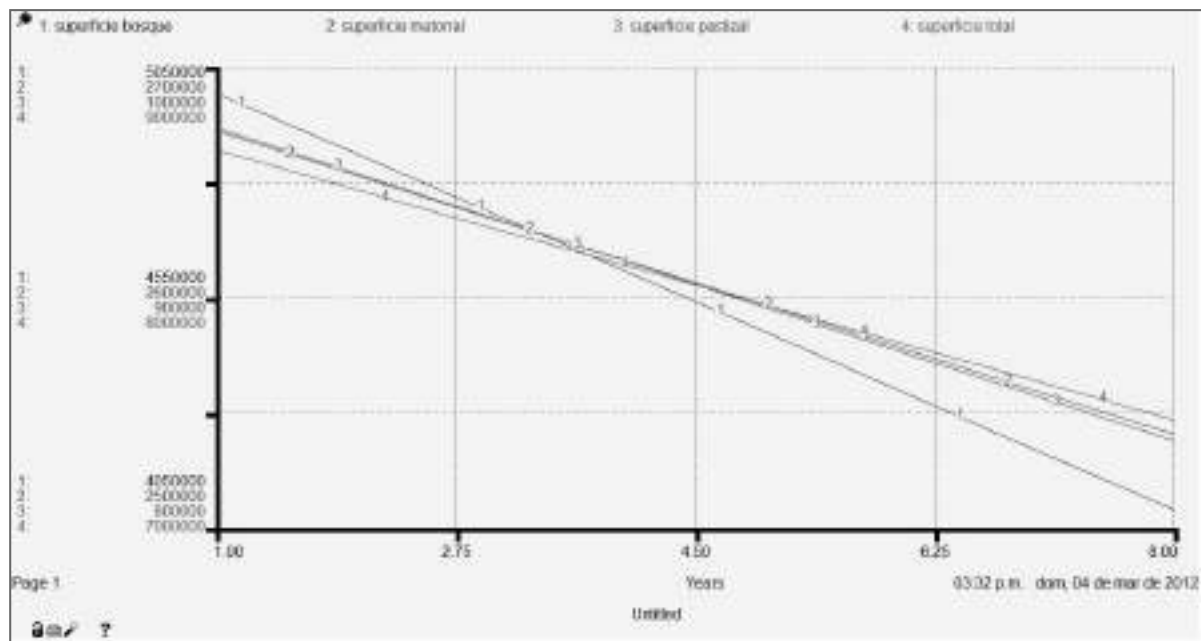


Figura 4. Tendencias de cambio en la vegetación del bosque, pastizal y matorral en el Estado de Durango (eje de Y es superficie en ha y X es años)

tendencia de cambio como se muestra en la Figura 4, que en caso de continuar, tal vez en 10 a 20 años conduciría a que algunas áreas se perturben drásticamente en los tres tipos de ecosistemas. Según un estudio de la SARH (1994) las perturbaciones en el ambiente van en aumento ocasionando deterioro y pérdida de vegetación.

CONCLUSIONES

De acuerdo al modelo utilizado en este estudio, la deforestación representó la variable que influyó más en los cambios de la dinámica espacial de la vegetación en el estado de Durango. La deforestación se atribuye a los diferentes usos de suelo asociados a las actividades de agricultura, ganadería y aprovechamientos maderables. Por lo tanto, es necesario tomar en cuenta que los modelos de simulación, son herramientas importantes para estudiar las tendencias de comportamiento de un ecosistema y así poder proponer oportunamente acciones que coadyuven a un manejo sustentable de esos ecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la CONAFOR y el INEGI por proporcionar los datos para este estudio.

LITERATURA CITADA

CONAFOR(2007).Especificaciones técnicas para el monitoreo de la cobertura de la vegetación basado en imágenes de satélite MODIS. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php?l1=4&l2=3&l3=2> (Consultado el 22 de Agosto de 2007).

Dirzo, R. y Masera, O.(1996).Clasificación y dinámica de la vegetación en México. En: Criterios y terminología para analizar la deforestación en México. SEMARNAP, México.

INEGI, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1993. Cartografía de uso de suelo y vegetación Serie II.

Gobierno del estado de Durango y SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)(2008). Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango. Gobierno del estado de Durango, Pp. 1-64.

INEGI, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), (2000). Marco Geoestadístico. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. <http://www.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/dgo.htm> (consultado 10 de enero de 2010).

INEGI, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2011). Información estadística nacional por entidad federativa y municipio. Datos estadísticas ambientales (<http://www.inegi.org.mx/> consultado 15 de agosto de 2011).

SIGEED (Sistemas de información Geográfica de los Ecosistemas del Estado de Durango) (2009). Mapas de los ecosistemas del estado de Durango. <http://www.ujed.mx/sigeed/> (Consultado el 8 de noviembre de 2009).

SARH, Inventario Nacional Forestal Periódico, (1992-1994).Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, México.

SEMARNAT(Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2008). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Datos Estadísticos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [http:// www.semarnat.gob.mx/informacionambiental//](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental//).

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LA MORFOMETRÍA DE PLÁNTULAS DE MANGLE POR PETRÓLEO CRUDO

Requena Pavón G.C.^{*1}; Agraz-Hernández, C.M¹; Vazquez Botello, A²; Osti-Saénz, J¹; Reyes Castellanos J.E. ¹; Chan Keb C. ¹; García Zaragoza C. ¹

¹*Centro EPOMEX. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n ²Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
Correo electrónico: gcrp40@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó una investigación donde se examinaron los efectos acumulativos después de un vertido de petróleo y donde se ha valorado el impacto derivado del petróleo en una zonificación típica con plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* bajo condiciones controladas de temperatura ambiental, humedad, hidroperiodo, salinidad y microtopografía en un invernadero. Es relevante mencionar que este estudio tuvo una fase de estabilización de 40 días y posteriormente se realizó el vertido de petróleo al experimento que tuvo una duración de 183 días; los efectos negativos que se encontraron en las tres especies antes mencionadas, han sido localizadas en términos de altura e incremento diametral, al presentar menores tasas diametral en el DCPC (0.0043, 0.0037 y 0.0031 mm/día), comparado con el DT (0.067, 0.0052 y 0.0044 mm/día). Donde el mayor efecto se observó en *Rhizophora mangle* presentando una disminución del crecimiento diametral, debido al impacto inmediato y al mayor tiempo de residencia del petróleo crudo.

En el caso del crecimiento en altura, los efectos del petróleo fueron más evidentes para *Rhizophora mangle* disminuyendo en un 50% y en *Avicennia germinans* en un 58%, comparado con las plántulas de referencia. Esta última especie es afectada debido a la concentración del hidrocarburo en el sedimento por percolación, estimulado por la menor amplitud y frecuencia de inundación, evidenciado por el incremento de la alcalinidad en el sedimento, derivado de la hidrofobia de los compuestos del petróleo, en *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* (8.1 ± 0.04 y 8.4 ± 0.47), a diferencia de DT (5.8 ± 0.4 y 7.0 ± 0.2).

Palabras clave: petróleo, vegetación, manglares.

INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios sobre el efecto de los derrames de petróleo se desarrollaron principalmente en los ecosistemas costeros, debido a los impactos antropogénicos en las costas, como resultado del aumento de las poblaciones y accidentes generados por la industria petroquímica (Neff (1979); Contreras (1986); Calva (1997). Los

impactos ocasionados por los derrames de petróleo en la línea de costa, han ocasionado la pérdida de la cobertura de mangle (Duke, 1999). Autores como Kleskowskiet al., (1994) menciona que los ecosistemas de manglar están expuestos continuamente a la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos. Estableciéndose un riesgo para la conservación de estos ecosistemas, debido a que se le atribuye una alta productividad y abundante detritus orgánico; lo cual lo convierten en un ecosistema altamente susceptible a la acumulación de los compuestos del petróleo (Suprayogi& Murray (1999) y Zhang et al., 2004). Es por ello, que es importante evaluar el efecto del petróleo crudo en la morfología de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans*, a través de una zonificación natural y bajo condiciones experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se construyó dos humedales artificiales en un vivero con temperatura ambiental y salinidad controladas de ($23^{\circ}\text{C} \pm 25$ y de 22 a 24 ups respectivamente). Los estanques experimentales para el derrame de petróleo crudo y testigo fueron de 4.52 m de largo x 0.46 de ancho y 0.86 de altura. Para ambos estanques se elaboro un filtro biológico con diferentes estratos de material no consolidado; 30 cm para *R. mangle*, 33.7 en *L. racemosa* y 41.9 *A. germinans* de turba, 9 cm de arena, 9 cm de sello y 9 cm de grava. Por lo cual, cada estanque fue dividido en tres zonas, y simulada la distribución microtopografía por especie. Así mismo, el flujo y el reflujo de la marea fue representada mediante un sistema cerrado (con bomba y un timer), con base a la tabla de marea. En cada sección del estanque se sembraron 40 plántulas por especie y se dio un mes para

estabilizar el sistema y acondicionamiento de las plántulas. Los monitoreos mensuales de los parámetros químicos del suelo y del agua intersticial se hicieron en cada estanque por especie. El equipo utilizado para pH y Eh del suelo fue el DUAL pH TECHNOLOGY y para el agua intersticial fue un YSI pH 100pH. Con respecto a la salinidad se utilizo un refractómetro ATAGO 0 A 100 ups). Las mediciones morfológicas y fisiológicas de las plántulas se realizaron con un pie de Rey de 0 a 150 mm, de marca TRUPER) en tres plántulas cada mes, tanto en el testigo como en el estanque con petróleo crudo. Es relevante mencionar que en el estanque designado para simular el derrame de petróleo crudo, fueron vertidos 10 litros en total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es relevante mencionar que la respuesta morfológica en las tres especies de plántulas de mangle utilizadas para este estudio, fue similar en ambos dispositivos experimentales durante la fase de “referencia”. Esto sustentado con base a los resultados obtenidos durante la fase de “estabilización”, ya que en esta fase se definió homogeneidad y similitud entre dispositivos experimentales con respecto a los parámetros físicos y químicos en el agua intersticial y el sedimento.

Posteriormente las respuestas morfológicas para las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans* utilizadas para este estudio, registraron que el efecto generado por el petróleo crudo en las tres especies de plántulas de mangle para este estudio, se registró directamente en los procesos de desarrollo óptimo, traducándose esto en una reducción de las

tasas de crecimiento en términos de altura e incremento diametral. Esto atribuido por el los cambios de los parámetros fisicoquímicos del agua y del sedimento hasta establecer intervalos intolerantes para la sobrevivencia de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Lagunculariaracemosa* y *Avicenniagerminans*; provocándose principalmente la muerte por asfixia. Esto es validado al decaer la concentración de oxígeno disuelto en el agua intersticial de oxicos (-44.3 mV a -173.7 mV) a oxico-hipoxicos (posterior al vertido. -173.0 a -209 mV). En conjunto de la obstrucción de la función de captación del oxígeno atmosférico que realizan las lenticelas; al adherirse el petróleo crudo (Agraz-Hernández, 2007).

Las respuestas en términos de crecimiento en altura total para las plántulas de *Rhizophora mangle* y *Avicenniagerminans*, registraron diferencias significativas entre los dispositivos DT y DCPC; caso contrario, para las plántulas de *Lagunculariaracemosa*. Esta disminución en la tasa del crecimiento

de *Rhizophora mangle*, es atribuida al mayor tiempo de contacto con el petróleo crudo y al cambio en las condiciones del pH y oxígeno en el agua intersticial y en el sedimento (Figura 1).

En el caso de *Lagunculariaracemosa* por ubicarse de acuerdo a la zonificación de las especies, en la parte intermedia, se presento un menor tiempo inundación y contacto, percolación y acumulación del petróleo en comparación a *Rhizophora mangle* y *Avicenniagerminans*; reflejando los efectos a largo plazo (Figura 1). Sin embargo, en *Avicenniagerminans* se registró también disminución en la tasa de crecimiento, al acumularse el hidrocarburo en el sedimento por percolación, estimulado por la menor amplitud y frecuencia de inundación (Figura 1).

Esto es sustentado con base a donde autores como Martínez et al., (2001) señalan que la textura del suelo es un factor que define el grado de impacto en el ecosistema e incluso establece la potencialidad para su

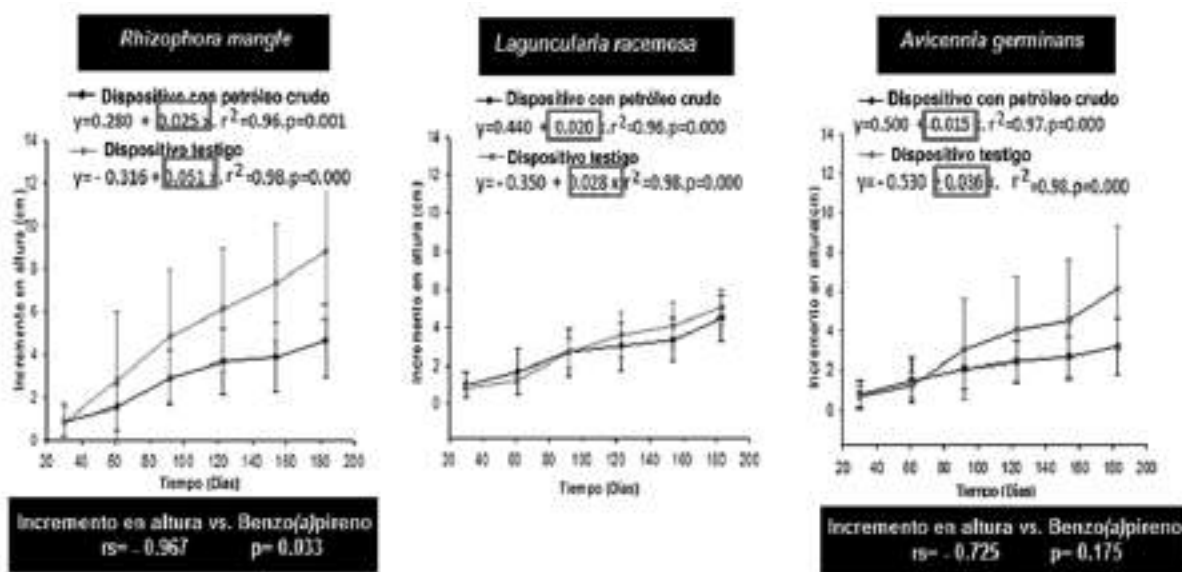


Figura 1. Ecuaciones de regresiones lineales simples del incremento en altura en plántulas de *R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*, presente durante la fase del Vertido con petróleo crudo, en los dispositivos experimentales (DT y DCPC).

remediación. Siendo entonces, el tipo de sustrato no consolidado más vulnerable a la penetración o enterramiento de los hidrocarburos (aceites) derivados del petróleo crudo derramado; persistiendo más tiempo en la turba mangle, con mayor difícil limpieza e impactos biológicos a largo plazo ((Gupta&Lin, (1993); Totscheet al.,(1997); Gutiérrez & Zavala,(2002)). Aunado a lo descrito por Suprayogi& Murray et al., (1999), donde indican que a cinco concentraciones de dos tipos de petróleo (crudo y condensado) se presenta un efecto sobre el crecimiento de cuatro especies de plántulas de mangle (*Rhizophora stylosa*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriopstagal* *Avicennia marina*); determinando que *A. marina* fue la especie que mostro mayor acumulación de hidrocarburos.

Por otra parte, las respuestas en términos de incremento diametral, mostraron que el DCPC, presentaron diferencias significativas, en las tres especies de mangle

utilizadas para este estudio, observándose menores tasas de crecimiento en los dispositivos que con respecto a las plántulas del DT(Figura 2).

Esto coincide con lo reportado por Proffitt&Devlinet al., (1998), donde observaron efectos negativos en el crecimiento en términos de incremento diametral con respecto al control al efectuar un vertido de petróleo con plántulas de *Rhizophora mangle*. Sin embargo, autores como Draper& Smith et al.,(1998), revela que no siempre los efectos de toxicidad del petróleo se registran en las tasas de crecimiento diametral, puesto que esto dependerá de las condiciones ambientales en las que se desarrollen las plántulas (grados de estrés en que se encuentren) y a su fenotipo. Finalmente de acuerdo con Cintrón &Schaeffer-Novelli et al., (1984), mencionan que las alteraciones que presentan los bosque de manglar, tales como la reducción en la densidad de los bosques,

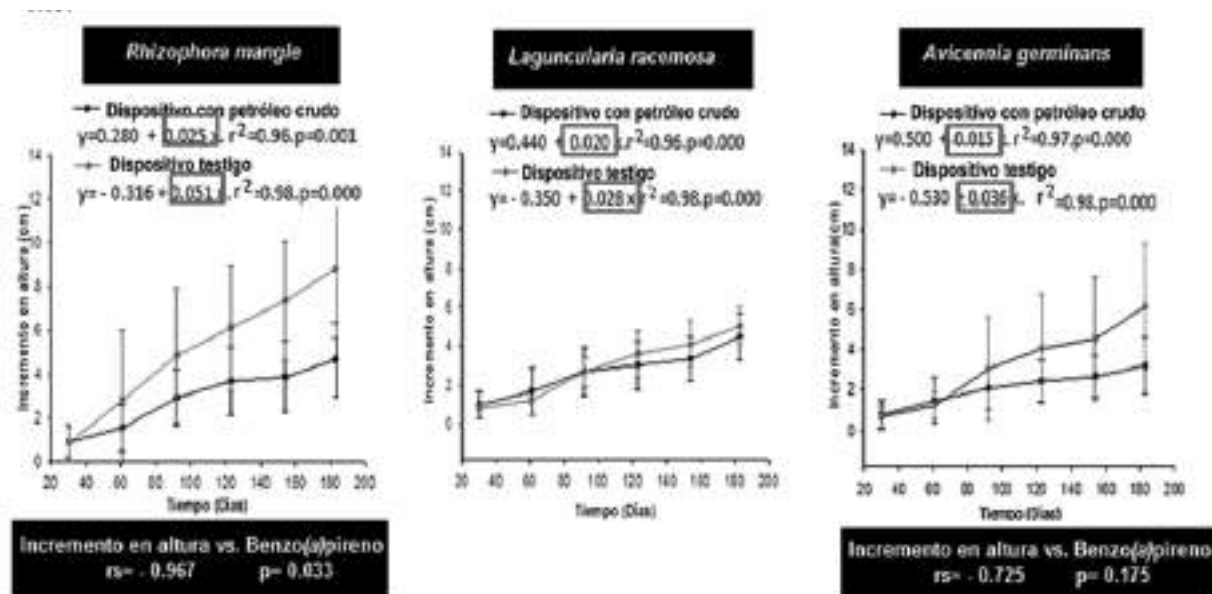


Figura 2. Ecuaciones de regresiones lineales simples sobre el incremento diametral en tres especies de manglar (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) con dos tratamientos, durante la fase vertido con petróleo crudo.

aumento del área basal y el diámetro promedio, es el resultado de competencia por la sobrevivencia entre especies ante tales desastres como lo son los derrames de petróleo en manglares.

En términos de número de nodos producidos en las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, registraron que no existe diferencia significativa, para ambos dispositivos experimentales (DT y DCPC). Este resultado, se puede comparar con lo que encontró Duke y Pinzon *et al.*, (1992), después de un derrame de petróleo en plantas de *Rhizophora mangle* en el cual indican que el número de nodos permanece relativamente constante, alrededor de 3.7 ± 0.3 nodos / año, después de un derrame de petróleo. Es relevante mencionar que existen pocos estudios que validen y determinen los factores que pudiesen afectar la producción de nodos. Sin embargo, y al igual que lo sustentado en la producción de hojas de este estudio; se puede mencionar que el efecto del petróleo crudo en el dispositivo experimental, no llegó a alterar este proceso fisiológico.

En términos de producción en número de hojas para cada especie (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*) de mangle utilizada en ambos dispositivos experimentales en este estudio (DT y DCPC), no evidenciaron diferencias significativas. Esto a pesar de que otros autores han registrado efectos de defoliación en plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* al contacto con petróleo crudo ((Rodríguez *et al.*, (1990), Lugo *et al.*, (1980) y Ponte *et al.*, 1990)). Esto es atribuido a que las condiciones ambientales (físicas y químicas del agua intersticial y en la turba) no rebasaron el grado de tolerancia,

que estimulara a las plántulas a utilizar la energía en tolerar el estrés y no en producir biomasa fotosintética o el mismo proceso fotosintético.

CONCLUSIONES

Los mayores efectos en las plántulas de mangle al contacto con el petróleo crudo, se reflejaron en *Rhizophora mangle* al presentar la mayor disminución de la tasa de crecimiento en comparación a *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. Debido al mayor contacto superficial, menor percolación e incremento en el tiempo de residencia del petróleo crudo. Las tasas de crecimiento en términos de altura fueron más evidentes en *Rhizophora mangle*, disminuyéndose en *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* en un 50%, 28% y 58%, respectivamente; al disminuir el proceso de percolación, acumulación, contacto y espesor del petróleo crudo durante el hidropériodo (flujo y reflujo de la marea); esto derivado de la hidrofobia de los del petróleo crudo.

Las menores tasas de crecimiento en términos de incremento diametral se detectaron en las plántulas de *Avicennia germinans*, derivado de la mayor percolación, permanencia y acumulación del petróleo crudo en el sedimento, así como por la adhesión y contacto del petróleo en el tejido del tallo y obstrucción de las lenticelas en los pneumatóforos. Posteriormente se incrementó la tasa de crecimiento en un 19.3 % en *Laguncularia racemosa* con respecto a *Avicennia germinans*, también derivado de la adhesión y contacto del petróleo en el tejido del tallo. Finalmente con menor efecto y mayor incremento diametral las plántulas de *Rhizophora mangle* presentaron un incremento de 16.2 %

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos del proyecto: “Lineamientos básicos para los programas de restauración, manejo sostenido y caracterización de los efectos tóxicos de petróleo en plántulas de manglar” financiado por CONAFOR – CONACYT., a los que se agradece el apoyo en la realización de estos proyectos, así como también la colaboración del Laboratorio de Humedales Costeros con especialidad en manglares en el Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche.

LITERATURA CITADA

Agraz-Hernández, C. M.; Osti-Sáenz, J.; Jiménez-Zacarías, J.; García-Zaragoza, C.; Arana Lezama, R.; Chan Canul, E.; González-Duran, L.; Palomo-Rodríguez, A. 2007. Restauración con manglar: Criterios y técnicas hidrológicas, de reforestación y forestación. 1era. edición. Universidad Autónoma de Campeche, Comisión Federal de Electricidad, Comisión federal de Electricidad, Comisión Nacional Forestal. ISBN: 968-5722-54-4. 132 pp.

Calva, L.G.B. 1997. Hidrocarburos Fósiles en Lagunas Costeras. Contactos, 3ra. Época, 21:16-22.

Cintrón, G. & Schaeffer-Novelli, Y. 1984. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur de América. Ciencia Interamericana. Vol. 25 (1-4): 4-15.

Contreras, F.E. 1986. Ecosistemas Costeros Mexicanos. CONABIO-UAMI. 415 pp.

Draper NR & Smith H. 1998. Applied Regression Analysis (3rd edition). New

York: Wiley.

Duke, N. C. and K.A. Burns. 1999. Fate and effects of oil and dispersed oil on mangrove ecosystems in Australia. Australian Institute of Marine Science and CRC. Research Centre. 17 pp.

Duke, N. C. and Z.S. Pinzon. 1992. Aging Rhizophoraseedlings from leaf scar nodes: a method for studying recruitment and growth in tropical mangrove forests. Biotropica, 24(2).

Duke, N.C.; W.R., y Williams, W.t. 1981. Growth ring and rainfall correlation in a mangrove tree of the genus *Diospyros* (Ebenacea). Aust. S.Bot..29: 135-42.

Gupta, G. and Y. J. Lin. 1993. Toxicity of aqueous-leachate through sand-clay columns. J. Environ. Sci. Health. A 28(4):933-940.

Gutiérrez C., M. C. Zavala C. 2002. Rasgos hidromorfoicos de suelos tropicales contaminados con hidrocarburos. Terra Latinoamericana. 20:101-111.

Klekowski, Jr.; E.J.; Corredor, J.E.; Morell, J.M. and DelCastillo, C.A. 1994. Petroleum pollution and mutation in mangroves. Marine Pollution Bulletin. 28: 166-169.

Lugo, A.E. 1980. Mangrove ecosystems: sucesional or steady state. Biotropica, 12: 67-72.

Martínez M., V.E. y, F. López S. 2001. Efecto de hidrocarburo en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. Terra. 19: 9-17.

Neff, M.F. 1979. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in aquatic environment.

Sources, Fates and Biological Effects.
Applied Science Publisher. U.K. 262 pp.

Ponte, A.C.E.; Fonseca, I.A.Z. & Claro, M.C.A. 1990. Produção de serapilheira em bosque impactado por petróleo. In: Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Síntese dos Conhecimentos, Cananéia, São Paulo: ACIESP, v2, 241-253 pp.

Proffitt E.C. y Devlin D.J. 1998. Are there cumulative effects in red mangroves from oil spill during seedling and sapling stages. *Ecol. Appl.* Vol.8: 121-127.

Rodrigues, F.O.; Moura, D.O. & Lamparelli, C.C. 1999. Environmental impact in mangrove ecosystems São Paulo, Brazil. In: *Ecossistemas de Manglar en América Tropical*. A. Yañez-Arancibia y A.L. Lara-Domínguez (eds). Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ ORMA, Costa Rica, NOAA/ NMFS Silver Spring MD, USA. 380 pp.

Suprayogi B. y Murray F. 1999. A field experiment of the physical and chemical effects of two oils on mangroves. *Environ. Exp. Bot.* 42, 221-229.

Totsche, K.U., J. Danzer and I. Kogel-Knaber. 1997. Dissolved organic matter-enhanced retention of polycyclic aromatic hydrocarbons soil miscible displacement experiments. *J. Environ. Qual.* 26:1090-1

PRODUCCIÓN DE LECHE ECOLÓGICA BAJO UN MODELO SUSTENTABLE EN EL NORTE DE MÉXICO

Espinoza, P. J.R.¹, Lujan S. E.², Aranda G. H.², Quintana M. R.M., Soto C. R.A.², Holguin¹. y C., Pinedo, A.C.²

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Perif.Fco.R. Almada km.1 Chihuahua, Chih. Mex.

²Agrícola Ganadera los Lujan SPR de RL de CV Av. 3a Norte no.205 Altos 13 Cd. Delicias, Chih. Correo electrónico: jespinoza@uach.mx

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es presentar la viabilidad de un Sistema Producto Leche bajo un Modelo de Sustentabilidad operando de manera exitosa en el Norte de México desde el 2008 en Cd. Delicias, Chih. Donde en un establo lechero con capacidad mayor a 8 mil vacas de la raza Holstein en producción y un Bio Digestor se puede generar gas metano para la producción alternativa de energía eléctrica limpia y que podría tener impacto para la obtención de bonos de carbono, manejo racional del agua con un alto impacto en la huella hídrica para la producción de leche; bajo un esquema de Bio sólidos y reúso del agua tratada para actividades de limpieza y en el riego de las tierras agrícolas, creación de composta, y conservación del medio ambiente, generando utilidades y empleos en su entorno. Con este modelo de negocios actualmente se está participando como finalista al Premio Nacional Agroalimentario 2011.

Palabras clave: producción, leche, sustentable.

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 105-110.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

INTRODUCCIÓN

La Empresa Agrícola Ganadera Los Lujan SPR. de RL. de CV. (AGL) desde sus comienzos definió su planeación estratégica basado en un Modelo de Agroindustria Integral y sustentable; por lo que inició en el 2003 la construcción del Establo El Principal en Cd. Delicias, Chih. Haciendo una obra civil semejante a una ciudad en lo que se refiere a un drenaje profundo para la recolección y aprovechamiento del agua proveniente del sistema de limpieza de las instalaciones y corrales para posteriormente llevarlas a un Bio Digestor que se empezó a construir en el 2008 para la producción de Biogás para la generación de energía eléctrica: conociendo que la Actividad Lechera es de las que más agua utiliza dentro de las operaciones agropecuarias, adicionalmente se propuso separar los sólidos del agua, para la fabricación de composta y utilizar el agua reciclada para el riego de sus tierras agrícolas y así inicio el Primer Modelo Sustentable en el Sistema



Figura 1. Imágenes de la construcción e instalaciones del Bio Digestoren.

producto leche en México. Hoy en día El Establo El Principal está considerado como uno de los mejores en América y en el Mundo (Figura 1 y 2).

Con una inversión de más de \$ 30 millones de pesos se puso en marcha el Bio Digestor más grande de América Latina, dando paso a un ejemplo de una Agroindustria integral exitosa en nuestro país, lo cual le permite abaratar sus costos de producción y enfrentar eficientemente el comportamiento de los productos básicos en los precios de la leche. Con este modelo de negocios actualmente se está participando como finalista en el Premio Nacional Agroalimentario 2011.

Con la Asesoría de expertos se espera que el Bio Digestor en 7 años produzca:

- a) 250 mil certificados de bonos de carbono.
- b) 26 mil ton. De CO₂.
- c) 5, 300,000 KWA por año.
- d) 200 m³ de gas metano por hora.
- e) Menos de 800 lts agua/ litro de leche. (huella hídrica).

Como resultado de más de 8 mil vacas



Figura 2. Ejemplo de una Agro industria integral exitosa en México bajo el modelo de sustentabilidad y la generación de energía eléctrica limpia.

lecheras en producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Bio digestor fue diseñado por la Empresa RCM Digesters, Inc. a Biothane Company de California, con la asesoría de la Compañía ANDGAR de Washington y la supervisión de la Empresa AROTEC Energía Renovable de Cd. De México. Las dimensiones del Bio Digestor son de 2 ha. Con una profundidad de 8 m. el agua entra sin sólidos procedente de las instalaciones del establo a razón de más de 70 lt. Por segundo, en el que después de recircular por más de 68 días dentro del tanque del Bio digestor el agua se lleva a unos estanques de oxidación para posteriormente ser utilizado en el sistema de riego de la tierra agrícola colindante en el establo, en que conjuntamente con la separación de sólidos se produce composta para enriquecer la tierra, ayudando a bajar la contaminación del suelo y de agua con fertilizantes químicos. Esto permite aprovechar más eficientemente el agua para la actividad lechera; donde se sabe que en promedio la huella hídrica para la producción de leche a nivel mundial es de 800 litros de agua por litro de leche (ONU,



Figura 3. Modelo de Sustentabilidad actual.

2002Hoekstra) y en el caso de México es de 1000 (Consejo Consultivo de agua A.C. 2010). Se espera que con todo este modelo de sustentabilidad (Figura 3 y 4) operado en AGL esté por debajo de ese promedio, siendo posible validarlo en un futuro con estudios por parte del área de recursos naturales y de socio economía, para así facilitar un plus ambiental a la Empresa.

La Empresa RCM Digesters, Inc., afirma que la producción potencial de energía eléctrica y de Biogás aprovechando el estiércol de las vacas lecheras es: 2.5 – 3.7 kwh/ por animal / día y de Biogás entre 65-80 ft³/día, y esto es posible llevarlo a cabo mediante un generador con capacidad de 400 kw.

A continuación se presentan las variables que se monitorearon de manera semanal a partir del 3 de febrero del 2010 hasta el 1 de agosto del 2011 en el Establo El Principal, como del Bio digestor fueron las siguientes:

- 1) Producción de gas (m³/h)
- 2) Producción de ELP (h)
- 3) pH
- 4) Composición de CO₂ (%)



Figura 4. Modelo de Sustentabilidad y cadena de valores en AGL.

- 5) Alimentación de agua al Bio Digestor (lts/seg)
- 6) Producción de Gas metano (m³/h) (factor 60 %)
- 7) Producción aproximada de electricidad (KWS/h factor 3.025)
- 8) Número de vacas en producción.
- 9) Número total de vacas.
- 10) Producción de leche promedio por vaca por día. (lt/vaca)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo de una media de 8,159 vacas lecheras, un promedio de 31.447 lt de leche, generando 183.71 de gas metano M³/h, 9340 ELP (h), un 22 % CO₂, generando una media de 555.7kws/h alimentando el Bio digestor con 60.64 lt/seg. y un pH 6.906, Lo cual permitirá reducir los costos de energía eléctrica en más de un 60 % en el Establo y reducir notablemente la huella hídrica en AGL, como también la producción de bonos de carbono, disminuir la contaminación con fertilizantes químicos de las tierras de cultivo al incorporar agua reciclada procedente del Bio Digestor, como de Bio sólidos y composta; actualmente se

cuenta con una producción anual de más de 15 mil ton. de composta utilizadas para la agricultura.

Mediante modelos regresionales utilizando las variables analizadas se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$KWAS\ PROD/HR = 0.0334 + 1.82\ NM3/h - 0.00414\ PH + 0.000055\ ALIMENTACION\ (lt/seg) - 0.000001\ VACAS\ PROD + 0.000246\ lt/VACA - 0.000001\ NO.\ TOTAL\ VACAS.$

$NM3/HR = -758 - 0.00959\ ELP\ (h) + 84\ PH + 0.97\ ALIMENTACION\ (lt/seg) + 0.0559\ VACAS\ PROD + 22.0\ lt/VACA - 0.0657\ NO.\ TOTAL\ VACAS.$

$KWAS\ PROD/HR = -1375 - 0.0174\ ELP\ (h) + 152\ PH + 1.76\ ALIMENTACION\ (lt/seg) + 0.102\ VACAS\ PROD + 40.0\ lt/VACA - 0.119\ NO.\ TOTAL\ VACAS$

En los tres primeros modelos el valor de P fue de 0.00 en el ANOVA, pero al realizar las pruebas de hipótesis para cada uno de los coeficientes de regresión, resultó que únicamente la variable ELP (h) fue significativa con un valor de P 0.013 para la generación de energía eléctrica mediante la producción de gas metano.

Por lo que las ecuaciones se resumieron de la siguiente manera:

$NM3/h = 431 - 0.0135\ ELP\ (h)KWAS$
 $PROD/h = -0.00106 + 1.82\ NM3/h$

La variable Gas Metano al trabajarla como variable independiente, el modelo lo eliminó por presentar una correlación muy elevada con las otras variables independientes.

Adicionalmente se hicieron pruebas de correlación de Pearson con las variables obteniendo lo siguiente:

La relación entre Gas metano y NM3 fue

del 1.000 con un valor de P 0.00, lo mismo sucedió con KWAS PRO/h y Gas Metano / h. Mientras que la relación de ELP (h) con NM3 y KWAS PRO/h fue de -0.431 con un valor de P 0.000. Lt/vaca y gas Metano, KWAS PRO/h y NM3/h fue de 0.445 con un valor de P 0.000. Muy similar fue con el no. De Vacas -0.338 con P 0.003.

Fueron positivas las pruebas de normalización para las principales variables analizadas.

Se realizaron pruebas de independencia estadística resultando que no existe dependencia entre las variables para la generación de gas Metano, como de electricidad y las variables de producción animal: lt/vaca y no. de animales: con un valor P 0.257.

Sin embargo se puede deducir que a mayor número de vacas en producción, mayor cantidad de estiércol, mayor consumo de agua, mayor generación de Biogás, mayor producción de gas Metano y más energía limpia de manera sustentable. Y que la generación de Biogás está más asociada al buen funcionamiento del Bio Digestor que a los parámetros productivos de los animales.

También se determinó que se puede acelerar el paso del agua dentro del Biodigestor (Figura 5) a reducirlo a la mitad de tiempo y de esa manera tener la capacidad de incrementar la producción de biogás en la Empresa, para una mayor generación de energía eléctrica limpia, como un mejor aprovechamiento de las aguas procedentes de la actividad lechera propia del Establo.



Figura 5. Imágenes de la construcción y puesta en marcha del Biodigestor más grande de América latina con un área de 2 ha. Para la generación de más de 5 millones de Kwas por año.

CONCLUSIONES

En Cd. Delicias, Chih. Agrícola Ganadera los Lujan SPR de RL de CV “AGL” es de los primeros modelos sustentable para la producción de leche, donde es capaz de generar energía eléctrica utilizando el estiércol de más de 8 mil vacas Holstein, mediante un Biodigestor produciendo más de 500 kwas/h, procedente de la elaboración de más de 183 M3/h de gas metano, del aprovechamiento sustentable del agua derivado de las operaciones del Establo a razón de más de 60 lt/seg. Hasta la fecha van más de 2.4 millones de m3 de gas metano generados. Siendo amigable con el medio ambiente, abaratando costos, produciendo, de las mejores leches del Grupo ALPURA, con más de 300 empleos directos y 2 500

empleos indirectos; es uno de los primeros modelos exitosos en México de una Agroindustria integral basada como eje de su planeación estratégica la sustentabilidad.

La electricidad que se genere está orientada a la planta procesadora de lácteos, planta de alimentos balanceados, sistemas de ordeña, pozos, etc. Dando origen a la primer empresa del sector en la producción de leche ecológica en el norte de México.

Conjuntamente es el primer Biodigestor de esta naturaleza exitoso en México, que se espera que en un futuro más productores del Grupo ALPURA sigan su ejemplo y el impacto ecológico sea mayor.

Es una Empresa orgullosamente mexicana,

que produce de las mejores leches de México; y además es una Agroindustria integral por:

- a) Productor de Energía eléctrica y Bonos de carbono
- b) Productor de alfalfa y forrajes
- c) Productor de cereales
- d) Productor de ganado para carne
- f) Productor de composta
- g) Centro de vinculación y de capacitación con la Universidad
- h) Valor agregado en leche: descremada y evaporada

sustainable development, FAO Bulletin 95 (Ed).

Hoekstra, A. (2002) Water Foot print , ONU. Declaración del milenio 2000.

Schneider H. Samaniego J.L. (2010) la Huella del carbón en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. CEPAL, Chile

LITERATURA CITADA

Altieri, M. y C. Nicholls 2000. Agroecología: Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable, Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, número 4, PNUMA/ORPALC, México.

Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics (DIAFE). Centralised biogas plants—integrated energy production, waste treatment and nutrient redistribution facilities. 1999.

Davis, S. H. y K. Ebbe 1995. Traditional Knowledge and Sustainable Development. Rev. Proceedings of a Conference. The World Bank, Washington, D.C. Gunnerson, Charles G; Stuckey, David C; Greeley, M; Skrinde, RT; Ward, RF. Título: Anaerobic digestion: principles and practices for biogas systems. Fonte: Washington, DC; World Bank; 1986.

M. Breheny, R. Rookwood, “Planning the Sustainable City Region”, in A. Blowers (ed.) Planning for a Sustainable Environment, Earthscan, London, 1996, p. 151.

U. Marchaim (1992), Biogas processes for



Contaminación

Contaminación de arroyos.

DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS DEL PETRÓLEO SOBRE PLÁNTULAS (*R. mangle*, *L. racemosa* y *A. germinans*) DE MANGLAR

Requena Pavón G.C.^{*1}, Agraz Hernández, C.M, Vazquez Botello A²; Osti Saénz J¹,
Reyes Castellanos J.E. ¹, Chan Keb C. ¹, García Zaragoza C. ¹ y Chan Canul E. ¹

¹*Centro EPOMEX. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Agustín Melgar s/n entre Juan de la Barrera y
Calle 20. Campeche.24030. Correo electrónico: gcrp40 @ hotmail.com

².Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.

RESUMEN

Debido al impacto que los ecosistemas de manglar han sufrido por los accidentes de petróleo crudo en diversas partes del mundo y a que existen pocos estudios sobre la identificación de los efectos de toxicidad que ocasiona sobre los procesos fisiológicos y morfológicos en los bosques de mangle a corto y largo plazo. Esta investigación generará la línea base sobre lo antes expuesto en plántulas de *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.), *Avicennia germinans* L., simulando la zonificación natural, bajo intervalos óptimos en las condiciones ambientales de manera controlada. En este trabajo se cuantificaron los HAP's emanados del análisis cromatografía de gases, utilizando el método del estándar externo a partir de una mezcla que contiene 16 HAPs. Además, este trabajo las plántulas de *Rhizophora mangle* mostraron el mayor efecto ($p < 0.05$; $gl = 2$), en específico Benzo(a)Pireno ($rs = 0.967$, $p = 0.033$). Autores como Botello *et al.*, (1995); Riser *et al.*, (1998) y Kerret *et al.*, (2001), señalan a los HAP's de 4 o 5 anillos

bencénicos son considerados compuestos de mayor persistencia en el ambiente, se atribuye a que los compuestos orgánicos se ligan con el material particulado del sedimento (incremento en la permanencia), volviéndose más resistente a la degradación bacteriana, bajo condiciones anoxicas y alcalina; esto sustentado con lo referido por Chunlonget *et al.*, (2003) y similares condiciones obtenidas en el DCPC durante la permanencia del petróleo crudo.

palabras clave: contaminación, petróleo, manglares.

INTRODUCCIÓN

En el caso particular de la industria petrolera, en los últimos años han propiciado severos problemas de contaminación en los ecosistemas de la zona costera en diversas partes del mundo. Como resultado de lo antes expuesto, se ha registrado la acumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) en los ecosistemas costeros (Simpson *et al.*, 1996). Olguín (2007) menciona que uno de los impactos que ha afectado negativamente a los

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 8(2): 113-117.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

ecosistemas costeros y en específico en los bosques de mangle; es atribuido a los derrame de petróleo. A pesar de ello, estos impactos han recibido poca atención y evaluación de los efectos que provocan los derrames de petróleo sobre los procesos biológicos, ecológicos y físico-químicos del agua superficial, intersticial y de la propia turba.

Como consecuencia de lo antes citado, en México se ha establecido una extensa industria petrolera con una amplia red de infraestructura para la extracción, transporte y refinamiento del petróleo extendiéndose a lo largo del país a través de zonas urbanas, industriales, agropecuarias y naturales, sobre todo en los estados del sureste, incluyendo Veracruz, Tabasco y Campeche. En específico para la zona del sureste mexicano debido a la gran producción de petróleo; se han detectado sitios con diferentes niveles de impacto ambiental de forma directa e indirecta, originado por las operaciones de extracción, refinación, transporte, almacenamiento y uso del petróleo como la principal fuente de energía (NRC, 1985), modificando y transformando a los bosques de manglar de México, en ecosistemas de baja productividad y biodiversidad a través de cambios en su composición biológica (NRC, 1985). Debido a ello, es importante evaluar el efecto del petróleo crudo en la morfología de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, a través de una zonificación natural y bajo condiciones experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se construyó dos humedales artificiales en un vivero con temperatura ambiental y salinidad controladas de (23 °C $\pm$ 25 y de 22 a 24 ups respectivamente). Los estanques experimentales para el derrame de petróleo

crudo y testigo fueron de 4.52 m de largo x 0.46 de ancho y 0.86 de altura. Para ambos estanques se elaboró un filtro biológico con diferentes estratos de material no consolidado; 30 cm para *R. mangle*, 33.7 en *L. racemosa* y 41.9 *A. germinans* de turba, 9 cm de arena, 9 cm de sello y 9 cm de grava. Por lo cual, cada estanque fue dividido en tres zonas, y simulada la distribución microtopografía por especie. Así mismo, el flujo y el reflujo de la marea fue representada mediante un sistema cerrado (con bomba y un timer), con base a la tabla de marea. En cada sección del estanque se sembraron 40 plántulas por especie y se dio un mes para estabilizar el sistema y acondicionamiento de las plántulas.

Para la realización de la extracción de HAP's, derivados de los compuestos petróleo crudo, se llevó a cabo con la extracción de las plántulas de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*), Dr. Vázquez Botello, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, de la Universidad Autónoma de México, utilizando la técnica propuesta por la UNEP/IOC/IAEA (1992). El vertido del petróleo crudo se efectuó en uno de los dispositivos experimentales (DVPC (dispositivo para el vertido del petróleo crudo)) posterior al periodo de estabilización y de referencia de las plántulas; derramándose 10 lt en total. La cantidad del vertido fue determinado con base a Alatorre *et al.*, 2005.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cuantificar los HAP's emanados del análisis cromatográfico de gases, se utilizó el método del estándar externo a partir de una mezcla que contiene 16 HAPs: Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, Fenantreno, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, Benzo(a)antraceno, Criseno,

Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Benzo(a) pireno, Indeno(1,2,3-cd) pireno, Dibenzo(a,h) antraceno y Benzo(g,h,i) perileno. La concentración final de cada compuesto está dada en $\mu\text{gg-1}$ peso seco. En el análisis de los compuestos del petróleo crudo de las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, extraídas mensualmente; registraron las mayores concentraciones de Antraceno ($124.6 \mu\text{gg-1} \pm 98.3$), Pireno ($99.1 \mu\text{gg-1} \pm 70.2$) y Benzo (a) antraceno ($97.8 \mu\text{gg-1} \pm 10.0$), respectivamente. La concentraciones más baja se determinaron solo para Naftaleno en las tres especies antes citadas, con $0.2 \mu\text{gg-1} \pm 0.2$, $2.3 \mu\text{gg-1} \pm 2.0$ y $4.7 \mu\text{gg-1} \pm 1.0$, respectivamente.

A partir de las concentraciones obtenidas de los compuestos del petróleo crudo, se realizaron pruebas de correlación de Pearson entre el incremento en altura y los compuestos de los hidrocarburos aromáticos policíclicos detectados en las plántulas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, estableciendo una correlación positiva y significativa. En el caso de las plántulas de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* con respecto al incremento diametral; se estableció una correlación inversamente proporcional y significativa

En general, el efecto de los compuestos HAP's con respecto al incremento diametral en las plántulas de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, registraron una estrecha correlación inversa (Cuadro 1); al inmediato contacto con del petróleo crudo a causa de la zonificación e inundación (frecuencia y amplitud) que caracteriza a estas especies; de mayor a menor tiempo de residencia del petróleo por columna de agua (adherencia en el tallo) y de menor

a mayor en el proceso de percolación por sedimento en el tiempo. En el caso de las plántulas de *Avicennia germinans* no se detecto efecto (Cuadro 1). Sin embargo, las plántulas mostraron en su sistema de raíz aéreo (pneumatoforos) efectos flacidez e incremento en el diámetro de las lenticelas, al percolar el petróleo crudo durante la fase de reflujo de marea y acumularse este en el sedimento.

El mayor grado de afectación a causa de la concentración del compuesto benzo (a) pireno en las plántulas de mangle, se vio reflejado en *Rhizophora mangle* debido al contacto inmediato con del petróleo crudo a causa de la zonificación de las especies y al mayor tiempo de residencia de este vía columna de agua (adherencia en el tallo) y por percolación por sedimento en el tiempo. Esto validado por la mayor correlación inversa que se registro entre la tasa de crecimiento en altura total, con respecto a la concentración del compuesto benzo (a) pireno; puesto que Botello et al., (1995); Riser- Roberts et al., (1998) y Kerret al., (2001), señalan a los HAP's de 4 o 5 anillos bencénicos son considerados compuestos de mayor persistencia en el ambiente.

Con respecto al efecto ocasionado por compuesto benzo (a) pireno en las plántulas de *Avicennia germinans*, al igual que *Rhizophora mangle* mostró un comportamiento similar; pero con menor efecto (Cuadro 1); esto atribuido a la ubicación referida en la zonificación de las especies; ya que esta se caracteriza por presentar baja frecuencia y amplitud de inundación en comparación con *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*. Definiéndose con ello, el mecanismo de percolación del petróleo crudo; afectándose directamente al sistema raíz y posterior a los proceso fisiológicos de la plántulas; lo

Cuadro 1. Correlación de Pearson, durante la fase del “vertido con petróleo crudo”, para cada una de las especies de mangle (*R. mangle*= *Rhizophora mangle*, *L. racemosa*= *Laguncularia racemosa* y *A. germinans*= *Avicennia germinans*), con un nivel de significancia $\alpha = 0.005$, bajo condiciones experimentales.

Especie	Correlación de Pearson r^2	p
<i>R. mangle</i>	Incremento en altura vs. 5 anillos -0.967	0.033
<i>A. germinans</i>	Incremento en altura vs. 5 anillos -0.725	0.017
<i>R. mangle</i>	Incremento diametral vs. Conc. total del Hc -0.997	0.05
<i>L. racemosa</i>	Incremento diametral vs. Conc. total del Hc -0.999	0.023

antes expuesto se sustenta con los resultados obtenidos en el DCPC con respecto a la biomasa del tejido vegetal, área foliar y la relación entre el compuesto benzo (a) pireno y la tasa de crecimiento en términos de altura.

CONCLUSIONES

El grado de estrés que las plántulas presentan ante el derrame del petróleo, se encuentran definidas con base a: la frecuencia y amplitud de mareas, distribución microtopográfica y tiempo de residencia del agua que caracteriza a cada especie (“zonificación”). Así como, por el volumen, tiempo de contacto y capacidad de percolación del petróleo en el sedimento por franja y especie.

La concentración del compuesto Benzo (a) Pireno presentó una relación altamente significativa e inversa al crecimiento en términos de altura de las plántulas de *R. mangle* y *A. germinans*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos del proyecto: “Lineamientos básicos para los programas de restauración,

manejo sostenido y caracterización de los efectos tóxicos de petróleo en plántulas de manglar” financiado por CONAFOR – CONACYT., a los que se agradece el apoyo en la realización de estos proyectos, así como también la colaboración del Laboratorio de Humedales Costeros con especialidad en manglares en el Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México de la Universidad Autónoma de Campeche.

LITERATURA CITADA

Botello, A.V., S. Villanueva, G. Díaz & Y. Pica .1995. Contaminación por hidrocarburos aromáticos poli cíclicos en sedimentos y organismos del puerto de Salinas Cruz, Oaxaca, México. In: Golfo de México, Contaminación e Impacto ambiental: Diagnostico y Tendencias, 2da. Edición. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología. 11 (1): 21-30.

Chunlong, Z. Z., H.G. Gregory & L. George. 2003. Potential PAH release from contaminated sediment in Galveston

Bay-Houston Ship Channel. University of Houston-Clear Lake, Environmental Institute of Houston. Annual Report.

Kerr J., M., J. McMillen S., I. Magaw R., R. Melton H. y Naughton G. 2001. Risk-based soil screening levels for crude oil: The role of polyaromatic hydrocarbons. The petroleum environmental research forum, USA.

National Research Council (U.S.). 1985. Steering Committee for the Petroleum in the Marine Environment Update. 601 pp.

Olguín, E.J., Hernández, M.E. y Sánchez-Galván G. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburo y estrategias de Biorremediación, Fitorremediación y Restauración. Rev. Int. Contam. Ambient. Vol. 23 (3): 139-154.

Riser-Roberts, E. 1998. Remediation of petroleum contaminated soils. In: Biological, physical, and chemical processes. 1a ed. Lewis publishers, United States of American. 542 pp.

Simpson, C.D.; Mosi AA; Cullen WR, Reimer KJ. 1996. Composition and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in surficial marine sediments from Kitimat Harbour, Canada. Sci Total Environ, 181: 265-278.

EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS EN NIÑOS INDÍGENAS DE POTAM, SONORA, MÉXICO

Cejudo, E. A. L., Meza, M. M. M., Balderas, C. J. J., Mondaca, H. I., Rodríguez, R. R.,
Renteria, M. A. M., Félix, F. A.

Instituto Tecnológico de Sonora, 5 de Febrero 818 sur, Zona Centro, CP 85000. Cd. Obregón, Sonora, México.

Correo electrónico: mmeza@itson.mx.

RESUMEN

La principal actividad en el sur de Sonora es la agricultura, donde por muchos años se han usado de manera irracional e indiscriminada una amplia diversidad de plaguicidas, incluyendo compuestos prohibidos en otros países. Debido a la falta de datos sobre residuos de plaguicidas en muestras biológicas y ambientales de residentes de la etnia yaqui el objetivo de éste estudio fue evaluar la exposición de niños a p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, α , β -endosulfan y lindano para conocer los niveles basales de la población a éstos tóxicos. Se realizó un estudio transversal incluyendo niños de Potam (alta exposición) y niños de Cd. Obregón (baja exposición). Se analizaron muestras de sangre para determinar éstos plaguicidas mediante cromatografía de gases. El 100% de las muestras tuvo niveles detectables de p,p'-DDE, en un rango de 0.3-4.3 g/L, lindano sólo estuvo presente en el 33.33% de los niños de Potam con valores entre 0.7 ± 0.2 g/L. El endosulfán se encontró en ambas comunidades, pero los niveles mas altos fueron para los niños de Potam en el rango de no detectable (ND) hasta 2.8 g/L.

La concentración en suelo para el DDT total (Σ pp-DDT, pp-DDE, pp-DDD) estuvo en el rango de ND hasta 36.60 g/Kg. También se encontró una asociación estadísticamente significativa entre los niveles de p,p'-DDE en la sangre y el consumo de alimentos marinos. La presencia de éstos agroquímicos en ambas comunidades muestra la alta residualidad y biodisponibilidad de éstos compuestos en el ambiente a través de diferentes rutas de exposición a la población.

Palabras clave: plaguicidas, bioacumulación, niños.

INTRODUCCIÓN

A través de muchos años se han utilizado una gran cantidad de plaguicidas para el control de plagas que afectan la agricultura (Burgos *et al.*, 2005). Estos se pueden definir como aquella sustancia o mezcla de sustancias, ingredientes activos, cuyo principal objetivo es prevenir, destruir o mitigar cualquier plaga, ya sea debida a insectos, roedores, hongos, nemátodos, algas u otras formas de plantas terrestres o acuáticas, animales, bacterias o virus; además cabe incluir también los productos que favorecen y regulan la producción vegetal, con

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 119-126.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

excepción de los nutrientes y los destinados a la corrección del suelo. A veces de manera incorrecta, el término plaguicida se utiliza para referirse únicamente a insecticidas, sin tener en cuenta que también incluye a los herbicidas, fungicidas, molusquicidas u otras sustancias para el control de plagas (Pastor, 2002). Los plaguicidas se conocen desde la antigüedad, aunque fue entre los años 20-30 del siglo XX, especialmente a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando su empleo se extendió exponencialmente (Pitarch, 2001). El rápido desarrollo de la química orgánica el impresionante aumento de la población mundial, fueron los factores que más contribuyeron en su amplio uso y desarrollo de nuevos plaguicidas sintéticos para el control de plagas agrícolas y vectores transmisores de enfermedades. La acumulación de las evidencias encontradas de sus efectos a la salud, los ha colocado en una categoría de sustancias denominadas contaminantes orgánicos persistentes, mejor conocidos como COPs ó por sus siglas en inglés POPs, sus características físico-químicas es que son compuestos químicos resistentes a la degradación fotolítica, biológica, química, tienen una baja presión de vapor y baja solubilidad en agua. Además, los COPs son altamente solubles en grasas y presentan características de alta toxicidad y son teratogénicos, presentando así un alto riesgo a la salud humana. Pueden alterar funciones biológicas normales, incluyendo la actividad natural de las hormonas y otros mensajeros químicos. Al ser los COPs solubles en grasas, se pueden acumular en los tejidos adiposos de los mamíferos y luego se biomagnifican; lo que significa que sus concentraciones pueden aumentar en cientos ó miles de veces, a medida que van subiendo en la cadena alimenticia. Entre estas sustancias se encuentran los plaguicidas organoclorados, los bifenilos policlorados y las dioxinas. Los plaguicidas

organoclorados (POCs) se empezaron a utilizar por primera vez en México en 1945 con la introducción del DDT, utilizado para el control de vectores de enfermedades, lo que generó su utilización extensiva a partir de 1956 en todo el país. La utilización del DDT fue suspendida en el año 2000, cuando es sustituido por piretroides. Este plaguicida fue ampliamente utilizado en comunidades endémicas de paludismo en México, y dada su persistencia, ahora lo encontramos en diferentes matrices ambientales, tales como sedimentos de lagunas costeras (González et al., 2002), suelos (Helling et al., 1991), y alimentos (Albert, 1996; Valenzuela et al., 2006) junto con sus metabolitos DDE y DDD, además, la exposición a los mismos constituye un serio riesgo para la salud. La principal actividad económica de la región del sur de Sonora es la agricultura, debido a esto durante muchos años se han utilizado grandes cantidades de plaguicidas de manera irracional, por lo tanto existe una exposición ambiental y ocupacional crónica a estas sustancias, incrementando el riesgo para sus habitantes (Pérez-Maldonado et al., 2010). En este escenario, es necesaria la evaluación de la exposición de éstas sustancias en niños y en el ambiente en que viven, considerando que ellos son una de las poblaciones mas susceptibles; la ingestión e inhalación de suelo y polvo contaminados, así como la ingestión de alimentos se consideran potenciales rutas de exposición a los plaguicidas organoclorados, incluyendo la leche materna donde éstos se bioacumulan. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de exposición que tienen los niños a los plaguicidas organoclorados: el DDT y sus metabolitos (DDE y DDD), lindano y endosulfán, mediante su cuantificación en muestras de suelo y en suero sanguíneo, abordando el tema desde sus antecedentes históricos, características y propiedades así

como sus impactos en el medio ambiente y la salud; ya que a pesar que su uso ha sido prohibido y restringido, aún se pueden encontrar en el ambiente y en organismos vivos, dada su persistencia y capacidad de bioacumulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio: Pótam, Sonora, se consideró como una comunidad de alta exposición a POCs, su principal actividad económica es la agricultura además de su ubicación geográfica. Está comunidad pertenece al municipio de Guaymas, ubicada al suroeste del estado de Sonora a 70 Km de Cd. Obregón. Cuenta con 5, 782 habitantes. Se seleccionó Cd. Obregón, Sonora; por ser una comunidad de menor exposición (CME). En ésta última solo se tomaron muestras de sangre de niños para utilizarlos como población de referencia. Muestreo de suelo: En la comunidad de Pótam, se ubicaron de manera estratégica 12 sitios de muestreo apoyados con el mapa obtenido con el programa Google Earth, 2009, los puntos de muestreo se marcaron en el mapa y se obtuvieron las coordenadas geográficas teóricas latitud norte y longitud oeste de cada uno de ellos. Dentro de la comunidad cada uno de los puntos se ubicó con ayuda de un equipo GPS (Global Positioning System), registrando las coordenadas reales y tomando las muestras acorde a la metodología NMX-AA-132-SCFI-2006. Se recolectaron aproximadamente 500 g de suelo utilizando bolsas de papel etiquetadas y se colocarán dentro de una bolsa de plástico para su traslado al laboratorio, almacenándose en un congelador a una temperatura de -20°C hasta su análisis. Reclutamiento de los participantes; éste se realizó en coordinación con la Secretaría de Salud, invitando a los padres de familia con niños de 6 a 12 años de edad a participar en

el proyecto e informándoles a los mismos el objetivo del estudio, además de explicarles la importancia social del mismo. La participación fue completamente voluntaria, seleccionando 15 niños de la comunidad de Pótam y 15 niños de Cd. Obregón, en el periodo de marzo-abril del 2010. Para su selección, se consideraron los siguientes criterios de inclusión; niños en un rango de edad de 6 a 12, que por lo menos tuvieran cinco años de residencia en la comunidad, además de la obtención de las formas de consentimiento firmadas por los niños y sus padres. También se aplicaron cuestionarios con el fin de obtener datos importantes de los niños como; tiempo de residencia, tiempo de lactancia, consumo de alimentos marinos, peso, altura y condiciones generales de salud para posteriormente relacionarlos con las concentraciones de plaguicidas en suero sanguíneo. El muestreo de sangre; se realizó mediante punción venosa cubital, por personal de la secretaría de salud y asistencia de Cd. Obregón, ésta se colectó en tubos estériles vacutainer con capacidad de 7 ml sin anticoagulante, una vez tomadas las muestras se transportaron en hieleras a una temperatura aproximada de 5 °C al laboratorio de toxicología ambiental del ITSON, para realizar la separación del suero sanguíneo. Las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente hasta que se formaron dos fases. Posteriormente éstas fueron centrifugadas durante 12 min a 3500 rpm para separar el cóagulo con la ayuda de un hisopo estéril, transfiriendo el suero sanguíneo a viales de 4 ml debidamente etiquetados, almacenándolos en un ultracongelador REVCO a -40 °C hasta su análisis. La extracción de residuos de POCs en suelo; se llevó a cabo mediante la técnica de dispersión de matriz en fase sólida, de acuerdo al procedimiento reportado por Valenzuela, et al. (2006) realizando las modificaciones acorde a Osorio (2008).

La extracción de los plaguicidas de suero sanguíneo se llevó a cabo mediante la extracción líquido-líquido de acuerdo a metodología de Dale *et al.*, (1976). Se tomaron 300 μ l de suero sanguíneo y se colocaron en tubos de 15 ml con tapón de rosca, adicionando 5 ml de n-hexano, agitando la mezcla en vortex durante un minuto, y transfiriendo el sobrenadante a otro tubo (éste procedimiento se repitió 4 veces). El extracto total obtenido (20 ml) se evaporó en un rotavapor N-EVEP-111 con corriente de aire puro hasta sequedad a una temperatura no mayor a 40° C y finalmente las muestras se reconstituyeron con 100 μ l de n-hexano, colocando las mismas en insertos de 100 μ l, y éstos últimos en viales color ámbar para su análisis. Las muestras fueron analizadas en un cromatógrafo de gases (CG) Agilent Technologies 7890A (Network GC system) equipado con un automuestreador 7683B y un detector de microcaptura de electrones (μ ECD). Las condiciones cromatográficas utilizadas fueron: Tcolumna 110 °C/1 min---> 15°C/1 min---->280 °C, la columna usada fué un DB-5 30 m x 0.25 mm y 0.25 μ m, la temperatura del inyector de 270 °C, la del detector de 340 °C, con un flujo de helio de 2.3 ml/min como gas de arrastre. Para realizar el análisis cualitativo; se compararon los tiempos de retención de cada uno de los estándares de los POCs con los tiempos de retención obtenidos para los picos en los cromatogramas de las muestras. El análisis cuantitativo; se realizó comparando el área bajo la curva de los picos de los estándares de cada plaguicida organoclorado obtenido en el cromatograma con el área bajo la curva de los picos de plaguicidas detectados en los cromatogramas de las muestras reales. Para el control de calidad de los análisis; se hicieron las extracciones en lotes de 10 muestras incluyendo un duplicado de extracción de una muestra adicionada con la solución de 0.01 μ g/ml (como control

positivo), una muestra blanco (control negativo) y un blanco de reactivo. Para las muestras de suelo los lotes fueron por cada 6 muestras. Análisis estadístico: Los datos obtenidos fueron capturados en el programa Excel 2003, para las variables como la edad, peso, talla, índice de masa corporal (IMC), duración de lactancia, frecuencia de consumo de alimentos marinos (CAM), niveles de plaguicidas en suelo y suero sanguíneo se utilizó la estadística descriptiva. Para variables dicotómicas como el sexo y uso de lindano se usaron porcentajes para el análisis. La comparación entre las concentraciones de plaguicidas en el suero sanguíneo de ambas comunidades; Pótam y Cd. Obregón, se llevó a cabo mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para datos con distribución no normal. Finalmente se utilizó un análisis de regresión múltiple para estudiar la relación de los niveles en sangre de DDT y DDE, con el consumo de alimentos marinos y los niveles de estos plaguicidas en el suelo. En este análisis se utilizaron como covariables la edad, el tiempo de lactancia y el índice de masa corporal (IMC). Se emplearon los paquetes estadísticos Statgraphic plus y MINITAB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que los niños de ambas comunidades fueron comparables respecto a la distribución por sexo, índice de masa corporal (IMC), tiempo de lactancia y consumo de alimentos marinos (CAM). La edad, peso y talla presentaron diferencia estadística significativa ($p < 0.05$). Lo anterior difiere a lo reportado por Herrera-Portugal *et al.*, (2008), donde se encontró solamente diferencia significativa en la duración de la lactancia y la frecuencia de consumo de alimentos marinos ($p < 0.001$).

Tabla 1. Características de los niños participantes de ambas comunidades de estudio.

Variable	CME (n=15) Obregón Media ± DE	CAE (n=15) Pótam Media ± DE	p-value
Edad (años) *	8.60 ± 1.72	10.80 ± 0.41	0.0000
Peso (Kg) *	31.13 ± 5.82	40.44 ± 7.20	0.0006
Talla (m) *	1.32 ± 0.10	1.45 ± 0.04	0.0001
IMC (Kg/m ²)	17.88 ± 2.99	19.10 ± 2.50	0.2666
Lactancia (meses)	9.73 ± 10.89	15.60 ± 12.17	0.0982
Sexo			
Hombres	53.04%	60.00%	
Mujeres	46.66%	40.00%	
CAM (días/semana)	0.86 ± 0.681	1.15 ± 1.06	0.3936

DE (Desviación estándar), CME (Comunidad de menor exposición); CAE (Comunidad de alta exposición); CAM (Consumo de alimentos marinos). (*) $p < 0.05$

Tabla 2. Niveles de plaguicidas en suelo de Pótam, Sonora.

Nombre del		Promedio ± DE		MHPPE (2009)	
Compuesto	N	(µg/Kg de suelo)	Rango	MPC (µg/Kg)	IV (mg/Kg)
Lindano	12	0.50 ± 0.1	N. D-0.6	230.0	1.2
α-Endosulfán	12	1.42 ± 0.6	N.D-2.7	1.00	4.0
β-Endosulfán	12	0.50 ± 0.4	N.D-0.9	14.0	NE
ΣEndosulfán		1.92 ± 0.9	N.D-3.5	NE	NE
p, p'-DDD	12	7.03 ± 4.4	0.6-24.8	2.0	34.0
p, p'-DDE	12	23.14 ± 3.8	0.72-54.2	1.0	2.3
p, p'-DDT	12	4.05 ± 5.6	0.2-17.6	9.0	1.7
ΣDDTs		34.21 ± 13.7	0.92-96.6	NE	NE

N.D: No detectado MHSPE: Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment (Holanda, 2009). MPC: Maximum permissible concentration; IV: Intervention Value (MHSPE, 2009). NE: No especificado

En el Cuadro 2 se muestra el promedio de las concentraciones de POCs en suelo. El p, p'-DDE, y p, p'-DDD se encontraron en el 100% de las muestras de suelo, mientras que el p, p'-DDT y el lindano se presentaron en el 91.7% de las mismas, por otro lado el α y β-endosulfán se detectaron en el 75 y 50% de las muestras de suelo respectivamente. Las concentraciones de POCs (suma de los 6 plaguicidas) encontradas en el suelo de Pótam, fueron desde N. D (no detectado) a 36.6±14.8 µg/Kg. La concentración más baja fue para el lindano (0.50±0.12 µg/Kg) y la más alta para el p, p'-DDE (23.1±3.8 µg/Kg). El total del contenido de lindano

representa el 1.23 % de la suma de POCs, el contenido de endosulfán (equivalente a la suma de α y β endosulfán) y fue de 1.92 µg/Kg que representa el 5.24% de la suma de POCs mientras que el DDT total (suma de p, p'-DDE, p, p'-DDD y p, p'-DDT) fue de 34.22 µg/Kg que corresponde al 93.52%. En el Cuadro anterior al comparar las concentraciones medias encontradas con los valores de las concentraciones máximas permitida (MPC) especificadas por el Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment de Holanda (MHPPE, 2009), se encontró que el α-endosulfán excede 0.4 veces la concentración máxima

Tabla 3. Niveles de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo de niños residentes del sur de Sonora.

Nombre del Compuesto	CME (Obregón)		CAE (Pótam)	
	Media ($\mu\text{g/L}$)	Rango	Media ($\mu\text{g/L}$)	Rango
Lindano*	N. D	N. D	0.7 $\pm$ 0.2	N. D-1.0
p, p'-DDD*	0.7 $\pm$ 0.0	N.D-0.7	1.6 $\pm$ 1.00	N. D-3.0
p, p'-DDE	0.8 $\pm$ 0.5	N. D-1.7	1.3 $\pm$ 0.9	0.3-4.3
p, p'-DDT	0.7 $\pm$ 0.3	N. D-1.0	0.8 $\pm$ 0.3	N. D-1.3
Σ DDTs	2.2$\pm$0.8	N. D-3.3	3.5$\pm$2.3	N. D-8.7
α -Endosulfán*	0.4 $\pm$ 0.2	N. D-0.6	1.0 $\pm$ 0.9	N. D-1.4
β -Endosulfán	0.5 $\pm$ 0.3	N. D-0.7	0.5 $\pm$ 0.2	N. D -1.3
Σ Endosulfán	0.9$\pm$0.4	N. D-1.3	1.5$\pm$1.3	N. D -2.8

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

CME: Comunidad de menor exposición; CAE: Comunidad de alta exposición.

permitida (1.0 $\mu\text{g/Kg}$), el p,p'-DDD se encuentra 3.5 veces por arriba de éste valor (2.0 $\mu\text{g/Kg}$) y finalmente el p,p'-DDE rebasó 22 veces la concentración establecida por ésta dependencia (1.0 $\mu\text{g/Kg}$). Es importante mencionar que ninguno de los 6 plaguicidas investigados alcanzó las concentraciones establecidas como valores de intervención (IV) por la misma agencia, este valor representa la concentración a la cual se debe de aplicar una tecnología de remediación del sitio contaminado.

Al comparar los niveles de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo entre los niños de Obregón (CME) y Pótam (CAE) presentados en la Tabla 3 se observa diferencia significativa en las concentraciones de lindano ($p=0.01$), el 33.33% de los niños de la comunidad de Pótam presentaron un promedio de lindano de $0.7 \pm 0.2 \mu\text{g/L}$ en suero, mientras que en los niños de Cd. Obregón éste no fue detectado. También se encontró diferencia significativa en los niveles de p, p'-DDD ($p=0.025$) los niños de la CAE están 2.3

veces mas expuestos ($1.6 \pm 1.0 \mu\text{g/L}$) que los niños de la CME ($0.7 \pm 0.00 \mu\text{g/L}$). La exposición al α -endosulfán fue 2.4 veces mayor en los niños de la comunidad de Pótam ($1.0 \pm 0.9 \mu\text{g/L}$) que en los niños de Cd. Obregón ($0.4 \pm 0.2 \mu\text{g/L}$). En contraste con lo anterior, la exposición a p, p'-DDE fue similar en ambas comunidades, con valores de $1.3 \pm 0.9 \mu\text{g/L}$ para Pótam y de $0.8 \pm 0.5 \mu\text{g/L}$ para Cd. Obregón, los niveles de p, p'-DDT en la CAE y la CME fueron de $0.8 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ y $0.7 \pm 0.3 \mu\text{g/L}$ respectivamente. Por último, la concentración de β -endosulfán en la sangre de los niños fue similar con valores de 0.5 ± 0.3 y 0.5 ± 0.2 respectivamente. En estudios realizados por (Meza, 2011) en niños de 7 a 11 años de edad residentes de diferentes comunidades del Valle del Yaqui y Mayo se detectó p,p'-DDE en el 100% de las muestras ($n=153$) con niveles de 0.5 a 10.3 $\mu\text{g/L}$ en suero, la concentración de lindano fue de 0.25 a 1.0 $\mu\text{g/L}$ en el 39.2% de éstas y finalmente el endosulfán en niveles de 0.25 $\mu\text{g/L}$ en el 3.9% de los niños, comportamiento similar al encontrado en ésta investigación.

CONCLUSIONES

La presencia de éstos agroquímicos en ambas comunidades muestra la alta residualidad y biodisponibilidad de éstos compuestos en el ambiente a través de diferentes rutas de exposición a la población. El suelo representa una ruta de exposición muy importante para los residentes de éstas comunidades, ya que estos compuestos pueden contaminar fuentes de agua superficial y subterránea, además de los alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Éste trabajo fue apoyado por la SES-PROMEP-2008 a través de la “Red Temática de Investigadores y Cuerpos Académicos Para El Estudio de Contaminantes Emergentes y Su Ecotoxicología”

LITERATURA CITADA

Albert, L. 1996. Persistent pesticides in México. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 147: 1-44.

Burgos, A., García, C., Aldana, M., Meza, M. 2005. Detection and Quantification of Insecticides in Shrimp Grown in a Coastal Farm in Sonora, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* 74:335-341.

Helling, C., Kearney, P., Alexander, M. 1991. Behaviour of pesticides in soils. *Adv. Agron.* 23. Pp. 147.

González, F., Cisneros, X., Fuentes, C., Díaz, G., Botello, V. 2002. Pesticides distribution in sediments of a tropical coastal lagoon adjacent to an irrigation district in northwest Mexico. *Environ. Technol.*, 23: 1247-56.

Herrera-Porugal, C., Franco, G., Zelada,

V., Schlottfeldt, Y., Rodríguez, M., Barrientos, H. 2008. Niveles de plaguicidas organoclorados (DDT y DDE) en niños de comunidades endémicas de paludismo en Chiapas, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales.* 4(3): 349-356.

Meza, M, M.M. Informe Técnico Final 2011. SON-FOMIX-CONACYT. “Evaluación del riesgo en salud por exposición a plaguicidas, y As en niños residentes de los Valles del Yaqui y Mayo, Sonora”

Osorio, C. 2008. Determinación de plaguicidas organoclorados en suelo de comunidades rurales del Valle del Yaqui y Mayo Sonora, México. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos, Instituto Tecnológico de Sonora. Pp. 48-49.

Pastor, S. 2002. Biomonitoring de cuatro poblaciones agrícolas Europeas, expuestas a plaguicidas, mediante el ensayo de micronúcleos. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. Pp. 20-28.

Pérez-Maldonado, I., Trejo, A., Ruepert, C., Jovel, R., Méndez, M., Ferrari, M., Saballos-Sobalvarro, E., Alexander, C., Yañez-Estrada, L., López, D., Henao, S., Pinto, E., Díaz-Barriga, F. 2010. Assesment of DDT levels in selected environmental media and biological samples from Mexico and Central America. *Chemosphere* 78:1224-1249.

Pitarch, E. 2001. Desarrollo de metodología analítica para la determinación de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras biológicas humanas. Tesis doctoral. Universidad de Jaume. Valencia, España. 41-64.

DIAGNÓSTICO DEL USO Y MANEJO DE LOS RESIDUOS DE ACEITE AUTOMOTRIZ EN EL MUNICIPIO DEL FUERTE, SINALOA

Lucia Aracely Manzanarez Jiménez^{1*}; María Guadalupe Ibarra-Ceceña²

¹ Tesista de Ingeniería en Sistemas de Calidad, Universidad Autónoma Indígena de México. ² Profesor Investigador de Universidad Autónoma Indígena de México. Madero No. 20, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890.

Correo electrónico: mgibarra@uaim.edu.mx

RESUMEN

Actualmente el Valle del Fuerte es una región fértil que provee de agua al Distrito de Riego 076 Valle del Carrizo y al Distrito de Riego 075 Valle del Fuerte, y este recurso es utilizado principalmente para consumo humano, siendo una de las preocupaciones actuales que el agua sea de calidad excelente, reduciendo al máximo sus impurezas, cumpliendo con los requisitos propios para consumo humano, así mismo el agua que se localiza en este municipio es con la cual se abastece a los cultivos propios de la región, y cabe mencionar que la actividad agrícola es uno de los principales sustentos de las familias del Valle del Fuerte y es por ello que es una necesidad imperiosa que el agua que viene directo de las presas que forma el caudal del Río Fuerte este libre de la contaminación de aceites automotrices usados. Es de especial interés hacer notar el problema que presenta también el verter el aceite usado sobre tierra, a la cual le causa daño directo afectando su permeabilidad convirtiéndola en terreno inservible y por ende contaminado con metales pesados.

El objetivo es descubrir mediante la investigación directa donde se está depositando el aceite automotriz usado que los talleres automotrices del Municipio del Fuerte desechan en cada servicio de cambio de aceite a los vehículos.

Palabras clave: aceite automotriz, 3Rs, Valle de El Fuerte.

INTRODUCCIÓN

El negocio de los aceites en el mundo es grande, rentable y complejo. En los Estados Unidos se consumen unos 7,6 millones de toneladas al año de lubricantes, en Japón 2,2 millones, en la Unión Europea 4,7 millones y en España unas 560.0001. La demanda mundial de aceites lubricantes llega a 40 millones de toneladas por año²; los aceites residuales generados representan más del 60% de los aceites lubricantes consumidos³. Esto hace que los aceites usados sean uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente.

Los lubricantes se contaminan durante

su utilización con productos orgánicos de oxidación y otras materias tales como carbón, producto del desgaste de los metales y otros sólidos, lo que reduce su calidad. Cuando la cantidad de estos contaminantes es excesiva, el lubricante ya no cumple lo que de él se demanda y debe ser reemplazado por otro nuevo. Estos son los llamados aceites usados, de desecho o residuales y deben ser recogidos y reciclados para evitar la contaminación del medio ambiente y para preservar los recursos naturales.

Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, (CRETIB) representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente, mismas características que se encuentran descritas en la NOM-052-ECOL-19934, específicamente el aceite automotriz usado está clasificado como residuo peligroso y con base jurídica en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) nos marca en sus lineamientos el reciclaje y confinamiento, fundamento por el cual los gobiernos de la Federación, Entidades Federativas y Municipales tienen la responsabilidad de promover la adopción de medidas para reducir al máximo la generación de estos residuos, así como establecer políticas y estrategias para que su manejo y eliminación se ejecuten sin menoscabo del medio ambiente y se reduzcan sus propiedades nocivas mediante técnicas apropiadas y de esta manera evitar el impacto ambiental negativo en nuestro ecosistema.

En cada establecimiento se realizan de uno a tres cambios de aceite para vehículos de sus clientes. Diariamente son aproximadamente 20 litros⁵ que obtienen en desecho por aceite usado, ¿Se ha preguntado a donde va a parar

el aceite quemado de los automotores que cada tres o cuatro meses es cambiado?

Los hidrocarburos saturados que contiene el aceite no son degradables biológicamente, y al ser vertidos sobre suelos agrícolas o mezclarse con el agua de riego, dada la insolubilidad del mismo se mantiene en la superficie e impide el intercambio gaseoso con la atmósfera. lo que impacta de manera negativa la actividad de la microbiota aerobia e inhibe los ciclos biogeoquímicos relacionados con la mineralización de la materia orgánica del suelo, por lo tanto impide la regeneración del humus y al infiltrarse en las aguas subterráneas causa contaminación y pérdida de este recurso natural⁶ y por tanto afecta la fertilidad del suelo, de igual manera al ser vertidos en los cauces de los ríos, estos forman una capsula impermeable que impide la circulación de oxígeno matando una gran variedad de peces. Si vertimos un litro de aceite al agua contaminamos 1.000.000 litros de la misma.

La combustión del aceite usada como método de eliminación no es una solución apropiada ya que agrava aún más la contaminación de aire, porque durante su combustión emite gases tóxicos debido a la presencia de compuestos de plomo, cloro, fósforo, azufre. Los compuestos de cloro, fósforo, azufre, presentes en el aceite usado dan gases de combustión tóxicos que deben ser depurados por vía húmeda.

Otro gran problema asociado al anterior lo crea el plomo que emitido al aire en partículas de tamaño submicrónico perjudica la salud de los seres humanos, sobre todo de los niños. El plomo es el más volátil de los componentes metálicos que forman las cenizas de los aceites usados, por lo que puede afirmarse que, prácticamente, cuando se quema aceite todo el plomo es emitido

por las chimeneas.

La cantidad de plomo presente en el aceite usado oscila del 1 al 1,5 por 100 - 1% al 1.5 % en, peso y proviene de las gasolinas y de los aditivos⁹. Estudios realizados en los Países Bajos han estimado que si llegaran a quemarse las 70.000 toneladas año de aceite usado que pueden recogerse, se recargaría la atmósfera con 350 toneladas adicionales de plomo, lo que representaría una tercera parte más de lo que actualmente emiten los escapes de los vehículos.

Por tanto, las instalaciones donde haya de quemarse aceite usado deberán estar dotadas de un eficaz, pero muy costoso sistema depurador de gases. De lo contrario, antes de su combustión deberá someterse al aceite usado a un tratamiento químico de refinado para eliminar previamente sus contaminantes, pero entonces el aceite que se obtiene es preferible, desde el punto de vista económico, utilizarlo para ser regenerado.

Cinco litros de aceite quemado contaminan con plomo 1 000 000 m³ de aire, que es la cantidad de aire respirado por una persona en tres años.

De acuerdo a observaciones realizadas en el Municipio de El Fuerte, directamente en establecimientos automotrices y como inquietud despertada a favor de un desarrollo sustentable, pude constatar que estos establecimientos no cuentan con una regulación según la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiente, y conociendo los daños que el verter o incinerar el aceite automotriz usado ocasiona al ambiente, me surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Donde desechan los talleres automotrices el aceite quemado de los automotores que cada 5000 km es cambiado?

Objetivo general

Identificar en donde es desechado el aceite usado que cada 5000 kilómetros es cambiado en talleres automotrices del Municipio de El Fuerte.

Objetivos específicos

- Concientizar a la población sobre la peligrosidad de verter aceite usado en tierra y agua e instruirla acerca del manejo y almacenaje adecuado para este tipo de contaminante.
- Promover que el municipio del fuerte se interese e instale una cultura de reciclaje, reúso y reducción del aceite usado.
- Proponer un programa de recolección de aceite lubricante usado y entrega a empresas dedicadas al reciclaje y procesamiento de aceite usado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio de El Fuerte se localiza al noroeste del estado y sus coordenadas extremas son: 108°16'47" y 109°04'42" al oeste del meridiano de Greenwich y entre los 25°53'29" y los 26°38'47" de latitud norte. Está situado a 80 metros sobre el nivel del mar en los valles y hasta 1 mil metros en sus partes altas. Su clima varía entre los 4° y 42°C. Está integrado por 373 localidades y en 7 sindicaturas administrativas: Chinobampo, Tehueco, San Blas, Jahuara II, Charay, Mochicahui y La Constanza.

Lugar de estudio

La encuesta se inicia el 01 de julio del 2010 en los talleres automotrices del Municipio del Valle de El Fuerte. El municipio de El Fuerte cuenta con 525 talleres mecánicos distribuidos en las 373 localidades que forman parte de las 7 sindicaturas, por lo tanto se utilizara un método de muestreo

estratificado para las sindicaturas y un aleatorio simple dentro de las comunidades.

Tamaño de la muestra

Se realizarán 88 encuestas a talleres automotrices del Valle del fuerte. Considerando el tamaño de la población, que es de 525 talleres, con un nivel de confianza $Z= 1.96$; o 95% de los casos y usando la fórmula para poblaciones finitas, dado que se conoce el universo muestra de nuestra investigación.

Para aplicar las encuestas se usara el método de muestreo aleatorio simple. En los talleres automotrices para el procedimiento de selección se usara el método del salto sistemático, de cada dos establecimientos se seleccionara uno para la aplicación de la encuesta.

Diseño de instrumentos para la recolección de la información

Para la recolección de la información se diseñó un instrumento de investigación, el cual incluyó las variables de estudio. Se realizó una entrevista directa a los propietarios de los talleres automotrices o

encargados de los mismos, utilizando como guía el cuestionario impreso.

Análisis estadístico de la información

Se plasmó la información, registrando las principales variables de estudio, se captaron los datos obtenidos, se clasificaron, se agruparon, y se presentaron en cuadros y graficas utilizando frecuencias y porcentajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación a los cambios de aceite usado en los talleres automotrices del Valle del Fuerte, de los 88 establecimientos encuestados el 70.45% realiza de 2 a 3 cambios de aceite diarios (Figura 1), esto nos arroja un total aproximado de doce litros diarios que se desechan en los establecimientos. Así mismo un 18.19% realiza un promedio de un litro de cambio de aceite diario, esto por ser talleres ubicados en comunidades aisladas.

El 4.54% respondió realizar de cinco litros a más en promedio, resultado que se dio por ser talleres grandes, donde tienen más clientes y están instalados en comunidades urbanizadas. Un 6.82% arrojó un dato

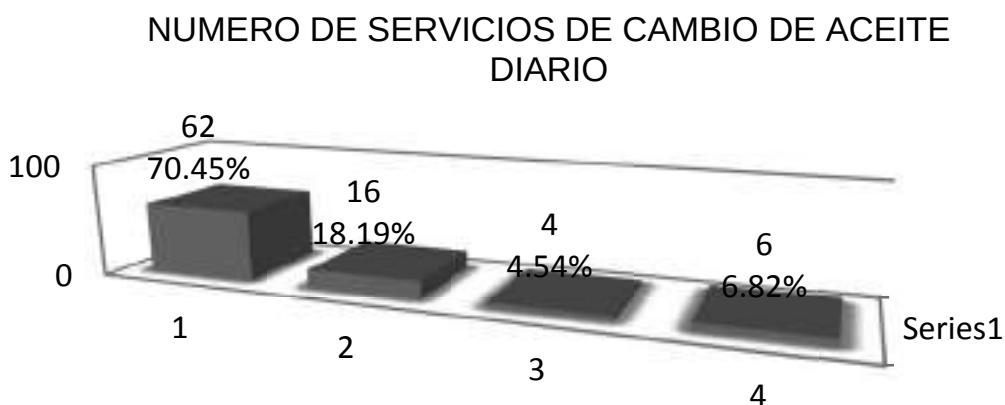


Figura 1. Número de cambios de aceite.

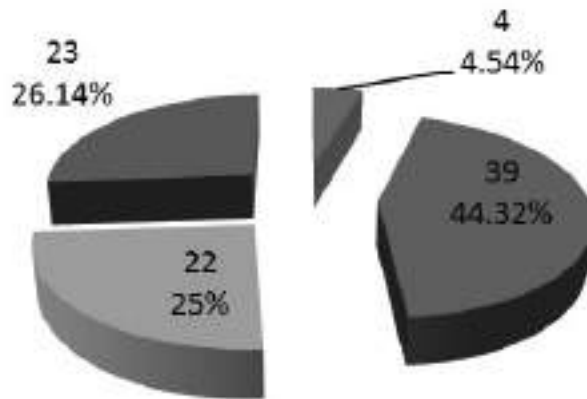


Figura 2. Respuesta sobre el deposito de aceite.

curioso al no saber cuántos cambios de aceite realizan en su taller, la razón se debe a que son establecimientos localizados en comunidades no urbanizadas.

Al cuestionarles donde se deposita el aceite usado, 39 talleres, un 44.32% de los encuestados, al realizar el cambio de aceite al vehículo automotriz, este es derramado al piso del establecimiento, pero de igual manera pudimos observar que la mayoría de los talleres no cuentan con piso de cemento, así como no cuentan con instalaciones adecuadas para el cambio de aceite. Al realizar el proceso de cambiado de aceite usan una cubeta, la cual no es colocada

correctamente y el aceite se derrama al suelo y forma una costra aceitosa, donde ya no se puede retirar fácilmente; 22 (25%) de los talleres lo regalan a los campesinos para impregnar maderas de posteria que usan en las cercas de alambre que rodean sus predios, así como también lo utilizan para el barnizado de tablones que utilizan en la construcción de sus casas, aquí se observa la cultura de reciclaje, reutilización, mas cabe mencionar que esto resulta nocivo para la salud por el alto contenido de metales pesados en el aceite usado.

El 26.14 % de nuestros encuestados, respondieron que el aceite usado lo depositan



Figura 3. Conocimiento del daño que ocasiona al ecosistema.

en cubetas de 20 litros a la espera de encontrarle algún reuso, mas estas cubetas en la mayoría de los casos como pudimos constatar en nuestra investigación no son cubiertas, permanecen a la intemperie donde adquieren polvo que aumenta su toxicidad, y cuando llega la temporada de lluvias que es de julio a septiembre en el valle, les cae agua ocasionando rebosamiento y por ende su derrame al suelo, donde se forma una mancha café oscura difícil de quitar.

Cabe destacar que los datos encontrados en nuestra segunda pregunta son desalentadores, pues los talleres no cuentan con buenas prácticas de manejo del residuo de aceite usado, en la mayoría de los talleres se observo una gran mancha en el suelo de color café oscuro donde es peligroso transitar.

En el análisis de nuestros resultados referente a conocer los daños que ocasiona al ecosistema el aceite usado cuando es derramado en el suelo un 81.81% ignora completamente que sustancias contiene el líquido (Figura 3), así como los daños que ocasiona al suelo y al agua. El 18.19% de los encuestados, se puede asegurar que conocen el daño superficialmente porque solo hacen referencia a la mancha que se forma donde se realizan los cambios de aceite. Esto hace suponer una falta total de información sobre el manejo de residuos peligrosos en el

establecimiento.

Merece mención especial el potencial de peligrosidad para el ambiente de la mancha de aceite usado observada en los pisos de los establecimientos durante nuestra investigación, debido a su habilidad de persistencia para esparcirse en el suelo y en el agua, formando una capa que no permite el ingreso de oxígeno, lo que produce rápidamente una degradación de la calidad del ambiente.

El derrame accidental en el suelo, además de contaminarlo, puede infiltrarse contaminando el agua subterránea, o ser arrastrado por el agua de lluvia y contaminar los cursos del agua, ocasionando la degradación del ambiente por la gran cantidad de contaminantes, particularmente aquellos asociados con contenidos de metales pesados como cadmio, cromo, plomo, entre otros, estos compuestos químicos producen un efecto directo sobre la salud humana y varios de ellos son cancerígenos.

Cuando se les cuestionó si conocían la existencia de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos en México, el 100% ignora la existencia de tal ley (Figura 4), esto es resultado de la escasa cultura ambiental que pudimos observar en el valle, que difiere de la cultura ambiental en beneficio de nuestro



Figura 4. Conocimiento sobre la Ley General para la prevención y Gestión Integral de Residuos.

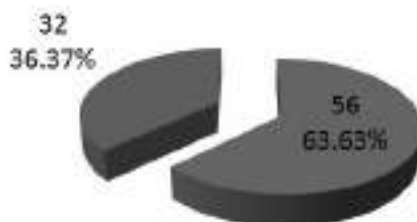


Figura 5. Conocimiento sobre donde desechar el aceite usado.



Figura 6. Conocimiento por parte de los talleres sobre la existencia de una planta de tratamiento de aceite usado en el Municipio o Estado.

planeta. Este hallazgo nos hace recalcar la necesidad emergente de información sobre la normatividad ambiental mexicana.

Referente a la instrucción de desecho de aceite usado por los técnicos de los talleres automotrices, los resultados arrojaron que un 36.37% (Figura 5) esta instruido precariamente sobre el depósito de aceite usado, pues solo hacen referencia a verterlo en una cubeta y dejarlo en algún rincón del establecimiento. No existe un proceso

documentado sobre el procedimiento correcto para desechar el aceite usado. Siguiendo en la misma línea un 63.63% expreso no estar instruidos en el desecho de aceite usado, ellos solo se dedican a hacer el cambio empíricamente dejarlo caer por presión en la cubeta y hasta allí llega el proceso.

Tocante al punto de si tenían conocimiento de la existencia de una planta refinadora de aceite automotriz en el Municipio del Fuerte

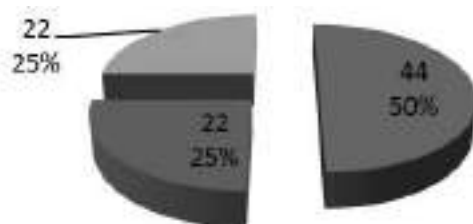


Figura 7. Proyecto cultural de las 3R.

o en el Estado de Sinaloa, el 100% respondió que no (Figura 7). Lo cual pudimos constatar al investigar mediante internet que no existe alguna. Lo único que pudimos localizar fue la de pequeños emprendedores que recolectan los aceites usados para enviarlos a plantas regeneradoras ubicadas al centro del país; aun así la práctica de recolección de este residuo peligroso no se lleva a cabo en el Municipio del Fuerte.

Cuando se hizo la pregunta buscando su opinión sobre la creación por parte del municipio de una cultura de reciclaje, reúso, y reducción de aceite usado, un 50% respondió que sería bienvenida por parte de ellos, otro 25% mostro escepticismo porque desconocen este tipo de cultura y un 25% expresó que no sería productivo invertir en un proyecto de ese tipo.

Por lo anterior es necesario incluir en las políticas municipales una cultura ecológica, en busca de la creación de una cultura de reciclaje, reúso y reducción sobre el uso de aceites automotrices usados.

CONCLUSIONES

En relación a los resultados y la discusión de nuestro estudio, concluimos que los talleres automotrices del Valle de El Fuerte no cuentan con un proceso documentado sobre el cambio de aceite usado que realizan a los autos que acuden al servicio de recambio de aceite cada 5000 kilómetros y que cuentan con todos los factores de riesgo para el desarrollo de contaminación de suelo y agua donde ejercen. Se desconocen las buenas prácticas de manufactura, ocasionando el derrame de aceite usado al suelo donde se forma una prevalente mancha oscura, que impide el crecimiento de humus vegetal. Del total del aceite generado, el 75% se dispone de manera inadecuada,

principalmente vertiéndolo en el suelo y las alcantarillas lo que ocasiona un impacto importante al suelo, así como un riesgo potencial al Río Fuerte que abastece de agua potable a las comunidades asentadas a lo largo de su margen y por supuesto afectando la calidad de los cultivos del valle. También se detectó la falta de información de los generadores sobre la normatividad ambiental, ya que los técnicos encargados de realizar los servicios de cambio de aceite desconocen las normas ambientales y la ausencia de programas para la regulación de este residuo y capacitación para su manejo y disposición final.

Por último concluimos que la falta de buenas prácticas de desecho de aceite usado y el empirismo con que se realiza el servicio de cambio de aceite, son dos de los principales factores encontrados para el desarrollo del daño al ecosistema en el Municipio del Valle de El Fuerte.

LITERATURA CITADA

Promoviendo el cambio ambiental, una experiencia de intervención educativa en las instituciones de educación superior en México. En Angulo R. Y B. Orozco. (2005). Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/Paginas/educacion.aspx>

Depuroil, S.A. (2005). Riesgos medioambientales de los aceites industriales. Disponible en: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Divulgacion.html>.

Martínez, Alonso. Reportaje sobre derrame de hidrocarburos. (visto el 13 de agosto 2010). Disponible en: <http://www.publimetro.com.mx/noticias/reporta-profepa-presencia-de-aceite-ligero-tras-fuga-de-gas/njhm!fA9dNF9QUicEinzRWBpTFA/>

Ley General del equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. artículo tercero, fracción XXXIII. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>.

Alianza de Asociación de Talleres Automotrices del Noroeste. (2010). Preguntas frecuentes. Disponible en: <http://www.alianzadetalleresautomotrices.org.mx/faq.htm>

Depuroil, 1999; FeuVert, 2000 a 2007; Benavides et al., 2006; Sánchez-Yañez *et al.*, 2008.

Congreso Ambiental. Bilabo España. (2005). Memorias. disponible en; <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>

Sanchez-Yañez, J. M. (2007). Contaminación submicrónico en el aire. Disponible en: www.ilustrados.com/.../riego-impacto-salud-ecosistema-residuos-peligrosos-270508.doc

Tate III, R. L.; Lee, K. McDonagh, M. (2005). Consultado en: The Micro-Ecosystem; ed. 2a, Ed. John Wiley & Sons, Inc., en: Soil Microbiolgy: I: 12-29. USA. ISBN: 0-471-31791-8.

Promoviendo el cambio ambiental, una experiencia de intervención educativa en las instituciones de educación superior en México. En Angulo R. Y B. Orozco. (2005). Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/sniarn.aspx>

Sánchez-Yañez, J. M. (2007). Contaminación submicrónico en el aire. Disponible en: www.ilustrados.com/.../riego-impacto-salud-ecosistema-residuos-peligrosos-270508.doc

Alianza de Asociación de Talleres Automotrices del Noroeste. (2010). Preguntas frecuentes. Disponible en: <http://www.alianzadetalleresautomotrices.org.mx/faq.htm>

LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. LGEEPA. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>

LEY PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263.pdf>

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE TOLUENO EN ÓXIDOS MIXTOS DE Al-Ce-Zr

Gabriela Pérez Osorio¹, Miguel Ángel Hernández Espinosa² y Karin Monserrat Álvarez Gómez¹

¹Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

²Departamento de Investigación en Zeolitas del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, C. P. 72570 Puebla, Pue., México.
Correo electrónico: g_perez_osorio@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este trabajo investigación, se estudia la capacidad de adsorción de tolueno sobre una serie de siete combinaciones de óxidos de aluminio, cerio y zirconio, preparados por el método sol-gel mediante cromatografía de gases en un intervalo de temperatura de 200°C a 250°C. El área superficial, es alta para las cuatro muestras que contienen alúmina, entre 196 y 272 m²/g, mientras que las tres restantes poseen áreas superficiales menores a 40 m²/g. La adsorción de tolueno se observó en las siete muestras, sin embargo, las cuatro que contienen alúmina presentan isothermas cóncavas lo que indica adsorción favorable, mientras que en las de ceria-zirconia, la forma de las isothermas es convexa indicando adsorción no favorable, lo anterior se confirma al observar menor cantidad de tolueno adsorbido comparada con las muestras anteriores. La temperatura que favorece la adsorción en la mayoría de las muestras es la de 200 °C.

Palabras clave: alúmina, ceria, zirconia, sol-gel,

isoterma, COV's.

INTRODUCCIÓN

El tolueno es un contaminante atmosférico que se encuentra clasificado dentro del grupo de los COV's (compuestos orgánicos volátiles). Este es utilizado como disolvente y es producto intermedio en las síntesis industriales de trinitrotolueno, viniltolueno, ácido benzóico, sacarino y colorante, entre otros. La principal actividad que da origen a las emisiones de tolueno a la atmósfera es el uso de automóviles. Entre sus efectos negativos a la salud humana están; el deterioro del sistema nervioso, mareo, pérdida de la memoria, de la audición y visión de colores, problemas renales e incluso la muerte. Debido a lo anterior, es necesario que dentro de las tecnologías desarrolladas para eliminar o controlar la contaminación atmosférica existan sistemas que eliminen la emisión de tolueno (Alley, 2001).

En adsorción y catálisis se utilizan óxidos con propiedades que favorecen de manera sinérgica estos procesos. En desempeño de

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 137-145.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

los catalizadores, el soporte y sus aditivos tienen una función importante, puesto que de sus propiedades depende la dispersión del metal activo. En adsorción, la estructura porosa determina la eficiencia del proceso. A su vez, estas propiedades son resultado del método de preparación y precursores utilizados.

El óxido de aluminio ofrece alta superficie interna que permite controlar la distribución de tamaño de poro y permaneciendo estable a ciertas temperaturas (Morán-Pineda et al., 1999). El óxido de cerio (ceria) ha sido reconocido como un aditivo importante para el almacenamiento de oxígeno. Sin embargo, ha presentado algunas desventajas, como la pérdida o disminución de su área superficial, estrechamente relacionada con su capacidad de almacenamiento de oxígeno OSC (Oxygen Storage Capacity, por sus siglas en inglés) (Yao y Yao, 1984; Perrichon *et al.*, 1994). El óxido de zirconio (zirconia) se ha introducido a la estructura del óxido de cerio para mejorar su capacidad OSC, al mismo tiempo se incrementa la estabilidad térmica (Luo y Zheng, 1999; Fernández-García et al., 2000). La combinación de estos óxidos permite obtener un sólido con importantes propiedades para diferentes aplicaciones, entre ellas como soporte de catalizador (Fornasiero et al., 1996). Los métodos de preparación tienen un efecto importante en las propiedades de los óxidos mezclados, uno de los más utilizados es el método sol-gel, tanto para obtener vidrios, cerámicas y catalizadores (Agrafiotis, 2002). Este método ofrece importantes beneficios, como mantener alta pureza, permite controlar las características de porosidad, agregar los componentes en un solo paso y los precursores orgánicos son comercialmente accesibles.

Por lo tanto, en este trabajo de investigación

se estudió la capacidad de adsorción de tolueno en siete combinaciones de óxidos de aluminio-cerio-zirconio, mediante cromatografía de gases entre 200 y 250 °C. Los óxidos estudiados fueron sintetizados por el método sol-gel y caracterizados por las técnicas de difracción de Rayos-X, espectroscopía de dispersión de energía y adsorción de nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Acetilacetato de cerio ($C_{15}H_{21}CeO_6 \cdot xH_2O$, Aldrich), acetilacetato de zirconio ($Zr(C_5H_7O_2)_4$, 98 %, Alfa Aesar), etanol (C_2H_5OH , 85 %, Alfa Aesar), secbutoxido de aluminio ($Al(OC_4H_9)_3$, 95 %, Alfa Aesar), hexilenglicol (2-metil-2,4-pentanodiol, 99 %, Aldrich), tolueno 99.5 % p/p (Aldrich).

Obtención de los óxidos mixtos

Los siete óxidos mixtos fueron preparados con diferentes relaciones porcentuales de Al_2O_3 , CeO_2 y ZrO_2 por el método sol-gel a partir de precursores orgánicos y siguiendo el procedimiento reportado en la bibliografía (Masuda *et al.*, 1991). Una solución de acetilacetato de cerio y/o acetilacetato de zirconio en etanol con agitación moderada, fue adicionada a una mezcla de sec-butoxido de aluminio en 2-metil-2,4-pentanodiol, permaneciendo en reflujo por 3 h, con agitación moderada a 94°C. La hidrólisis se llevó a cabo agregando agua desionizada, gota por gota. El gel obtenido se dejó madurar por 10 h. Los soportes se secaron al vacío (aproximadamente 10-2 mmHg) a 100 °C por 12 h y después se sometieron a un tratamiento térmico en atmósfera de N_2 a 450 °C por 12 h. Finalmente se calcinaron en aire a 650°C por 4 h. Los nombres, composición porcentual y nomenclatura de los materiales sintetizados

Cuadro 1. Composición porcentual y nomenclatura de los siete óxidos mixtos.

Oxidos Mixtos	Composición en porcentaje	Nomenclatura
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$	80-20	$\text{Al}_{80}\text{-Zr}_{20}$
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$	80-20	$\text{Al}_{80}\text{-Ce}_{20}$
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(Ce}_{0.5}\text{-Zr}_{0.5})\text{O}_2$	80-10-10	$\text{Al}_{80}\text{-Zr}_{10}\text{-Ce}_{10}$
Al_2O_3	100	Al_{100}
$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$	50-50	$\text{Ce}_{50}\text{-Zr}_{50}$
$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$	25-75	$\text{Ce}_{25}\text{-Zr}_{75}$
$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$	75-25	$\text{Ce}_{75}\text{-Zr}_{25}$

se presentan en la Cuadro 1.

Técnicas de caracterización

Los patrones de difracción de Rayos-X se obtuvieron con un difractómetro Bruker D8 Discover utilizando radiación Cu K α (= 0.154 nm), operando a 40 kV y 30 mA. Las fases cristalinas presentes se identificaron mediante la comparación de los patrones de difracción obtenidos con los de la base de datos del Centro Internacional de Datos de Difracción (ICDD, por sus siglas en inglés) (JCPDS-ICDD, 2000).

La composición química elemental de cada muestra se obtuvo con un microscopio electrónico Jeol JSM-6610LV con filamento de tungsteno y detector de electrones para determinar composición química, operado a 30 kV.

Las áreas superficiales y propiedades de textura se determinaron por el análisis de los datos de las isothermas de adsorción de N₂, a su temperatura de ebullición (196 °C), obtenidas en un sistema de adsorción volumétrico totalmente automatizado Autosorb 1C de Quantachrome. Este equipo está provisto de una bomba mecánica y una turbomolecular y de un transductor

de baja presión, el cual está ubicado cerca de la celda de medición. Las isothermas de adsorción-desorción fueron determinadas en el intervalo $p/p_0 \sim 10^{-6}$ a 1. De manera previa a las corridas experimentales, las muestras fueron desgasificadas con tratamientos térmicos a 350 °C de 24 a 50 horas (dependiendo de la muestra) y baja presión. Se aplicó la ecuación BET (Brunauer-Emmett-Teller) en el intervalo de linealidad de la isoterma de adsorción entre los valores de presión relativa (p/p_0) de 0.05 a 0.3.

Estudios de adsorción de tolueno

La adsorción de tolueno se llevó a cabo en un Cromatógrafo de Gases Shimadzu GC-14 A que posee un detector de ionización a la flama (FID, por sus siglas en inglés) con un flujo de Helio como gas acarreador del 99.998% grado cromatográfico suministrado por INFRA a una velocidad de 30 mL/min, la presión del gas de arrastre fue de 70 psi. Las columnas cromatográficas fueron de acero inoxidable de un diámetro de 0.6 cm y de una longitud de 50 cm. Los siete óxidos se tamizaron para obtener un tamaño de partícula igual al tamaño de paso de 0.75 mm. Las columnas fueron empacadas con cada uno de los siete óxidos sintetizados

previamente y tratadas térmicamente a 300 °C antes de realizar las inyecciones del tolueno. Las temperaturas de la columna u horno que se manejaron para la adsorción fueron de 200, 210, 220, 230, 240 y 250 °C. Las isothermas de adsorción del tolueno se obtuvieron por el método de pesada a partir de los cromatogramas, con los pesos resultantes se obtuvieron las superficies de adsorción, las concentraciones en esas superficies y las presiones reales en éstas superficies; así con estos datos se lograron obtener los puntos para construir las gráficas correspondientes en el software Origin 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se observan los patrones de difracción de los siete óxidos mixtos. En el inciso a) perteneciente a Al100 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 37.50^\circ$, 45.78° y 66.76° correspondientes a γ -Al₂O₃ de acuerdo a la referencia 029-0063 del Centro Internacional de Datos de Difracción (Joint Committee on Powder Diffraction Standards JCPDS-ICDD por sus siglas en inglés, 2000). En el inciso b) perteneciente a Al80-Ce20 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 28.55^\circ$, 33.08° , 47.47° y 56.33° asociadas a CeO₂ de acuerdo a la referencia 034-0394.

En el inciso c) Al80-Zr20 podemos observar sólo dos señales débiles en $2\theta = 45.95^\circ$ y 67.03° correspondientes a γ -Al₂O₃ y una banda ancha entre 30° y 35° que podría asociarse a una ligera formación de ZrO₂ monoclinica de acuerdo a la referencia 037-1484. En el inciso d) Al80-Ce10-Zr10 podemos observar una señal ancha muy débil cerca de 30° que podría asociarse al ZrO₂ igual que en el caso anterior. En el inciso e) Ce50-Zr50 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 29.18^\circ$, 48.51° y 57.43° correspondiente a Ce_{0.5}Zr_{0.5}O₂ de acuerdo a la referencia 055-0997. En el inciso f) Ce25-Zr75 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 29.87^\circ$, 34.82° , 50.10° y 59.35° correspondientes a Ce_{0.16}Zr_{0.84}O₂ de acuerdo a la referencia 038-1437. En el inciso g) Ce75-Zr25 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 28.87^\circ$, 33.41° , 48.04° y 57.01° correspondientes a Ce_{0.75}Zr_{0.25}O₂ de acuerdo con la referencia 028-0271. En general, se observa que son materiales amorfos con algunas regiones o zonas con cristalización de fases solas o combinadas de los óxidos simples o mixtos.

En el caso del análisis de la composición química, se confirma la presencia de los cuatro elementos principales, oxígeno,

Cuadro 2. Composición química elemental, en porcentaje en peso de los componentes en la diferentes muestras.

Muestras	Oxígeno	Aluminio	Cerio	Zirconio
Al ₈₀ -Ce ₂₀	38.16	33.95	27.90	—
Al ₈₀ -Zr ₂₀	42.46	41.34	—	16.21
Al ₈₀ -Zr ₁₀ -Ce ₁₀	30.15	46.56	16.86	6.44
Ce ₅₀ -Zr ₅₀	29.51	—	29.63	40.86
Ce ₂₅ -Zr ₇₅	34.07	—	14.81	51.12
Ce ₇₅ -Zr ₂₅	21.82	—	62.45	15.73

No contiene el elemento

aluminio, cerio y zirconio, en distintas proporciones de acuerdo a la concentración de los precursores utilizados en la síntesis sol-gel, como se observa en el Cuadro 2. La presencia de oxígeno permite la formación de óxidos mixtos, esto puede favorecer la interacción de todos los componentes, lo que llevaría a mejorar las propiedades de estabilidad térmica y estructural requerida en aplicaciones de adsorción y catálisis (Pérez *et al.*, 2010).

En la Figura 2, se pueden observar las isotermas de adsorción de N₂ de las siete muestras. En las muestras a), c) y d) pertenecientes a Al₁₀₀, Al₈₀-Zr₂₀ y Al₈₀-Ce₁₀-Zr₁₀ se presentan isotermas tipo IV donde sus rasgos característicos son su ciclo de histéresis, que se asocia con condensación capilar de mesoporos y el límite de la cantidad adsorbida en un intervalo de presión relativa alta. La parte inicial de la isoterma de tipo IV se atribuyó a la adsorción en monocapa-multicapa, ya que sigue el mismo camino que la parte correspondiente a una isoterma de tipo II, obtenida con el adsorbible dado, sobre la misma área superficial del adsorbente en forma no porosa. Estas isotermas, poseen un ciclo de histéresis tipo H2 relacionada con los efectos de interconexión en la red

de poros. En el inciso b) perteneciente a Al₈₀-Ce₂₀ podemos observar una isoterma de tipo IV igual que las antes mencionadas, pero esta posee un ciclo de histéresis tipo H1, está se asocia habitualmente con materiales porosos de los que se sabe, por otros medios, que consisten en aglomerados o empaquetamientos compactos de esferas aproximadamente uniformes dispuestas de manera bastante regular y que por tanto tiene distribuciones estrechas de tamaños de poro (Sing, 1998).

En los incisos e), f) y g) pertenecientes a las muestras Ce₅₀-Zr₅₀, Ce₂₅-Zr₇₅ y Ce₇₅-Zr₂₅ se observan isotermas del tipo II que es la forma normal en la que se obtiene un adsorbente no poroso o macroporos, representa una adsorción en monocapa-multicapa sin restricciones, el principio de la parte central casi lineal de la isoterma, señala el momento en que el recubrimiento de la monocapa está completo y está a punto de comenzar la adsorción en la multicapa. Además, poseen un ciclo de histéresis tipo H3 que consiste en que no presenta una adsorción límite a p/p₀ alta, se encuentra en agregados de partículas en forma de placa, que da lugar a poros en forma de rendijas (Sing, 1998). En general, para estas tres muestras se observa una capacidad de adsorción del

Cuadro 3. Propiedades de los óxidos, obtenidas mediante la adsorción de N₂.

Muestras	A _B (m ² /g)	C _B	Bet P/P ⁰	V _z (cm ³ /g)
Al ₁₀₀	196.60	127.10	0.010-0.258	0.38880
Al ₈₀ -Ce ₂₀	249.30	139.20	0.010-0.309	1.41800
Al ₈₀ -Zr ₂₀	271.90	118.20	0.010-0.257	0.52590
Al ₈₀ -Zr ₁₀ -Ce ₁₀	199.80	137.40	0.010-0.236	0.31100
Ce ₅₀ -Zr ₅₀	21.84	76.50	0.010-0.313	0.03932
Ce ₂₅ -Zr ₇₅	8.12	54.97	0.010-0.239	0.02061
Ce ₇₅ -Zr ₂₅	40.76	86.29	0.010-0.238	0.06934

N₂ muchos menores comparados con las muestras que contienen alúmina, siendo la muestra con mayor volumen de adsorción de nitrógeno Al80-Ce20.

En el Cuadro 3 se observan los valores de área superficial, volumen total de poro, constante de BET y el intervalo de linealidad de BET de los siete óxidos. El área superficial es mayor a 190 m²/g para las muestras que contienen alúmina y menor a 40 m²/g para las muestras que sólo contienen ceria-zirconia, esta tendencia se observa también para el volumen total de poro, donde las muestras que no contienen alúmina presentan los volúmenes más pequeños. Los soportes pueden clasificarse dentro del grupo de materiales mesoporosos (Sing, 1998).

AB: Área superficial BET

CB: Coeficiente de BET

V_Σ: Volumen de poro

Las isothermas de adsorción de tolueno se elaboraron a partir de la relación presión, P en mm Hg contra a cantidad de sustancia adsorbida en mmol por gramo de óxido, usando la técnica de cromatografía de gases en el intervalo de temperaturas de 200°C a 250°C y del intervalo de presión de 0 mm Hg a 110 mm Hg. En la Figura 3, donde se observan las cuatro primeras gráficas pertenecientes a Al100, Al80-Ce20, Al80-Zr20 y Al80-Zr10-Ce10, presentan isothermas en forma cóncava, indicando una adsorción preferencial de tolueno (Sing, 1998). Sin embargo, las isothermas de los óxidos Ce25-Zr75, Ce50-Zr50 y Ce75-Zr25 presentan formas convexas, esto indica que las fuerzas de adsorción son considerablemente débiles, es decir la adsorción del tolueno no es favorable (Weber, 2008, Brunaver, 1954). La fuerza

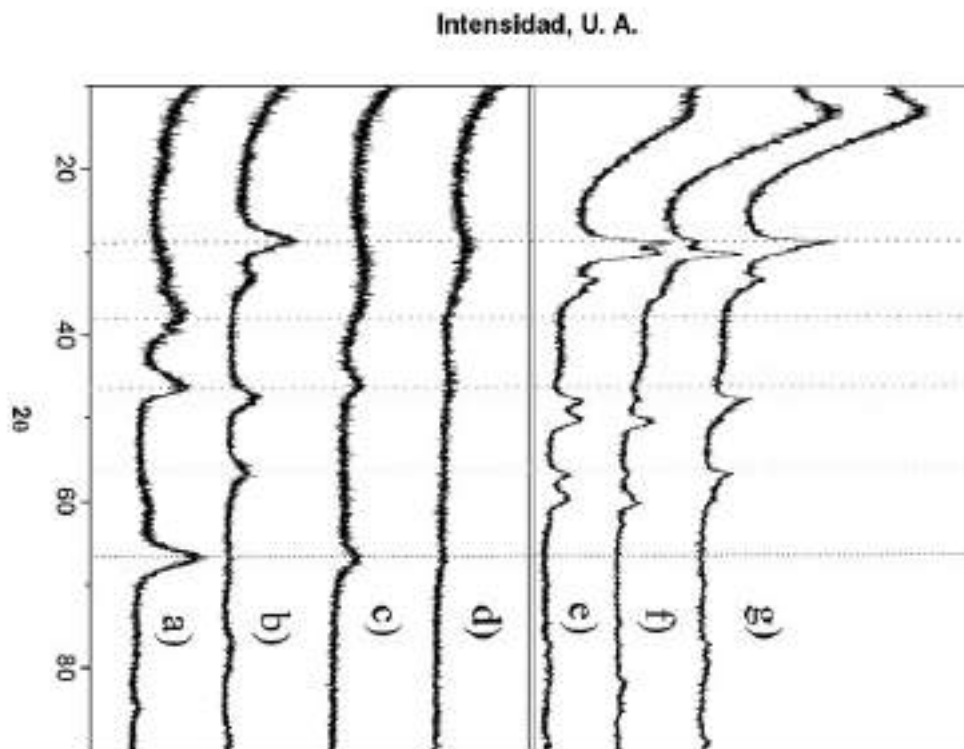


Figura 1. Difractogramas de Rayos-X de: a) Al100, b) Al80-Ce20, c) Al80-Zr20, d) Al80-Ce10-Zr10, e) Ce50-Zr50, f) Ce25-Zr75 y g) Ce75-Zr25.

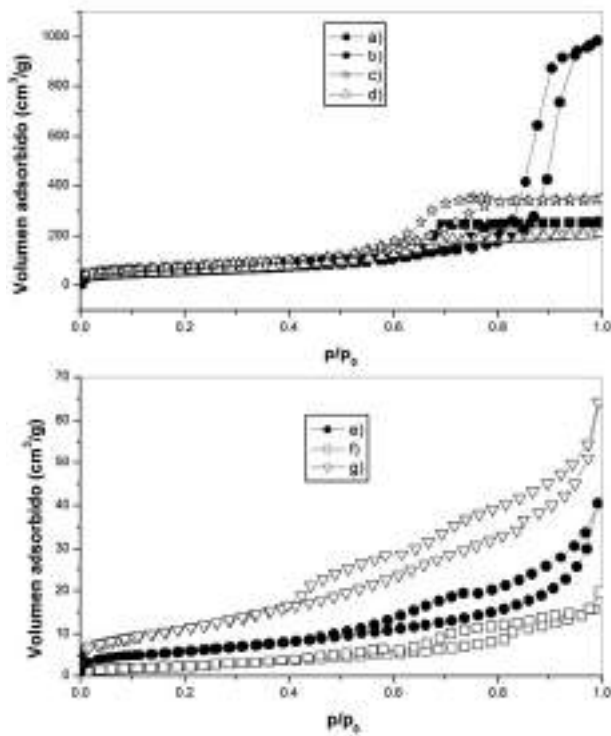


Figura 2. Isotermas de adsorción de Nitrógeno de a) Al100, b) Al80-Ce20, c) Al80-Zr20, d) Al80-Ce10-Zr10, e) Ce50-Zr50, f) Ce25-Zr75 y g) Ce75-Zr25.

impulsadora de la adsorción es consecuencia del carácter liofóbico (no afinidad al solvente en este caso a la no afinidad que tiene el tolueno a la combinación Ceria-Zirconia) del soluto respecto al disolvente particular, o a una afinidad elevada del soluto por sólido también conocida como de carácter liofílicos (en este caso del tolueno por los óxidos que contienen alúmina) (Weber, 2008). La adsorción debe seguir el principio de Le Chatelier, o sea, el aumento de temperatura cambia al equilibrio en dirección al proceso endotérmico, por lo que la cantidad de sustancia adsorbida disminuye con el aumento de la temperatura y aumenta con la disminución de la temperatura (Brunauer, 1954). En este caso se observa en la Figura 3 que la sustancia adsorbida no siempre disminuye con el aumento de la temperatura

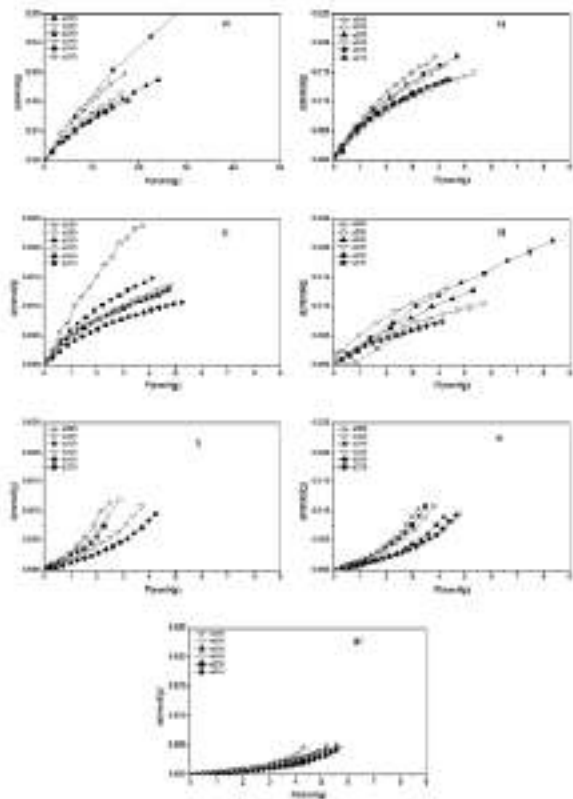


Figura 3. Isotermas de adsorción de Tolueno sobre a) Al100, b) Al80-Ce20, c) Al80-Zr20, d) Al80-Ce10-Zr10, e) Ce50-Zr50, f) Ce25-Zr75 y g) Ce75-Zr25.

y tampoco aumenta siempre con la disminución de la temperatura, el principio de Le Chatelier no predomina en cada una de las isotermas, por consiguiente no posee un equilibrio. La adsorción de tolueno en los óxidos mixtos que contienen alúmina es más favorable que la reportada con arcillas y zeolitas químicamente tratadas (Hernández et al., 2003; Hernández et al., 2005), además esta se logra a presiones por debajo de los 10 mmHg. En la mayoría de los óxidos estudiados se observa que la temperatura de 200°C presenta mayor capacidad de adsorción con respecto a las demás temperaturas (210°C-250°C). También se aprecia la adsorción preferencial del tolueno sobre la muestra Al100. Es importante resaltar los beneficios estructurales logrados por el método sol-gel, promoviendo su

aplicación en procesos de catálisis (Pérez Osorio, 2007) y adsorción. En este caso se concluye que los óxidos que poseen alta área superficial y volumen de poro, como los que contienen alúmina, manifiestan buena capacidad de adsorción de tolueno.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron siete óxidos mixtos con diferentes concentraciones porcentuales de óxido de aluminio, cerio y zirconio por el método de síntesis sol-gel, a partir de precursores orgánicos. Todos poseen estructura amorfa, sin embargo, se observan importantes diferencias en las propiedades de textura entre los que contienen óxido de aluminio y los que no lo contienen. Los óxidos con alúmina presentan áreas superficiales altas alrededor de 200 m²/g, mientras que las de los demás son menores a 40 m²/g. Lo anterior parece tener una fuerte influencia en el proceso de adsorción de tolueno, dado que se observan isothermas cóncavas para las muestras con alúmina y una mayor cantidad de tolueno adsorbido que los demás óxidos donde sus isothermas son curvas convexas, asociadas con adsorción no favorable.

AGRADECIMIENTOS

Pérez Osorio Gabriela agradece el apoyo financiero otorgado por PROMEP para la realización de esta investigación. Álvarez Gómez Karin agradece la beca otorgada por la VIEP-BUAP.

LITERATURA CITADA

Agrafiotis, C., A. Tseetsekou, C. J. Stournaras, A. Julbe, L. Dalmazio y C. Guizard (2002) "Evaluation of sol-gel methods for the synthesis of doped-ceria environmental catalysis systems. Part I: Preparation of

coatings" *Journal of European Ceramic Society* 22, pp. 15-25.

Alley, E., (2001) *Manual de control de la calidad del aire*. 2a Edición, México, Mc GrawHill.

Brunauer, S., (1945) *The adsorption isotherm II and The adsorption isotherm III*. 3a Edición, United States, Princeton.

Fernández-García, M., A. Martínez-Arias, A. Iglesias-Juez, C. Blever, A.B. Hungría, J.C. Conesa y J. Soria (2000) "Structural Characteristics and Redox Behavior of CeO₂-ZrO₂/Al₂O₃ Supports" *J. Catal.* 194, pp. 385-392.

Fornasiero, P., G. Balducci, R. Di Monte, J. Kaspar, V. Sergo, G. Gubitosa, A. Ferrero y M. Graziani. (1996) "Modification of the redox behaviour of CeO₂ induced by structural doping with ZrO₂" *J. Catal.* 164, pp. 173-183.

Hernández, M.A., Corona, L., González, A.I., Rojas, F., Lara, V.H., Silva, F. (2005) *Ind. Eng. Chem. Res.* 44, pp. 2908-2911.

Hernández, M.A., Velasco, J.A., Rojas, F., Campos Reales, E., Lara, V.H., Torres, J.A., Salgado, M.A. (2003) "Adsorción de compuestos orgánicos volátiles en arcillas del Estado de Puebla, México" *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19(4), pp. 191-196.

JCPDS-ICDD. International Centre for Diffraction Data (2000).

Luo, M-F. y X-M. Zheng (1999) "Redox behaviour and catalytic properties of Ce_{0.5}Zr_{0.5}O₂ supported palladium catalysts" *Appl. Catal. A.* 189, pp. 15-21.

Masuda, K., M. Kawai, K. Kuno, N. Kachi y F. Mizukami (1991) "Preparation and catalytic effects of CeO_x-MO_y-Al₂O₃ (M = Ba, La, Zr and Pr) by an improved sol-gel method for automotive catalysts" en: G. Poncelet, P.A. Jacobs, P. Grange y B.

Delmon (eds.) Preparation of catalysts V, Amsterdam, Elsevier.

Morán-Pineda, M., Castillo, S., López T., Gómez R., Cordero-Borboa, Novaro, O. (1999) Applied Catalysis B: Environmental. 21, pp. 79.

Pérez O. G., Hernández E. M. A., Fuentes M. S., Rubio R. E., Rodríguez D.L.H. C., (2010) "Modificación Térmica Estructural en Catalizadores Pd/Al-CeZr" En: Ruiz Careaga J., Castelán Vega R., Tamariz flores V., y Hernández M.A. (eds.), Ciencias Ambientales. Ed. BUAP, México.

Perez Osorio, G., Castellón, F., Simakov, A., Tiznado, H., Zaera, F. and Fuentes, S. (2007) "Effect of ceria-zirconia ratio on the interaction of CO with Pd/Al₂O₃-(CeXZr_{1-X})O₂ catalysts prepared by sol-gel method" Applied Catalysis B. 69, pp. 219-225.

Perrichon, V., A. Laachir, G. Bergeret, R. Fréty, L. Tournayan y O. Touret (1994) "Reduction of cerias with different textures by hydrogen and their reoxidation by Oxygen". J. Chem. Soc. Faraday Trans. 90(5), pp. 773-781.

Sing, K.S.W. (1998) "Adsorption methods for the characterization of porous materials" Adv. Colloid Interface Sci. 76-77, pp. 3-11.
Weber W. (2008) Adsorción. 2a Edición, España, Reverté.

Yao, H.C. y Y.F. Yu Yao (1984) "Ceria in automotive exhaust catalysts. I. Oxygen storage" J. Catal. 86, pp. 254-265.

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE p-XILENO EN ÓXIDOS MIXTOS DE Al-Ce-Zr

Gabriela Pérez Osorio, José Carlos Mendoza-Hernández y Sharitna Flores Gómez

Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, C. P. 72570 Puebla, Pue., México.
Correo electrónico: g_perez_osorio@yahoo.com.mx

RESUMEN

En este trabajo investigación, se estudia la capacidad de adsorción de p-xileno sobre una serie de siete combinaciones de óxidos de aluminio, cerio y zirconio, mediante cromatografía de gases en un intervalo de temperatura de 200 °C a 240°C. Los óxidos estudiados fueron obtenidos por el método de síntesis sol-gel. El área superficial, es alta para las cuatro muestras que contienen alúmina, entre 196 y 272 m²/g, mientras que las tres restantes, poseen áreas superficiales menores a 40 m²/g. La forma de las isothermas de adsorción de N₂, corresponden a materiales tipo mesoporosos para las muestras que contienen alúmina. La adsorción de p-xileno se observó en las siete muestras, todas las isothermas presentan forma cóncava lo que indica adsorción favorable. Sin embargo, la cantidad de p-xileno adsorbido, es mayor para las muestras que contienen alúmina. La temperatura que favorece la adsorción en todas las muestras es la de 200 °C.

Palabras clave: alúmina, ceria, zirconia, sol-gel, isoterma, COV's

INTRODUCCIÓN

El p-xileno pertenece a los hidrocarburos aromáticos (COV's: Compuestos Orgánicos Volátiles) que se encuentra naturalmente en el petróleo y en el alquitrán. Debido a su alta volatilidad, el xileno conduce su liberación al medio ambiente o atmósfera como el resultado de productos manufacturados o de la quema de combustibles fósiles. Estos son rápidamente transformados por foto-oxidación en la tropósfera y puede participar en la formación de ozono troposférico, también reaccionan rápidamente con los radicales hidróxilo y por tanto poseen un mayor potencial para la formación de smog que los alcanos. Entre sus efectos negativos a la salud humana están; irritación de ojos, piel, nariz y garganta, problemas pulmonares, estomacales e incluso la muerte. Debido a lo anterior, es necesario que dentro de las tecnologías desarrolladas para eliminar o controlar la contaminación atmosférica existan sistemas que eliminen la emisión de p-xileno (Alley, 2001).

En adsorción y catálisis se utilizan

óxidos con propiedades que favorecen de manera sinérgica estos procesos. En los catalizadores, el soporte y sus aditivos tienen una función importante, puesto que de sus propiedades depende la dispersión del metal activo. En adsorción, la estructura porosa determina la eficiencia del proceso. A su vez estas propiedades son resultado del método de preparación y precursores utilizados.

El óxido de aluminio ofrece alta superficie interna que permite controlar la distribución de tamaño de poro y permaneciendo estable a ciertas temperaturas (Morán-Pineda et al., 1999). El óxido de cerio (ceria) ha sido reconocido como un aditivo importante para el almacenamiento de oxígeno. Sin embargo, ha presentado algunas desventajas, como la pérdida o disminución de su área superficial, estrechamente relacionada con su capacidad de almacenamiento de oxígeno OSC (Oxygen Storage Capacity, por sus siglas en inglés) (Yao y Yao, 1984; Perrichon et al., 1994). El óxido de zirconio (zirconia) se ha introducido a la estructura del óxido de cerio para mejorar su capacidad OSC, al mismo tiempo se incrementa la estabilidad térmica (Luo y Zheng, 1999; Fernández-García et al., 2000). La combinación de estos óxidos permite obtener un sólido con importantes propiedades para diferentes aplicaciones, entre ellas como soporte de catalizador (Fornasiero et al., 1996). Los métodos de

preparación tienen un efecto importante en las propiedades de los óxidos mezclados, uno de los más utilizados es el método sol-gel, tanto para obtener vidrios, cerámicas y catalizadores (Agrafiotis, 2002). Este método ofrece importantes beneficios, como mantener alta pureza, permite controlar las características de porosidad, agregar los componentes en un solo paso y los precursores orgánicos son comercialmente accesibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Acetilacetato de cerio ($\text{C}_{15}\text{H}_{21}\text{CeO}_6 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, Aldrich), acetilacetato de zirconio ($\text{Zr}(\text{C}_5\text{HCO}_2)_4$, 98 %, Alfa Aesar), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 85 %, Alfa Aesar), secbutóxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OC}_4\text{H}_9)_3$, 95 %, Alfa Aesar), hexilenglicol (2-metil-2,4-pentanodiol, 99 %, Aldrich), p-xileno 99 % p/p (Aldrich).

Obtención de los óxidos mixtos

Los siete óxidos mixtos fueron preparados con diferentes relaciones porcentuales de Al_2O_3 , CeO_2 y ZrO_2 por el método sol-gel a partir de precursores orgánicos y siguiendo el procedimiento reportado en la bibliografía (Masuda et al., 1991). Una solución de acetilacetato de cerio y/o acetilacetato de zirconio en etanol con agitación

Cuadro 1. Composición porcentual y nomenclatura de los siete óxidos mixtos.

Óxidos Mixtos	Composición en porcentaje	Nomenclatura
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$	80-20	$\text{Al}_{80}\text{-Zr}_{20}$
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$	80-20	$\text{Al}_{80}\text{-Ce}_{20}$
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-(Ce}_{0.5}\text{-Zr}_{0.5})\text{O}_2$	80-10-10	$\text{Al}_{80}\text{-Zr}_{10}\text{-Ce}_{10}$
Al_2O_3	100	Al_{100}
$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$	50-50	$\text{Ce}_{50}\text{-Zr}_{50}$
$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$	25-75	$\text{Ce}_{25}\text{-Zr}_{75}$
$\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$	75-25	$\text{Ce}_{75}\text{-Zr}_{25}$

moderada, fue adicionada a una mezcla de sec-butoxido de aluminio en 2-metil-2,4-pentanodiol, permaneciendo en reflujo por 3 h, con agitación moderada a 94°C. La hidrólisis se llevó a cabo agregando agua desionizada, gota por gota. El gel obtenido se dejó madurar por 10 h. Los soportes se secaron al vacío (aproximadamente 10-2 mmHg) a 100 °C por 12 h y después se sometieron a un tratamiento térmico en atmósfera de N₂ a 450 °C por 12 h. Finalmente se calcinaron en aire a 650°C por 4 h. Los nombres, composición porcentual y nomenclatura de los materiales sintetizados se presentan en la Cuadro 1.

Técnicas de caracterización

Los patrones de difracción de Rayos-X se obtuvieron con un difractómetro Bruker D8 Discover utilizando radiación Cu K α (= 0.154 nm), operando a 40 kV y 30 mA. Las fases cristalinas presentes se identificaron mediante la comparación de los patrones de difracción obtenidos con los de la base de datos del Centro Internacional de Datos de Difracción (ICDD, por sus siglas en inglés) (JCPDS-ICDD, 2000).

La composición química elemental de cada muestra se obtuvo con un microscopio electrónico Jeol JSM-6610LV con filamento de tungsteno y detector de electrones para determinar composición química, operado a 30 kV.

Las áreas superficiales y propiedades de textura se determinaron por el análisis de los datos de las isothermas de adsorción de N₂, a su temperatura de ebullición (196 °C), obtenidas en un sistema de adsorción volumétrico totalmente automatizado Autosorb 1C de Quantachrome. Este equipo está provisto de una bomba mecánica y una turbomolecular y de un transductor de baja presión, el cual está ubicado cerca

de la celda de medición. Las isothermas de adsorción-desorción fueron determinadas en el intervalo $p/p_0 \sim 10^{-6}$ a 1. De manera previa a las corridas experimentales, las muestras fueron desgasificadas con tratamientos térmicos a 350 °C de 24 a 50 horas (dependiendo de la muestra) y baja presión. Se aplicó la ecuación BET (Brunauer-Emmett-Teller) en el intervalo de linealidad de la isoterma de adsorción entre los valores de presión relativa (p/p_0) de 0.05 a 0.3.

Estudios de adsorción de tolueno

La adsorción de p-xileno se llevó a cabo en un Cromatógrafo de Gases Shimadzu GC-14 A que posee un detector de ionización a la flama (FID, por sus siglas en inglés) con un flujo de Helio como gas acarreador del 99.998% grado cromatográfico suministrado por INFRA a una velocidad de 30 mL/min, la presión del gas de arrastre fue de 70 psi. Las columnas cromatográficas fueron de acero inoxidable de un diámetro de 0.6 cm y de una longitud de 50 cm. Los siete óxidos se tamizaron para obtener un tamaño de partícula igual al tamaño de paso de 0.75 mm. Las columnas fueron empacadas con cada uno de los siete óxidos sintetizados previamente y tratadas térmicamente a 300 °C antes de realizar las inyecciones del p-xileno. Las temperaturas de la columna u horno que se manejaron para la adsorción fueron de 200, 210, 220, 230 y 240 °C. Las isothermas de adsorción del p-xileno se obtuvieron por el método de pesada a partir de los cromatogramas, con los pesos resultantes se obtuvieron las superficies de adsorción, las concentraciones en esas superficies y las presiones reales en éstas superficies; así con estos datos se lograron obtener los puntos para construir las gráficas correspondientes en el software Origin 8.0.

Cuadro 2. Composición química elemental, en porcentaje en peso de los componentes en las diferentes muestras.

Muestras	Oxígeno	Aluminio	Cerio	Zirconio
Al ₈₀ -Ce ₂₀	38.16	33.95	27.90	---
Al ₃₀ -Zr ₂₀	42.46	41.34	---	16.21
Al ₃₀ -Zr ₁₀ -Ce ₁₀	30.15	46.56	16.86	6.44
Ce ₅₀ -Zr ₅₀	29.51	---	29.63	40.86
Ce ₂₅ -Zr ₇₅	34.07	---	14.81	51.12
Ce ₇₅ -Zr ₂₅	21.82	---	62.45	15.73

---No contiene el elemento

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se observan los patrones de difracción de los siete óxidos mixtos. En el inciso a) perteneciente a Al100 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 37.50^\circ$, 45.78° y 66.76° correspondientes a γ -Al₂O₃ de acuerdo a la referencia 029-0063 del Centro Internacional de Datos de Difracción (Joint Committee on Powder Diffraction Standards JCPDS-ICCD por sus siglas en inglés, 2000). En el inciso b) perteneciente a Al80-Ce20 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 28.55^\circ$, 33.08° , 47.47° y 56.33° asociadas a CeO₂ de acuerdo a la referencia 034-0394. En el inciso c) Al80-Zr20 podemos observar sólo dos señales débiles en $2\theta = 45.95^\circ$ y 67.03° correspondientes a γ -Al₂O₃ y una banda ancha entre 30° y 35° que podría asociarse a una ligera formación de ZrO₂ monoclinica de acuerdo a la referencia 037-1484. En el inciso d) Al80-Ce10-Zr10 podemos observar una señal ancha muy débil cerca de 30° que podría asociarse al ZrO₂ igual que en el caso anterior. En el inciso e) Ce50-Zr50 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 29.18^\circ$, 48.51° y 57.43° correspondiente a Ce_{0.5}Zr_{0.5}O₂

de acuerdo a la referencia 055-0997. En el inciso f) Ce25-Zr75 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 29.87^\circ$, 34.82° , 50.10° y 59.35° correspondientes a Ce_{0.16}Zr_{0.84}O₂ de acuerdo a la referencia 038-1437. En el inciso g) Ce75-Zr25 podemos observar las señales más intensas en $2\theta = 28.87^\circ$, 33.41° , 48.04° y 57.01° correspondientes a Ce_{0.75}Zr_{0.25}O₂ de acuerdo con la referencia 028-0271. En general, se observa que son materiales amorfos con algunas regiones o zonas con cristalización de fases solas o combinadas de los óxidos simples o mixtos.

En el caso del análisis de la composición química, se confirma la presencia de los cuatro elementos principales, oxígeno, aluminio, cerio y zirconio, en distintas proporciones de acuerdo a la concentración de los precursores utilizados en la síntesis sol-gel, como se observa en el Cuadro 2. La presencia de oxígeno permite la formación de óxidos mixtos, esto puede favorecer la interacción de todos los componentes, lo que llevaría a mejorar las propiedades de estabilidad térmica y estructural requerida en aplicaciones de adsorción y catálisis (Pérez et al., 2010).

En la Figura 2, se pueden observar las isotermas de adsorción de N₂ de las siete muestras. En las muestras a), c) y d) pertenecientes a Al₁₀₀, Al₈₀-Zr₂₀ y Al₈₀-Ce₁₀-Zr₁₀ se presentan isotermas tipo IV donde sus rasgos característicos son su ciclo de histéresis, que se asocia con condensación capilar de mesoporos y el límite de la cantidad adsorbida en un intervalo de presión relativa alta. La parte inicial de la isoterma de tipo IV se atribuyó a la adsorción en monocapa-multicapa, ya que sigue el mismo camino que la parte correspondiente a una isoterma de tipo II, obtenida con el adsorbible dado, sobre la misma área superficial del adsorbente en forma no porosa. Estas isotermas, poseen un ciclo de histéresis tipo H₂ relacionada con los efectos de interconexión en la red de poros. En el inciso b) perteneciente a Al₈₀-Ce₂₀ podemos observar una isoterma de tipo IV igual que las antes mencionadas, pero esta posee un ciclo de histéresis tipo H₁, está se asocia habitualmente con materiales porosos de los que se sabe, por otros medios, que consisten en aglomerados o empaquetamientos compactos de esferas aproximadamente uniformes dispuestas de manera bastante regular y que por tanto tiene distribuciones estrechas de tamaños de poro (Sing, 1998).

En los incisos e), f) y g) pertenecientes a las muestras Ce₅₀-Zr₅₀, Ce₂₅-Zr₇₅ y Ce₇₅-Zr₂₅ se observan isotermas del tipo II que es la forma normal en la que se obtiene un adsorbente no poroso o macroporos, representa una adsorción en monocapa-multicapa sin restricciones, el principio de la parte central casi lineal de la isoterma, señala el momento en que el recubrimiento de la monocapa está completo y está a punto de comenzar la adsorción en la multicapa. Además, poseen un ciclo de histéresis de tipo H₃ que consiste en que no presenta una adsorción límite a p/po alta, se encuentra en agregados de partículas en forma de placa, que da lugar a poros en forma de rendijas (Sing, 1998). En general, para estas tres muestras se observa una capacidad de adsorción del N₂ muchos menores comparados con las muestras que contienen alúmina, siendo la muestra con mayor volumen de adsorción de nitrógeno Al₈₀-Ce₂₀.

En el Cuadro 3 se observan los valores de área superficial, volumen total de poro, constante de BET y el intervalo de linealidad de BET de los siete óxidos. El área superficial es mayor a 190 m²/g para las muestras que contienen alúmina y menor a 40 m²/g para las muestras que sólo contienen ceria-zirconia, esta tendencia se observa también para el volumen total de poro, donde las muestras

Cuadro 3. Propiedades de los óxidos, obtenidas mediante la adsorción de N₂.

Muestras	A _B (m ² /g)	C _B	Bet P/P ^o	V _T (cm ³ /g)
Al ₁₀₀	196.60	127.10	0.010-0.258	0.38880
Al ₈₀ -Ce ₂₀	249.30	139.20	0.010-0.309	1.41800
Al ₈₀ -Zr ₂₀	271.90	118.20	0.010-0.257	0.52590
Al ₈₀ -Zr ₁₀ -Ce ₁₀	199.80	137.40	0.010-0.236	0.31100
Ce ₅₀ -Zr ₅₀	21.84	76.50	0.010-0.313	0.03932
Ce ₂₅ -Zr ₇₅	8.12	54.97	0.010-0.239	0.02061
Ce ₇₅ -Zr ₂₅	40.76	86.29	0.010-0.238	0.06934

que no contienen alúmina presentan los volúmenes más pequeños. Las muestras que contienen alúmina fácilmente pueden clasificarse dentro del grupo de materiales mesoporosos.

AB: Área superficial BET

CB: Coeficiente de BET

VΣ: Volumen de poro

Las isothermas de adsorción de p-xileno, se elaboraron a partir de la relación presión, P en mm Hg contra a cantidad de sustancia adsorbida en mmol por gramo de óxido, usando la técnica de cromatografía de gases en el intervalo de temperaturas de 200°C-240°C y del intervalo de presión de 0 mm Hg-110 mm Hg.

En la Figura 3, se observan las isothermas de adsorción de p-xileno de los siete óxidos, todas con curvas en forma cóncava, indicando una adsorción preferencial de p-xileno (Sing, 1998). Sin embargo, las isothermas de los óxidos Ce25-Zr75, Ce50-Zr50 y Ce75-Zr25 presentan menor cantidad de p-xileno adsorbido que las que contienen alúmina (Weber, 2008, Brunaver, 1954). La fuerza impulsadora de la adsorción es consecuencia del carácter liofóbico (no afinidad al solvente en este caso a la no afinidad que tiene el tolueno a la combinación Ceria-Zirconia) del soluto respecto al disolvente particular, o a una afinidad elevada del soluto por sólido también conocida como de carácter liofílicos (en este caso del tolueno por los óxidos

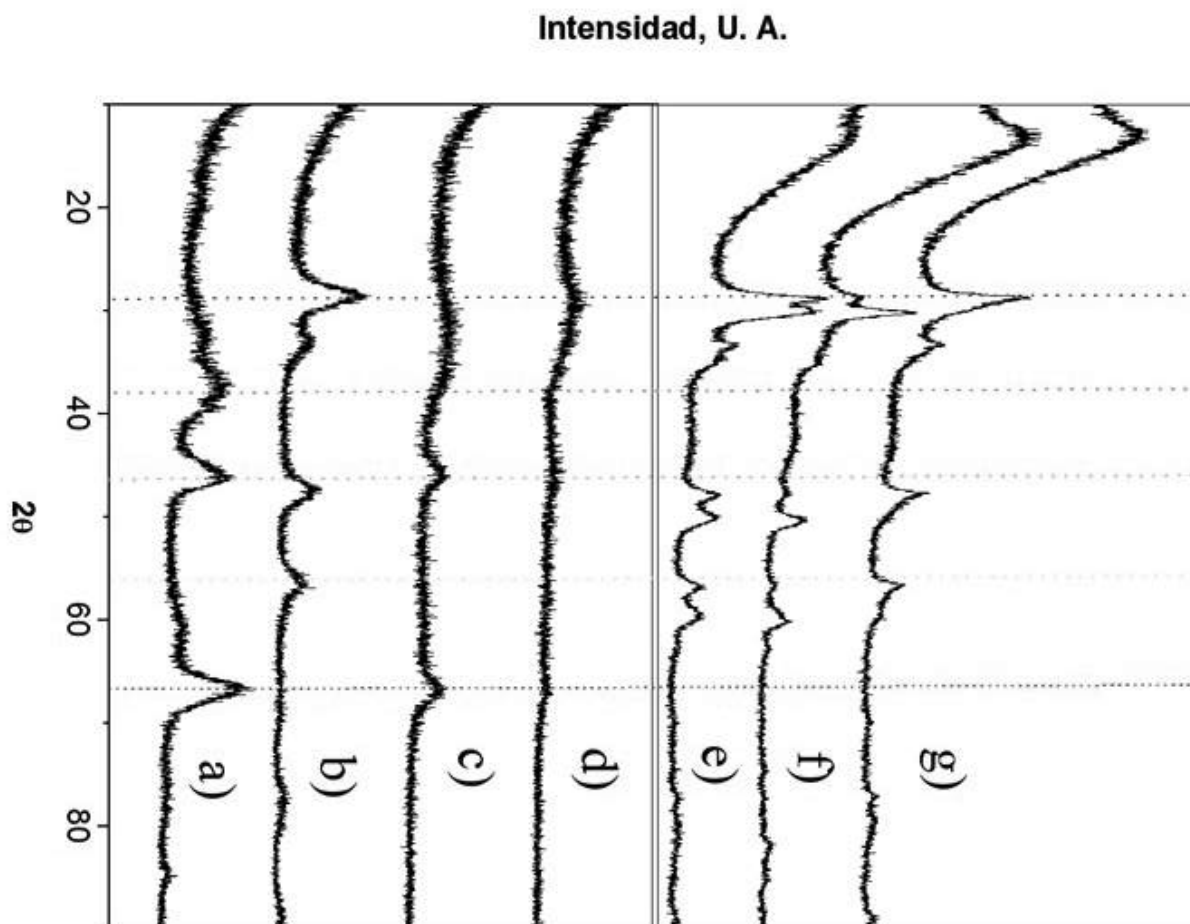


Figura 1. Difractogramas de Rayos-X de: a) Al100, b) Al80-Ce20, c) Al80-Zr20, d) Al80-Ce10-Zr10, e) Ce50-Zr50, f) Ce25-Zr75 y g) Ce75-Zr25.

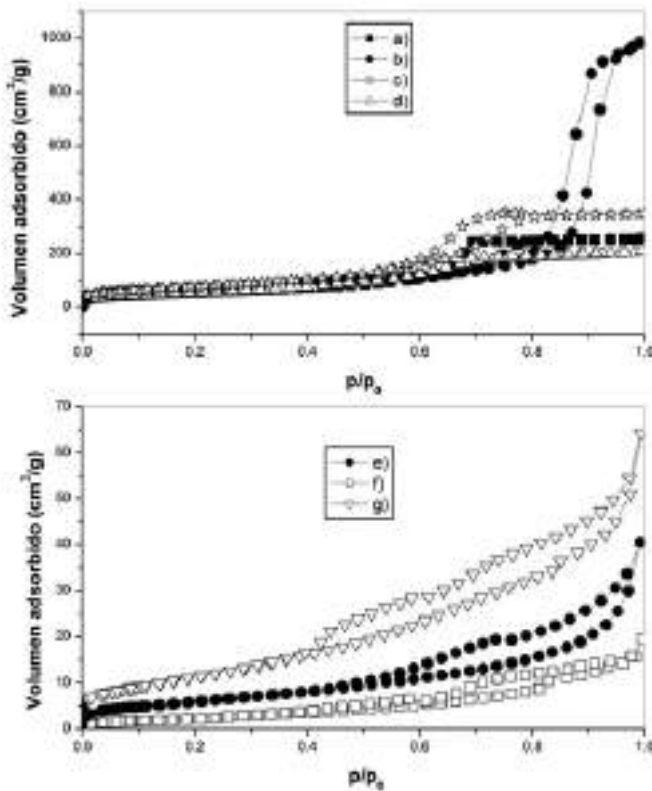


Figura 2. Isotermas de adsorción de Nitrógeno de a) Al100, b) Al80-Ce20, c) Al80-Zr20, d) Al80-Ce10-Zr10, e) Ce50-Zr50, f) Ce25-Zr75 y g) Ce75-Zr25.

que contienen alúmina) (Weber, 2008). La adsorción debe seguir el principio de Le Chatelier, o sea, el aumento de temperatura cambia al equilibrio en dirección al proceso endotérmico, por lo que la cantidad de sustancia adsorbida disminuye con el aumento de la temperatura y aumenta con la disminución de la temperatura (Brunaver, 1954). En este caso se observa en la Figura 3 que la sustancia adsorbida disminuye con el aumento de la temperatura siguiendo el principio de Le Chatelier. La adsorción de p-xileno en los óxidos mixtos que contienen alúmina es más favorable que la reportada con arcillas y zeolitas químicamente tratadas (Hernández et al., 2003; Hernández et al., 2005), además esta se logra a presiones por debajo de los 7 mmHg. En todos los óxidos estudiados se observa que la temperatura de 200°C presenta mayor capacidad de adsorción con respecto a las demás temperaturas (210°C-240°C). También se aprecia la adsorción preferencial del p-xileno

sobre la muestra Al100. Es importante resaltar los beneficios estructurales logrados por el método sol-gel, promoviendo su aplicación en procesos de catálisis (Pérez Osorio, 2007) y adsorción. Este tipo de óxidos han sido utilizados como soportes de catalizadores de paladio y resultan efectivos en la oxidación de CO (Pérez Osorio, 2007), por lo que se espera que su función como componente de catalizadores sea mejorada al adsorber compuestos del tipo COVs. En este caso se concluye que los óxidos que poseen alta área superficial y volumen de poro, como los que contienen alúmina, manifiestan buena capacidad de adsorción de p-xileno, comparada con los óxidos que solo contienen ceria-zirconia.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron siete óxidos mixtos con diferentes concentraciones porcentuales de óxido de aluminio, cerio y zirconio

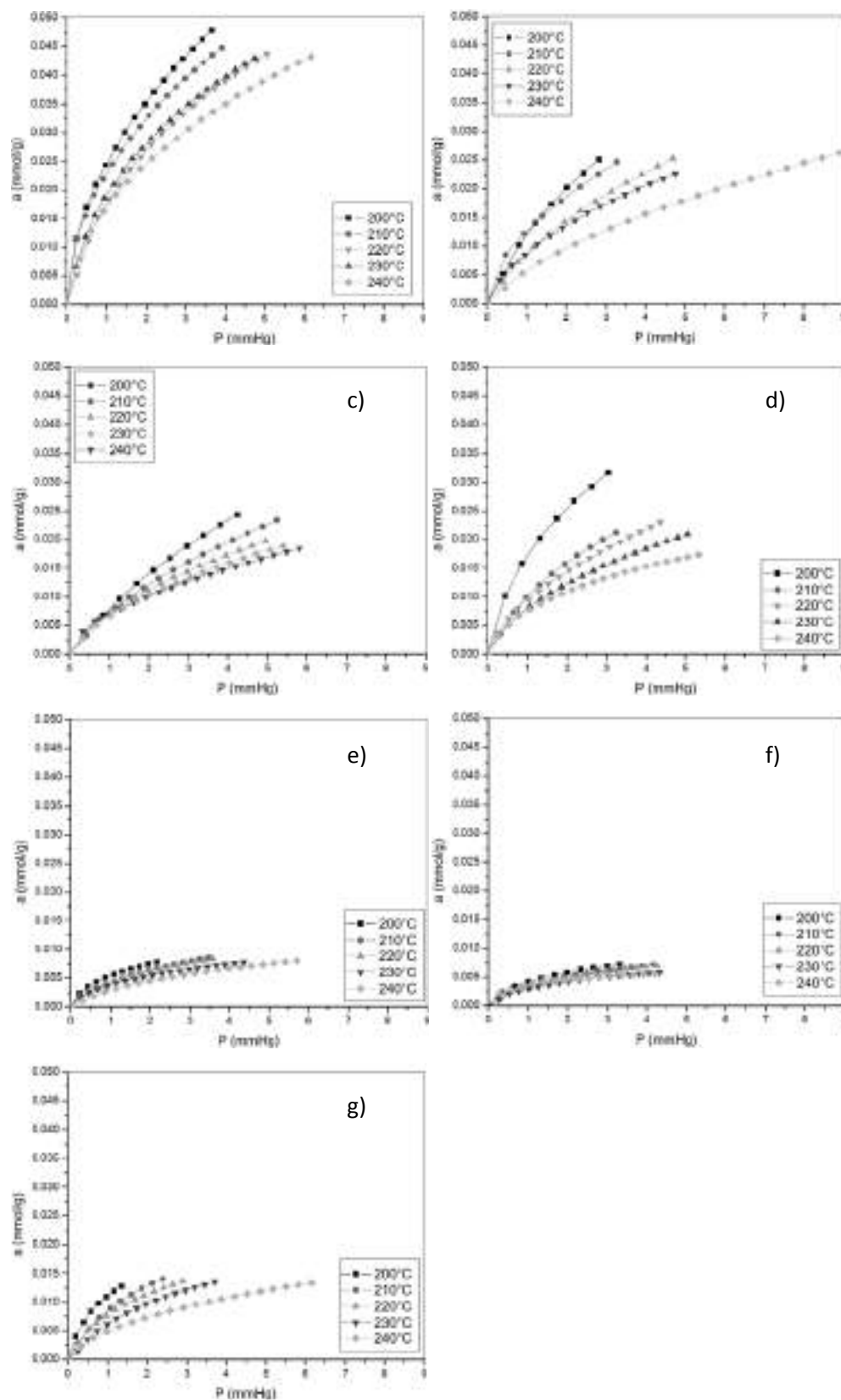


Figura 3. Isothermas de adsorción de p-Xileno sobre a) Al100, b) Al80-Ce20, c) Al80-Zr20, d) Al80-Ce10-Zr10, e) Ce50-Zr50, f) Ce25-Zr75 y g) Ce75-Zr25.

por el método de síntesis sol-gel, a partir de precursores orgánicos. Todos poseen estructura amorfa, sin embargo, se observan importantes diferencias en las propiedades de textura entre los que contienen óxido de aluminio y los que no lo contienen. Los óxidos con alúmina presentan áreas superficiales altas alrededor de 200 m²/g, mientras que las de los demás son menores a 40 m²/g. Las isothermas de adsorción del p-Xileno presentan formas cóncavas indicando adsorción favorable, sin embargo para las muestras con alúmina se observa considerablemente mayor cantidad adsorbida que en los demás óxidos.

AGRADECIMIENTOS

Pérez Osorio Gabriela agradece el apoyo financiero otorgado por PROMEP para la realización de esta investigación. Flores Gómez Sharitna agradece la beca otorgada por PROMEP.

LITERATURA CITADA

Agrafiotis, C., A. Tseetsekou, C.J. Stournaras, A. Julbe, L. Dalmazio y C. Guizard (2002) "Evaluation of sol-gel methods for the synthesis of doped-ceria environmental catalysis systems. Part I: Preparation of coatings" *Journal of European Ceramic Society* 22, pp. 15-25.

Alley, E., (2001) *Manual de control de la calidad del aire*. 2a Edición, México, Mc GrawHill.

Brunaver, S., (1945) *The adsorption isotherm II and The adsorption isotherm III*. 3a Edición, United States, Princeton.

Fernández-García, M., A. Martínez-Arias, A. Iglesias-Juez, C. Blever, A.B. Hungría, J.C. Conesa y J. Soria (2000) "Structural

Characteristics and Redox Behavior of CeO₂-ZrO₂/Al₂O₃ Supports" *J. Catal.* 194, pp. 385-392.

Fornasiero, P., G. Balducci, R. Di Monte, J. Kaspar, V. Sergo, G. Gubitosa, A. Ferrero y M. Graziani. (1996) "Modification of the redox behaviour of CeO₂ induced by structural doping with ZrO₂" *J. Catal.* 164, pp. 173-183.

Hernández, M.A., Corona, L., González, A.I., Rojas, F., Lara, V.H., Silva, F. (2005) *Ind. Eng. Chem. Res.* 44, pp. 2908-2911.

Hernández, M.A., Velasco, J.A., Rojas, F., Campos Reales, E., Lara, V.H., Torres, J.A., Salgado, M.A. (2003) "Adsorción de compuestos orgánicos volátiles en arcillas del Estado de Puebla, México" *Rev. Int. Contam. Ambient.* 19(4), pp. 191-196.

JCPDS-ICDD. International Centre for Diffraction Data (2000).

Luo, M-F. y X-M. Zheng (1999) "Redox behaviour and catalytic properties of Ce_{0.5}Zr_{0.5}O₂ supported palladium catalysts" *Appl. Catal. A.* 189, pp. 15-21.

Masuda, K., M. Kawai, K. Kuno, N. Kachi y F. Mizukami (1991) "Preparation and catalytic effects of CeO_x-MO_y-Al₂O₃ (M = Ba, La, Zr and Pr) by an improved sol-gel method for automotive catalysts" en: G. Poncelet, P.A. Jacobs, P. Grange y B. Delmon (eds.) *Preparation of catalysts V*, Amsterdam, Elsevier.

Morán Pineda, M., Castillo, S., López T., Gómez R., Cordero-Borboa, Novaro, O. (1999) *Applied Catalysis B: Environmental*. 21, pp. 79.

Pérez O. G., Hernández E. M. A., Fuentes M. S., Rubio R. E., Rodríguez D.L.H. C., (2010) "Modificación Térmica Estructural

en Catalizadores Pd/Al-CeZr” En: Ruiz Careaga J., Castelán Vega R., Tamariz flores V., y Hernández M.A. (eds.), Ciencias Ambientales. Ed. BUAP, México.

Perez Osorio, G., Castellón, F., Simakov, A., Tiznado, H., Zaera, F. and Fuentes, S. (2007) “Effect of ceria-zirconia ratio on the interaction of CO with Pd/Al₂O₃-(Ce_xZr_{1-x})O₂ catalysts prepared by sol-gel method” Applied Catalysis B. 69, pp. 219-225.

Perrichon, V., A. Laachir, G. Bergeret, R. Fréty, L. Tournayan y O. Touret (1994) “Reduction of cerias with different textures by hydrogen and their reoxidation by Oxygen”. J. Chem. Soc. Faraday Trans. 90(5), pp. 773-781.

Sing, K.S.W. (1998) “Adsorption methods for the characterization of porous materials” Adv. Colloid Interface Sci. 76-77, pp. 3-11.
Weber W. (2008) Adsorción. 2a Edición, España, Reverté.

Yao, H.C. y Y.F. Yu Yao (1984) “Ceria in automotive exhaust catalysts. I. Oxygen storage” J. Catal. 86, pp. 254-265.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁCIDO CLOFÍBRICO POR CROMATOGRAFÍA DE GASES MASAS

Manuel Sánchez Zarza¹, Martha Avilés Flores² y Luis Alberto González Esquivel³

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Jiutepec, Morelos 62550 México.

^{2,3}Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Correro electrónico:manuels@tlaloc.imta.mx

RESUMEN

Se desarrolló y validó una metodología para la cuantificación de ácido clofíbrico derivatizado con trimetilsilildiazometano en muestras de agua por cromatografía de gases acoplada a un detector selectivo de masas (CG-MS). El método se validó en diferentes parámetros como linealidad, exactitud, precisión, límites de detección y cuantificación. Las concentraciones de validación se encuentran en el intervalo de 0.0025 a 0.1644 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Los límites de detección y cuantificación obtenidos son 0.0003 y 0.0053 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Palabras clave: ácido clofíbrico, trimetilsilildiazometano, validación.

INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales y las aguas subterráneas son actualmente la mayor fuente de producción de agua potable en todo el mundo, sin embargo estudios han revelado recientemente la presencia de fármacos en las ciudades de Alemania, Italia, Estados Unidos y Canadá; como ácido clofíbrico

(270 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$) y gemfibrozil (70 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$), bezafibrato (27 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$), carbamezapina (258 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$), diclofenaco (6 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$), penazona (400 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$), provocando un grave problema de salud pública.

Los fármacos llegan al medio ambiente por medio de su metabolización y excreción por el hombre. El fármaco administrado puede ser excretado sin ningún cambio, en forma de conjugados de glucurónidos o sulfatos, como metabolito principal o como una mezcla de metabolitos (Strennet *et al.*, 2004). En general, en el organismo los fármacos son metabolizados por diversos mecanismos, luego son excretados en forma de derivados polares y solubles en agua, que presentan una actividad farmacológica reducida respecto al compuesto original (Flores *et al.*, 2008; Bellido, 2006).

En aguas superficiales al norte de América y Europa, se han detectado concentraciones de 0.75-1.50 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido clofíbrico (Sanderson *et al.*, 2003), mientras que Pedersen *et al.* (2005) reportaron concentraciones de Gemfibrosil en cuerpos de irrigación en regiones áridas de Estados

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en *Ra Ximhai* 8(2): 157-161.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

Unidos de 190- 790 ng•L⁻¹ y en corrientes de agua de 160 – 360 ng•L⁻¹.

En México Siemens *et al.* (2008) realizaron un estudio con muestras de agua residual municipal provenientes del Valle del Mezquital en México, con el objetivo de determinar las concentraciones y flujos de fármacos en este sistema de irrigación. Los resultados de Ácido Clofibrato, oscilaron entre 0.02 y 0.22 µg•L⁻¹. Estas concentraciones son menores en comparación con los resultados de estudios realizados en ciudades europeas (Carballa *et al.*, 2005).

En la determinación de ácido clofibrato el uso de cromatografía de gases espectrometría de masas se facilita por su conversión a éster volátil. Los ésteres son particularmente convenientes para la ionización electrónica en espectrometría de masas y producidos por la reacción de sustratos ácidos con diazometano.

Una alternativa es el trimetilsilildiazometano (TMSDM), que es un derivado del diazometano, sin embargo éste es muy selectivo y exhibe reacción con el ácido carboxílico para producir el éster, el TMSDM es fácil de usar y más seguro que el diazometano. El uso del TMSDM para la conversión de compuestos fenoxiácidos o similares a ésteres para análisis por CG/MS se ha reportado en estudios realizados por Johnson *et al.* (1997).

Objetivo

El objetivo de este estudio fue desarrollar y validar el método de Ácido Clofibrato por cromatografía de gases masas, empleando como derivatizante trimetilsilildiazometano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un método para la validación de ácido clofibrato, mediante el método de adición de estándar. El método implica una extracción en fase sólida con cartuchos de extracción en fase sólida Chromabond C18 de 3mL 500mg. El método se validó en el rango de concentraciones de 0.0025 a 0.1644 µg•L⁻¹.

Reactivos

Estándar de Ácido Clofibrato marca Aldrich Chemical Co. >99%, Derivatizante N-(t-butil dimetilsilil)-N metiltrifluoroacetamida (MBSTFBA), trimetilsilildiazometano (TSDM), Surrogado 4,4'-Diclorobifenilo, Metanol grado HPLC, Hexano grado HPLC, Acetona grado HPLC, Viales de 1.8 mL Microjeringas de 1000, 500, 100, 50, 25 µL.

Equipos

Cromatógrafo de gases VARIAN modelo 3800 acoplado a espectrómetro de masas/masas modelo VARIAN SATURNO 2200, Columna capilar VF5ms 30 m X 0.25mm X 0.25 µm, las muestras fueron inyectadas al cromatógrafo de gases.

Balanza analítica OHAUS, Potenciómetro Orion-Termo, Baño Ultrasónico, Sistema de extracción en fase sólida marca VARIAN equipado con una bomba de vacío, Rotavapor, Concentrador de muestras Minivap

Condiciones cromatográficas

Se determinaron las mejores condiciones del cromatógrafo de gases en cuanto a la respuesta en la señal y separación del pico de ácido clofibrato, el programa de temperatura fue el siguiente: 65°C durante 2 min, seguido de 30°C min⁻¹ hasta alcanzar una temperatura de 180°C, posteriormente seguir a 1°C min⁻¹ hasta la temperatura de

230°, finalmente a 300°C durante 30°Cmin⁻¹ para tener un tiempo final de corrida de 13.5 min.

Para detectar los analitos, primero se realizó en modo SCAN (todos los iones) en un rango de escaneo de 50-500 m/z y una vez identificados los analitos en modo SIM (monitoreo selectivo de iones). La temperatura de la fuente de impacto de electrones fue de 220°C. La energía de ionización fue fijada en 70eV.

Validación del método analítico

Para evaluar los parámetros de linealidad, precisión y exactitud se prepararon 21 concentraciones de acidoclofibricopor duplicado en el rango de 0.0025 a 0.1644 µg/L-1.

Linealidad. La linealidad del método es la relación entre la respuesta del instrumento y las concentraciones conocidas del analito. La curva de calibración para ácido clofíbrico

se construyó con la relación de áreas de analito a estándar versus las concentraciones del analito.

Se realizó el análisis de regresión lineal para determinar la linealidad del método así como para generar la ecuación de la curva de calibración $y = mx + b$, donde y es la relación de área, x la concentración, m la pendiente y b el intercepto.

Se usaron estándares externos para la cuantificación. Las curvas de calibración se obtuvieron con siete concentraciones estándar (regresión lineal: $R^2 > 0.98$). La identidad de las sustancias en muestras sintéticas se confirmó revisando la abundancia relativa de los iones característicos (Figura 1).

Se realizaron pruebas con dos derivatizantes (Trimetilsilildiazometano y el MTBSTFA), el que generó una señal más sensible fue el Trimetilsilildiazometano.

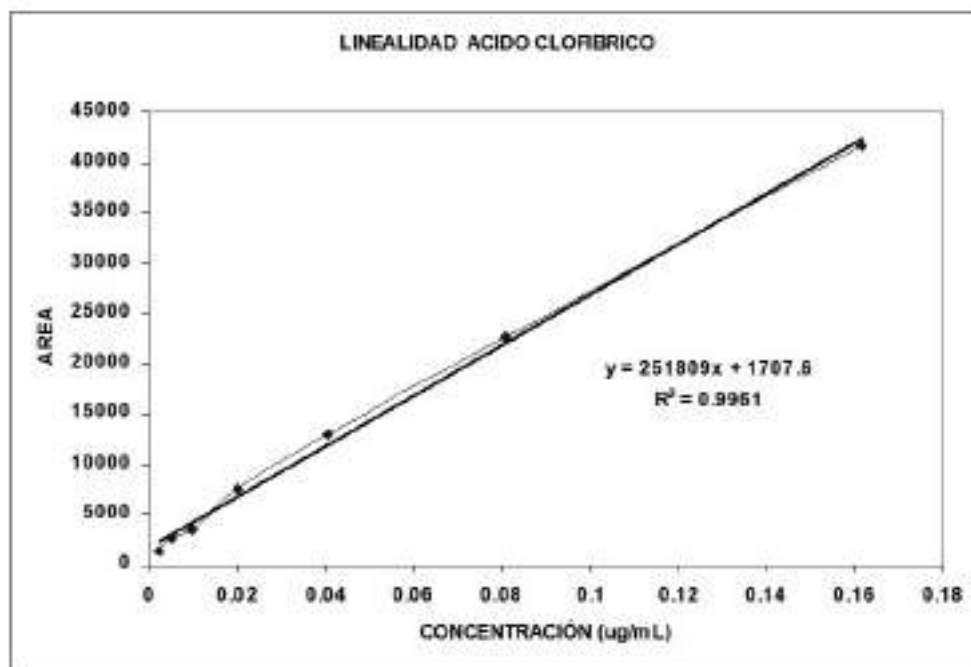


Figura 1 Linealidad ácido clofíbrico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

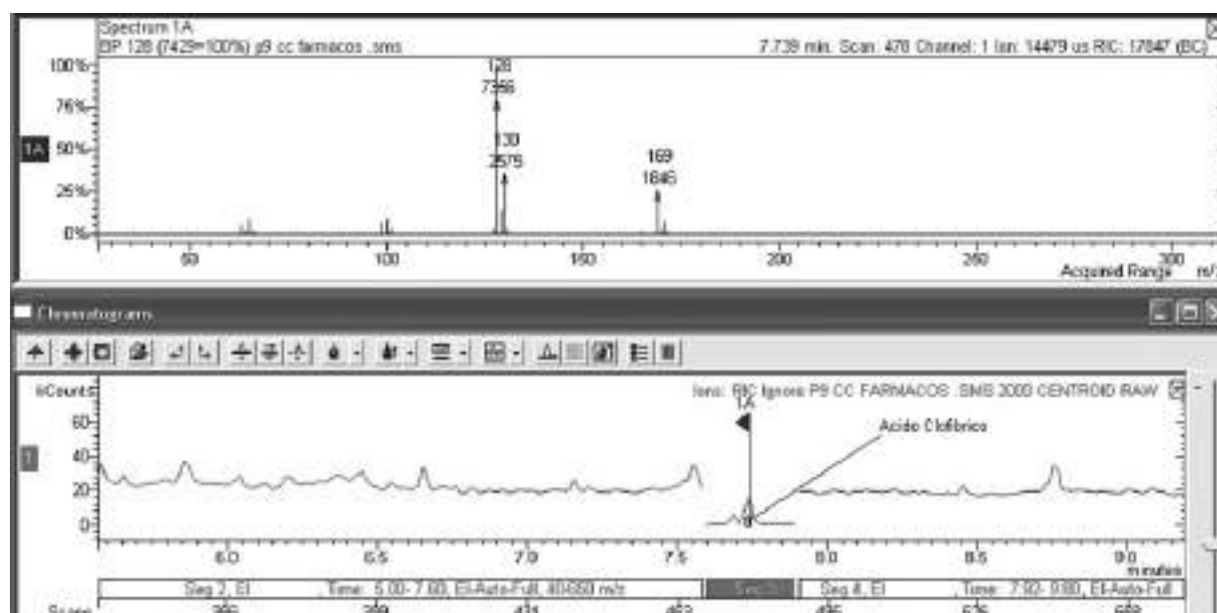


Figura 2. Cromatógrama de ácido clofíbrico

Para calcular la linealidad se analizaron 6 diluciones del estándar por triplicado, se demostró respuesta lineal en el rango de 0.0025 a 0.1644 $\mu\text{g/L}$. El coeficiente de correlación superior a 0.99 (figura 1) para la relación de área versus concentración, sugiere una fuerte relación entre la respuesta del instrumento y las concentraciones conocidas de ácido clofíbrico. Un coeficiente de variación menor de 5%, indica que el instrumento es preciso bajo las condiciones del análisis establecidas. En la Figura 2 se muestra el cromatograma del ácido clofíbrico.

Precisión

La precisión se evaluó mediante nueve

determinaciones con tres niveles de concentración 0.0050, 0.0404 y 0.1614 $\mu\text{g/L}$. Los resultados obtenidos se indican en la tabla 1. Los valores de desviación estándar son de 2.07, 0.49 y 0.42, lo que confirma la precisión del método analítico.

Exactitud

Los resultados del ensayo obtenidos se indican en la tabla 2. Los valores porcentuales de recuperación obtenidos se encuentran dentro del límite estándar de entre 86.02 y 95.32, lo que confirma la exactitud del método.

Límites de detección y cuantificación

La determinación del límite de detección

Cuadro 2. Resultados de la exactitud del método.

Concentración Teórica ($\mu\text{g/L}^{-1}$)	Porcentaje de recobro (%)						
0.0050	88.85	89.88	91.14	88.46	86.02	86.34	87.83
0.0404	91.05	90.01	89.99	90.02	89.98	91.01	90.04
0.1614	95.32	95.06	95.18	95.24	95.30	95.28	94.99

Tabla 3. Resultados de muestras agua de pozo y agua residual.

Tipo de muestra	Concentración μgL^{-1}
Agua pozo	0.037
Agua pozo	0.055
Agua residual	0.103

y cuantificación se realizó en base a la desviación estándar de la respuesta del blanco y a la pendiente de la curva de linealidad, obteniéndose valores de 0.0003 μgL^{-1} para el límite de detección y 0.0053 μgL^{-1} para el límite de cuantificación.

Análisis de muestras de agua potable

Se realizó un muestreo en un pozo de abastecimiento y una descarga de agua residual de un municipio del Estado de Hidalgo, con el fin de cuantificar la presencia de acidoclofibrico en los dos tipos de agua; los resultados se presentan en la siguiente tabla

CONCLUSIONES

Se concluye que el método de derivatización con el Trimetilsilildiazometano es más sensible que el aplicado con el MTBSTFA para la identificación y determinación de ácido clofibrico. El límite de detección alcanzado con esta técnica de análisis (0.0003 $\mu\text{g mL}^{-1}$) está por debajo lo reportado en la bibliografía, lo que indica además que el método de extracción en fase sólida es el adecuado para este fármaco. La precisión del método es adecuada y está por debajo de lo especificado ($\geq 20\%$) y cumple con el especificado en los métodos EPA. En base a los resultados obtenidos de la validación se concluye que el método de análisis de ácido clofibrico por cromatografía de gases masas y extracción en fase sólida es un método sensible y confiable.

LITERATURA CITADA

- Andreozzi, R., Marotta, R., Nicklas, P., 2003. Pharmaceutical in STP effluents and their solar photodegradation in aquatic environment. *Chemosphere* 50, 1319-1330.
- Bellido, D., 2006. Metabolismos de fármacos y sus implicaciones clínicas. *Manual de Nutrición y metabolismo*. Cap 10. 1 ed. Sep. 625p.
- Carballa, M., Omil, F., Lema, J.M., Lomopart, M., Garcia, C., Rodriguez, I., Gomez, M., Ternes, T., 2005. Behaviour of pharmaceutical and personal care products in a sewage treatment plant of northwest Spain. *Water Science and technology*. 8, 29-35.
- Flores, J., Media, V.A., Armijo, J.A., 2008. Metabolismo de los fármacos. *Farmacología humana*. 6 Ed. Masson Barcelona. 1540 p.
- Gross, M., Petrovic, M., Barcelo, D., 2006. Development of a multi-residue analytical methodology based on liquid chromatography- tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) for screening and trace level determination of pharmaceuticals in surface and wastewaters. *Talanta* Vol. 70. 4, 678-690
- Johnson, P.D., Rimmer, D.A., Brown, R.H. Adaptation and application of a multiresidue method for the determination of a range of pesticides, including phenoxy acid herbicides in vegetation, based on high resolution gel permeation chromatographic

clean-up gas chromatographic analysis with mass-selective detection. *J. Chromatogr. A* 1997; 765: 245-250 and Johnson, P.D., Rimmer, D. A., Brown, R.H. Determination of phenoxy acid herbicides in vegetation, utilizing high resolution gel permeation chromatographic clean-up methylation with trimethylsilyldiazomethane prior to gas chromatographic analysis with mass-selective detection. *J. Chromatogr. A* 1996; 755: 3-11.

Pedersen, J., Soliman, M., Suffet, M. (2005). Human pharmaceuticals, hormones, and personal care products ingredients in runoff from agricultural fields irrigated with treated wastewater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 1625-1632.

Siemens, J., Huschek, G., Siebe, C., Kaupenjohann, M., 2008. Concentration and mobility of human pharmaceuticals in the world's largest wastewater irrigation system. Mexico City-Mezquital Valley. *Water Research*. 42, 2124-2134.

Strenn, B., Clara, M., Gans, O., Kreuzinger, N., 2003. The compartment of selected pharmaceutical in sewage treatment plants. *Water Pollution VII*. WIT Press, Southampton, UK

Sanderson, H., Johnson, D.J., Wilson, C.J., Brain, R.A., Solomon, K.R., 2003. Probabilistic Hazard assessment of environmentally occurring pharmaceutical toxicity to fish, daphnids and algae by ECOSAR screening. *Toxicology Letters* 144, 383-395.

ELABORACIÓN DE UN LISTADO PRELIMINAR DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS CON PLOMO (Pb) EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Juana Sánchez Alarcón¹; José Luis Gómez Olivares²; Stefan M. Waliszewski³; José M.R. Montiel González¹ y Rafael Valencia-Quintana¹

¹Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Calle del Bosque S/N., Tlaxcala Centro Tlaxcala C.P. 90000, Tlax., México

²División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM-Iztapalapa

³Instituto de Medicina Forense, Universidad Veracruzana

⁴Facultad de Ingeniería y Tecnología, UATx
Correo electrónico: prvq2004@yahoo.com.mx

RESUMEN

En el presente trabajo se elaboró un listado de sitios potencialmente contaminados con plomo en el estado de Tlaxcala que pueden representar un peligro para la salud de las poblaciones cercanas a ellos y para el ambiente. Para ello se utilizó la metodología de la OPS/OMS, la cual propone la elaboración de un listado de sitios contaminados como primera fase y que permite identificar como peligrosos a los lugares que normalmente pasan desapercibidos como tales. En términos generales los resultados indican que en el estado de Tlaxcala existen sitios potencialmente contaminados con plomo ya que en dichos lugares lo utilizan en sus procesos microindustriales y/o artesanales. De acuerdo con los criterios utilizados en el presente trabajo son cinco los sitios que merecen mayor atención y

son de mayor a menor riesgo: San Pablo del Monte, La Trinidad Tenexyecac, Tetla de la Solidaridad, Xalostoc y Santiago Xochimilco. Además el plomo, por sus características tóxicas, demuestra ser un factor que aumenta la importancia de este estudio y por ello merece ser objeto de una mayor profundización tomando en cuenta otros factores en estudios subsecuentes, con base en la metodología de evaluación de riesgos en la salud por la exposición a sitios potencialmente contaminados.

Palabras clave: contaminación, Tlaxcala, plomo.

INTRODUCCIÓN

No se sabe dónde se encuentran los residuos peligrosos porque no se han buscado, y esto no se ha hecho porque se carece del instrumento adecuado. Es necesario elaborar un inventario y una calificación de

sitios contaminados con residuos peligrosos. Debe ponerse en práctica de inmediato un programa que identifique, evalúe, clasifique y limpie este tipo de sitios. Dicho programa debería estar sustentado académicamente por las universidades y financiado por impuestos especiales a las industrias más contaminantes (incluidas las del gobierno). De no instalarse el programa en este momento, algún día en el futuro inmediato lo tendremos que instalar obligadamente como consecuencia del agravamiento de la contaminación. Como ejemplo de la importancia de esta problemática, baste señalar que a través de un ejercicio efectuado en San Luis Potosí con miembros de las autoridades gubernamentales, con representantes de grupos ecologistas y con investigadores universitarios, se logró establecer un listado inicial de 47 sitios peligrosos para esta entidad. Si San Luis Potosí cuenta con tantos sitios contaminados con sustancias peligrosas, ¿cuántos habrá en el resto del país? (Díaz-Barriga 1996).

Nuevas metodologías. Para estudiar sitios contaminados con residuos peligrosos, se requiere de una metodología que busque correlacionar factores ambientales con efectos sobre la salud, a fin de obtener una magnitud del riesgo prevalente en la población afectada. Una de las metodologías más adecuadas para este fin es la diseñada por la ATSDR (1992). Sin embargo, Díaz-Barriga y su grupo la han modificado (Díaz-Barriga 1991, Díaz-Barriga et al. 1995). Se considera que el desarrollo y la enseñanza de ésta y otras metodologías deberían fomentarse dentro de una estrategia nacional de residuos peligrosos. Por ejemplo, una de las mejoras que podrían investigarse es el análisis de riesgo por la exposición a mezclas químicas. En una evaluación de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection

Agency) sobre caracterización química de lixiviados provenientes de 13 sitios donde se almacenaban residuos peligrosos, en sólo el 4% del total de componentes se identificaron más de 200 sustancias (National Research Council 1991). ¿Cuál es la toxicidad de un lixiviado que contiene más de 200 compuestos? ¿Cómo se puede calcular la toxicidad de un lixiviado del que se desconoce el 96% de sus componentes? Además, si cada sitio de residuos peligrosos genera una mezcla diferente de contaminantes, entonces cada sitio representará un potencial tóxico distinto, lo cual implica que deberá ser tratado en forma particular. La exposición a residuos peligrosos es un problema de exposición a mezclas químicas y como de ellas poco se sabe y como cada sitio da origen a una mezcla diferente, ahora puede entenderse la razón por la cual es necesario desarrollar un método que permita abordar esta problemática (Díaz-Barriga 1996).

Se requiere establecer cuáles son las sustancias que con mayor frecuencia aparecen a altas concentraciones en los sitios contaminados con residuos peligrosos en México. Esta lista permitiría mejorar los métodos analíticos para detectarlas y facilitar el análisis de los posibles padecimientos asociados a ellas. Inclusive tomando como base esta lista, se podría instrumentar un programa específico de entrenamiento médico (Díaz-Barriga 1996).

La contaminación por residuos es la más grave de todas: involucra mezclas de contaminantes, afecta a todos los medios del ambiente, se encuentra en todo tipo de locaciones geográficas y a ella están expuestos los niños y los adultos, los jóvenes y los ancianos.

La identificación de sitios contaminados permite profundizar el conocimiento de las

condiciones ambientales actuales en una región, ubicar las áreas de mayor riesgo, planificar el uso del territorio y es el primer paso para implementar medidas correctivas en los casos que lo ameriten. Además, es una estrategia de prevención de daños a la salud y el ambiente (Gristo y Salvarrey 2006).

La creciente contaminación que existe en nuestro país y el gran auge industrial que sufre en particular el estado de Tlaxcala, conlleva a pensar en un riesgo para la población. Debido a la existencia de los metales pesados y en particular del plomo que está íntimamente relacionado con la actividad humana, ya sea industrial o artesanal, es importante realizar un listado con las industrias, microindustrias, o actividades artesanales en las cuales, las personas se encuentren en contacto con este metal, el cual causa trastornos al ambiente y a la salud del hombre.

El plomo puede afectar a casi todos los órganos y sistemas del cuerpo. El más susceptible es el nervioso, tanto en niños como en adultos, también produce un aumento de la presión sanguínea, especialmente en personas de mediana edad y de edad avanzada, mientras que en infantes puede causar anemia.

La presencia de este metal en el organismo sugiere serios daños al cerebro y los riñones de niños y adultos. En mujeres embarazadas, la exposición a dosis elevadas de plomo llega a provocar la pérdida del producto, mientras que en hombres altera la espermatogénesis (ATSDR, 1999).

Otro motivo importante para la realización de este trabajo es la carencia de información en gran parte de la población y de las autoridades acerca de los lugares contaminados con plomo en Tlaxcala y de los inconvenientes que pueden generar al

sistema socio-ambiental.

Por otro lado, dependiendo de las características de la sustancia, la concentración de la misma y la frecuencia de exposición se pueden ocasionar daños en la salud. Por esta razón es importante identificar los sitios contaminados, de tal forma que se puedan prevenir riesgos para la salud que deriven de un uso inadecuado de los mismos, o daños al ambiente por el transporte de las sustancias desde el sitio de origen (PNI, 2005).

Por este motivo el presente estudio tiene como propósito principal elaborar una lista de los sitios potencialmente contaminados con plomo en el estado de Tlaxcala, localizarlos y realizar visitas a los sitios para corroborar su posible peligrosidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se empleó fue la propuesta por el grupo del Dr. Fernando Díaz-Barriga del Laboratorio de Toxicología Ambiental de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Esta metodología se genera bajo una secuencia lógica de actividades, las que paulatinamente van resolviendo las interrogantes surgidas cuando se estudia un sitio contaminado (Díaz, 1999).

En general la metodología propuesta cuenta con tres fases (Figura 1): la obtención de un listado preliminar de sitios potencialmente contaminados, la inspección de los sitios listados y la evaluación de la exposición en aquellos sitios que como resultado de la inspección hayan sido considerados de alto riesgo.

El presente trabajo solo abarcará la primera

etapa, que consiste en la elaboración del listado e iniciará la inspección de los sitios, como parte del proyecto de investigación titulado: Evaluación de riesgos y efectos en la salud de poblaciones expuestas a plomo, Apoyado por CONACyT, FOMIX-Gobierno del estado de Tlaxcala con clave: TLAX-2004-C01-18

Generación de un listado de sitios peligrosos

Grupo organizador

Para generar una lista de sitios potencialmente peligrosos, lo primero que se propone es la formación de un grupo de individuos cuya responsabilidad será precisamente obtener el primer listado. Este grupo deberá estar constituido por miembros del gobierno y del sector privado, investigadores universitarios, representantes de los diferentes grupos de la sociedad civil (unión de consumidores, líderes de la comunidad, etc.) y miembros de las organizaciones no gubernamentales interesadas en la temática.

Para pertenecer al grupo, se debe contar con varios requisitos, por ejemplo, tener experiencia en materia ambiental, conocer la región y poseer mentalidad constructiva para trabajar con personas de diferentes disciplinas y con distintos intereses. Independientemente de su capacidad, todos los miembros del grupo deberán recibir un curso de capacitación en el método de priorización, para establecer bajo un mismo criterio las definiciones técnicas necesarias para el ejercicio. El grupo deberá nombrar a un coordinador para que establezca las normas de las reuniones.

Categorías para la elaboración del listado

Luego de haberse definido los integrantes del grupo que elaborará la primera lista, se procede a la uniformidad de criterios, bajo

los cuales se listarán los sitios peligrosos. Dentro de los criterios más importantes a establecer antes de iniciar el ejercicio, estaría la definición de las categorías para la identificación de dichos sitios. Por ejemplo, los sitios podrían identificarse considerando sólo aquellos que se localizan en una determinada región geográfica (municipal, estatal, nacional, etc.); que tuviesen contaminado un mismo medio ambiental (agua subterránea, suelo, agua superficial, aire, etc.); que estuviesen impactados por similares fuentes contaminantes (podrían listarse sólo a las zonas mineras, petroleras, etc.); que sus contaminantes compartiesen características parecidas (se listarían sitios contaminados con plaguicidas o metales, etc.); y finalmente podrían listarse sitios basados en características generales (tomando en cuenta todos los medios ambientales, todas las fuentes contaminantes y todos los tipos de contaminantes en una región geográfica previamente definida).

Una vez definido el ámbito del listado, es necesario comenzar a reunir información, la cual puede provenir de varias fuentes, entre ellas: (a) la información obtenida a partir de la experiencia de los propios miembros del grupo responsable, (b) los datos de los inventarios industriales o de fuentes contaminantes que pueden existir en las regiones, y (c) la información recopilada a partir de los sistemas de información geográfica u otras fuentes estadísticas. A fin de facilitar el listado de sitios peligrosos, se puede partir con la inclusión de sitios dentro de siete grandes categorías. Estas categorías se han definido sobre la base de las principales fuentes de residuos peligrosos en América Latina (Cuadro 1).

Primera priorización

Es factible que al terminar el ejercicio se cuente con un largo listado de sitios,

para los cuales existan grandes vacíos de información. Por consiguiente, se plantea

Cuadro 1. Principales fuentes de residuos peligrosos en América Latina (Díaz, 1999).

MINEROMETALURGICA
REGIONES AGRÍCOLAS
ZONAS INDUSTRIALES
INDUSTRIA PETROLERA
MICROINDUSTRIA
DEPÓSITOS NO CONTROLADOS
OTROS

que todos los sitios listados deberán ser sujetos de una siguiente fase de estudios, que sería la inspección preliminar. Sin embargo, como la siguiente fase requiere de análisis ambientales, por el costo y tiempo es importante evaluar primero los sitios que pudiesen ser los de mayor riesgo. En este contexto, es necesaria una priorización preliminar de los sitios listados. Se reitera que esta priorización no pretende eliminar sitios, sino ordenarlos sobre la base de la información obtenida. El objetivo es contar con la secuencia para estudiar primero los más peligrosos. Es necesario enfatizar este punto, ya que ante los vacíos de información un sitio que pudiera ser considerado como no peligroso (y por ende localizado en la última posición de la lista priorizada), podría realmente ser peligroso.

Al priorizar la lista, los miembros del grupo deberán tener en mente dos factores de suma importancia: que éste es un proceso interactivo y que se deben atender aquellos sitios con vulnerabilidad social. En cuanto al proceso interactivo, el coordinador del grupo deberá generar un mecanismo para que la

lista pueda ser corregida y retroalimentada a lo largo del proceso y aun después que la actividad del grupo haya concluido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método ha sido diseñado para aquellos países o regiones que carecen de dicha lista y donde se presume que no existe información ambiental. La carencia de información es la principal limitante ya que genera desconocimiento en el sistema. Dicho desconocimiento se supera conforme se van completando los estudios ambientales que se propone efectuar en las siguientes fases de la metodología. En consecuencia, el desconocimiento no debe ser una barrera para obtener un listado. Es más, el listado obliga a realizar estudios, motiva la conciencia en los tomadores de decisiones y facilita la instrumentación de planes preventivos.

Con estos antecedentes, debe quedar claro que la primera lista contiene información de sitios potencialmente peligrosos y sólo se establecería el grado real de peligrosidad de cada uno de los sitios listados, luego de haberse obtenido los datos analíticos, fases contempladas en el desarrollo del proyecto antes citado y que tendrán sustento en los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Con relación a la conformación del grupo organizador, se convocó a la Coordinación General de Ecología (CGE), a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), a Protección Civil y al Sector Salud (SESA y OPS Salud de Tlaxcala), además de nuestro grupo como Coordinador y perteneciente al Sector Académico.

Por diversos cambios administrativos no fue posible conformar un grupo con

todas las características mencionadas en la metodología y sigue en proceso de conformación, no obstante cada instancia proporcionó información que fue útil para la obtención de los resultados presentados en este documento bajo la asistencia de académicos del Centro de Investigación en Genética y Ambiente de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Con relación a las categorías para la elaboración del listado, el presente trabajo solo contempla aquellos sitios potencialmente contaminados con plomo dentro del estado de Tlaxcala.

Los resultados se presentan en los cuadros 2 y 3. Inicialmente (Cuadro II) fueron 9 los sitios que se consideraron potencialmente peligrosos, basados en la información preliminar proporcionada por la Secretaría de Salud y OPD Salud de Tlaxcala, a través del área de Salud Ambiental de la Dirección de Regulación Sanitaria, con relación al “Padrón de Alfareros del Estado de Tlaxcala”,pero sólo quedaron los que por sus características representan un riesgo

información proporcionada se encontró que algunas de las personas registradas habían dejado de participar en este tipo de actividades y otros no se encontraban registrados, por lo que este listado inicial de 20 municipio se redujo a 9, para finalmente quedar en 5 comunidades potencialmente contaminadas con este metal.

Como se observa en la tabla III, y con base en la metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados(Díaz-Barriga 1999), a estas últimas se les aplicó la priorización preliminar de sitios potencialmente contaminados con residuos peligrosos, en donde se consideraron los principales aspectos del medio físico, sociodemográficos, de salud y económicos de cada uno de los municipios impactados con plomo; enseguida se obtuvo la información correspondiente para el llenado del formato para la información de sitios peligrosos y finalmente, se realizó una visita preliminar a los sitios seleccionados para tener la información necesaria para llenar las bases para la calificación de los sitios inspeccionados.

TABLA II. LISTA PREELIMINAR DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	San José Escandona	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
2	San Esteban Atlahapa	Tlaxcala
3	Santiago Xochimilco	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
4	San Salvador Tzompantepec	San Salvador Tzompantepec
5	Españita	Españita
6	San Pablo del Monte	San Pablo del Monte
7	La Trinidad Tenexyecac	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
8	Tetla de la Solidaridad	Tetla de la Solidaridad
9	Xalostoc	Xalostoc

potencial para las personas expuestas. De acuerdo con el padrón mencionado, el estado de Tlaxcala contaba con 448 alfareros registrados en esta dependencia, pertenecientes a 20 diferentes poblaciones. No obstante, al tratar de confirmar la

Como se puede observar en la citada tabla, San Pablo del Monte es el que de acuerdo con los criterios establecidos representa el mayor riesgo potencial seguido en orden decreciente por La Trinidad Tenexyecac, Tetla de la Solidaridad, Xalostoc y al final queda Santiago Xochimilco.

Esta identificación de los sitios potencialmente contaminados con plomo será la base para realizar una posterior caracterización del riesgo en salud. Los datos proporcionados nos permitirán determinar el lugar o los lugares donde se considere pertinente llevar a cabo la cuantificación de los niveles de plomo en sangre periférica. Se reitera la importancia de que la población

evaluada sea la población en mayor riesgo. Esto es, la que esté relacionada con los puntos de exposición en las rutas previamente identificadas como las más contaminadas en el sitio.

Existen diferentes metodologías para la gestión de sitios contaminados, pero todas ellas conducen a un análisis lógico y sistemático que brinda una certeza aceptable en la identificación y cuantificación de los riesgos, y en la toma de decisiones sobre si es o no necesario intervenir sobre el sitio. Este tipo de análisis secuencial y ordenado va desde la identificación del sitio hasta su remediación y rehabilitación para un uso determinado. Su cometido principal es identificar y clasificar los sitios, acentuando la atención en los sitios potencialmente contaminados que serán estudiados con mayor profundidad en las etapas siguientes del proyecto del cual forma parte este trabajo.

A medida que se avanza de una etapa a la siguiente de la metodología de evaluación de riesgos a la salud por exposición a sitios contaminados, la investigación se vuelve más detallada y en consecuencia incrementa el conocimiento sobre el sitio. Esto permite eliminar sitios donde es poco probable que exista contaminación grave, y priorizar las acciones en los sitios o áreas de mayor urgencia.

Con estas primeras etapas se pretende llegar a un listado preliminar de los sitios potencialmente contaminados (Tabla III). Todo ello dará sustento a las siguientes etapas que son: la caracterización ambiental, la evaluación de riesgo y, en su caso, la remediación/rehabilitación.

Al avanzar en el proceso de gestión aumenta gradualmente el uso de recursos y el nivel de

especialización, concentrándose los costos y requerimientos técnicos en las últimas etapas. Por este motivo, la dedicación empleada en las primeras fases es fundamental para el uso eficiente de recursos en todo el proceso y de ahí la importancia de este trabajo al ser el primer listado de sitios potencialmente contaminados con plomo en el estado de Tlaxcala.

La evaluación del riesgo es un proceso que tiene como objetivo asignar magnitudes y probabilidades a los efectos adversos de la contaminación. En consecuencia, éste proceso resulta ser un instrumento que puede utilizarse para definir si un sitio contaminado merece o no ser intervenido. Con ello puede establecerse si el grado de contaminación presente en un sitio genera efectos nocivos; entre mayor sea el riesgo de que la contaminación afecte a los seres vivos, mayor será la necesidad de instrumentar programas de restauración.

Resulta clara la necesidad de establecer

TABLA II. LISTA PREELIMINAR DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	San José Escandona	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
2	San Esteban Atlahapa	Tlaxcala
3	Santiago Xochimilco	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
4	San Salvador Tzompantepec	San Salvador Tzompantepec
5	Españita	Españita
6	San Pablo del Monte	San Pablo del Monte
7	La Trinidad Tenexyecac	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
8	Tetla de la Solidaridad	Tetla de la Solidaridad
9	Xalostoc	Xalostoc

una metodología integrada de evaluación de riesgos, enfocada a los escenarios reales que se presentan en un sitio contaminado, tales como: la presencia de mezclas de contaminantes, diferentes compartimientos ambientales, varias rutas de exposición y, principalmente el impacto simultáneo sobre los diversos receptores tanto ecológicos como humanos. Por tanto, las razones

fundamentales para realizar una evaluación integrada del riesgo son: 1) Mejorar la calidad y la eficiencia del proceso de evaluación por medio del intercambio de información entre la salud humana y los estudios ecotoxicológicos; y 2) Proveer de mejores argumentos para el proceso de toma de decisiones ambientales.

En resumen, los pasos propuestos para la Identificación de Sitios Peligrosos deberán ser: 1) Establecer un grupo organizador considerando diversos elementos de la sociedad con el que se generará; 2) Un listado preliminar de sitios potencialmente contaminados; 3) La priorización de la lista de sitios potencialmente peligrosos; y 4) La organización de la siguiente etapa.

En la actualidad en México el uso del plomo o de sus derivados es amplio en la industria así como en la elaboración de artesanías para el esmaltado o vidriado de éstas. En un sitio como estos, las principales rutas de exposición podrían ser el material particulado en el aire; el suelo contaminado (por la deposición del material particulado del aire); el polvo contaminado; e inclusive, dependiendo del área geográfica, la contaminación de cuerpos de agua por el lavado de suelos contaminados. En consecuencia, estos lugares deberían ser considerados sitios potencialmente peligrosos. Para los cuales debería establecerse una metodología especial para su estudio.

En este trabajo se presenta identificación de sitios potencialmente contaminados con plomo en el estado de Tlaxcala como parte de una evaluación integrada del riesgo en salud de poblaciones expuestas a este metal.

De acuerdo con la información proporcionada por instancias gubernamentales eran 20 los municipios con lugares en donde se

tenían registrados alfareros, los cuales al ir analizando y corroborando la información proporcionada se fueron reduciendo a 9 (Tabla II) y 5 (Tabla III). La actividad alfarera e industrial en donde se emplea plomo ha logrado impactar al ambiente de diversas maneras, lo que implica riesgo a la salud para los habitantes de estos lugares. Se requerirá de un monitoreo ambiental para analizar muestras de suelo, sedimentos de arroyos y de tanques de almacenamiento de agua pluvial, para determinar las principales fuentes de exposición al plomo.

Resulta evidente el impacto en el estado de Tlaxcala, derivado de la potencial contaminación con plomo. Con los datos obtenidos hasta el momento se puede afirmar que existe un potencial riesgo ecológico; sin embargo, si se desea realizar la caracterización de los efectos es necesario la implementación de evaluaciones ecológicas en el sitio, lo que implica estudios con mayor profundidad y por consecuencia durante periodos de tiempo mayores.

Se concluye que la experiencia de identificar y priorizar sitios contaminados es de las primeras que se realizan en el estado de Tlaxcala. Existen algunos antecedentes de priorización de sitios potencialmente peligrosos por contaminación ambiental en el estado (Zempoalteca 2007). Se espera que los datos generados en estos trabajos sirvan como instrumento para el desarrollo de la política ambiental en esta entidad.

En el estado de San Luis Potosí ya existen programas de restauración para cuatro de los diez sitios más peligrosos que fueron determinados al aplicar esta metodología y un activo programa de inspección para los sitios restantes. En otras palabras, cuando una metodología es capaz de transformarse en acciones concretas, significa que la

metodología funciona. Utilizándola ahora, ya se cuenta con las listas de los Estados de Querétaro y de Baja California (Díaz-Barriga 1999).

Existen sitios potencialmente contaminados con plomo que representan un riesgo potencial para la salud las poblaciones expuestas, el cual deberá ser categorizado continuando con las siguientes etapas de la metodología.

Se deberán identificar las rutas de exposición completas prioritarias a ser atendidas, los efectos en salud y la población expuesta.

Se deberá hacer una evaluación de las estadísticas de salud e identificar las preocupaciones comunitarias en esta materia.

Se debe de proceder a la identificación de las especies químicas que son fuente potencial de plomo y que están biodisponibles para la población.

Se recomienda la obtención de la información faltante. Se requieren muestreos ambientales en los lugares que de acuerdo con este trabajo se consideran potencialmente contaminados (Tabla III), cuantificando niveles de plomo en suelo y sangre, así como de matrices ambientales.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrollo dentro del proyecto financiado por FOMIX CONACyT-Tlaxcala con titulo "Evaluación de riesgos y efectos en la salud de poblaciones expuestas a plomo" CLAVE TLAX-2004-C01-18

LITERATURA CITADA

ATSDR (1992). Health assessment guidance manual. Michigan. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health & Human Services, Lewis Publishers.

ATSDR (1999). ToxFAQs for Lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponible en línea en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts13.html>.

Díaz-Barriga F (1991). Health assessments in Latin America: Usefulness of the ATSDR guidance manual. En: Andrews JS, Frumkin H, Johnson BL, Mehlman MA, Xintaras Ch, Bucsela JA, Eds. Hazardous waste and public health. International Congress on the Health Effects of Hazardous Waste. Nueva Jersey: Princeton Sci Publ: 201-203.

Díaz-Barriga F (1996). Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud. Salud Publica Mex 38, 280-291.

Díaz-Barriga F (1999). Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Auspiciado por: Agencia Alemana de Cooperación Técnica, GTZ. Lima, 93 pp.

Díaz-Barriga F, Flores L, Calderón J (1995). A new approach for the study of hazardous waste sites in Mexico. International Congress on Hazardous Waste: Impact on Human and Ecological Health Atlanta, EUA.

Gristo P. y Salvarrey A. (2006). Guía para la Identificación y Evaluación Preliminar de Sitios Potencialmente Contaminados. Proyecto Plan Nacional de Implementación Convenio de Estocolmo. 2a Edición, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Uruguay. pp. 31.

National Research Council (1991). Environmental epidemiology, public health and hazardous wastes. Washington, D.C.: National Academy Press: 282.

Zempoalteca S. 2007. Padrón de sitios potencialmente peligrosos por contaminación ambiental dentro de la jurisdicción tres del sector salud en el estado de Tlaxcala. Tesis Licenciatura. Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala. 112 pp.

EL ACCESO A LA JUSTICIA AMBIENTAL Y LA POSIBILIDAD DE IMPLANTACIÓN DE TRIBUNALES AMBIENTALES EN CHIAPAS, MÉXICO

Juan Ángel Roblero González¹ y Hugo Humberto Piña Ruiz²

¹Licenciado en Derecho por la Universidad Autónoma Indígena de México.

²Profesor-Investigador. Universidad Autónoma Indígena de México. Unidad Mochicahui: Juárez 39, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890. Correo electrónico: hugo_uaim@hotmail.com.

RESUMEN

El Estado de Chiapas es considerado como uno de los que cuenta con más recursos naturales en México, los cuales no siempre son aprovechados de manera sustentable, ocasionando numerosos problemas ambientales. Esto requiere una aplicación eficaz y expedita de las leyes ambientales. Para conocer las percepciones de abogados acerca del acceso a la justicia ambiental y la posibilidad de creación de tribunales ambientales en el Estado de Chiapas, se aplicaron instrumentos de investigación. Se trabajó con tres grupos: (1) litigantes de juzgados, (2) titulares de despachos jurídicos, y (3) representantes de Procuradurías ambientales. Los abogados en general manifestaron tener conocimiento de derecho ambiental y consideran que la legislación ambiental ha avanzado y que es bastante compleja. Esto dificulta la aplicación de las leyes ambientales, las cuales se manejan con base en procedimientos administrativos, penales o civiles, en vez de que exista un proceso autónomo. Consideran que esto no resuelve la problemática ambiental y que promueve la

impunidad. Identifican que esto se complica más por la complejidad y extensión territorial del Estado, en el sentido de la acción de las autoridades, de la difusión de la información ambiental y del acceso a la justicia ambiental. Además, varias comunidades rurales se han manifestado en contra del gobierno. Los abogados consideran pertinente la creación de tribunales ambientales para el Estado de Chiapas.

Palabras clave: abogados, ambiente, legislación ambiental.

INTRODUCCIÓN

El Derecho es un instrumento rector que tiene el propósito de regular, dirigir, prohibir o autorizar actos y hechos derivados de los hombres. Para esto se auxilia de un gran número de normas y leyes mexicanas. El derecho aplicado a lo ambiental necesita también de estos instrumentos para ser eficaz, siendo una nueva rama que aplica y legisla sobre el uso de la naturaleza. Es una valoración ética y, al mismo tiempo, una preocupación acerca de la conservación

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 173-182.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

del ambiente y las riquezas naturales de una región. El derecho ambiental ha desarrollado varios principios que rigen y guían, paralelamente con el estado, a la justicia ambiental, así como la forma en que se aprovechan los recursos naturales (Caferrata, 2004, Carmona-Lara, 2006). Lorenzetti (2004) puntualiza que los principios tienen una función evocativa de los valores fundamentales de un ordenamiento jurídico. Entre ellas están la función informadora e interpretativa; en cuanto a la primera, constituye un instrumento técnico para cubrir una laguna del ordenamiento jurídico ambiental; y la segunda se refiere a la interpretación de las leyes.

Esto permite que el derecho ambiental tenga soporte jurídico con el objeto de cambiar la perspectiva de la sociedad en cuanto a las modalidades de aprovechamiento de los recursos naturales, además de regular agravios en contra del medio ambiente (González-Márquez, 1996; Soto-Flores, 2006). El acceso a la justicia ambiental es un derecho que tienen los individuos para promover justicia cuando el medio ambiente está siendo lesionado o, como menciona Brañes (2000a,b), es la existencia de derechos sustantivos que están en el patrimonio del individuo y que ante su desconocimiento o vulneración presente o inminente, por parte de autoridades o particulares, debe tener la posibilidad de hacer justicia en el nivel que corresponda. Todo esto se ha de obtener a través del acceso a la información ambiental que garantiza la existencia de ámbitos públicos a fin de que la población pueda dar su opinión y adoptar decisiones sobre los problemas ambientales que puedan estar afectando. La información no sólo es un elemento esencial en la educación y la investigación, sino que es el punto de partida de cualquier toma de decisiones, con la finalidad que el individuo

adopte el derecho constitucional y gozar de un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo (Brañes, 2000b).

El Estado de Chiapas es considerado como uno de los que cuenta con más recursos naturales en México. Esto propicia que los problemas ambientales sean frecuentes, lo cual involucra que el aprovechamiento de los mismos ocurra de manera insustentable. Esto amerita la actuación eficiente de instituciones ambientales para evitar los problemas o sancionar a los infractores del ambiente. Dado que el problema ambiental en Chiapas no se ha detenido sino más bien acrecentado, es necesario analizar el nivel de acceso a la justicia ambiental y el funcionamiento del sistema jurídico ambiental vigente del Estado de Chiapas, con el objeto de identificar aspectos que requieren corrección, o bien, para poseer elementos para proponer una modificación rigurosa del sistema de justicia ambiental, considerando la posibilidad de crear nuevas instituciones. El acceso a la justicia ambiental es un tópico analizado extensamente en otros países latinoamericanos, en aspectos como mecanismos, decisiones judiciales y oportunidades de defensa (Martínez, 2000). La presente investigación analiza el acceso a la justicia ambiental y la posibilidad de creación de tribunales ambientales en el Estado de Chiapas, a través del estudio del derecho ambiental y de las percepciones de abogados que laboran en distintos ámbitos del derecho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó en el Estado de Chiapas, principalmente en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. El Estado de Chiapas se localiza al sureste de México y tiene una superficie territorial de 74,415 km².

Colinda al norte con el Estado de Tabasco, al oeste con Veracruz y Oaxaca, al sur con el Océano Pacífico y al este con la República de Guatemala. Sus coordenadas geográficas son: al norte 17°59', al sur 14°32' de latitud norte; al este 90°22', al oeste 94°14' de longitud oeste. Chiapas cuenta con gran patrimonio ecológico donde se incluye la Reserva de la Biosfera del Triunfo, Montes Azules, la Encrucijada, la Sepultura y Selva el Ocote, la selva lacandona, tiene bellezas naturales como las Cascadas de Agua Azul, Cañón del Sumidero, Lagos de Colon y Lagos de Monte bello.

Encuestas aplicadas a abogados litigantes

Durante el mes de enero de 2010, se aplicaron durante dos días, 30 encuestas (Anexo 1) a abogados litigantes que acuden frecuentemente a los distintos Juzgados que se ubican en la Col. Rosa del Oriente de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. La selección de los encuestados se realizó de manera progresiva y sin sesgo, tanto a la entrada como a la salida del juzgado correspondiente. Los juzgados fueron los siguientes: el Juzgado Primero de Primera Instancia, Juzgado Segundo de Primera Instancia, Juzgado de lo Primero Familiar, Juzgados de Distrito, oficinas centrales de la Procuraduría General de Justicia del Estado y el Tribunal Superior de Justicia. Las encuestas se entregaron de forma personal, con el compromiso de confidencialidad, y su contestación duró aproximadamente 15 minutos.

Entrevista a abogados de despachos jurídicos

En el mes de marzo de 2010, se realizó una entrevista (Anexo 2) a cuatro abogados que laboran en despachos jurídicos, dos ubicados en Tuxtla Gutiérrez, uno en San Cristóbal de las Casas y otro más en Motozintla, Chiapas. La selección de los despachos se

realizó de manera dirigida, realizando una entrevista por día. El tiempo previsto para las entrevistas fue indefinido o abierto, habiendo durado alrededor de 40 minutos. Las respuestas fueron grabadas y se hicieron notas adicionales pertinentes en el sitio.

Entrevista a encargados de Procuradurías ambientales

En el mes de junio a julio de 2010, se realizaron entrevistas (una por día) (Anexo 3) a los representantes de las siguientes Procuradurías: Procuraduría Federal para la Protección del Ambiente (PROFEPA), Secretaría del Medio Ambiente y Vivienda (SEMAVI), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y a la Fiscalía Especializada para la Atención a Delitos Ambientales (FEPADA). El tiempo previsto para las entrevistas fue indefinido, habiendo durado alrededor de 90 minutos. Las respuestas fueron grabadas y se hicieron notas adicionales en el sitio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Abogados litigantes

Con respecto al conocimiento de las leyes ambientales, encontramos que la mayoría de abogados (73%) se declara conocedor de las mismas, mientras que un 27% no tiene aún conocimiento de esto. El 100% de encuestados considera importante a las leyes ambientales, pero solo el 60% comentó que tiene certeza de su aplicación, mientras que el restante 40% considera que no se aplican como es debido. El 70% de los abogados encuestados dice que ha conocido un conflicto ambiental donde se aplicaron las leyes ambientales, y un 30% desconoce. El 60% de los abogados considera que existe una aplicación expedita de las leyes ambientales, el 26% respondió que no existe adecuada

aplicación y el 14% dice desconocerlo. El 93% de los abogados litigantes dice que las instituciones ambientales carecen de elementos en su aplicación, un 7% de los encuestados lo desconocen.

Cuando se les cuestionó acerca de la pertinencia de que las Instituciones ambientales se enlacen con el poder judicial, con la intención de alcanzar mejores resultados, el 90% de los abogados litigantes contestaron que sería positivo el enlace y el trabajo en equipo, mientras que el 10% comenta que no es apropiado.

El 23% de los abogados encuestados dice que la ciudadanía considera importante a la justicia ambiental; un 40% no sabe si en realidad existe interés, y 37% opinó que no es importante para la sociedad.

El 43% considera que las procuradurías ambientales deben de contar con especialistas en la materia ambiental, el 57% respondió que no es necesario que exista este tipo de personal. El 27% respondió que los abogados que laboran en las procuradurías ambientales son especialistas y competentes en la materia (porque se refleja en su trabajo); el 73% dijo que no son especialistas y mucho menos competentes. El 66% de los abogados litigantes respondió que las procuradurías ambientales son competentes en todo el Estado, pero el 34% comenta que no son competentes porque hace falta estructura desde las leyes hasta las facultades y atribuciones de las instituciones.

Un 83% respondió que la creación de nuevas instituciones ambientales que atiendan al derecho ambiental es necesaria; mientras que el 17% dice que no lo es. El 90% de los encuestados respondió que es viable la creación de tribunales ambientales en Chiapas, mientras que el 10% dijo que no. Despachos jurídicos

Con respecto a la evolución de la Legislación Ambiental, los abogados entrevistados comentan que ésta ha sido importante y compleja. Todos los abogados concuerdan en que ha habido reformas; por ejemplo, en el marco legal ambiental se ha agregado la Ley ambiental para el Estado de Chiapas, y se ha reformado el Código Penal. Los abogados coinciden en que el Estado de Chiapas no cuenta con un sistema jurídico adecuado para atender problemas ambientales porque es materia nueva. El sistema se ha ido afinando dependiendo de las necesidades del Estado y a la par de los problemas ambientales que se suscitan. Mencionan que se hace lo posible para aplicar las leyes, aunque a veces se salen del rango y ante ello existe la supletoria de ley, es decir, utilizan leyes como el código penal y el código fiscal, entre otras, para determinar alguna controversia ambiental. Por su parte, la Ley general del equilibrio ecológico para la protección al ambiente (LGEEPA) responde en los casos que se presentan, es decir, en las controversias que están trabajando; se hace lo posible, mencionan, y consideran que no se trata de dejarle todo el trabajo a esta ley de carácter ambiental.

Los abogados concuerdan que deberían de crearse otras figuras jurídicas que se ocupen del ambiente. La mayoría de ellos comentan que es pertinente que exista una institución ambiental estatal y que en cada municipio tengan una agencia específica para tener justicia ambiental. Consideran pues importante la creación de tribunales ambientales en Chiapas, los cuales emanen del poder judicial, analizando antes las condiciones en que se encuentran las demás instituciones.

Representantes de Procuradurías ambientales

Con respecto a la evolución de la

legislación ambiental, los representantes de las Procuradurías comentan que ha ido avanzando y que han surgido reformas en la materia, como ejemplo, la Ley Ambiental; además, se ha establecido un catálogo que regula delitos ambientales en el Código Penal para el Estado de Chiapas, quedando reformas pendientes por promulgar.

Algunos representantes de las Procuradurías comentan que Chiapas no cuenta con un sistema jurídico que esté adecuado a procurar el medio ambiente. Es necesario que las leyes estén bien estructuradas y la solución que exponen es legislar más sobre el marco legal ambiental. Uno de los representantes argumentó que la Ley Ambiental que acaban de publicar es vaga, por lo que le hacen falta facultades y deslindamiento de competencias. El sistema ambiental tiene aproximadamente 17 años en materia federal y 7 años en materia estatal, y puede considerarse que aún no arroja muchos resultados positivos. La mayoría de los representantes comentan que la legislación ambiental vigente le hace falta mucho por trabajar, por ende, se tiene una mala legislación y no responde a los requerimientos deseados para prevenir el delito ambiental. Otro representante indica que las leyes ambientales están bien estructuradas pero necesitan actualizarlas. Los representantes de las procuradurías opinan que el acceso a la justicia ambiental cuenta con ordenamientos y estrategias para facilitárselas a la ciudadanía y ponerlas en práctica, aunque uno de ellos comenta que no existe el acceso porque no está definida la competencia lo cual reconocen es un grave problema. La percepción general es que el reto más importante con relación al acceso a la justicia ambiental es legislar en materia ambiental y crear un Consejo Estatal Ambiental ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Sin embargo, uno

de los representantes comenta que el reto importante es procurar justicia ambiental en todos los rincones del Estado, ya que la geografía es muy diversa; además, esto sería recíproco porque requiere la cooperación de los ciudadanos en el sentido que interpongan denuncias. Los representantes de las Procuradurías ambientales dicen que no se enteran de todos los problemas ambientales en todo el Estado debido a que son 117 municipios; en la región sierra no alcanzan a llegar por la distancia y escasez de medios de comunicación y transporte. Opinan que otras instituciones ambientales tampoco operan ahí. Algunos representantes comentan que aplican el acceso a la justicia ambiental en el sentido de dar remisiones forestales, dando a conocer los requisitos del aprovechamiento de los recursos naturales.

Observamos que para algunos representantes de las Procuradurías, el origen de la dificultad del acceso a la justicia ambiental es la diversificación de etnias por lo que se necesitan de traductores para transmitir la información ambiental, y en algunos casos pedir permiso Estatal o llevar corporaciones policiacas de alto rango para llegar a interactuar con la población, pues estos tipos de sociedades están al margen de lo que propone el gobierno y no están del todo pendientes de los problemas ambientales. Uno de los representantes indica que los ciudadanos tienen temor de denunciar y después recibir amenazas o represalias; sin embargo, manejan un sistema telefónico sobre llamadas gratis anónimas para interponer su denuncia. Los representantes de las Procuradurías nos muestran que sí se responde a todas las controversias ambientales; alguna de ellas a través de los módulos de vigilancia ubicada en las ciudades importantes del Estado y tienen enlace con los Ministerios Públicos.

En cuanto a la creación de instituciones ambientales, comentan (dos representantes, PROFEPA Y SEMAVI) que es buena idea crear un tribunal especial en materia ambiental o una Procuraduría Estatal Ambiental que emane del Poder Judicial como la Profepa (Estatal). Otros representantes (FEPADA Y SEMARNAT) comentan que no es tan necesario, porque las instituciones que existen actualmente están capacitadas y habría solamente que reforzarlas.

Discusión

La investigación realizada mostró que la legislación ambiental ha evolucionado lentamente, por lo que el compendio ambiental aún forma parte del Marco Jurídico Sustantivo del derecho mexicano. Sin embargo, este Marco Legal Ambiental debe de tener un diseño especial porque protege algo muy valioso, es decir, el ambiente sustentador de la vida. Hasta el momento, es probable que no se le haya tomado tanto en cuenta porque parecen existir abundancia de recursos naturales en el Estado de Chiapas, además de distintos intereses involucrados.

Las leyes ambientales se analizan, principalmente, sólo cuando sucede una conducta que atenta contra el ambiente. En la actualidad se tienen muchas lagunas en los preceptos estipulados en cada una de las leyes ambientales; cabe citar que cada ley tiene defectos, si no son atribuciones son facultades pero no están del todo bien estructuradas. Analizando la Ley Ambiental para el Estado de Chiapas, la cual acaban de publicar, es claro que le hacen falta facultades y deslindamiento de competencias. Sin embargo, viene a dar un giro de 180 grados con el simple hecho de legislar en materia ambiental. La Ley ha recibido modificaciones porque no la están aplicando correctamente

o porque el diseño no es apto para sancionar las acciones cometidas en contra del medio ambiente. Por ejemplo, en el código penal para el Estado de Chiapas, en el año 2004, se estableció un catálogo de delitos ambientales, diseñando nuevas estrategias y mecanismos para prevenir el delito con la finalidad de proteger el bien jurídico y preservar el ambiente para las futuras generaciones. En el año 2010 formularon más modificaciones al artículo 457 al cual se le agregó el artículo 457 bis y el artículo 457 ter, regulando la tala y el transporte, porque se advirtieron o presentaron numerosos problemas ambientales que no se tenían contemplados.

Es menester indicar que algunos abogados del Estado de Chiapas conocen relativamente poco de la legislación ambiental; la consideran de antemano un área novedosa, contando con apenas 7 años de establecerse en el Estado de Chiapas. Los abogados encuestados y los entrevistados comentan que la legislación ambiental vigente de Chiapas no es adecuada porque se dificulta, desde un inicio, la identificación de las leyes que deben aplicarse, además de que no son claros los medios y la forma que tienen las leyes ambientales. Sin embargo, comentan que hay casos de índole ambiental donde aplican las leyes adecuadamente. Se desea que la aplicación (sobre todo en casos relevantes) gire en torno a alguna autoridad ambiental específica. En caso particular, la FEPADA, que tiene 3 años de laborar a favor del ambiente, aplican el proceso penal y se ve un resultado favorable. Acomodaron bien el catálogo de delitos ambientales dentro del código penal y se les hizo práctico manejar el proceso penal porque ha sido una materia a la que le han puesto mucha atención. Sin embargo, tiende a que le falte algo dentro del proceso. Es así que el procedimiento que desarrollan no es el adecuado, el manejo de

las leyes ambientales es totalmente diferente al manejo de leyes civiles y penales. Sin embargo, mencionan que la impartición de justicia es expedita y completa, cuando en las Procuradurías Ambientales claramente no es así, por razones debidas a que el derecho ambiental no fluye libre, no cuenta con un proceso ambiental independiente, es por eso que muchos comentan que es buena idea que exista enlace con el Poder Judicial para que los Jueces conozcan de asuntos ambientales.

Ante tal situación argumentan que carecen de elementos, en el sentido de cómo desarrollar un procedimiento utilizando la legislación ambiental, aunque en muchos años han aplicado otros. De tal modo que nos muestran que la competencia en el derecho ambiental no está definida debido a que anteriormente las acciones antisociales sobre el medio ambiente no eran consideradas como graves y la competencia en cuanto a delitos ambientales la definieron en paralelo con su asimilación. En la actualidad están operando dos procuradurías ambientales: la Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda (SEMAVI) y la Fiscalía Especializada en Atención a Delitos Ambientales (FEPADA), pero como se mencionaba aún no definen la competencia porque están iniciando. Sin embargo, en la mayoría de las Instituciones ambientales el personal que labora tiene conocimiento en materia ambiental debido a que han recibido cursos, diplomados, talleres y conferencias que comprenden desde la doctrina hasta la práctica jurídica ambiental.

Consideramos, por otra parte, que el acceso a la justicia ambiental tiene que ver bastante con la participación ciudadana. Existen herramientas para realizar ordenamientos y estrategias territoriales, sin embargo, los ciudadanos no las toman en cuenta debido

al desinterés, por lo tanto, esto forma parte del reto del derecho ambiental. Otro aspecto involucrado tiene que ver con el acceso a la información ambiental, dado que Chiapas posee una geografía variada. La mayoría de la población se dirige al ejido o a la autoridad competente de su localidad para pedir permiso e información sobre cómo aprovechar los recursos naturales. Sin embargo, suele suceder que las autoridades locales no pueden orientarlos de manera satisfactoria, porque no están bien informadas acerca de las leyes ambientales, actuando muchas veces de manera arbitraria o cometiendo delitos o acciones negativas por omisión. Esto tiene que ver también con el hecho de que, por ser comunidades rurales, se les respeta el derecho consuetudinario (i.e. de usos y costumbres), lo que provoca generalmente un considerable nivel de impacto ambiental.

A través del resultando que están arrojando las procuradurías ambientales, se propone que se establezca una nueva institución que procure de manera más eficiente la justicia ambiental, es decir, con todos los medios necesarios para prevenir los delitos ambientales y realizar sanciones. Se sugiere crear un tribunal ambiental que emane del Poder Judicial del Estado con la finalidad que juzgue específicamente delitos ambientales, la cual estaría al tanto del trabajo realizado por instituciones ambientales que actualmente operan en el Estado de Chiapas, para tener una cobertura total y verificar su eficiencia y competencia. Esto serviría como un instrumento específico para prevenir el delito ambiental y evitar la impunidad, a la par de realizar un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Esto propiciaría un mayor acercamiento de la ciudadanía con la naturaleza, lo cual puede verse reforzado con cursos, talleres y conferencias sobre el cuidado del medio ambiente (i.e. procesos

de educación ambiental).

De acuerdo con la experiencia realizada, es pertinente la creación de tribunales ambientales, ya que las procuradurías que existen no se dan abasto o no aplican correctamente la legislación ambiental. Se propone discernir la competencia, y la generación de un código ambiental propio, así como su código procesal ambiental actuando y perfeccionando el compendio ambiental con el que se cuenta hasta el momento.

CONCLUSIONES

La investigación realizada mostró que el Estado de Chiapas cuenta con una legislación ambiental compleja de orden público, sin embargo, estas leyes son de carácter incipiente y presentan muchas dificultades en su aplicación, en el sentido de que no responden a todas las necesidades y problemáticas ambientales del Estado. Esto es debido, en parte, a su gran extensión territorial, lo cual dificulta el flujo de información ambiental y la movilización de las autoridades ambientales y gubernamentales a zonas aisladas que prácticamente carecen de vías de transporte y de comunicación. Otro factor implicado es que varias de estas comunidades se han promulgado en contra del gobierno, funcionando de manera anárquica.

En estas zonas los problemas ambientales son atendidos por las autoridades locales (i.e. ejidales o representantes de barrios), las cuales generalmente no están capacitadas para su debida atención, así como para el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sustentable. Esto también conlleva a que no exista una suficiente cultura de la denuncia. Todo esto indica que existe un limitado acceso a la justicia ambiental en el Estado de Chiapas. Se

necesita que el Gobierno del Estado, las Procuradurías Ambientales y la sociedad en general promuevan estrategias y políticas ambientales, además de una mayor inversión económica, para que mejore el acceso a la justicia ambiental en el nivel que corresponda. Este asunto se torna de carácter urgente dada la alta degradación ambiental existente en el Estado.

Las instituciones ambientales que actualmente imparten justicia ambiental en el Estado están funcionando con serias limitaciones para aplicar la legislación ambiental o manejar el derecho ambiental. En este sentido, cabe destacar el esfuerzo que realiza la FEPADA, la cual aplica el proceso penal en leyes ambientales. Sin embargo, se reconoce que esta forma de aplicación de la justicia no es la idónea, porque lo recomendable sería crear una institución de carácter ambiental con sus propios procesos que atiendan de manera específica los problemas ambientales del Estado. La información recabada en esta investigación mostró la necesidad y pertinencia de crear tribunales ambientales, ajustando la competencia y el marco legal ambiental.

LITERATURA CITADA

Brañes, Raúl. 2000a. Manual de Derecho Ambiental Mexicano, México D.F.

Brañes, Raúl. 2000b. El Acceso a la Justicia Ambiental en América latina: Derecho Ambiental y Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC).

Caferrata, A. Néstor. 2004. Introducción al

derecho ambiental México. Primera edición, pp. 55-59.

Carmona Lara, María del Carmen. 2006. Bases para el conocimiento integrado del derecho ambiental. En: Temas selectos de derecho ambiental, Carmona Lara, M. C., y Hernández Meza, L. (Coord). PROFEPA.

González Márquez, José Juan. 1996. Algunas consideraciones preliminares sobre el régimen jurídico de la responsabilidad por el daño ambiental en México. En: La responsabilidad por el daño ambiental. Serie de documentos sobre derecho ambiental, N° 5. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC). México, pp. 389-456.

Lorenzetti, Ricardo. 2004. Tratado de los contratos. Ed. Rubinzal y Culzoni Soto Flores, Armando. 2006. Bases del derecho ambiental mexicano y derecho comparado. En: Temas selectos de derecho ambiental, Carmona Lara, M. C., y Hernández Meza, L. (Coord). PROFEPA.

Martínez, Isabel. 2000. El acceso a la justicia ambiental en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela durante la década de 1990. PNUMA/ORPALC-SEMARNAT/PROFEPA, México, 101 p.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada a Abogados Litigantes de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (N = 30).

Subraya la respuesta que más veas conveniente.

1.- ¿Usted conoce de leyes ambientales?

Si _____ No _____

2.- ¿Considera importantes las leyes ambientales?

Si _____ No _____

3.- ¿Usted sabe si se aplican las leyes ambientales?

Si _____ No _____

4.- ¿Ha conocido usted un conflicto ambiental donde se hayan aplicado las leyes ambientales?

Si _____ No _____

5.- ¿Considera usted que en el Estado de Chiapas existe adecuada aplicación de leyes ambientales?

Si _____ No lo sé _____ No

6.- ¿Usted cree que es apropiado que las instituciones ambientales se enlace entre sí con otras instituciones del poder judicial para obtener mejores resultados?

Si _____ No _____

7.- ¿Considera usted que las institución de impartición de justicia ambiental carece de algún elemento para el desarrollo y aplicación de justicia ambiental?

Si _____ No _____

8.- ¿Cuánta importancia le da la ciudadanía a la justicia ambiental?

Si _____ No lo sé _____ No

9.- ¿Considera que las procuradurías ambientales cuentan con personal adecuado en materia ambiental?

Si _____ No _____

10.- ¿Los abogados que han asumido el trabajo en las procuradurías ambientales son especialistas y competentes?

Si _____ No _____

11.- ¿Las procuradurías ambientales son competentes para asumir problemas ambientales en todo el Estado de Chiapas?

Si _____ No _____

12.- ¿Considera usted pertinente la creación de nuevas instituciones ambientales?

Si _____ No _____

13.- ¿Cree usted que es viable la creación de tribunales ambientales?

Si_____No_____

Anexo 2.- Entrevista aplicada a abogados de despachos jurídicos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en San Cristóbal de las Casas y Motozintla de Mendoza, Chiapas (N = 4).

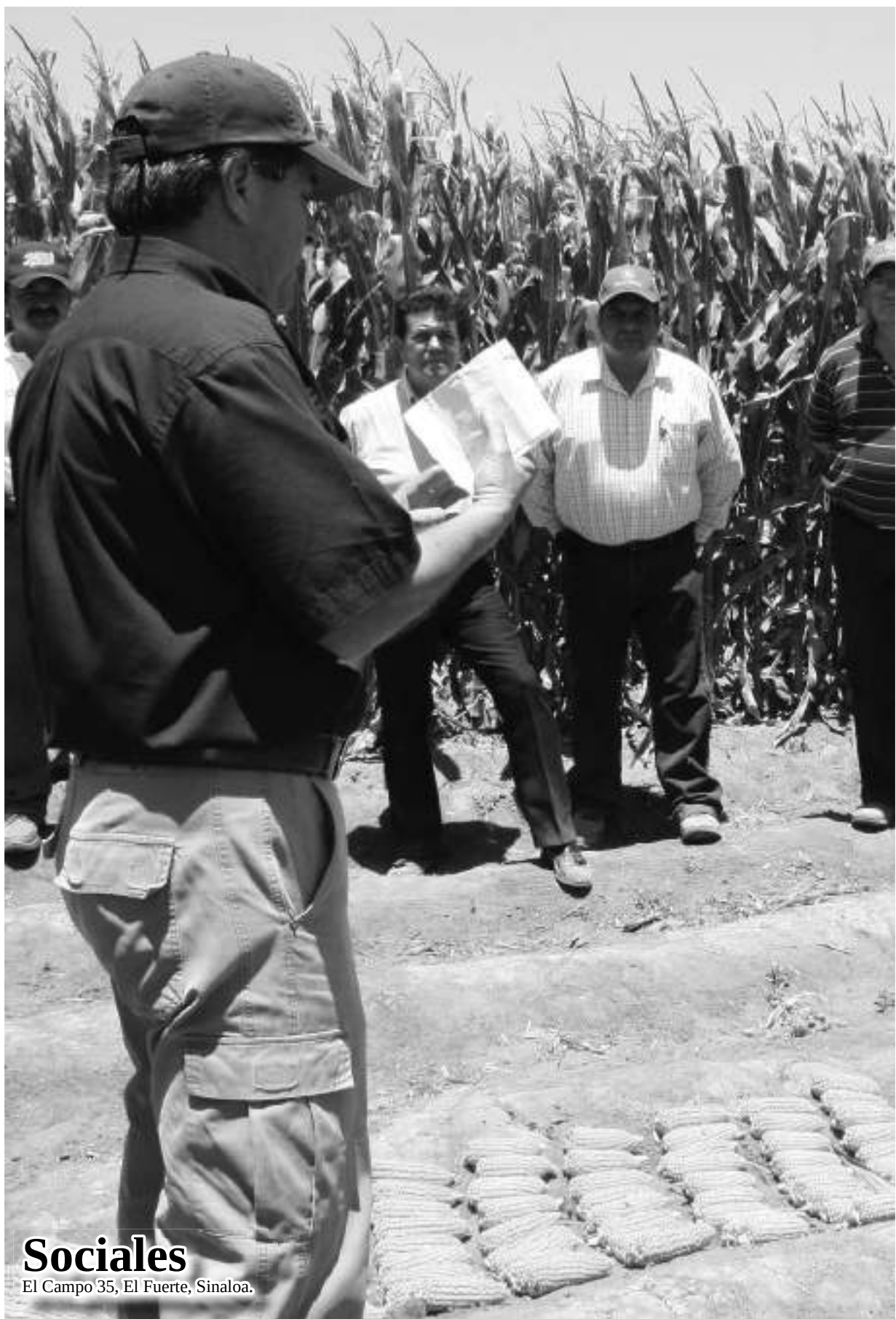
- 1.- ¿Cuál es la evolución que ha presentado la legislación ambiental en Chiapas?
- 2.- ¿El Estado de Chiapas cuenta con un sistema jurídico adecuado para la protección del medio ambiente?
- 3.- ¿Actualmente lleva asuntos de controversia ambiental?
- 4.- ¿La legislación ambiental se aplica correctamente en el Estado de Chiapas?
- 5.- ¿La Ley General de Equilibrio Ecológico para la Protección al Ambiente responde a las necesidades del Estado en cuanto a su aplicación?
- 8.- ¿Considera usted que deberían existir otras figuras que se ocupen de problemas ambientales?
- 9.- ¿Qué tan importante sería para usted si se implantaran los tribunales ambientales en el Estado de Chiapas?

Anexo 3.- Aplicada a representantes de Procuradurías Ambientales en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (N = 4).

- 1.- ¿Cuál es la evolución que ha presentado la legislación ambiental en Chiapas?
- 2.- ¿Chiapas cuenta con un sistema jurídico adecuado para la protección del medio ambiente?
- 3.- ¿Qué opina sobre la legislación ambiental vigente del Estado de Chiapas?
- 4.- ¿Qué opina sobre el acceso a la justicia ambiental en Chiapas?
- 5.- ¿Cuáles son los retos más importantes con relación al acceso a la justicia ambiental en Chiapas?
- 6.- ¿El acceso a la justicia ambiental es

aplicada en esta autoridad?

- 7.- ¿Cuál cree usted que es el origen del problema del acceso a la justicia ambiental?
- 8.- ¿La autoridad responde a todas las controversias ambientales en Chiapas?
- 9.- ¿La autoridad se entera de todos los incidentes ambientales que existen en el Estado de Chiapas?
- 10.- ¿En el Estado de Chiapas cuantas autoridades ambientales juzgan problemas ambientales?
- 11.- ¿Esta autoridad tiene vinculación con otras autoridades ambientales?
- 12.- ¿Considera usted viable la creación de nuevas instituciones que procuren el ambiente?
- 13.- ¿Considera usted viable la creación de tribunales ambientales en el Estado de Chiapas?



Sociales

El Campo 35, El Fuerte, Sinaloa.

LOS OBJETIVOS DEL MILENIO EN LA LUCHA CONTRA LA POBREZA Y EXCLUSIÓN SOCIAL EN AMÉRICA LATINA

Laura Mota Díaz

Universidad Autónoma del Estado de México

Correo electrónico: lmotad@uaemex.mx

RESUMEN

El presente artículo se dirige a realizar algunas reflexiones sobre los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), particularmente en relación con las limitaciones que éstos tienen para generar una mejora en la calidad de vida de la población latinoamericana, en términos de igualdad de oportunidades, equidad social y sustentabilidad. El punto de partida es una lectura crítica a la Declaración del Milenio, enfatizando en aspectos que, si bien fueron contemplados y son profundamente necesarios de atender, no están plasmados en los 8 Objetivos, por lo que se constituyen en factores que limitan los alcances propuestos. Seguido de eso, me enfoco en revisar a través de los informes oficiales, cuáles han sido los progresos y qué falta para avanzar efectivamente hacia una mejora de las condiciones de vida en la región. Por último, hago una reflexión de las propuestas más recientes y su pertinencia para avanzar en los 8 ODM, entre las que destaca la consideración hacia el tema de la desigualdad social, la cohesión y la agenda local de los ODM.

Palabras clave: Declaración del Milenio,

Desigualdad, Exclusión Social, Agenda.

INTRODUCCIÓN

Inmersos en la globalización, los países de América Latina y el Caribe enfrentan hoy nuevos escenarios en los que la exclusión social, la desigualdad y la pobreza siguen manifestándose, producto de las discrepancias en lo económico, político y social.

La Declaración del Milenio suscrita en el año 2000 por los 189 países miembros de las Naciones Unidas, fue un llamado urgente y un compromiso para que los países en desarrollo establecieran una alianza que revitalizara la cooperación internacional, con miras a la obtención de mejores resultados en la lucha contra la pobreza, el hambre, la reversión del deterioro ambiental, el mejoramiento en las condiciones de salud y educación, entre otros.

No obstante, los dos informes relativos a los avances de los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) muestran escasos resultados en torno a una mejora

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en *Ra Ximhai* 8(2): 185-209.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

de las condiciones de vida de la población y hacen patente la profundización de las desigualdades económicas y sociales, por lo que considero necesario reflexionar sobre aquellos aspectos que limitan el alcance de las metas propuestas —y que, en mi opinión, se hallan dentro de las mismas omisiones hechas a la Declaración del Milenio, así como en las metas e indicadores de cada uno de los Objetivos que no alcanzan a atender de forma integral la complejidad de los problemas sociales.

De esta manera, me concentro en hacer una reflexión crítica sobre el planteamiento, avances y desafíos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, misma que pongo a discusión en este documento.

La Declaración del Milenio y los vacíos en la agenda de los ODM

El deterioro en el nivel de vida de las personas, producto del estancamiento económico vivido en América Latina a finales de 1980, llevó a Organismos Internacionales a replantear el desarrollo, despojándolo —aparentemente— de su carga economicista que prevaleció por muchos años en las estrategias gubernamentales. Fue entonces cuando se reconoció que el crecimiento económico no era suficiente para generar bienestar y que la pobreza tenía múltiples dimensiones que requerían ser atendidas de un modo integral; así se añadió al desarrollo el apelativo “humano” para hacer referencia a nuevas formas de intervención sobre la pobreza, que ya no se concentrarían en promover el crecimiento económico, sino fundamentalmente el desarrollo de capacidades de la gente.

La inspiración de tal concepto, aplicado a lo gubernamental, tuvo como base la teoría de las capacidades humanas desarrollada por

Amartya Sen, quien afirmó que el nivel de vida de un individuo está determinado por sus capacidades y no por los bienes que éste posee, ni por la utilidad que experimenta. Dicho enfoque se fundamenta en 4 pilares: 1) las capacidades a nivel de personas o de la sociedad; 2) los funcionamientos; 3) los objetos-valor y espacios evaluativos; 4) la capacidad y libertad (Sen, 2002).

Es decir, el desarrollo humano enfatiza en las personas para asegurar progreso hacia una mejora de la calidad de vida, que incluya no solo las condiciones materiales, sino fundamentalmente las simbólicas que tienen que ver con asegurar el cumplimiento de los derechos civiles, políticos, sociales, económicos y culturales; por tanto, se entiende en tres dimensiones: un desarrollo de la gente (implica las inversiones en educación, salud, nutrición y bienestar, con el fin de ampliar las capacidades humanas), un desarrollo por la gente (implica un desarrollo en el que las personas participen activamente dentro de la toma de decisiones) y un desarrollo para la gente (debe satisfacer las necesidades de cada cual y ofrecer oportunidades para todos) (Sandoval y Mota, 2008).

A partir de esta nueva concepción del desarrollo, los gobiernos latinoamericanos (impulsados por Organismos Internacionales), orientaron sus acciones en materia social a la reducción de la pobreza, a partir de la promoción del capital humano, por lo que se limitaron a invertir en educación, salud y alimentación, dejando de lado otros aspectos de importancia para el bienestar tales como la generación de empleos, la seguridad social, la participación de la gente en la toma de decisiones, entre otras cosas. Las consecuencias, por supuesto, se vieron reflejadas en los escasos avances sobre la disminución de la pobreza y en el aumento de la desigualdad, la vulnerabilidad y la

exclusión social.

La preocupación en torno a los problemas mundiales se manifestó en la Asamblea General de Naciones Unidas celebrada en septiembre del año 2000, en la cual se dio contenido a la Declaración del Milenio que suscribieron los 189 países miembros. Tal documento, recogió los acuerdos y compromisos establecidos en torno a objetivos y metas para avanzar —mediante la cooperación internacional— hacia el desarrollo humano integral, particularmente en regiones en las que prevalecían graves problemas de orden social.

Un año después de la firma del documento se presentó la Guía General para la Aplicación de la Declaración del Milenio, que desglosaba 8 objetivos, 18 metas y 48 indicadores, lo que pasó a constituir los llamados Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), cuyo cumplimiento se determinó para el año 2015, con acciones de monitoreo quinquenal en las que se podrían ver los progresos logrados.

Estos objetivos son:

- Objetivo 1. Erradicar la pobreza y el hambre.
- Objetivo 2. Lograr la enseñanza primaria universal.
- Objetivo 3. Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer.
- Objetivo 4. Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años.
- Objetivo 5. Mejorar la salud materna.
- Objetivo 6. Combatir el VIH/sida, el paludismo y otras enfermedades.
- Objetivo 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.
- Objetivo 8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo.

Son estos 8 objetivos los que, a lo largo

de esta primera década del siglo XXI, han determinado las formas de intervención sobre lo social, con políticas y programas que nuevamente se han concentrado en la idea de disminuir la pobreza para generar bienestar social. Dentro de las acciones encaminadas para tal fin, han continuado los programas de transferencias condicionadas de ingreso, puestos en marcha durante la década de 1990 y que básicamente se dirigen a mejorar la educación, salud y alimentación de los pobres, pero que están lejos de producir bienestar en términos de equidad, libertad y sustentabilidad.

Una revisión detallada del contenido de la Declaración del Milenio, permite identificar vacíos existentes en los 8 ODM, y en general en las estrategias que, a nivel gubernamental, se siguen para lograr los objetivos del desarrollo humano, por lo que se puede afirmar que los compromisos suscritos en la Asamblea General se están atendiendo de manera muy parcial en el conjunto de países de la región, con lo que se han dejado de lado factores de suma importancia para el progreso de nuestros países.

En los primeros puntos de la Declaración se mencionan compromisos como: la solución de los conflictos por medios pacíficos acorde con los principios de la justicia y el derecho internacional, la no injerencia en asuntos internos de los estados, el respeto a los derechos humanos y libertades fundamentales, el establecimiento de una paz justa y duradera (punto 4 de la Declaración). Adopción de políticas y medidas a nivel mundial, para que los beneficios y costos no se distribuyan de forma desigual y para lograr que la mundialización sea plenamente incluyente y equitativa (punto 5 de la Declaración). Inclusión de valores fundamentales que son esenciales para las relaciones internacionales en el siglo

XXI, tales como: solidaridad, tolerancia, libertad, igualdad, responsabilidad común (punto 6 de la Declaración). Liberar a nuestros pueblos del flagelo de la guerra y eliminar los peligros que suponen las armas de destrucción masiva (Punto 8 de la Declaración).

En ninguno de los 8 ODM se hace referencia a acciones que cumplan con los compromisos mencionados, y de hecho en algunos países se han agudizado los conflictos precisamente por la ausencia de libertades y de respeto a los derechos humanos, la creciente concentración de la riqueza, la intervención de Estados Unidos en nuestros territorios y con ello la introducción de armamento, entre otras cosas.

También se menciona en el punto 9 de la Declaración, aumentar la eficacia de las Naciones Unidas en el mantenimiento de la paz, la seguridad y resolución pacífica de controversias y velar por que los Estados apliquen los tratados sobre el derecho internacional humanitario y los derechos humanos. Luchar contra el problema mundial de la droga e intensificar la lucha contra la delincuencia transnacional en todas sus dimensiones, incluidos la trata y el contrabando de seres humanos y el blanqueo de dinero. Esforzarse por eliminar las armas de destrucción masiva, en particular las armas nucleares, y adoptar medidas concertadas para poner fin al tráfico ilícito de armas pequeñas y armas ligeras.

Es claro que tales compromisos no han sido atendidos, ya que los problemas del narcotráfico y trata de personas, así como la violación al Derecho Internacional Humanitario se han agudizado notoriamente en esta última década dentro de varios países de la región.

Por otra parte, el punto 19 de la Declaración del Milenio, menciona como compromiso esencial velar para que en el año 2015 los niños y niñas de todo el mundo tengan igual acceso a todos los niveles de enseñanza. En este punto debo llamar la atención en el hecho de que el ODM 2 se ha concentrado en procurar únicamente la educación primaria, a través de indicadores cuantitativos, aunque la CEPAL ha propuesto tener en cuenta la educación secundaria con lo cual se añadirían otros indicadores.

El punto 25 hace referencia al compromiso de trabajar aunadamente para lograr procesos políticos más igualitarios, en los que puedan participar realmente todos los ciudadanos de nuestros países. Ése sigue siendo un sueño no cumplido todavía en la mayoría de los países de la región.

El punto 26 de la Declaración señala como otro de los compromisos la asistencia y protección a los niños y población civil que sufren las consecuencias de desastres naturales, genocidio, conflictos armados y otras situaciones de emergencia humanitaria. Al respecto, ninguno de los 8 objetivos tiene en cuenta tales situaciones, pese a que en varios países de Latinoamérica el conflicto armado sigue presente y a que varias poblaciones, año con año, siguen siendo víctimas de los desastres naturales.

En este mismo punto de la Declaración, los países miembros de las Naciones Unidas se comprometieron a ampliar y reforzar la protección de la población civil en situaciones de emergencia complejas, al tenor del derecho internacional humanitario; así como ayudar a todas las personas desplazadas a regresar voluntariamente a sus hogares en condiciones de seguridad, dignidad y a reintegrarse sin tropiezos en sus respectivas sociedades. Al respecto, hay

que decir que el desplazamiento forzado por la violencia, el hambre, la pobreza y la inseguridad son hechos cotidianos en varios países de la región sin que a la fecha se tengan acciones concretas para revertirlos.

En suma, faltan muchas situaciones por atender y muchos sectores por incluir. En los 8 ODM se hace referencia a los niños y niñas, a las mujeres, a los enfermos de sida, pero se deja por fuera a los jóvenes, a los adultos mayores y a los indígenas; es decir, los mismos objetivos que se orientan a “promover el desarrollo humano” son excluyentes porque dejan de lado la diversidad de nuestras poblaciones, eso explica en parte por qué no se logra avanzar hacia un desarrollo integral y equitativo.

Más aún, destaca el hecho de que todos los esfuerzos se encaminan a querer resolver el problema de la pobreza —como tradicionalmente se ha hecho— y no ponen atención al problema de la desigualdad, que finalmente es la que funciona como mecanismo reproductor de pobreza.

En el siguiente apartado expongo algunos de los “progresos” registrados en los ODM, que dan cuenta de los vacíos a los que he hecho alusión en párrafos anteriores, y que hacen evidente la insuficiencia de sus metas para lograr un desarrollo que genere capacidades y oportunidades a la gente para vivir en un ambiente de dignidad, igualdad, justicia social y democracia participativa.

El progreso de los ODM en América Latina
A la fecha, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha publicado dos informes sobre los avances de los Objetivos del Milenio, atendiendo al compromiso de monitorear cada 5 años los resultados de las acciones implementadas para el logro de las metas propuestas. El primero fue publicado en el año 2005 y el segundo en agosto de 2010. En ambos casos, los porcentajes de avance toman como referente los niveles

de 1990 y llegan hasta 2002-2003 ó 2007-2008 según sea el caso y dependiendo de la disponibilidad de información.

Esto significa que el último informe no contiene datos relativos a los efectos de la crisis económica de finales de 2009 y principios de 2010, como tampoco hace referencia a las consecuencias que tuvieron los desastres naturales ocurridos en Chile y Haití, que seguramente han modificado la situación de progreso en muchos de los objetivos del Milenio.

Cabe recordar, que el primer informe conformó 5 grupos de países para presentar los resultados y que esta misma clasificación fue usada en el informe de 2010, aunque con menor detalle. Los grupos fueron los siguientes:

Países con desarrollo humano medio bajo y bajo: donde se ubicó a Bolivia, Guatemala, Haití, Honduras y Nicaragua, que en conjunto representaban a 7.6 % de la población latinoamericana y caribeña.

Países con desarrollo humano medio: En este grupo se ubicaron Ecuador, El Salvador, Paraguay, Perú y República Dominicana, cuya población representaba 11.2% del total de la región.

Países con desarrollo humano medio alto: Brasil, Colombia, Panamá y República Bolivariana de Venezuela. Este grupo representaba 46.7 % de la población regional.

Países con desarrollo humano alto: Argentina, Chile, Costa Rica, Cuba, México y Uruguay. Este grupo reúne al 32,3% de la población regional.

Países y territorios del Caribe, con la

excepción de Cuba, Haití y República Dominicana: estos países, sobre los que no se disponía de información suficiente para extraer indicadores comparables, se agruparon en una sola categoría, que incluyó a Anguila, Antigua y Barbuda, Antillas Neerlandesas, Aruba, Bahamas, Barbados, Belice, Dominica, Granada, Guadalupe, Guayana Francesa, Guyana, Islas Caimán, Islas Turcas y Caicos, Islas Vírgenes Británicas, Islas Vírgenes de Estados Unidos, Jamaica, Martinica, Montserrat, Puerto Rico, Saint Kitts y Nevis, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, Suriname y Trinidad y Tobago. Esta subregión representaba 2,2% de la población regional. De acuerdo con el IDH, cinco de estos países integraban el grupo con desarrollo humano alto (Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Saint Kitts y Nevis y Trinidad y Tobago). Ocho de ellos se ubicaban en el grupo con desarrollo humano medio (Belice, Dominica, Granada, Guyana, Jamaica, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía y Suriname). Los restantes 12 países y territorios del Caribe no aparecían clasificados en el Índice de Desarrollo Humano del PNUD.

Sobre la base de ese criterio se distinguieron tres situaciones: a) progreso insuficiente, inferior al esperado de acuerdo con el tiempo transcurrido, así como países que registraron un retroceso; b) progreso compatible con una trayectoria de cumplimiento de la meta, es decir, países que estaban en proceso de lograr algunas metas relacionadas con los ODM; y c) progreso rápido, que indicaba una mayor probabilidad de logro del objetivo que el caso anterior y se refería también a los países que ya lo han alcanzado.

Con relación al ODM 1: reducir la pobreza extrema y el hambre, que desde la firma de la Declaración del Milenio se constituyó en

el objetivo prioritario, encontramos que los resultados por grupos son muy disímiles y constituyen por tanto un reflejo de las grandes desigualdades que hay entre los países de la región. No obstante, para el conjunto de países la conclusión fue que el avance había sido insuficiente.

A nivel de grupos y con respecto a la meta 1 del primer objetivo, que se refiere a: reducir a la mitad, entre 1990 y 2015 el porcentaje de personas con ingresos inferiores a 1 dólar por día, el informe del año 2005 muestra lo siguiente: que los países con desarrollo humano alto tuvieron progresos rápidos, en tanto que los de desarrollo humano medio bajo y bajo, así como los de desarrollo humano medio, mostraron progreso insuficiente. Finalmente, los países de desarrollo humano medio alto se clasificaron como aquellos que estaban en trayectoria para el cumplimiento de la meta.

Por lo que corresponde a la segunda meta: reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas que padezcan hambre, los resultados fueron los siguientes: en el indicador 4, que se refiere a niños menores de 5 años con peso inferior al normal, se registró un progreso rápido para el conjunto de países, lo mismo para los países de desarrollo humano medio bajo y bajo y los de desarrollo humano alto. Mientras tanto, los países con desarrollo humano medio y los de desarrollo humano medio alto se ubicaron en trayectoria de cumplimiento de la meta. Finalmente, el conjunto de países del Caribe registró progreso insuficiente.

Con respecto al indicador 5: población por debajo del nivel mínimo de consumo de energía alimentaria, los datos refieren que América Latina y el Caribe se encontraban en trayectoria de cumplimiento de la meta, situación que también se aplicó al caso de los

Cuadro 1
Objetivo 1. Reducir la pobreza extrema y el hambre

Países	Porcentaje de población en extrema pobreza según líneas nacionales		Porcentaje de población por debajo del nivel mínimo de consumo de energía alimentaria		Porcentaje de niños menores de 5 años con peso inferior al normal	
	Nivel 2004	% Avance	Nivel 2000-2002	% Avance	Nivel 1995/2002	% Avance
América Latina y el Caribe *	18.6	34.2	10.0	47.8	7.5	55.0
Países con DH, medio bajo y bajo	39.7	29.3	28.0	24.8	16.4	57.4
Países con DH medio	22.2	33.3	13.0	107	8.8	50.7
Países con DH medio alto	16.4/*	62.9/*	11.0	33.5	5.8	48.8
Países con DH alto	10.9/*	74.3/*	4.0	36.4	6.4	70.3
Países del Caribe	Sin información comparable		10.0	58.3	7.5	27.9

Fuente: Elaboración con base en (Machinea, Bárcena y León, 2005)

a Las cifras para América Latina y el Caribe corresponden a un promedio ponderado de los países de la región.

/* Excluye a República Bolivariana de Venezuela y a Argentina de los grupos en que se ubican, debido a que estos países incrementaron significativamente sus niveles de pobreza a comienzos de la presente década.

países con desarrollo humano alto. En tanto, los países con desarrollo humano medio y los del Caribe registraron progreso rápido. Pero fueron los países de desarrollo humano medio bajo y bajo, así como los de desarrollo humano medio alto, los que se ubicaron en situación de progreso insuficiente.

Los avances en términos porcentuales relativos al primer objetivo se muestran en el Cuadro 1.

En el Cuadro, los porcentajes de avance representan el progreso mostrado entre 1990 y el año para el cual se tenía información de cada indicador. Por ejemplo, en el caso de la población en extrema pobreza para el conjunto de la región, se observa un nivel de 18.6 que, comparado con el de 1990 que fue de 22.5, significa una reducción de sólo 3.9 puntos porcentuales, lo que en términos de porcentaje de avance para el periodo comprendido entre 1990 y 2004 representa 34.2 %, es decir, mucho menos del esperado que era de 56 %. En más de la mitad de los países dicho avance fue menor que el correspondiente al promedio regional, fue

por ello que se concluyó que el progreso era insuficiente.

Para la evaluación de 2010, la información disponible abarca hasta 2008, año en el que se registraron 180 millones de personas en situación de pobreza en América Latina (33 %), de las cuales 71 millones (12.9 %) se encontraban en pobreza extrema. Estos datos reflejaron una reducción importante en el periodo comprendido entre 1990 y 2008, de 85 %, que superaba lo previsto de 72 % e indicaba estar más cerca de cumplir la meta en el año 2015. Lo destacable es que el progreso más significativo ocurrió entre el periodo 2003-2008.

Las conclusiones del informe 2010, señalan que el descenso de la pobreza ocurrido entre 1990 y 2008 se vio favorecido por cuatro elementos, que operaron con intensidades diferentes en distintos periodos: el crecimiento económico, las mejoras distributivas, la fuerte expansión del gasto social y el efecto demográfico de disminución de la fecundidad, de la dependencia y del tamaño medio de los hogares. No obstante,

Cuadro 2

Objetivo 2. Lograr la enseñanza primaria universal (meta 3)

Países	Tasa neta de matrícula en la enseñanza primaria		Porcentaje de jóvenes que concluyeron la enseñanza primaria	
	Nivel 2002	% de avance	Nivel 2002	% de avance
América Latina y el Caribe ^a	95.5	64.6	88.1	27.5
Países con DH, medio bajo y bajo	89.0	51.5	68.3	22.3
Países con DH medio	97.1	81.5	86.1	20.3
Países con DH medio alto	94.7	68.9	88.3	29.5
Países con DH alto	97.8	24.9	93.8	39.5
Países del Caribe	94.7	37.8	Sin información comparable	

Fuente: Elaboración con base en (Machinea, Bárcena y León, 2005)

a Las cifras para América Latina y el Caribe corresponden a un promedio ponderado de los países de la región.

después de la crisis mundial del año 2009 se dio un retroceso en las cifras que indicaron, para casi todos los países, un incremento en los niveles de pobreza y pobreza extrema.

En relación con el problema del hambre, destaca que América Latina y el Caribe se caracterizan por presentar aún una alta heterogeneidad entre países, pero lo que más preocupa son las graves desigualdades que hay entre grupos poblacionales de un mismo país. Es decir, que la brecha de desigualdad no solo se hace evidente entre los países sino también al interior de cada uno de ellos. Respecto al ODM 2: lograr la enseñanza primaria universal, y específicamente en el indicador 6: tasa neta de matrícula educativa en la enseñanza primaria, los datos indican que en el conjunto de países de la región hubo un progreso rápido. Pero si se analiza por cada grupo, se constatan las diferencias nuevamente, al observarse que en países con desarrollo humano medio y medio alto se tuvo también progreso rápido, mientras que en países con desarrollo humano alto y países del Caribe el progreso fue insuficiente. Sólo los países con desarrollo humano medio bajo y bajo se encontraban en trayectoria de cumplir la meta.

Por lo que corresponde al indicador 7: jóvenes entre 15 y 16 años de edad que

concluyeron la enseñanza primaria, destaca que a nivel regional, así como para todos los grupos de países, con excepción de aquellos de desarrollo humano alto, el progreso fue insuficiente. En el caso de los países del Caribe no se disponía de información. Veamos los porcentajes de avance en el Cuadro 2.

Se observa un incremento en la cobertura comparando los indicadores que se tienen de 1990 a 2002; la mayoría de los países, excepto los del Caribe, mostraron tasas de matrícula superiores al 90% en la educación primaria. Sin embargo, aún persiste la deserción (indicador 7) antes de culminar este nivel educativo, por lo que se propone ejecutar programas de incentivos y beneficios que compensen la pérdida de ingreso familiar que realizan niños y adolescentes.

Los avances registrados en 2010 para este mismo objetivo, muestran que hay importantes avances en materia de expansión de la cobertura y del acceso al sistema educativo, habiendo logrado ya, a comienzos de la década de los noventa, prácticamente la universalización del acceso a la educación primaria. Hacia 2007/2008, la gran mayoría de los países exhibieron tasas netas de matrícula cercanas o superiores a 90%, y prácticamente en todos ya se había

Cuadro 3

Objetivo 3. Promover la igualdad de género y la autonomía de la mujer

Países	Porcentaje de mujeres en relación con el porcentaje de hombres que concluyeron la educación primaria	
	Nivel 2002	% de Avance
América Latina y el Caribe *	1.03	100
Países con DH, medio bajo y bajo	1.01	100
Países con DH medio	1.02	100
Países con DH medio alto	1.05	100
Países con DH alto	1.01	100
Países del Caribe	Sin información comparable	

Fuente: Elaboración con base en (Machinea, Bárcena y León, 2005)

a Las cifras para América Latina y el Caribe corresponden a un promedio ponderado de los países de la región.

logrado la paridad de género. No obstante, se reconoce que en la región existen problemas de rezago escolar, incluso en este nivel, que se reflejan en tasas brutas de matrícula con valores por arriba de 100%, y por otro de retención (derivando en situaciones de deserción escolar temprana).

Pero otro de los problemas que se reconoce en este informe, es que los indicadores utilizados para medir el progreso en este objetivo no incluyen a aquellos niños que nunca se han incorporado a los sistemas educativos y que generalmente se ubican entre poblaciones campesinas e indígenas en extrema pobreza.

Son pocos los países que desde 1990 han registrado avances que sugieren que podrán cumplir la meta al año 2015: el Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Paraguay. En tanto, países como Argentina o Uruguay presentan pocos avances, pero registran niveles de culminación de la educación primaria muy altos. En términos generales, se sostiene que la situación regional respecto de la educación primaria es buena, aún cuando el ritmo de progreso hacia la universalización

entre 1990 y 2007-2008 fue de 83%, menor que el esperado para que la región logre el objetivo de universalización del ciclo primario.

No ocurre lo mismo para la educación secundaria y preescolar, donde se requieren mayores esfuerzos para lograr la incorporación de los jóvenes y niños menores de 6 años a los sistemas educativos. Peor aún, de la educación superior ni siquiera se hace mención en este objetivo, cuando la realidad, como en el caso de México, es que cada vez más frecuentemente las universidades públicas tienen menor capacidad de absorber la demanda educativa, lo que deja a muchos jóvenes en una preocupante situación de vulnerabilidad social.

En relación con el ODM 3: promover la igualdad de género y la autonomía de la mujer y, de manera específica, en los progresos medidos a través del indicador 9: mujeres respecto de los hombres en la educación primaria, destaca que en todos los casos se registró progreso rápido. Esto estaría indicando que en términos de acceso a la educación se habría logrado la meta de la equidad.

Cuadro 4

Objetivo 4. Reducir la mortalidad infantil

Países	Tasa de mortalidad de menores de 5 años de edad		Tasa de mortalidad infantil	
	Nivel 2003	% de avance	Nivel 2003	% de avance
América Latina y el Caribe	33.0	61.2	25.6	60.5
Países con DH, medio bajo y bajo	60.4	57.0	44.2	54.0
Países con DH medio	45.3	58.2	31.0	64.6
Países con DH medio alto	31.6	63.6	25.5	61.1
Países con DH alto	20.7	66.5	17.1	67.0
Países del Caribe	Sin información comparable		16.2	41.6

Fuente: Elaboración Fuente: Elaboración con base en (Machinea, Bárcena y León, 2005)

a Las cifras para América Latina y el Caribe corresponden a un promedio ponderado de los países de la región.

La evaluación de este objetivo se enfoca en medir únicamente la proporción de niñas que acceden a la educación. En tanto, las metas de lograr la equidad de género y autonomía de la mujer en distintos espacios como el ámbito laboral y la participación política, están muy lejos de lograrse porque no se actúa sobre la disminución de la violencia contra las mujeres ni la discriminación salarial.

Con relación a este objetivo, los resultados del informe 2010 refieren que, entre 1990 y 2008, se produjo un deterioro en los ingresos de las mujeres, lo que dificultó la atención de necesidades básicas. En 1990, en los hogares indigentes por cada 100 hombres había 118 mujeres, en 2008 este índice se incrementó y por cada 100 varones viviendo en indigencia había 130 mujeres. Esto también ocurrió entre los hogares pobres, de modo que, con índices promedios más bajos, actualmente hay más mujeres que hombres entre los pobres e indigentes y esta relación numérica sigue aumentando, por lo que la meta de lograr la autonomía está todavía muy lejos.

De 1994 a 2008, la proporción de mujeres sin ingresos se redujo en 11 puntos porcentuales

como consecuencia de su progresiva incorporación a la actividad económica. En teoría esto indicaría un progreso, sin embargo, se observa un aumento del porcentaje de hogares encabezado por mujeres, principalmente entre los hogares en extrema pobreza, lo que de entrada devela la insuficiencia de ingresos para esos hogares. En torno a la participación política de la mujer se tienen avances importantes en la región. De 1990 a 2008 los países latinoamericanos avanzaron en 10 puntos porcentuales en la participación de mujeres en los parlamentos nacionales, mientras que en los países del Caribe el avance fue de 7 puntos porcentuales, lo cual se atribuye al sistema de cuotas. Pero, debe tenerse presente que aún con estos avances, la meta de lograr la paridad, y más aún el empoderamiento de las mujeres, está todavía lejana.

Correspondiente al ODM 4: reducir la mortalidad infantil en dos terceras partes, el informe del año 2005 afirmó que los logros medidos a través del indicador 13: tasa de mortalidad de niños menores de 5 años, registraban que América Latina y El Caribe se encontraban en trayectoria de cumplimiento de la meta. En esta misma condición se ubicó a los países con desarrollo humano medio bajo y bajo, así

como a los países con desarrollo humano medio; mientras que los grupos de países de desarrollo humano medio alto y alto registraron progreso rápido. Para el Caribe, como en los casos anteriores, no se contó con información.

Por su parte, el indicador 14: tasa de mortalidad infantil, también registró en trayectoria de cumplimiento a la región, así como a los grupos de países de desarrollo humano medio bajo y bajo, los de desarrollo humano medio alto y los del Caribe. En tanto, los países ubicados en los grupos de desarrollo humano medio y alto mostraron progreso rápido. Lo anterior puede verse en el Cuadro 4.

En términos generales, se puede decir que respecto a la mortalidad tanto en niños menores de 5 años como en aquellos de menos de un año de edad, los progresos fueron importantes en la mayoría de los países de la región, salvo en los casos de Haití y Paraguay, así como Bolivia y Perú, donde los niveles de pobreza son más graves. Este objetivo muestra que los determinantes de la mortalidad infantil son múltiples y no se circunscriben a las variables que atañen directamente a los servicios de salud y a las indispensables medidas que deben tomarse en los respectivos sistemas nacionales de salud.

En esta misma línea, el informe de 2010 sostiene que el ODM 4 comprende monitoreo de 1990 a 2009, tiempo en el que según los datos se ha tenido un progreso importante que se manifiesta en una notable reducción de la mortalidad infantil. En el año 2009, la tasa de mortalidad infantil de la región fue la más baja del mundo en desarrollo.

Tal avance encuentra su explicación en la combinación de múltiples procesos, entre los que se cuentan: el avance de la atención primaria de alto impacto y bajo

costo (como los programas de vacunación masiva, la terapia de rehidratación oral o el control de la salud de los niños sanos); el aumento de la cobertura de los servicios básicos, especialmente de agua potable y saneamiento; el aumento de los niveles educativos de la población, y el descenso de la fecundidad.

No obstante, existen aún poblaciones con altos niveles de vulnerabilidad social que contribuyen a aumentar el riesgo de mortalidad infantil como resultado de la falta de derechos sobre la salud sexual y reproductiva de las mujeres. Las mujeres con mayor número de hijos también tienen un mayor riesgo de ver a su hijo morir antes de completar un año. Esta situación de vulnerabilidad social es más frecuente cuando la fecundidad es elevada y/o es escaso el acceso a servicios de planificación familiar.

En relación al ODM 5: Mejorar la salud materna y, de modo más preciso, lograr la meta de reducir la mortalidad materna en tres cuartas partes, destaca la ausencia de datos para poder hacer un examen de los progresos obtenidos como en los objetivos anteriores. Para el informe de 2005 sólo se disponía de datos del año 2000, a partir de los cuales se sostuvo que la mortalidad materna en América Latina y el Caribe era relativamente baja (90 muertes por cada 100 000 nacimientos) en comparación con las demás regiones en desarrollo (440 por cada 100 000 nacimientos), pero muy lejos todavía de la que registraban para ese mismo tiempo los países desarrollados (20 muertes por cada 100 000 nacimientos).

Las diferencias entre países de la región eran elevadas, por ejemplo, en los países con desarrollo humano medio bajo y bajo la razón de mortalidad materna fluctuaba

entre 100 y 230 por 100 000 nacidos vivos, con excepción de Haití, que presentaba una cifra cercana a 520. En los países con desarrollo humano medio y medio alto la mortalidad materna variaba entre 45 y 185, mientras que en los países con mayor desarrollo el indicador fluctuaba entre 11 y 36, con excepción de México, donde la tasa de mortalidad materna se estimó en 80 muertes por 100 000 nacidos vivos. Por último, la tasa de mortalidad en el Caribe (113) superaba el promedio regional de 87, y Guyana y Suriname registraban las tasas más elevadas, 133 y 153, respectivamente. La reducción de las tasas de mortalidad materna no queda necesariamente garantizada por un determinado umbral de atención del parto, ya que la salud y la mortalidad materna dependen también de la eficacia y la calidad de la atención de los servicios de salud, además de otros factores socioeconómicos y ambientales.

Según los datos presentados en el informe 2010, los niveles del grupo formado por Argentina, Chile, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico y Uruguay son inferiores a 50 muertes por cada 100 000 nacimientos. El resto de países presenta niveles que oscilan desde 56 en México, hasta Haití, cuyo valor extremo se eleva a 630. Se trata de un cuadro muy desfavorable con respecto a las regiones desarrolladas, cuyas tasas de mortalidad materna no superan las 10 muertes por cada 100 000 nacidos vivos.

A partir de los datos que se dispone, los tres países que presentan los más altos porcentajes de mortalidad materna en el Caribe son Suriname, que en 2007 registró 184.3 muertes por cada 100.000 nacidos vivos, Guyana, con 112.5 muertes en el mismo año y Jamaica, que en el período comprendido entre 2001 y 2003 registró 95 muertes.

Las desigualdades y las dificultades de acceso y uso de los servicios de salud reproductiva son muy marcadas, sobre todo para la población rural y de origen indígena, cuya mortalidad materna es muy elevada. Esto se relaciona con la escasez de servicios y cuidados de emergencia y, en especial, de las obstétricas, o con sus elevados costos.

La cobertura de atención prenatal es alta en los países de América Latina y el Caribe; sin embargo, coexiste con altos niveles de morbilidad y mortalidad materna e infantil. Un ejemplo es la República Dominicana, donde la cobertura casi universal de la atención prenatal (97.5%) contrasta con niveles relativamente altos de mortalidad infantil (28 por mil) y de mortalidad materna (de 86.3 por 100 000), mostrando que el indicador debe ser analizado a la luz de su eficacia respecto de la salud materno-infantil.

En relación con el ODM 6: Combatir el VIH/Sida, el paludismo y otras enfermedades, tampoco se tenía información referente al período comprendido entre 1990 y 2004, razón por la que en este caso tampoco se puede mostrar una tabla con los porcentajes de avance por cada indicador (7 de los que tiene este objetivo).

Sin embargo, estimaciones calculadas por los propios autores del informe, basadas en estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), señalaron que en el año 2004 había en la región de América Latina y el Caribe 2.4 millones de personas con VIH/Sida. Entre 2002 y 2004 ese número aumentó en 200 000 personas. El Caribe presentaba la tasa de prevalencia más alta entre adultos, después de África Subsahariana. Además de Haití, que tenía la tasa de prevalencia más alta de la región (5.6

%), había cuatro países con tasas superiores a 2 % (Trinidad y Tobago, Bahamas, Guyana y Belice).

Por otra parte, se estimó que durante el año 2002, en América Latina y el Caribe se produjeron 370 000 nuevos casos de tuberculosis, 200 000 de ellos contagiosos, por lo que se calculó que alrededor de 150 personas morían cada día por causa de esta enfermedad. Cabe destacar que otras enfermedades infecciosas, no consideradas en los ODM, como las infecciones gastrointestinales y pulmonares, siguen ocasionando daños a la salud, particularmente entre los niños.

En el 2008, de acuerdo con el informe del año 2010, se registró un total de 170 000 nuevas infecciones, lo que aumentó a 2 millones el número de personas viviendo con VIH. Entre la población infantil, el estimado de nuevas infecciones por el VIH en el año 2001 fue de 6 200, mientras que en 2008 se registraron 6 900 nuevas infecciones.

Se estima que los jóvenes representan más del 40% de las nuevas infecciones a nivel mundial en 2008, por lo que, para reducir el número de nuevas infecciones y detener la propagación de la epidemia, es imprescindible desarrollar programas de educación y prevención para asegurar que los jóvenes, en especial los que viven en situaciones de mayor vulnerabilidad y de riesgo, puedan protegerse cuando inician su vida sexual.

En el Caribe parece haberse estabilizado, con un número decreciente de nuevas infecciones, pues en 2001 éstas fueron 21 000, mientras que en 2008 se registraron 20 000, con lo que el número aproximado de personas que viven con VIH se estimó en 240.000. Alrededor de tres cuartos de ellas viven en la República Dominicana y Haití. En esta subregión, durante el 2001, el estimado de nuevas infecciones por el VIH en niños fue de 2 800, pero en el 2008 se registraron 2 300 nuevas infecciones en ese sector poblacional. Surinam y Cuba son los dos únicos países del Caribe que, a pesar de

Cuadro 5
Objetivo 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente

Países	Porcentaje de población con acceso sostenible a mejores fuentes de abastecimiento de agua				Porcentaje de población con acceso a mejores servicios de saneamiento			
	Zona Urbana		Zona Rural		Zona Urbana		Zona Rural	
	Nivel 2002	% de avance	Nivel 2002	% de avance	Nivel 2002	% de avance	Nivel 2002	% de avance
América Latina y el Caribe *	95	61.7	69	52.4	84	21.7	44	28.7
Países con DH, medio bajo y bajo	96	128.0	76	85.9	68	50.2	41	44.5
Países con DH medio	91	57.9	71	83.1	75	44.3	44	43.7
Países con DH medio alto	97	87.2	61	5.0	85	13.9	39	- 2.7
Países con DH alto	97	117.7	71	74.8	92	74.8	49	46.0
Países del Caribe	96	11.5	89	8.2	95	62.6	79	14.5

Fuente: Elaboración con base en (Machinea, Bárcena y León, 2005)

a Las cifras para América Latina y el Caribe corresponden a un promedio ponderado de los países de la región.

tener prevalencias bajas, tienen epidemias en crecimiento.

No obstante, el Caribe ha sido la región más afectada por el VIH y ocupa el segundo lugar entre las prevalencias del VIH más altas en adultos (cerca del 1 %), además de que esa enfermedad es una de las principales causas de muerte entre adultos de 15 a 44 años.

La proporción de la infección en hombres con relación a mujeres ha disminuido dramáticamente desde la década de los ochenta. En tal sentido, se ha reportado un aumento de las infecciones en mujeres, especialmente entre mujeres en condiciones socioeconómicas precarias o en otras condiciones de vulnerabilidad.

Para el ODM 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, la mayor parte de los indicadores (8 en total) mostró la existencia de un severo deterioro ambiental, tanto en el medio natural como en el medio construido, con lo que se visualizaban escasas las probabilidades de cumplimiento de las metas establecidas para el año 2015. En este contexto, preocupaban varios fenómenos, entre ellos: la pérdida de bosques y la reducción de la biodiversidad, la contaminación del aire y la ampliación de los tugurios en las zonas urbanas.

Por otra parte, si bien se tuvieron avances en torno al indicador 30: acceso sostenible a mejores fuentes de abastecimiento de agua urbana y rural, no fue así para el caso de los servicios de saneamiento en zonas rurales y urbanas (indicador 31).

Para la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, el logro de las metas de ampliación de cobertura de servicios de agua potable urbana se visualizaba con mayores posibilidades de cumplir. Sin embargo, aunque algunos países como Bolivia, Brasil y Haití estaban muy cerca del cumplimiento

de la meta, su cobertura era realmente baja comparada con la de otros países de la región que registraban niveles superiores a 95 %. En zonas rurales, como Barbados, Ecuador, Guatemala, República Dominicana, Saint Kitts y Nevis y Santa Lucía, habían alcanzado la meta de cobertura.

Otra de las metas consideradas en este objetivo es la de mejorar considerablemente para el año 2020 la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios. En este caso el avance es medido a través del indicador 32: proporción de hogares con acceso a tenencia segura de la vivienda, pero un grave problema es la ausencia de datos, porque los tugurios no aparecen en la mayoría de las estadísticas de la región; por tanto, no hay resultados precisos en ese sentido.

En el compromiso del séptimo Objetivo del Milenio se contemplan cuatro metas que fueron revisadas y actualizadas en 2007. La primera de ellas (meta 7A) se puede entender a partir de dos componentes plenamente diferenciables: i) la integración de los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales, y ii) la reversión de la pérdida de recursos del medio ambiente. Las otras tres metas se refieren, respectivamente, a la reducción de la pérdida de biodiversidad para 2010 (meta 7B); la reducción a la mitad para 2015 del porcentaje de personas que en 1990 no tenían acceso sostenible al agua potable y a los servicios básicos de saneamiento (meta 7C), y la mejora de las condiciones de vida, para 2020, de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios en el mundo (meta 7D).

Destaca que entre 1990 y 2008 han aumentado considerablemente las áreas terrestres y marinas protegidas en la región.

Sin embargo, en el último quinquenio, la tasa de crecimiento fue inferior a la registrada en la década de 1990: la tasa de variación media anual del periodo 1990-2000 fue del 7,32%, mientras que en los años 2000 a 2007 alcanzó 3,85%.

Finalmente, en lo que corresponde al ODM 8: Fomentar la asociación mundial para el desarrollo, recordemos que no se especificaron indicadores cuantificables para monitorear avances, por tanto el progreso sólo está medido por el cambio de las condiciones en el entorno internacional que incluyen apertura del mercado en países desarrollados para que los países en desarrollo puedan intercambiar sus productos, ayuda financiera, reducción de la deuda externa, empleo juvenil y acceso a las tecnologías de información y comunicación. En relación con la apertura del mercado se ha ido haciendo cada vez más evidente el malestar de los países en desarrollo, frente a las trabas que encuentran sus productores para colocar en el mercado internacional sus productos. En el caso, por ejemplo, de México, la firma del TLC en 1994 significó mayor empobrecimiento de los campesinos y eso se ha ido profundizando.

En el Informe de 2010 se destaca que la región de América Latina y el Caribe registró algunos avances importantes en su inserción internacional durante el quinquenio 2005-2009. Sus exportaciones tuvieron una fase expansiva entre 2003 y la primera mitad de 2008, atribuible en buena parte a un contexto externo favorable debido a los altos precios de los productos básicos. Sin embargo, a partir del segundo semestre de 2008 se desaceleraron, y durante 2009 experimentaron una drástica caída producto de la crisis económica global, en línea con la contracción que registró el comercio en todo el mundo.

Pese a la fuerte caída que experimentó en 2009 como producto de la crisis, el comercio internacional continuará siendo una fuente de oportunidades para el crecimiento económico y el desarrollo sostenible de la región en el mediano y largo plazo, sobre todo si ésta logra mejorar la calidad de su inserción internacional.

La participación de la región en las corrientes mundiales de ayuda para el comercio (medidas como nuevos compromisos) aumentó desde un promedio de 7,1% en el periodo comprendido entre 2002 y 2005, a un 8% en 2007. Esta cifra es, sin embargo, muy inferior a las alcanzadas por otras regiones en desarrollo, contrastando con el 42% de Asia y el 37% de África en ese mismo año.

A pesar de una leve tendencia al alza iniciada al impulso de la Cumbre de Monterrey, aún no se han movilizado los recursos financieros necesarios y el nivel de asistencia oficial para el desarrollo se mantiene muy por debajo de la meta acordada.

Así, la participación relativa de América Latina y el Caribe, como receptora de asistencia oficial para el desarrollo, cayó desde un 9% en 1990 a un 7% del total en 2008. Entre 2000 y 2008 los países de ingresos bajos (incluyendo los países menos desarrollados) absorbieron casi un 60% de los flujos totales de ayuda oficial para el desarrollo, mientras que los países de ingresos medios recibieron el 40% restante. Dentro de este grupo a su vez, los países de ingreso medio-bajo fueron los que absorbieron tres cuartas partes de los flujos. Para avanzar en el cumplimiento de los ODM no basta con aumentar los recursos, sino que además se requiere mejorar su eficiencia y eficacia. Para esto es necesario equilibrar la canalización de la asistencia hacia sectores productivos y sociales, y

fortalecer la institucionalidad para coordinar esfuerzos e intereses y lograr los objetivos planteados en la agenda de desarrollo.

Por otra parte, a pesar de los avances en cobertura de tecnologías de información y comunicaciones durante las últimas dos décadas, América Latina y El Caribe no sólo se encuentra rezagada respecto a otras regiones del mundo, también presenta notorias desigualdades entre países. Los tres indicadores considerados para evaluar la meta 8F se sitúan por debajo del nivel alcanzado por los países desarrollados, las brechas en materia de telefonía fija y móvil se han cerrado, en especial gracias al acelerado progreso de la telefonía celular, pero es notoria la divergencia creciente en la cantidad de usuarios de Internet que separan a la región con este grupo de países.

En promedio, se puede constatar que ocho países de América Latina y el Caribe (de un total de 45) se encuentran rezagados respecto al promedio mundial: Cuba, Haití, Nicaragua, Bolivia, Belice, Honduras, Guyana y República Dominicana. Dos países se ubican por sobre el promedio de los países desarrollados (Islas Caimán y Antigua y Barbuda). De los restantes 35 países, sólo 10 están por sobre el 50% de cobertura promedio (9 caribeños más Argentina). Los cinco países latinoamericanos más aventajados son: Argentina, Uruguay, Chile, Panamá y Venezuela.

En cuanto a la evolución de la telefonía fija, se advierte que los países más desarrollados ya habían alcanzado niveles de penetración superiores al 50% de la población desde mediados de la década de los noventa, manteniéndose en estos niveles a pesar de existir un leve descenso a contar del año 2000. Mientras tanto, en América Latina y el Caribe (hacia 1995) la tasa de penetración

no superaba aún el 10%, mostrando luego un crecimiento sostenido que permitió alcanzar prácticamente al 18% de la población hacia 2007. Aún así, como se puede advertir, la tasa de penetración de la telefonía fija en la región continúa por debajo del promedio mundial, siendo los cinco países más rezagados de la región Haití, Nicaragua, Paraguay, Bolivia, Cuba y República Dominicana.

Por último, una de las tecnologías con mayor velocidad de expansión tras la telefonía móvil ha sido el acceso a Internet. Sin embargo, al comparar el ritmo de crecimiento de América Latina y el Caribe con respecto a la registrada en los países desarrollados, se advierte una expansión de la brecha digital. En efecto, si hacia mediados de la década de los noventa, los niveles de penetración de Internet entre ambos grupos de países no estaban muy distanciados, hacia el año 2000 se registra una penetración cercana al 30% en las regiones desarrolladas, mientras que en la región sólo bordea el 4%. Así, si bien hacia 2007 el acceso a Internet en América Latina y el Caribe supera la tasa de penetración a nivel mundial, se sitúa aún muy por debajo del registro de los países desarrollados.

De acuerdo con los resultados presentados en ambos Informes, las metas trazadas para 2015 no se alcanzarán. Hasta ahora, los indicadores de seis de los ocho ODM reflejan la insuficiencia de las acciones emprendidas, tal es el caso de las metas relacionadas con subnutrición (primer Objetivo), culminación de la educación primaria (segundo Objetivo), paridad de género en los parlamentos como indicador principal de la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres (tercer Objetivo), y mortalidad materna (quinto Objetivo).

Un aspecto que frena los progresos de los ODM es la desigualdad económica y social que persiste en la región, las diferencias entre personas y grupos sociales muestran la realidad que se vive al interior de muchos países en los que la distribución de la riqueza se concentra en unos cuantos. Donde prevalecen condiciones de marginación es prácticamente impensable trabajar sobre aspectos de participación política y capital cultural.

A pesar de los esfuerzos que se concentran en reducir la pobreza, como ocurre con los Programas de Transferencias Condicionadas (Como el caso del Programa de Garantía de Renda Familiar Mínima y Programa Bolsa Familia para la Educação en Brasil, Oportunidades en México, Cabezas de Hogar en Argentina, Red de Protección social de Nicaragua, Bono de Desarrollo Humano en Ecuador, Programa Familias en Acción de Colombia, entre otros), la realidad indica que no han sido suficientes para erradicar la amenaza de la pobreza, porque una debilidad fundamental de dichos programas radica en que se aplican en un contexto en el que, a menudo, no se está actuando sobre las causas estructurales que alimentan la pobreza y particularmente las que alimentan la desigualdad en la región. Es por esta razón que proponemos intervenir sobre las situaciones graves de desigualdad que están asociadas al poder, a la dominación de unos grupos sobre otros y a la exagerada concentración de la riqueza que caracteriza a nuestra región.

De todo lo anterior, se deriva la contradicción que existe entre los ODM y el desarrollo humano, particularmente en lo referente a la multidimensionalidad de la pobreza que se supone fue reconocida cuando hizo su arribo el paradigma del desarrollo humano en el ámbito gubernamental. Los ODM

han dejado de lado esa concepción y se han concentrado, al igual que en otros tiempos, en indicadores estrictamente cuantitativos en los que sigue teniendo un gran peso el nivel de ingresos, lo cual significa que la pobreza se sigue visualizando como un problema de orden material. Aún están ausentes los derechos de libertad, el “empoderamiento” y otros aspectos no materiales del desarrollo, como la dimensión cultural. Aunado a ello, predominan los intereses económicos y políticos sobre el interés social, lo cual sigue dejando de lado las necesidades reales e inmediatas de la población.

Las propuestas más recientes en torno a los ODM

Los resultados obtenidos en los dos informes de los ODM, han puesto los nervios de punta a sus promotores, pues ha quedado evidenciado el fracaso en relación con las pretensiones de bienestar que acompañaron su formulación e implementación. En la Asamblea General de las Naciones Unidas que tuvo lugar del 20 al 22 de septiembre de 2010, en la Cd. de Nueva York, los jefes de Estado y de Gobierno reunidos expresaron su profunda preocupación porque aún están muy lejos de cubrir las necesidades de grandes sectores de población.

Estamos profundamente preocupados, no obstante, porque el número de personas que viven en la pobreza y el hambre extremas sobrepasa los 1.000 millones y las desigualdades entre los países y dentro de ellos siguen siendo un importante desafío. También estamos profundamente preocupados por los alarmantes niveles de mortalidad infantil que se registran en el mundo. Creemos que la erradicación de la pobreza y el hambre, así como la lucha contra las desigualdades a todos los niveles, son fundamentales para crear un futuro más próspero y sostenible para todos

(Documento final de la reunión Plenaria, Naciones Unidas)

Por esa razón, desde el año 2007 se ha hecho referencia a la necesidad de replantear la estrategia para asegurar el cumplimiento de las metas del milenio y actualmente se buscan mecanismos que aseguren una mayor efectividad.

Entre las propuestas recientes destaca la promoción de la cohesión social como eje de las políticas públicas que se orientan a lograr el desarrollo en la región latinoamericana, y la consideración del espacio local (municipios y comunas) para que desempeñe un papel fundamental en el cumplimiento de los ODM. Daré primero una mirada a la propuesta de la cohesión social.

En los últimos 20 años, el tema de la cohesión social se ha incorporado en los discursos relativos a la justicia social, calidad de vida y equidad en el desarrollo de las economías, principalmente en países europeos. Si bien la cohesión social había sido un objetivo prioritario de las políticas públicas en aquellos países desde la década de 1980, su mayor vitalidad la adquiere durante los años de 1990. A partir de entonces el tema se colocó en la agenda transnacional y en el sentido supranacional de la Unión Europea, como una búsqueda por estrechar las brechas de desigualdad, encarar la pobreza y evitar la polarización, tanto al interior de cada país como entre los estados miembros.

En América Latina, la iniciativa de incorporar la cohesión social en las políticas públicas surge un poco forzada y en un contexto agobiado por la crisis económica y social: altos índices de pobreza, desigualdad extrema y exclusión social.

Desde el año 2004, en la Cumbre de

Guadalajara se hizo referencia a la necesidad de promover la cohesión social en los países de la región; luego en 2006, dentro del periodo de sesiones de la CEPAL, en Montevideo, se volvió a plantear la idea de llevar a cabo políticas para la cohesión social. En el año 2007, en la XVII Cumbre Iberoamericana de presidentes y jefes de Estado, que precisamente llevó el título: la cohesión social y las políticas sociales para alcanzar sociedades más inclusivas en Iberoamérica, se planteó a la cohesión social como un faro importante de las políticas públicas.

Podría afirmarse que en América Latina y el Caribe, a diferencia de Europa, la cohesión social emerge disfrazada como una necesidad para encarar problemas de extrema desigualdad y pobreza, así como diversas formas de discriminación y exclusión social. En el fondo, la propuesta se orienta prioritariamente a dar respuesta a las necesidades de intercambio comercial con Europa, pues si revisamos, ésta se ha discutido en el marco de las negociaciones comerciales entre América Latina y Europa para el establecimiento de relaciones entre ambas regiones.

La CEPAL, principal organización promotora de la cohesión social en América Latina, enfatiza que dicho concepto se refiere tanto a la eficacia de los mecanismos instituidos de inclusión social (empleo, sistemas educacionales, titularidad de derechos, políticas pro equidad, pro desarrollo y de protección social) como a los comportamientos y valoraciones de los sujetos que forman parte de la sociedad (confianza en las instituciones, capital social, sentido de pertenencia y solidaridad, aceptación de normas de convivencia y disposición para participar en espacios de deliberación y proyectos colectivos).

No obstante de las buenas intenciones que hay en los planteamientos sobre cohesión social y las políticas públicas, es importante hacer una reflexión en torno a lo que son los grandes desafíos que debemos enfrentar, porque hacen muy compleja la tarea de lograr lo propuesto en términos de inclusión, equidad, democracia y desarrollo.

Una primera reflexión que propongo hacer es en torno al contexto económico y social en el cual se hace la propuesta de cohesión social, pues es en éste donde se ubican las primeras contradicciones.

Una característica notoria del actual modelo económico ha sido precisamente su capacidad para generar exclusión y segregación social, así como contribuir al aumento de la desigualdad y la pobreza en diversas regiones del mundo, pero particularmente en las que tradicionalmente se han ubicado como de mayor atraso en el desarrollo. Por tanto, resulta paradójico que la cohesión social pretenda llevarse a cabo en medio de este escenario, sin proponer cambios sustanciales al modelo económico dominante y más aún, que la propuesta de cohesión social surja en América Latina en medio de negociaciones comerciales con Europa.

Por otro lado, los indicadores propuestos apuntan a medir lo que tradicionalmente se ha medido. Si bien se reconoce que no se cuenta aún con un sistema de indicadores como el que posee la Unión Europea, se plantea que en los indicadores de brecha para América Latina se tenga en cuenta lo siguiente: población que vive en situación de pobreza (medida principalmente por la línea de pobreza), ingresos de hogares (relación de ingresos entre el quintil más rico y el más pobre), empleo (tasas de desocupación,

que si las aplicamos actualmente se difumina rápidamente la idea de cohesión social, por no cumplirse con el principio de integración e inclusión), educación (matrícula educativa, personas mayores de quince años sin primaria terminada), salud (esperanza de vida al nacer, mortalidad infantil), indicadores de vivienda (servicios básicos agua, electricidad, alcantarillado), precariedad de las viviendas (materiales con las que están hechas), indicadores de brecha digital (acceso de niños y jóvenes a una computadora e internet en el hogar y la escuela). Lo novedoso quizás, es la mención que se hace a la propuesta de incluir en los indicadores los sistemas de pensiones.

Se alude también a generar indicadores de pertenencia cuya fuente serán los sondeos de opinión, esto genera dudas en cuanto a su veracidad o cercanía con lo que realmente ocurre. Tales indicadores proponen captar lo siguiente: multiculturalismo (se apunta exclusivamente a la pertenencia a un determinado grupo étnico), confianza (en las personas y principalmente en las instituciones, que en cierta manera son también un indicativo de la pertenencia social. Vale la pena mirar los últimos datos de Latinobarómetro para darnos cuenta de los bajos niveles de confianza que se tienen, particularmente en lo que respecta a las instituciones políticas), participación (se refiere a la participación política y se equipara solo con la cuestión electoral, mientras que la participación social indica solo la pertenencia dentro de organizaciones comunitarias; finalmente, la participación funcional se refiere solo a la participación dentro de organizaciones gremiales, sindicatos, etcétera).

Expectativas sobre el futuro, incluye expectativas económicas del país, personales y de movilidad social; si se toman en cuenta

en este momento, destacaría la situación de incertidumbre en que vive una gran proporción de habitantes de la región, ante la acelerada pérdida de empleos que actualmente se ha dado en todos los niveles debido a la reciente crisis económica mundial.

Más allá de los indicadores mencionados, debe considerarse una participación ciudadana que mida el grado en que los actores sociales se involucran en aspectos decisivos que tienen que ver con su entorno; es decir, que mida el ejercicio efectivo de los derechos en todas sus dimensiones (derechos civiles, políticos, económicos, sociales y culturales).

Un aspecto en el que es relevante profundizar es el referido al multiculturalismo, partiendo de la consideración de que constituye una de las características más importantes de la región y que debe ser tomada en cuenta en la formulación e implementación de políticas públicas, fundamentalmente si se quiere lograr la cohesión social.

Habría que comenzar señalando que la multiculturalidad no solo tiene un referente étnico, sino que alude en general a la diversidad existente en un territorio, de ahí que en las últimas dos décadas esta multiculturalidad se ha mostrado a partir de la emergencia de minorías étnicas, sociales y culturales, cuyas demandas se centran en el reconocimiento de los derechos civiles, políticos, económicos, sociales y culturales, así como en la exigencia del respeto a sus diferencias.

Por lo anterior, una política multicultural debe orientarse al reconocimiento del derecho que tienen las diversas comunidades a sobrevivir y a perpetuarse; y que al mismo tiempo, ofrezca a sus miembros las oportunidades de una vida digna, más allá de garantizarles

las condiciones para la satisfacción de sus necesidades básicas, como hasta ahora lo ha hecho la política social.

Sin el reconocimiento y respeto de las diferencias, la integración y la cohesión social son prácticamente imposibles de lograrse, de ahí que toda política que se enfoque en cualquiera de los rubros a los que se ha hecho mención (educación, empleo, protección social) debe tener en cuenta la multiculturalidad existente. Ahí está uno de los desafíos más fuertes.

Ahora bien, demos una mirada a la propuesta de la agenda local de los ODM que sin duda también genera una serie de reflexiones.

En septiembre de 2005, la Asamblea General de Naciones Unidas reconoció explícitamente, por primera vez, la contribución de las autoridades locales en el logro de los ODM. Tres años más tarde, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, durante una reunión celebrada en julio de 2008, reconoció el papel clave que desempeñaban las autoridades locales a la hora de ayudar de manera eficiente al desarrollo. Luego, en septiembre de ese mismo año, la organización Ciudades y Gobiernos Locales Unidos (CGLU) se reunió en Asamblea Consultiva en Nueva York, ahí se manifestó que los esfuerzos realizados para conseguir los ODM se habían basado especialmente en estrategias de desarrollo locales. Aunque de manera formal, la participación de los gobiernos locales seguía siendo limitada.

A partir de entonces se han difundido experiencias locales relacionadas con uno o más objetivos del milenio y se han formulado proyectos más amplios para potencializar los espacios locales, de modo que hoy día es posible hablar de una Agenda Local para los Objetivos del Milenio y paralelamente de la

municipalización de los ODM.

En este apartado haré referencia a diferentes proyectos, iniciativas y propuestas que se han propagado en América Latina desde el año 2005 y que pueden ser analizadas como alternativas de desarrollo para avanzar de modo efectivo a la consecución de las metas del milenio, desde el ámbito local.

Proyecto Capacidad 2015

Es uno de los primeros que de manera oficial se instauró para apoyar las acciones encaminadas a los Objetivos del Milenio. El programa Capacidad 2015 fue creado por el Programa de Naciones Unidas (PNUD) tras la Cumbre de Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo en el año 2002, con la intención de ayudar a los países en desarrollo a traducir los Objetivos del Milenio en acciones concretas.

Como lo sugiere su nombre, Capacidad 2015 se dirige a crear capacidades, es decir, a fortalecer la habilidad que tienen la gente, las organizaciones y las sociedades para resolver sus propios problemas de desarrollo y alcanzar los ODM. Además, pone a disposición de los países una red de conocimiento conocida como Red de Información y Aprendizaje (ILN, por su sigla en inglés) para conectar a las personas y a las organizaciones con experiencias exitosas en el ámbito del desarrollo local.

En marzo del año 2005 el PNUD anunció el establecimiento de la sede para el proyecto Capacidad 2015 que correspondió a la ciudad de Darién en Panamá y cuya ejecución se dio bajo el auspicio de Pro Darién, financiado por el Fondo de Inversión para el Desarrollo Agrícola (FIDA). Se trata de la creación de un Centro de Gestión Local (CEGEL) que aglutina a representantes del municipio, a miembros de más de 50 organizaciones

comunitarias y a autoridades indígenas.

A través del CEGEL, todos estos actores trabajan conjuntamente y de forma participativa para superar los retos de pobreza en el área. Específicamente, identifican las prioridades de la comunidad, planifican proyectos y movilizan recursos para llevarlos a cabo. El objetivo de Capacidad 2015, en este sentido, es desarrollar la capacidad de las comunidades darienitas para gestionar su propio desarrollo, estimular la participación y ayudar a lograr el Objetivo 1, que es reducir a la pobreza extrema a la mitad para el año 2015.

Junto a Cuba, Haití, Guatemala, Costa Rica, El Salvador y Nicaragua, Panamá es uno de los siete países de América Latina donde Capacidad 2015 mantiene proyectos piloto de desarrollo local. Capacidad 2015 opera como una red global a fin de compartir conocimientos y experiencias exitosas entre los países en desarrollo.

La cultura y los ODM

En los inicios de la presente década, los programas internacionales y las políticas nacionales todavía no habían reconocido la cultura como componente esencial del desarrollo, ni consideraban a los gobiernos locales como una institución clave para el cambio, el progreso y el desarrollo.

Al estar anclados en el paradigma del desarrollo humano, los ODM ofrecen un marco holístico para mejorar la calidad de vida de la humanidad y promover el desarrollo. Al mismo tiempo, constituyen el marco más prometedor para la acción mundial, ya que la Declaración del Milenio fue firmada por el mayor número de líderes mundiales jamás visto, y prácticamente todas las organizaciones dedicadas al desarrollo, incluido el Banco Mundial y los organismos de Naciones Unidas, tienen en cuenta los objetivos del Milenio a la hora de

planificar sus intervenciones.

No obstante, en el marco internacional para el desarrollo han estado ausentes dos aspectos cruciales: el gran potencial que aporta la cultura en la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, y la función que desempeñan los gobiernos locales, que están especialmente bien emplazados para convertir los objetivos globales en sentidos y acciones propios del ámbito local. En este contexto, es necesario un nuevo enfoque de políticas culturales, que no limiten la cultura a las artes y el patrimonio cultural, sino que tengan en cuenta los diversos estilos de vida, cosmovisiones y hábitos culturales.

La Asamblea General de la ONU, realizada en 2005, afirmó que:

...aceptando la diversidad del mundo, reconocemos que todas las culturas y civilizaciones contribuyen al enriquecimiento del género humano. Reconocemos la importancia del respeto y el entendimiento de la diversidad religiosa y cultural de todo el mundo. Para promover la paz y la seguridad internacionales, nos comprometemos a fomentar el bienestar humano, la libertad y el progreso en todo el mundo, así como a alentar la tolerancia, el respeto, el diálogo y la cooperación entre las distintas culturas, civilizaciones y personas (Cumbre del Milenio de 2005).

Congruente con lo anterior, el Instituto Humanista de Cooperación al Desarrollo (Hivos) dedicado a apoyar proyectos artísticos en varios países del mundo, difundió, durante una conferencia del año 2005, la inclusión de la cultura como noveno ODM.

Por su parte, la Agenda 21 de la cultura ha recomendado a la UNESCO reconocer a las ciudades como territorios en los que se aplican los principios de la diversidad

cultural, especialmente aquellos aspectos relacionados con la coexistencia, la democracia y la participación, y establecer los medios para que los gobiernos locales participen en sus programas.

Se trata de potenciar todos los recursos que existen en la zona para generar proyectos que contribuyan al desarrollo como: el turismo cultural rural; la concientización a través del arte (teatro por ej.); la promoción de procesos participativos (con aprovechamiento de formas tradicionales de organización); revitalizar el mercado de artesanías, entre otras cosas.

La cultura es fundamental para el desarrollo local (urbano, rural o de cualquier otro ámbito intermedio), y se puede impulsar a través del patrimonio o de las artes. Aunque las instituciones de los gobiernos locales varían considerablemente de unos países a otros, su papel a la hora de debatir los retos y de crear oportunidades dirigidas a la población es muy similar en todos los casos.

El proyecto de municipalización de los ODM

El título formal del proyecto es: "Strengthening capacity of local governments in Latin America to address critical issues arising from Internationally Agreed Development Goals". Fue presentado por primera vez en el II Seminario de Intercambio de Experiencias Exitosas de la Red IDEEAS, celebrada en Salvador, Bahía entre el 19 y 20 de noviembre de 2009 por representantes de ILPES-CEPAL. Es financiado por Development Account.

El Proyecto de Municipalización de los ODM tiene como objetivo general fortalecer la capacidad de identificar, cuantificar, evaluar y alcanzar objetivos de desarrollo convenidos internacionalmente, incluidos los Objetivos de Desarrollo del Milenio, a nivel local.

También tiene algunos objetivos específicos entre los que están: lograr una mayor sensibilización e intercambio de experiencias en relación con los ODM a nivel local y fortalecer la capacidad técnica del personal de los gobiernos subnacionales. Esto, orientado a incorporar los ODM en sus planes de desarrollo.

Este proyecto es inédito tanto por su nueva metodología como por su análisis a nivel local, y tiene dos partes. La primera consiste en diagnosticar el estado de avance de los ODM a nivel micro. Es decir, comprendiendo el conjunto más pequeño dentro de la división política administrativa de un país.

La segunda fase del Proyecto está destinada a seleccionar algunas de las localidades diagnosticadas, para trabajar en ellas en conjunto con las autoridades locales. El propósito es colaborar en el diseño de políticas públicas para propiciar que esos lugares cumplan los compromisos de los ODM a nivel local.

La implementación del proyecto comenzó en abril de 2009 y se estima que finalizará en diciembre de 2011. Su importancia radica en que posibilita diagnosticar a nivel subnacional el estado de avance de los compromisos con los ODM, y en ese sentido permite diseñar e implementar políticas públicas acordes al contexto local.

El Proyecto tiene tres líneas de acción, con sus respectivas sub actividades. Éstas son las siguientes:

Intercambio de Experiencias: Creación de una red electrónica de experiencias exitosas y la realización de misiones de cooperación horizontal.

Capacitación: Incorporación de la temática de los ODM a los cursos regulares del ILPES; y diseño y realización de cuatro cursos e- learning.

Fortalecimiento de gobiernos locales: desarrollo de una guía metodológica, organización de seis talleres y aplicación de la guía metodológica.

Durante la primera fase de implementación del Proyecto se diseñó una metodología de diagnóstico acerca del estado de avance del cumplimiento de los ODM, a nivel local, en países de la región. Hasta el momento ésta se ha aplicado para los casos de Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Paraguay, Perú y Uruguay. Con base en los diagnósticos realizados (de manera centralizada) se trabajará en terreno con una o varias áreas por país. Ya se comenzó en Chile, particularmente en 6 comunas de la región del Bío-Bío y está por iniciarse en Uruguay.

La agenda local de los Objetivos del Milenio
En el mes de julio de 2010 se celebró en México la Conferencia Internacional Los Objetivos del Milenio a Nivel Local “Agendas Locales para el Desarrollo Humano”, en la que participaron representantes de 12 países para exponer algunas estrategias que permitan incrementar gradualmente las respuestas de los gobiernos locales al cumplimiento de los mismos.

Entre los temas abordados destacaron la gobernanza local, la transparencia y rendición de cuentas, el financiamiento, entre otras cosas. También se acordó abordar las prácticas idóneas y las lecciones aprendidas con referencia al acceso y el uso de recursos por parte de los gobiernos locales.

Sin duda hay aspectos muy interesantes en estas nuevas propuestas, pero sin un real

fortalecimiento y autonomía de los gobiernos locales poco se podrá hacer, de modo que en la agenda actual deben ponerse como prioridades, la verdadera descentralización, la autonomía y la democracia participativa; sin eso, todos estos planteamientos que promueven lo local como el espacio idóneo para generar resultados en los avances del desarrollo humano y de los ODM seguirán siendo utopías.

CONCLUSIONES

La tensión generada a nivel individual, comunitario y nacional, atravesada por culturas desiguales, dificulta superar las barreras que separan a pobres y ricos. Como mencioné a lo largo del trabajo, la pobreza es un fenómeno complejo que es causa y consecuencia de las condiciones desfavorables en las que millones de personas en América Latina y el Caribe viven actualmente. Pero es mucho más fuerte el problema de la desigualdad económica y social, razón por la que deben formularse e implementarse estrategias dirigidas a resolver de manera efectiva tales situaciones, con lo que habrá posibilidades de ir generando capacidades y oportunidades en condiciones de igualdad, equidad y justicia social.

Por otro lado, las intervenciones anti-pobreza, sean del tipo que sean, sólo tienen sentido si son consideradas una medida coyuntural de apoyo, mientras tienen efecto políticas realmente transformadoras que contribuyan a crear condiciones para una sociedad igualitaria. Esto implica que toda política debe ser inclusiva de los diferentes grupos de población, en particular de los más vulnerables, que paradójicamente son los más excluidos (me refiero a indígenas, jóvenes, adultos mayores, personas con discapacidad).

En suma, lo que necesita América Latina para avanzar hacia el desarrollo humano son decisiones y políticas realmente efectivas para romper con la desigualdad y para garantizar que los beneficios del crecimiento económico lleguen a la mayoría de los ciudadanos sin distinción de ninguna índole, lo que requiere generar cambios institucionales importantes.

LITERATURA CITADA

Banco Mundial (2005), Informe sobre Desarrollo Mundial 2006. Equidad y Desarrollo, Banco Mundial y Mayol Ediciones S.A., Bogotá, Colombia.

Brito, Morelba (2003) “Las reformas de ‘segunda generación’ en América Latina. La reivindicación de la política” en Ciencias de Gobierno, año 7, No. 13, enero-junio, Maracaibo.

De Ferranti, David et.al (2003) Desigualdad en América Latina y el Caribe ¿Ruptura con la historia?, resumen ejecutivo, Estudios del Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe. Disponible en <http://www.worldbank.org/external/default> [Consulta: 22 de enero de 2006].

Fleury, Sonia (1999) “Reforma del Estado en América Latina” en Nueva Sociedad, No. 160, Caracas.

Machinea, José Luis, Alicia Bárcena y Arturo León (Coords.) (2005) Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe, Santiago de Chile: CEPAL.

Mota D. Laura y Eduardo A. Sandoval (2011) “Acción social solidaria, confianza y diversidad cultural en América Latina” en Barba, Carlos y Néstor Cohen, Perspectivas

críticas sobre la cohesión social. Desigualdad y tentativas fallidas de integración social en América Latina. Colección CLACSO-CROP, CLACSO, Argentina.

Mota Díaz, Laura (2008) "Instituciones del Estado, producción y reproducción de la desigualdad en América Latina" en Cimadamore, Alberto y Antonio Cattani (coords.) Producción de pobreza y desigualdad en América Latina, Bogotá: Clacso coediciones/Siglo del Hombre Editores.

Naciones Unidas (2010) El progreso de América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Desafíos para lograrlos con igualdad. Santiago de Chile.

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2008), Informe Mundial de Desarrollo Humano 1990-2006, versión digital en CD, Curso Desarrollo Humano: Escuela Virtual del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

Sandoval, E. y L. Mota (2010), "Desarrollo Humano, Sustentabilidad y Gobernanza" en Aceves, L. Jaime Estay P. Noguera y E. Sánchez (Coords.) Realidades y debates sobre el Desarrollo, España: Ediciones de la Universidad de Murcia.

Sandoval, E. y L. Mota (2008), "Desarrollo Humano de la gente, por la gente y para la gente" en Barba Robert, Maria Eugenia y Rosa María Ruíz (Coords.) Avances de investigación forestal y desarrollo sustentable, México: Comisión Nacional Forestal/Universidad Autónoma Indígena de México.

Sen, A. (2000), Desarrollo y Libertad, México: Planeta,

Szmukler, Alicia. (2008). Culturas de Desigualdad, Democracia y Cohesión Social en la Región Andina. Cooperación de estudios para América Latina. San Pablo, Brasil y Santiago de Chile. CIEPLAN. Disponible http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/deed.es_CL. [Fecha de consulta ene

MUJERES Y TENENCIA DE LA TIERRA EN SALVATIERRA, GUANAJUATO

Rocío Rosas Vargas ¹ y Emma Zapata Martelo ²

¹Profesora Investigadora. Universidad de Guanajuato.

²Profesora Investigadora. Colegio de Postgraduados.

Correo electrónico: aximba@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo se realizó en Salvatierra, Guanajuato, responde a la pregunta de ¿qué es lo que cambió y qué lo es que permaneció en la propiedad de la tierra por parte de las mujeres, en el municipio de Salvatierra, Guanajuato?, el objetivo fue estudiar la participación histórica, social y económica de las mujeres en la tenencia de la tierra, desde las haciendas hasta la creación de las Unidades Agrícolas Industriales de la Mujer (UAIM) en el sistema ejidal. Para lograr responder a esta cuestión se revisó el Archivo Histórico de Salvatierra, el Archivo General del Gobierno del Estado de Guanajuato, El Archivo General Agrario, archivos de varias UAIM y de ejidos, además de aplicar encuestas a una muestra de UAIM en el estado. Las formas que tienen las mujeres de acceder a la tierra son principalmente por medio de la herencia, la compra, las UAIM y en ocasiones por dotación estatal, además del acceso indirecto como esposas, hijas o madres de ejidatarios. En el trabajo se presenta a las trabajadoras

de las haciendas; las pequeñas propietarias luego del reparto y reforma agraria; las ejidatarias y los problemas de sucesión y un breve análisis de las UAIM.

Palabras clave: Tenencia, tierra, propiedad.

INTRODUCCIÓN

Las mujeres y la tenencia de la tierra en Guanajuato

Propiedad de las mujeres: hacendadas en el área de Salvatierra. De acuerdo a lo encontrado en los archivos, no hay datos de que en estos años se encontraran mujeres como dueñas de las haciendas de la región. Sin embargo durante el reparto y reforma agraria, se encontraron entre los miembros de la clase pudiente a algunas mujeres dueñas de haciendas. Se localizaron cinco hacendadas, todas ellas con la característica de que son viudas, herederas de las propiedades de sus maridos, aunque eso no significa que antes del matrimonio carecieran de bienes.

El hecho de que durante la etapa previa a

Recibido: 3 abril de 2012. Aceptado: 26 mayo de 2012.

Publicado como **ARTÍCULO CIENTÍFICO** en Ra Ximhai 8(2): 211-228.

Edición Especial: Contaminación y Medio Ambiente.

la Revolución, no aparezcan las mujeres de la élite como dueñas no nos indica su inexistencia, pero sí su invisibilidad. Sin embargo en algunos libros de literatura de la época encontramos descripciones sobre las mujeres de la elite, nos hablan de lo que ellas hacían, cómo se vestían, aunque no mencionan los bienes o propiedades que poseían o si trabajaban en alguna actividad remunerada.

Trabajadoras en las haciendas de Salvatierra
Se encontraron pocos datos que registran la presencia de las mujeres como peonas o trabajadoras en las haciendas de Salvatierra. Uno de ellos data de 1882, en la Hacienda de Maravatío grupos de mujeres llegaban cada año a pepenar en los chilares de la hacienda. Este trabajo era una aportación importante a la economía familiar, ya que a pesar de no recibir dinero por ello, sí llevaban alimentos a su familia, como es el caso de los chiles que pepenaban. Este dato sugiere que las mujeres sí trabajaban en el campo, quizás en algunos casos no como asalariadas pero aportaban en especie al sostenimiento familiar.

Además existían mujeres que visitaban a los trabajadores de las haciendas y ofrecían sus servicios como trabajadoras sexuales. Las prostitutas vivían en un ambiente de violencia y podían perder su vida. El caso de María Rita Gámez lo ilustra. Fue encontrada muerta en una de las viviendas de los veladores de la Hacienda de Maravatío y de su muerte sólo se informa y no se culpó a nadie.

Se revisaron algunos censos de pueblos cercanos a las haciendas y a las mujeres censadas en ellos no se les anota ninguna ocupación. Solamente se registraron a dos

mujeres —como un caso excepcional— una de ellas artesana y la otra ganadera.

En el memorial de trabajos de la Hacienda de Obrajuelo, del municipio de Salvatierra, se anotan los trabajos pagados y a quienes y qué función cumplían, no hay más que una mujer en la lista y es la esposa de Antonio Villagómez, ambos cuidaban de la casa, y el salario para los dos era de 28 centavos por dos días. Lo más probable es que quien cuidara la casa fuera la esposa. Los salarios que se pagaban en esta hacienda eran mayores para otro tipo de trabajos: por ejemplo el de acarreador de alfalfa a quien por un día le pagaban 25 centavos, a diferencia de los cuidadores de la casa a quienes les pagaban la mitad del acarreador de alfalfa. Con esta diferencia salarial nos damos cuenta que el trabajo doméstico estaba subvaluado, considerado inferior y por eso con un salario de casi la mitad del cuidador de la alfalfa y también inferior que el salario de los porqueros, por ejemplo.

El salario de las mujeres, empleadas en esta hacienda en los quehaceres domésticos, era de dos pesos mensuales. Mientras que el salario de los hombres empleados como jornaleros era de 25 centavos el jornal y el de los niños de 12 centavos el jornal. Si se toman como trabajados seis días y uno de descanso (en el caso de que lo tuvieran), tenemos que los hombres ganaban seis pesos (cuatro pesos más que las mujeres) al mes. Los niños, por su parte, ganaban 2.88 pesos al mes, 88 centavos más que las mujeres.

En Salvatierra, la Hacienda de San Buenaventura propiedad de los Hijos de Argomedo, registraba 340 has de temporal y 346 de riego (esta extensión nos habla más de un rancho que de una hacienda). Entre sus trabajadores y trabajadoras había 75 hombres y 40 mujeres, los hombres recibían

¹En la región se nombra “pepenar” como recoger lo sobrante de la cosecha, puede ser maíz, frijol, jitomate, entre otros cultivos.

²AHS. Haciendas. Caja 1, folder 3. 1882.

un jornal de 30 centavos y las mujeres de 25 centavos el jornal. No se encontraron datos que nos digan qué tipo de trabajo hacían las mujeres en San Buenaventura.

La Hacienda de Santo Tomás estaba compuesta en 1910 por una hacienda y cinco ranchos y tenía de extensión (según los datos proporcionados por el administrador) 607-76 has de temporal, 481-18 has de riego, 302 has sin cultivar y 100 has de pastos, en total 1,490-94 has. En esta hacienda se reportan 159 jornaleros y 37 jornaleras y el salario era de 30 centavos para los primeros y 20 centavos de jornal para las segundas.

En la Hacienda de Maravatío, hacia 1911 se contaba con 500 jornaleros y 50 mujeres que trabajaban en la hacienda, pero con salarios desiguales. Las mujeres ganaban 18 centavos el jornal, mientras a los peones se les pagaba 31 centavos el jornal.

En cualquier hacienda que reportaba sus datos, se encuentra una gran diferencia entre los salarios de los hombres y los de las mujeres. Los salarios de los peones oscilaban entre 25 y 35 centavos el jornal –muy bajo– pero las mujeres ganaban en promedio

21 centavos la jornada, la diferencia se encuentra entre 13 y seis centavos y con un promedio de nueve centavos de diferencia. Solamente la Hacienda La Esperanza pagaba a sus 17 jornaleras 31 centavos el jornal. Esta diferencia salarial pudo ser debido a que las mujeres hacían –en su mayoría– trabajos domésticos y éstos eran considerados de menor rango que los que hacían los hombres o de menor exigencia física. En el cuadro 1 se observan los jornales en algunas haciendas de la zona y su diferencia con los jornales masculinos.

Las mujeres y la tierra durante el reparto agrario

La Ley Agraria de 1915, fue uno de los frutos de la Revolución Mexicana, y la que detonó las miles de peticiones de tierra en el país. Generalmente no se tenía en cuenta a las mujeres para la dotación de tierras, a menos que tuvieran hijos a su cargo. La ley privilegiaba como sujetos de derecho a la tierra a las colectividades, es decir a los pueblos que carecieran de tierras y aguas (como se observa en la Ley de dotaciones y

Cuadro 1. Jornales de mujeres en las Haciendas de la región, 1911.

Hacienda	Núm. de jornaleras	Jornal femenino ^a	Jornal masculino ^a	Diferencia ^a
San Buenaventura	40	25	31	6
Santo Tomás	37	20	30	10
San Nicolás de los Agustinos	0	---	30	---
Hacienda de Maravatío	50	18	31	13
San José del Carmen	0	---	30	---
Rancho de la Quemada	0	---	25	---
La Esperanza	17	25	37	12
Ojo de Agua de Ballesteros	12	18	25	7
PROMEDIO DEL JORNAL		21	30	9

Fuente: elaboración propia con base en los datos encontrados en el AHS. Exp. 22, 1911.

Nota: San Nicolás de los Agustinos no tenía en estos años jornaleras, pero da cuenta de 600 trabajadores. a. Jornal expresado en centavos el día.

³AHS. Haciendas. Caja 1, fólder 3. 1882.

⁴AHS. Haciendas. Caja 1, fólder 4. 1890-1893. Censos de San Nicolás de los Agustinos, Hacienda de Batel, Hacienda de Batanes.

⁵AHS. Haciendas. Caja 1, fólder 4. 1893. Memoriales de trabajos de la Hacienda Obrajuelo.

⁶AHS. Agricultura. Exp. 14, 1897.

restituciones de tierras y aguas, reglamentaria del artículo 27 de la Constitución, emitida por Plutarco Elías Calles el 26 de abril de 1927). Quienes tenían derecho a recibir parcela individual del ejido eran hombres mayores de 16 años y las mujeres o viudas que tengan familia que sostener (Fabila, 1981).

Uno de los requisitos para la dotación era formar un censo entre quienes tenían derecho a ser dotados o dotadas de tierras. Pero en el caso de las mujeres, quienes formaban el censo tomaban la decisión –basándose en la ley- de a qué mujeres anotar en la petición. En el poblado de San Isidro –municipio de Salvatierra- decían que “deben considerarse con derecho a parcela ejidal todas aquellas mujeres que tienen a sus esposos en los Estados Unidos en virtud de encontrarse amparadas en el artículo 15 de la ley”, ya que una vez que los esposos regresaran al pueblo serían ellos los encargados de trabajar la parcela y pasaría a sus manos. Así que estas mujeres solamente serían transmisoras de los derechos y no verdaderas sujetas de derechos agrarios.

Pero además en el mismo censo de San Isidro se excluyó a Josefa Ochoa ya que ella era soltera y sin familia a quien sostener, por tanto no tenía derecho a parcela, a diferencia de jóvenes varones y solteros sin familia a sostener pero que sí tenían derecho a dotación por la sencilla razón de que eran hombres.

La CLA elaboró el proyecto de dictamen de dotación de tierras para el pueblo de Parácuaro y en el censo se decidió eliminar a 12 mujeres: 10 de ellas eran viudas y

no tenían familia que mantener, pero no tomaron en cuenta que ellas mismas debían de vivir de algo y no permanecer solamente esperando a que alguien se hiciera cargo de su manutención. Se eliminaron a dos mujeres solteras o solas, por las mismas razones. Al eliminar a estas mujeres del proceso dotatorio, les negaron el derecho a la tierra y al trabajo, con la idea de que las mujeres solas o viudas tienen o tendrían quien las mantuviera.

Pequeñas propietarias: ¿prestanombres o propiedad real?

En el expediente de dotación de La Quemada, municipio de Salvatierra Guanajuato, se encuentran los predios que se afectarían con el reparto de tierras; uno de ellos era el Rancho de la Quemada el cual, durante 1928, fue propiedad de Amada Victorino. A dicha propietaria y al propietario de la Hacienda de la Magdalena, les informaba la CLA que tenían 30 días para hacer objeciones al proceso de dotación de tierras de la Quemada.

Para 1937, en pleno cardenismo, había una serie de mujeres que poseían tierras, varias de ellas habían sido esposas de antiguos hacendados o aparecen como dueñas de haciendas al intentar los hacendados fraccionarlas. En los contratos de aparcería encontrados, aparecen como dueñas de tierras varias mujeres como es el caso de Josefa Rosillo quien se halla con una demanda de uno de sus aparceros. Josefa Rosillo pariente de Pablo Rosillo dueño de la Hacienda de Guadalupe –propiedad que aun conserva la familia Rosillo. Beatriz V. Vda. de Villagómez, al igual que Josefa Rosillo, también estaba citada en la presidencia

⁷En el AGA exp. 23/1087 se encontró otro dato sobre la extensión de la Hacienda de Santo Tomás de 1,791-67-11 has. Es probable que esta cantidad sea la real, porque los datos encontrados y anotados arriba fueron proporcionados a la Presidencia Municipal por los dueños o administradores de las Haciendas.

⁸AHS. Agricultura. Exp. 22, 1911.

Cuadro 2. Fraccionamiento de la Hacienda de Guadalupe o Providencia. Familia Rosillo, 1929.

Fracción	Fecha de registro de la propiedad	Extensión y tipo de tierra			
		Riego	Agostadero	temporal	Total
Fracción I. María Rosillo	28 nov 1929.	77.45	42.7267	0	120.1767
Fracción II. Josefa Rosillo	29 nov 1929.	77.45	42.7267	0	120.1767
Fracc. III. Basilio Rosillo	30 nov 1929.	77.45	42.7267	0	120.1767
Fracc. IV. María Luz Rosillo	28 nov 1929.	6.04	73.6733	44.0167	123.73
Fracc. V. José Rosillo	29 nov 1929.	0	157.3467	88.0333	245.38
Fracc. VI. Catalina Garcilazo de Rosillo	27 nov 1929.	0	50	0	50

Fuente: elaboración propia en base al dictamen de la ampliación del Exp. 23/991 del AGA.

municipal para responder a las demandas de uno de sus aparceros.

Generalmente las mujeres propietarias no respondían las querellas personalmente, sino por medio de un representante varón. De igual forma para los trabajos del campo. Por ejemplo José Ortiz de Alba, aparcerero de Josefa Rosillo, le pide que nombre un representante para el corte de caña ya que debía verificar la parte de caña que a ella le correspondía.

La Hacienda de Santo Tomás, luego del reparto de tierras a los pueblos, fue también repartida entre los descendientes del antiguo dueño y una parte de ella –la fracción 8 de la hacienda, de 144 hectáreas, a la que posteriormente se afectó con 45 has y lo que quedó fueron tierras de riego- permaneció en manos de Consuelo H. Ruiz en 1945.

La Hacienda de Guadalupe, al igual que otras, se dividió en lotes entre miembros de una misma familia con la finalidad de evitar que se repartieran las tierras a los campesinos de la zona. Esta hacienda fue fraccionada entre la Familia Rosillo a la muerte de su anterior dueño Pablo Rosillo.

Después la fracción II fue adjudicada a José Riva como pago a deudas que tenía Pablo Rosillo con él. La Fracción VI fue totalmente afectada con la dotación de tierras para la

angostura. Los Rosillo se vendieron entre ellos las propiedades, aún cuando lo hicieron a otras personas que no eran de la familia, las ventas más fuertes de tierras se hicieron entre miembros de la misma familia. Por ejemplo, el 11 de marzo de 1957 María Rosillo Garcilazo cedió su propiedad a Pablo Rosillo Flores y Pablo Rosillo Flores vendió 63-72-17 has a Elías Flores Acevedo el 11 de diciembre de 1957. Quedó como propietario de 56-45-50 has que equivalen a 36-24-75 has de riego teórico.

Después de que La Angostura fuera dotada con tierras del Rancho La Providencia, según resolución presidencial del 22 de octubre de 1935, la superficie restante fue dividida entre varias personas entre ellas dos mujeres quienes se convirtieron en pequeñas propietarias. María de la Luz Rosillo compró a Josefa Rosillo Garcilazo un predio de 176-13-28 has, que además contaba ya con un amparo de inafectabilidad; además Josefa era dueña de otro terreno con una extensión de 56-94-98 has que posteriormente donó a Pablo Rosillo. Originalmente María Rosa Rosillo quedó como dueña de 55-19-48 has, pero luego las vendió a Javier Medina.

El título de este apartado sugiere que las mujeres no eran realmente dueñas, sino que se las utilizaba para dividir las propiedades y así evadir el reparto de tierras al acogerse

⁹AGGEG. CLA. C. 10. E. 2. Fojas 122 a 134.

¹⁰AGGEG. CLA. C. 18. E. 1. Fojas 655 y 656. 1929.

a la definición de pequeña propiedad y acudir a la inafectabilidad de sus tierras. Pero en el caso de ser las dueñas reales ellas no se dedicaban a las labores agrícolas, ya que cumplían con los roles establecidos, y entonces un varón se hacía cargo de los asuntos de las tierras.

Corre el tiempo y las dueñas de predios crecían, así en la Ex hacienda Panales dos mujeres poseían las tierras restantes, luego de las afectaciones: María Macedonia Murillo Moreno, dueña del predio el Sultán con una extensión de 12 has, explotación hortícola dedicada al cultivo del tomate. María Concepción Chávez de Arreguín. Dueña del Alcázar, con 50 has de las cuales 40 cultivadas con cebada y 10 preparadas para el cultivo del sorgo. Luís Arreguín, el esposo, era también el apoderado. Por tanto puede inferirse que a pesar de que la señora fuera la dueña, el marido era quien en realidad manejaba todo lo relacionado con la tierra y quizás otros negocios.

En la fracción de los Huertos de la misma ex hacienda María de Jesús Mondragón Infante tenía una propiedad de 50 has de riego por gravedad y estaba sembrada con camote y jitomate. En este caso podría observarse un poco más de participación de esta mujer, pero tener un apoderado significa que la mayor parte de los trabajos y decisiones en

torno a la finca las tomaba el apoderado y no ella.

María Rosa Ruiz era dueña de El Rancho La Catarina, pero no llevaba personalmente los asuntos del rancho, no firmaba siquiera los contratos de aparcería, quien lo hacía era su representante Miguel Ruiz pariente de ella. Es en los contratos de aparcería donde encontramos que hay varias mujeres dueñas de distintos predios, muchas de ellas representadas en los contratos –y quizás en las decisiones de sus tierras– por un pariente cercano. A continuación se presenta una relación de varias de las dueñas, a principios de los años cuarenta, en la zona de estudio.

En el caso de las dueñas Rosillo, el hermano de ellas Basilio Rosillo era su representante, eran dueñas de varias fracciones de lo que fue la Hacienda de Guadalupe, pero no tomaban las decisiones con respecto de sus tierras, no tenían el control real, pareciera que solamente fueron prestanombres.

De los restos de la Hacienda La Magdalena, quedó como dueña de una fracción María Guadalupe Arias de Guerra. Tenía una extensión de 73-82-56 has y se encontraba amparada con un certificado de inafectabilidad expedido por acuerdo presidencial del 21 junio 1950 y publicado en el diario oficial de la federación el 17

Cuadro 3. Propietarias de tierras, 1938-1943.

Nombre	Nombre de predio	Apoderado
María Rosa Ruiz	Rancho La Catarina	Miguel Ruiz
Hermelinda García de Murillo	Hacienda El Zertenejo	No tiene ^a
Abelina Gasca	Ex Hacienda La Magdalena (115 has)	No tiene ^a
Josefa Rosillo	Fracción II Hacienda de Guadalupe	Basilio Rosillo
María de Jesús Escandia	Nd	Nd
María Rosillo	Fracción I Hacienda de Guadalupe	Basilio Rosillo

Fuente: AHS. Expedientes 45, 47, 48 y 50, años 1938, 1940, 1941 y 1943. Diferentes contratos de aparcería.

Nota: a. Por lo menos no aparece en el contrato de aparcería.

¹¹AGGEG. CLA. C. 15. E. 1.

¹²AHS. Haciendas. Expediente 8, 1937.

agosto 1950.

Por otro lado Guadalupe Arroyo Vera era dueña de 43-35 has de temporal y María Esperanza Vargas Bustamante dueña de 43-35 has de tierras de temporal de lo que fue la Hacienda de la Quemada, en el año de 1969. Del Rancho de Ojuelos quedaron dos pequeñas propietarias: Ana María Ramírez López con 24-54 has de temporal y agostadero. Margarita Ramírez López con

43- 54 has de temporal y agostadero.

Al parecer este rancho estaba dividido entre la familia pues la suma de todas las hectáreas era de 271-38-31 has y podría haber sido afectado por el reparto de tierras, y esta pudo ser una estrategia para impedir su disolución y reparto entre campesinos peticionarios de tierras. Además de las dos propietarias, hay dos varones propietarios y no se tienen datos si las dos mujeres eran casadas con

Cuadro 4. Resumen del censo agrario, 15 de diciembre de 1938.

Nombre del poblado	Número de ejidatarias	Porcentaje	Total de ejidatarias y ejidatarios
Joyita de Pastores	0	0	51
Santo Tomás	0	0	91
Eméngaro	1	0.39	259
La Magdalena	1	2.4	42
La Luz	3	1.8	165
La Quemada	3	2.9	103
San Pedro o Aquiles Serdán	3	2.8	106
San José del Carmen	4	3.8	105
Maravatio del Encinal	5	2.02	248
San Isidro	8	7.7	104
Santiago Maravatio	8	3.8	209
Urireo	11	4.1	266
San Nicolás de los Agustinos	3	1.3	234
TOTAL	50	2.5%	1983

Fuente: elaboración propia en base al Exp. 23/1073, AGA, según censo de población de 1938.

ellos. Todas las fracciones del rancho fueron respetadas en la resolución presidencial del 27 de junio de 1951 para la ampliación de la Luz, misma que fue negada y dejada a salvo los derechos de 123 capacitados.

Las mujeres en el reparto de tierras en Salvatierra

En la Magdalena se hizo un censo para la ampliación del ejido, donde resultaron 30 personas con derechos de tierras, pero anotaron a siete mujeres que luego dejaron fuera porque eran casadas, y por tanto no tenían derecho a poseer la tierra.

En 1938 La Calera pidió tierras en dotación, así que necesitaron hacer un censo agrario para saber cuántas personas tenían derecho a tierra. Había 16 mujeres anotadas, de éstas 12 son viudas y solteras las demás, pero solamente fue tomada en cuenta una mujer soltera: Anita León Pérez de 16 años. Hay otra mujer anotada, de 16 años pero no tomada en cuenta para la dotación. A continuación se presenta el resumen del censo.

Aún cuando los documentos no lo dicen, se puede inferir que las ejidatarias lo fueron por herencia ya que todas tienen anotados en

¹³Ibid. 1945.

sus nombres “viuda de”. Estos ejidos habían sido dotados años antes por lo que varios de los primeros ejidatarios murieron y dejaron como sucesoras a sus esposas.

Cuando las mujeres poseían la tierra, sufrían el saqueo de sus tierras y a veces de forma violenta. En 1936 Ángela Gómez viuda de Vallejo había sido despojada de su parcela por un grupo de ejidatarios. En este caso tuvo que intervenir la Secretaría de Gobierno del Estado de Guanajuato y ordenar al Presidente Municipal de Salvatierra que interviniera para que las tierras le fueran devueltas a la señora.

En 1937, en San José del Carmen, aumentó el número de ejidatarias (todas viudas). En 1933, en este mismo pueblo, solamente había cuatro ejidatarias y en 1937 fueron admitidas Rutilia viuda de Martínez, Altagracia Flores viuda de Beltrán, Eulalia Arreguín viuda de Haro, María Flores viuda de Hernández y Lugarda viuda de Tiliano. En total eran ya nueve ejidatarias y todas como sucesoras de sus esposos.

La vía principal para que las mujeres adquirieran tierra era por medio de la sucesión, pero aun cuando hubieran obtenido la parcela de sus esposos difuntos perdían los derechos si ellas volvían a casarse. En 1942, en el certificado de derechos de parcela ejidal de Guadalupe López, viuda originaria de la Magdalena, en cuya lista de sucesión aparecen sus tres pequeños hijos varones. Es en este certificado donde aparece la nota de la pérdida de tierras si ella volvía a casarse. En 1950 se enviaron a San Miguel Eméngaro 99 certificados de derechos agrarios, de los cuales sólo dos son ejidatarias y los demás ejidatarios. Cabe señalar que las dos ejidatarias dejaron su parcela a un

hombre, probablemente un hijo.

De los 99 certificados revisados sólo 2.02% fueron para mujeres y ellas a su vez tienen como sucesores a hombres, 14.14% de los ejidatarios con derechos agrarios dejaron como sucesora a una mujer.

En otra lista de certificados de derechos agrarios, pero de 1951, aparecen tres ejidatarias y tienen como sucesoras a mujeres. Este es el primer caso encontrado de mujeres ejidatarias que dejan a mujeres como sucesoras.

El 3 de septiembre de 1949, en el ejido de las Cañas, se realizó una asamblea para que se hiciera el cambio de autoridades ejidales. En el acta de asamblea indica que en ese entonces en el ejido había 29 ejidatari@s y de los cuales sólo seis eran mujeres. Pero ninguna de ellas asistió a la asamblea a votar por el cambio de autoridades, influidas tal vez por la ideología dominante según la cual las mujeres debían (y deben) estar en sus casas ocupándose de asuntos relativos a su familia y no participar en asuntos públicos. En 1965 en este mismo ejido de las Cañas, había solamente siete ejidatarias y fueron anotadas al final de la lista y ninguna de ellas estaba anotada desde 1949, cuando había en el ejido seis ejidatarias.

En 1966 se formó un nuevo censo agrario en el pueblo de San Pedro de los Naranjos —o Aquiles Serdán— para solicitar la ampliación del ejido. Se anotaron 68 personas con derecho a tierras y, como un caso excepcional, la única mujer anotada tenía 16 años y se dedicaba al hogar: Carolina A. No decía que fuera viuda o con hijos a su cargo, por ello es excepcional, pues aún la ley no había sido cambiada.

¹⁴AGA. E.23/1081 Fojas 103-129. 1971.

¹⁵AGA. Exp. 25/1071.

Las disputas por la tierra

Las mujeres comenzaron a aparecer con más frecuencia en los ejidos a raíz de las sucesiones de los viejos ejidatarios. A finales de los setenta y principio de los ochenta, en varios pueblos de la región se iniciaron sucesiones parcelarias, a veces las sucesoras eran mujeres, hijas o esposas de los ejidatarios, pero tuvieron problemas para el reconocimiento pleno de sus derechos. A pesar de que los problemas de sucesión se observan con mayor frecuencia en los años setenta, se encontraron datos de 1940 donde se registran conflictos por tierras entre hombres y mujeres.

En la búsqueda de datos para el trabajo se encontraron numerosos problemas por la sucesión de la parcela. Los ejidatarios o ejidatarias fallecidas dejaban, en algunas ocasiones, a sus esposas, hijas o nietas como sucesoras de los derechos de las parcelas. Se observa que en la mayoría de los casos los comisariados ejidales estaban a favor de los hombres en la disputa por la tierra. Las autoridades daban preferencia a un hombre aun cuando en la lista de sucesión se encontrara en segundo o tercer lugar.

A pesar de que se reconoce a las mujeres como dueñas, enfrentan problemas con personajes masculinos por el disfrute de las

tierras, pueden ser hermanos, abuelos, tíos, incluso cuñados, hermanos de los difuntos (en el caso de las viudas) y que disputan con estas últimas el derecho a la sucesión. En algunos casos –donde se presenta un acta de sucesión– se contempla a mujeres como sucesoras, pero en otros siempre en segundo término, primero están como sucesores los hombres.

Las mujeres acudían a diferentes autoridades para solicitar la parcela del esposo fallecido, lo cual muestra falta de información en torno a los trámites y procedimientos para solicitar la sucesión de derechos ejidales. Por ejemplo, en 1941 María Guadalupe Granados acudió al ministerio público para pedir que se le considerara como sucesora de su esposo, quien había muerto. El ministerio público lo que hizo fue pedir al comisariado ejidal de San Nicolás de los Agustinos que tomara en cuenta a la mujer para la sucesión. Pero hay otros parientes masculinos que entablaban pleitos por las parcelas. Se encontró el caso de una niña sucesora de los derechos de su madre, pero el abuelo le quitó la parcela y el caso se llevó a los tribunales agrarios. Aunque los documentos no dicen quien representaba a la niña.

En varios casos encontrados en los documentos, se observa que los hombres

Cuadro 6. Sucesores y sucesoras de derechos ejidales en la Estancia de San José del Carmen, 1981.

	Mujeres titulares	Hombres titulares
	10	14
Sucesora preferente	2	10 ^a
Sucesor preferente	6	1
Sin sucesores	2	3

Fuente: elaboración propia con base en expediente 23/1055, AGA.

Nota: el total de casos tratados fueron 46, pero sólo se tomaron en cuenta donde había una titular o los casos de hombres titulares con sucesora preferente. a. Generalmente, si no que en la mayoría de los casos, la sucesora es la esposa del ejidatario.

¹⁶Ibid.

¹⁷Ibid.

¹⁸AHS. Exp. 50, 1943. Contrato de aparcería entre el representante de María Rosa Ruiz y Rafael López Ortega.

Cuadro 7. Adjudicatarios(as) de los y las ejidatarias sin sucesores, Estancia de San José del Carmen, 1981.

	Mujeres titulares	Hombres titulares
	2	3
Adjudicataria	1	3
Adjudicatario	1	0

Fuente: elaboración propia en base al expediente 23/1055, AGA.

Nota: se considera adjudicatario o adjudicataria a la persona a la cual la asamblea le reconoce derechos sobre la parcela aun cuando no sea sucesor o sucesora preferente.

tienen, generalmente, el apoyo de las autoridades locales y federales, incluso la asamblea de ejidatarios prefería, y prefiere, a los varones sobre las mujeres.

El hecho es que las mujeres al estar en posesión de tierras son despojadas de ellas, pues se espera que solamente se dediquen a las labores del hogar y no se las ve como trabajadoras agrícolas (aún cuando lo sean) y solamente son consideradas como una “ayuda” del varón en las labores agrícolas. Esta concepción de las mujeres rurales les ha impedido el acceso a los recursos, además las leyes no las han considerado como sujetas de derechos agrarios y las mismas autoridades agrarias les impidan el acceso a la tierra.

En el cuadro 6 se observa que –en este caso- los hombres titulares dejan en mayor medida las tierras a mujeres. De 14 hombres titulares, diez dejaron la tierra a mujeres –generalmente sus esposas- y sólo uno le dejó la tierra a un hijo. Esto marca una diferencia con las mujeres titulares; sólo dos de ellas dejaron sus tierras a mujeres y seis a hombres. La tendencia es clara, las mujeres también prefieren como herederos a los hombres. Los casos que se anotan en el cuadro son solamente aquellos donde se encontró una mujer como sucesora o como titular. Los casos son 46 y de éstos sólo 12

titulares dejaron la tierra a mujeres, 26% de los titulares de tierras vistos en la asamblea ejidal.

Las mujeres son el puente para el traspaso del patrimonio familiar entre dos generaciones. En este mismo sentido Robichaux (1988) menciona en un trabajo realizado en Tlaxcala que para el caso de Acoxtla del Monte, 17% de las parcelas que estaban en ese momento en posesión de los hombres habían estado anteriormente en manos de mujeres generalmente las madres.

En el cuadro 7 aparecen los ejidatarios y ejidatarias que no dejaron sucesor o sucesora. En este caso la asamblea de ejidatarios decidió a quien se le daba la parcela del ejidatario(a). En el caso concreto de dos mujeres titulares que no dejaron sucesor o sucesora, la asamblea decidió que una parcela se la dejaran a un hombre y otra a una mujer. En el caso de los tres hombres ejidatarios que no dejaron sucesores, la asamblea decidió dejar las parcelas a tres mujeres (en este caso esposas de los ejidatarios fallecidos). No es difícil de pensar en pocos años la tierra se le heredaría a los hijos varones.

En la herencia de la tierra, se consideraba (y se considera) prioritariamente a los varones,

¹⁹AGA. E.23/1081 Fojas 103-129. 1971.

²⁰Ibidem.

²¹Ibidem.

pues no se espera que las mujeres trabajen la tierra –los esposos se encargarían de su manutención y la de los hijos–, además muchas mujeres ceden su parte a los varones miembros de su familia. Aún cuando las mujeres puedan heredar, no significa que tienen el control sobre la tierra, ya que la tierra heredada por mujeres se incorpora al patrimonio familiar que generalmente administra el jefe de hogar, generalmente un varón. Varios estudios confirman que se prefiere que los hombres hereden la tierra y no las mujeres (González, 1992, Alberti, 1998, citadas en Deere y León, 2002). Pero se observa una tendencia cada vez mayor a que las mujeres hereden la tierra, pero en zonas donde la agricultura ha dejado de ser la principal actividad económica de los hogares o donde hay una creciente migración masculina y femenina (Deere y León, 2002). Además si una mujer o varias mujeres de una familia trabajan la tierra o administran las labores agrícolas –es decir, que paguen a trabajadores o trabajadoras por las labores agrícolas– no les garantiza la sucesión en el derecho por la tierra. Ya que, en ocasiones, a pesar de que un hijo varón esté ausente y no haya trabajado la tierra, tiene mayores probabilidades de heredar la parcela.

Las mujeres fueron apareciendo en la lista de ejidatarios pero siempre en número inferior a los hombres. Por ejemplo en 1952 en el ejido de Ballesteros había 57 ejidatari@s y solamente había dos mujeres ejidatarias: María Josefa Maldonado y Manuela Sosa, en este año habían fallecido seis ejidatarios y solamente dos dejaron a sus esposas la tierra (cuyos nombres se anotaron arriba). Pero ya desde el censo de 1942 había tres mujeres anotadas con derechos a poseer parcelas, pero no son las mismas que en 1952 ya tenían la categoría de ejidatarias –es muy probable que sus tierras hayan pasado a

manos de alguno de sus hijos. En el censo de 1942 estaban anotadas Quintina Hernández, Martina Carmona y Juana López, mismas que después no pudieron tomar posesión de una parcela, al igual que 109 campesinos. Aún cuando las mujeres sean las herederas, se enfrentan a sus parientes varones por el control de la parcela. Esta situación no es exclusiva de la zona de estudio, en otras zonas de estudio como Guadalajara y Morelos se encuentran enfrentamientos de este tipo (Brunt 1992, citado en Deere y León, 2005:413; León, *et al.*, 2005).

El despojo a la orden del día

En la Congregación de San José del Carmen, municipio de Salvatierra, se presentaban varias quejas sobre despojos de tierras y problemas con la posesión de la tierra. Varias mujeres de la Congregación y de San Isidro se quejan de que habían sido víctimas del robo de sus tierras. Además en las sucesiones de tierras se seguía –y se sigue– prefiriendo como sucesor a los hombres. En una sucesión de derechos encontrada en el archivo, aparece como primer sucesor o preferente el hijo mayor y en segundo lugar la esposa. Luego siguen otros tres hijos varones y al final la única hija mujer.

En 1984, Gloria Andrade García acude ante las autoridades agrarias con el fin de que se le reconozcan derechos sobre una parcela que estaba a nombre de Roberto García Arreguín –esposo de Gloria. Las autoridades decían que iban a investigar “si la interesada reúne los requisitos de capacidad agraria...”, situación que, por lo menos, no mencionaban en el caso de que fuera un varón quien reclamara los derechos. Gloria aparece como sucesora preferente y enseguida su hijo – con 20 años en ese momento– pero aun así las autoridades agrarias debían verificar la autenticidad de la sucesión. Esta situación no

²²AGA. Exp. 23/1069. Fólter 2. Marzo de 1936.

se verificaba en caso de que fueran hombres los sucesores. Gloria debía presentar pruebas de lo que decía por lo que presentó acta de matrimonio, certificado agrario y certificado de desavocindad de esposo. Finalmente la asamblea ejidal, que se llevó a cabo el 20 de marzo de 1984, decide trasladar los derechos de la parcela a Gloria, pues el ejidatario se fue a los Estados Unidos desde 1969 y no había cumplido con sus obligaciones como ejidatario, ni como padre de familia. El sucesor preferente de Gloria fue su hijo, que como ya se mencionó contaba con 20 años de edad, y posiblemente la parcela pasó pronto a sus manos y Gloria solamente fue la transmisora de los derechos. Sin embargo Gloria fue reconocida por haber trabajado esa parcela a lo largo de casi veinte años.

“Y las autoridades se hacen uno con ellos...” Durante la XV Asamblea de la Central Campesina Independiente (CCI), María de Jesús Mendoza –originaria del Rancho de Guadalupe– presentó la queja de que la parcela de su padre estaba siendo trabajada por otra persona ajena a la familia y que además “...ni siquiera está de acuerdo en pasarme algo de lo que produce la tierra.” –decía María de Jesús. Además afirmaba que el Promotor Agrario intervenía a favor de la otra persona “se hacen uno”. Posteriormente el Secretario General de la CCI solicitó a la Secretaría de la Reforma Agraria que interviniera pues la señora era la tercera sucesora. Ante esto hubiera sido bueno ver quienes eran el primero y el segundo sucesor, probablemente hombres. Las mujeres acudían a las autoridades a denunciar los casos de despojo, a veces perpetrados por los presidentes del

comisariado ejidal. En ocasiones, el despojo se acompañaba por desconocimiento de las mujeres del proceso de sucesión.

Este fue el caso de Eulalia Arreguín Ramírez quien vivía en San José del Carmen y que en 1982 fue despojada de sus tierras por el presidente del comisariado ejidal, desde hacía cinco años. Esta mujer era viuda y seguramente no sabía sobre el proceso de sucesión. A pesar de que las mujeres que sufrían despojo acudían ante las autoridades agrarias, ellas no recibían respuesta de ningún tipo.

Organizaciones políticas como la CCI y Unión Nacional Demócrata Campesina y Obrera, aparecen como organismos intermediarios de las diferentes quejas de personas afectadas con el despojo de sus derechos agrarios y de sus parcelas. La CCI, por ejemplo, interpuso la queja ante la Secretaría de la Reforma Agraria ya que la Sra. Dolores Medrano López fue despojada de la parcela que perteneció a su esposo. Desde hacía 12 años el Presidente del Comisariado Ejidal le despojó de la parcela en complicidad con el Presidente de la Comisión Agraria Mixta, ambos le hicieron firmar un documento donde cedía los derechos a Moisés León Martínez. Cuando la señora quiso pagar su contribución por la tierra, el presidente del comisariado le informó que ya no tenía derechos sobre ella debido al documento que firmó. La CCI pedía que le restituyeran la parcela a Dolores ya que era su único patrimonio. Posteriormente la Sra. Dolores Medrano acude ante la Unión Nacional Demócrata Campesina y Obrera

²³Esta situación es otra forma más de discriminación de las leyes hacia las mujeres, pues ellas al casarse perdían su derecho a las tierras y no así los hombres. AHS, Agricultura, F. 57, 1950

²⁴AHS. Ibidem.

²⁵Según Sherry Ortner (1979) las actividades y tareas de las mujeres se consideran circunscritas a su labor de madres y por tanto las mujeres son confinadas a la casa que es el sitio de la familia. Al estar encerradas en lo doméstico, las mujeres son consideradas inferiores a los hombres. Porque además la esfera doméstica se considera subsumida dentro de la esfera pública, controlada por los hombres y considerada, por tanto, inferior a ésta (citada en Moore, 2004)

con el mismo propósito: que la apoyaran para recuperar la parcela de su esposo. La parcela en disputa era la del título número 66425 y tenía como sucesores registrados a Dolores Medrano, Francisco, Jesús, Atilio, Oliva, Rosa y Ofelia Martínez.

Las Unidades Agrícolas Industriales para la Mujer (UAIM)

Una de las formas que las mujeres rurales tienen para acceder a la tierra es por medio de las UAIM. Esta figura fue decretada en 1971, en este mismo año se estableció la igualdad jurídica de los hombres y las mujeres para ser dotados de tierra por el estado mexicano (Arizpe y Botey, 1986; Velázquez, 1992).

Con la creación de la Unidad Agrícola Industrial para la Mujer (UAIM) se otorgaba a las mujeres no ejidatarias una parcela para que establecieran en ella empresas agroindustriales o agropecuarias. Su propósito era apoyar en el desarrollo productivo de los ejidos mediante la participación económica de las mujeres (Velázquez, 1992).

Hasta 1985 se habían promovido 8,000 UAIM en el país, se habían registrado 1,224 y habían recibido créditos 1,112. El número es mínimo si se toma en cuenta que existen 29,000 ejidos en el país. Únicamente se habían destacado 1,000 UAIM que estaban dedicadas a la producción agrícola, avícola, porcícola y artesanal (Arizpe y Botey, 1986).

Las UAIM en el Estado de Guanajuato

En este apartado se presentan los resultados del trabajo de campo que se llevó a cabo en mayo de 2006, a petición y con financiamiento del Instituto de la Mujer Guanajuatense (IMUG) y que tuvo por objetivo indagar cuáles unidades aún

continuaban con proyectos productivos en 2005 y 2006.

No hay consenso entre las instancias que tienen a su cargo las UAIM sobre el número de éstas; según la Procuraduría Agraria (PA) en el estado de Guanajuato existen registradas 210 UAIM. Sin embargo, la misma PA no sabe a ciencia cierta cuáles de ellas aún continúan funcionando y en cuáles ejidos nunca se creó esta figura. Se calcula que 36.5% de las UAIM en el estado aún continúan trabajando de manera precaria. Otros organismos gubernamentales muestran cifras diferentes a las de la PA, la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) en 1998, registraba 174 UAIM en el estado y el Registro Agrario Nacional (RAN) 267. Se tomó como base para hacer esta investigación la lista proporcionada por la PA, ya que mostraba a detalle el número, nombre y ubicación de las UAIM en el estado de Guanajuato. Con esta lista se elaboró una muestra de las unidades, considerando suficiente 30% de las registradas por la Procuraduría Agraria, es decir, se visitaron 63 unidades distribuidas en 29 municipios del estado.

Municipio	Número	Porcentaje
Acámbaro	2	8.7
Apaseo	1	4.3
Ocampo	1	4.3
San Felipe	5	21.7
Pénjamo	2	8.7
San Luis de la Paz	2	8.7
Victoria	1	4.3
San Miguel de Allende	3	13.0
San José Iturbide	1	4.3
Dolores Hidalgo	1	4.3
Yuriria	1	4.3
Juventino Rosas	1	4.3
Comonfort	1	4.3
Valle de Santiago	1	4.3
Total	23	100.0

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo, Guanajuato, 2006.

²⁶AHS. Agricultura. Exp. 43, 1936.

De la muestra seleccionada, encontramos 23 (de las 63) UAIM activas, es decir, que trabajaban algún tipo de proyecto productivo. Al agrupar los municipios en grandes zonas, notamos que son las del norte del estado, San Felipe y otros municipios de la sierra, donde se concentra el mayor número de UAIM activas, en estas dos zonas se agrupan 60.8% de los grupos en el estado de Guanajuato. En el siguiente cuadro se muestran cuántas unidades hay por municipio en el estado.

Cuadro 8. Número de UAIM activas por municipio, Guanajuato 2006.

N= 63

Sugerimos que la permanencia de un mayor número de unidades en las zonas de San Felipe y otros municipios de la sierra, se deba al sistema de trabajo, ya que las mujeres han dividido la tierra entre sus integrantes y esto posibilita que no existan rencillas entre ellas y que los varones de las familias las apoyen, pues son ellos quienes finalmente laboran la tierra. Sin embargo, esta situación no se apega a lo que originalmente se pretendió con las UAIM, ya que el objetivo era que la tierra debería ser explotada de forma colectiva por las mujeres. El trabajo conjunto no les ha dado buenos resultados, económicamente hablando, y sí muchos problemas de organización y malos entendidos; lo anterior como resultado de la escasa o nula capacitación que las mujeres han recibido en cuanto a la organización de sus grupos, entre otras problemáticas.

Como se mencionó antes, no todas las UAIM inactivas formaron un grupo; de las 63 UAIM visitadas –las cuales se encuentran en todo el estado–, en 34% de ellas nunca se formalizó o se creó un grupo de mujeres que trabajara la parcela de la mujer. Mientras que,

si sumamos las UAIM activas e inactivas, en 66% de la muestra se formó un grupo. De este porcentaje 29% dejó de trabajar su parcela o algún otro proyecto productivo, disminuyendo por tanto el número de UAIM que actualmente trabajan.

¿Por qué se formaron tan pocas unidades en el estado, por qué muchas de ellas, aunque en papel, no llegaron a formalizarse, por qué varias de las formadas se desintegraron? La respuesta que se plantea es que la división de trabajo por género, donde se asignan distintas tareas, reconocimiento y prestigio a mujeres y hombres, ha hecho difícil que las mujeres posean y controlen la tierra. En el caso de las mujeres de las unidades en el estado de Guanajuato, poseen una parcela de similar extensión que las de los ejidatarios de sus pueblos, con la diferencia de que dicha parcela es para diez o más mujeres.

La creación de UAIM en las comunidades estudiadas, tuvo varios impactos, en solamente presentaremos algunos de ellos.

A nivel económico, se esperaba que estas unidades generaran empleos en el sector rural, pero las experiencias nos indican que esto no ocurrió, ya que la producción de las parcelas es insuficiente para los grupos y no generan excedentes para emplear a otros miembros de las comunidades. Por ejemplo, en las experiencias estudiadas del estado de Guanajuato, las mujeres se quejan de que sus tierras son escasas para el número de integrantes. La UAIM de La Ventilla, municipio de San Felipe, cuenta con 19 integrantes y poseen sólo 14 hectáreas de temporal, mismas que se dividen por surcos, entre ellas. Pero además, la tierra es de mala calidad, por tanto la producción que obtienen es reducida y no alcanza para solventar las necesidades del grupo doméstico de cada

²⁷AHS. Agricultura. Exp. 44, 1937.

²⁸AHS. Agricultura. Exp. 57, 1950.

²⁹AHS. Agricultura. Exp. 44, 1937.

participante en la unidad. En el caso de Santo Tomás aún son menos las hectáreas para el grupo de mujeres, como se observa en el testimonio siguiente:

... quedamos 15 personas. Tenemos la parcela gracias a la señora Lupe, la parcela es de tres hectáreas de riego y dos de temporal. Mi abuelita todavía firmó y llegó bien feliz porque decía “ya ganamos para las mujeres” (mujer de la UAIM Santo Tomás, 16 de marzo de 2005).

Pero pese a que económicamente la UAIM no es rentable para las socias, se ha convertido en un espacio de recreación, esparcimiento e intercambio de ideas, pero no es suficiente ya que lo ideal sería que además de ello fueran rentables.

En el ámbito cultural, las UAIM trastocaron, de alguna forma pues ya no eran las mujeres solamente dedicadas a su casa, las relaciones sociales y de género dentro de las comunidades, lo que originó innumerables conflictos con los ejidatarios, con las familias de las mujeres y entre ellas mismas. Al asumir las responsabilidades que les demandaba el grupo, no contaron con apoyo familiar adecuado, a diferencia de los hombres, que cuentan con la esposa o compañera para las actividades domésticas. Tenemos veinte años sufriendo todas las mujeres hasta con nuestros propios maridos, todas, porque el marido se sale a tomar una cerveza y hablan de una hasta lo que ya no porque nos ven avanzando, como quien dice y en las dependencias nos ignoran, no nos toman en cuenta...nosotras no importamos, en nuestros propios ranchos, en nuestras propias comunidades (mujer de la UAIM

Santo Tomás, 15 de marzo de 2005).

La oposición de los hombres de la comunidad –incluyendo a los esposos, padres e hijos– fue un importante elemento en la disolución de los grupos de mujeres. Muchos de ellos se resistieron desde el inicio a la creación del grupo, otros más influyeron en sus esposas para que lo abandonaran, se dio el caso de una UAIM que fue disuelta porque las mujeres integrantes ya eran todas casadas. Esta situación nos muestra cómo las mujeres deben ceñirse a las normas sociales que las recluyen y designan a ciertas actividades consideradas como propias, normas que les impiden acceder y controlar recursos que les permitan tener ingresos propios.

Un avance significativo fue que las UAIM se convirtieron en lugares específicamente femeninos –no debemos olvidar que dentro de las comunidades es poco común encontrar espacios lúdicos para las mujeres y menos como parte de una actividad económica fuera de la familia–. Esta situación implicó cambios profundos y conflictos en las relaciones de género y en la subjetividad femenina de algunas de las integrantes.

Las mujeres de las UAIM pudieron tener mayor movilidad, ya que trabajan fuera de sus casas y algunas de ellas negocian recursos para sus unidades, aunque esta situación resultó difícil de aceptar por parte de los varones de las familias y de las comunidades. Las socias de las unidades han tenido que negociar en el seno de sus familias, cambios y apoyos en la organización de las actividades domésticas para que esto les permitiera participar en las acciones del grupo. Algunas mujeres entrevistadas afirmaron que pertenecer a la

³⁰AHS. Agricultura. Exp. 56, 1949.

³¹Ibidem.

³²AGA. Exp. 23/1010. Fólter 4. Ampliación de ejidos, ejecución.

³³Recordemos que es hasta 1971 cuando se cambia la Ley de la Reforma Agraria y da derechos iguales a hombres y mujeres para poseer tierra.

unidad les ha dado mayor poder de decisión, ya que antes pedían permiso, pero ahora ya no y solamente avisan a los maridos.

En las UAIM de las zonas de La Sierra y San Felipe encontramos una mayor sobrevivencia de los grupos de mujeres, pero es ficticia, ya que la parcela la trabajan los esposos o padres de las mujeres. En los ejidos de estas zonas no hay oposición aparente de los hombres de la comunidad hacia las UAIM, pero es porque son ellos quienes controlan la tierra, impidiendo que las mujeres lo hagan y que puedan empoderarse.

CONCLUSIONES

Las preguntas que se plantearon al inicio de este trabajo son: ¿cuál ha sido el acceso a la tierra que han tenido las mujeres de la zona en estudio a lo largo del tiempo, desde las haciendas hasta la creación de las UAIM? y ¿Por qué las mujeres no han tenido el acceso formal y real a la tierra, qué hay detrás de esa negativa?

A lo largo de este trabajo hemos comprobado que las mujeres han participado activamente en el proceso histórico en estudio, tanto en la organización y trabajo en las haciendas hacia finales del siglo XIX, así como en la producción de los ejidos y en las UAIM en el siglo XX. Pero su participación, presente en todos los ámbitos, ha sido invisibilizada debido a la ideología patriarcal dominante, dando como resultado una desigualdad de oportunidades en el acceso a la tierra, créditos y puestos de decisión.

Al analizar la historia desde una óptica de género, opto por aceptar el concepto patriarcado como un sistema dentro del cual se generan desigualdades entre hombres y mujeres, sistema que no acaba en el tiempo sino que se ha modificado para permanecer.

Si bien han ocurrido cambios en las leyes mexicanas, éstos fueron tardíos, no se hicieron justo en el momento de la Reforma Agraria, ya que la igualdad jurídica de hombres y mujeres en el acceso a la tierra se decretó hasta 1971 y en ese entonces ya se había repartido la mayor parte de la tierra en México, aunque algunos ejidos fueron dotados en este tiempo. En Guanajuato se encontraron pueblos que obtuvieron la tierra después de 1971, por lo que automáticamente una parcela fue asignada para las mujeres, sin embargo – como en el caso del ejido Mexiquito- ésta no fue entregada a ellas. ¿Por qué? Porque a pesar de lo que dice o decía la Ley, existen usos, costumbres y prácticas sociales que imposibilitan que las mujeres realicen actividades que se consideran no apropiadas para ellas, como la agricultura. Por tanto, no basta el cambio de leyes, deben modificarse las prácticas sociales mediante un proceso educativo formal e informal. A inicios del siglo XX las mujeres que tenían acceso a la tierra, registradas en los archivos oficiales, eran pocas, vía herencia del esposo. Hoy vemos que las mujeres ejidatarias acceden a la tierra principalmente por medio de la herencia. Hoy como ayer, las mujeres son un puente de transmisión de derechos agrarios hacia sus hijos varones, principalmente.

Sin embargo, hay cambios, nuevos fenómenos sociales que no existían de forma tan aguda como hoy día. La migración campesina ha mostrado una tendencia mayor hacia la feminización del campo, donde son las esposas y las hijas son las que se hacen cargo de la parcela; pero esto no indica que antes no lo hicieran, sólo que era menos evidente. Aunque es posible que, a pesar de que los esposos no estén presentes, no sean ellas quienes tomen las decisiones productivas.

³⁴AGA. E. 23/1073; ³⁵AHS. Agricultura, exp. 12, 1941; ³⁶AHS. Agricultura, exp. 25; ³⁷AGA. E. 23/1057. 1981; ³⁸Ibidem.

No se pueden minimizar los cambios que se produjeron, pues hoy existen más mujeres con tierra, con empleo, con mayor educación, pero no se deben echar las campanas al vuelo, aun falta mucho, el sistema se adecua a los cambios para continuar con los privilegios masculinos.

¿Qué cambió? Las mujeres hacendadas eran muy pocas con respecto a los hacendados, sobre todo hacia 1910, fueron transmisoras de derechos; no hubo cambio en las prácticas sociales, pero sí la hubo en el aspecto formal, las leyes cambiaron. A pesar de que haya cambios legales, que haya más mujeres propietarias (aunque en relación con los hombres, son pocas), que incluso algunas sean integrantes de los órganos de dirección de los ejidos, la realidad aun muestra que se siguen considerando las actividades de acuerdo al género, que ciertas actividades son consideradas masculinas y por tanto de prestigio y fuera del alcance de las mujeres.

El patriarcado, como sistema que perméa todo, concebido como una forma para preservar los privilegios masculinos, aún funciona, aún persiste. La cultura forja a las mujeres como reproductoras, con actividades asociadas a ese ámbito, con trabajos relacionados con él. Las tareas femeninas se consideran de menor valor que las de los hombres y por tanto no remuneradas o con salarios desiguales. Todo esto hace que la equidad aun sea una meta a futuro, que no esté cerca.

La ideología ha permanecido, con algunos cambios, aunque no podemos negar algunos avances en la vida de las mujeres. Pero lo fundamental ha permanecido, el sistema ha cambiado para seguir existiendo.

Ya en la Reforma Agraria, las leyes nunca las contemplaron de la misma forma que a los varones. La Ley de 1915 no menciona a las mujeres. Las leyes posteriores lo hacen solamente cuando tuvieran familia a su cargo. Por eso fueron tan pocas las inscritas en los padrones de peticiones de tierras y menos aún las que fueron dotadas por el Estado Mexicano. Es hasta 1933, en el área de estudio, cuando aparecen más mujeres en los ejidos (aunque en un porcentaje muy bajo, 2.5%), pero todas, sin excepción, son sucesoras, ya que todas son “viudas de”. Si hubo ejidatarias antes, posiblemente pasaron la propiedad a sus hijos.

En algunos casos, con sólo unos años de diferencia, y en el mismo ejido, no aparecen las mismas mujeres, que si hubieran conservado la tierra en sus manos deberían estar en las listas posteriores. En el Estado de Guanajuato hay 41,112 ejidatarias y 127,842 ejidatarios. La constante es que siguen siendo pocas mujeres las propietarias de tierra. Otra es que la adquirieron como sucesoras y en muchos casos ellas heredaron a los hijos y no a las hijas.

LITERATURA CITADA

Arizpe, Lourdes y Carlota Botey. 1986. “Las políticas de desarrollo agrario y su impacto sobre la mujer campesina en México.” En: Magdalena León y Carmen Diana Deere (Editoras). La mujer y la política agraria en América Latina. Siglo XXI. Bogotá, Colombia.

Deere, Carmen Diana y Magdalena León. 2005. “La brecha de género en la propiedad de la tierra en América Latina”. En Estudios

³⁹AGA. E. 23/1057. 1984; ⁴⁰AGA. E. 23/9607. 23 de julio de 1978; ⁴¹AGA. E. 23/1057; ⁴²Ibid; ⁴³AGA. E. 23/1073; ⁴⁴ Este cálculo está basado en la muestra de 63 UAIM que se tomó de las 207 registradas. Los datos de esta muestra fueron analizados en el proyecto “Evaluación cuantitativa de las UAIM en el estado de Guanajuato”, mismo que se realizó a petición y con financiamiento del Instituto de la Mujer Guanajuatense.

Sociológicos. Vol. XXIII, núm. 68. El Colegio de México. México.

2002. Género, propiedad y empoderamiento: tierra, estado y mercado en América Latina. FLACSO, PUEG. México,

Fabila, Gilberto. 1981. Cinco Siglos de Legislación Agraria. 1493-1940. México: SRA – CEHAM, León, Arturo, Elsa Guzmán, Friné López, Julio Romani y Laura Ruiz. 2005. Relaciones de género en el acceso a la tierra. Estudio de tres ejidos en situación de pobreza. Espacio Autónomo, A. C. México.

Macías, Anna. 2002. Contra viento y marea. El movimiento feminista en México hasta 1940. PUEG. México.

Moore, Henrietta L. 2004. Antropología y feminismo. 4ª ed. Ediciones Cátedra. España.

Velásquez Gutiérrez, Margarita. 1992. Políticas sociales, transformación agraria y participación de las mujeres en el campo: 1920-1988. UNAM, Centro de Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. México.

Archivos Consultados

Archivo Histórico de Salvatierra, Guanajuato (AHS) Fondos: Agricultura y Haciendas.

Archivo General del Gobierno del Estado de Guanajuato (AGGEG), fondos: Fondo Secretaría de Gobierno. Sección Municipios, 1878-1901.

Sección Justicia, Procuraduría de Justicia, 1877.

Sección Comisión Local Agraria, Salvatierra, Gto.

Archivo Notarías.

LIBROS NOTARIALES: Salvatierra.

Notario Rafael Sámano. 1902.

Libro 6. Salvatierra 1913 a 1927.

EXPEDIENTES DEL AYUNTAMIENTO:

Expediente de la hacienda de San Cristóbal, 1913.

Comunicaciones de Estadística Nacional 1927.

Archivo General Agrario (AGA)

Expediente 23/1035, San Nicolás de los Agustinos.

Expediente 23/988, San Miguel Eménguar.

Expediente 23/1081, Santo Tomás Huatzindeo.

Expediente 23/991, Urireo.

Expediente 23/1010, San Pedro de los Naranjos o Aquiles Serdán.

Expediente 23/1057, San José del Carmen.

Expediente 23/158, San Isidro.

Expediente 23/9607, Rancho de Guadalupe.

Expediente 23/1016, Maravatío del Encinal.

Expediente 23/1068, La Quemada.

Expediente 23/1069, La Magdalena.

Expediente 23/1053, La Luz.

Expediente 23/1073, La Calera.

Expediente 23/1055, Estancia de San José del Carmen.

Expediente 23/9201, El Sabino.

Expediente 23/1051, El Potrero.

Expediente 23/1013, Cupareo.

Otras Fuentes

Entrevista a integrantes de la UAIM de San Miguel Eménguar, 23, 26 y 27 de julio del 2003.

EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL APROVECHAMIENTO DEL MÁRMOL EN SAN PEDRO Y SAN PABLO, TEPOSCOLULA, OAXACA.

Silva L J^{1,3}, Juárez L G², Acosta P R³, Orosco F S³.

¹Facultad de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

²Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca. ³Facultad de Agrobiología

³Centro de Investigación en Genética y Ambiente, UAT.

Calzada Apizaquito s/n, Km 1.5 Apizaco, Tlaxcala.

Correo electrónico: juanasilva@live.com.mx

RESUMEN

La explotación minera puede impactar a la sociedad de manera significativa, por tal motivo metodológicamente trabajamos con la matriz de Leopold quien maneja tres categorías tales como características físicas y químicas, biológicas y los factores culturales y/o socioeconómicos, de este último se trabajó en la Educación Ambiental en el área de impacto llamado “El Colibrí” en San Pedro y San Pablo Municipio de Teposcolula, Oaxaca, México. Arrojándonos resultados muy valiosos en pro del desarrollo sustentable y sostenible para la comunidad enfocados a una Educación Ambiental responsable.

Palabras clave: educación, valores, ambiental.

INTRODUCCIÓN

El propósito de disminuir significativamente el impacto ambiental producido por el sistema de minado superficial, ocasionado por el aprovechamiento de mármol es

mantener los biomas, características físicas, químicas, factores culturales y/o socioeconómicos de la población del entorno minero, incrementando y enriqueciendo la ciencia ambiental y la tecnología de la industria minera con el aprovechamiento de los recursos naturales del presente sin comprometerlos para futuras generaciones (1). Uno de los problemas que se presentan para la explotación de los recursos naturales son los sociales en las comunidades campesinas, ya que no conciernen estas expectativas para la ejecución de los proyectos mineros y la explotación de los recursos minerales. Sin embargo, la actividad minera es necesaria y deseable para que el proceso de desarrollo sea igual a la satisfacción de las necesidades del ser humano. El objetivo del presente trabajo es “Evaluar las condiciones de rentabilidad y productividad dentro de un esquema de aprovechamiento racional del mármol centrado en actividades encaminadas a desarrollar en los habitantes, capacidades y

habilidades para el vínculo y fortalecimiento de una educación con valor al medio ambiente”.

Dentro de los objetivos específicos tenemos a la evaluar el sistema social en materia de derechos sobre el aprovechamiento del mármol como propiedad (tenencia de la tierra) y evaluar las condiciones de rentabilidad y productividad dentro de un esquema de aprovechamiento racional del mármol.

La explotación de rocas dimensionables se encuentra clasificada en prioritaria media, por lo que es importante la participación activa de los habitantes con derechos de propiedad en los terrenos donde se encuentran los yacimientos de estos materiales. Formando empresas sociales para su explotación y comercialización. Las rocas se pueden clasificar atendiendo a sus propiedades, como la composición química, la textura, la permeabilidad, entre otras. En cualquier caso, el criterio más usado es el origen, es decir, el mecanismo de su formación. De acuerdo con este criterio se clasifican en ígneas (o magmáticas), sedimentarias y metamórficas, aunque puede considerarse aparte una clase de rocas de alteración, que se estudian a veces entre las sedimentarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

En Oaxaca se desempeña un universo muy amplio de organismos civiles que desarrollan actividades de diversa índole, orientadas a la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el ambiente: 38 de ellos se dedican a actividades de educación y 22 a tareas relacionadas con el medio ambiente. La capacitación ambiental es la actividad más promovida, principalmente entre la población

adultas que participa en los proyectos.

En Oaxaca habitan 17 grupos indígenas, hablantes de 17 lenguas con más de 100 variantes dialectales. La mayoría de la población indígena se distribuye en las áreas más ricas en biodiversidad, en estrecha relación con los recursos naturales. Sin embargo, esta riqueza natural y cultural contrasta con la marginación y pobreza de sus comunidades, que en 75 por ciento están catalogadas como de alta y muy alta marginación.

El yacimiento El Colibrí se localiza hacia el S44°E de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León y aproximadamente a 40 km en línea recta. Administrativamente el yacimiento El Colibrí, se encuentra dentro del Municipio San Pedro y San Pablo Teposcolula. Cuenta con importantes vías de comunicación; partiendo de la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, se toma la carretera pavimentada federal No. 190, hasta llegar al entronque que conduce a Tlaxiaco, haciendo un recorrido aproximadamente de 60 km. Cabe mencionar que esta vía es una de las más importantes de la región de la Mixteca Oaxaqueña, ya que esta entronca con otras vías principales, que conducen a los centros más importantes del Estado de Oaxaca, así como a los estados de la República Mexicana.

Revertir el deterioro del ambiente y lograr su restitución implica reorientar las actividades humanas dentro de ellas se encuentran las mineras a cielo abierto, a una relación responsable y amigable consigo mismo y con la naturaleza, de lo cual dependen todas las formas de vida, incluyendo la de los habitantes en la zona de Impacto y de estudio debido al aprovechamiento del mármol. Éste es el propósito del Programa de Educación Ambiental (EDUCAM)(7), el

cual está siendo construido por el Instituto Estatal de Ecología con el apoyo de un grupo de personas de los diferentes sectores de la sociedad civil, interesadas y comprometidas en elaborar un documento que pueda traducirse en acciones concretas que permitan posicionar el tema ambiental en las actividades de todos los sectores sociales, así como establecer las bases normativas en materia de educación ambiental que orienten la toma de decisiones y políticas de desarrollo en el estado de Oaxaca.

Oaxaca, como muchos de los estados de la república, enfrenta problemas ambientales que ponen en riesgo la conservación de la biodiversidad. La modificación y destrucción del hábitat, los incendios forestales, el cambio de uso del suelo, la tala clandestina, el tráfico ilegal de especies, entre otros, han puesto en peligro algunas especies enlistadas en la Norma Oficial Mexicana de Ecología NOM-059.5, fracción IV, y capítulo III, artículo 7. El Instituto Estatal de Ecología de Oaxaca (IEEO) con políticas públicas y un marco normativo que respalda el desarrollo de iniciativas, programas y acciones de educación ambiental en corresponsabilidad con las instituciones educativas y con la

participación de la sociedad. El actual Plan Estatal de Desarrollo Sustentable 2004-2010(8) plantea como un objetivo estratégico “alcanzar un desarrollo regional equilibrado, procurando que las zonas más avanzadas tengan la capacidad de atraer en ese cauce a las más rezagadas, cuidando la sustentabilidad ecológica, económica y social del desarrollo de cada uno de los sectores o actividades productivas”, lo cual, aunado al Compromiso Nacional por la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable, constituye una gran oportunidad para abordar y fortalecer la educación ambiental en el aprovechamiento del mármol.

La Universidad Autónoma de Tlaxcala y la Universidad Tecnológica de la Mixteca apoyaron a los grupos coordinados de trabajo en “El Colibrí” para la operatividad del Programa de Educación Ambiental con dependencias del sector público tanto federales, estatales y municipales, cuyas actividades eran de interés, relación e injerencia en el tema de educación ambiental para el aprovechamiento del mármol. Las actividades que desarrolló el Grupo Coordinador fueron normados por un reglamento interno, mismo que fue elaborado



Figura 1. Área del predio aprovechado.

Cuadro 1. Categorías a evaluar en Demografía.

<u>SOCIOECONÓMICO</u>		
DEMOGRAFÍA		
Población	Aceptabilidad social del proyecto	$I = \text{Población que se opone al proyecto} / \text{población total afectada} \times 100$
Empleo	Porcentaje de personas empleadas en el proyecto	$I = \text{población empleada en el proyecto} / \text{población total} \times 100$
Migración	Porcentaje de migrante en el interior de la comunidad autónoma	$I = \text{Población migrante interior} / \text{población total} \times 100$
SOCIOCULTURAL		
Patrimonio histórico	Yacimientos arqueológicos	I. Se conservan todos los elementos II. Faltan algunos elementos
Artístico y cultural	Raíces y etnias locales y regionales	III. Es importante la hipotética construcción IV. Quedan restos aislados V. No hay clasificación para el monumento y se está pendiente excavación arqueológica. VI. Se conservan todos los elementos regionales VII. Faltan algunos elementos VIII. Es importante el rescate cultural
SECTOR PRIMARIO		
Productividad y calidad de la producción	Producción promedio anual del proceso producto.	Promedio anual del producto $I = \text{empleo neto generado por el proyecto} / \text{número total de parados en el ámbito de referencia} \times 100$
Empleo	Porcentaje de empleo neto	
SECTOR SECUNDARIO		
Servicios	Porcentaje de servicios a la comunidad	$I = \text{servicios generados por el proyecto} / \text{número total de servicios en el ámbito de referencia} \times 100$
Actividad comercial	Compra-venta del producto en porcentaje	$I = \text{compre-venta del producto en la región y nacimiento}$
Flujo vehicular	Porcentaje de vehículos que circulan en la zona	$I = \text{cantidad de vehículos en el proyecto} / \text{total de ellos en la zona}$

por las universidades y aprobado por el grupo de trabajo con las personas afectadas en el predio con un área de trabajo de 13 ha. De las cuales sólo tres son aprovechadas en la actualidad de manera responsable por los operadores del predio, (Figura 1) área del predio aprovechado.

El Grupo Coordinador dirigió el cumplimiento de los objetivos y metas del presente trabajo, asimismo proporcionó los recursos humanos necesarios para los procesos de capacitación ambiental respetando la presente y futuras generaciones, con un compromiso fehaciente en la actividad minera a cielo abierto.

El Grupo Coordinador gestionó recursos ante instituciones del sector Educativo a nivel de enseñanza medio superior con la finalidad de realizar el Estudio de Impacto Ambiental conforme a la matriz de Leopold y Gómez Ora. Metodológicamente Leopold maneja tres categorías tales como características físicas y químicas, biológicas y los factores culturales y/o socioeconómicos, de este último se trabajó en la Educación Ambiental en el área de impacto: se tomó en cuenta la demografía, sociocultural, sector primario y secundario (Cuadro 1) Categorías Socioeconómicas "demografía-sociocultural", (Cuadro 1) Categorías a evaluar en el Sector primario y secundario

Para llevar a cabo la negociación en la comunidad de San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca trabajamos una mesa de negociación con el fin de evitar que existieran diferencias evidentes entre los actores, se convocó a todas las partes a interactuar conjuntamente en búsqueda de un proyecto unificado. La mesa de negociación se desarrolló en los siguientes cinco pasos:

- 1.- Acuerdo de una metodología de trabajo, cronograma y expectativas
- 2.- Definición compartida sobre los

problemas e intereses en juego

3.- Intercambio de soluciones y alternativas que dieron cuenta de los intereses involucrados

4.- Construimos una alternativa aceptable a todas las partes

5.- Redactamos un acuerdo de implementación de la alternativa y su ratificación con la firma de las partes (4,13).

En el Plan Estatal de Desarrollo Sustentable 2004-2010 se incorpora la conservación de la naturaleza externa, o sustentabilidad ecológica, la sustentabilidad económica y también la sustentabilidad social. La primera se refiere a un cierto equilibrio y mantenimiento de los ecosistemas, la conservación y el mantenimiento genético de las especies, que garantice su resistencia frente a los impactos externos. Incluye también la conservación de los recursos naturales y la integridad climática. En sí, la sustentabilidad ecológica corresponde al concepto de conservación de la naturaleza externa al ser humano. Cuanto más humanamente modificada esté la naturaleza menor sustentabilidad ecológica habrá. Con la Matriz de Leopold se trabajó para evidenciar las fortalezas y debilidades de la actividad minera en "El Colibrí" en pro de una Educación ambiental.

Dentro del marco jurídico estatal de la educación ambiental para el Estado de Oaxaca se trabaja con el Plan Estatal de Desarrollo Sustentable 2004-2010, Ley de Educación del Estado de Oaxaca (LEEO), Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Oaxaca (LEEEEO). Capítulo II, artículo 4, fracciones V, VI, XI y XIII; artículo 5, fracción IV, y capítulo III, artículo 7 y el Programa de Educación Ambiental para el Estado de Oaxaca (Educam).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- En base al trabajo realizado en la comunidad de San Pedro San Pablo Teposcolula, Oaxaca. Los habitantes de la comunidad aceptaron un plan de manejo en la presente y futura actividad para el aprovechamiento del mármol, con la finalidad de preservar el bioma presente basándonos en la matriz de Leopold.

2.- Se dio énfasis en el factor de la demografía y de acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 1411 habitantes en San Pedro San Pablo, Teposcolula, Oaxaca. En el Colibrí habitan 10 individuos, capaces de crear en el área una fuente potencial de derrama económica en el municipio impactando de manera favorable en vías de una calidad sustentable en su Educación Ambiental.

3.- Población Económicamente Activa por Sector Productivo.- Sector primario (Agricultura, ganadería y caza) es de un 64.14 %, sector secundario (Minería, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción) 35.86 %. Con estos datos se puede ver el Impacto generado por la actividad minera a cielo abierto, basados en la matriz de Leopold.

Esta fundamentada la protección al bioma se asigna a aquellas áreas donde, por las características ecológicas de sus ecosistemas, se busca preservar ambientes naturales con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos en pro de una educación ambiental sustentable y como se restauran a áreas que han sido sometidas a procesos de deterioro ambiental y que por sus características originales, deberán ser restauradas con el fin de recuperar habitats importantes o procesos ecológicos vitales en

San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca con la transcendencia en las comunidades vecinas..

CONCLUSIONES

1.- Se obtuvieron resultados satisfactorios de acuerdo a los Planes estatales de Educación, capacitación y comunicación ambiental. SEMERNAT

2.- Queda abierta la invitación para que personas, instituciones y otros organismos no gubernamentales, que así lo deseen y que por sus actividades tengan relación con los objetivos y metas del Programa de esta manera se podrán unir al presente trabajo de educación Ambiental en El Colibrí.

AGRADECIMIENTOS

Facultad de Ciencias Básicas Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán, Oaxaca. Gobierno del Estado de Oaxaca.

LITERATURA CITADA

Luege, T. J. L. *et al.* 2006. Planes estatales de Educación, capacitación y comunicación ambiental. SEMERNAT. Volumen 2. 293-320 pp.

Alexdander, P.A. 2010. The Mineral Industry of México. Minerals Yearbook. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey. 1-3, 8 pp

Nicola, C., Giampaola, S. 2011. Promoting ecological sustainable planning for natural stone quarrying. The case of the Orosei Marble Producing Area in Eastern Sardinia. Geoengineering and Environmental Technologies Department, University of Cagliari, Via Marengo 3, 09123 Cagliari, Italy. ScienceDirect. Volume 38, Issue 4.

304-314 pp.

Espinoza, G, Alzina, V., 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Centro de Estudios para el Desarrollo (CED), Banco Internacional de Desarrollo (BID), Santiago de Chile. 167-168 pp

Luege, T. J. L. et al. 2006. Planes estatales de Educación, capacitación y comunicación ambiental. SEMERNAT. Volumen 2. 293-320 pp

Silva, L.J., Juárez L.G., Acosta P. R., Orosco, F. S. Inventario Forestal En San Pedro y San Pablo, Mpio. De Teposcolula, Oaxaca. La Sociedad Para La Biología De La Conservación Región Centro De México, Primera Reunión Anual del 21 y 22 de mayo de 2010 en Tlaxcala, Tlaxcala.

Ruíz, O. U. 2004 "Programa De Educación Ambiental Para El Estado De Oaxaca" (EDUCAM).

Ruiz, O. U. 2004. El Plan Estatal de Desarrollo Sustentable 2004-2010 en su apartado cinco trata de la minería, Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca. 34-36 pp

Calderón, H. F. 2006. LEY MINERA. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 26-06-2006

Carrasco, A. D., Estefan, G. J. A. 1995. Ley Estatal de Educación Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca (IEEPO)

Carrasco, A. D., Estefan, G. J. A. 1995. De Educación Pública de Oaxaca Capítulo I Disposiciones Generales Artículo 1. 2-4 pp

Cué, M. G. 2011-2016. Plan Estatal de

Desarrollo de Oaxaca. 177-178 pp

Gómez, O. D. 2002. Evaluación de impacto ambiental: un instrumento preventivo para la gestión ambiental. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.

Michelle Lynn. T. M., 2007. A geochemical study of four prehistoric quarries in Oaxaca, Mexico .

