

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

BIOMASA AEREA Y POSIBLES EMISIONES DE CO² DESPUES DE UN INCENDIO; CASO DEL BOSQUE “LA PRIMAVERA”, JALISCO, MEXICO

Juan Carlos Castañeda-González; Agustín Gallegos-Rodríguez; Magaly Sánchez-Durán y
Pedro Antonio Domínguez-Calleros

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 1-15.



e-revist@s

BIOMASA AÉREA Y POSIBLES EMISIONES DE CO₂ DESPUÉS DE UN INCENDIO; CASO DEL BOSQUE “LA PRIMAVERA”, JALISCO, MÉXICO

AERIAL BIOMASS AND POSSIBLE CO₂ EMISSIONS AFTER A FIRE; CASE OF THE FOREST “LA PRIMAVERA”, JALISCO, MEXICO

Juan Carlos Castañeda-González¹; Agustín Gallegos-Rodríguez²; Magaly Sánchez-Durán² y Pedro Antonio Domínguez-Calleros³

¹ Ingeniero agrónomo egresado del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) Universidad de Guadalajara. ²Departamento de Producción Forestal del CUCBA de la Universidad de Guadalajara. ³Facultad de Ciencias Forestales Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan y Blvd. Durango S/N. col. Valle del Sur C. P. 34120. Durango, Dgo. C.E. pdomingc@hotmail.com.

RESUMEN

El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) es una de las áreas protegidas más importantes del occidente del país, esta zona sufre constantemente grandes daños ocasionados por los incendios, como el suscitado en el año 2005 afectando aproximadamente 11,439 ha, que equivale al 37.5% de la superficie total. El presente estudio se realizó en una área afectada por este incendio, los objetivos fueron; estimar el volumen, biomasa, carbono y CO₂ para *Pinus oocarpa* y *Quercus* spp, especies con mayor peso ecológico en el área. Mediante un sistema de muestreo, se obtuvo una red de 56 sitios circulares de 500 m² (radio de 12.61 m), equidistantes a cada 100 m. En cada sitio, los árboles muertos (en pie o derribados) con por lo menos 7 cm del diámetro a la altura del pecho (DBH) fueron medidos, tomando el área basimétrica como el parámetro principal. . A partir de los datos, se generaron modelos alométricos para estimar el volumen, en función de la medición del DAP. El coeficiente de determinación R² para *Pinus oocarpa* fue 0.87995 siendo el modelo de regresión potencial el que obtuvo mayor ajuste. La valoración de la biomasa fue 40.43 T/ha, que multiplicadas por la fracción del carbón recomendada para las especies estudiadas en esta región equivalen a 20.2 T/ha, dando un valor de 74.1 T/ha del CO₂. En el caso de *Quercus* spp se estimó una R² de 0.87571, ajustándose mejor el modelo de regresión lineal, con un valor promedio por hectárea de 26.5 toneladas de biomasa, que equivale a la estimación del carbono de 13.24 T/ha y a un total de 48.62 T/ha de CO₂ si este fuera emitido a la atmósfera.

Palabras clave: Incendios forestales, carbono, CO₂, modelos alométricos

ABSTRACT

The Area of protection of Flora and Fauna “La Primavera” (APFFLP) is one of the more important protected areas in the western of the Country, and constantly suffers large damage caused by fire, such as the one happened in 2005 when approximately 11,439 ha were affected, equivalent to 37.5% of the total area. This study was conducted in an area affected by fire, where the main goals were: to estimate the timber volume, biomass, carbon and CO₂ of *Pinus oocarpa* and *Quercus* spp species, which have a larger significant value in the ecology of the area. A network of 56 sampling sites was measured; these were 500 m² circular sites (radius 12.61 m), spaced every 100 m. At each site, just dead trees (either cut or standing) with at least 7 cm of diameter at breast height (DBH) were measured, taking the basal area as the main parameter. From the data, allometric models were generated to estimate the volume, depending on the measurement of DBH. The determination coefficient R² for *Pinus oocarpa* was 0.87995 being the exponential regression model the one with the best fit; The valuation of the biomass was 40,43 T/ha, that multiplied by the fraction of the carbon recommended for the species studied in this region is equivalent to 20,2 T/ha, giving a value of 74,1 T/ha of CO₂. In the case of *Quercus* spp it showed a R² of 0.87571, being the linear regression model the best adjusted, with an average of 26.5 T/ha of biomass, meaning a carbon estimation of 13.24 T/ha equivalent to a total of 48.62 T/ha of CO₂ if it were emitted into the atmosphere.

Key words. Forest fires, carbon, CO₂, allometric models.

INTRODUCCIÓN

El Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (APFFLP) es una de las áreas protegidas más importantes del occidente del país, constituye un “pulmón” natural de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. La frecuencia e intensidad de los incendios forestales son una fuerte causa de deterioro de esta zona, siendo particularmente críticos los de 1984, 1987, 1995, 1998, 2005 y 2012, tanto por la superficie afectada como por su intensidad, este último afecto 8, 276 ha, datos

del Gobierno del estado de Jalisco indican que entre 10-20% del arbolado murió como consecuencia del fuego (CNN/ México, 2012).

En la actualidad, la investigación sobre incendios forestales ha cobrado importancia en México y presenta distintos enfoques, entre ellos se contemplan básicamente tres aspectos: a) estudios sobre los efectos del fuego en los ecosistemas forestales, b) actividades de prevención y combate y c) el uso del fuego como herramienta silvícola-pastoril (Villers y López, 2004). El efecto inmediato de los incendios es la reducción de las funciones que cumplen las áreas afectadas (producción, protección o recreación), otra consecuencia del fuego es la producción y liberación a la atmósfera de gases y partículas que resultan de la combustión de biomasa. Estos gases liberados contribuyen al calentamiento global, desencadenando en forma gradual un cambio climático a nivel planetario (Castillo *et al.*, 2003). En Áreas Naturales Protegidas, los estudios que incluyan las pérdidas económicas de madera y la producción y liberación de gases con efecto invernadero (GEI), son poco abordados, o realizados en forma aislada. En el APFFLP, se han efectuado trabajos para calcular el volumen en pinos y encinos utilizando modelos de regresión lineal (Gallegos 1997 y Rodríguez 1998). Sin embargo, no se tienen antecedentes de trabajos que estimen el volumen de los árboles utilizando ecuaciones alométricas, es decir mediciones provenientes de datos obtenidos de muestreos directos. Para este trabajo se tomaron los datos del incendio de 2005 (CONANP 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde al paraje denominado “El Pedernal Grande”, ubicada en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera que se sitúa en las coordenadas geográficas $103^{\circ} 28'$ a $103^{\circ} 42'$ de longitud Oeste, y $20^{\circ} 37'$ a $20^{\circ} 45'$ Latitud Norte, en la región central del estado de Jalisco. Su altura varía desde los 1300 a 2300 msnm, abarca una superficie de 30, 500 ha, Figura 1.

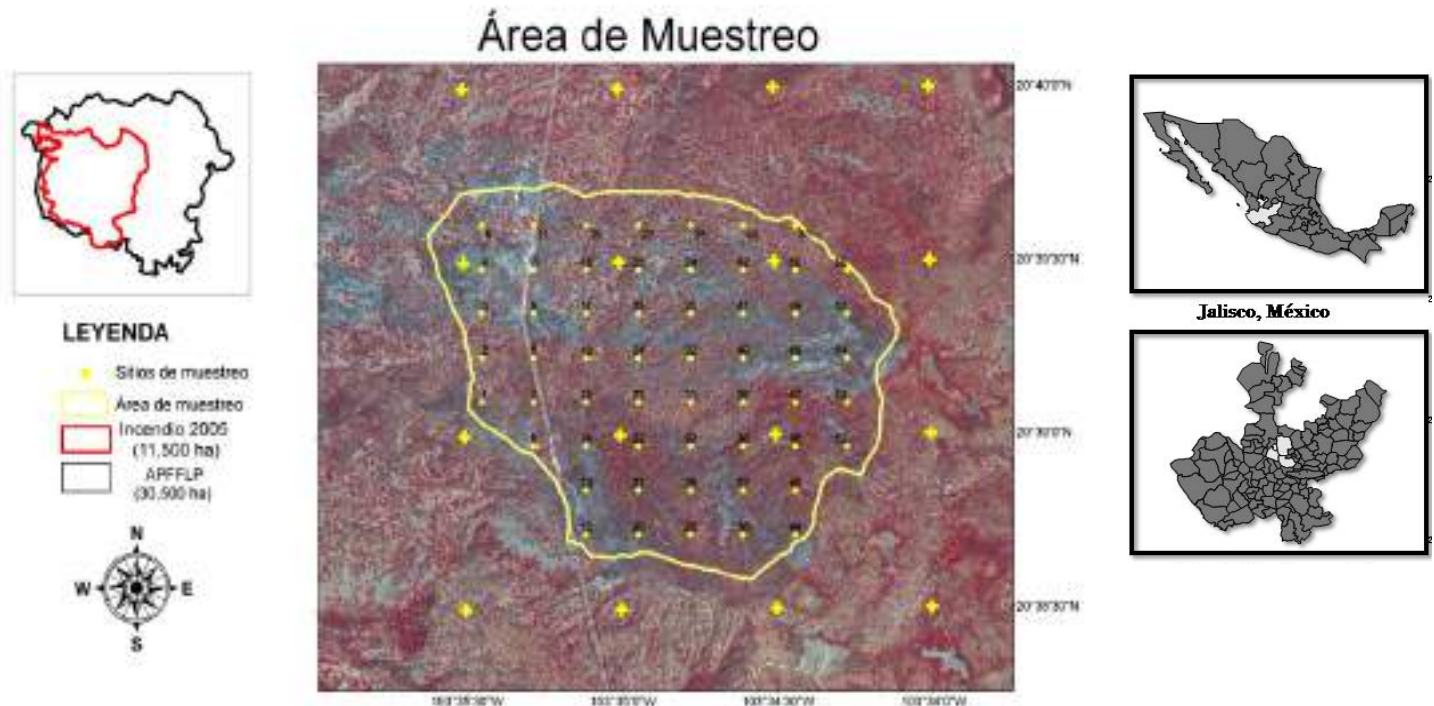


Figura 1. Ubicación del APFFLP en Jalisco, México y los sitios de muestreo en forma sistemática.

Según la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García (1988), en el área se registran dos climas: templado subhúmedo S(w1)(w) y semicálido subhúmedo (A)C(w₁)(w), ambos con lluvias en verano e invierno con precipitaciones anuales que fluctúan entre 800 y 1,000 mm, considerando que las precipitaciones invernales son del orden de 5% de la precipitación total. La temperatura media anual es de 20.6° C, siendo el mes más frío enero y el más cálido junio (SEMARNAT, 2000).

El APFFLP se asienta sobre la Sierra La Primavera, la cual se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, que se caracteriza por manifestaciones recientes de vulcanismo explosivo (Curiel, 1994).

De acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO (1988), las unidades de suelo que constituyen el APFFLP están representadas por regosol (92%) y litosol (8%), resultantes ambos del intemperismo. Según la clasificación de Rzedowski (1983) la vegetación dominante en el área está compuesta por cuatro tipos, de los cuales en este trabajo son de interés, por su afectación los bosques puros o mezclados que presentan *Quercus* y *Pinus*. Los bosques de pinos son asociaciones siempre verdes con elementos de 3 a 20 m de alto como estrato arbóreo, además de estratos arbustivos y leñosos. El estrato arbóreo está representado por dos especies de pino: el ocote (*Pinus oocarpa*), es el más frecuente y el ocote escobetón (*Pinus devoniana*), el menos abundante es el ocote douglas (*Pinus douglasiana*). La comunidad de encinos se encuentra en gran parte de la sierra La Primavera ya sea pura o formando asociaciones con el bosque de pino y con el bosque tropical caducifolio. La fisonomía del bosque de encino se presenta de forma cerrada a ligeramente abierta y presenta un estrato arbóreo, uno arbustivo y un herbáceo bien definido. En el estrato arbóreo, las principales especies son: los robles de hoja ancha *Quercus resinosa*, *Q. coccolobifolia*, *Q. obtusata*, *Q. rugosa* y *Q. magnoliifolia*, entre otros. Entre los encinos de hoja angosta se pueden citar: *Quercus castanea*, *Q. viminea* y *Q. gentryi* (Reyna, 2004).

Metodología

Con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG), sobre una ortofoto del año 2002 previo al incendio se delimitó el área de muestreo tomando como referencia la cobertura forestal, ya que la zona presentaba desde un 80% a un 100% de cobertura de copa.

Sistema de muestreo

Se realizó un premuestreo y con apoyo de un Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS) se establecieron 15 sitios circulares de 500 m² con un radio de 12.61 m de manera sistemática, con espaciado de 100 m entre sitios, donde se midieron todos los árboles muertos a causa del incendio, tanto derribados como en pie a partir de 7 cm de DAP. Tomando como parámetro principal el área basal, posteriormente se estimó el tamaño de muestra empleando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{t^2 * CV\% ^2}{S\bar{x}\% ^2}$$

Donde:

n = Número de sitios de muestreo

t = t de student

$CV\%$ = Coeficiente de variación

$S\bar{x}\%$ = Error estándar porcentual

Sustituyendo datos:

$$n = \frac{2.064^2 * (18.2)^2}{5^2} = 56.4 \text{ sitios}$$

A partir de esta fórmula se obtuvo un total de 56 sitios.

Muestreo

Para la obtención de las muestras se delimitó una subárea de 100 ha, tomando como criterio la presencia de cobertura forestal previo al incendio, por la alta densidad que presentaba.

Bajo un diseño de muestreo sistemático, se obtuvo una red de 56 sitios circulares de 500 m² (radio de 12.61 m), equidistantes a cada 100 m de longitud entre sitios (Figura 1).

Medición de árboles muertos

a) **Árboles en pie:** Para la obtención del volumen se midió de cada árbol los siguientes parámetros:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) 1.30 m sobre el nivel del suelo.
- Altura total

b) **Árboles derribados por el fuego:** En el caso de árboles derribados se tomaron las siguientes mediciones:

- Diámetro a 30 cm a partir de la base
- Medición de secciones a cada 2 m
- ✓ número de sección
- ✓ largo (L) de la sección
- ✓ diámetro (D) en la base de la sección

✓ diámetro (d) en la punta de la sección

Cuadro 1. Fórmulas de cubicación.

1	Huber (Tocón)	$V = D^2 * 0.7854 * L$	Dónde: D ² = Diámetro al cuadrado (0.30 m sobre el nivel de suelo) L = Longitud
2	Smalian (Trozas)	$V = \frac{B + b}{2} * L$	Dónde: $B = \frac{\pi}{4} * D^2$ B = superficie en la base de la troza $b = \frac{\pi}{4} * d^2$ b = superficie en la punta de la troza L = Longitud
3	Cono (Punta)	$V = \frac{D^2 * 0.7854}{3} * L$	Dónde: D ² = Diámetro al cuadrado L = Longitud

La medición de los diámetros se realizó cada 2 m a lo largo del fuste principal, a partir del DAP hasta un diámetro mínimo de 10 cm.

Cubicación del arbolado

Cada sección del árbol fue cubicada, para ello se utilizaron las fórmulas matemáticas que se indican en el Cuadro 1.

La suma de los volúmenes individuales de cada una de las secciones (Tocón, trozas y punta) arroja como resultado el volumen total en (m³).

Análisis de regresión

Para estimar el volumen total de madera muerta se utilizó el método alométrico el cual se basa en ecuaciones matemáticas y parámetros dasométricos.

Para ambas especies se probaron modelos de regresión simple (lineal, potencial, exponencial y logarítmica) para correlacionar el volumen con el DAP.

La selección de la ecuación de regresión que mejor estima el volumen se basó en el modelo que presentó mayor coeficiente de determinación.

Estimación de biomasa

Para la estimación de biomasa se utilizó la metodología sugerida por Torres y Guevara (2002), basada en modelos matemáticos para diferentes tipos de bosques en México y se calcula a partir del volumen, según la fórmula siguiente:

$$\text{Biomasa seca (kg)} = (b_0) + [(b_1) \text{ Volumen (m}^3\text{)}] \quad (1)$$

Se utilizan los siguientes valores, de acuerdo al tipo de bosque (Cuadro 2):

Cuadro 2. Estimadores para obtener biomasa a partir del volumen.

Tipo de bosque	b ₁	b ₀	
	<i>Estimador</i>	<i>Estimador</i>	<i>R²</i>
Coníferas	723,579	-175.492	0.994
Latifoliadas	506,523	0.17	0.969

La estimación de la biomasa corresponde a la contenida en el fuste (tronco) y se excluye la de ramas y follaje; para incorporar estos componentes y obtener la biomasa total árbol (fuste, ramas y hojas), se utiliza un Factor de Expansión de Biomasa (FEB) que depende de las condiciones que se presenten (Alpizar, 1997).

- Si el valor de la biomasa es menor a 190 T/ha el FEB está dado por la ecuación:

$$\text{FEB} = \exp [3.213 - 0.506 \cdot \ln(b)] \quad (2)$$

Donde:

FEB = Factor de Expansión Biomasa

exp = exponente

ln = logaritmo natural

b = biomasa

- Si el valor de biomasa es mayor o igual a 190 ton/ha, el FEB es 1.74.

Para obtener la biomasa total árbol, se multiplica la biomasa por el FEB.

El resultado se comparó con modelos para estimar biomasa en bosques secos de pino y encino (ecuación 3) de México (Brown, 1997) y para el norte del estado de Chiapas (González, 2008), para pinos (ecuación 4) y para encinos (ecuación 5), estos se muestran enseguida.

$$\text{Brown (1997)} \quad B_t = 10^{(-0.535 + \text{LOG}(AB, 10))} \quad (3)$$

$$\text{González (2008)} \quad B_t = -10.4113 + 5.3998 \cdot \text{DAP} + 0.8144 \cdot \text{DAP}^2 \quad (4)$$

$$B_t = 0.1269 \cdot \text{DAP}^{2.5169} \quad (5)$$

Donde:

B_t = Biomasa total

DAP = Diámetro a la altura del pecho

Los resultados obtenidos por cada modelo se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) de un factor (Triola, 2009).

Estimación de carbono

La estimación del carbono almacenado se realizó a partir de la biomasa total árbol, multiplicados por la fracción de carbono FC = 0.5 (IPCC, 1996).

$$\text{Cat} = B_s \cdot F_c \quad (6)$$

Donde:

Cat = Carbono almacenado total

Bs = Biomasa

Fc = Fracción de carbono (0.5) recomendada por la (IPCC, 1996).

Estimación de emisiones de CO₂

Para estimar la emisión de CO₂ por árbol, este equivale a 3.67 veces el peso del carbono según la IPCC (2004). Es decir una tonelada de carbono fijada en un árbol equivale a capturar 3.67 toneladas de CO₂.

RESULTADOS

Resultados dasométricos

Los datos silvícolas generales del área de estudio indican que en los 56 sitios de muestreo se obtuvo un promedio de 536 árboles/ha, 10.10 m² de AB/ha y un promedio de 27 árboles por sitio de ambas especies (*Pinus oocarpa* y *Quercus spp*). El 41% del área basal pertenece a *Pinus oocarpa*, estos arboles tienen una edad entre 35 y 40 años, la categoría diamétrica más frecuente fue la de 15 cm (figura 2).

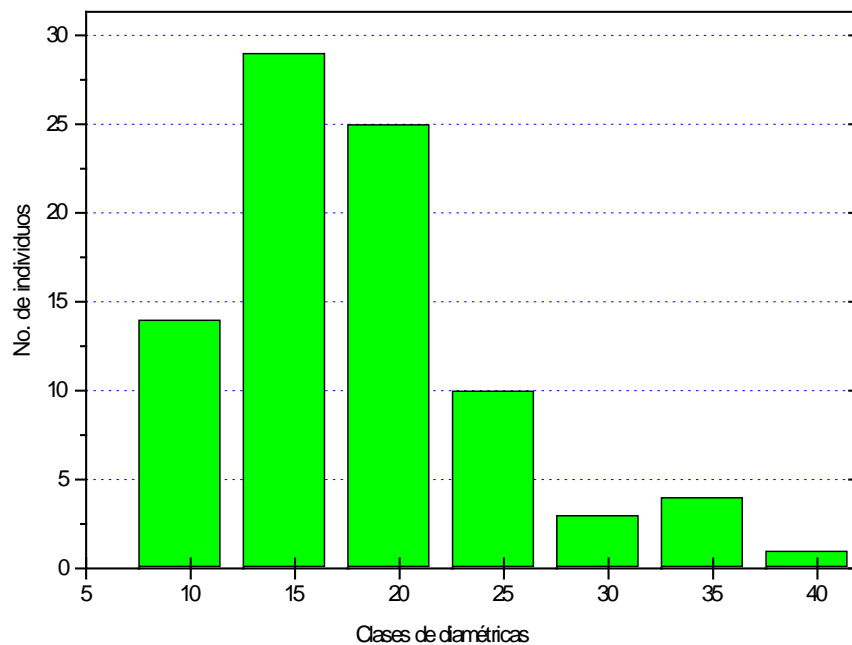


Figura 2. Relación de individuos por clase diamétrica para *Pinus oocarpa*

Estimación de volumen en *Pinus oocarpa*

En el Cuadro 3 se encuentran los modelos de regresión simple probados para correlacionar el volumen con el DAP, este último como variable independiente, el modelo potencial fue el de mejor ajuste con una R² de 0.879. Se obtuvo un volumen promedio de 31.507 m³/ha, incluyendo tanto los árboles derribados como de aquellos medidos en pie; con un volumen promedio por árbol de 0.170 m³.

Cuadro 3. Ecuaciones alométricas para la estimación de volumen de *Pinus oocarpa*.

Ecuación	Modelo de regresión	R ²
$y=a+x^b$	Lineal	0.83619
$y=a*x^b$	Potencial	0.87995
$y=a*\exp(b*x)$	Exponencial	0.82571
$y=a+b*\log^*(x)$	Logarítmica	0.72354

En la Figura 3, se presenta la ecuación de forma gráfica que relaciona las variables DAP y volumen. La distancia vertical entre los puntos y la línea indican la variabilidad y la ubicación de los puntos respecto a la línea (Segura y Andrade, 2008). Por lo tanto el modelo seleccionado es el de mejor ajuste, no se observa una gran dispersión en la distribución de los datos.

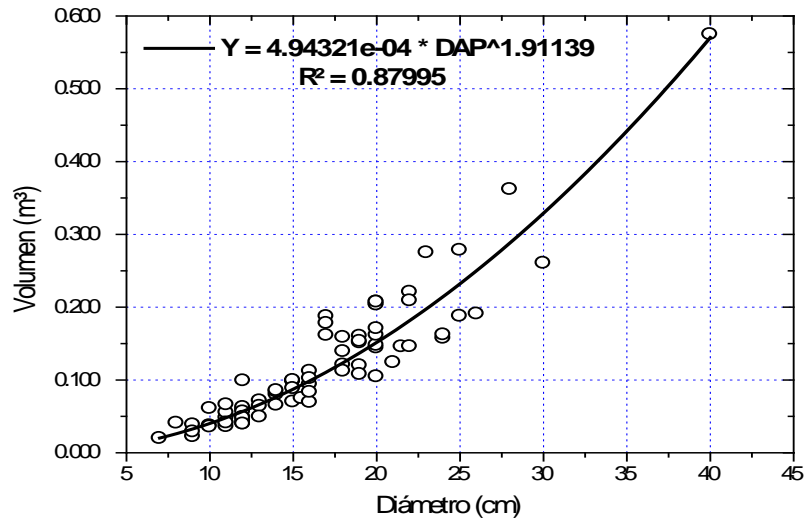


Figura 3. Representación gráfica de la relación diámetro – volumen de *Pinus oocarpa*.

$$Y=0.000494321 (\text{Dap})^{1.91139}$$

Donde:

Estimación de biomasa en *Pinus oocarpa*

En el Cuadro 4 se muestran los modelos utilizados para la cuantificación de biomasa, se observa que los promedios y las desviaciones estándar en los dos primeros modelos no varían mucho, el modelo de Torres y Guevara (2002) presento el mejor ajuste, además el resultado de análisis de varianza efectuado señala diferencias altamente significativas $P < 0,5$, por lo que se opto utilizarlo en este estudio.

Cuadro 4. Biomasa promedio en *Pinus oocarpa* con diferentes modelos.

BIOMASA <i>Pinus oocarpa</i> (Kg)				
AUTOR	MODELO	N	Promedio	Desviación estándar
Torres y Guevara (2002)	$(Kg) = (-175.492 + (723,579) \text{ Volumen (m}^3))$	518	218.5	79.1
Brown (1997)	$B_t = 10^{(-0.535 + \text{LOG} * AB, 10)}$	518	230.0	87.2
González (2008)	$B_t = -10.4113 + -5.3998 * DAP + 0.8144 * DAP^2$	518	337.9	174.7

En este trabajo la biomasa fue estimada solo para la parte aérea (fuste, ramas y hojas), esta se calculo en 40.4 T/ha.

Estimación de carbono y CO₂ en *Pinus oocarpa*

La estimación del carbono almacenado en árboles individuales se realizó a partir de los datos de biomasa con el modelo de Torres y Guevara (2002) se calcularon 20.2 T/ha de carbono, que equivale a 74.1 T/ha de CO₂ emitido a la atmósfera (Cuadro 54); en todos los cálculos se originaron altas variaciones en los valores máximos y mínimos, repercutiendo esto en elevadas desviaciones estándar.

Cuadro 5. Valores promedio de Biomasa, Carbono y CO₂ (T/ha) para *Pinus oocarpa*.

<i>Pinus oocarpa</i>	Biomasa T/ha	Carbono T/ha	CO₂ T/ha
Promedio	40.4	20.2	74.1
Mínimo	15.1	6.2	27.7
Máximo	135	67	247.7
Desviación estándar	14.6	6	29.5

Se contabilizaron 351 arboles/ha del género *Quercus*, estos ocuparon el 59% del área basal en los sitios, se trata de arboles más delgados que los pinos, la categoría diamétrica mas frecuente fue la de 15 cm (figura 4).

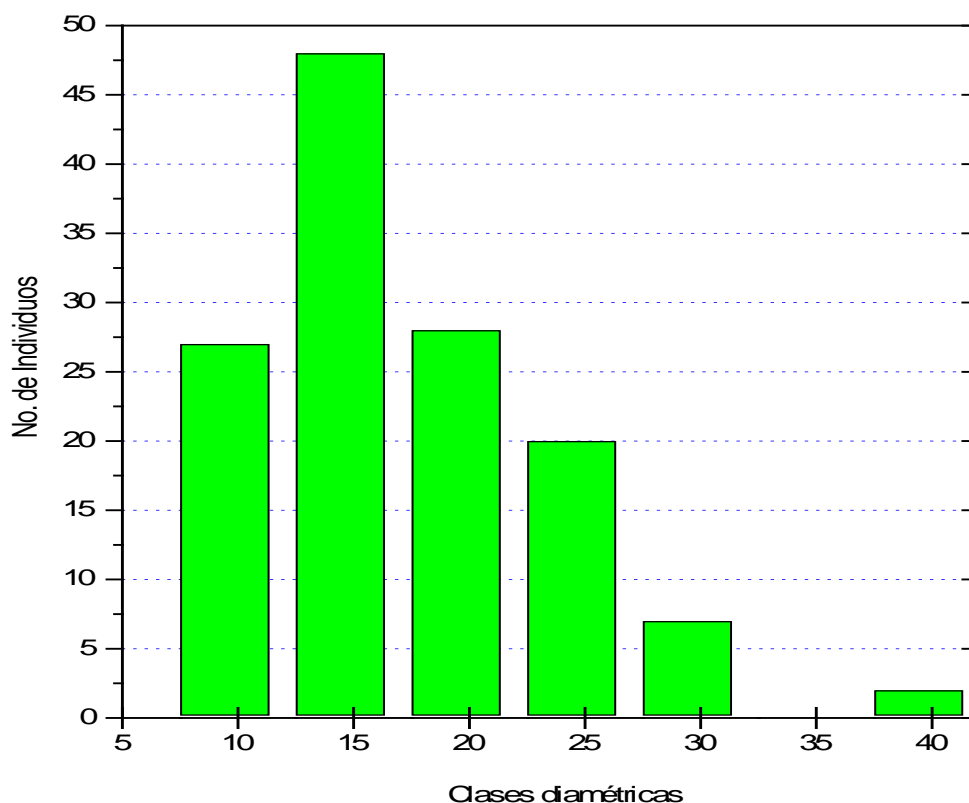


Figura 4. Relación de individuos por clase diamétrica *Quercus* spp.

Para la construcción de la tabla volumétrica se empleó la misma metodología que la de *Pinus oocarpa*, se probaron varios modelos de regresión simple para correlacionar el volumen con el DAP, resultando con el mejor ajuste la ecuación lineal con una R^2 de 0.875 (Cuadro 6), el volumen calculado fue de $7.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ y un volumen promedio por árbol de 0.021 m^3 .

Cuadro 6. Ecuaciones alométricas para la estimación de volumen de *Quercus* spp.

Ecuación	Modelo de regresión	R^2
$y=a+b*x$	Lineal	0.87571
$y=a*x^b$	Potencial	0.86907
$y=a*\exp(B*X)$	Exponencial	0.83228
$y=a+b*\log*(X)$	Logarítmica	0.78504

Una vez seleccionado el modelo de mejor ajuste, se graficaron los valores estimados de los árboles muestreados, esto se ilustra en la Figura 5, en la que se relacionan las variables diámetro y volumen, para el rango de dimensiones encontradas en el área de estudio.

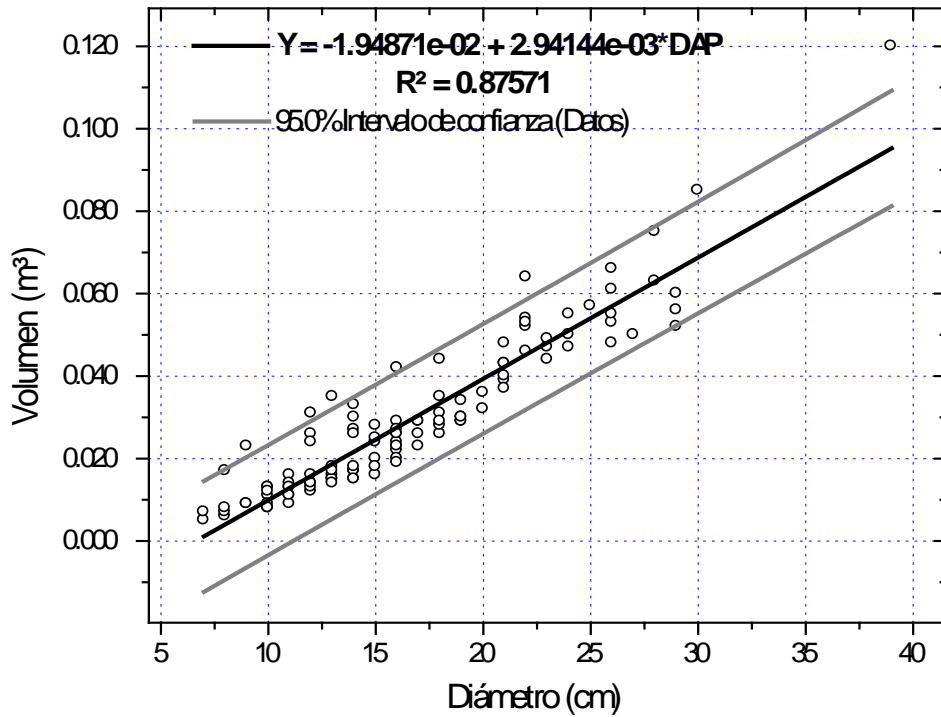


Figura 5. Representación gráfica de la relación diámetro – volumen de *Quercus* spp.

$$Y = -0.00194871 + 0.000294144 (Dap)$$

Donde:

Estimación de biomasa en *Quercus* spp.

La estimación de biomasa para *Quercus* spp. se desarrolló de la misma forma que para *Pinus oocarpa*. El Cuadro 7 contiene los modelos probados, en este se observa que el modelo de Torres y Guevara (2002) muestra el valor más bajo en la desviación estándar. Además el resultado del análisis de varianza indica diferencias altamente significativas $P < 0.05$, por lo que se concluye, que es el modelo que presenta mejor ajuste en la zona de estudio.

Cuadro 7. Biomasa promedio en *Quercus* spp. con diferentes modelos.

BIOMASA <i>Quercus</i> spp. (Kg)				
AUTOR	MODELO	n	promedio	Desviación estándar
Torres y Guevara (2002)	(Kg) = (0.17 + (506,523) Volumen (m³))	983	75.5	28.5
Brown (1997)	$Bt = 10^{(-0.535 + \text{LOG} * AB, 10)}$	983	161.8	60.8
González (2008)	$Bt = 0.1269 * DAP^{2.5169}$	983	241.8	117.2

Estimación de carbono y CO₂ en *Quercus* spp.

El Cuadro 8 muestra la producción de biomasa, solo en la parte aérea (fuste, ramas y follaje), carbono y CO₂ de los árboles del genero *Quercus* estimada a partir del modelo de Torres y Guevara (2002); las altas variaciones en los valores mínimo y máximo originaron que las desviaciones estándar fueran también muy elevadas.

Cuadro 8. Valores promedio de Biomasa, Carbono y CO_2 (T/ha) para *Quercus* spp.

<i>Quercus</i> spp.	Biomasa T/ha	Carbono T/ha	CO_2 T/ha
Promedio	26.5	13.24	48.6
Mínimo	2.9	1.47	5.41
Máximo	59.6	29.8	109.4
Desviación estándar	10	5	18.3

DISCUSIÓN

- Resultados dasométricos

La densidad puede expresarse por el número de árboles y el área basal por unidad de superficie (Hawley y Smith, 1982). Considerando estos parámetros, el sitio en estudio se trata de una comunidad donde los arboles del género *Quercus* tienen una mayor presencia, aunque el volumen (m^3/ha) de los arboles del género *Pinus* es muy superior, 80% del total estimado. La distribución de frecuencias de las categorías diamétricas de los dos géneros (Figuras 2 y 4) adoptan la forma de “J” invertida típica en bosques no intervenidos silvícolamente, como es el caso del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera (CONANP, 2007). Lo anterior es la causa de que los valores de densidad para los géneros *Pinus* y *Quercus* en este estudio sean superiores a los reportados por Gallegos (1997) en un predio cercano a este sitio. Esto comprueba que la no intervención silvícola bajo un adecuado programa de manejo favorece la acumulación de material combustible ocasionando la frecuencia e intensidad de incendios en el área.

- Estimación de volumen, biomasa y carbono almacenado. En el presente trabajo se tomó como árboles muestra a individuos muertos por el fuego. Se muestrearon en total 1501 árboles entre pinos y encinos, del género *Pinus* se midieron en total 518 árboles y del género *Quercus* 983, para ambos casos el valor de $R^2 = 0.87$ en el cálculo del volumen resultado en este estudio fue superior al reportado por Gallegos (1997) quien utilizó para los mismos géneros un modelo de regresión exponencial y árboles vivos, las muestras fueron tomadas en un sitio de menor densidad de arbolado ubicado fuera del APFFLP. La cantidad de biomasa almacenada en los rodales estudiados en este sitio puede verse favorecida debido a la mayor densidad de la madera, lo que las hace especies más pesadas (Rodríguez et al., 2006). Díaz-Franco et al. (2007) señalan que para determinar la biomasa y carbono en *Pinus patula* en la región Chignahuapan-Zacatlan en Puebla, resulta altamente confiable la medición del diámetro a 1.3 m (DN), estos autores utilizaron muestras de arboles vivos y con un mayor rango (5 - 65 cm) en las categorías diamétricas que las de este trabajo, esto resulto también en un mayor valor de R^2 . En rodales con predominancia de *Pinus oocarpa* en Chiapas, se estimaron 71 T/ha de carbono lo que representaría 260.57 T/ha de CO_2 (González, 2008). La cantidad de biomasa y carbono almacenado en *Pinus cooperi* Blanco en Pueblo Nuevo, Durango reportado por Pimienta et al. (2007) fue de 98.1 y 51.1 T/ha, respectivamente, estos investigadores emplearon modelos matemáticos de Sanquetta, et al. (2002), los cuales consideran parámetros como el diámetro a 1.3 m (DAP), altura y densidad de la madera.

Rodríguez et al. (2009) señalan que en la reserva de la biosfera El Cielo en Tamaulipas *Quercus germaena* produjo 17.3 T/ha de biomasa. Esta cantidad es inferior a la estimada para *Quercus* en el sitio, consecuencia de la mayor densidad de la madera de esta especie (Rodríguez, 2009). Lo anterior concuerda con Novoa et al. (2006), quienes calcularon un promedio de 28.5 t/ha de carbono en arboles vivos de *Quercus* un estudio realizado en el APFFLP.

Para estimar el contenido de carbono en las especies vegetales se emplea la biomasa multiplicando su valor por un factor que, dependiendo de la especie, es diferente en cada caso (Zamora, 2003;

Fragoso 2003, Garzuglia y Zaket 2003). De acuerdo a MacDicken (1997) tomado de Rodríguez et al. (2009), mencionan que un 15% de la biomasa total corresponde a la raíz en bosques de Chile. Cairns et al. (1997) señalan para distintos lugares del mundo entre 0.20 y 0.30 de raíz/tallo, es decir 20 a 30% de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea (fustes, ramas y hojas). En este estudio solo se considero la biomasa aérea, por lo que la biomasa total se puede incrementar hasta un 20% del valor dando como resultado en este estudio 72 T/ha, este valor concuerda con el rango de producción de carbono para Áreas Naturales Protegidas en México (Maser, 1995). Sin embargo, es inferior al reportado por (Rodríguez et al., 2009) quienes estimaron 219.3 T/ha en el bosque de pino encino de la Reserva de la Biósfera El Cielo en Tamaulipas, México.

CONCLUSIÓN

El modelo alométrico para estimar el volumen en *Pinus oocarpa* se obtuvo por medio de una ecuación potencial, dando como resultado la ecuación $Y=0.000494321 (DAP)^{1.91139}$ con promedio de 31.507 m³/ha y 0.170 m³/árbol.

Para *Quercus* spp., el mejor ajuste resultó del modelo alométrico con forma lineal, $Y= -0.019487+0.00294144*DAP$ con un promedio de 7.536 m³/ha y 0.021 m³/árbol.

Cabe destacar que ambas ecuaciones consideran una sola entrada (DAP) parámetro accesible y de fácil aplicación en campo. Las ecuaciones resultantes con coeficientes de determinación confiables, son significativas para ambas especies. La cantidad de biomasa para *Pinus oocarpa* y *Quercus* spp., se considera bajo en el APFFLP, en comparación con otros estudios, probablemente se deba al genotipo y fenotipo del arbolado y al escaso nivel productivo forestal que presenta la zona.

La cuantificación de carbono en el presente trabajo, indica que para abril de 2005 las dos especies predominantes del APFFLP contenían un aproximado de 66.9 T/ha, valor estimado durante la descomposición del arbolado por el incendio forestal ocurrido. El resultado de CO₂ fue de 122.5 se considera como un valor, sumidero perdido para ese año.

LITERATURA CITADA

- Alpizar W. 1997. **Proceso metodológico para la cuantificación de carbono de la biomasa en pie en bosque natural y sus estimaciones de no emisiones y fijación.** Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC). Versión en mimeógrafo, sin numeración de páginas.
- Brown S. 1997. **Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono.** Anktara Turquía: Congreso Forestal Mundial. pp. 107-121.
- Cairns M., S. Brown, Helmer E. and G. Baumgardner 1997. **Root biomass allocation in the worlds unplant forest.** Oecologia 111:1-11.
- Castillo M., P. Pedernera y E. Peña. 2003. **Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global.** Revista ambiente y desarrollo de CIPMA. XIX (3 y 4): pp 44-53.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2007. **Programa de Conservación y Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera** (En Prensa - 2do. Borrador Preliminar No oficial) 159 p.
- CNN/México. 2012. **El incendio en La Primavera está "totalmente apagado", afirma Calderón.** En Línea: <http://cnn.mx/n00121>. Mayo 2012.
- Curiel B. A. 1994. **Programa de manejo del Bosque La Primavera.** Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. pp 16-36.
- Díaz-Franco, R., M. Acosta-Mireles, F. Carrillo-Ansures, E. Buendia-Rodríguez, E. Flores-Ayala y J.D. Etchevers-Barra, 2007. **Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham.** Madera y Bosques 13(1):25-34.

- FAO/UNESCO. 1988. **Soil Map of the World, Revised Legend**. Roma. Report 60. 119 p.
- Fragoso L.P.I. 2003. **Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa aérea del predio “Cerro Grande” municipio de Tancítaro, Michoacán**. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 47 p.
- Gallegos R. A. 1997. **Erfassung und Herleitung von planungsrelevanten Relief-und Vegetationsparameter mit Hilfe von terrestrischen und aerophotogrammetrischen Methoden unter Verwendung eines Geografischen Informations system: Model studie am Beispiel des Lehrwaldes der Universtat Guadalajara/Mexiko**. Tesis doctoral de la Universidad de Gottingen, Alemania. 157 p.
- García E. 1987. **Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)**. Offset Larios, México, D.F.
- Garzuglia, M. y M. Zaket. 2003. **Wood volumen and woody biomass**. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Roma. 30 p.
- González Z. M. 2008. **Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai* Mtz. y *Quercus* sp. en el norte del estado de Chiapas, México**. Tesis Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 81 p.
- Hawley, R.C.; Smith, D.M. 1982. **Silvicultura práctica**. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). 1996. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook and Reference Manual Revised Versión 1996. UNEP, WMO. Módulo (1, 4, 5).
- IPCC Good Practice Guidance for LULUCF. 2004. **Directrices para la Elaboración de los Informes Nacionales destinados al FRA 2005**. Anexo 5, tablas 3A.1.8, 3.2.2, 3.2.1 y 3.2.4.
- Masera O. 1995. **“México y el cambio climático global: El papel de la eficiencia energética y alternativas de manejo forestal en la reducción de emisiones de bióxido de carbono”**. En: J. J. Jardón (ed.. Energía y medio ambiente: Una perspectiva económico-social. Plaza y Valdés Editores, México pp 157-177
- Novoa L. A., A. Gallegos R., E. Hernández A., R. Villavicencio G., y A. L. Santiago P. 2006. **Estimación de captura de carbono en la biomasa aérea del Bosque la Primavera, Jalisco, México**. Memorias del IV Simposio Internacional sobre Manejo Sostenible de los Recursos Forestales, Universidad de Pinar del Río, Cuba. Memorias en extenso. ISBN 959-16-0408-4 (2006)
- Pimienta De la Torre, D.J., G. Domínguez Cabrera, O. Aguirre Calderón, F. Javier Hernández y J. Jiménez Pérez. 2007. **Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco en Pueblo Nuevo, Durango**. Madera y Bosques 13(1):35-46.
- Reyna B. O. F. 2004. **Guía Ilustrada de los Árboles y Arbustos del Bosque La Primavera, Universidad de Guadalajara**. Departamento de Ciencias Ambientales. Guadalajara, Jalisco, México 117 p.
- Rodríguez R. A. 1998. **Desarrollo de un sistema matemático en la elaboración de planes de manejo sostenible en la Sierra La Primavera, Jalisco, México**. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N. L., México
- Rodríguez L. R., J. Jiménez P., Ó. A. Aguirre C., E. J. Treviño G. y R. Razo Z. 2009. **Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México**. Revista Ra Ximhai 5(3): 317-327
- Rzedowski. 1983. **Vegetación de México**. Ed. Limusa. México pp 57-269.
- Segura M. y H. J. Andrade. 2008. **¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes?**. Agroforestería en las Américas No. 46, pp 89-96.
- Sanquetta C.,R.,L. Farinha W. y J.E. Arce. 2002. **Ecuaciones de biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Pinus taeda* en el sur del Estado de Paraná Brasil**. Patagónica Forestal. Revista forestal del sur argentino. 13 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. **Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera**. Conanp. México, D. F. pp 15-20.
- Torres R. J. M. y A. Guevara S. 2002. **El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico**. 20 p.
- Triola F. M. 2009. **Estadística**. Décima edición, Pearson Educación, México, 2009 ISBN: 978-970-26-1287-2 Área Matemáticas 904 p.

- Villers R. L. y J. López B. 2004. **En Comportamiento del fuego y evaluación del riesgo por incendios en las áreas forestales de México: un estudio en el volcán de La Malinche.** In: Villers R. L. y J. López B. (Ed.) Incendios forestales en México. Métodos de evaluación. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. México, D. F. pp 61-78.
- Zamora C., J.C. 2003. **Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido “La Majada” municipio de Peribán de Ramos, Michoacán.** Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 47 p.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. José Ciro Hernández Díaz del ISIMA-UJED por su excelente colaboración en la redacción de este trabajo.

Juan Carlos Castañeda-González

Ingeniero agrónomo egresado del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) Universidad de Guadalajara.

Agustín Gallegos-Rodríguez

Departamento de Producción Forestal del CUCBA de la Universidad de Guadalajara.

Magaly Sánchez-Durán

Departamento de Producción Forestal del CUCBA de la Universidad de Guadalajara.

Pedro Antonio Domínguez-Calleros

Facultad de Ciencias Forestales Universidad Juárez del Estado de Durango. Rio Papaloapan y Blvd. Durango S/N. col. Valle del Sur C. P. 34120. Durango, Dgo. C.E. pdomingc@hotmail.com.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

CRECIMIENTO, DENSIDAD Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE LANGOSTA DE AGUA DULCE (Decapoda: *Cherax quadricarinatus*) EN SINALOA, MÉXICO

Juan Francisco Arzola González; Erick Maya de la Cruz; Lilia Isabel Verde Osuna; Ernesto
García Burgueño; Luis Miguel Flores Campaña y Yecenia Gutiérrez Rubio

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 17-26.



e-revist@s

CRECIMIENTO, DENSIDAD Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE LANGOSTA DE AGUA DULCE (Decapoda: *Cherax quadricarinatus*) EN SINALOA, MÉXICO

FEASIBILITY, DENSITY AND GROWTH OF CULTURE OF FRESHWATER CRAYFISH (Decapoda: *Cherax quadricarinatus*) IN SINALOA, MEXICO

Juan Francisco **Arzola González***¹; Erick Maya **de la Cruz**²; Lilia Isabel **Verde Osuna**¹; Ernesto **García Burgueño**³; Luis Miguel **Flores Campaña**¹ y Yecenia **Gutiérrez Rubio**¹

¹Laboratorio de Invertebrados y Ecología del Bentos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Apartado Postal 610, Mazatlán, Sinaloa, México. Correo electrónico: farzola@uas.edu.mx. ²GM Water & Process Technology. Apase El Grande, Guanajuato, México. ³Granja RedClaw, Barrón, Mazatlán, Sinaloa, México.

RESUMEN

Se analizó crecimiento, densidad y rentabilidad del cultivo de langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*) en Sinaloa durante septiembre 2005 y enero 2006. Se utilizaron siembras de 7 (estanque 1) y 16 (estanque 2) organismos/m². Se aplicó un método no paramétrico (Kruskal-Wallis), las variables de respuesta fueron densidad, peso y sexo, la unidad experimental los estanques. Los muestreos fueron semanales y se capturaron 40 langostas en tubos de PVC. Se les midió longitud total (LT) y cefalotorácica (LC) en mm y peso total (PT) en g, se realizaron las correlaciones biométricas y se estimó el crecimiento por el modelo de von Bertalanffy. Se obtuvo el mayor promedio en 41.2 g a una densidad de 7 org/m², aunque la k (tasa de crecimiento) coincidió en los estanques en 0.30, además, las langostas presentaron un crecimiento de tipo isométrico. A partir del primer año, se obtuvieron utilidades de \$3,419,165.00, que representaron 26.8 % del total de ingresos, manteniendo así un crecimiento sostenido hasta el quinto año (2011). La evaluación financiera determinó que la inversión es económicamente rentable, su análisis del VAN (Valor Actual Neto) fue \$9,060,554.00, y de acuerdo a los indicadores financieros, este valor fue óptimo para la realización del proyecto. Como indicador de la rentabilidad, la TIR (Tasa Interna de Rendimiento) resultó en 66 %, siendo mayor que la tasa mínima aceptable de rendimiento y concluyendo la rentabilidad del cultivo en 59 %. Asimismo, el estado de Sinaloa, por su ubicación geográfica y los resultados del crecimiento, las tallas, el rendimiento de la langosta y del análisis financiero del cultivo, indicaron a *C. quadricarinatus* como una alternativa de desarrollo en la región, siendo la langosta de interés en acuicultura de nuevas especies en áreas tropicales, aunque en Sinaloa son prácticamente nulas las investigaciones con fines de producción comercial.

Palabras claves: Tallas, evaluación financiera, producción, *Cherax quadricarinatus*, Sinaloa.

SUMMARY

Feasibility, density and growth of culture of freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Sinaloa were analyzed between September, 2005 and January, 2006. The densities were 7 (reservoir 1) and 16 (reservoir 2) org/m². Applied a method not parametric (Kruskal-Wallis), the variables of response were density, weight and sex, the experimental unit the reservoirs. Samplings were weekly and 40 lobsters were captured in tubes of PVC. Total and cefalotorácica length ((LT y LC) in mm and total weight (PT) in g of the organisms were recorded, the biometric correlations were realized and von Bertalanffy estimated the growth for the model of von Bertalanffy. The major average was obtained in 41.2 g to a density of 7 org/m², though her k (growth rate) coincided with the reservoirs with 0.30, in addition, the lobsters they presented a growth of isometric type. From the first year, usefulness of \$3,419,165.00 obtained, that represented 26.8 % of the total of income, keeping a growth like that supported until the fifth year (2011). The financial evaluation determined that the investment is profitable economically, his analysis of VAN was \$9,060,554.00, and in agreement to the financial indicators, this value was ideal for the accomplishment of the project. As indicator of the profitability, the TIR resulted in 66 %, being major that the minimal acceptable rate of performance and concluding the profitability of the culture in 59 %. Likewise, Sinaloa's condition, for his geographical location and the results of the growth, the heights, the performance of the lobster and of the financial analysis of the culture, indicated to *C. quadricarinatus* as an alternative of development in the region, being the lobster of interest in acuiculture of new species in tropical areas, though in Sinaloa the investigations are practically void with ends of commercial production.

Keys word: Heights, financial evaluation, production, *Cherax quadricarinatus*, Sinaloa.

INTRODUCCIÓN

El género *Cherax* es de interés en la acuicultura (Ponce *et al.*, 1999), tres de sus especies comerciales sobresalen, *Cherax tenuimanus* llamada comúnmente “marrón”, *Cherax destructor* conocida como “yabbie” y *Cherax quadricarinatus* ó “langosta de agua dulce”, la última más importante y con mayor factibilidad para cultivo (Morales, 1998). Está especie es resistente a cambios hidrológicos (temperatura, pH y oxígeno), su ciclo de vida es de 12 a 24 meses, se reproduce de tres a cinco veces por año, no presenta estadios larvales debido a su desarrollo embrionario en el huevo, produciendo juveniles

independientes y con crecimiento rápido que permite obtener tallas comerciales en ciclos de 5 a 7 meses de cultivo (Jussila y Evans, 1998), con un rendimiento elevado y un adecuado crecimiento.

En Tamaulipas, México, la producción de langosta de agua dulce inició en 1995 por “Acuicultivos Santo Domingo”, generando resultados alentadores y de interés a productores por desarrollar cultivos en otros estados como Morelos, Oaxaca y Sinaloa (Villarreal y Peláez, 1999). El presente estudio se desarrolló en Sinaloa y se calculó para producir 59 t de producto entero-fresco en 180 días de cultivo a un precio de venta en \$120.00 kg⁻¹ de producto entero. Con esta producción (59 t), se pretende competir en calidad y cantidad con el mercado de Estados Unidos de Norteamérica, aunque también se tiene contemplados esquemas de venta a restaurantes locales e intermediarios procedentes de distintas regiones del país.

No obstante, el atractivo de un acuicultor o empresario para invertir en estos proyectos, dependen en gran medida de los beneficios económicos y financieros que se obtengan. Sin embargo, a pesar de la importancia fundamental de la viabilidad económica para cualquier proyecto, se ha dedicado muy poca atención a este aspecto financiero y la producción en la acuicultura ha padecido considerablemente por falta de datos y documentos adecuados de evaluaciones pertinentes.

Sin duda, los avances logrados en el desarrollo científico y tecnológico del cultivo de los crustáceos, ha implicado la búsqueda continua de nuevas especies para mejorar la rentabilidad económica y en México no es la excepción (Ponce *et al.* 1999), siendo necesario realizar trabajos sobre langostas de agua dulce enfocados a mejorar su manejo, rendimiento, capacidad de producción y su potencial económico.

Los estudios sobre langostas de agua dulce son nulos prácticamente, dentro de estos resaltan el desarrollo tecnológico del cultivo (Barki *et al.* 2006), crecimiento (Rodríguez *et al.*, 2002; Cortés *et al.*, 2003; Villarreal y Naranjo, 2006; Metts *et al.*, 2007) y el análisis financiero del cultivo (Medley *et al.*, 1994; Maya *et al.*, 2007). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar el crecimiento, la densidad de siembra y la rentabilidad del cultivo de langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en el estado de Sinaloa con la finalidad de determinar su factibilidad del cultivo en dicha entidad federativa.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se localiza al sur del Mazatlán, Sinaloa, México entre 23°06'32'' LN y 106°17'36'' LO. Se utilizaron dos estanques de tierra rectangulares de un cuarto de hectárea (25x100 m²) y recubiertos con plástico para evitar la infiltración. El agua se obtuvo de una cisterna y los recambios fueron ocasionales o esporádicos. Las densidades de siembra fueron 7 (estanque 1) y 16 (estanque 2) org/m². Los muestreos fueron semanales y por estanque se capturaron 40 langostas en tubos de PVC.

A los ejemplares se les diferenció el sexo por dimorfismo sexual (Vázquez y López, 2007), se les midió la longitud total (LT) y longitud cefalotorácica (LC) en mm, y peso total (PT) en g. La correlación biométrica (LT-PT y LC-PT) fue de acuerdo a la ecuación potencial $PT = aLT^b$ (Ricker, 1975). El crecimiento se estimó por el modelo von Bertalanffy $P(t) = PT_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$ (Gulland, 1969).

La evaluación de la rentabilidad se calculó en 10 Ha, distribuidas en 1.3 Ha de precría y 8.7 Ha de engorda, en total correspondieron a 40 estanques recubiertos de membrana plástica. Se elaboraron los presupuestos de ingresos y egresos, el balance de costos y gastos, desglosando estos últimos, en costos variables, fijos, depreciación (obra civil y equipo), gastos administrativos y ventas, en base a la evaluación económica del proyecto. En el rubro de inversiones, se calculó la inversión total necesaria para la construcción, equipamiento y operación del proyecto, analizando por separado las inversiones fija, circulante y diferida. En la evaluación económica, se elaboró un estado de resultado pro-forma y se estimó la utilidad por año y su punto de equilibrio. La factibilidad del cultivo se calculó por los métodos del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento (TIR) mediante las siguientes ecuaciones:

Donde:

VAN = Valor actual neto (\$0.00). TIR = Tasa interna de rendimiento (%). FNE = Flujo neto efectivo. P = Presupuesto de inversión. i = Tasa mínima aceptable de rendimiento. VS = valor de salvamento. IT = Inversión total.

El análisis estadístico consistió en un método no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis) y la unidad experimental fueron los estanques de cultivo. Este método fue aplicable en los análisis experimentales donde las variables de respuesta fueron densidad, peso y sexo en las langostas muestreadas completamente al azar en los estanques, además bajo los supuestos de normalidad y homoscedasticidad (condiciones necesarias para un ANAVA) cuando no se cumplieron. Esta prueba consistió en asignar rangos a las variables de respuesta y efectuar así las operaciones correspondientes para calcular el estadístico (H) de Kruskal-Wallis (Zar, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CRECIMIENTO Y DENSIDAD

Se analizaron 1160 organismos, de los cuales 560 correspondieron al estanque 1 y 600 al estanque 2. Los valores máximos de ambos estanques en LT (103.1 y 118.4 mm; Cuadro 1), no coincidieron con Gallo *et al.* (2006) quienes determinaron en promedio una LT en 44.9 mm durante seis semanas de cultivo, siendo está media inferior al presente. En peso, Austin (1992) obtuvo en promedio 27 y 19.7 g a densidades de 3.5 y 19.7 org/m², respectivamente. Mientras, Pinto y Rouse (1996) indicaron langostas con peso de 38 g a densidad de 5 org/m², además, los últimos autores y Medley *et al.* (1994) recomendaron una siembra de 1 org/m² y Villarreal y Peláez (1999) señalaron en cultivo la mejor densidad de 5 org/m².

Cuadro 1. Datos de máximo, mínimo, promedio y desviación estándar de LT (mm) y PT (g) de langosta de agua dulce *C. quadricarinatus* en estanques de cultivo. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.001$).

Fecha	ESTANQUE 1				ESTANQUE 2			
	Máx	Mín	Pro	D E	Máx	Mín	Pro	D E
10-sept	90	20	65.7	12.5	15.3	1.5	7.6	8.9
30-dic	157	81	118.4	17.6	93.1	11.8	41.2 _a	19.2
						Hembras	13.8 _a	7.8
						Machos	32.2 _b	18.1
10-sept	100	42	59.7	13.2	26.8	2.1	5.7	5.8
30-dic	133	66	103.1	15.2	48.8	3.6	27.6 _b	9.1
						Hembras	17.9 _c	8.8
						Machos	22.2 _c	15.8

Los datos fueron analizados en ANAVA de una vía, tratamiento PT (g). El ajuste de medias fue calculado por ANAVA (paquete Statistica, V 5,5).

Las medias de PT en los estanques de 41.2 (estanque 1) y 27.6 g (estanque 2) presentaron una diferencia estadística, sin embargo, los promedios coincidieron con los obtenidos por McPhee *et al.* (2004) en 6 meses de cultivo al comparar el peso de langostas seleccionadas a través de una línea pura con organismos cultivados comercialmente en estanques. Se observó en el presente estudio una diferencia en los promedios del peso en machos y hembras en el estanque uno, mientras los sexos en el estanque dos no

resultaron significativos. Al respecto, Curtis y Jones (1995) señalaron en cultivos mixtos de langostas que los machos alcanzaron mayores pesos que hembras.

La figura 1, muestra las correlaciones biométricas de LT-PT y LC-PT, resultando un mínimo coeficiente de determinación de $r=0.89$, lo cual indicó una dependencia entre las variables métricas, coincidiendo con Villarreal y Naranjo (2006). Además, en las langostas los valores de las pendientes (b) determinaron la proporción del incremento de talla y peso. Sin embargo, se observaron organismos en los cuales la intersección resultó alejada de la pendiente, quizás debido a que durante las biometrías se detectaron langostas en proceso de muda, lo cual posiblemente correspondió a las tallas y pesos de algunos ejemplares que se ubicaron por debajo de las pendientes.

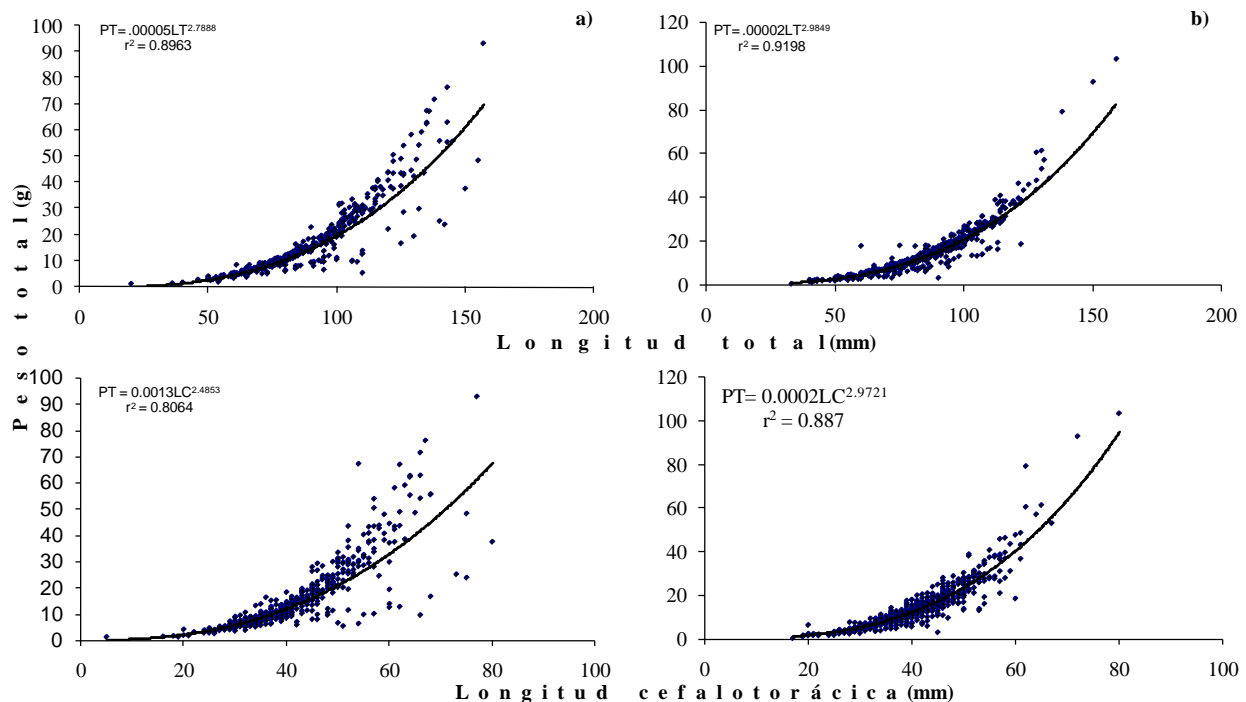


Figura 1. Relaciones biométricas de LT-PT y LC-PT en langosta de agua dulce *C. quadricarinatus* en a) estanque 1 y b) estanque 2.

Se estimó en promedio una tasa de crecimiento de 2.6 g/sem (est.1) y 1.8 g/sem (est. 2), resultando en los estanques una diferencia de 0.8 g/sem. Estos valores fueron mayores a Curtis y Jones (1995) en 0.46 y 0.60 g/sem, Gallo *et al.* (2006) al determinar un crecimiento semanal en 0.40 g y Campaña *et al.* (2005) en condiciones de laboratorio obtuvieron una media en crecimiento de langostas de 0.98 y 1.04 g/sem.

Las diferencias en la tasa de crecimiento posiblemente éste relacionado por la densidad de siembra, resultando en el estanque uno con 7 org/m² la mayor tasa con 2.6 g/sem, además, presentó las mayores tallas y pesos con respecto al estanque dos con 16 org/m² y un incremento de 1.8 g/semana. En estanques de 0.2 Ha, Pinto y Rouse (1996) señalaron que a menor densidad mayor crecimiento, además indicaron en 1 org/m² una media en 67 g, a 3 org/m² en 48 g y en 5 org/m² en 38 g. Al respecto, Villarreal y Naranjo (2006) obtuvieron langostas de 40 y 120 g utilizando una densidad de 15 org/m², con un tiempo de 5 a 7 meses de cultivo.

En el cuadro 2, se indican los parámetros estimados de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (PT_{∞} , k y t_0), los cuales se calcularon por el modelo de Ford-Walford (Sparre y Venema, 1995). La tasa de

crecimiento (k) obtenida por estanque (0.30 y 0.31), son considerados dentro de la velocidad de crecimiento estimada en otros crustáceos comerciales como langostas espinosas (Arzola *et al.*, 2007). Posteriormente, con los datos se realizaron las curvas de crecimiento y se observó que después de 44.1 y 45.5 g el crecimiento se mantuvo constante en cada estanque de cultivo (Figura 2).

Cuadro 2. Datos estimados por el modelo de Ford-Walford para PT_{∞} , k y t_0 de langostas de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en estanques de cultivo.

Parámetro	Estanque 1	Estanque 2
PT_{∞}	45.5 g	35.5 g
k	0.31	0.30
t_0	-0.57	-0.42
Área	25x100 m ²	25x100 m ²
Densidad de siembra	7 org/m ²	16 org/m ²

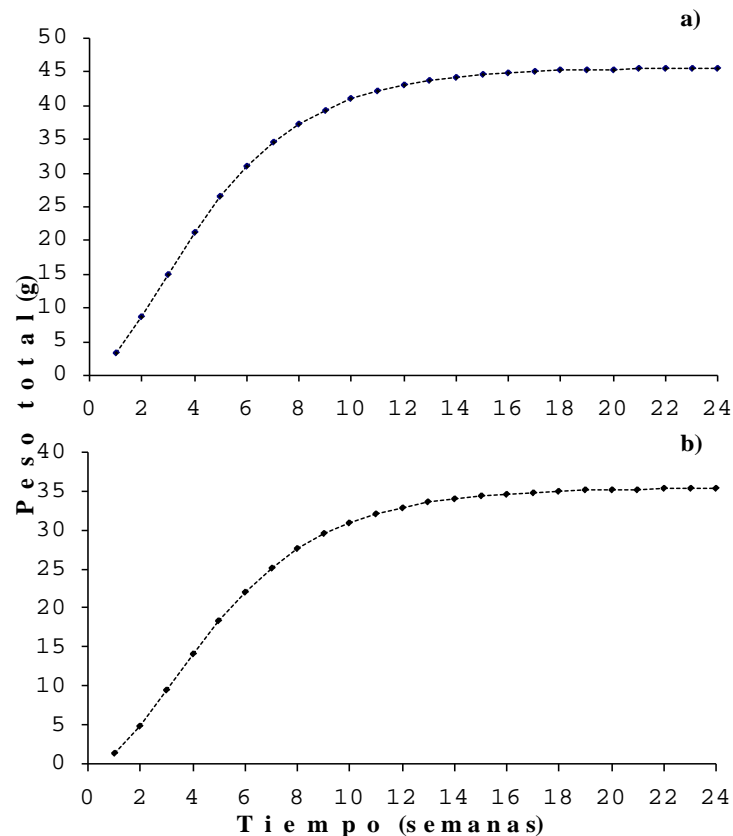


Figura 2. Curvas de crecimiento en PT (g) a través del modelo de von Bertalanffy en a) estanque 1 y b) estanque 2 de langostas de agua dulce (*C. quadricarinatus*).

RENTABILIDAD DEL CULTIVO

Las primeras exportaciones comerciales de langostas de agua dulce alcanzaron precios de 35 a 40 dólares kg en países del sur de Europa como Alemania, Suiza y Austria. Medley *et al.* (1994) indicaron un precio de 7.29 kg de langosta en el sureste de Estados Unidos. En la actualidad, en organismos de 90 g en adelante, su venta se ha observado en 12 a 15 dólares/lb y su variación fue de acuerdo a la oferta y demanda (Ponce *et al.*, 1999; Maya *et al.*, 2007). El mercado internacional ha generado expectativas amplias para su comercio, representado de interés los Estados Unidos por ser los principales consumidores de hoy en día, su presentación puede ser en fresco, congelado o viva (Morales, 1988).

De acuerdo al banco de comercio exterior (BANCOMEXT), se identificaron como posibles líneas de mercado a las ciudades de Nueva York y Miami. Además, se estima que podría introducirse exitosamente en Boston, Dallas, Filadelfia y Houston, donde la demanda por productos de langosta de agua dulce se ha duplicado en solo seis meses, otros posibles mercados internacionales son Vancouver, Paris, Londres, Viena, Bruselas y Madrid. A nivel nacional, se comercializa en Mazatlán, Guadalajara y Distrito Federal. El análisis económico, implicó el costo total del funcionamiento de la granja de langosta de agua dulce (producción, administración y venta), además de indicadores para determinar la evaluación económica y así, estimar su rentabilidad del cultivo en Sinaloa.

a) Inversión total inicial, comprendió la adquisición de todos los activos fijos y tangibles como los bienes de propiedad de la empresa (terreno, maquinaria, equipo, mobiliario y vehículos), los cuales representaron aproximadamente \$4,901,588.00 de inversión fija (Cuadro 3). Los diferidos o intangibles pero necesarios para la iniciación del proyecto de la granja correspondieron a \$80,000.00 (capacitación personal), aunque no se incluyó el capital de trabajo.

Cuadro 3. Inversión fija para el cultivo de langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en Sinaloa (\$0.00).

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.S. (pesos)	TOTAL
Etapa de construcción				
Terreno	10	Ha	50,000	500,000
Desmote	10	Ha	300	3,000
Trazo y nivelación	10	Ha	500	5,000
Movimiento de tierra	150,000	m ³	9	1,350,000
Instalación eléctrica			703,624	703,624
Bodega	1	Pza.	18,700	18,700
Fosa séptica	1	Pza.	1,000	1,000
Caseta de vigilancia	1	Pza.	8,300	8,300
SUBTOTAL				2,589,624
Maquinaria y equipo				
Bomba	2	Pza.	22,647	45,294
Boyas	1000	Pza.	9.86	9,860
Hilo monofilamento	28	Pza.	5,025	140,700
Malla energizada	1	Pza.	35,487	35,487
Manguera	300	m	45	13,500
Tubería PVC	1	Pza.	602,505	602,505
Liner e instalación	1	Pza.	1,009,861	1,009,861
Arpillas	1	Pza.	203,621	203,621
Blower	6	Pza.	26,988	161,928
Báscula 125 kg	1	Pza.	1,500	1,500
Herramientas	1	Lote	3,200	3,200
Transporte	1	Pza.	60,000	60,000
Generador de 5 KW	1	Pza.	9,300	9,300
SUBTOTAL				2,296,756
Equipo de campo				
Oxímetro	1	Pza.	11,908	11,908
Potenciómetro	1	Pza.	1,100	1,100
Balanza (0.1 g)	1	Pza.	2,200	2,200
SUBTOTAL				15,208
TOTAL				4,901,588

b) Costos de administración, se consideró los salarios de cinco trabajadores técnicos y del personal administrativo, transporte, papelería y equipo de computo, resultando en 67.9 % a sueldos y gastos de oficina en 2.1 %. En total, correspondió anualmente a sueldos en \$96,000.00 y \$42,600.00 a rubros de oficina.

c) Costos fijos, correspondieron a los costos para cubrir la proporción de la capacidad instalada para ser utilizada, esto son independientes del volumen de producción y se calcularon por ciclo de producción en \$252,482.00, además se consideraron como gastos administrativos y de venta, reparaciones, seguros (34.3 %), mantenimiento y mano de obra indirecta.

d) Costos variables, son costos que pueden incrementar o disminuir de acuerdo a la producción y las ventas, estos en promedio ascienden anualmente a \$5,134,574.00, destacando los insumos en compras de crías por \$2,856,160.00 (dos ciclos al año) en 54.8 %, alimento balanceado a \$1,033,664.00 (19.8 %) y mano de obra en 11 trabajadores \$958,804.00 (18.4 %), el restante 6.9 % es dirigido a otros insumos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Desglose del capital de trabajo para el cultivo de langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en Sinaloa (\$0.00).

COSTOS DE PRODUCCIÓN	2007	2008	2009	2010	2011
Ingresos (t)	106.21				
Ingresos producción	12,745,680	12,745,680	12,745,680	12,745,680	12,745,680
TOTAL DE INGRESOS	12,745,680	12,745,680	12,745,680	12,745,680	12,745,680
Mano de obra	958,804	958,800	958,800	958,800	958,800
Bombeo y aireación	119,512	119,512	119,512	119,512	119,512
Compra crías	2,856,100	5,492,500	5,492,500	5,492,500	5,492,500
Cal	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Alimento	1,033,664	1,033,664	1,033,664	1,033,664	1,033,664
Fertilizantes	7,199.94	7,199.94	7,199.94	7,199.94	7,199.94
Cosecha	36,178	36,178	36,178	36,178	36,178
Preparación terreno	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Combustible	73,115.90	73,116	73,116	73,116	73,116
SUBTOTAL GASTOS VARIABLES	5,134,573.84	5,134,569.77	5,134,589.77	5,134,569.77	5,134,569.77
Gastos administración y venta	282,744	282,744	282,744	282,744	282,744
Seguro	173,292	173,292	173,292	173,292	173,292
Mantenimiento	139,672	139,672	139,672	139,672	139,672
SUBTOTAL GASTOS FIJOS	595,707.86	595,707.86	595,707.86	595,707.86	595,707.86
COSTOS TOTALES	5,730,281.84	5,730,281.84	5,730,281.84	5,730,281.84	5,730,281.84

e) Costos financieros, correspondió al capital obtenido a través de préstamos, además de los intereses generados por dicha acción financiera, en total, el monto del crédito de avío fue \$3,369,431.00 con una tasa de interés del 12 %. En ciertas ocasiones, estos costos se incluyen en gastos generales o administrativos, sin embargo, es necesario separarlos, debido a que el capital adquirido del préstamo, generalmente representa diversos rubros de gastos.

f) Estructura financiera, son los recursos de la empresa determinados por su pasivo y capital. Para cubrir la inversión total, los recursos económicos fueron gestionados a través de programas de acuicultura del Gobierno Federal, a través de CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca) en un monto de \$3,000,000.00 (36 %), además se tramitaron créditos de avío por institución bancaria en \$3,369,431.00 (40 %) y el resto de los recursos (24 %) fueron proporcionados por la empresa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Presupuesto, programa de inversiones y fuente de financiamiento para el cultivo de langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en Sinaloa (\$0.00).

Aplicación	Pesos (\$)	(%)	Origen	Pesos (\$)	(%)
Maquinaria y equipo	2,311,969	27.7			
Obra civil e instalación	2,589,624	31			
			Aportación Empresa	1,981,593	24
			Crédito avío	3,369,431	40

			CONAPESCA	3,000,000	36
Diferidos	80,000	0.95			
Capital de trabajo	3,369,431	40.3			
TOTAL	8,351,024	100	TOTAL	8,351,024	100

Con la información obtenida sobre las inversiones, financiamiento, ingresos y egresos, se elaboró la tabla de proyección financiera y rentabilidad pro-forma, en donde la utilidad neta por año fue \$4,419,165.00 (2007) y representó 26.8 % del total de ingresos, ascendiendo en el cuarto año a \$4,643,956.00 con 36.4 % de ingresos, manteniéndose hasta el quinto año de proyección (2011) y con ello, determinar el punto de equilibrio en 10.4 % para 2010 y 2011 (\$1,331,910.00). Este último, determinó las relaciones en los costos fijos, variables y los benéficos, además se consideró como la técnica para evaluar la rentabilidad de la inversión (Cuadro 6).

Cuadro 6. Estado de resultados pro-forma para el cultivo de langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en Sinaloa (\$0.00). R.U.T.= Registro Único Tributario.

CONCEPTO /AÑO	2007	2008	2009	2010	2011
Ingresos venta	12,745,680	12,745,680	12,745,680	12,745,680	12,745,680
Costos variables	5,207,726	5,207,726	5,207,726	5,207,726	5,207,726
Costos fijos	504,964	504,964	504,964	504,964	504,964
Utilidad operación	7,032,990	7,032,990	7,032,990	7,032,990	7,032,990
Gastos administrativos	282,744	282,744	282,744	282,744	282,744
Gastos financieros	423,042	274,266	102,595		
Utilidad bruta	6,327,204	6,475,980	6,647,651	6,750,246	6,750,246
Impuestos a pagar ISR	1,834,889.16	1,878,034.20	1,927,818.79	1,957,571.34	1,957,571.34
R.U.T.	632,720	647,598	664,765	675,024	675,024
Utilidad neta	3,859,594	3,950,347.80	4,055,067.11	4,117,650.06	4,117,650.06
Capital	966,736	1,115,511	1,287,183		
Depredación y amortización	526,306.27	526,306.27	526,306.27	526,306.27	526,306.27
Flujo neto efectivo	3,419,164.71	3,361,143.07	3,294,190.38	4,643,956.33	4,643,956.33
Punto de equilibrio	2,047,217.51	1,795,657.86	1,505,384.54	1,331,909.71	1,331,909.71
Porcentaje (%)	16.06	14.09	11.81	10.45	10.45

La evaluación financiera determinó que la inversión es económicamente rentable, su análisis del VAN fue \$9,060,554.00, los cuales de acuerdo a los indicadores financieros, dicho valor es óptimo para la realización del proyecto. Como indicador de la rentabilidad, la TIR resultó en 66 %, siendo mayor que la tasa mínima aceptable de rendimiento y concluyendo entonces que existe una rentabilidad del 59 %.

CONCLUSIONES

Por los resultados de la presente evaluación económica-financiera, su sencilla biotecnología para su producción, tallas registradas, crecimiento, supervivencia y sus elevados niveles de rendimiento, aunado a su aceptación en los principales mercados nacionales e internacionales y debido a las condiciones ambientales del estado de Sinaloa, se determinó que en conjunto estos factores estimaron como un alto potencial de desarrollo para el cultivo de langosta de agua dulce (*C. quadricarinatus*) en dicho estado.

LITERATURA CITADA

- Austin C. 1992. **Preliminary pond production of the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, in the central United States.** Journal Applied Aquaculture 4:93-102.
- Arzola JF., Flores L.M., Ortiz M.A., y Gutiérrez Y. 2007. **Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* en el sur de Sinaloa, México.** Revista Ciencia y Mar 11:15-22.

- Barki A., Karplus L., Manor R., Parnes S., Aflalo D., and Sami A. 2006. **Growth of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter?**. Aquaculture 252:348-355.
- Campaña A., Martínez L.R., Villareal H., y Civera R. 2005. **Estudio de los parámetros de producción del acocil australiano *Cherax quadricarinatus*, variando el nivel de proteína en su dieta**. Hidrobiológica 15:255-260.
- Cortés J.C., Villarreal C.H., y Rendón R.M. 2003. **Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae)**. Hidrobiológica 13:151-158.
- Curtis M., and Jones C.M. 1995. **Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds**. Journal of the World Aquaculture Society 26:154-159.
- Gallo M.C., Aceves D., García M., y Zavala J.L. 2006. **Crecimiento y supervivencia de juveniles de *Cherax quadricarinatus* alimentados con dietas mixtas y cultivados en un sistema de recirculación**. In: Memorias del IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2006. España. URL: <http://www.civa2006.org>, pp: 451-459.
- Gulland J.A. 1969. **Manual of methods for fish stock assessment. Part. 1. Fish population analysis**. FAO Man Fish Sci., 4:1-154.
- Jussila J. and Evans H.L. 1998. **Growth and condition of marron *Cherax tenuimanus* fed pelleted diets of different stability**. Aquaculture Nutrition. 4:143-148
- Maya C.E., Flores L.M., y Arzola J.F. 2007. **Análisis de la rentabilidad del cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus***. Industria Acuícola 3:40-42.
- McPhee C., Jones C.M., and Shanks S.A. 2004. **Selection for increased weight at 9 months redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*)**. Aquaculture 237:131-140.
- Medley P., Nelson R.G., Hatch L.U., Rouse D.B., and Pinto G.E. 1994. **Economic feasibility and risk analysis of australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* aquaculture in the Southeastern United States**. Journal of the World Aquaculture Society 25:135-146.
- Metts L.S., Thompson K., Xiong Y., Kong B., Webster C.D., and Brady Y. 2007. **Use alfalfa hay, compared to feeding practical diets containing two protein levels on growth, survival, body composition and processing traits of australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, grown in ponds**. Journal of the World Aquaculture Society 38:218-230.
- Morales A. 1998. La langosta de agua dulce, biología y cultivo. AGT Editores. México. 48 p.
- Ponce J.T., Arredondo J.L., y Romero X. 1999. **Análisis del cultivo de la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y su posible impacto en América Latina**. Contactos 31:54-61.
- Pinto G.E., and Rouse D.B. 1996. **Growth and survival of the australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* at three densities in Earthen ponds**. Journal of the World Aquaculture Society 27:187-193.
- Ricker W.E. 1975. **Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Dept. of Environment**. Marine and Fisheries Review 1:382.
- Rodríguez C.A., Arredondo J.L., Ponce J.T., and Rouse D.B. 2002. **Growth characteristics of the australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*, cultured in an indoor recirculating system**. Journal Applied Aquaculture 12:59-64.
- Sparre P., y Venema S. 1995. **Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual FAO**. Ed. Universitaria. Chile. 440 p.
- Vázquez F.J., y López G.L. 2007. **Diferenciación sexual en la langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae)**. Revista de Biología Tropical 55:33-38.
- Villarreal H. y Peláez J. 1999. **Biología y cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus***. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y Acuacultivos Santo Domingo. La Paz, BCS. México. 188 p.
- Villarreal H., y Naranjo J. 2006. **Cultivo de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* "Redclaw" una oportunidad para la diversificación de la industria acuícola**. Industria Acuícola 2:28-33.
- Zar J.H. 1996. **Biostatistical analysis**. Three edition. Prentice-Hall, USA. 662 p.

AGRADECIMIENTOS

Por los recursos otorgados del Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI-2007) de la Universidad Autónoma de Sinaloa y al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (CECYT), a la Granja RedClaw SA de CV y María Clara Ramírez Jáuregui del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Juan Francisco Arzola González

Profesor investigador de FACIMAR-UAS. Co-responsable Laboratorio de Invertebrados y Ecología del Bentos.

Erick Maya de la Cruz

Responsable de control de calidad de GM Water & Process Technology.

Lilia Isabel Verde Osuna

Recién egresada de FACIMAR-UAS.

Ernesto García Burgueño

Gerente de producción de la granja Red Claw SA de CV.

Luis Miguel Flores Campaña

Profesor investigador de FACIMAR-UAS. Responsable Laboratorio de Invertebrados y Ecología del Bentos.

Yecenia Gutiérrez Rubio

Recién egresada de FACIMAR-UAS.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

DÉFICIT DE LEÑA EN COMUNIDADES CAFETALERAS DE CHENALHÓ, CHIAPAS

Juan Manuel Ramírez-López; Neptalí Ramírez-Marcial; Héctor Sergio Cortina-Villar y
Miguel Ángel Castillo-Santiago

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 27-39.



e-revist@s

DÉFICIT DE LEÑA EN COMUNIDADES CAFETALERAS DE CHENALHÓ, CHIAPAS

FIREWOOD DEFICIT IN COFFEE COMMUNITIES OF CHENALHÓ, CHIAPAS

Juan Manuel **Ramírez-López**¹, Neptalí **Ramírez-Marcial**^{1, 4}, Héctor Sergio **Cortina-Villar**² y Miguel Ángel **Castillo-Santiago**³

¹Departamento de Ecología y Sistemática Terrestres. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas Chiapas, México. ²Departamento de Gestión de Territorios. El Colegio de la frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. ³Laboratorio de Análisis de Información Geográfica. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. ⁴Autor para la correspondencia: nramirez@ecosur.mx.

RESUMEN

La leña es fuente principal de energía para numerosas comunidades indígenas de México. Se estudió la relación entre consumo y abasto de leña y las estrategias que emprenden las familias para enfrentar el déficit de abasto de leña en un grupo de cafetaleros de la Sociedad Cooperativa Maya Vinic distribuidos en ocho comunidades de Chenalhó, Chiapas. El análisis incluyó talleres participativos, entrevistas, medición directa del consumo, colecta e identificación botánica de material vegetativo de especies usadas para leña. El consumo de leña para la época seca fue 3.7 ± 1.5 kg persona⁻¹ día⁻¹ y 3.9 ± 2.7 kg persona⁻¹ día⁻¹ en la temporada lluviosa. En general, las familias con mayor número de integrantes optimizan el uso de la leña al reducir la tasa de consumo *per capita*; familias con 10 a 12 integrantes consumen hasta 55% menos en relación con familias de 2-4 personas. La pérdida de la cobertura vegetal original ha resultado en una escasez de especies tradicionalmente usadas para leña (por ej., encinos) por lo que ahora se emplean especies provenientes de los sistemas agroforestales para satisfacer la demanda de leña. Las acciones para reducir el consumo se limitan a mantener apagada la fogata cuando no se preparan alimentos y usar prensa para disminuir los tiempos de preparación de las tortillas. Aunque algunas familias han adoptado el uso de estufas ahorradoras como estrategia para disminuir el consumo (4.1 ± 1.7 kg persona⁻¹ día⁻¹) no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) con relación al consumo mediante el fogón tradicional (3.7 ± 1.5 kg persona⁻¹ día⁻¹). Aunque los cafetales son fuente continua de aprovisionamiento de leña, éstos no satisfacen las demandas, por lo que algunas familias deben comprarla con una inversión promedio de \$1631 \pm 1203 pesos al año. Se vislumbra que el déficit de leña se agudizará en los próximos años ante el incremento en la densidad poblacional, a la continua deforestación y empobrecimiento florístico de los fragmentos forestales que sirven como fuente de abastecimiento de leña. Hay bajas posibilidades de establecer plantaciones dendroenergéticas en las áreas actuales de producción de café, mientras éstas no compensen los beneficios económicos que se obtienen de los cafetales.

Palabras claves: Acteal, demanda y abastecimiento de leña, indígenas tsotsiles, sistemas agroforestales.

SUMMARY

Firewood is the main energy source for many indigenous communities in Mexico. We studied the relationship between consumption and availability of firewood in a group of coffee producers and describe their strategies developed to meet the shortfall in supply of firewood in eight coffee communities of Chenalho, Chiapas. The analysis included participatory workshops, interviews, direct measurement of consumption, collection and botanical identification of plant material of species used for firewood. The consumption of firewood varied between 3.7 ± 1.5 to 3.9 ± 2.7 kg person⁻¹ day⁻¹. In general, families with more members optimize the use of fuel to reduce the rate of consumption per capita, families with 10 to 12 members take up to 55% less in relation to families of 2-4 people. The loss of original vegetation cover has resulted in a dearth of species traditionally used for firewood (eg., oaks) as now used species from agroforestry systems to meet the demand for firewood. Actions to reduce consumption are limited to keep the fire off when not in use in food preparation and use of devices to reduce the time of preparation of "tortillas". Although some families have adopted the use of saving stoves as a strategy to reduce consumption found not found significant differences ($p > 0.05$) in relation to consumption using the traditional stove (4.1 ± 1.7 vs. 3.7 ± 1.5 kg person⁻¹ days⁻¹, respectively). Although the coffee-plantations are ongoing source of supply of firewood, they do not meet the demands, so that some families must buy investing \$1631 \pm 1203 Mexican pesos yearly. It is envisaged that the firewood deficit will worsen in coming years given the increase in population density, the floristic impoverishment, continued deforestation and forest fragmentation. There is low potential for wood energy plantations in current areas of coffee production, while they do not outweigh the economic benefits obtained from the coffee.

Keywords: Acteal, agroforestry system, demand and supply of firewood, tsotsil.

INTRODUCCIÓN

La leña es un recurso energético fundamental para la supervivencia de numerosos grupos humanos, principalmente de las regiones económicamente marginadas. Se estima que a nivel mundial se consume entre 0.7 y 1 kg persona⁻¹ día⁻¹ (De Montalembert y Clement, 1983; Wood y Baldwins,

1985; Cayetano y Meyer, 2005). Entre 20 y 25% de la población rural en México, aproximadamente 28 millones de habitantes usan leña (Masera et al., 1996, 2006; Díaz-Jiménez, 2000). En varias comunidades de Chiapas el consumo de leña diario oscila entre 3 y 5 kg por persona (Calderón, 2001; Escobar-Ocampo et al., 2009; Burgos, 2010).

El crecimiento de la población rural y la imposibilidad que dicha población tiene de acceder a otras fuentes de energía como el gas doméstico, ocasionan una alta demanda de leña, que impacta directamente sobre las poblaciones de árboles utilizados como leña. Por ejemplo, la dominancia de los encinos (*Quercus* spp.) se ha reducido considerablemente ante el incremento en el uso como leña y elaboración de carbón (González-Espinosa et al., 2009) y se utilizan otras especies de menor calidad energética (Burgos et al., 2009).

La sustitución de bosques mesófilos en las montañas del centro y norte de Chiapas por sistemas agroforestales como el cafetal, ha incrementado la demanda de leña y acelerado la pérdida de las especies preferidas como de mejor calidad energética. El municipio de Chenalhó, Chiapas ha transformado la mayoría de sus áreas forestales en cafetales bajo manejo convencional y orgánico. Debido a que la mayoría de los productores obtienen la leña directamente de los fragmentos de bosque que aún persisten en sus territorios, es posible que estos grupos estén en una condición de déficit entre la disponibilidad y el consumo de leña. La Cooperativa Maya Vinic, una organización que maneja varios sistemas de producción (café, maíz y miel) han externado su preocupación e interés por diversificarla sombra de los cafetales y de ellos podrían obtener productos adicionales como la leña.

Existen diversas estrategias para responder a la baja disponibilidad de leña, tales como el uso de residuos de cosecha y excremento, la sustitución de especies preferidas por otras de menor calidad, la compra en mercados locales, la modificación de los tiempos en la recolección, el uso de estufas ahorradoras, entre otras (Madubansi et al., 2007; Berrueta et al., 2008; Escobar-Ocampo et al., 2009; Tee et al., 2009). Adicionalmente, ante la creciente demanda de leña, en Chiapas se han reportado acciones negativas y detonadoras de posibles conflictos sociales, tales como la compra de leña a vendedores externos, la recolección clandestina en propiedades ajenas y la sanción por infringir ciertas reglas de uso y acceso a áreas de uso común (Calderón, 2001; Yllescas-Hernández y Refugio-Flores, 2002; Escobar-Ocampo et al., 2009; Burgos et al., 2009).

Con base en estos antecedentes, se planteó la presente investigación para conocer ¿Cuál es la relación entre la demanda y el abastecimiento de leña en las familias del grupo cafetalero de Maya Vinic? y en caso de existir este déficit, ¿Cómo responden las familias cafetaleras ante la baja disponibilidad de leña dentro de sus propias áreas de producción?.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio de Chenalhó está situado en la región central de Chiapas, colinda con los municipios de Chalchihuitán, Chamula, Mitontic, Pantelhó, San Juan Cancuc y Tenejapa. Su extensión territorial es de 113 km² cuya población pertenece a la etnia maya tsotsil (Collier, 1975). El relieve es accidentado con pendientes muy pronunciadas con una alta variación altitudinal (800-2000 msnm); el clima predominante es semicálido húmedo con temperatura media que oscila entre 18-22°C, e intervalo de precipitación media anual de 1500 a 2800 mm (INEGI, 2009). El suelo es de tipo luvisol, feozem, leptosol y planosol (INEGI, 2009). La vegetación incluye diversas formaciones vegetales, como el bosque lluvioso de montaña en las partes más bajas y el bosque mesófilo de montaña en las áreas más elevadas; gran parte de la vegetación original ha sido

convertida en cafetales, el cultivo de maíz, el frijol, y potreros (González-Espinosa y Ramírez-Marcial, en prensa).

La sociedad cooperativa de productores de café, Maya Vinic (MV) la integran un total de 450 socios, pertenecientes a 26 localidades de Chenalhó, ocho de Chalchihuitán, siete de Palenque, dos de Las Margaritas y una de Pantelhó. El presente estudio se concentró únicamente con productores de las comunidades de Chenalhó. Todos los socios trabajan bajo el sistema de producción orgánica de café y miel para consumo nacional y de exportación (Delfín-Fuentes et al., 2011). Esta sociedad cafetalera se fundó en el año de 1999, a raíz del conflicto bélico ocurrido en Acteal en diciembre de 1997. La decisión de crear una sociedad cooperativa se debió por cuestiones socio-políticas, además de la necesidad de recibir un trato digno y precio justo de la comercialización del café (Delfín-Fuentes et al., 2011).

En una reunión con la directiva de la organización se expuso la intención y alcance del estudio y posteriormente las comunidades interesadas en participar se ubicaron en un mapa topográfico. Se consideró inviable trabajar con todas las comunidades, de tal manera que se decidió hacerlo solo con productores de ocho comunidades, elegidas con base en que cada una tuviera como mínimo 10 unidades familiares (Fig. 1); estas familias se ubican en un intervalo altitudinal entre 1116 y 1811 m.

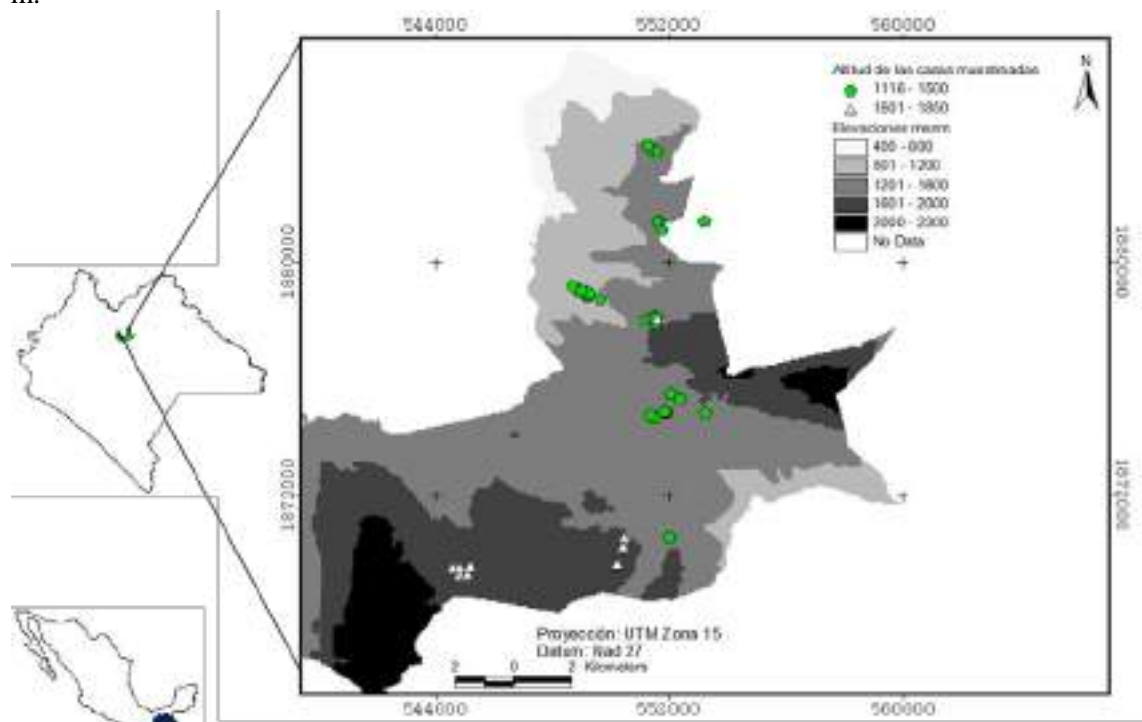


Figura 1. Ubicación de 74 familias distribuidas en diferentes altitudes del municipio de Chenalhó, Chiapas.

Talleres y entrevistas

Se realizaron cinco talleres participativos durante el año 2011 en los que participaron los delegados de MV y algunos productores de las ocho comunidades elegidas: en total, participaron 64 personas (50 hombres y 14 mujeres). En estas sesiones se discutió la situación de las áreas de aprovisionamiento de leña, de la disponibilidad de leña, el tiempo y distancias que recorren para el acopio de leña, conjuntamente con las estrategias que cada familia realiza para satisfacer sus necesidades de energía.

Adicionalmente a los talleres, se realizaron visitas y entrevistas a 74 familias (31 mujeres y 43 varones) de ocho comunidades de Chenalhó. En ellas se recopiló información de las especies preferidas para leña y las características o criterios utilizados para la clasificación de calidad y preferencia. Se preguntó acerca de las especies de árboles útiles para leña que la gente recuerda haber tenido en su comunidad en las pasadas dos décadas y las condiciones en las que se encuentran actualmente (abundancia o escasez) y cuales se han comenzado a usar como alternativa ante la escasez de las especies más preferidas (sustitución de especies).

En cada hogar visitado, se midió el consumo de leña en dos ocasiones: en los meses de marzo y abril (época seca, 74 familias) y durante junio y julio (época de lluvias, 51 familias). La medición de consumo se realizó con una báscula de reloj con capacidad de 100 kg y precisión de 250 g. Para ello, se pesó inicialmente en cada casa la cantidad de leña que cada familia estima que consume en tres días, y a los dos días se regresó y se pesó la leña restante; con ello la cantidad consumida resultó de la diferencia entre el peso original y final (Holz y Ramírez-Marcial, 2011). Durante la medición de consumo en los hogares se les preguntó a las personas presentes cuál es el número de integrantes de la familia, para obtener así el consumo por persona; cuales son las especies que se iban a consumir y cual es la calidad de cada una de ellas. A las mujeres se les preguntó las acciones que realizan para reducir el consumo de leña (uso de prensa para elaborar tortillas, estufas ahorradoras de leña y estufas de gas), o si para satisfacer sus necesidades de energía tienen que comprar la leña y cuanto invierten en ello anualmente.

Durante la fase de campo, se realizaron colectas botánicas para la identificación taxonómica de las especies de árboles y arbustos identificadas durante la medición de consumo de leña o mencionadas durante las entrevistas. La colecta se realizó con el apoyo de delegados, técnicos y productores de la organización MayaVinic de las ocho comunidades, quienes fueron los acompañantes en los recorridos encafetales, la milpa, los remanentes de bosque y en los acahuales. Los ejemplares se cotejaron en el herbario de El Colegio de la Frontera Sur.

Análisis

Los valores de consumo de leña se analizaron mediante un ANOVA por comunidad (ocho comunidades) y temporada (secas y lluvias), excepto en la temporada de lluvias donde solo se evaluaron a siete comunidades. Cuando resultaron diferencias significativas ($p < 0.05$) se realizaron pruebas de comparación de medias mediante el método de Tukey. Se realizaron pruebas de comparación de medias (prueba de t) en el consumo de leña entre familias que combinaron el uso de fogón tradicional con las estufas ahorradoras y de aquellas familias que únicamente utilizaron el fogón tradicional; otra prueba similar se aplicó a las familias que prepararon tortillas a mano y aquellas que usaron la prensa para evaluar las diferencias en el consumo. El consumo de leña se correlacionó con el número de habitantes por cada familia, con la inversión en compra de leña y con las superficies que las familias poseen de fragmento de bosque. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS (IBM, 2011).

La información de las entrevistas se sistematizó para obtener un análisis de frecuencias de las respuestas de la preferencia y calidad de leña y de las diferentes formas de apropiación de tecnologías y las acciones que emprenden las mujeres para el ahorro de leña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uso del suelo y abastecimiento de leña

La superficie promedio que las familias poseen es de 1.5 ± 1.1 hectáreas por familia. El 47% de las familias poseen menos de una ha, mientras que únicamente el 6.7% de ellas poseen entre 4-5 ha. El tipo de uso de suelo varió ampliamente entre las familias evaluadas. La actividad agrícola

predominante es la producción de café (41 % de la superficie total), maíz (36 %), áreas en barbecho (14 %) los remanentes de bosque secundarios (6 %) y el potrero (3 %). La fuente de abastecimiento de leña varía es variable e incluye prácticamente a todos los espacios disponibles. El sistema que provee la mayor cantidad de leña es el cafetal (69 %), la milpa (20 %), el acahual (8 %) y el bosque secundario (3 %). Sin embargo, estos sistemas no terminan de satisfacer toda la demanda de leña para algunas familias, en las que hay un claro déficit entre la demanda y su disponibilidad.

Entre las principales razones para esta relación deficitaria, se reconoce a la existencia de pequeñas superficies de producción por familia (< 1.5 ha) y que esta reducción de las superficies totales por familia se incrementa con el crecimiento de la población (Ramos-Pérez et al., 2009). En el año 2000 habían 27,331 habitantes en el municipio de Chenalhó y 36,111 habitantes para el año 2010 (INEGI, 2010). Con el crecimiento demográfico, los jefes de familia se han visto obligados a repartir sus tierras entre sus hijos, situación que ha implicado la reducción de las superficies por familia. Por otro lado, el cambio de uso de suelo está relacionado con la introducción de los cafetales en la región desde la década de 1970.

Otro factor que ha causado un descenso en la disponibilidad de leña es la desaparición de las áreas de uso común en las comunidades de Chenalhó. Algunos de los entrevistados mencionaron que, hasta hace unas cuatro décadas, habían áreas de uso común, generalmente ocupadas por bosques, de donde se abastecían de leña y otros productos forestales. Actualmente, estas tierras se encuentran repartidas entre la población y se han destinado a diferentes usos, tal y como ocurre en otras localidades de Chiapas (Cortina-Villar et al., 2006; Burgos, 2010).

Actualmente los bosques están reducidos en su extensión dentro de la superficie total por familia (6 %). Una razón por la cual los bosques aportan solo 8% de la leña es la lejanía en la que se encuentran. Las familias prefieren extraer leña de los cafetales que se encuentran cerca de sus hogares que invertir mayor tiempo para desplazarse a los fragmentos forestales lejanos, que por otra parte, no garantizan la disponibilidad de leña de calidad.

La disponibilidad de leña depende en gran medida de la abundancia y cobertura de especies leñosas que se mantenga en los cafetales. La relación positiva entre cobertura de los árboles de sombra y biomasa que se destina para leña ya ha sido sugerida con anterioridad (Romero, 2000; Soto-Pinto et al., 2000; Peeters et al., 2003). En el presente estudio, se observó que los cafetales de Chenalhó tienen sombra monoespecífica, la cual aporta menos leña que cafetales con sombra diversificada (Peeters et al., 2003). Esto ha contribuido a la crisis de disponibilidad de leña para las familias analizadas. Otro factor que ha agravado el déficit de leña es la reducción del descanso de la tierra en el cultivo de maíz por sustitución de ciclos de producción de de año y vez o continuo, lo cual ha impedido el crecimiento y desarrollo de árboles que podrían ser ocupados para leña (Alejandrino-Santillán, 1989). La aportación de leña de la milpa es básicamente de especies arbustivas o rebrotes de árboles remanentes que puede aportar hasta 20 % de la leña para uso doméstico.

Se registró el uso de 138 especies arbustivas y arbóreas que se utilizan eventual o constantemente para leña en función de la disponibilidad y no tanto por la preferencia. El 79 % de leña que se quema proviene de especies clasificadas de regular a mala calidad y solo el 21 % proviene de las especies preferidas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de especies preferidas para leña por las familias de ocho comunidades de Chenalhó

Familia	Nombre científico	Nombre común
FAGACEAE	<i>Quercus candicans</i> Née	Sakiltulan
FAGACEAE	<i>Quercus benthamii</i> A. DC.	Tulan

FAGACEAE	<i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham.	Tarapichtulan
FAGACEAE	<i>Quercus peduncularis</i> Née.	Ts'otulan
FAGACEAE	<i>Quercus elliptica</i> Née	Sakiltulan
FAGACEAE	<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.	I'mtulan
FAGACEAE	<i>Quercus segoviensis</i> Liebm.	K'antulan
ALTINGIACEAE	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Sots'te'
PINACEAE	<i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen	K'uktoj
PINACEAE	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede.	Batsi'toj
ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Níspero
CORNACEAE	<i>Cornus disciflora</i> Moc. & Sessé ex DC.	Sakjil
MYRICACEAE	<i>Morella cerifera</i> L.	Satin
FABACEAE	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze	Xaxim
CORNACEAE	<i>Cornus excelsa</i> Kunth	Isbón
BETULACEAE	<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>arguta</i> (Schltdl.) Furlow	Nok
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Ciprés
RUTACEAE	<i>Coffea arabica</i> L.	Kajpel
RHAMNACEAE	<i>Frangula mucronata</i> (Schltdl.) Grubov	K'anol
ICACINACEAE	<i>Oecopetalum mexicanum</i> Greenm. & C.H. Thomps.	Kakate'
CORNACEAE	<i>Nyssa sylvatica</i> Marshall	Chix te'
ANACARDIACEAE	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	Utuy
MELIACEAE	<i>Cedrela salvadorensis</i> Standl.	Ch'u te'/cedro
MYRTACEAE	<i>Eugenia capuliodes</i> Lundell	Ch'it
OLACACEAE	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh	Sakil te'/fresno
RUBIACEAE	<i>Blepharidium guatemalense</i> Standl.	Sakyax te'
FABACEAE	<i>Inga lactibracteata</i> Harms.	Kok
FABACEAE	<i>Inga vera</i> Willd	Kokaluk'um
FABACEAE	<i>Inga paterno</i> Harms.	Ts'elel

Varias familias coinciden en reconocer que hace dos décadas los encinos eran las especies preferidas y más usadas para leña. Durante los recorridos de campo, se observaron poblaciones reducidas de *Quercus candicans*, *Q. benthami*, *Q. oleoides*, *Q. peduncularis*, *Q. elliptica*, *Q. sapotifolia* y *Q. segoviensis*, además de *Liquidambar styraciflua*, *Alnus acuminata*, *Tapirira mexicana* y *Blepharidium guatemalense*.

Consumo de leña

El consumo de leña por unidad familiar es constante entre estaciones del año, pero varía entre las ocho comunidades analizadas. El promedio de consumo diario en la época de secas fue de 3.7 ± 1.5 kg persona⁻¹ día⁻¹, con diferencias significativas entre las ocho comunidades ($F_{7,73} = 5.522$, $P=0.001$, Fig. 2). El consumo para la temporada de lluvia fue de 3.9 ± 1.6 kg persona⁻¹ día⁻¹ y no se detectaron diferencias significativas entre las siete comunidades analizadas ($F_{6,50} = 2.168$, $P=0.64$, Fig. 2). Los valores más bajos de consumo diario de leña se registraron en las comunidades de Quexal-uk'um y Nuevo Yiveljoj, mientras valores más altos se registraron en las comunidades Tsajalch'en, Tsajal-uk'um, Canolal, Acteal, Ch'uchtik y Yaxgemel.

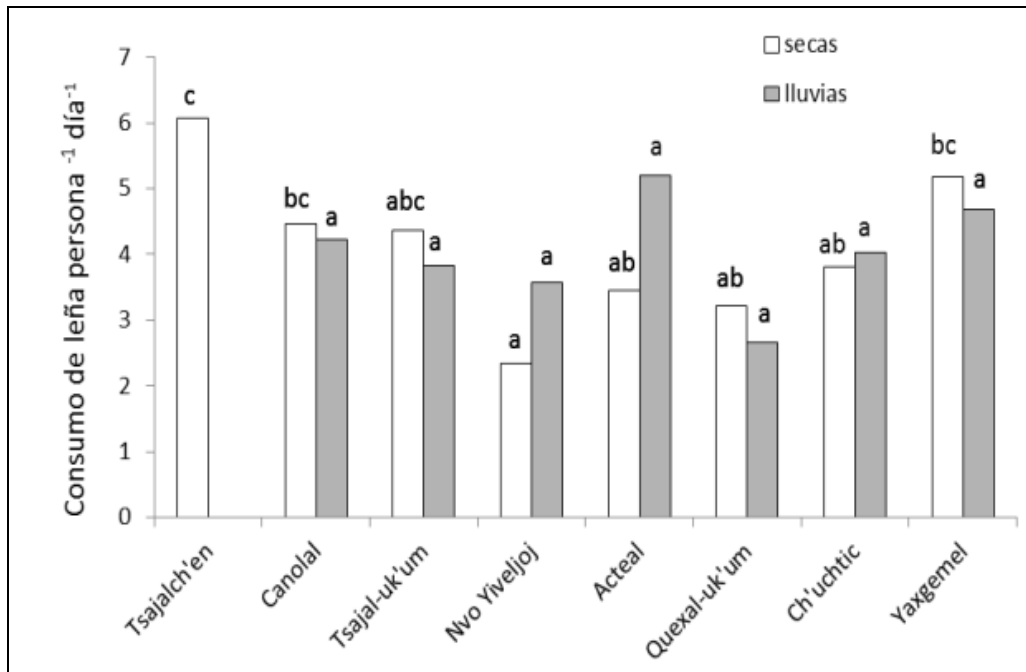


Figura 2. Consumo promedio de leña en ocho comunidades año 2011. En temporadas de secas letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$, prueba de Tukey). En la temporada de lluvias, no fue posible realizar la evaluación de consumo en la comunidad de Tsajalch'en.

Las diferencias encontradas en el consumo de leña entre comunidades podrían explicarse por varios factores: algunas familias mantienen apagada las fogatas después de cocinar, en tanto que otras familias por cuestiones culturales mantienen el fogón prendido todo el día. El uso de las prensas reduce el consumo de leña para la elaboración de las tortillas (2.8 ± 0.94 kg persona⁻¹ día⁻¹) en comparación con familias que prepararon tortillas a mano (4.8 ± 1.1 kg persona⁻¹ día⁻¹). La variación en el consumo de leña también se ha relacionado a las diferencias en el contenido de humedad de la leña, al tipo de fogón utilizado y a los estilos o hábitos familiares (Holz y Ramírez-Marcial, 2011).

Otro factor influyente en el consumo de leña es el número de integrantes por familia que resulta en una relación inversa entre el consumo y número de integrantes. Esta relación se observó en el caso de las familias de Chenalhó (Fig. 3) en la que un mayor consumo de leña por persona se produce en familias con menor número de integrantes, y el consumo por persona tiende a disminuir conforme el número de integrantes de familia va en aumento (coeficiente de correlación de Pearson, $r = -0.571$, $n=74$, $P < 0.001$).

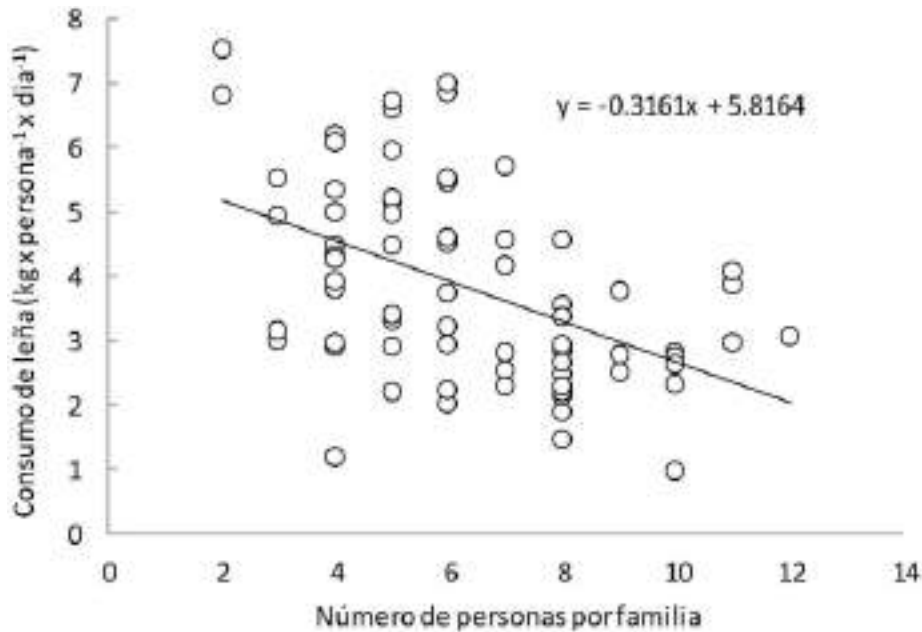


Figura 3. Consumo de leña por persona y número de integrantes de las familias en ocho comunidades del municipio de Chenalhó, Chiapas.

Esta relación sugiere una mayor eficiencia en el uso de la leña entre las familias grandes o extensas (más de 8 personas). El consumo de leña es 50-55 % menor en comparación con el consumo de familias integradas por 2 a 4 personas (26 % de las familias). La mayor parte de las familias son grandes y medianas y logran un ahorro de leña al mantenerse agrupadas y utilizar la misma cocina. Esta misma relación ha sido observada en Chiapas (Holz y Ramírez-Marcial, 2011), en África Subsahariana (Biran et al., 2004) y en Nepal (Fox, 1984).

Respuestas locales ante el déficit de abasto de leña

Uso de las estufas ahorradoras

Hay evidencia que las estufas ahorradoras pueden reducir hasta 67 % el consumo de leña (Masera et al., 2005; Berrueta et al., 2008). Todas las familias incluidas en el estudio utilizan el fogón tradicional (74 familias); 14 de ellas disponen de estufas ahorradoras de leña. Para este último grupo el promedio de consumo de leña por persona fue 3.9 ± 1.6 kg y para las familias que sólo ocupan fogón de tres piedras fue 3.9 ± 1.4 kg por lo que no se detectaron diferencias significativas entre estos dos grupos ($P > 0.05$).

Es posible que algunos factores culturales no permitan la sustitución completa del fogón por las estufas ahorradoras de leña (Soares, 2006). Algunas familias señalaron que prefieren los alimentos cocinados a fuego abierto (Troncoso et al., 2007). El fogón para muchas familias de Chenalhó ocupa el centro en las reuniones familiares que frecuentemente tienen lugar en las tardes o noches; las familias platican y comen alrededor del fogón. Además estos dispositivos poseen una abertura pequeña para la entrada de leña que obliga utilizar trozos delgados. Con la introducción de estufas ahorradoras en comunidades, se pretende mejorar las condiciones de salud, reducir el consumo de leña y el impacto que puede causar al medio ambiente con la extracción de leña (Riojas-Rodríguez et al., 2001; Bailis et al., 2005). Extrañamente, ninguna familia reconoce o identifica algún efecto negativo en la salud del uso de los fogones tradicionales, a pesar de que hay datos de la Organización Mundial de la Salud, que señala que el humo es causante de la muerte de dos millones de personas anualmente en el mundo (Martin et al., 2011).

Sustitución de especies y compra de leña

Las comunidades de Chenalhó reconocen al menos tres causas principales de la reducción en la abundancia de las especies preferidas para leña en sus territorios: el cambio de uso del suelo, el crecimiento de la población y la sobredemanda de especies preferidas de uso como leña. Ante la escasez se ha observado una tendencia creciente hacia la sustitución de las especies preferidas por otras más disponibles (Madubansi y Shackleton, 2007; Tee et al., 2009). Otra estrategia para suplir la demanda de leña es la compra. Un total de 29 familias (39 %) afirmaron que no compran leña y 45 familias (61 %) que sí la compran ocasional o frecuentemente. Estas últimas argumentaron que lo hacen debido a que los cafetales y otras fuentes de abastecimiento son insuficientes para proveerlos de leña todo el año. Las familias invierten desde \$100 hasta \$5000 pesos anuales, aunque la mayoría no invierte más de \$3000 pesos anuales; en promedio se invierten anualmente \$1631.5 \pm 1202.6 pesos por familia. Existen, además diferencias significativas entre las comunidades analizadas ($F= 3.396$, $g.l.=7,73$, $P=0.004$, Fig. 4).

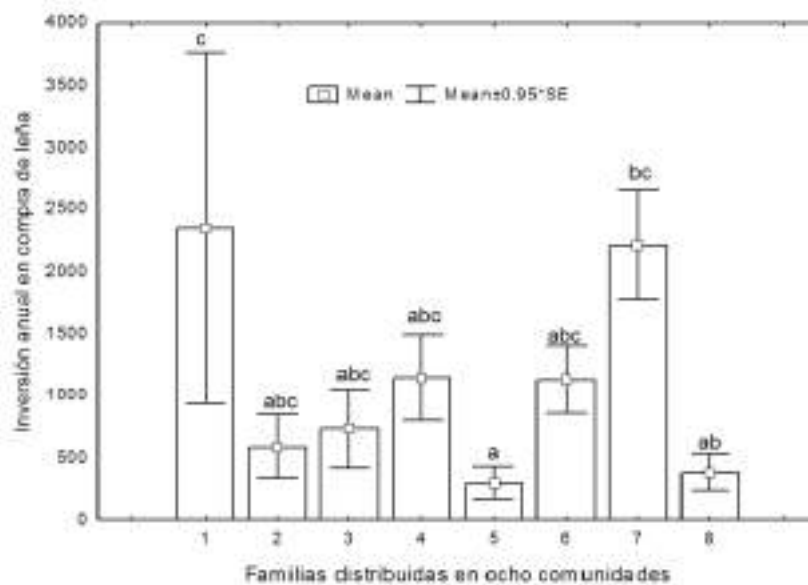


Figura 4. Inversión en compra de leña (en pesos mexicanos) en familias distribuidas en ocho comunidades. 1= Tsajalch'en, 2= Canolal, 3= Tsajal-uk'um, 4= Nuevo Yiveljoj, 5= Acteal, 6= Quexal-uk'um, 7= Ch'uchtic y 8= Yaxgemel.

Si se considera que la compra de leña es un indicador del déficit, se puede decir que 61 % de las familias son deficitarias, pues tuvieron que comprar la leña que no pudieron obtener de sus terrenos. El resto fueron familias que aún se abastecen en sus parcelas (39%) que son por lo general de familias que cuentan con pequeños fragmentos de bosque. El monto invertido en la compra de leña es variable y depende principalmente de la magnitud del déficit. En segundo lugar, depende de las especies de leña que se compran. La leña de encinos, que es la preferida y más escasa, es más cara que la proveniente de otras especies y sólo es adquirida por algunas familias. Por ejemplo, los encinos que se venden en Rincón Chamula a \$600 pesos por tarea (Burgos, 2010), en Chenalhó, el precio es más alto (\$700 - \$800 pesos por tarea), lo que podría indicar que el precio de leña varía de acuerdo con la oferta y demanda de cada localidad. El precio más bajo en Rincón Chamula puede deberse a que hay una oferta más alta en esta comunidad, donde 48% de las familias obtienen leña de los bosques de pino y del bosque mesófilo de montaña en una reserva comunitaria. En cambio, solo 23% de las familias de Chenalhó obtuvieron leña en los fragmentos de bosque.

Consecuencias del déficit de leña

El déficit de leña tiene varias consecuencias. En primer lugar, exige a las familias mayor gasto de energía y tiempo en la recolecta con lo cual el tiempo invertido en esta actividad reduce las posibilidades de dedicarlo a otras actividades. En segundo lugar, las familias que compran leña para cubrir sus demandas por un año, destinan ingresos que podrían cubrir otras necesidades básicas para la salud y alimentación. Una mayor demanda de un recurso escaso reduce aún más su disponibilidad y ello trae como consecuencia un mayor riesgo de extinción local. Otra consecuencia notable es el tiempo y recorrido que se invierte para llegar a los sitios de recolección de la leña. La inversión de tiempo y distancia que las familias recorren varía en cada comunidad (Cuadro 2). Las diferencias de tiempo y distancia fueron significativas entre las comunidades analizadas ($F_{7,59} = 3.412$, $P=0.004$).

Las familias entrevistadas mencionaron que hace aproximadamente dos décadas la leña se encontraba cerca. En algunas villas de Bushbuckridge, sur de África, para el acopio de leña las familias invertían en promedio 139 ± 15 minutos y 11 años después le invirtieron 268 ± 21 minutos (Madubansi y Shackleton, 2007). Un caso particular es el acontecido en Nuevo Yiveljoj donde han modificado el tiempo invertido y el traslado a sus áreas de acopio a raíz del conflicto social acontecido en Acteal en 1997. Las familias de Nuevo Yiveljoj, fueron desplazadas de su anterior comunidad (Yiveljoj) y ahora tienen que invertir más tiempo en el acopio de leña.

Cuadro 2. Inversión de tiempo (minutos) y distancia (km) para el acopio de leña en ocho comunidades del municipio de Chenalhó, Chiapas (promedio \pm desviación estándar).

Comunidad	Número de familias	Inversión de tiempo (min)	distancia de recorrido (km)
Tsajal-uk'um	10	$51.6 \pm 39abc$	$3.1 \pm 2.3abc$
Quexal-uk'um	10	$25.2 \pm 19.8a$	$1.5 \pm 1.19a$
Yaxgemel	10	$32.4 \pm 12abc$	$1.9 \pm 0.74abc$
Ch'uchtic	9	$36 \pm 10.8abc$	$2.1 \pm 0.65abc$
Acteal	8	$24.6 \pm 0.11ab$	$1.4 \pm 0.40ab$
Nuevo Yiveljoj	6	$63.6 \pm 6.6bc$	$3.8 \pm 1.8bc$
Canolal	4	$27 \pm 10.8abc$	$1.6 \pm 0.46abc$
Tsajalch'en	3	$72 \pm 6.6c$	$4.4 \pm 1.9c$

Para el caso de los productores de Maya Vinic las reglas de acceso y restricción en predios particulares son otras de las reacciones ante el déficit de leña. El acceso a parcelas particulares es con previa autorización de los propietarios. Quien infringe esta regla se hace acreedor de una sanción que es acordada con las autoridades de las dos organizaciones a las que están adscritos: Abejas Acteal y Abejas A.C. Por ejemplo, por derribar un árbol para leña mayor de 30 cm de diámetro del tronco en alguna área restringida o sin contar con el permiso respectivo, la multa oscila entre los \$500 y \$1000 pesos. No se sabe con precisión el destino que tiene el ingreso de estas multas, pero hay consenso en reconocer que la mayoría de los productores evitan ser sancionados al no meterse a sacar la leña en propiedad ajena, sin el debido consentimiento del propietario o de la organización.

Este tipo de reglas de control-sanción se han registrado en el municipio de Amatenango del Valle (Calderón, 2001), en Rincón Chamula (Burgos, 2010) y en otros ejidos de Los Altos de Chiapas (Cortina-Villar et al., 2007).

CONCLUSIONES

La mayoría de las familias de la organización Maya Vinic están en una situación de déficit de leña. Las causas son la reducción en el aprovisionamiento de leña de sus espacios debido a la ausencia de las especies preferidas. La escasez en el aprovisionamiento de leña se atribuye a la conversión de bosques en cafetales y al crecimiento de la población que dispone de menores superficies por familia. La reducción en el descanso de las tierras que son utilizadas para la milpa, la sustitución diversificada por sombra monoespecífica y la eliminación de la propiedad común de los bosques han agravado el acceso a leña de buena calidad. La población ha respondido con diferentes acciones locales para optimizar el uso de la leña. Aunque algunas familias utilizan estufas ahorradoras, los niveles de ahorro de leña son poco significativos respecto al uso del fogón tradicional. Hay una tendencia de sustitución de las especies preferidas para leña por otras de mayor disponibilidad pero de menor calidad, lo que conlleva a un incremento en el consumo. Otras familias recurren a la compra de leña de mejor calidad y otras emplean prensas para la elaboración de tortillas, lo que se traduce en un ahorro significativo en el consumo de leña.

LITERATURA CITADA

- Alemán-Santillán, T., 1989. **Los sistemas de producción forestal y agrícola de roza.** En Parra-Vázquez, M.R. (Ed.). El subdesarrollo agrícola en Los Altos de Chiapas. Universidad Autónoma de Chapingo CIES. México D.F. Pp. 83-151.
- Bailis, R., Ezzati, M. y D.M. Kammen., 2005. **Mortality and greenhouse gas impact of biomass and petroleum energy futures in Africa.** Science 308:98-103.
- Berrueta, V. M., Edwards R.E. y O.R. Maser, 2008. **Energy performance of wood-burning cookstoves in Michoacán, México.** Renewable Energy 33:859-870.
- Biran, A., Abbot, J. y R. Mace, 2004. **Families and firewood: A comparative analysis of the cost and benefits of children in firewood collection and use in two rural communities in Sub-Saharan Africa.** Human Ecology 32:1-25.
- Burgos, D.E., Soto-Pinto, M.L., Bello-Baltazar, E. y J. Castellano-Albores, 2009. **Consumo de leña y su impacto ambiental y en la salud en una comunidad del norte de Chiapas.** Agricultura sostenible 6:1-8.
- Burgos, D.E., 2010. **Uso de la leña: normatividad consumo y contaminación intramuros en Rincón Chamula, Chiapas, México.** Tesis de Maestría, ECOSUR, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 62 p.
- Calderón, A., 2001. **Uso y acceso a los recursos forestales en una comunidad indígena: la leña en Amatenango del Valle, Chiapas, México.** Tesis de Maestría, ECOSUR, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 42 p.
- Cayetano, E.C. y L. Meyer, 2005. **La leña su combustión y sus consecuencias a nivel mundial y en México en Calidad ambiental, Grupo IMSA.** [En línea] http://comunidades.imacmexico.org/c11/IMG/pdf/Articulo_la_Lena.pdf.
- Cortina-Villar, H.S.; López-Blanco, J., Perales, H.R., Ramírez, B., Pizano, A., Gómez, R., Vieyra, U., Stetter, S. y H. Plascencia, 2006. **Deforestación en los altos de Chiapas: magnitud y causas, recomendaciones para la planeación estratégica forestal.** El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 27 p.
- Collier, G.A., 1975. **Fields of the tsotsil.** The ecological bases of tradition in highland Chiapas. The University of Texas, 255 p.
- De Montalembert, M.R. y J. Clément, 1983. **Disponibilidad de leña en los países en desarrollo.** Roma, FAO. 103 p.
- Delfín-Fuentes, Y., Brunel-Manse, C., Bello-Baltazar, E. y R. Vandame, 2011. **Contribución de organización de productores a la sustentabilidad de sus territorios Guay'ab (Guatemala) y Maya Vinic (Chiapas) México.** Ra Ximhai 7:313-330.
- Díaz-Jiménez, R., 2000. **Consumo de leña en el sector residencial de México.** Evolución histórica y emisiones de CO₂. Tesis de maestría. México. Facultad de Ingeniería, UNAM, 113 p.
- Escobar-Ocampo, M.C., Niños-Cruz, J.A., Ramírez-Marcial, N. y C. Yépez-Pacheco, 2009. **Diagnostico participativo del uso, demanda y abastecimiento de leña en una comunidad Zoque del centro de Chiapas, México.** Ra-Ximhai 5:201-223.

- Fox, J., 1984. **Firewood consumption in a Nepali Village**. *Environmental Management* 8: 243-250.
- González-Espinosa, M. y N. Ramírez-Marcial. (en prensa). **Comunidades vegetales terrestres de Chiapas, en Estudio de estado de la diversidad biológica en Chiapas**. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto para el Desarrollo Sustentable en Mesoamérica, A.C. México, D.F.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Galindo-Jaimes, L., Camacho Cruz A., Golicher, D., Cayuela, L. y J.M. Rey-Benayas, 2009. **Tendencias y proyecciones del uso del suelo y la diversidad florística en Los Altos de Chiapas**. *Investigación Ambiental* 1:40-53.
- Holz, S. y N. Ramírez-Marcial, 2011. **La leña: principal recurso energético en las comunidades rurales**. Metodologías para la estimación del consumo doméstico y producción de leña a partir de árboles nativos. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, 34 p.
- IBM, 2011. **Manual del usuario del sistema básico de IBM SPSS Statistics 20**. Chicago, E.U.A., 473 p.
- INEGI, 2009. **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Chenalhó, Chiapas**. 9 p.
- INEGI, 2010. **Instituto Nacional de estadística y geografía**. Perspectiva estadística Chiapas, 2011. 95 p.
- Madubansi, M. y C.M. Shackleton, 2007. **Changes in fuelwood use and selection following electrification in the Bushbuckridge lowveld, South Africa**. *Journal of Environmental Management* 83:416-426.
- Martin, W.J., Glass, R.I., Balbus, J.M. y F.S. Collins, 2011. **A major environmental cause of death” Science** 334:180-181.
- Masera, O., 1996. **Deforestación y degradación forestal en México**. Documentos de trabajo N°19, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA A.C.) Pátzcuaro, México.
- Masera, O., Ghilardi, A., Drigo, R. y M.A. Trosero, 2006. **WISDOM: A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management**. *Biomass and Bioenergy* 30:618-637.
- Peeters, L.Y.K., Soto-Pinto, L., Perales, H., Montoya, G. y M. Ishiki, 2003. **Coffee production, timber, and firewood in traditional and Inga-Shaded plantations in Southern Mexico**. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 481-493.
- Ramos-Pérez, P.P., Parra-Vázquez, M.R., Hernández-Daumás, S., Herrera-Hernández, O. B. y J. Nahed-Toral, 2009. **Estrategias de vida, sistemas agrícolas e innovación en el municipio de Oxchuc, Chiapas**. *Revista de Geografía Agrícola* 42:83-106.
- Riojas-Rodríguez, H., Romano-Riquer, P., Santos-Burgoa, C. y K.R., 2001. **Household firewood use and the health of children and women of Indian communities of Chiapas, México** *International Journal of Occupational and Environmental Health* 7:44-53.
- Romero, A. Y., 2000. **Efecto del tipo de sombra sobre el rendimiento del café, nutrimentos del suelo y temperatura ambiental en Chiapas, México**. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas. 30 p.
- Soares, D., 2006. **Género, leña y sostenibilidad: el caso de una comunidad de los Altos de Chiapas** *Economía, Sociedad y Territorio* 6:151-175.
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernández, J. y J. Caballero-Nieto, 2000. **Shade effect on coffee production at the northern tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico**. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80:61-69.
- Tee, N.T., Ancha, P.U. y J. Asue, 2009. **Evaluation of fuelwood consumption and implications on the environment: Case study of Makurdi area in Benue Sate, Nigeria**. *Journal of Applied Biosciences* 19:1041-1048.
- Troncoso, K., Castillo, A., Masera, O. y L. Merino, 2007. **Social perceptions about technological innovation for fuelwood cooking: case study in rural Mexico**. *Energy Policy* 35:2799-2810.
- Wood, T.S., y S. Baldwin, 1985. **Fuelwood and charcoal use in developing countries**. *Annual Review of Energy* 10:407-29.
- Yllescas-Hernández P.L y J. Refugio-Flores, 2002. **Los conocimientos compartidos y la generación de acciones para el uso eficiente de leña**. En del Amo-Rodríguez Silvia (coord.), *La leña: el energético rural en tres microrregiones del sureste del país- una experiencia con la población local*. Plaza y Valdés/Proaft A.C./CNEB, México. Pp. 101-117.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración del grupo productores de café de la sociedad cooperativa de Maya Vinic, Chenalhó Chiapas, por la realización del trabajo de investigación. Este documento se realizó gracias al apoyo

del proyecto Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Convenio 116306: Innovación socio-ambiental para el desarrollo en áreas de alta pobreza y biodiversidad de la frontera sur de México.

Juan Manuel Ramírez-López

Departamento de Ecología y Sistemática Terrestres. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas Chiapas, México.

Neptalí Ramírez-Marcial

Departamento de Ecología y Sistemática Terrestres. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas Chiapas, México. Autor para la correspondencia: nramirezm@ecosur.mx.

Héctor Sergio Cortina-Villar

Departamento de Gestión de Territorios. El Colegio de la frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

Miguel Ángel Castillo-Santiago

Laboratorio de Análisis de Información Geográfica. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA – MINERAL Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananasa* Duch.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Carlos Osvaldo Romero-Romano; Juventino Ocampo-Mendoza; Engelberto Sandoval-
Castro y J. Refugio Tobar-Reyes

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 41-49.



e-revist@s

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA – MINERAL Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananasa* Duch.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

ORGANIC-MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION IN THE STRAWBERRY (*Fragaria x ananasa* Duch.) CROP UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Carlos Osvaldo **Romero-Romano**¹; Juventino **Ocampo-Mendoza**¹; Engelberto **Sandoval-Castro**¹
y J. Refugio **Tobar-Reyes**².

¹Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. C.P. 72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130. ²Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Domicilio conocido, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

RESUMEN

Una buena combinación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales puede permitir una reducción en el uso de agroquímicos, en beneficio del ambiente y de la salud de los consumidores, al obtenerse cosechas y productos inocuos y con menor contenido de residuos químicos. En el presente trabajo, se valorará el efecto de la fertilización orgánica y orgánica mineral en el cultivo de fresa cv. Festival, utilizando un diseño de tratamientos factorial 3×2^3 con un total de 24 tratamientos en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones, en condiciones de invernadero en Atlixco, Puebla. Los factores y sus niveles de estudio fueron: fertilización química (**FQ**), a tres niveles de $N-P_2O_5-K_2O$ 0-0-0, 45-20-20 y 90-35-35 $kg\ ha^{-1}$; nutriente orgánico comercial (Activador **QF**[®]) elaborado con ácidos fúlvicos (**AF**) a una concentración de (13.58%) con niveles de estudio 0 y 450 $ml\ ha^{-1}$; regulador de crecimiento (**RC**) vegetal comercial (Biozyme[®] conformado por 78.87% de extractos vegetales y fitohormonas, y 1.86% de microelementos) a niveles de 0 y 20 $l\ ha^{-1}$ y vermicomposta (**V**) de estiércol vacuno a 50 y 100 $g/maceta$. El experimento se dividió en dos periodos febrero-mayo y junio-septiembre del 2011. Las aplicaciones de los tratamientos fueron de forma edáfica (FQ y V) y foliar (AF y RC), en ambas etapas las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a los 10, 40 y 60 días después del trasplante. Las variables analizadas fueron número de estolones, largo de estolones, diámetro polar, ecuatorial, número y peso de frutos por semana, periodo, y el total de los dos periodos. Dos veces por semana se contó el número de frutos maduros, se midió el diámetro polar y ecuatorial y se pesaron los frutos. Cada 8 días; a partir de la formación de los primeros estolones, se contaron y midieron. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SAS (SAS, 2004). En el periodo febrero-mayo el tratamiento FQ50-AF1-RC1-V50 presentó diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05\%$) para las variables diámetro polar (2.95 cm), diámetro ecuatorial (3.76 cm), peso de fruto por semana (11.31 g) y periodo (135.69 g). En el periodo junio-septiembre FQ50-AF1-RC1-V50 se observaron diferencias estadísticas para diámetro polar (2.93 cm); FQ100-AF0-RC1-V50 y FQ100-AF1-RC1-V100 registraron diferencias significativas respectivamente para el peso de fruto por semana (7.08 g) y periodo (73.84 g). FQ100-AF0-RC1-V50 logró mayores valores para el peso total de frutos (189.42 g). En ambos periodos, la fertilización orgánica-mineral mostró mejores resultados, en comparación con la fertilización orgánica.

Palabras clave: Fertilización química, regulador de crecimiento, ácidos fúlvicos, vermicomposta

SUMMARY

A good combination of organic fertilizers and mineral fertilizers may allow a reduction in the use of agrochemicals, to benefit the environment and health of consumers, to obtained crops and safe products with lower content of chemical residues. In this paper, we assess the effect of organic fertilization and organic mineral in the cultivation of strawberries cv. Festival, in a factorial treatment design 3×2^3 with 24 treatments in an experimental design in randomized blocks with four replicates under greenhouse conditions in Atlixco, Puebla. The factors and levels of study: chemical fertilization (**FQ**), three levels of $N-P_2O_5-K_2O$ 0-0-0, 45-20-20 and 90-35-35 $kg\ ha^{-1}$ commercial organic nutrient (Activator **QF**[®]) prepared fulvic acid (**AF**) at a concentration of (13.58%) with two levels 0 and 450 $ml\ ha^{-1}$, growth regulator (**RC**) commercial vegetable (Biozyme[®], whit 78.87% of plant extracts and phytohormones, and 1.86% of microelements) at levels of 0 and 20 $l\ ha^{-1}$ and vermicompost (**V**) of cattle manure at 50 and 100 g / pot . The experiment was divided into two periods from February to May and June to September 2011. The treatments applications were edafic (FQ and V) and foliar (AF and RC) in both stages of treatment applications were made at 10, 40 and 60 days after transplantation. The variables analyzed were number of stolons, stolon length, diameter and length fruit, number and weight of fruit per week, period, and the total of the two periods. Two twice a week the number of ripe fruits was counted, the diameter and length fruit and weight was measured. Every eight days after the formation of the first stolons, counted and measured. Statistical analysis was performed using the SAS program. In the period from February-May treatment FQ50-AF1-RC1-V50 showed statistically different (Tukey, $p \leq 0.05\%$) for variables length fruit (2.95 cm), diameter fruit (3.76 cm), weight of fruit per week (11.31 g) and period (135.69 g). In the period from June-September FQ50-AF1-RC1-V50 present statistical differences for length fruit (2.93 cm); FQ100-AF0-RC1-V50 and FQ100-AF1-RC1-V100 showed significant differences, respectively, for the weight of fruit per week (7.8 g) and length fruit (73.84 g). FQ100-AF0-RC1-V50 achieves higher

values for total fruit weight (189.42 g). In both periods, the organic-mineral fertilizer showed better results compared with organic fertilization

Key Word: Chemical fertilizer, growth regulator, fulvic acids, vermicompost

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) se ha cultivado desde hace varios siglos en Europa, Asia y América, constituyéndose como una de las principales frutas de consumo de los países desarrollados. Para nuestro país la fresa es una de las cadenas productivas más importantes, esta condición es debido al valor de la producción estimado en poco más de mil 200 millones de pesos, aunado a la generación de un importante número de empleos anuales. Es importante señalar que nuestro país había ocupado el cuarto lugar en la producción mundial; sin embargo, actualmente ocupamos el séptimo lugar debido a una disminución en la superficie cultivada (SAGARPA, 2009).

El uso excesivo de agroquímicos en la agricultura preocupa a los consumidores a nivel mundial, debido al alto grado de contaminantes que los frutos pudieran contener; además, de los problemas ambientales que estos pueden generar en los suelos agrícolas y aguas (superficiales y subterráneas) del planeta. Para reducir el impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente y en la inocuidad de los diferentes cultivos, se recomiendan sistemas de producción orgánica u orgánica-mineral que supriman o reduzcan el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc. Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal, la vermicomposta, los biofertilizantes y los ácidos fúlvicos, entre otros, son buenas opciones para complementar la nutrición de los cultivos y así reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos y los costos de producción (Planes *et al.*, 2004; Armenta-Bojorquez *et al.*, 2010).

La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico, tiene alto contenido de ácidos húmicos, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, la cual facilita la aireación y drenaje del suelo, además de contener una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo, favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, incrementa la actividad biótica del suelo y su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos (Atiyeh *et al.*, 2002; McGinnis *et al.*, 2004; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos que pueden ser aplicados al suelo y/o planta. Los microorganismos utilizados en los biofertilizantes son capaces de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico y mejorando la tolerancia al estrés hídrico, salinidad, metales pesados y exceso de pesticidas, por parte de la planta y/o poseer la capacidad de disminuir o prevenir los efectos de deterioro de microorganismos patógenos (Bashan y Holguin, 1998; Lucy *et al.*, 2004), dependiendo del grupo de microorganismos al que pertenezcan. Además de mejorar las características físicas del suelo (Eghball *et al.*, 2004; Ma *et al.*, 2003) y controlar algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de raíces, y un aumento en la actividad microbiana (Kannangara *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004).

Los ácidos fúlvicos, son resultado de la descomposición química y microbiana que actúa sobre los residuos de plantas y animales (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003); estos forman parte de las sustancias húmicas, los cuales promueven la absorción de nutrimentos, y por su poder quelatante favorece la translocación de compuestos indispensables de compuestos indispensables para las plantas. Vía

suelo los ácidos fúlvicos contribuyen a la fertilidad, al mejorar exponencialmente la vida microbiana, mejorando la estructura y la capacidad de intercambio catiónico total (Litterick *et al.*, 2004).

Por estas razones, el objetivo del presente trabajo, fue valorar el efecto que tiene la fertilización orgánica y mineral a base de vermiconposta, regulador de crecimiento de origen vegetal, ácidos fúlvicos y fertilizante químico en el cultivo de fresa; bajo condiciones de invernadero, en dos diferentes épocas del año (enero-abril) y (junio-septiembre). Analizando variables de propagación vegetal (número de estolones y largo de estolones), variables físicas de calidad de fruto (Diámetro ecuatorial y polar) y variables de rendimiento (número y peso fresco de fruto por semana, periodo y total).

MATERIALES Y MÉTODOS

La primera etapa de evaluación se efectuó del 10 de enero al 29 de abril y la segunda etapa del 13 de junio al 2 de septiembre de 2011; en un invernadero ubicado en las instalaciones de la unidad experimental de Atlixco (18°54'32" N 98° 26'16", 1860 msnm) del Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. La temperatura promedio durante la primera etapa fue de 24°C y en la segunda etapa del experimento fue 32°C. Se utilizaron plantas de fresa cultivar "Festival" (número de hojas y tamaño similar), ya que Festival es el cultivar que muestra la mejor adaptación a las condiciones climáticas de la región en estudio.

La unidad experimental consistió de una planta colocada en una maceta de 30 cm de alto y 15 cm de radio. La distancia entre macetas fue de 30 cm y la distancia entre líneas de 60 cm. Se utilizó un diseño de tratamientos factorial 3 x 2³, con un diseño experimental en bloques completamente al azar, con un total de 24 tratamientos y cuatro repeticiones de cada uno. Los factores y sus niveles de estudio fueron: fertilización química (**FQ**), a tres niveles de N- P₂O₅ - K₂O 0-0-0, 45-20-20 y 90-35-35 kg ha⁻¹, nutriente orgánico comercial (Activador QF[®]) elaborado con ácidos fúlvicos (**AF**) a una concentración de (13.58%) y P₂O₅ al 1.63% con niveles de estudio 0 y 450 ml ha⁻¹; regulador de crecimiento (**RC**) vegetal comercial (Biozyme[®]), conformado por 78.87% de extractos vegetales y fitohormonas (Giberelinas, ácido indolacético y zeatina), 1.86% de microelementos y 19.27% de diluyentes y acondicionadores a niveles de 0 y 20 l ha⁻¹ y vermiconposta (**V**) de estiércol vacuno a 50 y 100 g/maceta.

Las aplicaciones de los tratamientos fueron de forma edáfica (FQ y V) y foliar (AF y RC). En ambas etapas las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a los 10, 40 y 60 días después del trasplante. Una vez que las plantas entraron en la fase productiva, dos veces por semana se contó el número de frutos maduros y se midió con un vernier electrónico digital (Mitutoyo) el diámetro polar y ecuatorial de los frutos cosechados, para posteriormente pesarlos en una balanza electrónica digital (Bizline).

Una vez que se formaron los primeros estolones, se contaron y midieron, posteriormente se marcaron con un listón, para identificar los que ya se habían contado, de los que aparecieron posteriormente. Este mismo procedimiento se realizó cada 8 días. Cuando los estolones comenzaron a formar raíz se les colocó en una maceta para que enraizaran. Una vez que los estolones enraizaron se separaron las plantas nuevas de la planta madre. La aplicación de agua de riego se realizó por medio de sistema de riego tipo espaguete. El análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico SAS (SAS, 2004)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de estolones fue totalmente diferente en los dos periodos de evaluación. Ya que, en el periodo de febrero-mayo no se formó ningún estolón. En cambio en el periodo junio-septiembre si se formaron estolones, aunque no se encontraron diferencias significativas en el número ni en el tamaño de los mismos (Cuadro 1). Este comportamiento está estrechamente relacionado con la temperatura y el fotoperiodo. Larson (2000) menciona que a temperaturas mayores de 10°C, y con fotoperiodo largo, la planta tiende a aumentar la producción de estolones. En el periodo de febrero-mayo la temperatura promedio fue de 24°C y el fotoperiodo (no cuantificado) fue menor, debido a la época del año. A diferencia del periodo de junio-septiembre en que la temperatura promedio en el invernadero fue de 32°C, y el fotoperiodo fue mayor, por lo que en este caso el fotoperiodo tuvo mayor influencia en la producción de estolones.

Cuadro 1. Medias de los 24 tratamientos para la variables número y tamaño de estolones.

Tratamiento	Número de estolones/ planta ⁻¹	Largo de estolones (cm)
FQ0-AF0-RC0-V50	46.00 a	39.18 a
FQ0-AF0-RC0-V100	25.25 a	31.46 a
FQ0-AF0-RC1-V50	32.00 a	36.51 a
FQ0-AF0-RC1-V100	29.50 a	34.01 a
FQ0-AF1-RC0-V50	17.75 a	36.92 a
FQ0-AF1-RC0-V100	30.50 a	35.08 a
FQ0-AF1-RC1-V50	35.75 a	39.32 a
FQ0-AF1-RC1-V100	40.25 a	35.76 a
FQ50-AF0-RC0-V50	46.75 a	35.48 a
FQ50-AF0-RC0-V100	38.00 a	37.90 a
FQ50-AF0-RC1-V50	19.75 a	32.80 a
FQ50-AF0-RC1-V100	40.25 a	36.78 a
FQ50-AF1-RC0-L50	25.75 a	31.52 a
FQ50-AF1-RC0-V100	32.25 a	34.88 a
FQ50-AF1-RC1-V50	34.75 a	36.35 a
FQ50-AF1-RC1-V100	37.75 a	39.77 a
FQ100-AF0-RC0-V50	51.25 a	37.30 a
FQ100-AF0-RC0-V100	46.00 a	30.02 a
FQ100-AF0-RC1-V50	44.00 a	37.32 a
FQ100-AF0-RC1-V100	26.75 a	38.30 a
FQ100-AF1-RC0-V50	26.75 a	30.87 a
FQ100-AF1-RC0-V100	37.50 a	31.18 a
FQ100-AF1-RC1-V50	37.75 a	36.49 a
FQ100-AF1-RC1-V100	27.50 a	36.55 a

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P < 0.05$. FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fulvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

No se encontraron diferencias significativas por efecto de tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05\%$) en el número de frutos semanales, por periodo y frutos totales. Sin embargo existe la tendencia de que en el periodo de febrero-mayo los valores más altos se registraron en el tratamiento orgánico-mineral FQ50-AF1-RC0-V100. En el periodo de junio-septiembre y en el número total de frutos, el

tratamiento orgánico-mineral FQ100-AF1-RC1-V100 fue el que presentó los valores más altos (Cuadro 3). El haber obtenido el mayor número de frutos en tratamientos de fertilización orgánica-mineral se puede deber a que el fertilizante mineral complementa el nitrógeno necesario, una vez que se agota el nitrógeno fácilmente disponible y asimilable contenido en la vermicomposta, durante tres a cuatro semanas después de la aplicación. Por lo tanto, se requiere de una fertilización mineral suplementaria para mantener el cultivo con la nutrición adecuada (Moreno, 2005). Gaskell (2004) menciona que el momento de aplicación es crítico en el suministro de nitrógeno en plantas de fresa; y que, las tasas de liberación de nitrógeno de los fertilizantes orgánicos pueden no ajustarse a las necesidades de nitrógeno del cultivo. Sin embargo, el número de frutos registrado es bajo en comparación con lo encontrado por Rajbir *et al.* (2008), utilizando tratamientos orgánico-minerales a base de vermicomposta y fertilizante químico (120–170–150 kg NPK ha⁻¹).

Esta baja productividad de frutos puede deberse a que las dosis de fertilización orgánica y mineral pudieron haber sido bajas, ya que existen niveles de fertilización recomendados de alrededor de 300-150-150 (N- P₂O₅ – K₂O) kg ha⁻¹. Sin embargo, los programas de fertilización en fresa son altamente variables, porque la cantidad de nutrientes depende de factores como el tipo de suelo, la fertilidad natural del suelo, de la cantidad de materia orgánica, el tipo de riego, la calidad del agua de riego, el clima, entre otros (Larson, 2000).

Además de la nutrición del cultivo y el suministro de agua, otros factores que pueden influir en el desarrollo del cultivo de fresa son la temperatura y el fotoperiodo, los cuales influyen directamente en la floración e interactúan en la regulación de los diferentes procesos fenológicos de la planta (Taylor, 2002). Existen reportes de que ha temperaturas altas (24-32°C) se reduce la floración, se presentan abortos de fruto y se reduce la calidad de la fruta (Morgan, 2002; Klamkowski y Treder, 2008). Siendo la temperatura óptima entre los 18-23 °C (Larson, 2000).

Cuadro 2. Comparación de medias semanales, por periodo y total, de la variable número de frutos por planta⁻¹.

Tratamiento	Febrero-Mayo		Junio-septiembre		Total
	Semana	Periodo	Semana	Periodo	
FQ0-AF0-RC0-V50	1.92 a	11.25 a	2.47 a	19.75 a	31.00 a
FQ0-AF0-RC0-V100	2.52 a	18.50 a	1.63 a	13.25 a	31.75 a
FQ0-AF0-RC1-V50	2.77 a	19.75 a	1.47 a	11.75 a	31.50 a
FQ0-AF0-RC1-V100	1.87 a	11.25 a	1.63 a	13.25 a	24.50 a
FQ0-AF1-RC0-V50	2.55 a	18.75 a	1.00 a	7.25 a	26.00 a
FQ0-AF1-RC0-V100	2.32 a	16.25 a	1.53 a	12.25 a	28.50 a
FQ0-AF1-RC1-V50	1.75 a	12.25 a	1.37 a	11.25 a	23.50 a
FQ0-AF1-RC1-V100	2.05 a	13.50 a	1.78 a	15.25 a	27.75 a
FQ50-AF0-RC0-V50	2.05 a	13.50 a	1.75 a	14.25 a	27.50 a
FQ50-AF0-RC0-V100	1.93 a	11.55 a	1.91 a	15.25 a	26.75 a
FQ50-AF0-RC1-V50	1.81 a	10.75 a	1.16 a	8.75 a	20.00 a
FQ50-AF0-RC1-V100	1.84 a	11.25 a	2.13 a	16.50 a	27.75 a
FQ50-AF1-RC0-L50	1.87 a	10.75 a	1.95 a	15.50 a	26.00 a
FQ50-AF1-RC0-V100	2.90 a	21.00 a	1.41 a	10.00 a	32.25 a
FQ50-AF1-RC1-V50	1.96 a	12.00 a	1.94 a	15.50 a	27.50 a
FQ50-AF1-RC1-V100	1.73 a	8.50 a	2.37 a	19.00 a	27.50 a

FQ100-AF0-RC0-V50	1.62 a	6.50 a	1.72 a	13.75 a	20.25 a
FQ100-AF0-RC0-V100	2.05 a	14.00 a	2.28 a	18.25 a	32.25 a
FQ100-AF0-RC1-V50	1.81 a	10.50 a	1.60 a	12.75 a	23.50 a
FQ100-AF0-RC1-V100	2.00 a	15.25 a	1.25 a	9.25 a	22.50 a
FQ100-AF1-RC0-V50	2.50 a	15.25 a	1.75 a	14.00 a	29.25 a
FQ100-AF1-RC0-V100	2.25 a	17.00 a	1.05 a	8.75 a	25.75 a
FQ100-AF1-RC1-V50	1.75 a	10.50 a	2.30 a	18.00 a	28.50 a
FQ100-AF1-RC1-V100	2.08 a	14.50 a	3.10 a	24.75 a	39.25 a

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P < 0.05$. FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fulvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

En lo que refiere al tamaño de frutos, en el periodo febrero-mayo, se encontraron diferencias significativas por efecto de tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05\%$), siendo el tratamiento orgánico-mineral FQ50-AF1-RC1-V50 el que registró los valores más altos para diámetro ecuatorial y polar, y en el periodo junio-septiembre se encontraron diferencias significativas en el diámetro polar, siendo los tratamientos orgánico-minerales FQ50-AF1-RC1-V50 y FQ100-AF1-RC1-V50 los que mostraron los mayores valores (Cuadro 3). En los últimos años se ha reportado que la aplicación de vermicomposta, en combinación con fertilizantes químicos resultando en un mayor rendimiento y calidad de frutos de fresa (Arancon *et al.*, 2004, 2006) debido principalmente a la producción de reguladores de crecimiento sintetizados por microorganismos durante el proceso de vermicompostaje (Welke, 2004; Atiyeh *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables diámetro polar y ecuatorial.

Tratamiento	Febrero-Mayo		Junio-septiembre	
	D. P (cm)	D. E (cm)	D. P (cm)	D. E (cm)
FQ0-AF0-RC0-V50	2.53 ab	3.21 ab	2.49 ab	1.90 a
FQ0-AF0-RC0-V100	2.65 ab	3.36 ab	2.78 ab	1.99 a
FQ0-AF0-RC1-V50	2.51 ab	3.23 ab	2.42 ab	1.80 a
FQ0-AF0-RC1-V100	2.22 ab	2.85 bc	2.74 ab	1.99 a
FQ0-AF1-RC0-V50	2.55 ab	3.47 ab	1.49 c	1.15 a
FQ0-AF1-RC0-V100	2.48 ab	3.31 ab	2.73 ab	1.92 a
FQ0-AF1-RC1-V50	2.38 ab	3.04 bc	2.53 ab	1.83 a
FQ0-AF1-RC1-V100	2.43 ab	3.15 ab	2.60 ab	1.88 a
FQ50-AF0-RC0-V50	2.24 ab	2.85 bc	2.09 bc	1.48 a
FQ50-AF0-RC0-V100	2.36 ab	3.02 bc	2.57 ab	1.90 a
FQ50-AF0-RC1-V50	2.59 ab	3.30 ab	2.07 bc	1.67 a
FQ50-AF0-RC1-V100	1.91 b	2.44 bc	2.30 ab	1.62 a
FQ50-AF1-RC0-L50	2.57 ab	3.23 ab	2.75 ab	2.06 a
FQ50-AF1-RC0-V100	2.38 ab	3.17 ab	1.96 c	1.49 a
FQ50-AF1-RC1-V50	2.95 a*	3.76 a*	2.93 a*	1.64 a
FQ50-AF1-RC1-V100	2.39 ab	3.33 ab	2.16 ab	2.02 a
FQ100-AF0-RC0-V50	1.86 d	2.33 d	2.78 ab	2.04 a
FQ100-AF0-RC0-V100	2.62 ab	3.44 ab	2.69 ab	1.97 a
FQ100-AF0-RC1-V50	2.73 ab	3.61 ab	2.78 ab	2.10 a

FQ100-AF0-RC1-V100	2.58 ab	3.09 ab	2.30 ab	1.75 a
FQ100-AF1-RC0-V50	1.95 b	2.35 d	2.70 ab	1.86 a
FQ100-AF1-RC0-V100	2.23 ab	2.71 bc	2.54 ab	1.76 a
FQ100-AF1-RC1-V50	2.24 ab	2.72 bc	2.79 ab	2.05 a
FQ100-AF1-RC1-V100	2.45 ab	3.07 bc	2.71 ab	2.01 a

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P < 0.05$. FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fúlvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

Para la variable peso de fruto se encontraron diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05\%$) siendo el tratamiento orgánico-mineral FQ50-AF1-RC1-V50 el que presentó los valores más altos en el periodo febrero-mayo, y los tratamientos orgánico-mineral FQ100-AF0-RC1-V50 y FQ100-AF1-RC1-V100 fueron los mejores para el periodo junio-septiembre. El peso total de frutos producido por planta fue mayor en el tratamiento FQ100-AFO-RC1-V50 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias semanales, por periodo y peso total de frutos de fresa.

Tratamiento	Febrero-Mayo		Junio-septiembre		Total (g)
	Semana (g)	Periodo (g)	Semana (g)	Periodo (g)	
FQ0-AF0-RC0-V50	9.47 abc	113.64 ab	6.30 ab	64.33 ab	177.27 ab
FQ0-AF0-RC0-V100	9.33 abc	112.26 ab	6.67 ab	68.03 ab	185.09 ab
FQ0-AF0-RC1-V50	8.91 cd	106.98 ab	5.71 ab	57.64 ab	163.48 ab
FQ0-AF0-RC1-V100	7.82 cd	93.71 abc	6.19 ab	63.18 ab	155.89 bc
FQ0-AF1-RC0-V50	8.88 cd	106.54 ab	3.58 c	31.95 d	137.49 de
FQ0-AF1-RC0-V100	9.55 abc	114.57 ab	6.11 ab	62.26 ab	175.83 ab
FQ0-AF1-RC1-V50	8.21 cd	98.85 abc	5.70 ab	58.00 ab	155.85 bc
FQ0-AF1-RC1-V100	8.40 cd	100.81 ab	5.72 ab	57.64 ab	157.44 bc
FQ50-AF0-RC0-V50	7.25 d	86.95 cd	5.00 bc	49.08 cd	135.02 f
FQ50-AF0-RC0-V100	8.12 cd	97.45 abc	5.41 ab	53.92 bc	150.37 cd
FQ50-AF0-RC1-V50	8.75 cd	104.99 ab	4.71 bc	45.56 cd	149.54 cd
FQ50-AF0-RC1-V100	6.82 d	83.23 cd	5.39 ab	53.11 bc	135.34 e
FQ50-AF1-RC0-L50	8.54 cd	102.25 ab	6.42 ab	66.29 ab	167.54 ab
FQ50-AF1-RC0-V100	8.35 cd	100.20 ab	4.68 bc	45.20 cd	144.40 cde
FQ50-AF1-RC1-V50	11.31 a*	135.69 a*	5.17 bc	51.03 bc	185.71 ab
FQ50-AF1-RC1-V100	9.28 abc	111.40 ab	6.44 ab	66.31 ab	176.71 ab
FQ100-AF0-RC0-V50	6.07 d	72.85 e	6.42 ab	66.11 ab	137.97 de
FQ100-AF0-RC0-V100	9.22 abc	110.59 ab	6.16 ab	62.88 ab	172.47 ab
FQ100-AF0-RC1-V50	9.97 ab	118.40 ab	7.08 a*	73.84 a*	189.42 a*
FQ100-AF0-RC1-V100	8.79 cd	105.44 ab	5.05 bc	49.58 cd	154.02 bc
FQ100-AF1-RC0-V50	6.70 d	80.36 cd	6.47 ab	66.68 ab	146.04 cde
FQ100-AF1-RC0-V100	7.03 d	82.63 cd	5.76 ab	58.67 ab	140.30 de
FQ100-AF1-RC1-V50	8.06 cd	94.75 abc	6.59 b	67.91 ab	161.66 ab
FQ100-AF1-RC1-V100	8.82 cd	107.02 ab	6.82 b	70.72 a	176.74 ab

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una $P < 0.05$. FQ=Fertilizante químico, AF= Ácidos fúlvicos, RC= Regulador de crecimiento, V= vermicomposta.

De acuerdo a las normas establecidas por la unión europea (DOUE, 2002), los frutos obtenidos en el periodo febrero-mayo; de acuerdo al diámetro ecuatorial, se clasifican como frutos calibre B (2.10-2.15 cm), y en el periodo junio-septiembre como frutos calibre C (2.5-2.9 cm). De acuerdo al peso, en el periodo febrero-mayo se clasifican como frutos calibre C (8-12 g), y en el periodo junio-septiembre en frutos calibre D (< 8 g).

CONCLUSIONES

En ambos periodos del experimento la fertilización orgánica-mineral mostró mejores resultados, en comparación con la fertilización orgánica, lo cual se atribuye a que la fertilización orgánica no fue suficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de la planta para la producción de estolones y formación de frutos. Las diferencias de diámetro polar, ecuatorial y peso de fruto entre cada periodo del experimento se atribuyen a factores ambientales como fotoperiodo y termoperiodo, los cuales son cambiantes en cada periodo. Estos dos factores ambientales no fueron medidos en esta investigación por lo que para próximas investigaciones se recomienda tomar en cuenta estas variables.

LITERATURA CITADA

- Arancon, N., Edwards, C., Bierman, P., Welch, C. and J. Metzger, J. 2004. **Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields.** Bioresource Technology 93: 145–153.
- Arancon, N., Edwards, C. and Bierman, P. 2006. **Influences of vermicomposts on field strawberries: effects on soil microbial and chemical properties.** Bioresource Technology 97: 831–840.
- Armenta-Bojorquez, A., García-Gutierrez, C., Camacho-Báez, J., Apodaca-Sánchez, M., Gerardo-Montolla, L. y Nava-Pérez, E. 2010. **Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México.** Ra Ximhai. 6 (1): 51-56.
- Atiyeh, R., Lee, S., Edwards, C., Arancon, N. and Metzger, J. 2002. **The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth.** Bioresource Technology 84: 7-14.
- Bashan, Y., and Holguin, G. 1998. **Proposal for the division of plant growth- promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth-promoting bacteria) and PGPB.** Soil Biol. Biochem. 30: 1225-1228.
- Eghball, B., D. Ginting and J. E. Gilley. 2004. **Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties.** Agronomy Journal 96: 442-447.
- Gaskell, M. 2004. **Nitrogen availability, supply and sources in organic row crops.** California Conference on Biological Control CCBC IV. Proceedings of California Organic Production and Farming in the New Millennium: A Research Symposium. International House, Berkeley, CA. p. 13-20.
- Hashemimajd, K., M. Kalbasi, A. Golchin, H. Shariatmandari. 2004. **Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes.** In: Journal of Plant Nutrition. 27: 1107-1123.
- Kannangara, T., R.S. Utkhede, J. W. Paul y Z. K. Punja. 2000. **Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber.** Can. J. Microbiol. 46: 1021-1028.
- Klamkowski, K. and Treder, W. 2008. **Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions.** Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 16: 179-188.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. **Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria.** Antonie Van Leeuwenhoek. 86: 1-25.
- Larson, K. D. 2000. **Comportamiento y manejo de la fresa: Desarrollados de programas de producción para máxima calidad y rendimiento en México.** pp. 7-21. En J. Z. Castellanos y F. Guerra O'Hart (eds). Memorias Simposium Internacional Fresa. Zamora, Michoacan, México.
- Litterick, A. M., L. Harrier, P. Wallace, C. A. Watson and M. Wood. 2004. **The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production.** Critical Reviews in Plant Science, 23 (6): 453-479.
- Ma, Y., Zhang, J. Y., Wong, M. H. 2003. **Microbial activity during composting of anthracenecontaminated soil.** Chemosphere 55: 1505-1513.

- McGinnis, M., Warren, S., and Bilderback, T. 2004. **Vermicompost – Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery. Nursery Short Course.** North Carolina State University. 8-10 pp.
- Moreno R. A., Valdés P. M. y Zarate L. T. 2005. **Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero.** Agricultura Técnica 65 (1): 26-34.
- Morgan L. 2002. **Producción intensiva de fresa.** Productores de Hortalizas 11 (8): 14-17.
- Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda, M. A. 2003. **Vermicompost as a natural adsorbent material: Characterization and potentialities for cadmium adsorption.** Journal of the Brazilian Chemical Society 14 (1): 39-47.
- Planes L. M., Calderón A. J., Terry L. A., Figueroa S. I., Utria B. E. y Abadis L. 2004. **La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible.** Revista Chapingo Serie Horticultura 10 (1): 5-10.
- DOUE. Diario Oficial de la Unión Europea. 2002. **Reglamento (CE) no 843/2002 de la Comisión, de 21 de mayo de 2002 por el que se establecen las normas de calidad para las cerezas y para las fresas.**
- Rajbir, S., R. Sharma, Satyendra K., R. K. Gupta, R. T. Patil. 2008. **Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.).** Bioresource Technology 99: 8507–8511
- SAGARPA. 2009. **Sistema de Información Agropecuaria de Consulta – SIACON,** en línea <http://www.sagarpa.gob.mx>, consultada el 4 de febrero de 2011
- SAS version 9.0. **SAS, Institute Inc.,** Cary NC., USA.
- Taylor D. R. 2002. **The physiology of flowering in strawberry.** Acta Horticulturae 567: 245-251.
- Welke, S. E. 2004. **The effect of compost extract on yields of strawberries and the severity of Botrytis cinerea.** Journal of Sustainable Agriculture 25 (1): 57-68.

Carlos Osvaldo Romero-Romano

Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. C.P. 72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130.

Juventino Ocampo-Mendoza

Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. C.P. 72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130.

Engelberto Sandoval-Castro

Programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 Carr. Fed. Méx.-Pue. C.P. 72760, Puebla, Pue. Apartado Postal 2-12, Colonia la Libertad C.P. 72130.

J. Refugio Tobar-Reyes

Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Domicilio conocido, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

MOVIMIENTO DE POLEN ENTRE MAÍCES NATIVOS DE YUCATÁN Y MANTENIMIENTO DE DIVERSIDAD GENÉTICA

Jaime Canul-Ku; Porfirio Ramírez-Vallejo; Fernando Castillo-González; José Luis Chávez-Servia; Manuel Livera-Muñoz y Luis Manuel Arias-Reyes
Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 51-60.



e-revist@s

MOVIMIENTO DE POLLEN ENTRE MAÍCES NATIVOS DE YUCATÁN Y MANTENIMIENTO DE DIVERSIDAD GENÉTICA

POLLEN MOVEMENT BETWEEN NATIVE MAIZE YUCATAN AND MAINTENANCE OF GENETIC DIVERSITY

Jaime Canul-Ku^{1*}; Porfirio Ramírez-Vallejo¹; Fernando Castillo-González¹; José Luis Chávez-Servia²; Manuel Livera-Muñoz¹ y Luis Manuel Arias-Reyes³

¹Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Estado de México. Tel. 01(995)9520200 Ext. 1320. ²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. 71230. Santa Cruz, Xoxocotlán, Oaxaca. ³Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida. Km 6 antigua carretera Progreso. C.P. 97310. Mérida, Yucatán. *Autor para correspondencia: canul.jaime@inifap.gob.mx; canulku2001@yahoo.com.

RESUMEN

En Yucatán, México, el cultivo de diferentes poblaciones nativas de maíz en el sistema milpa favorece el intercambio de polen. Para evaluar la relación entre el flujo de polen y la dinámica de diversidad genética en 2005 y 2006, una población de grano blanco y otra amarilla de tipo *Xmejen-nal* y *Xnuc-nal*, se asociaron con calabaza. La variedad de grano amarillo fue sembrada alrededor del blanco. Se cosecharon 540 mazorcas en 8 direcciones, de la periferia al centro, el porcentaje de grano amarillo en la variedad blanca se usó como indicador de la tasa de cruzamiento. Para cada dirección se realizaron análisis de regresión simple entre la distancia y el porcentaje de granos amarillos. Los mayores porcentajes de cruzamiento en los tipos *Xmejen-nal* (44 %) y *Xnuc-nal* (42 %) se obtuvieron en dirección noreste-suroeste en 2005; y dirección sureste-noroeste en *Xmejen-nal* (37 %) y *Xnuc-nal* (41 %) en 2006. La dirección e intensidad del viento dominante determinaron las trayectorias del polen y la tasa de cruzamiento disminuyó con la distancia a la fuente polen. El intercambio genético es promovido por el manejo y distribución de los genotipos en tiempo y espacio, y el flujo génico entre poblaciones promueve la diversidad intrapoblacional.

Palabras clave: Flujo génico, milpa, cruzamiento, viento, grano, mazorca

SUMMARY

In Yucatan, Mexico, the cultivation of different native maize populations in the system milpa, promote the interchange of pollen. To evaluate the relationship between the flow of pollen and the dynamics of genetic diversity in 2005 and 2006, a white kernel population and another yellow, both of the *Xmejen-nal* and *Xnuc-nal* types, were grown associated with squash. The yellow kernel variety was planted surrounded by the white kernel variety, 540 ears were harvested in 8 directions, from the periphery to the center, and the percentage of yellow grain in the white variety was used as indicator of out crossing rate. For each direction, regression analysis was performed between distance and yellow kernel percentage. The largest out crossing rates in *Xmejen-nal* (44 %) and *Xnuc-nal* (42 %) were obtained in the direction northeast-southwest in 2005; and in direction southeast-northwest in *Xmejen-nal* (37 %) and *Xnuc-nal* (41 %) in 2006. Both direction and intensity of dominant wind determined trajectories of pollen, and the out crossing rate was reduced with the distance to the source of pollen. Genetic interchange is promoted by management and genotype distribution in both time and space, and gene flow among populations promotes intrapopulation diversity.

Key words: Gene flow, milpa, cross, wind, kernel, ears

INTRODUCCIÓN

En México se estima que aproximadamente dos millones de familias campesinas establecen sus cultivos en sistemas agrícolas tradicionales y cubren alrededor de seis millones de hectáreas al año (Nadal, 2000; Bellon y Berthaud, 2004).

En las comunidades rurales el crecimiento poblacional, las condiciones socioeconómicas de vida, el cambio de la composición florística de la vegetación natural y las características de clima y suelo, entre otros factores; han dado como resultado una acelerada fragmentación del núcleo ejidal con parcelaciones contiguas (Bellon y Brush, 1994). En estas condiciones en el cultivo de maíz, la recombinación de genes mediante el intercambio de polen entre parcelas adyacentes es un factor importante en la generación y conservación de la diversidad genética, ya que es altamente probable que ocurra flujo génico mediante la polinización cruzada (Castillo y Goodman, 1996; Berthaud *et al.*, 2001).

El agricultor mexicano ha mantenido y mejorado las poblaciones de maíz con base en un minucioso proceso de selección de semilla, considerando el tamaño de mazorca, hileras derechas y granos sanos y, en ocasiones algunas características de planta (Bellon y Brush, 1994; Louette y Smale, 2000;

Perales *et al.*, 2003; Chávez *et al.*, 2004b; Latournerie *et al.*, 2006). El productor maya aplica diferentes criterios que le ayudan a seleccionar su semilla año con año; en el momento de la cosecha, elige las mazorcas que reúnen las características que considera apropiadas para ser almacenadas y conservadas en trojes rústicas construidas con materiales de la región (Latournerie *et al.*, 2006). También, él ha generado sus propias tecnologías para el manejo de sistemas tradicionales; y ha acumulado la experiencia necesaria para la adecuada identificación de sus poblaciones o genotipos que mejor combinan dentro de los cultivos (Arias *et al.*, 2000; Perales *et al.*, 2005).

Los sistemas tradicionales de producción han sido estudiados con mayor interés en los últimos años en diferentes regiones de México (Bellon y Brush, 1994; Perales *et al.*, 2003; Chávez *et al.*, 2004a); el enfoque de estos estudios es muy diverso, pero todos ellos plantean la necesidad de conocer la variación genética como base para el mejoramiento y uso sustentable de los recursos fitogenéticos, ya que presentan amplia diversidad genética inter e intraespecífica (Cooper *et al.*, 2001). Recientemente ha cobrado interés el estudio de la diversidad genética autóctona en relación con los riesgos de contaminación, por la posible presencia de variedades genéticamente modificadas y el desconocimiento de los efectos del intercambio génico sobre la diversidad genética que durante muchos años ha existido y perdurado en las áreas cultivadas por los agricultores tradicionales.

Un caso relevante del sistema mesoamericano de la milpa se localiza en Yaxcabá, Yucatán, México, donde es común encontrar en una misma área de cultivo varios tipos de poblaciones nativas de maíz, con diferente ciclo de vida, color y tamaño de grano, y diferencias en características de mazorca y porte de la planta (Arias *et al.*, 2000; Camacho y Chávez, 2004), asociados con diferentes morfotipos de otras especies cultivadas, como la calabaza y el frijol. En Yaxcabá se ha reportado variación morfogénica amplia en maíz (Arias *et al.*, 2000; Burgos *et al.*, 2004; Camacho y Chávez, 2004), calabaza (Chávez *et al.*, 2003; Canul *et al.*, 2005) y frijol (Chávez *et al.*, 2003; Latournerie *et al.*, 2005), así como de usos. Sin embargo, el origen de esta diversidad no se ha estudiado con la suficiente amplitud. La presencia de varios tipos de maíces en pequeñas áreas también se presenta en los Valles Centrales de Oaxaca (Pressoir y Berthaud, 2004a, 2004b), en la parte central del estado de Chiapas (Perales *et al.*, 2005) y en otras regiones de México donde se practica la agricultura tradicional.

Bajo estas condiciones de manejo, es importante determinar si las poblaciones de un mismo cultivo, sembradas en áreas contiguas comparten algunos genes o existen barreras físicas o biológicas entre ellos que impiden su recombinación. Desde el punto de vista de la genética de la conservación, es importante cuantificar el grado de recombinación o flujo genético entre las milpas contiguas o dentro de un mismo campo de cultivo de los pequeños agricultores; una especie alógama como el maíz sigue un modelo de isla. Una manera de probar el posible intercambio de genes entre campos contiguos de maíz consiste en utilizar el fenómeno de xenia, mediante el cual se puede determinar la distancia que recorre los granos de polen entre los campos (Castillo y Goodman, 1996; Luna *et al.*, 2001; Halsey *et al.*, 2005; Bannert y Stamp, 2007).

El polen del maíz es un vector en la transmisión y flujo de información genética entre poblaciones que coinciden en espacio y tiempo (Aylor *et al.*, 2003). El intercambio de genes se da entre y dentro de poblaciones nativas y parientes silvestres de la misma especie (Spillane y Gepts, 2001), ocurre dentro y entre parcelas contiguas (Berthaud *et al.*, 2001; Mercer y Wainwright, 2008), de manera inducida o natural (Spillane y Gepts, 2001). El flujo genético en maíz depende de la sincronización entre la receptividad de los estigmas y la liberación y viabilidad de los granos de polen. Esta última, dura de una a dos horas después de su liberación, dependiendo de la humedad atmosférica (Luna *et al.*, 2001; Baltazar *et al.*, 2005). El grano de polen de maíz no tolera la desecación, ya que pierde agua y viabilidad de manera rápida, y tiene una baja tasa de movilidad por su tamaño y peso, y por consiguiente la mayor proporción queda depositado cerca de la planta fuente (Luna *et al.*, 2001; Jarosz *et al.*, 2003; Halsey *et al.*, 2005).

En trabajos experimentales se determinó con base en la expresión de xenia, que el cruzamiento entre campos de maíz puede realizarse a una distancia de 200 metros de la fuente de polen (Luna *et al.*, 2001) y en otras ocasiones hasta 300 m, con un 0.02 % de cruzamiento (Stevens *et al.*, 2004). En

California, E.U., se encontraron proporciones de cruzamientos de 0.7 y 0.6 % a 24 y 32 m de la fuente de polen en 2001 y 2002, respectivamente, y a una distancia de 750 m disminuyó hasta 0.002 % (Halsey *et al.*, 2005).

El flujo de genes entre poblaciones de maíz afecta su estructura genética; por consiguiente, es fundamental el estudio del movimiento de polen, estimado con base en la distancia que recorrerían los granos de acuerdo a las condiciones ecogeográficas de los sistemas tradicionales. Bajo este contexto, el objetivo fue determinar la distancia que recorre el grano de polen de maíz y su relación con el mantenimiento de la diversidad genética entre poblaciones nativas, manejadas y conservadas en el sistema milpa en Yaxcabá, Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En mayo del 2005 se colectaron semillas de dos poblaciones nativas del tipo Xmejen nal, una de color blanco y otra de color amarillo, ambos con ciclo de vida de 2.5 meses y semillas de dos poblaciones del tipo Xnuc nal, que presenta un ciclo de 4 meses. Los dos tipos pertenecen a la raza Tuxpeño. Las colectas se hicieron en Yaxcabá, Yucatán, localizada a los 20° 32' de LN y 88° 49' de LW con una altitud de 30 m.

En 2005 una vez establecido el temporal, el 16 de junio en la milpa de un productor cooperante se sembraron las dos poblaciones de Xmejen nal, en una superficie de 60 metros (m) de largo en la dirección norte-sur por 40 m de ancho en la dirección este-oeste, asociadas con una población nativa de calabaza con denominación local Xnuc cum (*Cucurbita moschata*), que alcanza la floración femenina 80 días después de la siembra (Canul *et al.*, 2005). El maíz de color amarillo se estableció en cuatro hileras en toda la periferia de la superficie y en la porción central restante de la milpa se sembró el maíz de color blanco. La distancia entre surcos y entre matas fue de un metro. El color del endospermo se usó como marcador, el amarillo es dominante sobre el blanco y sirvió para estimar cuanta distancia recorre el polen (García *et al.*, 1998; Ma *et al.*, 2004), desde la periferia hacia el centro de la milpa.

En otra milpa del mismo agricultor y el mismo día 16 de junio de 2005, se establecieron las dos poblaciones de maíz tipo Xnuc nal, asociada con la calabaza Xtop (*C. argyrosperma*), que alcanza la floración femenina a los 46 después de la siembra (Canul *et al.*, 2005), en un lote de 80 m de largo en la dirección norte-sur y de 40 m en la dirección este-oeste; en cuatro surcos en la periferia se sembró el maíz amarillo y en la superficie central restante el de color blanco, entre surcos y entre matas hubo una distancia de un metro. También el color amarillo del endospermo sirvió como marcador. De manera similar en el temporal de 2006 en la milpa del mismo productor cooperante se realizó la siembra el 16 de junio siguiendo la misma metodología y utilizando las mismas poblaciones nativas de maíz.

El manejo de las dos milpas se realizó con base en las prácticas tradicionales del sistema como es la aplicación de herbicida Cerillo® inmediatamente después de la siembra y la aplicación de fertilizante a dosis de 36N-92P-00K. Cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica se procedió a la dobla para proteger a la mazorca de daños por humedad, plagas y enfermedades.

La cosecha se realizó en el mes de enero de 2006 y 2007 en ambas milpas, se inició en cada extremo, los primeros cinco puntos de muestreo fueron en surcos seguidos de maíz blanco, en cada uno se eligieron al azar cinco mazorcas bien formadas; los puntos de muestreos subsecuentes se tomaron en surcos de manera alternada hasta llegar al centro de la milpa. Este procedimiento se aplicó en cada uno de los ocho sentidos, en promedio se tomaron 13 puntos de muestreos con 5 mazorcas en cada dirección dando un total de 65 mazorcas de la periferia hacia el centro de la milpa y considerando los ocho sentidos se obtuvieron 520 mazorcas (Figura 1).

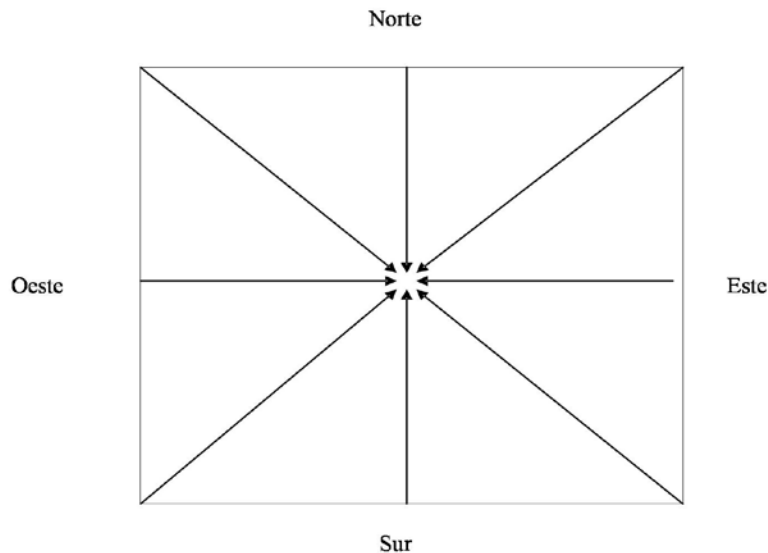


Figura 1. Direcciones de muestreos de mazorcas de maíz en milpa de Yaxcabá, Yucatán, en 2006 y 2007.

Las muestras se identificaron registrando el sentido y con numeración progresiva desde la parte exterior hacia el interior de la milpa. Posteriormente en gabinete se desgranaron las mazorcas y se contó el número de granos de color amarillo y de granos de color blanco contenidos en cada mazorca. Por último, en cada sentido y punto de muestreo se determinó el porcentaje de grano de color amarillo contenidas en cada una de las mazorcas de color blanco.

Con la información obtenida en cada milpa se realizaron análisis de regresión para cada uno de los ocho sentidos tomando la distancia desde el borde como una variable independiente y el porcentaje de granos amarillos como una variable dependiente; con base en la significancia estadística de la R^2 el modelo de regresión que mejor ajustó los datos fue el inverso del efecto lineal y cuadrático, $y = b_0 + b_1(1/x) + b_2(1/x)^2$, donde x es la distancia en m (SAS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la expresión de xenia, en 2005 en el maíz de grano blanco tipo Xmejen nal el mayor cruzamiento se obtuvo en la dirección noreste-suroeste (44 %), primer punto de muestreo adyacente a la fuente de polen, y fue seguido por la dirección oriente-poniente (33 %). Sin embargo, en 2006 la sureste-noroeste presentó la mayor proporción de cruzamiento (37 %), seguido de oriente-poniente (33 %); en ambos años las direcciones poniente-oriental y suroeste-noreste presentaron tasas de cruzamiento muy bajas (1 %). Estas variaciones resultan del cambio en la dirección del viento dominante de un año a otro (Figura 2).

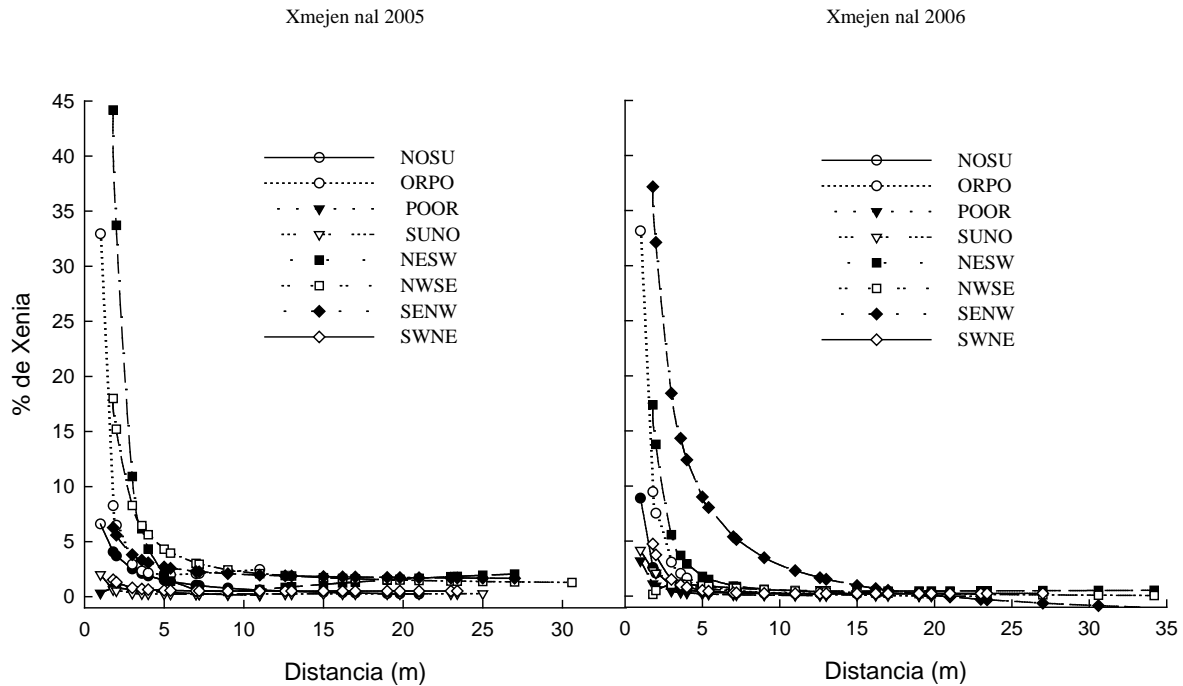


Figura 2. Movimiento de polen valorado a través de la xenia de polen de maíz amarillo sobre maíz blanco en tipo Xmejen nal en el sistema milpa de Yaxcabá, Yucatán.

En los dos años de evaluación en tipo Xmejen nal la tendencia en el movimiento de polen fue similar. En la Figura 2 se observa que a medida que las plantas se alejaron de la fuente de polen, hacia el centro de la milpa, los porcentajes de granos amarillos contenidos en las mazorcas de granos blancos fueron menores; en tanto que, en el punto de muestreo adyacente a la fuente de polen se obtuvieron los más altos cruzamientos, reduciéndose de manera drástica después de tres metros de distancia hasta llegar casi cero a 15 metros. En los puntos de muestreo ubicados en las direcciones en favor del viento dominante presentaron los porcentajes más altos de cruzamiento, a diferencia de las direcciones en contra del viento donde la proporción fue menor, de tal forma que a los pocos metros de la fuente polen ya no se observó la expresión de xenia. El movimiento de polen mostró una reducción drástica en 2005 en comparación con 2006, cuando la caída en la curva de ajuste fue menos pronunciada (Figura 2), lo que indicaría que la intensidad de los vientos fue mayor en 2006.

En tipo Xnuc nal el movimiento del polen fue semejante al tipo Xmejen nal, con ligeras variantes. En 2005, la mayor proporción de cruzamiento (42 %) fue en el primer punto de muestreo del sentido noreste-suroeste, seguido de norte-sur (32 %); mientras que, en sur-norte (6 %) y sureste-noroeste (2 %) los cruzamientos fueron menores. En 2006, la dirección sureste-noroeste presentó la mayor proporción de cruzamiento (41 %) seguido del sur-norte y oriente-poniente (37 %); mientras que, en poniente-oriental y suroeste-noreste fue inferior a 4 %, todos en el primer punto de muestreo adyacente a la fuente de polen. Los mayores cruzamientos ocurrieron en las direcciones en favor del viento y cuando está en contra no favorece el transporte de los granos de polen, como resultado en los primeros metros de la fuente polen ya no se observa el efecto de xenia. En 2006, la caída de la curva fue menos drástica comparado con 2005, indicando que la intensidad de los vientos fue mayor en 2006 (Figura 3).

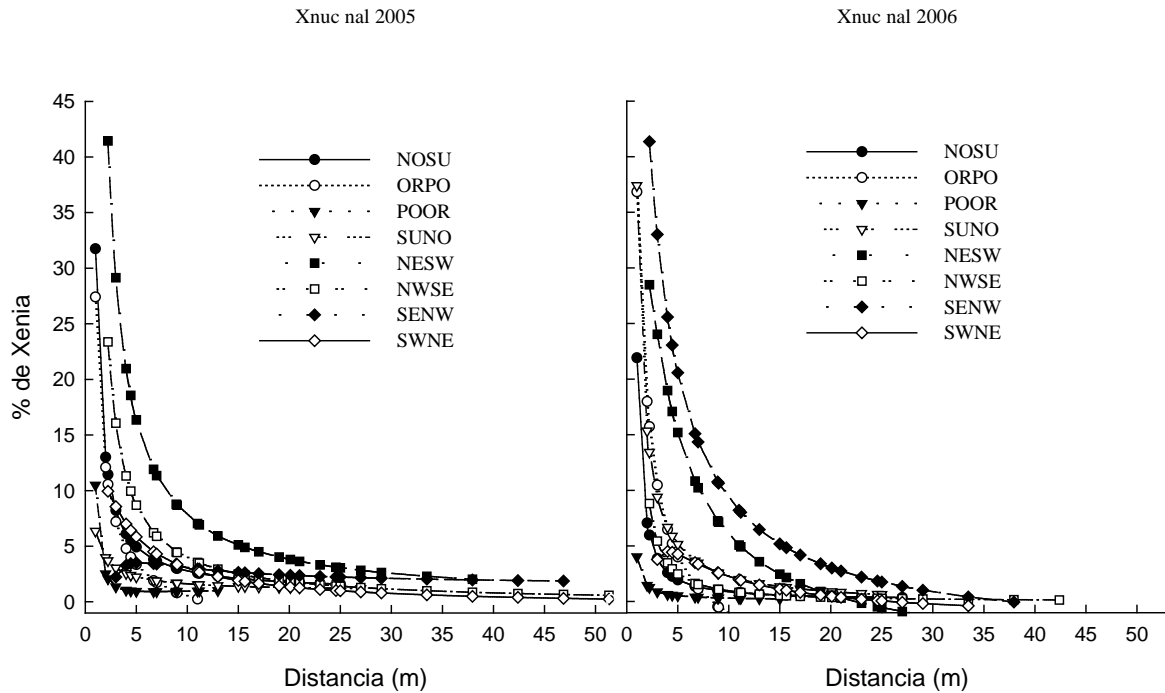


Figura 3. Movimiento de polen valorado a través de la xenia del polen de maíz amarillo sobre maíz blanco tipo Xnuc nal en el sistema milpa de Yaxcabá, Yucatán.

En los tipo Xmejen nal y Xnuc nal durante los dos años de evaluación la intensidad del flujo de polen, valorado en función de la distancia del movimiento del polen disminuyó al aumentar la distancia. La distancia a la que se movió el polen dependió de la presencia de los vientos dominantes en cada uno de los años de evaluación; y disminuyó el nivel del flujo del polen de manera drástica después de los primeros puntos de muestreo inmediatos a la fuente de polen en todas las direcciones. Este resultado coincide con lo reportado por Berthaud *et al.* (2001) en sistemas tradicionales de Cuzalapa, Jalisco, en el cultivo de maíz, se obtuvieron de 10 a 20 % de granos púrpura en las primeras hileras de variedades blanca y amarilla, y menos de 1 % después de 2 a 3 metros, estabilizándose la proporción después de una gran distancia.

En maíz se ha demostrado que la tasa de deposición de los granos de polen disminuye al aumentar la distancia (García *et al.*, 1998; Luna *et al.*, 2001; Ma *et al.*, 2004; Halsey *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2006); en este estudio con dos tipos de maíz se obtuvieron resultados similares, ya que en los primeros puntos de muestreo se obtuvo una alta proporción de cruzamiento y al acercarse al centro de la milpa la tasa disminuyó hasta llegar a cero (Figuras 2 y 3); al respecto Wang *et al.* (2006) señalan que la proporción de fertilización es afectada por la distancia de la fuente de polen, el tipo de cultivar y la interacción entre cultivar y distancia. De manera general, se han encontrado altos porcentajes de cruzamiento en las primeras plantas adyacentes a la fuente polen, disminuye de manera drástica en los primeros metros y al aumentar la distancia se reduce hasta llegar a cero (Ma *et al.*, 2004; Halsey *et al.*, 2005; Luna *et al.*, 2001; García *et al.*, 1998).

También, el porcentaje de cruzamiento en maíz depende de la dirección del viento, de la sincronización de la exposición y receptividad de los estigmas de las poblaciones involucradas y de la liberación del polen; de las condiciones del lugar como la topografía, la precipitación, la velocidad y la dirección del viento (Aylor *et al.*, 2003; Ma *et al.*, 2004; Messeguer *et al.*, 2006), y del año del estudio (Ma *et al.*, 2004; Goggi *et al.*, 2006).

Durante el período de liberación de los granos de polen el efecto de los vientos dominantes es más relevante, puesto que a favor del viento se presentan altas tasas de fertilización con polen de poblaciones adyacentes como ocurrió en este trabajo (Figura 2 y 3); mientras que, en contra del viento dominante el porcentaje es muy bajo. Otro factor que afecta la tasa de fertilización es la velocidad del

viento durante el período de liberación, ya que no son constantes y los cambios repentinos tanto en dirección como en velocidad pudieran modificar los porcentajes de cruzamiento (Ma *et al.*, 2004; Goggi *et al.*, 2006).

Los cambios en la dirección y la velocidad del viento son factores que influyen en la dinámica de la diversidad genética, pero también inciden otros que actúan para mantener la estructura genética de las poblaciones; como el caso de los maíces de Yucatán, donde el sistema milpa se caracteriza por la combinación y convivencia simultánea de varias razas de maíz con características fenotípicas bien definidas, dando lugar a nuevas combinaciones, como el de Xmejen nal que es producto del cruzamiento de dos razas tardías locales con Nal tel. La presencia de vientos dominantes durante el período de floración (García *et al.*, 1998) y el establecimiento de varios tipos de maíz en un mismo lote (Mercer y Wainwright, 2008) han condicionado a la dinámica de la diversidad genética presente en este cultivo.

En la actualidad la determinación del nivel de polinización cruzada entre las poblaciones nativas de maíz es fundamental, debido a que los granos de polen funcionan como un vector en la transferencia de genes (Mercer y Wainwright, 2008). Se ha generado mucha información en maíz y se señala que la distancia que recorre el polen es muy variable, va desde unos cuantos metros hasta distancias cercanas a 800 (Halsey *et al.*, 2005).

El conocimiento que el agricultor tiene sobre las condiciones climáticas y edáficas del lugar de siembra, el tipo de vegetación y, en general, de las condiciones ambientales bajo las cuales han evolucionado las poblaciones nativas de maíz, es fundamental para la toma de decisiones en el arreglo en espacio y tiempo, de sus poblaciones en sus lotes de siembra. Con respecto al control del flujo genético, las decisiones se toman de acuerdo a la presencia de los vientos dominantes durante el periodo de floración con el fin de evitar que se contaminen los materiales; además, la selección de semilla es un proceso minucioso en el que se tiene cuidado en la depuración de mazorcas y granos para mantener la identidad del material.

No obstante, es difícil determinar la proporción en la cual el intercambio de semilla y la polinización cruzada entre milpas adyacentes actúan como fuente del flujo génico, ya que la milpa tradicional presenta varias características como la superficie, el arreglo en tiempo y espacio, las barreras naturales como la vegetación y la topografía del área. A estos elementos contribuye el intercambio de semillas en diferentes formas (Latournerie *et al.*, 2006).

En Yucatán, el agricultor reconoce cada población con base en características fenotípicas de planta, espiga, mazorca, grano y fundamentalmente, en los días a floración tanto masculina como femenina; en forma similar a lo que ocurre en otras regiones del país (Perales *et al.*, 2005). Esto le ha permitido mantener las características propias de cada población y pueden considerarse identidades genéticas independientes (Chávez *et al.*, 2003). Este conocimiento local permite a los agricultores diseñar milpas en donde es posible mantener diferentes tipos de maíz, desde los más precoces como Nal tel y Xmejen nal hasta los tardíos de tipo Dzit bacal y Xnuc nal. También aplica estrategias de siembra diferencial, y con las primeras lluvias establece los maíces precoces y cuando ya se ha establecido el temporal siembra los tardíos.

El flujo génico en maíz, que ocurre en campo de agricultores de Yaxcabá, Yucatán, está determinado por la sincronización de la exposición y receptividad de los estigmas y de la liberación del polen; de las condiciones del lugar como la topografía, la precipitación, la velocidad y la dirección del viento; el manejo con base en prácticas locales, el arreglo en tiempo y espacio de los tipos de maíz y, el proceso minucioso de selección de las semillas que hace el agricultor ciclo tras ciclo.

El mantenimiento de la diversidad genética en el sistema milpa puede ser debido a los siguientes factores: 1) la distribución espacial de las poblaciones nativas de maíz considerando los vientos dominantes (García *et al.*, 1998) durante el período de floración, 2) el proceso de selección de mazorcas tanto en el campo como en la troje, dado que en el campo se seleccionan las mazorcas en la

parte central dejando unas cuantas hileras de borde, pues a partir de 5 metros el porcentaje de cruzamiento es bajo (Jemison y Vayda, 2001) y en troje se consideran características de mazorca y sanidad; 3) el mantenimiento de una cultura rica en conocimientos del medio geográfico en que habita y el material biológico que usa; y 4) el amplio conocimiento del sistema milpa; y de otras estrategias complementarias como la siembra en pequeñas áreas cerca de la vivienda del agricultor de maíces precoces como Nal tel y Xmejen nal.

LITERATURA CITADA

- Arias, L., J. Chávez, V. Cob, L. Burgos y J. Canul. 2000. **Agromorphological characters farmer perceptions: México.** In *Conserving agricultural biodiversity in situ: a scientific basis for sustainable agriculture*, D. I. Jarvis, B. Sthapit and L. Sears (eds.). IPGRI, Rome, Italy. p. 95-100.
- Aylor, D. E., N. P. Schultes and E. J. Shields. 2003. **An aerobiological framework for assessing cross-pollination in maize.** *Agricultural and Forest Meteorology* 119:111-129.
- Baltazar, B., J. Sánchez, L. Cruz and J. B. Schoper. 2005. **Pollination between maize and teosinte: an important determinant of gene flow in México.** *Theoretical and Applied Genetic* 110:519-522.
- Bannert, M. and P. Stamp. 2007. **Cross-pollination of maize at long distance.** *European Journal of Agronomy* 27:44-51.
- Bellon, M. R. and S. B. Brush. 1994. **Keepers of maize in Chiapas, México.** *Economic Botany* 48:196-209.
- Bellon, M. R. and J. Berthaud, J. 2004. **Transgenic maize and the evolution of landraces diversity in México: the importance of farmers' behavior.** *Plant Physiology* 134:883-888.
- Berthaud, J., J. C. Clément, L. Emperaire, D. Louette, F. Pinton, J. Sanou and G. Second. 2001. **The role of local-level geneflow in enhancing and maintaining genetic diversity.** In *Broadening the genetic base of crop production*, H. D. Cooper, C. Spillane, T. Hodgkin (eds.). CABI Publishing, New York, USA. p. 81-103.
- Burgos, L., J. Chávez y J. Ortiz. 2004. **Variabilidad morfológica de maíces criollos de la península de Yucatán, México.** In *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*, J. Chávez, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). IPGRI, Cali, Colombia. p. 58-66.
- Camacho, T. y J. Chávez S. 2004. **Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán, México.** In *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*, J. Chávez, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). IPGRI, Cali, Colombia. p. 47-57.
- Canul, J., P. Ramírez, F. Castillo y J. Chávez. 2005. **Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México.** *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:339-349.
- Castillo, F. y M. M. Goodman. 1996. **Investigaciones acerca del flujo genético entre maíz mejorado y maíz criollo.** In *Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocinte: implicaciones para el maíz transgénico*, J. A. Serratos, M. C. Willcox y F. Castillo (eds.). CIMMYT, México, D. F. p. 72-77.
- Chávez, J., P. Ramírez, F. Castillo, J. Canul y V. Interián. 2003. **Diversidad genética de un sistema tradicional de policultivo en México: variación isoenzimática.** *Revista de Ciencias Agrícolas* 20:99-117.
- Chávez, J., J. Tuxill y D. I. Jarvis. 2004a. **Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales.** IPGRI, Cali, Colombia. 255 p.
- Chávez, J., J. Canul, L. Burgos y F. Márquez. 2004b. **Beneficios potenciales del mejoramiento participativo de maíz en el sistema roza-tumba-quema de Yucatán, México.** In *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*, J. Chávez, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). IPGRI, Cali, Colombia. p. 175-187.
- Cooper, H. D., C. Spillane and T. Hodgkin. 2001. **Broadening the genetic base of crops: an overview.** In *Broadening the genetic base of crop production*, H. D. Cooper, C. Spillane and T. Hodgkin (eds.). CABI Publishing, New York, USA. p. 1-23.
- García, M., J. Figueroa, R. Gomez, R. Townsend and J. B. Schoper. 1998. **Pollen control during transgenic hybrid maize development in México.** *Crop Science* 38:1597-1602.

- Goggi, A. S., P. Caragea, H. Lopez S., M. Westgate, R. Arritt and C. Clark. 2006. **Statistical analysis of outcrossing between adjacent maize grain production fields.** *Field Crops Research* 99:147-157.
- Halsey, M. E., K. M. Remund, C. A. Davis, M. Qualls, P. J. Eppard and S. A. Berberich. 2005. **Isolation of maize from pollen-mediated gene flow by time and distance.** *Crop Science* 45:2172-2185.
- Jarosz, N., B. Loubet, B. Durand, A. McCartney, X. Foueillassar and L. Huber. 2003. **Field measurements of airborne concentration and deposition rate of maize pollen.** *Agricultural and Forest Meteorology* 119:37-51.
- Jemison, J. M. and M. E. Vayda. 2001. **Cross pollination from genetically engineered maize: wind transport and seed source.** *AgBioForum* 4:87-92.
- Latournerie, L., E. Yupit, J. Tuxill, M. Mendoza, L. Arias, G. Castañón y J. Chávez. 2005. **Sistema tradicional de almacenamiento de semilla de frijol y calabaza en Yaxcabá, Yucatán.** *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:47-53.
- Latournerie, L., J. Tuxill, E. Yupit, L. Arias, J. Cristobal and D. I. Jarvis. 2006. **Traditional maize storage methods of Mayan farmers in Yucatan, México: implications for seed selection and crop diversity.** *Biodiversity and Conservation* 15:1771-1795.
- Louette, D. and M. Smale. 2000. **Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico.** *Euphytica* 113:25-41.
- Luna, S., J. Figueroa, B. Baltazar, R. Gomez, R. Townsend and J. B. Schoper. 2001. **Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control.** *Crop Science* 41:1551-1557.
- Ma, B. L., K. D. Subedi and L. M. Reid. 2004. **Extent of cross-fertilization in maize by pollen from neighboring transgenic hybrids.** *Crop Science* 44:1273-1282.
- Mercer, K. L. and J. D. Wainwright. 2008. **Gene flow from transgenic maize to landraces in México: an analysis.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123:109-115.
- Messeguer, J., G. Peñas, J. Ballester, M. Bas, J. Serra, J. Salvia, M. Palaudemas and E. Melé. 2006. **Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence.** *Plant Biotechnology Journal* 4:633-645.
- Nadal, A. 2000. **The Environmental and Social Impacts of Economic Liberalization on Corn Production in México.** A Study Commissioned by Oxfam GB and WWF International: WWF and Oxfam GB, Gland, Switzerland. 130 p.
- Perales, H. R., S. B. Brush and C. O. Qualset. 2003. **Dynamic management of maize landraces in central México.** *Economic Botany* 57:21-34.
- Perales, H. R., B. F. Benz and S. B. Brush. 2005. **Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, México.** *PNAS* 102:949-954.
- Pressoir, G. and J. Berthaud. 2004a. **Patterns of population structure in maize landraces from the central valleys of Oaxaca in México.** *Heredity* 92:88-94.
- Pressoir, G. and J. Berthaud. 2004b. **Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces.** *Heredity* 92:105-101.
- SAS, Institute Inc. 2000. **SAS User's Guide.** Release 8.1. ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Spillane, C. and P. Gepts. 2001. **Evolutionary and genetic perspectives on the dynamics of crop gene pools.** In *Broadening the genetic base of crop production*, H. D. Cooper, C. Spillane and T. Hodgkin (eds.). CABI Publishing, New York, USA. p. 25-70.
- Stevens, W. E., S. A. Berberich, P. A. Sheckell, C. C. Wiltse, M. E. Halsey, M. J. Horak and D. J. Dunn. 2004. **Optimizing pollen confinement in maize grown for regulated products.** *Crop Science* 44:2146-2153.
- Wang, J., X. Yang, Y. Li and P. Elliott. 2006. **Pollination competition effects on gene-flow estimation: using regular vs. male-sterile bait plants.** *Agronomy Journal* 98:1060-1064.

Jaime Canul-Ku

Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Estado de México. Tel. 01(995)9520200 Ext. 1320. Autor para correspondencia: canul.jaime@inifap.gob.mx; canulku2001@yahoo.com.

Porfirio Ramírez-Vallejo

Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Estado de México. Tel. 01(995) 952 0200 Ext. 1320.

Fernando Castillo-González

Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Estado de México. Tel. 01(995) 952 0200 Ext. 1320.

José Luis Chávez-Servia

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. 71230. Santa Cruz, Xoxocotlán, Oaxaca.

Manuel Livera-Muñoz

Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Estado de México. Tel. 01(995) 952 0200 Ext. 1320.

Luis Manuel Arias-Reyes

Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida. Km 6 antigua carretera Progreso. C.P. 97310. Mérida, Yucatán.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

PRINCIPALES PATÓGENOS VIRALES DE CAMARÓN EN AMÉRICA Y SU RELACIÓN CON AMBIENTES DE BAJA SALINIDAD

Daniel Enrique Godínez-Siordia; Oscar González-Ochoa; Arnulfo Hernández-Díaz;
Antonio García-Triana; Julián Gamboa-Delgado; José Guadalupe Arce-Ibarra y
Erick Manuel Godínez-Siordia.

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 61-69.



e-revist@s

PRINCIPALES PATÓGENOS VIRALES DE CAMARÓN EN AMÉRICA Y SU RELACIÓN CON AMBIENTES DE BAJA SALINIDAD

MAJOR SHRIMP PATHOGENIC VIRUS IN AMERICA AND THEIR RELATIONSHIP WITH LOW SALINITY ENVIRONMENTS

Daniel Enrique **Godínez-Siordia**^{1,*}; Oscar **González-Ochoa**¹; Arnulfo **Hernández-Díaz**¹; Antonio **García-Triana**²; Julián **Gamboa-Delgado**³; José Guadalupe **Arce-Ibarra**⁴ y Erick Manuel **Godínez-Siordia**⁵.

¹Profesor-Investigador, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Gómez Farias N°82; San Patricio-Melaque, C.P. 48980, Jalisco. México. ² Profesor-Investigador, Biología Molecular; Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito #1 nuevo campus universitario, Chihuahua, C.P. 31125, Chihuahua. México. ³ Profesor-Investigador, Programa Maricultura; Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, C.P. 66451, Nuevo León, México. ⁴ Profesor-Investigador, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, Unidad Navojoa. Periférico Sur y carretera Huatabampo, Km 3.5; Navojoa, C.P. 85870, Sonora, México. ⁵Gerente de Producción, Acuicola Bocamar S.A. de C.V. Carretera Bahía de Kino, Km. 95; Playa San Nicolás. Hermosillo, C.P. 83340, Sonora, México. *Correspondencia: dangos@costera.melaque.udg.mx

RESUMEN

El cultivo del camarón es una actividad que se encuentra en expansión en muchos países, siendo el aspecto sanitario determinante para el éxito de esta actividad. En esta revisión se presentan agentes virales de camarón en el mundo, enfatizando los virus reportados en América y la influencia que tienen en ellos los ambientes a baja salinidad.

Palabras clave: Camarón, virus, ambientes hipotónicos.

SUMMARY

Shrimp aquaculture is an expanding activity in many countries in which the health status is a determining factor for its success. In this review we present world shrimp viral agents, with emphasis in America reported virus and the influence of water salinity.

Key Words: Shrimp, virus, hypotonic environments.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón como una industria rentable permite un desarrollo económico considerable; sin embargo, en México, una deficiente planificación y vacíos en los marcos de regulación gubernamental han evitado el desarrollo sustentable de esta actividad; por un lado, el uso del agua y suelo para la crianza de organismos acuáticos ha deteriorado los ecosistemas costeros, induciendo la contaminación de estos ambientes y la limitación en el hábitat de muchas especies (Peña, 2009). Por otra parte la contaminación por nutrientes de los efluentes de las unidades de producción ha provocado la propagación de muchas enfermedades que afectan a la misma industria camaronícola (Martínez-Córdova *et al.*, 2009), entre ellos diversos tipos de virus que afectan a la industria con considerables pérdidas económicas (Aguirre y Valle, 2000).

Asociado a esto, la camaronicultura debe efectuar una serie de cambios en los paradigmas que hasta ahora se han manejado en busca de la sustentabilidad, esforzándose por crear un impacto ambiental mínimo y reducir al máximo los posibles brotes de enfermedades (Zarain-Herzberg, 2003). En intento por copar con estos problemas, se encuentra en proceso el desarrollo de diferentes prácticas amigables con el ambiente acuático; diversas estrategias de mitigación como la sedimentación de biopartículas y la biofiltración por moluscos bivalvos, además de la absorción de nutrientes por parte de algas en el tratamiento de los efluentes generados por el cultivo de camarón (Ramos *et al.*, 2010). Estas tácticas se han implementado en ambientes no tradicionales como es el caso del cultivo del camarón a baja salinidad en zonas desérticas, como los que se realizan en la península Arábiga con especies de camarón nativas ó de los cultivos desarrollados en el desierto de Arizona, E.U.A con camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*; Boone, 1931) (Ochoa *et al.*, 2006). Esta estrategia en particular, se encuentra en expansión en muchos países del mundo como Ecuador, Tailandia y Vietnam que

tradicionalmente son productores de camarón en agua marina, alcanzando con esta modalidad más del 30% de su producción total (Saoud *et al.*, 2003; Sakamoto *et al.*, 2009).

En México se han ejecutado este tipo de sistemas de producción a baja salinidad en muchas entidades, entre las cuales destacan Colima, Jalisco, Baja California, Hidalgo, Guerrero, Sonora, Sinaloa y Oaxaca; en donde se utiliza agua con un amplio intervalo de salinidades, existiendo valores incluso menores a 0.5 (Olivas y Cáceres, 2003; Angulo *et al.*, 2005; Ñonthe, 2006; Mariscal *et al.*, 2007; Rendón *et al.*, 2008; Valenzuela *et al.*, 2010; Zavala *com. pers.* 2011; Comité de Sanidad Acuícola de Baja California, 2011 *com. pers.*). De este modo el presente trabajo hace una revisión de la eficacia lograda por la aplicación de diversas estrategias en el control de infecciones por patógenos virales del camarón.

Patógenos virales del camarón y su incidencia en cultivos a baja salinidad

Hoy en día, se han descrito alrededor de 20 virus que afectan de manera directa o indirecta al camarón (Aguirre y Valle, 2000) algunos de los cuales se presentan en el Cuadro I. Lightner (2011), considera a TSV (virus del síndrome de Taura), IHNV (virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa), YHV (virus de la cabeza amarilla), IMNV (virus de la mionecrosis infecciosa) y WSSV (virus del síndrome de la mancha blanca), como los de mayor incidencia en el continente Americano y que han ocasionado fuertes impactos sociales además de cuantiosas pérdidas económicas.

Cuadro 1. Principales agentes virales que afectan al cultivo de camarón

ENFERMEDAD/NOMBRE DEL PATÓGENO/ACRÓNIMO		TIPO DE GENOMA/TAMAÑO (Kb)	ESPECIES QUE AFECTA	ESPECIES CON APARENTE RESISTENCIA	CITA
Enfermedad del parvovirus hepatopancreático	HPV	DNA (608)	Especies del género: <i>Penaeus</i> , <i>Metapenaeus</i> , <i>Fenneropenaeus</i> y <i>Melicerus</i>	<i>L. vannamei</i> , <i>L. stylirostris</i>	www.oie.int
Enfermedad del <i>Densovirus de Penaeus monodon</i>	PmDENV	DNA (631)			
Enfermedad Baculovirus Esférica	MBV	DNA (en proceso)	Especies del género <i>Litopenaeus</i> , <i>Farfantepenaeus</i> , <i>Fenneropenaeus</i> , <i>Melicerus</i> , <i>Penaeus</i> , <i>Trachypenaeus</i> y <i>Protrachypenaeus</i>	-----	www.oie.int
	PmSNPV	DNA (en proceso)			
	NPV	DNA (en proceso)			
	PemoNPV	DNA (en proceso)			
<i>Baculovirus penaei</i>	BP	DNA (en proceso)			Bondad et al., 2001
	PvSNPV	DNA (en proceso)			
	NPD	DNA (en proceso)			
Necrosis de Glandulas Digestivas	BMN	DNA (en proceso)	<i>M. japonicus</i> , <i>P. monodon</i> , <i>F. plebejus</i>	-----	Lightner, 1996
Virus de la enfermedad de la cola blanca (<i>L. vannamei</i> Nodavirus)	PVNV	RNA (311)	<i>L. vannamei</i> , <i>P. monodon</i>	-----	Tang et al., 2011 Pantoja y Lightner, 2008
Enfermedad de la mortalidad esporádica de los reproductores	SMVD SMS MCMS	DNA (en proceso)	<i>P. monodon</i> y <i>Cherax quadricarinatus</i>	-----	Pantoja y Lightner, 2008
Enfermedad del parvovirus hepatopancreático de <i>Fenneropenaeus merguensis</i>	PmergDENV	DNA (629)	<i>Fenneropenaeus merguensis</i>	-----	La Fauce et al., 2007
Virus de Montilvan	MoV	RNA (en proceso)	<i>P. monodon</i> , <i>M. japonicus</i>	-----	Cowley et al., 2005

El virus del síndrome de Taura (TSV)

Esta infección tuvo sus inicios en Ecuador en granjas cercanas al río Taura, diseminándose de una manera muy rápida a todo el continente americano, llegando a las costas de Sinaloa, México en 1995 (Zarain-Herzberg y Ascencio, 2001). Este virus que cuenta con una sola cadena de

RNA, y su genoma con 102 Kb, pertenece a la familia Dicistroviridae, género *Cripavirus* (Fauquet *et al.*, 2004). La especie más susceptible a TSV es el camarón blanco, en la cual ocasiona mortalidades que alcanzan el 90%; siendo las fases larvarias y juveniles las más afectadas (Briggs *et al.*, 2005). Infecciones menos severas se han observado en camarón blanco del Sur (*L. schmitti* Burkenroad, 1936) y camarón blanco del Norte (*L. setiferus*; Linnaeus, 1767); y si bien el camarón café norteño (*Farfantepenaeus aztecus*; Ives, 1891) y el camarón rosa norteño (*F. duorarum*; Burkenroad, 1939) actúan como portadores del virus muestran una mayor resistencia, (Lightner, 2003).

El mecanismo de infección de TSV consiste en invadir y replicarse en las células epiteliales de la epidermis del exoesqueleto y epidermis cuticular de branquias, intestino anterior (esófago y estómago) y del intestino posterior. Llega a infectar también la glándula antenal, órgano hematopoyético, hepatopáncreas y epitelio intestinal (Hasson *et al.*, 1999; Flegel, 2006).

Se ha reportado que las partículas virales resisten temperaturas hasta de 120°C y su permanencia activa en el agua contaminada puede llegar hasta 14 días (Brock *et al.*, 1995).

Otras especies de crustáceos susceptibles al TSV son el camarón moteado (*Metapenaeus monoceros*; Fabricius, 1798) el langostino rasposo (*Macrobrachium equidens*; Dana, 1852); langostino arrocero (*M. lanchesteri*; De Man, 1911) la langosta mantis (*Squilla mantis*; Linnaeus 1758), los cangrejos de mangle (*Sesarma* pp.; Say, 1817); la jaiba gigante de lodo (*Scylla serrata*; Forskål, 1775) y camarones (*Acetes* spp; H. Milne Edwards, 1830).

En el caso de ambientes dulceacuícolas, se han efectuado experimentos con el langostino malayo (*M. rosenbergii*; De Man, 1879) y no se registraron mortalidades; sin embargo, el virus permaneció activo diez días después que el organismo había superado la enfermedad (Briggs *et al.*, 2005). Por otra parte se evaluó la infección de este patógeno en juveniles de camarón blanco, en salinidades de 0 a 24 encontrándose una relación inversa entre la sobrevivencia a la infección y la salinidad, es decir, las mayores mortalidades generadas por TSV ocurren a menor salinidad (Lotz *et al.*, 2005). Una explicación es que el sistema de defensa del organismo se encuentra debilitado o deprimido debido a la tensión por la condición osmótica, situación que es aprovechada por el patógeno para rebasar estos mecanismos de defensa y ocasionarle la muerte (Gómez-Gil *et al.*, 2003); a su vez esta apreciación es reforzada por Lu-Qing *et al.* (2005) quienes descubrieron que en el sistema inmune de camarón blanco el conteo de hemocitos, la actividad de la fenoloxidasa, actividad bacteriolítica y antibacteriana se reduce drásticamente, cuando se encuentra a un intervalo de salinidad de 5 a 30 g/L

Virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV)

IHHNV es otro virus letal para el camarón; su DNA es lineal monocatenario de un tamaño estimado de 3.91 Kb (Bonami *et al.*, 1990; Bonami y Lightner, 1991). Se han identificado al menos cuatro genotipos diferentes del IHHNV, pero sólo dos de los cuatro han demostrado ser infecciosos para camarón blanco del Pacífico, camarón azul (*Litopenaeus stylirostris* Stimpson, 1874) y camarón tigre gigante (*Penaeus monodon*, Fabricius, 1798) aun que la mayoría de las especies de peneidos pueden resultar infectadas con este virus. En camarón azul, el virus puede causar una epizootia aguda y una mortalidad masiva (90%) (Lightner, 1996). En los estadios juveniles y sub adultos de camarón blanco más que una elevada mortalidad, produce una enfermedad crónica que se conoce como “síndrome de la deformidad y del enanismo” (RDS), en donde los principales síntomas son un crecimiento reducido e irregular y deformidades cuticulares (Bell y Lightner, 1984). La infección por IHHNV en camarón tigre gigantes generalmente subclínica pero se ha descrito RDS y bajos rendimientos en aquellas granjas infectadas (Primavera y Qunitio, 2000). Algunos miembros de las poblaciones de camarón azul y camarón blanco que logran sobrevivir a las infecciones son portadores del virus durante toda su vida y contagian a su progenie por transmisión vertical y a otras poblaciones por transmisión horizontal al consumir tejido infectado (Lightner, 1993). En años recientes en Baja California, México; han proliferado los cultivos de camarón blanco tierra adentro, manejándose una salinidad de 0.5 a 8 g/L cuya fuente de obtención es la cuenca baja del río Colorado y el

escurrimiento de tierras de cultivo del Imperial Valley (E.U.A.) que le permiten acumular cierta concentración de iones. En esta zona se han establecido pequeñas granjas de camarón en aguas con baja salinidad, se han registrado reducidos brotes de IHNNV ocasionando RDS con prevalencias del 1 al 2%. En los muestreos sanitarios llevados a cabo a estos los cultivos, Olivas y Cáceres (2003) concluyeron que la sobrevivencia obtenida de 49% no se debió a la infección viral, sino a problemas por bacterias filamentosas adheridas a branquias.

El virus de la cabeza amarilla (YHV)

Se le conoce también como virus asociado a la branquia (GAV, por sus siglas en inglés) y se presenta principalmente en camarón tigre gigante (Bondad *et al.*, 2001). Es un virus de RNA de cadena sencilla (ssRNA) y, la determinación del tamaño de su genoma esta en proceso (Pantoja y Lightner, 2008); tiene forma cilíndrica, presenta una envoltura y es de replicación citoplasmática; es clasificado por la Comisión Internacional para la Taxonomía de los Virus como especies únicas del género *Okavirus*, de la familia *Roniviridae*, del orden de los *Nidovirales* (Fauquet *et al.*, 2004).

Las especies más susceptibles a la enfermedad son aquellas de las superfamilias Penaeidae y Palaemonidae ocurriendo fuertes mortalidades en camarón tigre gigante, camarón blanco, camarón azul camarón café norteño, camarón rosado norteño (*Farfantepenaeus duorarum*; Burkenroad, 1939), el langostino sunda (*M. sintangense*; De Man, 1898) camarón blanco norteño (*Litopenaeus setiferus*; Linnaeus, 1767) (Flegel, 1997). Su distribución geográfica comprende Asia, Australia y América (Assavalapsakul *et al.*, 2003; Mccoll *et al.*, 2004; De la Rosa *et al.*, 2006). Se ha demostrado que el YHV se puede transmitir de manera vertical y horizontal con una prevalencia muy alta (50 al 100%) (Bondad *et al.*, 2001). Por desgracia no se han desarrollado tratamientos efectivos y no existen informes científicos que confirmen la inmunoestimulación en camarón contra este agente infeccioso (Longyant *et al.*, 2006). Hace unos años se detectó este virus en juveniles de camarón blanco en cultivos tierra adentro en la región costera de Colima, México (Sánchez *et al.*, 2008), se cree que esta infección se adquirió por transmisión horizontal a través del contagio por excretas de aves acuáticas y/o consumo de cadáveres (necrofagia) de otros crustáceos nativos infectados, particularmente el langostino popotillo (*Macrobrachium tenellum*; Smith, 1871) y el langostino cauque (*M. americanum*; Bate, 1868) Este brote presentó una prevalencia del 13% a 60 días de observación; período durante el cual los organismos frenaron su tasa de crecimiento y se afectó la sobrevivencia. Se cree que existió una aceleración en la dinámica del patógeno por la condición hipotónica del cultivo, aunado la tensión por la elevada densidad y las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. Después de este trabajo no se ha reportado la presencia de este virus en las granjas de Colima o en otras localidades del país.

El virus de la mionecrosis infecciosa (IMNV).

Este virus que cuenta con una cadena doble de RNA, presenta un tamaño de 40 nm y su genoma consta de 75.6 Kb, pertenece a la familia *Totiviridae*. La especie más susceptible a IMNV es el camarón blanco (Poulos y Lightner, 2006) y los organismos infectados muestran áreas necróticas color blanquecino del músculo estriado o en algunos casos rojo en los últimos segmentos abdominales y en telson (Lightner, 2011). A su vez se presenta letargia, baja conversión alimenticia, reducción de la tasa de crecimiento, espasmos abdominales expansión de cromatóforos y mayor tiempo de coagulación de la hemolinfa (Pantoja y Lightner, 2008). Estos signos pueden aparecer de manera repentina ocasionada por estrés de captura, cambios bruscos de temperatura o salinidad (Lightner, 1988). El IMNV se presenta como una enfermedad con un inicio agudo, signos graves y mortalidad elevada, conforme avanza la infección se torna crónica acompañada por una mortalidad moderada (Lightner, 2011). Es probable que desde hace tiempo esta enfermedad se encontrase ya en América, pues varios autores relacionaban la necrosis muscular con factores climáticos o situaciones de estrés, coincidente con cambios bruscos de temperatura, salinidad, bajo oxígeno disuelto, alta densidad de siembra y deterioro en la calidad de agua (Lakshmi *et al.*, 1978). Durante los 70s y 80s se le nombró necrosis muscular idiopática y no se consideraba una enfermedad de origen infeccioso,

sino una debidaal manejo, la cual se solucionaba con la mejora en las condiciones de cultivo (Rigdon y Baxter, 1970; Lakshmi *et al.*, 1978; Lightner *et al.*, 2004). En los últimos años, ha ocasionado pérdidas cuantiosas en Brasil en donde al parecer está focalizada sólo en la región noreste; sin embargo se han observado organismos con síntomas similares en otras regiones del Caribe donde se cultiva camarón blanco, (Lightner, 1993; Lightner, 2011). Un dato relevante es que algunos productores que cultivaron camarón blanco en agua con baja salinidad durante el período de gran incidencia de la mionecrosis, no reportaron problemas con la enfermedad, sin embargo esto no es definitivo y se presume que el virus puede afectar crustáceos cultivados en medios hipotónicos (Pantoja y Lightner, 2008).

La enfermedad de la mancha blanca (WSSV)

Agente viral cuyo material genético consiste en DNA de doble cadena, y fue asignado a la familia Nimaviridae y al género de *Whispovirus* (Mayo, 2002). El tamaño de su genoma es de aproximadamente 300 Kb y su distribución geográfica incluye Asia y América. Todos los crustáceos que habitan ambientes marinos, salobres o dulceacuícolas presentan susceptibilidad a esta infección (Lightner, 1996); la epizootia se caracteriza por una rápida y creciente mortalidad, presentando un cuadro clínico muy corto antes de la muerte que incluye síntomas de anorexia, letargo y casi todo el tiempo la aparición de pequeñas manchas blancas de 0.5 a 2.0 mm de diámetro en la superficie del caparazón del cefalotórax (Bondad *et al.*, 2001); cabe señalar que en ocasiones no se aprecian estas manchas, lo cual se asume que podría ser a consecuencia de las condiciones asociadas a la temperatura (Ochoa *et al.*, 2006), que de alguna manera intervienen en la sub expresión de la proteína DD9A que participa en la calcificación del exoesqueleto, perturbando de este modo el metabolismo del calcio en el camarón (Endo *et al.*, 2004). Se piensa que una disminución en la regulación del calcio podría tener efectos graves en la homeostasis del camarón dado que varios factores relacionados a la respuesta inmune son calcio-dependientes, tales como las transglutaminasas (Wang *et al.*, 2006; Bustillo *et al.*, 2009).

Desde finales de los 90s, el virus WSSV ha sido el que más ha impactado económicamente a la mayoría de las granjas camaronícolas del mundo, ya que ha llegado a causar hasta el 100% de mortalidad acumulada dentro de los dos a diez días posteriores a la aparición de signos de la enfermedad (Lightner 2003). Como estrategia ofensiva a esta enfermedad se consideró la baja salinidad, suponiendo que podría mermar el poder infeccioso del virus; pero al desarrollar estudios con juveniles de camarón blanco en ambientes con diferentes condiciones hipotónicas, los resultados mostraron un mayor grado de infección y daño branquial, gástrico, del órgano linfóide y glándula antenal, en aquellos organismos que se encontraban a salinidades entre 5 y 15. (Ochoa *et al.*, 2006; Carbajal *et al.*, 2008); lo descubierto indica que el virus de la mancha blanca infecta al camarón aún en bajas salinidades. En relación con este tema recientemente se efectuaron experimentos por Godínez *et al.* (2012 *datos no publicados*) con juveniles de camarón blanco, sujetos a hipertermia (33°C) a tres salinidades (35, 15 y 5), en desafío al virus WSSV; los juveniles presentaron signos de la enfermedad que analizados histopatológicamente se observaron lesiones de ligeras hasta severas a las tres salinidades, con una sobrevivencia del 0% a las 144 y 168 hpi (horas post infección) en los tratamientos con salinidades 35 y 5; en la salinidad de 15 g/L se presentó una sobrevivencia del 65% hasta pasadas las 444 hpi. Este efecto se debió a la combinación de hipertermia con la salinidad de 15 g/L.

En relación con esto, Rosas *et al.*, (2002) descubrieron que juveniles de camarón blanco mostraron mayor consumo de energía del alimento ingerido en los organismos mantenidos a salinidad de 15 g/L, lo que indicó que esta especie opera en su óptimo fisiológico en salinidades cercanas a su punto isosmótico, acumulando el máximo de energía canalizada a crecimiento. Esto permiten suponer que en agua salobre por debajo del punto isosmótico (26 g/L) se presenta el menor gasto energético derivado al metabolismo de rutina y la excreción de productos nitrogenados (Valdez *et al.* 2008). Aunado a esto, las temperaturas cercanas a su *preferendum* térmico a los 30°C, (Hernández *et al.* 2006) favorece al organismo para concentrar en mayor

medida los recursos nutricionales que le permitirán transformarlos en energía (sea cual fuere su ruta) para mantener el sistema de defensa activo contra el desafío al virus WSSV.

Además del WSSV, existen virus como una variante del HPV (Parvovirus hepatopancreático), el PvNV (Nodavirus de *L. vannamei*) y el MrNV (Nodavirus de langostino malayo) que comparten hospedaje con crustáceos de ambientes salinos. Todos los estudios muestran así lo devastadoras que pueden ser las infecciones virales para el cultivo de crustáceos en ambientes epicontinentales (Bonami y Widada, 2011).

CONCLUSIONES

El incremento en la comercialización nacional y de exportación de productos de origen acuícola, ha favorecido la introducción, dispersión y transmisión de enfermedades en nuevos sitios. En América Latina se han reportado a la fecha cuatro virus que ocasionan fuertes efectos negativos en las poblaciones cultivadas de crustáceos (IHHNV, TSV, WSSV e IMNV). El cultivo de camarón en aguas de baja salinidad, se consideró en su momento *a priori*, como una estrategia para reducir dichos impactos en los cultivos, manteniéndolos libres de enfermedades. Recientemente mediante varias experiencias, se ha evaluado la susceptibilidad de diversas especies de crustáceos comerciales (incluyendo alcamarón blanco) en condiciones de baja salinidad, a las principales infecciones virales como el síndrome de la mancha blanca, cabeza amarilla y el síndrome de Taura; comprobando que las bajas salinidades utilizadas en cultivos de camarón, no constituyen factores limitantes para estos virus que no discriminan casi a ninguna especie de crustáceo comercial, de manera que la condición hipohalina parece no haber resultado eficaz. Cabe señalar que una ventaja inherente de los sistemas de cultivo hipotónicos, por tratarse generalmente unidades de manejo más pequeñas, es la mayor capacidad para la aplicación de medidas estrictas de bioseguridad, con lo se puede reducir de manera importante la generación de brotes epizooticos.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, G. y F. Valle. 2000. **Infectious disease in shrimp species with aquaculture potential**. Recent Research Developments in Microbiology. 4:333-348.
- Angulo, J.A., Mejía, A. y R. Engel. 2005. **Cultivo experimental de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en el valle del Mezquital, Hidalgo, México**. Panorama Acuícola. 10(2):10-15.
- Assavalapsakul, W., Smith, D. y S. Panyim. 2003. **Propagation of infectious yellow head virus particles prior to cytopathic effect in primary lymphoid cell cultures of *Penaeus monodon***. Disease of Aquatic Organisms. 55: 253-258.
- Bell, T.A. y D. Lightner. 1984. **IHHN virus: infectivity and pathogenicity studies in *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei***. Aquaculture. 38 185-194.
- Bonami, J.R y D. Lightner. 1991. **Unclassified viruses of Crustacea**. 597-622 pp *In* Adams, JR, Bonami, JR eds., Atlas of Invertebrate Viruses. CRC Press, Boca Raton FL USA.
- Bonami, J.R y S. Widada. 2011. **Viral diseases of the giant fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*: A review**. Journal of Invertebrate Pathology. 106: 131-142.
- Bonami, J.R., Brehelin, M., Mari, J. Trumper, B. y D. Lightner. 1990. **Purification and characterization of IHHN virus of penaeid shrimp**. Journal of General Virology. 71:2657-2664.
- Bondad, M., Mc Gladdery, S., East, I. y R. Subasinghe. 2001. **Asia Diagnostic Guide to Aquatic Animal Diseases**. FAO Fisheries Technical Paper. 402(2) 237 pp.
- Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R. y M. Phillips. 2005. **Introducciones y movimiento de dos especies de camarones *Penaeidos* en Asia y el Pacífico**. FAO Documento Técnico de Pesca No 476. Roma. 86 pp.
- Brock, J., Gose, R., Lightner, D.V. y K. Hasson. 1995. **An overview on Taura syndrome, an important disease of farmed *Penaeus vannamei***. 84-94 Pages. *In*: Swimming through troubled water Proceedings special session shrimp farming., Aquaculture '95- Browdy CL, Hopkins, J.S eds., World Aquaculture Society, Baton Rouge, February 15-19, Louisiana, USA.
- Bustillo, M., Escobedo-Bonilla, C. y R Sotelo. 2009. **Revisión de patogénesis y estrategias moleculares contra el virus del síndrome de la mancha blanca en camarones *penaeidos***. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 44:1-11.

- Carbajal, I., Castro, R. y M. Grijalva. 2008. **Experimental white spot syndrome virus challenge of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone) at different salinities.** Aquaculture Research. 39:1588-1596.
- Cowley, J.A., McCulloch, R., Rajendran, K., Cadogan, L., Spann, K. y P. Walker. 2005. **RT-nested PCR detection of Mourilyan virus in Australian *Penaeus monodon* and its tissue distribution in healthy and moribund prawns.** Disease of Aquatic Organisms. 66: 91-104.
- De la Rosa, J., Cedano, Y., Cid, J., Méndez, J., Vega, C., Zambrano, J. y J. Bonami. 2006. **Presumptive detection of yellow head virus by reverse transcriptase-polymerase chain reaction and dot-blot hybridization in *Litopenaeus vannamei* and *Litopenaeus stylirostris* cultured on the Northwest coast of Mexico.** Journal of Fish Diseases. 29: 717-726.
- Endo, H., Takagi, Y., Ozaki, N., Kogure, T. y T. Watanabe. 2004. **A crustacean Ca²⁺ binding protein with a glutamate-rich sequence promotes CaCO₃ crystallization.** Biochemical Journal. 384: 159-167.
- Fauquet, C.M., Mayo, M., Maniloff, J., Desselberger, U. y L. Ball. 2004. **Virus taxonomy classification and nomenclature of viruses.** Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Elsevier Academic Press.
- Flegel, T.W. 1997. **Special topic review: major viral diseases of the black tiger prawn *Penaeus monodon* in Thailand.** World Journal of Microbiology and Biotechnology. 13:433-442.
- Flegel, T.W. 2006. **Detection of major penaeid shrimp viruses in Asia, a historical perspective with emphasis on Thailand.** Aquaculture. 258:1-33.
- Gómez-Gil, B., Roque, A. y A. Guerra-Flores. 2003. **Enfermedades infecciosas más comunes en la camaronicultura en México y el impacto del uso de antimicrobianos.** 315-346 Pp. *En:* Páez-Osuna F eds., Camaronicultura y Medio Ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México.
- Hasson, K.W., Lightner, D., Mohoney, L., Redman, R., Poulos, B. y B. White. 1999. **Taura syndrome virus (TSV) lesion development and the disease cycle in the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei*.** Disease of Aquatic Organisms. 36:81-93.
- Hernández, M., Bückle, L.F., Palacios, E. y B. Barón. 2006. **Preferential behavior of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) by progressive temperature-salinity simultaneous interaction.** Journal of Thermal Biology. 31(7): 565-572.
- Lakshmi, G.J., Venkataramiah, A y H. Howse. 1978. **Effect of salinity and temperature changes on spontaneous muscle necrosis in *Penaeus aztecus*.** Aquaculture. 13: 35-43.
- Lightner D.V. 1988. **Muscle necrosis of penaeid shrimp.** Pages 75-77. *In:* Sindermann, C.J, Lightner D.V eds., Disease diagnosis and control in North America marine aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier Press, New York, USA.
- Lightner D.V. 2003. **The penaeid shrimp viral pandemics due to IHHNV, WSSV, STV and YHV: history in the Americas and current status.** Aquaculture and Pathobiology of Crustacean and Other Species Proceedings of the thirty-second UJNR Aquaculture Panel Symposium Davis and Santa Barbara, California USA November 17-20th.
- Lightner, D.V. 1993. **Diseases of penaeid shrimp.** Pages 393-486. *In:* McVey, J. (Ed) CRC Handbook of mariculture, 2nd edition, Crustacean aquaculture CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Lightner, D.V. 1996. **A handbook of shrimp pathology and diagnostic procedures for diseases of cultured penaeid shrimp.** World Aquaculture Society Baton Rouge, Louisiana, USA 304.
- Lightner, D.V. 2011. **Virus diseases of farmed shrimp in the western hemisphere (the Americas): A review.** Journal of Invertebrate Pathology. 106:110-130.
- Lightner, D.V., Pantoja, C., Poulos, B.T., Tang, K.F., Redman, R.M., Andrade, T.P y J. Bonami. 2004. **Infectious myonecrosis new disease in Pacific white shrimp.** Global Aquaculture Advocate. 7:85.
- Longyant, S., Sattaman, S., Chaivisuthangkura, P., Rukpratanporn, S., Sithigorngul, W. y P Sithigorngul. 2006. **Experimental infection of some penaeid shrimps and crabs by yellow head virus (YHV).** Aquaculture. 257: 83-91.
- Lotz, J.M., Anton, L. y M. Soto. 2005. **Effect of chronic Taura syndrome virus infection on salinity tolerance of *Litopenaeus vannamei*.** Disease of Aquatic Organisms. 65:75-78.
- Lu-Qing, P., Ling-Xu, J. y M. Jing-Jing. 2005. **Effects of salinity and pH on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*.** The Journal of Shellfish Research. 24(4):1223-1227.
- Mariscal, L.M., Páez-Osuna, F., Valdez, J., Llamas, R., Esquer, J.L. y R. Padilla. 2007. **Cultivo de camarón blanco.** Industria Acuicola. 4(1):8-9.
- Martínez-Córdova, L.R., Martínez, M. y J. Cortés. 2009. **Camaronicultura Mexicana y mundial: ¿Actividad sustentable o industria contaminante?.** Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 25 (3):181-196.

- Mayo, M.A. 2002. **Virus Taxonomy**. Archives of virology. 147(5):1071-1076.
- Mccoll, K., Slater, J., Jeyasekaran, G., Hyatt A. y M. Crane. 2004. **Detection of white spot syndrome virus and yellow head virus in prawns imported into Australia**. Australian Veterinary Journal. 82:62-74.
- Ñonthe, R.C. 2006. **Validación tecnológica del cultivo de camarón en agua dulce en la zona de Tomatlán, Jalisco**. Industria Acuícola. 2(5):11-12.
- Ochoa, A., Santos, A. y M. Unzueta. 2006. **Efecto del WSSV sobre camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) cultivado experimentalmente a bajas salinidades**. Industria acuícola. 2(3):4-8.
- OIE. Organización mundial de salud animal. 2011. Consultado el 3 de agosto 2011 en: www.oie.int
- Olivas, V.J. y J. Cáceres. 2003. **Observaciones sanitarias de camarones cultivados en aguas de baja salinidad**. Boletín Programa nacional de sanidad acuícola y la red de diagnóstico. 3(23):6-8.
- Pantoja, C. y D. Lightner. 2008. **Enfermedades Virales 55-106** pp En: Morales V, Cuéllar AJ. eds., 2008 Guía Técnica - Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos Programa CYTED Red II-D Vannamei, Panamá, Rep de Panamá. 270 pp.
- Peña, M.E. 2009. **El cultivo de camarón y la calidad ambiental: ¿Cómo disminuir sus efectos nocivos en las costas de Nayarit?**. Revista Fuente. 1:13-17.
- Poulos, B.T. y D. Lightner. 2006. **Detection of infectious myonecrosis virus (IMNV) of penaeid shrimp by reverse-transcriptase polymerase chain reaction (RT-PCR)**. Disease Aquatic Organism. 73: 69-72.
- Primavera, J.H. y E. T. Qunitio. 2000. **Runt-deformity syndrome in cultured giant tiger prawn *Penaeus monodon***. Journal Crustacean Biology. 20: 796-802.
- Ramos, R., Vinatea, L., Santos, J. y R. Da Costa. 2010. **Tratamiento de efluentes del cultivo de *Litopenaeus vannamei* mediante procesos de sedimentación, filtración y absorción**. Latin American Journal of Aquatic Research. 38(2): 188-200.
- Rendón, A., Rojas, A., Ponce, J. y M. García-Ulloa. 2008. **Análisis de la implementación del cultivo de tilapia y camarón en tanques de geomembrana en el sector rural del estado de Guerrero, México**. Memorias del XVI taller de cultivo de camarón Instituto Nacional de la Pesca SAGARPA.
- Rigdon, R.H. y K. Baxter. 1970. **Spontaneous necrosis in muscles of brown shrimp, *Penaeus aztecus***. Transactions of the American Fisheries Society. 99:583-587.
- Rosas, C., Cuzon, G., Gaxiola, G., Pascual, C., Taboada, G, Arena, L. y A Van Wormhoudt A. 2002. **An energetic and conceptual model of the physiological role of dietary carbohydrates and salinity on *Litopenaeus vannamei* juveniles**. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 268: 47-67.
- Sakamoto, T., Van Phung, C., Cotera, A., Duy, K., Nguyen, N. y M. Yokozawa. 2009. **Analysis of rapid expansion of inland aquaculture and triple rice-cropping areas in a coastal area of the Vietnamese mekong delta using MODIS time-series imagery**. Landscape and Urban Planning. 92: 34-46.
- Sánchez, B.M., Liñan-Cabello, M. y A. Mena. 2008. **Detection of yellow-head disease in intensive freshwater production system of *Litopenaeus vannamei***. Aquaculture International. 17(2): 101-112.
- Saoud, I., Davis, A. y D. Rouse. 2003. **Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture**. Aquaculture. 217:373-383.
- Valdez, G., Díaz, F., Re, A.D. y E. Sierra. 2008. **Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone)**. Hidrobiológica. 18 (2): 105-115.
- Valenzuela, W., Rodríguez, G. y H. Esparza. 2010. **Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación**. Ra Ximhai. 6(1):1-8.
- Wang, B., Li, F., Dong, B., Zhang, X., Zhang, C. y J. Xiang. 2006. **Discovery of the genes in response to white spot syndrome virus (WSSV) infection in *Fenneropenaeus chilensis* through cDNA microarray**. Marine Biotechnology. 8:491-500.
- Zarain-Herzberg, M. 2003. **Estrategias y acciones en materia de infraestructura y tecnología en acuicultura: El caso del cultivo del camarón**. Boletín Programa nacional de sanidad acuícola y red de diagnóstico. 3(23):1-5.
- Zarain-Herzberg, M. y F. Asencio. 2001. **Taura syndrome in México: Follow-up study in shrimp farms of Sinaloa**. Aquaculture. 193:1-9.

Daniel Enrique Godínez-Siordia

Profesor-Investigador, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Gómez Farias N°82; San Patricio-Melaque, C.P. 48980, Jalisco. México. Correspondencia: dangos@costera.melaque.udg.mx

Oscar González-Ochoa

Profesor-Investigador, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Gómez Farias N°82; San Patricio-Melaque, C.P. 48980, Jalisco. México.

Arnulfo Hernández-Díaz

Profesor-Investigador, Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras; Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Gómez Farias N°82; San Patricio-Melaque, C.P. 48980, Jalisco. México.

Antonio García-Triana

Profesor-Investigador, Biología Molecular; Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito #1 nuevo campus universitario, Chihuahua, C.P. 31125, Chihuahua. México.

Julián Gamboa-Delgado

Profesor-Investigador, Programa Maricultura; Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, C.P. 66451, Nuevo León, México.

José Guadalupe Arce-Ibarra

Profesor-Investigador, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, Unidad Navojoa. Periférico Sur y carretera Huatabampo, Km 3.5; Navojoa, C.P. 85870, Sonora, México.

Erick Manuel Godínez-Siordia

Gerente de Producción, Acuícola Bocamar S.A. de C.V. Carretera Bahía de Kino, Km. 95; Playa San Nicolás. Hermosillo, C.P. 83340, Sonora, México.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

PRODUCCIÓN INTEGRAL SUSTENTABLE DE ALIMENTOS

Martha Elena Aguilera-Morales; Fabiola Hernández-Sánchez; Edmundo Mendieta-Sánchez
y César Herrera-Fuentes

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 71-74.



e-revist@s

PRODUCCIÓN INTEGRAL SUSTENTABLE DE ALIMENTOS

SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION INTEGRAL

Martha Elena **Aguilera-Morales**¹; Fabiola **Hernández-Sánchez**²; Edmundo **Mendieta-Sánchez**³ y César **Herrera-Fuentes**⁴.

^{1,3,4} Profesores investigadores de la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oax. Área agro-ingeniería. ²Profesora-investigadora UNPA Campus Tuxtepec, Oax. Área Biotecnología de Alimentos.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos representada por las actividades agropecuarias e industriales, ocupan una gran mayoría del recurso agua (sostén de la vida) el cual cada día se hace menos disponible. En México, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua, utiliza el 65%, debido a que ha quintuplicado el uso por riego y no cuenta con un sistema eficiente, provocando una gran pérdida del vital líquido. Le siguen el sector industrial con 25% y el consumo doméstico, comercial y de otros servicios urbanos municipales que requieren el 10%. La Comisión Nacional del Agua (CNA, 2002 y 2008) ha puesto de manifiesto que para el año 2015 el uso industrial alcanzará el 34% a si se reduce a 58% los volúmenes destinados para riego y al 8% los destinados para otros usos. Indudablemente la ciencia, la tecnología y el conocimiento son elementos cruciales para que las localidades, y las regiones en su conjunto puedan aspirar a una gestión sustentable del agua para sus producciones. Las decisiones y la implantación de acciones en materia hídrica han de estar basadas en la ciencia y en la mejor tecnología disponible, tomando en cuenta los factores locales que con frecuencia requieren de la aplicación de paquetes tecnológicos apropiados o de adaptaciones innovadoras (IV Foro Mundial del Agua tema 1 Agua para el crecimiento y desarrollo- 2006).

En este artículo se propone una forma de obtener en forma sustentable producciones de alimentos en una forma integral haciendo uso eficiente del agua, orientado principalmente hacia las zonas alta marginación y pobreza que padecen de mala alimentación y dificultad para la obtención de alimentos. La alternativa es la combinación de la acuicultura con la hidroponía, llamada acuaponía. La acuicultura es la producción de cualquier organismo que vive en agua como peces, camarones, moluscos, jaibas, plantas acuáticas, etc. Por si sola representa una alternativa productiva en el sector agropecuario; a nivel nacional, su desarrollo ha venido incrementándose significativamente en los últimos años debido a la demanda de sus productos, la mayoría con alto valor nutritivo. No obstante, el alto potencial de desarrollo de la actividad acuícola debe superar algunos retos como reducir el volumen de agua requerida, así como reducir y mejorar la cantidad y calidad del efluente generado por kilogramo de biomasa producida (Gilio et al., 2007).

La hidroponía es el método sin suelo que utiliza una solución de nutrientes en agua, para la producción de plantas tanto comestibles (frutas y hortalizas) como de ornato.

La acuaponía es la técnica que fusiona la hidroponía y la acuicultura en un sistema de recirculación, es un modelo que sirve para producir en forma sostenible alimentos de alto valor nutritivo; tanto fuente de proteínas (pescado) como fuente de vitaminas y minerales (frijol, jitomate, arroz, frutas, etc.) siguiendo principios de re-uso de aguas residuales, integración de sistemas acuícola – agrícola (que incrementa la diversidad y producción, incluso en espacios reducidos), y obtención de productos sanos con importantes impactos socio-económicos a nivel local.

¿Cómo hacer una producción integral sustentable?

Previo conocimiento de la biología y necesidades nutricionales y capacitación del cultivo de las especies de interés, se debe contar con una fuente de agua con calidad para el cultivo y un sistema de producción (un estanque ya sea de concreto o plástico) con un sistema de recirculación cerrado. Cabe mencionar que un sistema acuapónico puede ser tan sencillo o tecnificado como la economía lo permita, de hecho, se pueden utilizar materiales de reciclaje; los componentes que no pueden faltar son: estanque o pecera, sistema de aireación, camas de arena o grava, tubos de pvc, algunos coples, clarificador de agua, filtro biológico, desgasificador, bomba sumergible, peces y semillas (Figura 1).

Al cultivar peces, el agua que mantiene a estos es rica en nutrientes naturales derivada de las heces fecales, microalgas que se forman naturalmente, y la descomposición de los alimentos no aprovechados, los cuales fertilizan la producción hidropónica (Diver, 2006). De acuerdo con lo que explican Rakocy et al. (2004) el agua que se desecha de los sistemas de producción acuícola contiene nutrientes que por sí solos son altamente tóxicos para los peces, por lo que hay que removerlos para evitar niveles críticos. En un sistema acuapónico el agua es bombeada hacia la planta en cultivo que puede estar en un lecho de grava o tanques o en tuberías de pvc; las raíces de las plantas y las bacterias, remueven los nutrientes del agua, transformándose en un fertilizante natural líquido para el crecimiento de ellas, a la vez de limpiar el agua, la cual, es oxigenada por medios sencillos y se reutiliza una y otra vez en los tanques de cría de peces (Figura 1). Estas prácticas hacen uso eficiente de lo que de otro modo serían considerados residuos orgánicos además de reutilizar el agua de descarga o efluente del sistema acuícola. Una ventaja adicional es que en esta integración de plantas y peces no es necesario el uso de pesticidas químicos ni medicamentos. De esta forma, los aspectos negativos potenciales de la acuicultura y la acuaponia se tratan en una forma viable y sostenible; es decir, se obtienen mayores beneficios que por separado cada una (Nelson, 2008).

Las técnicas de acuaponia surgen de los avances tecnológicos en la mejora de los sistemas acuícolas y la búsqueda de reducir los efectos o impactos contaminantes de las aguas de desecho de la acuicultura. Adler et al (2000) explican que los tratamientos convencionales de las descargas de la acuicultura, representa un costo adicional significativo y con la acuaponia se utilizan estas aguas de desecho ricas en nutrientes en sistemas de recirculación en una forma más económica y rentable. De hecho, ésta técnica ya tiene sus años; comenzó con la creación de “plantas de tratamiento” a partir de humedales, en donde se les hacían llegar los efluentes para que las plantas procesaran el agua (biorremediación) (Mateus, 2009).

Beneficios del sistema acuaponico

Los beneficios de un sistema acuapónico de acuerdo con Masser (2002); con un buen diseño y funcionamiento adecuado reduce en un 90% los requerimientos de agua necesaria para un cultivo normal de peces; utiliza tan sólo una décima parte de agua y puede aumentar los rendimientos y bajar los costos de producción sin la necesidad de contar con grandes extensiones de tierra, además de ahorrar hasta un 45% en fertilizantes en una producción de hortalizas, ya que el agua de un sistema de producción de peces proporcionan el 80% de los 16 elementos que necesitan las plantas para su desarrollo. No obstante lo anterior, se puede obtener hasta 500 plantas por metro cuadrado de manera anual. En general, está documentado que por cada tonelada de pescado que se produce por acuaponía por año, se pueden producir alrededor de siete toneladas de algún cultivo vegetal (CICESE, 2008).

A continuación, los siguientes resultados producto de investigaciones nos dan una amplia visión de las producciones que se pueden obtener. Segovia (2008) utilizó un sistema de recirculación acuícola

donde cultivó tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) a una densidad inicial de 30.9 kg/m³ y final de 50.7 kg/m³, junto con un cultivo de 400 plantas de fresa (*Fragaria ananassa* variedad *camarosa*) a un flujo de 6 L/min durante 92 días obteniendo una tasa de crecimiento para las tilapias de 3.7 gramos por día con una tasa de conversión alimenticia de 2.0 (es decir, 2 kilogramos de alimento para producir 1 kilogramo de pez).

Según, Rakocy et al., (2004 en Mateus, 2009) cultivando 77 peces/m³ de tilapia del Nilo y 154 peces/m³ de tilapia roja, durante 42 días, se obtienen producciones promedio de 61.5 kg/m³ y 70.7 kg/m³, y peso promedio de 813.8 g y 512.5 g respectivamente. Siendo la producción anual estimada de 4.16 t para tilapia del Nilo y 4.78 t para tilapia roja.

Lo anterior, pone de manifiesto el potencial de producción de alimentos en forma integral mediante la acuaponía. Esta tecnología se puede llevar a las zonas de alto grado de marginación y pobreza para mitigar la desnutrición generando sistemas acuapónicos familiares de autoconsumo que les provea proteínas, vitaminas y minerales con las especies de cultivo mejorando así la calidad de vida.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Producción de alimentos en áreas reducidas. • Rendimiento igual o superior al de sistemas hidropónicos. • Reducción de la cantidad de nitrógeno en descargas de agua. • Elimina uso de químicos y fertilizantes. • No hay que preparar soluciones nutritivas. • La producción de peces es orgánica y de gran calidad. • Ambas producciones son amigables con el ambiente. • Genera dos fuentes de ingreso diferentes: plantas y peces. 	<ul style="list-style-type: none"> • La producción en volumen de plantas está limitada por la cantidad de peces en el sistema. • Uso de bombas, filtros y energía.

Figura 1. Ventajas y desventajas de la Acuaponía.

CONCLUSIÓN

La producción de alimentos en forma integral mediante aquaponía hace un manejo sustentable del agua, los alimentos y el medio ambiente. Esta tecnología debe encaminarse a nivel local y nacional para compensar los imperativos de uso racional del agua, seguridad alimenticia y medio ambiente.

La producción de alimentos altamente nutritivos en forma integral es viable a través de la acuaponía; es una fuente de proteínas, vitaminas y minerales; es una alternativa para las zonas de alta marginación y pobreza mediante sistemas acuapónicos familiares de autoconsumo.

Los sistemas de producción de alimentos acuapónicos diversifican la producción de las unidades acuícolas y dan solución al sector acuícola sobre cómo deshacerse de los compuestos nitrogenados del agua; asimismo, solventa el problema de los agricultores, de cómo conseguir el nitrógeno para sus plantas.

LITERATURA CITADA

Adler, PR, Harper, JK, Wade, EM, Takeda, F & Summerfelt, ST, 2000. **Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants.** International Journal of Recirculating Aquaculture. Vol.1, pp. 10-13.

- Boughton, JM 2002. **The Bretton Woods proposal: an indepth look.** *Political Science Quarterly*, 42(6), pp.564-78.
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE) 2008. **Gaceta electrónica, CICESE.** Consultado el 16 de Marzo 2011, <<http://gaceta.cicese.mx>>
- Centro Nacional del Agua (CNA). 2002. **Compendio básico del agua.** SEMARNAP. México, consultado el 23 de marzo de 2011. <http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/07_agua/cap7.html>
- Centro Nacional del Agua (CNA). 2008. **Estadísticas del agua en México.** consultado el 6 de Abril de 2011 <http://futurocostaensenada.files.wordpress.com/2010/02/estadiam_2008.pdf>
- Diver, S. 2006. **Aquaponics Integration of Hydroponics with Aquaculture.** ATTRA – National Sustainable Agriculture Information Service. North Carolina, USA, <http://www.aces.edu/dept/fisheries/education/documents/Horticulturesystemsguide.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1993. **El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, Italia.** Los problemas del agua y la agricultura viewed <<http://www.fao.org/docrep/003/t0800s/t0800s09.htm>>
- Masser, M. 2002. **Hydroponics integration with aquaculture.** First Ed. Alabama, USA, pp 23.
- Mateus, J. 2009. **Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos.** Red Hidroponía, Boletín No 44. 2009. Lima-Perú. Pp.7-10
- Nelson, LR. 2008. **Aquaponics food production.** Raising fish and profit. Nelson and Pade, Inc. First Edition. Virgen Islands.
- Rakocy J, Bailey, DS, Shultz, RC & Thoman, ES. 2004. **Update on tilapia and vegetable production in the aquaponic system.** Virgen Islands: 15 p.
- SIWI, IFPR, IUCN, IWMI. 2005. **Let it Reign: The New Water Paradigm for Global Food Security.** Final Report To CSD-13 Stockholm. International Water Institute, Stockholm.

Martha Elena Aguilera-Morales

Profesora investigadora de la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca. Área agro-ingeniería.

Fabiola Hernández-Sánchez

Profesora-investigadora UNPA Campus Tuxtepec, Oaxaca. Área Biotecnología de Alimentos.

Edmundo Mendieta-Sánchez

Profesor investigador de la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca. Área agro-ingeniería.

César Herrera-Fuentes

Profesor investigador de la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca. Área agro-ingeniería.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

REMOCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS

Violeta E. Escalante-Estrada; Marco A. Garzón-Zúñiga y Sergio Valle-Cervantes
Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 75-82.



e-revist@s

REMOCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS

MACRONUTRIENTS REMOVAL IN THE TREATMENT OF SWINE WASTEWATER

Violeta E. Escalante-Estrada¹; Marco A. Garzón-Zúñiga² y Sergio Valle-Cervantes³

^{1,2} Especialista en Hidráulica., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauahúac 8532, Col. Progreso, Jiutepec; Morelos, C.P. 62550, México. Fax: 01-777-3293622, vescalan@tlaloc.imta.mx ³ Profesor-Investigador., Instituto Tecnológico de Durango

RESUMEN

Una revisión (2004-2011) sobre, los procesos biológicos que mayormente se han estudiado para el tratamiento de efluentes porcícolas, demuestra que estos son: digestores anaerobios, reactor anaerobio de flujo ascendente, filtros anaerobios, reactor secuencial en lote, sistemas lagunares y biofiltros. A partir de una comparación entre la forma de operación y de la eficiencia reportada para los diferentes procesos, se concluye que una buena opción de tratamiento podría ser un sistema combinado de filtros sumergidos anaerobios con filtro percolador aireado, ya que los filtros anaerobios requieren un menor tiempo de retención hidráulico para la reducción de la materia orgánica y por otra parte, los biofiltros aerados pueden alcanzar eficiencias de remoción de nitrógeno mayores a las de otros sistemas (lagunas, variantes de lodos activados, etc). Sin embargo, aunque existen algunos estudios sobre el seguimiento de los mecanismos para la remoción de nitrógeno en biofiltros, se requiere realizar estudios adicionales al respecto. Se propone que una posible estrategia sería estudiando el efecto de la relación C/N y de la tasa aireación en estos sistemas de tratamiento.

Palabras clave: nitrógeno, materia orgánica, oxido nitroso.

SUMMARY

A review (2004-2011) reveals that, the biological processes that have been studied mostly for pig effluent treatment, are: anaerobic digesters, upflow anaerobic sludge reactors, anaerobic filters, sequential batch reactors, lagoon systems and biofilters. From a comparison between the operational characteristics and the pollutants removal efficiency reported for those different processes; it could be concluded that a good treatment option could be a combined system of anaerobic filter submerged followed by an aerated trickling filter; since anaerobic filters require less hydraulic retention time to reduce the organic matter and, moreover, the biofilter can reach nitrogen removal efficiencies greater than those of other systems (lagunas, activated sludge variations, etc). However, although there are some studies on monitoring mechanisms for nitrogen removal in biofilters, it requires further studies in this regard. It is proposed that a possible strategy would be studying the effect of the C/N ratio and the aeration rate in these treatment systems.

Keywords: nitrogen, organic matter, nitrogen oxide.

INTRODUCCIÓN

La producción de ganado porcino se lleva a cabo en todo México, concentrándose en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Sonora y Yucatán. La industria porcícola se lleva a cabo en granjas tecnificadas, semitecnificadas, y no tecnificadas también llamada ésta última de traspatio y/o familiares. Esta clasificación refleja diferentes formas de manejo de los procesos productivos (automatización) y del uso del agua (nivel de dilución), por lo que la concentración de los efluentes es diferente, siendo más alta cuando más tecnificada se encuentre, aunado a esto, la concentración depende de la edad del animal, su madurez fisiológica, la cantidad y calidad del alimento consumido, y el clima, entre otros (Escalante-Estrada y Garzón-Zúñiga, 2011).

Los residuos sólidos y líquidos generados en la producción de carne de cerdo ocasionan un impacto al ambiente, además del potencial de infección que pudieran causar estos desechos. Los efluentes de la industria porcícola presentan una concentración alta de sólidos, materia orgánica, nitrógeno y fósforo, la cual al carecer de tratamiento y bajo ciertas condiciones de tratamiento generan gases de efecto invernadero (GEI) como son: metano (CH₄), bióxido de carbono (CO₂), oxido nitroso (N₂O).

El potencial de calentamiento global de un GEI se mide en relación con el calentamiento que provoca una unidad de bióxido de carbono. Por ejemplo, si se libera una molécula de metano a la

atmósfera, esta retiene 21 veces más el calor que una molécula de dióxido de carbono y por eso se dice que, una molécula de metano equivale a 21 moléculas de dióxido de carbono; es decir, calienta 21 veces más el metano que el carbono. Una molécula de óxido nítrico equivale a 310 moléculas de dióxido de carbono, porque su efecto de calentar la atmósfera es 310 veces mayor a la de dióxido de carbono (Landa. *et al.*; 2010).

Las alternativas de tratamiento de las aguas residuales de la producción de cerdos, aplicadas en México, se han enfocado a remoción de sólidos mediante métodos físicos (cribado, tornillos, centrifugación, sedimentación); y a la remoción de materia orgánica por procesos biológicos (digestores anaerobios, lagunas anaerobias y lagunas facultativas). Muchos de estos sistemas de tratamiento se han construido sin la realización de una caracterización previa de los efluentes generados en las granjas y sin el seguimiento de un diseño adecuado de los procesos aplicados. Por lo que en dichos sistemas no se obtiene la eficiencia de remoción esperada de sólidos y ni de materia orgánica.

En los últimos años ante el incentivo de los bonos de carbono, en granjas porcícolas se han construido digestores anaerobios para la generación de biogás (metano y dióxido de carbono) y solo algunas granjas cuentan también con una laguna facultativa como postratamiento. Los procesos anaerobios resultan ser eficientes en la remoción de materia orgánica, generando menos lodos de purga que un sistema de lodos activados. Debido a la baja producción de lodos, los requerimientos de nutrientes son menores por lo que no se presentan altas eficiencias en la remoción de nitrógeno y fósforo. Siendo necesario completar el tratamiento con un postratamiento para la remoción de nutrientes cuando se descarga a un cuerpo receptor.

En este trabajo se presentan características de diferentes aguas residuales porcícolas, algunos procesos para su tratamiento, y un análisis de las condiciones de operación y su eficiencia en la remoción de materia orgánica y nitrógeno.

Características y variabilidad de las aguas residuales porcícolas

Los efluentes generados en granjas porcícolas varían de acuerdo al grado de tecnificación de la granja y a la etapa productiva (engorda, destete, maternidad o ciclo completo). Las concentraciones de contaminantes más altas se han reportado para la etapa de destete (Garzón-Zúñiga *et al.*, 2009); engorda (Chao *et al.*, 2008; Karakashev *et al.*, 2008 y Garzón-Zúñiga *et al.*, 2009). Techio *et al.* 2011 reporta características de aguas residuales porcícolas (ARP) que pudieran ubicarse como un efluente de la etapa de engorda (27,269 mg DQO/L, 2,244 mg NTK/L y 1,081 mg N-NH₄⁺/L). Los efluentes de menor concentración fueron reportadas para la etapa de maternidad (Garzón-Zúñiga *et al.*, 2009; Victorica *et al.*, 2008); en efluentes de la etapa de maternidad Jay-Myoung *et al.* (2004); reporta concentraciones semejantes. Concentraciones intermedias a los efluentes de destete, engorda y maternidad fueron reportadas por Garzón-Zúñiga *et al.* (2007) y Aubry *et al.* (2006). Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de las aguas residuales porcícolas.

REFERENCIA	Garzón-Zúñiga <i>et al.</i> , 2009				Techio <i>et al.</i> , 2011	Victorica <i>et al.</i> , 2008	Chao <i>et al.</i> , 2008	Garzón-Zúñiga <i>et al.</i> , 2007	Aubry <i>et al.</i> , 2006			Jay-Myoung <i>et al.</i> , 2004	Karakashev <i>et al.</i> , 2008	Hernández <i>et al.</i> , 2011	
PARÁMETRO	Engorda	Deteste	Maternidad	Ciclo completo			Engorda							Engorda	
DQO (mg/L)	30,733	37,498	3,000	25205 - 40,498	27,269	2,997	35,520	15,462	15,400	21,900	24,100	2,940	3,800	27269	13,000
DBO ₅ (mg/L)	8,298	5,600	2,500	8,460 - 15,061				9,320	9,500	12,600	13,300	1,310	1,730		6,350
SST (mg/L)	10,125 - 42,500	16,357	1,050	15,042 - 25,034	975	975.2		1970		345	542				1,342
N-total(mg/L)	1,544	1,345	550	1,038 - 2,034											
NTK (mg/L)					2,244			2,080						2,244	
N-NH ₄ (mg/L)									3,100	2,300	1,500	486	854	1,081	612
DQO/N	20	28	5	24 - 20	12			7							
DQO/N-NH ₄									5	9	15	6	4	12	21

Nota: los espacios vacíos indican que los datos no fueron reportados

Relación C/N

Garzón-Zúñiga *et al.*, (2009) determinaron, la relación C(DQO)/N(NTK), para las diferentes etapas productivas de granjas porcícolas de México encontrando los valores siguientes: engorda (20), deteste (28), maternidad (5.45) y ciclo completo (20). Los mismos autores también reportan los valores de la relación C(DBO)/N(NTK): engorda (5.37), deteste (4.15), maternidad (4.54) y ciclo completo (7.4). Se observa que el valor de la relación C (DQO)/N para ciclo completo es igual al de la descarga de engorda, no siendo así con respecto a la relación C (DBO)/N.

A partir de las características de las ARP reportadas por Jay-Myoung *et al.* (2004), se determino la relación C(DQO)/N, presentando un valor = 4.45 – 6.05; el cual es semejante al de la etapa de maternidad; no siendo el caso para la relación C(DBO)/N = 2.70– 2.03, la cuál resulta ser menor a la reportada por Garzón-Zúñiga, *et al.* (2009). Un valor diferente en la relación C(DQO)/N = 12.5 fue reportado por Karakashev *et al.* (2008), la cuál es un valor intermedio entre la etapa de engorda y de maternidad reportadas por Garzón-Zúñiga, *et al.* (2009). Por lo que la relación C (DQO)/N y C (DBO)/N resulta ser diferente en los efluentes de cada proceso productivo de la industria porcícola.

En el cuadro 1 se presentan algunas características de las aguas residuales porcícolas, utilizadas por diversos autores. En ella se puede observar que hay una gran variación en las concentraciones de materia orgánica (DQO: 2,900 – 40,498 mg/L y DBO₅: 1,310 – 13,300 mg/L) y de Nitrógeno (550 – 2244 mg/L) y también en los valores de la relación C(DQO)/N (reportados y calculados). Ésta última, ubicada en un rango de variación entre 4 y 28. Debido a la gran variabilidad en la concentración de las ARP resulta importante la realización de su caracterización antes de la selección de sistema de tratamiento.

Remoción de C y N en procesos anaerobios

Tiempo de retención hidráulico.- Estudios realizados para el tratamiento de efluentes porcícolas como el de Chao *et al.* (2008) reportan un 71% de remoción de DQO para un biodigestor operando a un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 15.9 días, menores eficiencias de remoción fueron obtenidas en otros digestores anaerobios: 24% DQO con TRH de 15 días (Karakashev *et al.*, 2008) y 15% de DQO a un TRH de 45 días (Techio *et al.*, 2011). Mayor eficiencia de remoción de DQO (91%) y una remoción de NT (56%) fue obtenida en una laguna anaerobia con un TRH de 55 días, (Techio *et al.*, 2011). Se observa que en estos casos la eficiencia de remoción no depende del TRH aplicado, ya que no existe una correlación entre la remoción de materia orgánica (DQO) y el TRH,

por lo que pueden existir otros factores de operación como la temperatura, mezclado, carga orgánica volumétrica (COV) entre otros, que afectan la eficiencia de remoción de materia orgánica en estos procesos.

En procesos anaerobios conocidos como de segunda generación, se han alcanzado las siguientes eficiencias: 1.- 70% de la DQO con un TRH de 6 días aplicando una COV de $4.09 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ en un RAFA (Escalante-Estrada y Garzón-Zúñiga, 2010); 2.- 57% DQO y 11% NT a un TRH de 4 días aplicando una COV de $3.8 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ en un UASB (Karakashev *et al.*, 2008). En estos dos casos se puede observar que con un TRH mayor en un 50% se reporto un incremento del 13% al aplicar COV semejantes.

En reactores anaerobios empacados con materiales inorgánicos, Victorica *et al.*, (2008) al tratar ARP en un sistema de tres filtros anaerobios en serie obtuvo eficiencias de remoción de DQO de 85, 87 y 93% al aplicar COS de 28.15, 38.23 y 55.63 $\text{Kg DBO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ tiempos de operación de 16, 20 y 27 días de operación con recirculación en condiciones estacionarias. Menores eficiencias de remoción fueron reportadas por Pérez *et al.* (2009), 77% DQO y por González *et al.* (2011) 48% DQO al aplicar TRH de 12 y 9.8 horas y COV de 8.8 y $0.43 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ respectivamente. Por el contrario en un filtro empacado con material orgánico y en ausencia de aire, Hernández *et al.* (2011) obtuvieron eficiencias de remoción del 87% DQO al aplicar cargas orgánicas superficiales (COS) de $0.25 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, y cuando esta carga fue incrementada a una COS de $0.35 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, la eficiencia se redujo a 65% DQO.

De este apartado se puede concluir que al utilizar material inorgánico como empaque en filtros anaerobios se pueden alcanzar eficiencias de remoción de materia orgánica más altas que con material orgánico, y con la ventaja de la aplicación de cargas orgánicas mayores. De los procesos anaerobios, los filtros anaerobios son una buena opción de tratamiento debido a que se requiere un menor TRH para la reducción de la materia orgánica (Cuadro 2).

Cuadro 2. Remoción de macronutrientes (C y N) de diferentes procesos anaerobios.

Proceso	% DQO	% N	C(DQO)/N	T°C	TRH	Carga orgánica	INFLUENTE	REFERENCIA
Biodigestor	71	NR	NR	24.7	15.9 d	NR	ARP	Chao <i>et al.</i> , 2008
Biodigestor	15	-17	NR	NR	45 d	NR	ARP	Techio <i>et al.</i> , 2011
Digestor anaerobio	24	0	12.5	55	15 d	$4.6 \text{ KDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$	ARP(90%)+ AI	Karakashev <i>et al.</i> , 2008
Laguna anaerobia	91	56	NR	NR	55d		ARP	Techio <i>et al.</i> , 2011
RAFA	70	NR	NR	NR	6 d	$4.09 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$	ARP	Escalante <i>et al.</i> , 2010
UASB	57	11	5.3	NR	4 d	$3.8 \text{ gDQOL}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$	ARP(90%)+ AI	Karakashev <i>et al.</i> , 2008
Filtro anaerobio	77	NR	NR	NR	12 h	$8.8 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$	AR A,Yuca	Pérez <i>et al.</i> , 2009
Filtro anaerobio	48	NR	NR	22.3	9.8 h	$0.43 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$	ARM	González <i>et al.</i> , 2011
Filtro anaerobio (3 en serie)	93	NR	NR	NR	27d	$55.63 \text{ KgDBO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	ARP	Victorica <i>et al.</i> , 2008
Biofiltro sin aire	87	34	21.24	NR	NR	$0.25 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	ARP	Hernández <i>et al.</i> , 2011
Biofiltro sin aire	65	14	21.24	NR	NR	$0.35 \text{ KgDQO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	ARP	Hernández <i>et al.</i> , 2011

NR= No reportada.

Remoción de C y N en procesos aerobios

De los procesos naturales en la remoción de macronutrientes, en una laguna facultativa se reporta una remoción del 34% DQO y 49% Nt operando con TRH de 38 días. En la 1ª laguna de maduración se obtuvieron eficiencias de remoción del 37% DQO y 51% Nt, a un TRH = 19 días; en la segunda laguna de maduración no se reportó remoción de materia orgánica y si el 47% Nt operando a un TRH de 15 días. (Techio *et al.*, 2011).

En biofiltros aerados al tratar ARP, se han obtenido más altas eficiencias de remoción de materia orgánica y de nitrógeno. Eficiencias del 88% DQO (COS 14.1-21.6 g DQO m⁻².día⁻¹), 85% DQO (COS 25.2-38 g DQO m⁻².día⁻¹), 76% DQO (COS 38.6-57.0 g DQO m⁻².día⁻¹) fueron reportadas en Jay-Myoung *et al.* (2004). En este caso se puede observar que a menor COS la eficiencia de remoción de DQO resulto ser mayor; aunque la reducción del 3% en la eficiencia de remoción de DQO no resulta ser tan significativo si se puede incrementar la COS en un 80% en un biofiltro. Al aplicar una menor COV (0.8 kg DBO.m⁻³d⁻¹) en otro biofiltro aireado, se obtuvieron eficiencias de remoción más altas, 98% DQO y 78% N (Aubry *et al.*, 2006); Al reducir más la carga, COS (0.277 kg. DBO.m⁻².día⁻¹), se incrementó la eficiencia de remoción de materia orgánica a 99% DBO (Garzón-Zúñiga *et al.*, 2007). Al aplicar una COS más baja (COS (calculada) 0.104 kg DQO m⁻².día⁻¹), Hernández *et al.* (2011), obtuvo eficiencias de remoción de materia orgánica menores (90% DBO, 65% DQO), y eficiencias altas del 98% N-NH₄.

Karakashev *et al.* (2008) reportan eficiencias de remoción de materia orgánica y de nitrógeno menores a las obtenidas en los biofiltros en procesos como: oxidación parcial 65% DQO, 61%N y OLAND (oxygen-limited autotrophic nitrification-denitrification) 14 % DQO, 56% N, Siendo estos últimos más altos que los obtenidos en lagunas de estabilización con respecto a la remoción de nitrógeno.

Con el proceso de biofiltración aerobia se puede lograr las mayores eficiencias de remoción de nitrógeno, adicionalmente en este proceso también se reportan altas eficiencias de remoción de materia orgánica (DQO, DBO₅) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Remoción de macronutrientes de diferentes procesos aerobios.

Proceso	% DQO	% N	C(DQO)/N	T°C	TRH	Cargas orgánicas y tasa de aireación	INFLUENTE	REFERENCIA
Oxidación parcial	65	61	2.4	NR	1 d	1500 mL/min	ARP(90%)+ AI	Karakashev <i>et al.</i> , 2008
OLAND	14	56	2.18	35	2 d	NR	ARP(90%)+ AI	Karakashev <i>et al.</i> , 2008
Unifed SBR	81		5.7	20-23	1 d	NR	ARP	Zhao <i>et al.</i> , 2008
Biofiltro aireado	88	NR	4.45 - 6.05	NR	NR	14.1 a 21.6 gDQOm ⁻² d ⁻¹	ARP	Jay-Myoung <i>et al.</i> , 2004
Biofiltro aireado	98	79	5	NR	NR	4.5 m ³ aire m ⁻² h ⁻¹	ARP	Aubry <i>et al.</i> , 2006
Biofiltro aireado	98	78	9	NR	NR	4.5 m ³ m ⁻² h ⁻¹ 0.8 Kg DBO ₅ m ⁻³ d ⁻¹	ARP	Aubry <i>et al.</i> , 2006
Biofiltro aireado	87	88	15	NR	NR	4.5 m ³ aire m ⁻² h ⁻¹	ARP	Aubry <i>et al.</i> , 2006
Biofiltro aireado	99 (DBO)	NR	7.43	NR	NR	4.4 m ³ aire m ⁻² d ⁻¹ , 277 gDQO m ⁻² .d ⁻¹	ARP	Garzón-Zúñiga <i>et al.</i> , 2007
Biofiltro aireado	65	80	3.47	NR	NR	9.4 m ³ aire m ⁻² d ⁻¹ , 104 gDQO m ⁻² .d ⁻¹ *	ARP	Hernández <i>et al.</i> , 2011
Laguna Facultativa	34	49	NR	NR	38 d	NR	ARP	Techio <i>et al.</i> , 2011
Lag. de maduración (1)	37	51	NR	NR	19 d	NR	ARP	Techio <i>et al.</i> , 2011
Lag. de maduración (2)	-5	47	NR	NR	15 d	NR	ARP	Techio <i>et al.</i> , 2011

NR= No reportada, * CALCULADA

Efecto de la relación c/n en la remoción de macronutrientes

La relación C (DQO)/N afecta en la remoción de los macronutrientes (Figura 1). Esta grafica fue elaborada tomando las eficiencias de remoción de carbono (DQO) y de nitrógeno reportadas por

diferentes investigadores en el periodo 2005-2011 y relacionándolas con la relación C/N que aplicaron cada uno en sus investigaciones. Como se puede observar, valores inferiores a 2.5 presentan eficiencias de remoción menores al 60%, con valores entre 4 y 9 se pueden obtener eficiencias cercanas al 80% de NT, y mayores al 88% de DQO. Se observa que la gráfica presenta un comportamiento en el cual a bajos valores de la relación se presentan bajas eficiencias y al ir aumentando el valor entre 2 y aproximadamente 7 se observa también un incremento de la eficiencia de remoción que para la DQO llega a ser cercana al 100% y para el nitrógeno cercana al 80%. Sin embargo, a partir de un valor de la relación C/N de entre aproximadamente 6 y 7 parece ser que la eficiencia llega a un punto máximo en donde su comportamiento deja de ser dependiente del valor de la relación C/N. Lo cual se observa perfectamente con valores entre 7 y 9. Finalmente para un valor de aproximadamente 15 de la relación C/N se reportó un ligero aumento en la remoción de nitrógeno (cercano al 90%) pero una disminución en la remoción de carbono (DQO cercana al 90% también). Por otra parte, no se tiene reportes de eficiencia en el rango entre 9 y 15. Por lo que sería recomendable realizar investigaciones con aguas residuales porcícolas que presenten relaciones C/N en los siguientes dos rangos: entre 9 y 15 y entre 20 y 28, para conocer su influencia en la remoción de macronutrientes, ya que de acuerdo al cuadro 1, se presentan efluentes de la industria porcícola que presenta dichas relaciones.

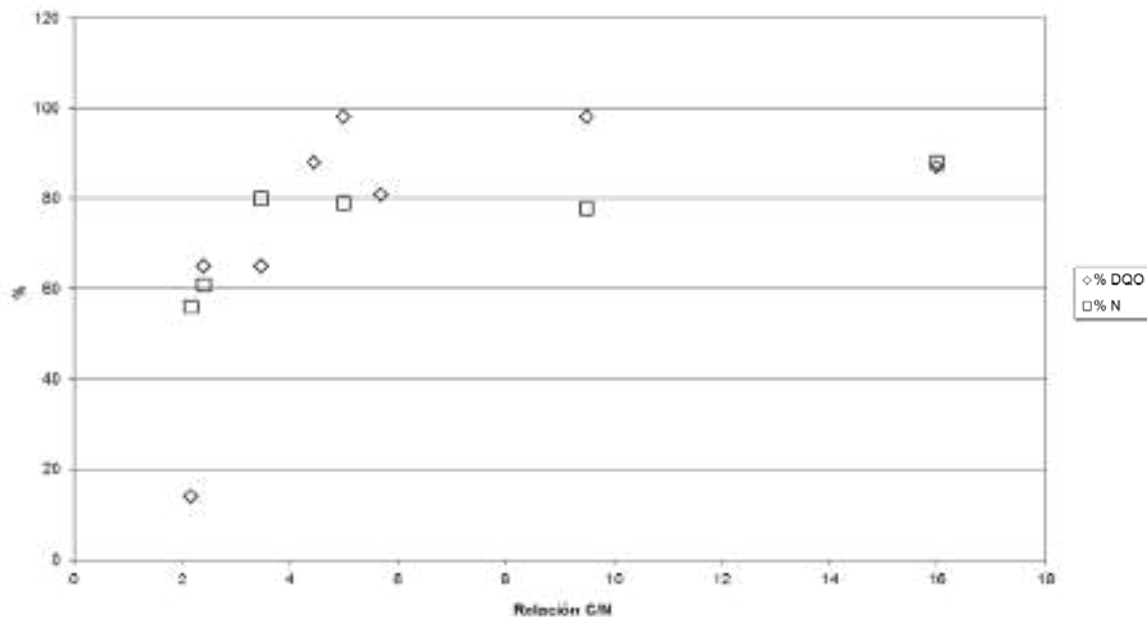


Figura 1. Relación C/N en la remoción de macronutrientes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede obtener eficiencias de remoción de materia orgánica (DQO) mayores al 70% al utilizar procesos anaerobios en el tratamiento de ARP.

Los filtros anaerobios son una buena opción de tratamiento debido a que se requiere un menor TRH para la reducción de la materia orgánica.

Los biofiltros aerados pueden generar mayores eficiencias de remoción de nitrógeno que los otros sistemas utilizados para removerlo (lagunas, variantes de lodos activados, etc).

Cabe mencionar que la mayoría de los trabajos enfocan sus resultados hacia la remoción de materia orgánica y nutrientes, sin realizar reportes de la medición de gases que se generan (CH_4 , N_2 y

N₂O). Por lo que es importante realizar investigación en este sentido para determinar que sistemas y bajo que condiciones remueven eficientemente los contaminantes del agua pero con el menor daño posible (emisión de GEI) al ambiente.

Es recomendable realizar estudios para el tratamiento de aguas residuales porcícolas utilizando un proceso combinado: separación física de sólidos + filtro anaerobio + biofiltro aireado.

LITERATURA CITADA

- Aubry, G., Lessard, P., Gilbert, Y., Le Bihan, Y., and Buelna, G. 2006. **Nitrogen behaviour in a trickling biofilter treating pig manure.** In Proceedings of the IWA Conference BIOFILMS Systems VI, Amsterdam, Water Science and Technology.
- Chao R, Sosa R, Pérez A. and Cruz E. 2008. **A study on pig wastewater treatment with low cost biodigesters.** Volume 20, Article #149. Retrieved July 12, 2010, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/chao20149.htm>
- Escalante-Estrada V.E. y Garzón-Zúñiga M.A. 2010. **Tratamiento anaerobio para disminuir materia orgánica en efluentes de granjas porcícolas.** XXXII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS. 4 al 12 de Noviembre del 2010
- Escalante-Estrada V.E. y Garzón-Zúñiga M.A. 2011. **Opciones de tratamiento para aguas residuales de tres granjas porcícolas.** Ingeniería Agrícola y Biosistemas 2(2): 87-90, 2010
- Garzón-Zúñiga M.A., Ramírez C.M.E., Escalante E.V.E., Cardoso V.L.M. y Moeller Ch. G.E. 2009. **Sistema de tratamiento anaerobio para la reducción de carga orgánica alta (Industria Porcícola) y acoplamiento con un sistema de pulimento para la reducción de nutrientes.** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Informe Final. Proyecto IMTA- TC0903.1
- Garzón-Zúñiga M.A., Lessard P., Aubry G. y Buelna G. 2007. **Aeration effect on the efficiency of swine manure treatment in a trickling filter packed with organic materials.** Wat. Sci. Tech., 55(10), 135-143.
- González-Martínez S., González-Barceló O. and Flores-Torres. C.A. 2011. **Wastewater treatment in an anaerobic filter using small stones as filter media without temperature control.** Water Science and Technology. 63. (6): 1188-1195. 2011
- Hernández A., Ramírez E., Garzón-Zúñiga M.A. 2011. **Desempeño de un biofiltro sin aire acoplado con uno aireado para tratar aguas residuales porcícolas.** AIDIS ARGENTINA, Ingeniería Sanitaria y Ambiental, No 112, 44-49.
- Jay-Myoung R., Byoung Ug K. and Jae-Hynk K. 2004. **Attachment Characteristics of Biofilms in Fixed-Lock Media for Swine Wastewater Treatment.** Journal of Environmental Science and Health. Vol. A39, No. 7, p 1843 – 1852. Marcel Dekker, Inc.
- Karakashev, D., Schmidt, J.E., Agelidaki, I. (2008). **Innovative process scheme for removal of organic matter,** phosphorus and nitrogen from pig manure. Water Research 42, 4083-4090. www.elsevier.com/locate/watres
- Landa R., Ávila B. y Hernández M. 2010. **Cambio Climático y Desarrollo Sustentable.** Para América Latina y el Caribe. BRITISH COUNCIL, PNUD, MEXICO, CATEDRA UNESCO IMTA, FLACSO MEXICO.
- Metcalf and Eddy. 2003. **Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, Fourth Edition.** McGraw-Hill. Singapore
- Techio V.H., Stolberg, J., Kunz A., Zanin E. and Perdomo[†], C.C. 2011. **Genotoxicity of swine effluents.** Water Science & Technology 63(5), 970-975.
- Victorica-Almeida J.L., Galván-García M. and Ayala-Ruiz R. 2008. **Sustainable Management of Effluents from Small Piggery Farms in Mexico.** American Journal of Environmental Sciences 4 (3); 185-188. ISSN 1553-345X
- Zhao C.H., Peng Y.Z., Wang S.Y. and Tang X.G. 2008. **Influence of wastewater composition on biological nutrient removal in Unifed SBR process.** Water Science & Technology-WST 58.4

Violeta E. Escalante-Estrada

Ingeniero Industrial Químico (ITZ) y Maestría en Ciencias en Ingeniería de Alimentos (ITD). Jefe de laboratorio, catedrática, profesor-investigador en Institutos y Universidades. Especialista en Hidráulica y Jefe de proyecto en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Principales líneas de investigación: Digestión anaerobia de aguas y lodos residuales, lagunas de estabilización, tratamiento de lodos y reuso del agua residual tratada. Correo electrónico: vescalan@tlaloc.imta.mx.

Dr. Marco A. Garzón-Zúñiga

Maestría en Biotecnología (UNAM) y Doctorado en Ing. Civil (Universidad Laval de Canadá) en ambos casos con especialidad en tratamiento de aguas residuales. Ha trabajado en: Instituto de Ingeniería (UNAM); Centro de Investigaciones Industriales de Québec, (CRIQ) en Canadá. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Experiencia en: Biofiltración, sistemas con biopelícula, tratamiento de aguas industriales, remoción compuestos tóxicos y recalcitrantes, remoción biológica de fósforo y nitrógeno. Correo electrónico: mgarzon@tlaloc.imta.mx.

Dr. Sergio Valle-Cervantes

Ingeniero Industrial Químico (ITD), Maestría en Ingeniería en Sistemas de Proceso (ITESM), Doctorado en Ingeniería Química (Universidad de Texas en Austin). Profesor- Investigador; Instituto Tecnológico de Durango. Áreas de investigación: Ingeniería de procesos y ambiental, Identificación y detección de fallas en plantas de proceso y Control predictivo basado en modelos. Correo electrónico: svalle@gmail.com.mx.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2012

DISTRIBUCIÓN E IMPORTANCIA MADERERA DE LA FAMILIA ANACARDIÁCEAS EN EL GRAN CHACO ARGENTINO

Claudia Verónica Luna

Ra Ximhai, septiembre - diciembre, año/Vol. 8, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 83-95.



e-revist@s

DISTRIBUCIÓN E IMPORTANCIA MADERERA DE LA FAMILIA ANACARDIÁCEAS EN EL GRAN CHACO ARGENTINO

DISTRIBUTION AND IMPORTANCE OF THE FAMILY ANACARDIACEAE TIMBER IN THE GRAN CHACO OF ARGENTINA

Claudia Verónica Luna^a

* Autor de correspondencia: ^a Universidad, Facultad de Ciencias Agrarias-UNNE, Instituto de Botánica del Nordeste. Av. Sargento Cabral 2131. Casilla de Correo 209 - 3400 Corrientes, Argentina, tel.: (+54)-3783-427589 / 422006, fax: (+54)-3783-426218. cluna@agr.unne.edu.ar

RESUMEN

El Gran Chaco Americano siendo el segundo sostén verde del continente; presenta una alarmante pérdida de biodiversidad; por otro lado, las perspectivas a corto plazo para la conservación de especies tan valiosas como lo son los representantes de la familia Anacardiáceas, son inciertas; a pesar de ser incalculable su participación en los ecosistemas forestales nativos, la falta de manejo de los recursos durante años ha puesto en situación de riesgo a muchas de especies, pasando a integrar la Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Este trabajo, a través de una amplia revisión bibliográfica, tiene por objetivo revalorizar el uso e importancia de los componentes de la familia Anacardiáceas que se encuentran ampliamente distribuidos en el Gran Chaco Argentino.

Palabras claves: pérdida de biodiversidad, especies maderables, múltiples usos.

SUMMARY

The Gran Chaco is the second green support continent presents an alarming loss of biodiversity, on the other hand, the short-term conservation of such valuable species as are the representatives of the family Anacardiaceae, are uncertain, in spite be invaluable participation in native forest ecosystems, lack of resource management for years has put at risk many species, moving to integrate the IUCN Red List (International Union for Conservation of Nature). This work, through an extensive literature review, aims to reassess the use and importance of the Anacardiaceae family components that are widely distributed in the Gran Chaco Argentino.

Key words: loss of biodiversity, timber, multiple uses.

INTRODUCCION

El Gran Chaco Sudamericano es una ecorregión de excepcional biodiversidad en la que ocurren procesos ecológicos únicos. Contiene las masas boscosas más extensas del continente después del Amazonas se extiende desde latitudes definitivamente tropicales, hasta ambientes claramente subtropicales, con una superficie de alrededor de 1.100.000 km². El Chaco argentino abarca 675.000 km² e involucra a más de diez provincias, ya sea total o parcialmente; la totalidad de las provincias del Chaco, Formosa y Santiago del Estero y parcialmente a las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, Catamarca, San Juan, San Luis, Córdoba, Santa Fe y Corrientes (Maldonado, 2005; Stahringer de Caramuti, 2006). El 60% del Gran Chaco Americano está en suelo Argentino, y corresponde al 70% del área forestal del país. En este territorio, los bosques son esenciales para mantener la fertilidad de los suelos y regular la dinámica de los ríos y humedales que proveen de agua a su población. Sin embargo en el último tiempo, la presión de un modelo económico extractivo ha derivado en la tala indiscriminada de enormes extensiones de bosques, principalmente para dar paso a monocultivos de exportación (Valdivia, 2010) con un total de 240.549 hectáreas deforestadas, y una tasa de deforestación promedio por día de 769 hectáreas (Asociación Guyra Paraguay, 2010). Desde hace más de un siglo, esta región enfrenta la pérdida sostenida de su patrimonio natural y cultural a causa del uso no planificado de los recursos (Fundación Vida Silvestre Argentina, 2005).

La familia *Anacardiaceae* posee registrado una abundancia de fósiles, en algunas localidades fosilíferas de Argentina (Entre Ríos, Patagonia) desde el Mioceno hasta el Pleistoceno, permiten suponer que esta familia ha sido un componente importante dentro de las paleocomunidades cenozoicas del sector más austral de América del Sur (Franco, 2009; Martínez y Pujana, 2010; Fernández Pacella *et al.*, 2011), incluye unos 73 géneros y 850 especies, aproximadamente, de amplia distribución a nivel mundial (Cabrera *et al.*, 1965; León, 2003). Los representantes de esta familia son de un gran valor económico, ya que producen frutos comestibles, gomas, resinas, taninos, tintes y maderas de importancia comercial (Dong y Baas, 1993). También es conocida por producir reacciones alérgicas al contacto, debido a la presencia de compuestos fenólicos en la resina de los canales resiníferos de su corteza del leño, en el floema primario y secundario de raíz, tallo y en menor cantidad

en la médula, pero también en las hojas; su resina es clara pero al contacto con el aire sufre una oxidación y generalmente es irritante para la piel, por ello es considerada una familia dermoagresiva (Ding Hou, 1978; Biloni, 1990; De la Fuente Ferrán, 1999; Judd *et al.*, 2002; Iglesias Zamora, 2003; Juárez y Novara, 2007).

Es importante desde el punto de vista económico ya que comprende muchas especies maderables; en general tienen un potencial incalculable para múltiples aplicaciones como ser la producción de vigas, postes de viviendas y alambrados, construcción de peldaños, guardaganados, corrales, marcos de puertas y ventanas, durmientes, por su durabilidad; fabricación de parquet o por su aptitud carbonífera y/o leñera; tornería para elaboración de pipas, bochas y objetos tallados; otros como ser *Schinus areira* L. “aguaribay”, se cultiva en abundancia por ser muy agradable desde el punto de vista estético y porque proporciona sombra. Tortorelli (1956) menciona a las Anacardiáceas como la familia más importante de la flora dendrológica argentina, debido al valor de numerosas especies de los géneros *Astronium*, *Schinopsis* Engl. y *Schinus* L. por ser potencialmente aptas para la extracción de taninos corticales, en orden decreciente son: *Schinopsis quebracho-colorado*, *Schinopsis balansae*, *Astronium balansae*, *Astronium urundeuva* (Giménez y Moglia, 1995; Giménez, 2000; Leonardis, 2000; Araujo-Murakami y Zenteno Ruiz, 2006).

A continuación se especificaran aquellas especies de esta familia que cuentan con importancia maderera y presencia en la región del Gran Chaco Argentino; donde viven 6 géneros y 32 especies; de las cuales 6, son endémicas del género *Schinus* sp. (Zuloaga y Morrone, 1999; Muñoz, 2000).

Distribución de las especies nativas del género Anacardiáceas:

- *Astronium balansae*: Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones.
- *Schinopsis balansae* (*Schinopsis haenkeana* y *Schinopsis heterophylla*): Chaco, Corrientes, Formosa, Santiago del Estero, Sta. Fe.
- *Schinus areira*: Catamarca, Córdoba, Jujuy, La Rioja, Salta, San Luis.
- *Schinus johnstonii*: Chubut, Neuquén, Mendoza, Río Negro, San Juan.
- *Schinus molle*: Corrientes, Misiones, Sta. Fe, Entre Ríos.
- *Schinus longifolia* var. *longifolia*: Corrientes, Formosa, Chaco, Santa Fe.
- *Schinus weinmannifolius*: Corrientes, Misiones.
- *Schinus marchandii* Barkley: endémica de la Patagonia.

***Astronium* Jacq.**

Género con importancia económica por la producción de taninos y resinas, así como algunos frutos comestibles (pistacho, mango, etc.). Muchas especies se cultivan con fines ornamentales. Se ha descubierto que la especie fósil estudiada *Astroniumxylon portmannii* (Brea *et al.* 2001) registrada en la Formación Paraná (Mioceno Medio) en la localidad fosilífera de Villa Urquiza (Paraná, Entre Ríos); tiene una marcada afinidad con el género actual *Astronium Jacq.* (Franco y Brea, 2008) y a nivel específico se asemeja a *Astronium balansae* Engl. "Urunday"; este morfogénero es afín al género actual *Astronium* ya que posee caracteres anatómicos semejantes (Brea *et al.*, 2001).

***Astronium balansae* Engl.**

Sinonimia: *Astronium graveolens* Jacq.

Nombres comunes: urunday, urunday rubio, urunday colorado, urunday crespo o urunday pichaí.

Distribución: provincias del Chaco y Formosa (hasta el meridiano 60° aproximadamente), porción noreste de Santa Fé, noroeste de Corrientes y sur de Misiones. En la zona más húmeda del Parque Chaqueño forma ricas y densas masas de fustar.

Características morfológicas: árbol de gran magnitud y excelente forma, que puede alcanzar un diámetro de 70-80 cm, una altura total de 20-25 m y fuste de 12 m de longitud; recto, erguido y libre de ramas en la mitad inferior. Posee copa estrecha y esbelta, corteza grisácea con surcos estrechos y bien marcados.

Características organolépticas de la madera: albura gris o marrón-blanco amarillenta y duramen castaño-rosáceo a castaño oscuro, sin olor; textura fina a media y homogénea, grano entrelazado, vetado bastante atractivo pero no lo conserva mucho tiempo a la intemperie, pronto todo el leño toma tono oscuro uniforme. Es

muy fuerte y muy pesada (1.100 kg/m³), con acabado brillante y muy dura, resistente a los esfuerzos de flexión y choque.

Usos: Resiste la pudrición bajo tierra o sumergida en el agua. Los postes desde la época de los antiguos Jesuitas son un testimonio a la durabilidad de urunde'y. Se utiliza para carbón y leña. Útil para construcciones civiles, durmientes, marcos de puertas y ventanas (Guimaraes Finger, 1996,1998; Chatellenaz, 2004; Boligon *et al.*, 2005; Insaurralde y Rodríguez, 2009).

Astronium urundeuva (Allemão) Engl.

Sinonimia: *Astronium juglandifolium* Griseb/ *Myracrodruon urundeuva* Allemão/ *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl. var. candollei (Engl.) Mattick/ *Astronium urundeuva* (Allemão) Engl. var. Urundeuva.

Nombres comunes: Vitaca, Aroeira, Urunday, Urundel, Cuchi.

Distribución: Selva Pedemontana (Yungas), en Salta y Jujuy se reconocen 2 variedades: *A. urundeuva* var. urundeuva (folíolos totalmente pubescentes) y *A. urundeuva* var. candollei (Engl.) Mattick, (con pelos en el peciolulo y en el nervio central).

Características morfológicas: árbol de 15-20 m de altura; es uno de los más dominantes de los bosques chaqueños; alcanza hasta 70 cm de diámetro, recto cilíndrico, esbelto, algo acanalado en la base, con aletones pequeños. Corteza rugosa, gris oscura a marrón oscura, agrietada, áspera gruesa y muy dura, con fisuras profundas.

Características organolépticas de la madera: albura rosa-amarillento y duramen rojizo hasta violeta claro; de textura fina y vetado no muy pronunciado; olor distintivo y agradable; brillo medio, grano entrecruzado; muy dura y pesada (1.100- 1.150 Kg/dm³). Resiste mucho tiempo bajo tierra.

Usos: En estado seco y cepillada es una madera muy fina y se presta para objetos torneados, estatuas y diferentes adornos; puentes, pilotes, durmientes, tirantes y postes. Alta calidad de rendimiento como carbón y leña. También contiene un alto porcentaje (17%) de tanino en la corteza. (Muñoz, 2000; Brown *et al.*, 2002; Juárez y Novara, 2007, Tvalchrelidze, 2009).

Astronium fraxinifolium Schott var. *glabrum* Engl.

Nombres comunes: Urunde'y para; Ciruelillo; Culinzis; Glassywood; Jobillo; Jocote de fraile; Quitacalzón; Ron-ron; Uruco; Zorro.

Distribución: desde el Chaco a la Amazonia (este, centro y sur de Brasil, la mayor parte del este de Bolivia, este del Paraguay y extremo noreste de Argentina). En la Ecorregión del chaco seco, el sudeste de Salta, oeste de la Provincia de Chaco, y centro y oeste de Santiago del Estero.

Características morfológicas: árbol de porte medio, menores a 20 m de altura, diámetros de hasta 1m, con fuste recto o irregular, a veces ramificado a baja altura. Copa redondeada, generalmente abierta, ramas irregulares y ascendentes. Corteza gris clara, lenticelada, brillante y a menudo con manchas más claras, producto del desprendimiento de pequeñas placas; exuda una sustancia resinosa, transparente y pegajosa.

Características organolépticas de la madera: albura amarillo pálido a amarillo y duramen castaño rojizo, con vetas negras; lustre mediano a alto, textura fina y grano recto a entrecruzado. Dura y pesada (0.85-1.28 Kg/dm³). Excelente pulimento, alta durabilidad natural y moderadamente fácil de preservar y trabajar. Es muy resistente si no está en contacto con el suelo, pero susceptible al ataque de hongos si se lo deja apeado. Puede presentar dificultades al pegarla.

Usos: construcciones pesadas y efectos decorativos, vigas y columnas, parquets, machimbrado y contraenchapado decorativo, escaleras, objetos torneados, muebles finos, tallados a mano, mango de

herramientas, arcos de flechas, cabos de tacos de billar, durmientes (Cabrera, 1976; Navarro, 1997; Jiménez, 1999; Gutiérrez, 2000; Muñoz, 2000; León, 2003; García *et al.*, 2004; Morello *et al.*, 2009).

Schinopsis Engl.

Schinopsis es un género de árboles nativos de Sudamérica, su nombre común, quebracho, es una contracción de quiebra-hachas, y alude a la extrema dureza de su madera (Medrano, 2008). *Schinopsis*, tiene en Argentina un biocrón más amplio, son citados en estratos del Paleoceno y Eoceno de la Patagonia por Berry (1925 y 1938), Freguelli (1953), Hünicken (1966) y en el Neógeno por Anzótegui (1998) y por Anzótegui y colaboradores (2007), en las Formaciones Palo Pintado, Chiquimil y San José (Valles Calchaquíes), coetáneas de la Formación Andalhuala (Catamarca, Argentina).

Schinopsis balansae Engl./

Sinonimia: *Quebrachia morongii* Britton.

Nombres comunes: Quebracho colorado chaqueño, Quebracho colorado, Urunde'y-pytá, yvyra jy'y, Quebracho variedad tupí, Quebracho variedad jakaré.

Distribución: sector húmedo oriental del Parque Chaqueño abarcando el norte de Santa Fé, este del Chaco y Formosa, sur de Paraguay y noroeste de Corrientes.

Características morfológicas: árbol mediano que alcanza una altura de 10-24 m y con diámetros de 0,40-1 m; fuste cilíndrico, recto; corteza color castaño oscuro, agrietada, exuda una resina cristalina. El crecimiento del Quebracho es lento y tienen una durabilidad de 15-18 años.

Características organolépticas de la madera: albura blanco amarillento a rosado y duramen castaño-rojizo a rojizo oscuro, de alta resistencia a la humedad; acabado brillante, con grano inclinado a entrecruzado, vetado suave y textura fina. Dura, pesada (1.200-1.250 kg/m³) y fuerte, casi imputrescible. El duramen contiene extracto de tanino en un 38% del peso total; el extracto contiene un 65% de tanino puro.

Usos: Para aplicaciones que requieren una larga duración, como construcciones, también para leña y carbón (tiene un alto contenido calórico), para piezas torneadas; se ha confeccionado parquet, pero solo en calidad de prueba, obteniendo un brillo y aspecto muy hermoso.

Es la especie chaqueña más exportada del Chaco; desde Noviembre/ 2007 hasta Octubre/ 2008, 3.820 toneladas principalmente postes y meollos; casi la totalidad de lo producido, por un monto promedio de 130 USD/tonelada. El principal país importador es Uruguay (Muñoz, 2000; Prause, 2000; Tvalchrelidze, 2009; Navarro *et al.*, 2011).

Schinopsis lorentzii (Griseb) Engl. var. ***Marginata***: (*Schinopsis quebracho-colorado*). Cabrera (= *Schinopsis haenkeana* Engl.; = *S. marginata* Engl.).

Sinonimia: *Loxopterygium lorentzii* Griseb./ *Quebrachia lorentzii* Griseb/ *Schinopsis marginata* Engl.

Nombres comunes: Quebracho colorado Santiagueño, Quebracho Santiagueño, Paag, Paaj, Maasif Taining, Maskoy, Horco quebracho.

Distribución: Bosques xerófilos del Chaco seco o Chaco occidental, ocupando partes de las provincias de Chaco, Santiago del Estero, Salta, Jujuy, Formosa y Tucumán, limitando al este con el Chaco húmedo y al oeste con la Yunga, llegando al sudeste de Bolivia, oeste de Paraguay y centro norte de Argentina.

Características morfológicas: árbol mediano no caducifolio, inerme, con una altura de 10-25 m y diámetros de 0,40-1,10 m; fuste negruzco, cilíndrico, corto y tortuoso. Especie de crecimiento lento, el cual necesita un mínimo de 15 años para obtener un poste de 10-12 cm de diámetro.

Características organolépticas de la madera: albura blanco rosado y duramen castaño rojizo que se oscurece al aire; muy pesada (1.170 kg/m³), dura, fuerte y resistente. Sin olor; vetado suave y espigado, de textura fina y homogénea de grano oblicuo a entrelazado, brillo mediano. Virtualmente imputrescible.

Usos: Debido a la dificultad de su trabajo y a la actual escasez se emplea sólo ocasionalmente en construcción; alto rendimiento en taninos, rinde hasta un 24% de extracto por peso de madera, con un 62-70% de tanino puro. Apta para uso en durmientes de ferrocarril, como bases de columnas y postes, montantes para barreras, alcantarillas, guardaganados, cubiertas de muelles, tranqueras, pilotes y postes cortos. En Paraguay se utilizada también para leña y carbón (alto poder calorífico) (Muñoz, 2000; Martínez-Millán y Cevallos-Ferriz, 2005; Marzoni *et al.*, 2005; Juárez de Varela y Novara, 2007; Ferrero y Villalba, 2009).

Schinopsis aff. heterophylla Ragonese & J. Castillo ex DC .

Sinonimia: *Schinopsis quebracho-colorado* (Schltdl.) F.A. Barkley & T. Mey.

Nombres comunes: Quebracho mestizo, Horco Quebracho. Híbrido interespecífico entre *S. balansae* Engl. y *S. lorentzii* (Griseb.) Engl. Este último taxón (que sólo aparece en los bosques donde conviven las especies parentales) es quizás el más emblemático; se ha constatado empíricamente que ciertas especies chaqueñas están en serio peligro; entre las que se destaca ésta.

Distribución: sobre suelos mixtos en la transición entre el Chaco húmedo y el Chaco seco, en las sabanas de espartillares (sobre paleocauces del río Pilcomayo; zona de los salares del Chaco) y en Pastizales de aibe (pastizal nativo de *Elionurus* sp.).

Características morfológicas: es el árbol más común en los bosques xeromórficos del Chaco. Muestra una tolerancia a la salinidad durante la germinación, que puede ayudar a explicar su distribución.

Características organolépticas de la madera: albura blanco-rosado y duramen castaño rojizo; dura, pesada (1.200 kg / m³) y durable a la intemperie.

Usos: apto para tornería, pisos, durmientes de ferrocarril, puentes, pilotes, guardaganados, umbrales, bases de columnas y postes de líneas aéreas. (Muñoz, 2000; Morello *et al.*, 2005-2008; Prado *et al.*, 2007; Oakley *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2011).

Schinopsis haenkeana. Engl.

Nombre común: Quebracho colorado, Soto, Orko quebrado, Tiquira, Quebracho montano, Quebracho cespino, Quebracho serrano.

Distribución: Bosques xerofíticos, xerofíticos interandinos y semiáridos montanos boliviano-tucumanos, desde las sierras de Argentina y Bolivia, llegando hasta Valle Fértil (en San Juan) entre los 700 - 2400 m s.m., lo que constituye el límite austral del género. Especie declarada como Vulnerable según UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Nat) Lista Roja de la UICN.

Características morfológicas: Habita relieves abruptos y rocosos; árbol de 11 a 25 m de altura, con fuste corto, pequeña copa redonda. Corteza rugosa, pardo-oscuro, con placas poligonales regulares cuando jóvenes e irregulares cuando adultas; de madera fuerte y resistente a la intemperie por ser rica en taninos.

Características organolépticas de la madera: fuerte, de gran valor y resistente a la intemperie por ser rica en taninos, color castaño-rojizo a la madurez; madera pesada (1,200 Kg/dm³).

Usos: Se utiliza su tanino para curtiembre; también en construcciones al aire libre y durmientes, forraje, conservación de suelos; por su poder calorífico se lo usa para leña y carbón. En medicina casera, las hojas y corteza fueron citadas como cicatrizantes, antiequimótico, antiasmático, cauterizante y en pediluvios (Kiesling, 2003; Haene y Aparicio, 2004; Cantero y Núñez, 2006; VMABCC-BIOVERSITY, 2009).

***Lithraea* Miers .**

En la localidad conocida como Pie del Médano, en el ascenso al Campo del Arenal (en las cercanías de Santa María, Catamarca); se encuentra la formación Andalhuala asignada al Plioceno Inferior (5.332 millones de años); en estos sedimentos (fósiles) se describen cuatro taxones, en los que se incluyen al género *Lithrea sp.*; al comparar las características de la especie fósil con la especie actual (*Lithrea molleoides* Vell. Engl.), se encuentran variabilidad en los folíolos de dicha especie. Debido a ello la especie fósil permanece con nomenclatura abierta (Anzotegui *et al.*, 2007).

***Lithraea molleoides* (Vell) Engl.**

Sinonimia: *Lithraea aroeirinha* Marchand / *Schinus molleoides* Vell. / *Lithraea gilliesii* Griseb./ *Lithraea ternifolia* (Hook.) F.A.Barkley/ *Schinus molleoides* Vell./ *Schinus ternifolia* Hook.

Nombre común: Aroeira blanca, Chicha, Chicha colorada, Chichita, Molle de beber, Molle blanco, Molle de Córdoba, Molle dulce, Chirimolle, Aruera, Terebinto, Molle negro, Aruera dura.

Distribución: Sur de Brasil, Uruguay, Paraguay, norte y centro de Argentina, de 0 a 2500 m s. m. Crece en el piso superior de Chaco y de las Yungas, en pastizales de praderas montanas, formando bosquetes aislados en laderas por encima de los 1400 m s.m.

Características morfológicas: árbol de 2-8 m altura, de corteza grisácea con lenticelas, tronco tortuoso y áspero. Especie bastante resistente, que llega a tolerar la sequía, gustando de una exposición luminosa o soleada.

Características organolépticas de la madera: madera dura, compacta y semi-pesada (0,683-0,814 Kg/dm³), poder calórico 2.800 aunque poco elástica. Similar a la madera de *Lithraea brasiliensis*.

Usos: Para arados, construcción de ranchos, postes y vallas; es un buen combustible, muy duradero. Rica en sustancias tánicas, muy resistente a la putrefacción. Puede producir por contacto reacciones alérgicas (dermatitis) a personas sensibles. Como medicinal sus hojas y sus frutos son utilizados como diuréticos y estomacales; en forma de extractos alcohólicos, decocción e infusión para el tratamiento de la tos, bronquitis, artritis, enfermedades del sistema digestivo, tales como diuréticos, tranquilizantes, hemostático y tónico; con los mismos se prepara “arope” y por fermentación una bebida alcohólica “aloja de molle” (Giménez y Moglia, 1995; Alé *et al.*, 1997; Muñoz, 2000; Shimizu *et al.*, 2006; Juárez de Varela y Novara, 2007; Piaggio y Delfino, 2009).

***Lithraea brasiliensis* (L.) Marchand.**

Nombre común: Aruera, Aroeira-brava, Aroeira en Brasil, Aroeira preta.

Distribución: Bosque Chaqueño de llanura y el Bosque o Chaco Serrano; Corredor Biogeográfico del Chaco Árido (Córdoba);

Características morfológicas: especie subxerófila, arbusto que alcanza 4 metros de altura; inerme; tronco rugoso, tortuoso. Presenta esclerofilia en sus hojas lo cual si bien limita la fotosíntesis, asegura una reducción en la pérdida de agua de corteza oscura de color marrón rojizo, muy dividida en placas.

Características organolépticas de la madera: Madera dura, pesada a muy pesada (0,98-1,17 Kg/dm³). Alburas blancas rosadas y duramen castaño claro con matiz verdoso, anillos irregularmente demarcados; veteados suaves; textura fina y grano oblicuo.

Usos: Los alérgenos (“urushiois”- químicamente “catecol”: 3-pentadecilcatecol, 3-pentadecinilcatecol, 3-heptadecinilcatecol y 3-hepta-dec-dienilcatecol) fueron identificados por Alé *et al.* (1997) como los principios activos responsables de la toxicidad de *L. brasiliensis* Marchand. También posee buena aptitud melífera. Apto para postes, construcciones rurales, leña y carbón. (Carrere, 1990; Campo *et al.*, 1999; Palazuelos Ballivián, 2008; Piaggio y Delfino, 2009; Rosacher, 2009).

***Schinus* L.**

El género *Schinus* L., con 28 especies sudamericanas, está representado en el territorio argentino por 22 especies, de las cuales ocho han sido citados con propiedades medicinales (Toursarkissian, 1980; Zuloaga y Morrone, 1999; Perrota y Arambarri, 2004; Rondina *et al*, 2003); se encuentran distribuidas en América del Sur y una sola especie se extiende hasta México. Las especies patagónicas de *Schinus* poseen una anatomía de leño comparable con *Resinaxylon schinusoides* especie fósil hallada en la Formación San Julián (Oligoceno), Santa Cruz, Patagonia argentina (Martínez y Pujana, 2010).

***Schinus molle* L.**

Sinonimia: *Guatteria grandiflora* Donn. Sm. / *Schinus angustifolius* Sessé & Moc. / *Schinus areira* L. / *Schinus bituminosus* L. / *Schinus huigan* Molina / *Schinus molle* var. *areira* (L.) DC. / *Schinus molle* var. *argentifolius* Marchand / *Schinus molle* var. *huigan* (Molina) Marchand / *Schinus occidentalis* Sessé & Moc.

Nombres comunes: Árbol del Perú, Pirwi, Tsactumi, Tzactumi, Tzantuni ; Pirú, Pirul, Xasa, Xaza ; Peloncuáhuil; Yaga-cica, Yaga-lache, Aguaribay, Molle, Terebinto, Molle blanco, Molle castilla, Pimentero, Anacahuita.

Distribución: Originario de la región andina de Sudamérica, principalmente Perú, vive a altitudes de hasta 3.650 m. Ampliamente distribuido en México, en Centroamérica y en el sur de California y oeste de Texas, en Estados Unidos. En Argentina, se la encuentra en Corrientes, Entre Ríos, Misiones, Salta y Santa Fe.

Características morfológicas: árbol de hojas perennes, con copa redondeada y elegante. Ramas gráciles y péndulas; 15 a 20 m metros de altura; fuste generalmente es robusto, muy ramificado, con escasos y pequeños pelos que se pierden con la edad.

Características organolépticas de la madera: Madera semi-dura y pesada (0,995 Kg/dm³), es durable y dura, de albura gris-rojiza y duramen amarillo oscuro.

Usos: Se cultiva como árbol de sombra. Los taninos de su corteza son aprovechables en la industria de la curtiembre. Debido al contenido de taninos, los postes o varas de pimiento presentan una durabilidad de alrededor de 50 años. Su resina encuentra parecidas aplicaciones que la “almáciga” y ha sido empleada como masticatorio en el Perú, donde también se elabora con el fruto una bebida fermentada, similar a la “chicha”. La semilla se emplea como “pimienta rosada”. En medicina tradicional a su corteza y resina se le han atribuido propiedades tónicas, antiespasmódicas y cicatrizantes y la resina es usada para aliviar las caries. Al frotarse en la piel genera una sustancia que aleja a los mosquitos. Los extractos acuosos de molle poseen efectos ecotoxicológicos. Los frutos frescos en infusión se toman contra la retención de orina. Las hojas hervidas y los baños con el agua de las hojas en decocción, sirven como analgésico, fungicida, cicatrizante y antiinflamatorio de uso externo; existen ensayos preliminares en ratas que demuestran un efecto antidepresivo, y las hojas secas expuestas al sol se usan como cataplasma para aliviar el reumatismo y la ciática. Presenta una variada aplicación en ebanistería rústica, construcción de exteriores, soportes de frutales, confección de útiles domésticos, parquetes y mangos de herramientas (Dikshit *et al.*, 1986; Barrachina *et al.*, 1997; Muñoz, 2000; Machado *et al.*, 2007; Piaggio y Delfino, 2009; Iannacone y Alvariano, 2010; Bendaoud *et al.*, 2010; Mamone, 2011; SIB, 2011).

***Schinus fasciculatus* (Griseb.) I.M.Johnst.**

Sinonimia: *Duvaua fasciculata* Griseb. / *Duvaua praecox* Griseb. var. *glomerata* Griseb. / *Schinus dependens* f. *arenicola* Hauman / *Schinus polygamus* f. *arenicola* (Hauman) Cabrera.

Nombres comunes: Molle, Molle blanco, Molle morado, Molle pispito, Molle de la sierra, Molle del monte, Moja, Moradillo, Incienso, Trementina, Moradillo, Molle pispito, Molle blanco, Molle de curtir, Molle de incienso, Molle morado, Ayo, luyu-luyu, Molle pispito, Molle de hoja chica.

Distribución: Vive en los arbustales de *Larrea divaricata*, en sierras, barrancas y médanos. Amplia distribución en Bolivia, Paraguay, norte y centro de Argentina hasta Río Negro. En el Valle de Lerma se la encuentra en ambientes desde Chaco Serrano seco hasta la transición con Yungas; correspondería al Distrito Chaqueño Occidental, Oriental y Provincia del Monte.

Características morfológicas: Arbusto o arbolito espinoso, de 1,5 a 6 m de altura, con fuste de hasta 30 cm de diámetro, ramas pilosas a subglabras, espinescentes (de hasta 4 cm de largo), rígidas, tortuosas, castaño claras con lenticelas; es una especie sumamente variable tanto en su porte, como en su altura y en sus hojas, así como en el número de flores en los racimillos; su copa generalmente es irregular. Perennifolia, de follaje verde apagado. Corteza grisácea, pardo grisácea a castaño verdosa, con surcos longitudinales. Las heridas segregan una resina traslúcida de aroma agradable.

Características organolépticas de la madera: madera muy dura (1,005 Kg/dm³) y difícil de romper.

Usos: Su madera se emplea principalmente para construcciones rústicas ya que es dura y resistente a la intemperie; además se la utiliza para fabricar postes, mangos, trabajos de tornería, leña y carbón. Las hojas fueron citadas en medicina como béquico, antirreumático, purgante, antitusivo, vulnerario, purgante y analgésico; la decocción de las hojas se utilizan para lavar heridas; en forma de cataplasmas combate úlceras; en buches actúa como desinfectante de la boca y fortalecedor de las encías y en polvo como secante. Se cree que el mascado de las hojas alivia el dolor de muelas. En aplicaciones externas, la resina que se desprende de los troncos se aplica, en forma de emplastos, para aliviar el dolor de cabeza, la envaradura del cuello y las fracturas. La infusión del follaje y la corteza se utiliza para curtir, de allí su denominación vulgar de “molle de curtir”. Planta melífera, muy visitada por las abejas al momento de su floración. Muy apta para sombra y arbolado de rutas y autopistas. También puede formar setos recortados, muy espesos y de rápido crecimiento (Lombardo, 1969; Ancibor y Pérez de Micou, 1995; Muñoz, 2000; Codina *et al.*, 2003; PIARFON, 2006; Cantero y Núñez, 2006; Juárez de Varela y Novara, 2007; Guerrero Maldonado, 2008; Steibel y Troiani, 2008).

Schinus longifolia (Lindl.) Speg. var. *longifolia*.

Sinonimia: *Duvaua longifolia* Lindl.

Nombres comunes: Citriodora, Huinzán, Iasin, Incienso, Molle, Molle blanco, Molle de curtir, Molle rastrero, Terebinto, Trementina, Long leaf pepper tree, Molle rastrero.

Distribución: Especie del sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y noreste de Argentina. En la Argentina habita desde Formosa hasta Buenos Aires, siendo abundante en la región Rioplatense, Provincia biogeográfica Paranaense, Distrito de las Selvas Mixtas, en la comunidad seral de las selvas marginales (Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Buenos Aires) y en la provincia biogeográfica Chaqueña, distrito chaqueño Oriental (este de Formosa y Chaco, norte de Santa fe y noroeste de Corrientes). Habita además en la provincia biogeográfica del Espinal, Distrito del Ñandubay (Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe) y en el Distrito del Algarrobo (Santa Fe, Córdoba, San Luis).

Características morfológicas: árbol perennifolios de 3-6 m de altura y 0,15-0,25 m. de diámetro, de follaje perenne y ramas espinescentes; tronco tortuoso, copa irregular; corteza castaño grisácea, longitudinalmente agrietada.

Características organolépticas de la madera: Madera semidura y pesada (0,80-0,88 Kg/dm³), bastante compacta, resistente a la flexión y poco durable; albura blanquecina y duramen castaño ocráceo encarnado; anillos demarcados; textura fina y grano oblicuo a entrelazado.

Usos: Si bien su fuste es de escasas dimensiones, ha sido empleada en carpintería para la fabricación de muebles, cajonería, postes, carrocería, tornería y para combustible. La corteza del tronco y las hojas, ricas en taninos, sirven para curtir cueros. Los frutos han sido empleados para elaborar bebidas y vinagres. Medicinal como purgante y antirreumático su resina, para enfermedades del pulmón su corteza. Se cultiva como ornamental (Carrere, 1990; Muñoz 2000; Perrotta y Arambarri, 2004; PIARFON, 2006; Piaggio y Delfino, 2009).

Schinus terebinthifolia Raddi var. *pohliana* Engl. var. *acutifolia* Engl.

Sinonimia: *Schinus chichita* Speg./ *Schinus weinmanniifolia* Engl. var. *dubia* F.A. Barkley

Nombres comunes: Pimienta de Brasil.

Distribución: Son nativos del noroeste de América austral (Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay), crece a la vera de cursos de agua integrando formaciones boscosas de la Provincia Paranaense.

Características morfológicas: desde subarbustos rizomatosos de 0, 20 m a árboles de hasta 13 m de altura, a menudo con multicaule, con ramas arqueadas y su cruce forman las masas enredadas, con la copa densa de color verde oscuro y tronco corto, a veces algo retorcido, con la corteza oscura, al principio lisa, tornándose fisurada, agrietada y escamosa con el paso de los años.

Características organolépticas de la madera: no tiene un importante valor comercial, pero se utiliza generalmente para postes, madera en rollo, estacas, puntales para minas, y pulpa de fibra corta.

Usos: Ha sido ampliamente cultivada como planta ornamental, pero ha demostrado ser muy invasiva. Se encuentra comúnmente en la orillas de ríos y lagos y en formaciones secundarias de bosques húmedos, es tolerante a la sal, capaz de soportar la inundación, el fuego y la sequía y los brotes fácilmente desde el tronco y las raíces. Se utiliza como árbol de alineación y en jardines. Por su escaso porte es adecuado para aceras no muy anchas. Los frutos son muy apreciados como condimento en Europa, donde se utilizan como un sustituto de la pimienta negra. La madera se utiliza también para leña y carbón vegetal. Es una fuente de resinas y de taninos. Produce forraje de buena calidad, especialmente para las cabras, pero debe usarse con cuidado por la toxicidad de algunas de las partes de la planta. Los frutos son comidos por las aves y mamíferos. Los aceites esenciales extraídos de las semillas tienen actividad pesticida contra la mosca y sus propiedades antimicrobianas también han sido investigadas. Tiene aptitud melífera. (Cabrera 1976; Fleig, 1987; Mc Kay *et al.*, 2009; Orwa *et al.*, 2009; Ruas *et al.*, 2011).

CONCLUSIÓN

El Gran Chaco, que representa la región de bosques subtropicales estacionales más extensa de América Latina y, hasta hace pocas décadas, uno de los sistemas mejor conservados del mundo, está hoy sujeto a severos procesos de conversión y degradación, con tasas de deforestación incluso superiores a las registradas en áreas de bosques tropicales.

La extracción de productos del bosque ha sido severamente afectada por la interferencia humana (principalmente el uso de la madera para durmientes, leña y carbón), y esto se ha producido de manera permanente durante la mayor parte del siglo XX, por lo cual han desaparecido alrededor de 1,2 millones de ha de bosques xerófilos estacionales de llanura y de montaña. La actividad forestal es enteramente extractiva, con poco manejo que fomente la regeneración de especies valiosas. La producción de carbón sigue a la tala y deja el suelo desnudo y expuesto a erosión severa y degradación; aunque en los últimos años ha disminuido gradualmente debido al agotamiento de este recurso.

Asombrosamente en esta región nunca hubo manejo de los recursos, por ello es importante revalorizarlos, ya que la extinción de la mayoría de los componentes de la familia Anacardiáceas es alarmante y la supervivencia del género *Schinopsis* sp. se pronostica sólo para sesenta años más.

Organizaciones ambientalistas han solicitado un plan de ordenamiento territorial que prevea la restauración de los bosques arrasados, priorizando no solamente la conservación de ecosistemas naturales, sino también el uso sustentable de los ambientes bajo explotación. Investigaciones actuales informaron que el 85% de la superficie original de un bosque único, como es el “quebrachal” del bosque tres quebrachos (S.O de la Provincia de Chaco), se ha perdido. Hecho que debería llamar a la reflexión y concientizar a la población, de que si no se reformula un manejo sustentable de los recursos, el alerta sobre esta amenaza implícita de su conservación, se convertirá en historia.

LITERATURA CITADA

- Ale, S.; Ferreira, F.; Gonzalo, G.; Epstein, W. 1997. **Allergic contact dermatitis caused by *Lithraea molleoides* and *Lithraea brasiliensis*: identification and characterization of responsible allergens.** American Journal of Contact Dermatitis 8(3): 144 – 149.
- Ancibor, E.; Perez de Micou, C. 1995. **Identification of firewood species in the archaeological record of the Patagonian steppe.** J. Ethnobiol. 15(2):189-200.
- Anzótegui, L. M. 1998. **Hojas de angiospermas de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Salta, Argentina.** Parte I: Anacardiaceae, Lauraceae y Moraceae. Ameghiniana. 35: 25-32.
- Anzotegui, L.; Horn, Y.; Herbst, R. 2007. **Paleoflora (Fabaceae y Anacardiaceae) de la Formación Andaluza (Plioceno Inferior), provincia de Catamarca, Argentina.** Ameghiniana [online], vol.44, n.3 [citado 2011-08-15], pp. 525-535. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142007000300002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1851-8044.
- Araujo-Murakami, A.; Zenteno Ruiz, F. 2006. **Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles.** *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 146-161.
- Asociación Guyra Paraguay, 2010. **Monitoreo ambiental del Chaco Sudamericano.** Informe técnico. Resultados del monitoreo de los cambios de uso de la tierra, incendios e inundaciones. Gran Chaco Americano. Asociación Guyra Paraguay y AVINA. www.guyra.org.py. 12 págs.
- Barrachina, M., Bello, R., Martínez-Cuesta, M., Primo-Yúfera, E., Esplunges, J. 1997. **Analgesic and central depressor effects of the dichloromethanol extract from *Schinus molle* L.** *Phytotherapy Research*, 11: 317–319.
- Bendaoud, H.; Romdhane, M.; Souchard, J.; Cazaux, S.; Bouajila, J. 2010. **Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils.** Journal of Food Science 1; 75(6): 466-72.
- Berry, E.W. 1925. **Miocene flora from Patagonia.** Johns Hopkins University Studies in Geology 6:183-223.
- Berry, E.W. 1928. **Tertiary fossil plants from the Argentine Republic.** Proceedings of the United States National Museum 73: 1-27.
- Biloni, J. S. 1990. **Árboles Autóctonos Argentinos.** Tipografía Editora Argentina. 335 p.
- Boligon, A.; Longhi, S.; Bolson Murari, A.; Hack, C. 2005. **Aspectos fitossociológicos de um fragmento da floresta natural de *Astronium balansae* Engl., no município de Bossoroca, RS.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v35, n.5, p.1075-1082. ISSN 0103-8478.
- Brea, M., Aceñolaza, P.; Zucol, A. 2001. **Estudio paleoecológico en la Formación Paraná, Entre Ríos, Argentina.** Asociación Paleontológica Argentina, Publicación especial 8. 11° Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología (Buenos Aires): 7-17. 113.
- Brown, A.; Grau, A.; Lomáscolo, T.; Gasparri, N. 2002. **Una estrategia de conservación para las selvas subtropicales de Montaña (yungas) de Argentina.** *Ecotropicos* 15(2):147-159.
- Cabrera, A. L. 1976. **Regiones Fitogeográficas Argentinas.** En Kugler, W.F. (director) Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, segunda edición, tomo II, fascículo 1, Buenos Aires, 85 pp.
- Cabrera, A.; Maevia, N.; Geneviere, D.; Humberto, A.; Krapovickas, A.; Pontiroli, A. 1965. **Flora de la Prov. de Buenos Aires.** Colección Científica del INTA. Tomo 4: 130-132.
- Campo, J.; Bacigalupe, A.; Costa, B.; Pistone, G. 1999. **Conservación y restauración del matorral psamófilo / Rocha, UY : PROBIDES,** 20 p. (Documentos de Trabajo; 20).
- Cantero, J.; Núñez, C. 2006. **Anacardiaceae,** en G. Barboza & al. (eds.) *Fl. Medicinal de la Prov. de Córdoba*, 1 vol. 1251 pp. Museo Botánico Córdoba.
- Carrere, R. 1990. **El bosque natural uruguayo: utilización tradicional y usos alternativos.** ANEXO No 1: características y usos de las maderas indígenas. Serie "Investigaciones" N° 79 de CIEDUR.
- Chatellenaz, M. 2004. **Avifauna del bosque de Quebracho colorado y Urunday del noroeste de Corrientes, Argentina.** FACENA, Vol. 20, pp. 3-12.
- Codina, R.; Carrieri, S.; Manzano, E.; Fioretti, S. 2003. **Paisajismo sustentable en zonas áridas especies útiles para parquizaciones xéricas.** *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XXXV. N° 2. 33-44.
- De la Fuente Ferrán, D. 1999. **Flora Dermoagresiva de Canarias.** Tesis optar al grado de Doctor en Farmacia de la UNIVERSIDAD de la LAGUNA. España. 322 págs.
- Dikshit, A, Naqvi, A A, Husain, A. 1986. ***Schinus molle*: a new source of natural fungitoxicant.** *Appl. Environ. Microbiol.* 51: 1085-1088.
- Ding Hou. 1978. **Anacardiaceae.** In *Flora malesiana*, ser 1, vol. 8(3), C. G. G. J. van Steenis (ed.). Sijthoff & Noordhoff, Alphen van der Rijn. p. 395-548.
- Dong, Z. y P. Baas. 1993. **Wood anatomy of trees and shrubs from China.** V. Anacardiaceae. *IAWA Journal* 14: 87-102.
- Fernández Pacella, L.; Garralla, S.; Anzótegui, L. 2011. **Cambios en la vegetación durante el Holoceno en la región Norte del Iberá, Corrientes, Argentina.** *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.* ISSN-0034-7744) Vol. 59 (1): 103-112.

- Ferrero, M.; Villalba, R. 2009. **Potential of *Schinopsis lorentzii* for dendrochronological studies in subtropical dry Chaco forests of South America**. *Trees* 23:1275–1284.
- Fleig, M. 1987. **Anacardiaceae**. *Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul* 18. Boletim Instituto de Biociencias 42:1-72.
- Franco, M. 2009. **Leños fósiles de Anacardiaceae en la Formación Ituzaingó (Plioceno-Pleistoceno)**, Toma Vieja, Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, Vol 46, No 4. Buenos Aires, ISSN 0002-7014.
- Franco, M.; Brea, M. 2008. **Leños fósiles de la Formación Paraná (Mioceno Medio)**, Toma Vieja, Paraná, Entre Ríos, Argentina: registro de bosques estacionales mixtos. *Ameghiniana* [online]. vol.45, n.4 [citado 2011-08-15], pp. 699-717. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-70142008000400006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1851-8044.
- Frenguelli, J. 1953. **La flora fósil de la región del alto río Chafía en Santa Cruz (Patagonia)**. *Notas del Museo de la Plata (Paleontología)* 16: 239-257.
- Fundación Vida Silvestre Argentina, 2005. **Evaluación ecoregional del Gran Chaco Americano** - 1a ed. - Buenos Aires: The Nature Conservancy. Fundación DeSdel Chaco: Wildlife Conservation Society-Bolivia, 2005. 24 p. ISBN 950-9427-12-8.
- García, E.; Rodríguez, L.; Bartrina, L.; Velazquez, M., Fernández, F. 2004. **Reserva Natural Privada Tapyta (Propiedad de la Fundación Moisés Bertoni)**. 55 pags.
- Giménez, A. 2000. **Gradiente radial de los elementos anatómicos del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer, Anacardiaceae**. *BOSQUE* 21(2) 37-45.
- Giménez, A; Moglia, G. 1995. **Estructura cortical de Anacardiaceas Argentinas**. *Invest. Agr.; Sist. Recur. For.* Vol. 4(2).
- Guerrero Maldonado, N. 2008. **Uso y valoración de plantas medicinales y tintóreas presentes en Santiago del Estero, Argentina**. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de Ingenieros de Montes. Proyecto de fin de carrera.
- Guimaraes Finger, C; Berger, R; Eleoterio, J; Schneider, P. 1996. **Crecimiento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de são sepé, RS**. *Ciência Florestal*, v.6, n.1, p.101-108. ISSN 0103-9954.
- Guimaraes Finger, C; Berger, R; Eleoterio, J; Schneider, P. 1998. **Crecimiento em altura do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento**. *Ciencia rural*, Santa Maria. 28 (2): 245-250. ISSN 0101-8478.
- Gutiérrez, M. 2000. **Catálogo de árboles semilleros del Pacífico Seco, seleccionados por el Programa de Restauración y Silvicultura**. MINAE, Sistema de Áreas de Conservación, Guanacaste, Costa Rica. pp. 7.
- Haene, E.; Aparicio, G. 2004. **Cien arboles argentinos**. 1° ed.; 1° reimp. Buenos Aires. Ed: Albatros. ISBN 950-24-0943-4.
- Hünicken, M. 1966. **Flora terciaria de los estratos de Río Turbio, Santa Cruz (Niveles plantíferos del Arroyo Santa Flavia)**. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, Serie Ciencias Naturales* 56:139-262.
- Iannacone, J.; Alvaríño, L. 2010. **Toxicidad de *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) a cuatro controladores Biológicos de plagas agrícolas en el Perú**. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 26(3): 603-615.
- Iglesias Zamora, M. 2003. **Dermatosis laborales**. "Protocolos de Vigilancia Sanitaria", Ministerio de Sanidad y Consumo y fruto del trabajo. Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. España. 116 pags.
- Insaurrealde, I. y Rodríguez, M.E. 2009. **Diversidad florística del Jardín Botánico Alberto Roth de la ciudad de Posadas, Misiones**. *Red Argentina de Jardines Botánicos, Contribuciones* 1: 2-21.
- Jiménez, M. 1999. **Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica**. INBio, San José, Costa Rica. 186p.
- Juárez de Varela, F.; Novara, L. 2007. **Anacardiaceae Lindl.** Aportes botánicos de Salta - Ser. Flora Herbario mcns Facultad de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Salta. Salta - República Argentina. ISSN 0327 – 506X .Vol. 8, N° 6.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens y M. J. Donoghue. 2002. **Plant systematics, a phylogenetic approach, 2nd ed.** Sinauer, Sunderland, Massachusetts. 576 p.
- Kiesling, R. 2003. **Flora de San Juan**. República Argentina. Volumen II. Estudio Sigma.
- Leon H., Williams J. 2003. **Anatomic Study of the Secondary Xylem of the Anacardiaceae family in Venezuela**. *Acta Bot. Venez.*, vol.26, no.1, p.1-30. ISSN 0084-5906.
- Leonardis, R. F. et al. 2000. **Libro del árbol**. Especies exóticas de uso ornamental. Ed. El Ateneo 3: 1-126.
- Lombardo, A. 1969. **Árboles y Arbustos: Contribución al mejor conocimiento de las plantas indígenas**. Ed: Auanati, Benedetto, De Marsillo. Editorial "Nuestra Tierra". 79 pags.
- Machado D., Kaster M., Binfare R., Dias M., Santos A., Pizzolatti M., Brighente I., Rodrigues, A. 2007. **Antidepressant-like effect of the extract from leaves of *Schinus molle* L. in mice: Evidence for the involvement of the monoaminergic system**. *Progress in euro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 31 (2), pp. 421-428.
- Maldonado, P. 2005. **Atlas del Chaco Americano, Proyecto: Educación y Capacitación para el Desarrollo Sostenible del Gran Chaco Americano**, GTZ Argentina.

- Mamone, L.; Di Venosa, G.; Valla, J.; Rodríguez, L.; Gándara, L.; Batlle, A.; Heinrich, M.; Juarranz, A.; Sanz-Rodríguez, F.; Casas, A. 2011. **Cytotoxic effects of argentinean plant extracts on tumour and normal cell lines.** Cellular and Molecular Biology 57, 1487-1499 ISSN: 01455680.
- Marino, G.; Pensiero, J. 2006. **Catálogo de árboles y arbustos de la provincia de Santa Fe.** Com. Museo Provincial Ciencias Naturales. Santa Fe (Argentina). Vol. 12 -N° 1. 28 Págs. ISSN 0325-3856.
- Martínez, L. ; Pujana, R. 2010. **Sobre la presencia de *Resinaxylon schinusoides* Pujana en la Formación San Julián (Oligoceno), Santa Cruz, Patagonia Argentina.** Ameghiniana (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.) - 47 (4): 535-539. Buenos Aires, ISSN 0002-7014.
- Martínez-Millán, M.; Cevallos-Ferriz, S. 2005. **Arquitectura foliar de Anacardiaceae.** Revista Mexicana de Biodiversidad 76 (2): 137-190.ISSN 1870-3453.
- Marzoni, M.; Castillo, A.; Romboli, I. 2005. **Dietary inclusion of Quebracho (*Schinopsis lorentzii*) tannins on productive performances of growing pheasant females.** Ital.J.Anim.Sci. VOL. 4 (SUPPL. 2), 507-509.
- Mc Kay, F.; Oleiro, M.; Walsh, G.; Gandolfo, D.; Cuda, J.; Wheeler, G. 2009. **Natural Enemies of Brazilian Peppertree (Sapindales: Anacardiaceae) from Argentina: Their Possible Use for Biological Control in the USA.** Florida Entomologist, 92(2):292-303. DOI: 10.1653/024.092.0213 URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1653/024.092.0213>.
- Medrano, M. 2008. **El problema de la simplificación de América.** Xilema. Año 25 - N°20.
- Morello, J.; Pengue, W.; Rodríguez, A. 2005. **Un siglo de cambios del diseño del paisaje: El Chaco Argentino.** Primeras Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes (I, 2005, Bs.As.) Argentina GEPAMA FADU UBA / IALE. Bs.As.31 pags.
- Morello, J.; Rodríguez, A.; Silva, M. 2009. **El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro.** Clasificación de Ambientes en Áreas Protegidas de las Ecorregiones del Chaco Húmedo y Chaco Seco. 432 p. ISBN 978-987-9260-74-6.
- Muñoz, J. D. 2000. **Anacardiaceae,** pp. 1-28 In A. T. Hunziker [ed.], Flora Fanerogámica Argentina 65. Conicet, Córdoba, Argentina.
- Navarro, G. 1997. **Contribución a la clasificación ecológica y florística de los Bosques de Bolivia.** Rev. Bol. de Ecol. 2: 3-37.
- Navarro, G.; Ferreira, W. 2004. **Zonas de vegetación potencial de Bolivia: una base para el análisis de vacíos de conservación.** Rev. Bol. Ecol. 15. 40 págs.
- Navarro, G.; Molina, J.; Vega, S. 2011. **Soil factors determining the change in forests between dry and wet Chacos.** Flora 206. 136–143.
- Oakley, L.; Bianchi, M.; Festa, P.;Prado, D. 2008. **Avances en el estudio de algunas especies de la flora de la Región Chaqueña Argentina con especial énfasis en la problemática de su conservación.** -III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad- Ciudad de Buenos Aires. pág. 279.
- Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadass, R.; Simons, A. 2009. ***Schinus terebinthifolius*. Agroforestry Database:a tree reference and selection guide version 4.0** (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>).
- Palazuelos Ballivián, J. 2008. **Abelhas Nativas sem Ferrão - Mÿ g Pê / – São Leopoldo: Oikos,** 128 p.ISBN 978-85-7843-056-6.
- Perrotta, V., Arambarri, A. 2004. ***Schinus longifolia* var. *longifolia* (Anacardiaceae): Anatomía Foliar y Caulinar.** Acta Farm. Bonaerense 23 (2): 142-7.
- Piaggio, M.; Delfino, L. 2009. **Florística y fitosociología de un bosque fluvial en Minas de Corrales, Rivera, Uruguay.** IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 64, n. 1, p. 45-51.
- PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos), 2006. **Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal.** Argentina Banco Mundial - N° 4085-AR. 45 págs.
- Prado, D.E.; Maturo, H.M.; Oakley, L.J.; Galetti, L.A. 2007. **El problema de la conservación en la Región Chaqueña Argentina: especies o ecosistemas?.** The problem of conservation in the Argentinean Chaco region: species vs. ecosystems. XXXI Jornadas Argentinas de Botánica - Plantas Vasculares y Briófitas. Págs. 7-8.
- Prause J.; Marinich, J. 2000. **Evaluación de la actividad radical en *Schinopsis balansae* Engl. empleando ³²P.** Agricultura Técnica (Chile), Vol. 60, No. 4, pp. 423-429.
- Rondina, R.; Bandoni, A.; Coussio, J. 2003. **Plantas Silvestres Argentinas con Reconocidas Propiedades Medicinales o Toxicas.** OEA-CYTED: Buenos Aires, CD-ROM.
- Rosacher, C. 2009. **Sistema provincial de áreas naturales protegidas de Córdoba.** Coordinación Técnica de Áreas Naturales- Agencia Córdoba Ambiente S.E. 16 págs.
- Ruas, E.; Ruas, C.; Medri, P.; Medri, C.; Medri, M.; Bianchini, E.; Pimenta, J.; Rodrigues, L.; Ruas, P. 2011. **Anatomy and genetic diversity of two populations of *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) from the Tibagi River basin in Paraná, Brazil.** Genetics and Molecular Research 10 (1): 526-536.