

# LACANDONIA

Revista de Ciencias de la UNICACH

Revista de Ciencias de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas,  
año 3, vol. 3, núm. 2, diciembre de 2009, \$70.00 m.n.

---



# LACANDONIA

Revista de Ciencias de la UNICACH



Año 3, vol. 3, núm. 2, diciembre de 2009



*Fotografía de portada:* vista aérea del volcán El Chichón, Chiapas. **Fotografía:** Ingeniero Alfredo Chan Chim



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS  
Y ARTES DE CHIAPAS

## Directorio

### Rector

Ing. Roberto Domínguez Castellanos

### Secretario General

Mtro. José Francisco Nigenda Pérez

### Abogado General

Lic. Adrián Velázquez Megchún

### Director Académico

Dr. Amín Andrés Miceli Ruiz

### Director de Investigación y Posgrado

CMF. Juan José Ortega Alejandre

### Editor responsable

Dr. Carlos Rommel Beutelspacher Baigts

### Comité Editorial

Biología: Dr. Miguel Ángel Pérez Farrera

Historia: M. en C. Esaú Márquez Espinosa

Ingeniería ambiental: M. en C. Carlos Narcía López

Ingeniería topográfica: M. en C. José Armando Velasco Herrera

Nutrición: M. en C. Adriana Caballero Roque

Odontología: Dr. Paulo César Ramos Núñez

Psicología: Dra. Flor Marina Bermúdez Urbina

### Colaboradores

María Begoña Garín Gómez, José Luis Cañas Martínez, Adriana Caballero Roque, Ana Laura Pérez Morales, Irma Clarisa Muñoz Arana, Patricia I. Meza Gordillo, Karina Galdámez Gutiérrez, Marisol Gamboa Coronel, Rosa Márquez Montes, Mario Noel Ballinas Gómez, Erika J. López Zúñiga, Gilber Vela Gutiérrez,

José Francisco Hernández Morales, Carlos R. Beutelspacher Baigts, Iván de la Cruz Chacón, Alma Rosa González Esquina, José Humberto Castañón González, Patricia Abraján Hernández, Rodolfo Palacios-Silva, Itzel de los Santos Reyes, José Armando Velasco Herrera, Alda Facio Montejo, Yolanda Martínez Martínez

### Jefa del departamento de divulgación y difusión:

María de los Ángeles Vázquez Amancha

**Jefe de oficina editorial:** Noé Zenteno Ocampo

**Diseño y formato:** Darío Alejandro Rincón Ramos

**Corrección:** Luciano Villarreal Rodas

**Fotografía de portada:** Carlos Rommel Beutelspacher Baigts

**Diseño de portada:** Darío Alejandro Rincón Ramos

**Lacandonia** es una publicación semestral de investigación científica de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 1ª Av. Sur Poniente 1460, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tels: 01 (961) 617 0400, Ext. 4040, 4047.

Fax: 01 (961) 602 5084.

Año 3, vol. 3, núm. 2.

Certificado de reserva de derechos al uso exclusivo de *Lacandonia* expedido por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: En trámite  
correo electrónico: editorial@unicach.edu.mx

Volumen correspondiente al periodo julio-diciembre de 2009.

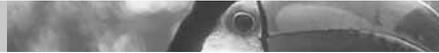
El contenido de los textos es responsabilidad de los autores.

Costo \$ 70.00 m.n.

Se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2009, con un tiraje de 1000 ejemplares, en los talleres de Desarrollo Gráfico Editorial, S.A. de C.V. de México, D.F. Teléfono: (55) 5-605-81-75.

# ISSN: en tramite

# Contenido



## Artículos científicos

Entrenamiento de la memoria en adultos mayores en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México  
María Begoña Garín Gómez  
José Luis Cañas Martínez

5



Bebida nutritiva para niños con base en la soya (*Glycine max*)  
Adriana Caballero Roque  
Ana Laura Pérez Morales  
Irma Clarisa Muñoz Arana  
Patricia I. Meza Gordillo

15



Elaboración y evaluación sensorial de galletas enriquecidas con harina de lactosuero  
Karina Galdámez Gutiérrez  
Marisol Gamboa Coronel  
Rosa Márquez Montes  
Mario Noel Ballinas Gómez  
Erika J. López Zúñiga  
Gilber Vela Gutiérrez

23



Impacto antrópico sobre suelos incipientes en el volcán El Chichón (Chiapas, México)  
José Francisco Hernández Morales

29

Semillas utilizadas para elaborar artesanías lacandonas en Chiapas, México  
Carlos R. Beutelspacher Baigts

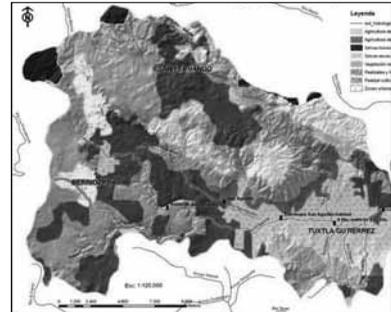
45



## Artículos técnicos

Biotechnología aplicada a la producción de metabolitos secundarios  
Iván de la Cruz Chacón  
Alma Rosa González Esquinca

59



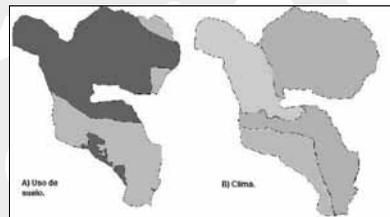
Análisis de la calidad del agua superficial del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

José Humberto Castañón González  
Patricia Abraján Hernández

67

Determinación del peligro a incendios en el Parque Nacional Cañón del Sumidero con base en el uso de los sistemas de información geográfica  
Rodolfo Palacios-Silva  
Itzel de los Santos Reyes  
José Armando Velasco Herrera

79



## Ensayos

Cuando el género suena, cambios lleva (una metodología para el análisis de género del fenómeno legal)  
Alda Facio Montejo  
Yolanda Martínez Martínez

87

Para cerrar el 2009, la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, publica el número 02 del volumen 03 de *Lacandonia*, en el cual se incluyen los siguientes artículos científicos: “Entrenamiento de la memoria en adultos mayores en Tuxtla”, el cual puede ser de gran interés, dado que cada vez el porcentaje de personas mayores en nuestro país, se irá incrementando; por otro lado, se publica un artículo sobre una “Bebida nutritiva para niños a base de soya (*Glycine max*)”, que bien puede enriquecer la dieta de muchos niños, al igual que el de la “Elaboración y evaluación sensorial de galletas enriquecidas con harina de lactosuero”. Publicamos un interesante trabajo acerca del “Impacto antrópico sobre suelos incipientes en el volcán Chichón, Chiapas, México” y finalmente otro acerca de las “Semillas utilizadas en artesanías lacandonas en Chiapas, México”. En cuanto a artículos técnicos, están los siguientes: “Biotecnología aplicada a la producción de metabolitos secundarios”, “Análisis de la calidad del agua superficial del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México” y “El uso de los Sistemas de Información Geográfica en la determinación del peligro a incendios en el Parque Nacional Cañón del Sumidero”. Finalmente, se incluye la reseña de un libro: “Alda Facio Montejo: Cuando el género suena, cambios lleva (una metodología para el análisis de género del fenómeno legal)”.

Siempre lo hemos dicho en distintos foros, pero no está de más hacerlo aquí, que en Chiapas hace falta hacer muchas

cosas, pero quizá, entre las principales, hay tres a las que se debiera atender por sobre todas las demás: educación, educación y educación. Educación en todos los temas formativos e informativos, pero especialmente en cuanto a crear una conciencia ecológica que implique –por un lado- la conservación de la naturaleza y, por otro, la integración del ser humano con la misma.

Actualmente, estamos comenzando –en todo el planeta- a sufrir las consecuencias del saqueo desmedido de los recursos naturales, la contaminación del agua, tanto en ríos lagos, como los mares en su conjunto, aparte de la destrucción casi sistemática de los ecosistemas... aunado al calentamiento global, lo que está ocasionando un desfase de la temporada de lluvias, acompañado de sequías extremas o de lluvias torrenciales y en gran medida se debe a la falta de conciencia del daño que el ser humano ocasiona a nuestra Tierra principalmente por ignorancia.

**Carlos R. Beutelspacher Baigts (Editor)**



# Entrenamiento de la memoria en adultos mayores en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

María Begoña Garín Gómez<sup>1</sup>  
José Luis Cañas Martínez<sup>2</sup>

## RESUMEN

El presente trabajo, trata de la aplicación de un programa de entrenamiento de la memoria en adultos mayores creado *ex professo* para la población urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, quienes expresaron tener fallas de memoria. La muestra, estuvo integrada por dos grupos: uno experimental de 40 sujetos entre 60 y 87 años (4 hombres y 36 mujeres) el grupo control sin tratamiento estuvo integrado por 40 sujetos de 60 años en adelante con las mismas características del grupo experimental (10 hombres y 30 mujeres); Se les solicitó su participación y aceptaron a formar parte de esta investigación, voluntariamente y sin pago alguno.

Los objetivos de la investigación fueron determinar si existieron síntomas de ansiedad, depresión, deterioro cognitivo y habilidades sociales. Los resultados indican efectos positivos significativos en todas las áreas evaluadas en el grupo experimental, después de la aplicación del programa; no así en el grupo control en el que no se apreciaron variaciones significativas.

**Palabras clave:** adultos mayores, depresión, ansiedad, deterioro cognitivo.

## ABSTRACT

The present work, specifically deals with the application of a program of memory training in Greater Adults crea-

ted for urban population of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; which expressed to have memory failures. The sample, was integrated by: two groups, one experimental one of 40 subjects between 60 and 87 years; of which they were 4 men and 36 women; the group control, without treatment was integrated by 40 subjects also of 60 years in ahead with the same characteristics of the experimental group, in this case they were 10 men and 30 women. Therefore, its participation was asked for to them and voluntarily accepted and without payment some to comprise of this investigation. The objectives of the investigation, were, to determine if anxiety symptoms existed, depression, cognitive deterioration and social abilities; The results indicate, significant positive effects in all the areas evaluated in the experimental group, after the application of the program; not thus in the group control in which significant variations were not appraised.

**Key words:** Greater adults, Depression, Anxiety, Cognitive Deterioration.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación pretende probar los efectos de un programa de entrenamiento de memoria en *adultos mayores*, creado *ex professo* para la población a la que fue aplicado. Dicho programa no se circunscribe al entrenamiento de memoria únicamente, sino a potencializar elementos tales como las habilidades sociales, las cuales incidirían de manera positiva al final en aspectos emocionales que muchas

<sup>1</sup> begogarin@hotmail.com

<sup>2</sup> caas87@yahoo.com

Escuela de Psicología.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

veces son motivo de aislamiento y deterioro en la población anciana.

En lo referente al ser humano, existe una situación peculiar y es que la esperanza de vida ha aumentado y cada vez más ancianos sobrepasan las barreras cronológicas consideradas como el inicio de la tercera edad; esto y la disminución de las tasas de natalidad, está ocasionando un envejecimiento poblacional, que se está convirtiendo en un reto importante para las sociedades modernas, pues tendrán que actualizar sus programas preventivos y de intervención, para evitar que las secuelas de los procesos degenerativos propios de la edad, se conviertan en un problema de salud pública. En algunos casos se ha mencionado que el aumento de la población mayor puede ser una epidemia moderna, pues la vejez, de ninguna manera, es una enfermedad y los adultos mayores no son una plaga.

En México, la esperanza de vida se ha incrementado en los últimos años, concretamente, en el año 2001 había 7 millones 90 mil 873 adultos mayores; según el Segundo Censo de Población y Vivienda del INEGI 2005, actualmente son 8 millones 263 mil 388 de los cuales poco más del 50% superan los 60 años. Las proyecciones demográficas indican que para el año 2015, habrá quince millones de personas mayores de 60 años y para el 2050, sumarán cuarenta y dos millones.

En el estado de Chiapas en el año 2000, había 211 mil 566 ancianos y según la Segunda Encuesta de Población y Vivienda del 2005 del INEGI, ahora tenemos 278 mil 350 adultos mayores en el estado; este rápido crecimiento, junto con la falta de presupuesto, planeación, capacitación, etc., deviene en una deficiente atención en los programas sociales orientados a la atención de esta población.

Debemos partir de la base de entender lo que significa el concepto de envejecimiento activo que es: “El proceso por el cual se optimizan las oportunidades de bienestar físico, social y mental durante toda la vida con el objeto de ampliar la esperanza de vida

saludable, la productividad y la calidad de vida en la vejez” (Edwards, 2002, p.5) de modo que un concepto de envejecimiento normal dice, que “ Es aquel que se produce sin que existan patologías mentales o biológicas” (Ballesteros, 2005, p.25). En contraposición al envejecimiento patológico es aquel que “Viene marcado por patologías médicas y distintos síndromes de enfermedades mentales. La demencia de Alzheimer es un ejemplo de envejecimiento patológico” (Ballesteros *et al.*, 2002, p.390).

Uno de los primeros factores que nos indican que se está presentando una patología del envejecimiento es la pérdida gradual de la memoria, ya sea referida por el propio sujeto y/o por los que lo acompañan; es el síntoma más temprano que se presenta en un *déficit cognitivo*. Existen diversos tipos de memoria y no son afectados de la misma forma ni al mismo tiempo en un proceso degenerativo.

Los científicos que investigan el envejecimiento cognitivo, han propuesto fundamentalmente cuatro posibles causas que explican las diferencias que se producen en el procesamiento cognitivo con la edad. Hay un déficit en la velocidad de procesamiento de la información, el funcionamiento de la memoria de trabajo, el funcionamiento sensorial y la función inhibitoria (Soledad Ballesteros *et al.*, 2002, p. 392). Con el aumento de la edad, se produce una disminución en la velocidad de procesamiento, la amplitud de la memoria de trabajo se reduce, hay una pérdida de la agudeza sensorial y las personas mayores tienen dificultad para centrar la atención en la información relevante sin distraerse con estímulos irrelevantes que puedan estar presentes al realizar una tarea (Hasher y Zacks, 1988, en Ballesteros *et al.*, 2005).

## LA MEMORIA

La memoria es el proceso mediante el cual nuestro cerebro almacena información sobre el mundo que nos permite saber quiénes somos, no es un proceso aislado e independiente, sino la resultante de varias

funciones cognitivas como la atención, la percepción e imaginación y otras (Puente, 1989, en Montejo, *et al.*, 2001).

Las distintas memorias, evidentemente tienen lugar en el cerebro, por lo tanto se reciben y almacenan en lugares distintos:

La memoria de trabajo. Es el proceso que realiza la memoria de trabajo, ocurre con toda probabilidad en la zona frontal del cerebro. El proceso de almacenamiento de nuevos recuerdos (aprendizaje), tiene lugar en el sistema temporal medio diencefálico; la información visual es procesada en la parte posterior del cerebro (lóbulo occipital). La información auditiva, es procesada en los lóbulos temporales. La información espacial, se procesa en el lóbulo parietal y se dice que existen también áreas que participan en el procesamiento de la memoria emocional, el lenguaje y las costumbres (Iddon y Williams, 2004).

En la actualidad, sabemos por ejemplo que dentro de la memoria a corto plazo existe una más activa denominada memoria de trabajo que está formada por tres componentes como son: ejecutivo central (atención), bucle fonológico (almacén de tipo verbal) y agenda visoespacial (almacén de tipo espacial) (Baddeley, 1990).

Dentro de la memoria a largo plazo, donde se registra la información de manera permanente, también existe una subdivisión:

Memoria declarativa (cuyos contenidos pueden ser traídos a la mente voluntariamente), no declarativa (memoria de procedimientos de naturaleza inconsciente). La primera se divide a su vez en memoria episódica (que se refiere a hechos y situaciones pasadas ocurridos a la persona y organizados en espacio y tiempo) y memoria semántica (se refiere a los conocimientos del lenguaje y de aprendizajes realizados) (Squire, 1987).

Además de la memoria declarativa, hoy se sabe de la memoria no declarativa, que comprende cono-

cimientos no conscientes y que por tanto, no pueden llevarse voluntariamente a la conciencia; es una memoria de procedimientos o habilidades para hacer actividades, hasta cierto punto, es automática y dentro de ella se encuentran destrezas motoras o cognitivas, el *priming* (o facilitación perceptiva), es la expresión de la memoria implícita (involuntaria e inconsciente) y el condicionamiento clásico (que es muy importante en la intervención en las demencias).

Otro elemento importante a considerar es la percepción subjetiva del problema de memoria por parte de los adultos mayores, ya que es la queja principal en esta población; un amplio estudio realizado por Cutler en 1998 (Montejo, *et al.*, 2001) no obstante se ha demostrado que la evaluación subjetiva (quejas expresadas) no siempre coincide con los rendimientos objetivos porque hay otras variables implicadas como la edad, sexo, nivel académico, estado de ánimo, percepción de la salud en general, etc. (Montenegro, 1998b; Montejo, *et al.*, 2001). En el deterioro de la memoria, intervienen múltiples factores entre los que se encuentran la ansiedad, la depresión y el proceso de envejecimiento, entre otros.

#### LA ANSIEDAD

Las característica principal de la *ansiedad* es una preocupación constante que se concentra en una amplia gama de acontecimientos y situaciones; el individuo tiene problemas para controlar este estado de constante preocupación. Este cuadro se acompaña de otros síntomas como son: inquietud, fatiga precoz, dificultades para concentrarse, irritabilidad, tensión muscular y trastornos del sueño, entre otros.

Es de vital importancia el manejo de la *ansiedad* en el adulto mayor, ya que la mayoría de los acontecimientos importantes que ocurren en esta etapa de la vida producen ansiedad por el significado psicológico que tiene, por ejemplo, la pérdida de seres queridos, las enfermedades crónicas, jubilaciones, cambios de

domicilio, sobre todo si es para perder su independencia, los problemas familiares, etc. Todas las pérdidas producen duelos que se deben elaborar en cualquier etapa de la vida, pero es particularmente difícil en la tercera edad, cuando todos los eventos traumáticos remiten al anciano a su propio fin; lógicamente se volverán en fuente de *ansiedad*. Además de los problemas antes mencionados existen otros factores generadores de ansiedad, de tipo social como ser mujer, estar separado, haber enviudado, tener ingresos económicos bajos (Navia, Bas., en Montorio e Izal, 2000).

Tomando en cuenta la sintomatología y la prevalencia de los trastornos ansiosos en la población añosa, es de sorprender la poca bibliografía al respecto y el número reducido de estudios epidemiológicos con los que se cuenta en la actualidad; el DSM-IV TR sólo hace una pequeña referencia en una nota de los síntomas físicos que se pueden presentar en los ancianos aunque los pocos estudios epidemiológicos al respecto señalan que entre el 10 y el 20% de las personas mayores experimentan síntomas clínicamente significativos de ansiedad (Sheikh, 1996, en Montorio e Izal, 2000).

Sin embargo, existen estudios que ubican bajos porcentajes de *ansiedad* en la población de adultos mayores, esto pudiera deberse a que en algunos casos no se conforma el cuadro clínico completo y las manifestaciones ansiosas se toman como signos y síntomas generalmente de un cuadro *ansioso-depresivo* y no como un trastorno de *ansiedad* propiamente.

Entre los estudios que ubican un bajo porcentaje de adultos mayores con ansiedad está el ECA (*Epidemiological Encatchment Area*) que incluyó sujetos jóvenes y adultos mayores, en donde la tasa más baja de ansiedad se encuentra en el grupo de más de 65 años (Regier *et al.*, 1988, en Montorio e Izal, 2000). No obstante, uno de los estudios más interesantes es el realizado por Wisocki *et al.* (1993) en el que se evaluaron 300 personas mayores, de las que un 19% mostraban un grado de preocupación crónica, basándose en el criterio de permanencia y en el que

ellos mismos lo etiquetaran así. Entre los principales resultados se observó una relación directa entre *ansiedad* y *depresión*, la percepción de una preocupación constante difícil de controlar –característica principal de la ansiedad generalizada– y la exacerbación de las preocupaciones al llegar a la edad avanzada. Entre los contenidos las preocupaciones estaban la salud, la familia y la economía, principalmente. La vulnerabilidad produce inseguridad y ésta ansiedad, y si hay personas vulnerables además de los niños, ellas son los ancianos; por tanto, enmascarada o evidente la ansiedad es un trastorno frecuente y con base real que se presenta en la última etapa de la vida.

### LA DEPRESIÓN

Es probable que la *depresión* sea el ejemplo más común de la presentación inespecífica y atípica de una enfermedad en el anciano. Los signos y síntomas, tal vez se deban al resultado de diversas enfermedades físicas, algún trastorno de otra etiología, aun de un episodio depresivo mayor o una distimia; por tanto, no es raro que las depresiones tratables sean omitidas en ancianos con enfermedades físicas. Los signos y síntomas de la depresión son usuales en la población geriátrica (NIH Consensus Conference, 1991; Robert L. Kane *et al.*, 2000), la prevalencia de la depresión subsindrómica se aproxima al 25% en asilos u hospitales (Lebowitz *et al.*, 1997).

Son muchos los síntomas que suelen sugerir depresión en el anciano, estos son causados por diversos factores como son:

Biológicos. Antecedentes familiares (predisposición genética), episodios depresivos previos, cambios en los neurotransmisores por el envejecimiento, etcétera.

Físicos. Enfermedades específicas, trastornos mentales crónicos (sobre todo con dolor o pérdida funcional), exposición a fármacos, privación sensorial y pérdida de la función física.

Psicológicos. Conflictos no resueltos (ira, culpa), pérdida de memoria, demencia y trastornos de la personalidad.

Sociales. Pérdida de familiares y amigos (duelos), aislamiento, pérdida de empleo, jubilación y pérdida de ingresos.

La *depresión* es un trastorno del estado de ánimo en el cual se presentan, además de la falta de concentración y deterioro de la memoria, sentimientos de vacío y de infravaloración, insomnio o hipersomnia, apatía, falta de apetito o aumento de él. Curiosamente las ideas de muerte propias del cuadro diagnóstico, no son evidentes en el anciano. Sin embargo, se presentan regularmente quejas somáticas, producidas tal vez porque muchos de los ancianos de la generación actual fueron educados en un contexto que inhibía la expresión de las emociones y los estados de melancolía sin llegar fácilmente al llanto ya que son socialmente rechazados en comparación de los síntomas físicos; de manera que, dichos síntomas depresivos pueden pasar desapercibidos en ocasiones hasta por el médico. Aunque algunos de estos rasgos se consideran distintivos de la vejez, no podemos considerar a la depresión como normal a ninguna edad. Entre las quejas somáticas más frecuentes, se encuentran:

Fatiga, debilidad, anorexia, ansiedad, insomnio, “dolor en todas partes”, dolor precordial, falta de aire, palpitaciones, mareo, dolor abdominal, estreñimiento, incontinencia, cefalea, trastorno de memoria, lo que se conoce también como pseudodemencia, mareo y parestesias.

### **DETERIORO COGNITIVO**

Numerosas investigaciones han comprobado el *declive cognitivo* por la edad, especialmente en la memoria (Crook, 1989; Montejo *et al.*, 2001). En 1986, el Instituto de Salud Mental de Estados Unidos creó un grupo de trabajo para definir el cuadro de deterioro cognitivo y uniformar los criterios de investigación. Este grupo propuso el nombre de “pérdida de memoria asociada a la edad” (Age Associated Memory Impairment) (Crook, 1986; Montejo, *et al.*, 2001).

En el DSM IV (1995, p. 826), encontramos la pérdida de memoria a la que se hace referencia como “Deterioro cognitivo relacionado con la edad” y que comprende en su cuadro clínico “problemas para recordar nombres o citas, dificultades para solucionar problemas complejos, valorados según los criterios objetivos y que puede ser objeto de atención clínica”.

En la clasificación internacional de enfermedades mentales de la OMS (CIE-10) se le conoce a este cuadro clínico con el nombre de “Trastorno cognoscitivo leve” refiriéndose al deterioro de la memoria y dificultades de aprendizaje, atención, concentración y lenguaje.

El *deterioro cognitivo*, además de ser un elemento a evaluar en adultos mayores en los que se sospecha algún tipo de demencia; también aparece como entidad nosológica individual (*v.g.*, el diagnóstico de “Deterioro cognitivo leve o relativo a la edad o pseudodemencia”).

En el deterioro cognitivo leve, hay una pérdida de capacidades cognitivas tales como la memoria y la concentración, deterioro que se da en el proceso de envejecimiento; los ancianos pueden tener dificultad para recordar nombres o citas y experimentar problemas para solucionar operaciones complejas.

De todos los tipos de demencia, algunas de ellas son reversibles si son tratadas oportunamente y las que no son reversibles, si son detectadas de forma temprana puede frenarse el proceso degenerativo, y hacerlo más lento. Por tanto, para poder establecer lo más pronto posible un esquema de intervención multidisciplinario adecuado, es de vital importancia la evaluación correcta del déficit cognitivo.

En la medida en que estos problemas sean evaluados y atendidos lo antes posible, los adultos mayores serán autosuficientes más tiempo y con ello conservarán una mejor autoestima que les permitirá estar integrados a su entrono social el mayor tiempo posible, retroalimentando a los que los rodean con su

experiencia y afecto (considerando el aspecto humanista de la vejez) en el mundo globalizado, todo se ve en términos de costo-beneficio; por tanto, los recursos económicos, materiales y humanos, que ocasiona mantener bajo cuidado al *adulto mayor* discapacitado física y mentalmente, cada vez se harán mayores con el envejecimiento de la población mundial. Este es un gasto ineludible si entendemos que la prevención y la intervención oportuna en el adulto mayor no es un gasto inútil, sino un acto de respeto, justicia y beneficio social.

### METODOLOGÍA

El diseño de este trabajo es factorial con dos grupos (con tratamiento y sin tratamiento) y dos medidas (pretratamiento y postratamiento) para cada una de las variables dependientes.

De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación, se eligió un enfoque cuantitativo que permite el uso de la medición numérica y la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. Es a la vez, un estudio correlacional porque evalúa la relación que pueda existir entre dos o más variables, midiendo el grado de relación. Para la medición de las variables, se optó por un diseño experimental puro de tipo diseño con pre-prueba y post-prueba y grupo de control, por la manipulación de las variables independientes, además de medir el efecto de ésta en la variable dependiente.

En este estudio participaron cuarenta *adultos mayores* sanos (grupo experimental), de los cuales son 4 hombres y 36 mujeres, sin impedimentos físicos, se excluyeron del estudio a personas analfabetas, o que no cumplieran con los límites de edad requeridos (60 en adelante). Los participantes son miembros de un grupo de atención para adultos mayores (se guarda anonimato) en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México y su edad oscila entre los 60 y 87 años. En el

estudio participó también un grupo control formado por 40 mayores con las mismas características del grupo experimental, pero que fueron elegidos al azar, con los cuales no se llevó al cabo el Programa de Entrenamiento de Memoria, el grupo estuvo integrado por 10 hombres y 30 mujeres.

A todos los participantes en el estudio (tanto a los asignados al grupo control como a los del grupo experimental) se aplicó de manera individual una batería de pruebas psicológicas que incluye: Mini Examen Cognoscitivo (MEC) de Lobo (1987) para detectar deterioro cognitivo, Escala de Depresión Geriátrica de Yesavage, Escala de Ansiedad de Hamilton (traducida al español) y la Escala de Habilidades Sociales (OARS), Tarea de Stroop, para medir el nivel de atención y el Cuestionario de quejas de memoria del Taller de Memoria, Editorial TEA-200.

Posteriormente se trabajaron diversas técnicas de intervención (que se detallan más adelante), cabe enfatizar que sólo el grupo experimental tuvo acceso al Programa de Entrenamiento de la Memoria, ellos asistieron durante un período de 15 sesiones, dos veces por semana dejando un lapso de 15 días para luego aplicar dos sesiones más de seguimiento, al cabo de los cuales se aplicó un *postest*, para verificar la posible existencia de cambios y sus magnitudes correspondientes. Para el tratamiento estadístico, se utilizó el programa SPSS (versión 15.0), aplicando un análisis correlacional que nos servirá para analizar la relación que existen entre dos variables. Además, se utilizará el Coeficiente de Correlación de Pearson porque nos ayudará a determinar la correlación entre variables dependientes, así como el análisis de varianza para identificar los efectos del programa.

Se utilizaron las siguientes técnicas: entrenamiento sensorial, entrenamiento cognitivo, entrenamiento de movimiento y danza, entrenamiento de motivación, grupos de autoayuda, técnica de reminiscencia y técnicas de atención.

## RESULTADOS

La muestra estuvo integrada por 80 personas (40 del grupo control y 40 del grupo experimental) de los cuales el 17.5% son hombres y el 82.5% mujeres. El 51.3% mantienen una relación de pareja, el resto son solteros, viudos y divorciados, cuyo nivel de escolaridad oscila entre primaria y universidad de los cuales el mayor porcentaje (78.8%) cuentan con el nivel básico.

El diseño factorial para realizar el ANOVA es: 2 grupos (experimental y control) x 2 medidas (pretratamiento y postratamiento) x 5 variables psicológicas (ansiedad, deterioro cognitivo, depresión, habilidades sociales, atención). El primer factor es intergrupos (grupos distintos) mientras que los dos últimos factores son intragrupo o de medidas repetidas.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para comparar dos grupos en una variable cuantitativa, para examinar los resultados del Programa de Entrenamiento de Memoria en el grupo experimental.

En lo que respecta a la ansiedad, el efecto fue significativo [ $F(11,672)=1,79$  MSE=150,156  $p < 0.01$ ] por lo que las comparaciones entre grupos mostraron que los resultados en el grupo experimental, fueron superiores a los obtenidos por el grupo que no llevo al cabo el programa, lo cual se aprecia en la disminución de la *ansiedad* en el grupo experimental de la primera (media .3250) a la segunda aplicación (media .1250). Lo anterior puede deberse al nivel de atención prestado y a la importancia para ellos de formar parte de un protocolo de investigación (ser tomados en cuenta), observándose más fortalecido el grupo experimental por el taller; lo anterior se observa también en un estudio piloto similar aplicado por María J. Mozaz Garde e Izaskun Santos Jáuregui (2008), en cuyas sesiones trabajaron tópicos como la soledad, atención, concentración y capacidad de adaptación a posibles imprevistos dentro y fuera del grupo y cuyos resultados permiten considerar no sólo que el trabajo en grupo es útil para trabajar con *adultos mayores*, sino también

su posible influencia en los cambios positivos en el rendimiento de la memoria y el mejoramiento de los niveles también de *depresión*.

En cuanto al deterioro cognitivo, el efecto del programa fue significativo [ $F(1,092)= 1,79$  MSE=7,656  $p < 0.05$ ] encontrándose diferencias en las medias con respecto al grupo experimental antes (media .1500) y después del Programa de Entrenamiento (media .0500), lo cual no se observa en el grupo control, lo que también es observado por María Cristina Mujica, en su curso de estimulación de la memoria en adultos mayores y en cuyas conclusiones menciona que el funcionamiento de la memoria es ejercitable y por tanto se puede mejorar, además existe evidencia científica de plasticidad cerebral (Mujica C, M. 2001), (Craik, 1997).

En la *depresión* el efecto fue significativo [ $F(,237)= 1,79$ , MSE=1,406,  $p < 0.05$ ], las comparaciones entre grupos lo indican. En la primera aplicación, por lo que respecta a la dimensión de *ansiedad*, los resultados mostraron una correlación significativa con lo obtenido en la segunda aplicación, es decir, los adultos mayores presentan alteraciones con respecto a síntomas de tensión, miedos e insomnio. Con lo que respecta al *deterioro cognitivo*, existe también una correlación con la segunda aplicación de la misma variable y de la *depresión*, lo que indica que las dificultades en la orientación, fijación, concentración, cálculo, memoria, lenguaje y construcción pueden llegar a propiciar alteraciones en el estado de ánimo. La *depresión* correlaciona con la *ansiedad* y con la escala de evaluación social, es decir, que a mayor ansiedad, los adultos mayores presentan alteraciones del estado de ánimo y dificultades para relacionarse.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio arrojaron cambios positivos en los participantes que participaron en el taller de memoria, ya que mejoraron su rendimiento cognitivo en los resultados del *postest*, sus habilidades

sociales haciendo nuevas amistades, disminuyeron los niveles de depresión y ansiedad; en el aspecto subjetivo, se demostraron a sí mismos que la memoria es como un músculo que se puede reentrenar con las técnicas aprendidas durante el proceso.

En lo referente al grupo control, se mostró relativamente estable en los resultados del rendimiento cognitivo, no así en los niveles de ansiedad, depresión y habilidades sociales. Dichos resultados se han observado en diversos estudios en los que se han aplicado talleres de entrenamiento de memoria (Calero García, et al., 2006), (Verhaeghen, Marcoen y Goossens, 1992; Calero, et al., 2006), (Foyd y Scogin, 1997; Calero, et al., 2006) (Montejo, et al., 1999).

Se observó también la importancia de restablecer las redes sociales como una motivación en los ancianos para llevar a cabo dichos entrenamientos, abatir los niveles de ansiedad y depresión mediante la relación con sus pares que sirvió de estimulación para abatir la dinámica de desentrenamiento de las habilidades cognitivas (Jodar, 1994; Calero, et al., 2006).

La utilidad para la investigación está en función de los resultados que confirman la hipótesis, pero sobre

todo, es útil probar un programa adaptado específicamente a la cultura, las costumbres, los modismos propios de un grupo social. Es importante, además, tener en cuenta las modificaciones que como todo proyecto inicial se tiene, por ejemplo: con base en las etapas por las que atraviesa la conformación de un grupo y tomando en cuenta que en los adultos mayores puede demorar más por la desconfianza, la inseguridad en las propias capacidades. Se considera pertinente aumentar el número de sesiones y hacer más énfasis al principio en actividades de relación, para aumentar la confianza entre los miembros para que haya más apertura y puedan realizar con más *confort* y camaradería las actividades de carácter cognoscitivo y las de reminiscencia que aportan un sinfín de beneficios emocionales que se vuelven poderosos motivadores para la asistencia a estos grupos.

Un elemento más a considerar en estudios posteriores será el efectuar una nueva evaluación como lo refieren la mayoría de las investigaciones antes mencionadas (Montejo y colaboradores 1999; Auffray y Juhel 2001; Petersen y cols., 1999, citados en Calero, 2006).

---

## LITERATURA CITADA

- BALLESTEROS, J. S. *et al.*, 2005, *Aprendizaje y memoria en la vejez*, UNED, Madrid, España.
- , *et al.*, 2002, *Aprendizaje y Memoria en la vejez*, Ediciones UNED, Madrid España.
- , 2001, *Habilidades cognitivas básicas. Formación y deterioro*, UNED, Madrid, España.
- , 2000, *Psicología general: un enfoque cognitivo para el siglo XXI*, Universitas, S.A., Madrid, España.
- CALERO G., 2006, “Eficacia de un programa de entrenamiento en memoria en el mantenimiento de ancianos con y sin deterioro cognitivo”, en *Clínica y salud*. (Online), vol. 17, no. 2; fecha de consulta: 22 de febrero 2009.
- FERNÁNDEZ BALLESTEROS, ITZAL Y MONTORIO, 1999, *Evaluación e intervención psicológica en la vejez*, Martínez Roca, Madrid, España.
- FERNÁNDEZ- B. R., IZAL M., MONTORIO I., GONZÁLEZ J. L. Y DÍAZ V. P., 1999, *Evaluación e intervención psicológica en la vejez*, Martínez Roca, Madrid, España.
- IDDON J., WILLIAMS H., 2004, *Cómo entrenar la memoria*, Mens Sana, Barcelona, España.
- KANE R. L., OUSLANDER J. G., ABRASS I. B., 2001, *Geriatría clínica*, Mc Graw-Hill, México.
- MONTEJO P., MONTENEGRO P., REINOSO G., MONTES A., CLAVE M., 2001, *Cuadernos de trabajo social. Programas de entrenamiento de memoria*, Método UNAM, México.
- PICHOT P., LÓPEZ- IBOR A. J., MIYAR V.M., 1995, *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. DSM-IV- TR*, Masson, s.l.
- REYES G. L., 2000, *Envejecer en Chiapas. Etnogerontología zoque*, Científica 8, UNACH-UNAM, México.
- MENOR J., PERAITA H., ELOSÚA R., 2001, *Trastornos de la memoria en la enfermedad de Alzheimer*, Trotta, Madrid, España.
- MONTORIO I., IZAL M., 2000, *Intervención psicológica en la vejez. Aplicaciones en el ámbito clínico y de la salud*, Síntesis, Madrid, España.







# Bebida nutritiva para niños con base en la soya (*Glycine max*)

Adriana Caballero Roque<sup>1</sup>  
Ana Laura Pérez Morales<sup>2</sup>  
Irma Clarisa Muñoz Arana<sup>3</sup>  
Patricia I. Meza Gordillo<sup>1</sup>

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es elaborar una bebida con base en el grano de soya (*Glycine max*), con alto contenido de proteína y con características organolépticas aceptables, para dar una posible solución al problema de la desnutrición infantil. La soya tiene un excelente perfil nutricional y por su origen vegetal no contiene colesterol. Además, provee de la mayoría de aminoácidos esenciales para el organismo, asimismo es rica en potasio y es buena fuente de magnesio, fósforo, hierro, calcio, manganeso, folato y contiene algunas vitaminas como son las del grupo B<sub>6</sub> y E (antioxidante).

La metodología consistió en encontrar el mejor procedimiento de tratamiento del grano de soya. Se probaron cuatro técnicas aplicando parámetros como mayor o menor tiempo de cocimiento del grano. Se buscó la mejor concentración sólido-líquido que proporcionará las mejores características a la bebida. Se realizó un análisis sensorial de características organolépticas de las bebidas a madres de familia con hijos en edad preescolar.

Los resultados obtenidos de los tratamientos muestran que la técnica dos del tratamiento de grano de soya es la

que ofrece mejores características. En el análisis sensorial la bebida tres es la que obtuvo mayor aceptabilidad de las características organolépticas.

**Palabras clave:** Soya, bebida nutritiva, desnutrición, alimentación.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a drink made of soybean (*Glycine max*), high in protein, and organoleptically acceptable to give a possible solution to the problem of child malnutrition. Soybean has an excellent nutritional profile and by its vegetal origin it does not contain cholesterol. Also provides the most essential amino acids for the body, so it is rich in potassium and a good source of magnesium, phosphorus, iron, calcium, manganese, folate, and contains some vitamins such as B<sub>6</sub> and those of group E (antioxidant).

The methodology was to find the best course of treatment of soybean, four techniques were tested using varying parameters such as cooking time of beans, we tried the best solid-liquid concentration that will provide the best features to drink, was conducted sensory analysis of organoleptic characteristics of the beverage to mothers with preschool children. The results of treatment show that the technique two of soybean processing is offered better features in the sensory analysis the three is the drink that was more acceptable organoleptic characteristics.

**Key words:** Soybean, nutritious drink, undernourishment, feeding.

<sup>1</sup>PTC. Escuela de Nutrición, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte poniente s/n. Col. Lajas Maciel.

Tuxtla Gtz, Chiapas. Teléfono 9611210897.  
cradri1@hotmail.com

<sup>2</sup>Egresada de la Escuela de Nutrición.

<sup>3</sup>PA. Escuela de Nutrición

## INTRODUCCIÓN

Entre los más difíciles problemas confrontados por la humanidad está la escasez de alimentos y las dietas deficientes en calidad y cantidad; posiblemente debido al rápido crecimiento de la población y la carencia de una distribución efectiva de alimentos. A medida que la población mundial aumenta, se le suma la pobreza y el hambre (Jiménez, 1994). Hoy en día en el mundo existen más de 800 millones de personas que padecen desnutrición en sus diferentes grados (leve, severa) y no pueden disfrutar de una vida saludable y activa; entre ellos más de 200 millones de niños menores de cinco años que no disponen de las proteínas esenciales que necesitan para crecer y desarrollarse correctamente. La niñez es la época en la que se forja la estructura básica de la personalidad y la alimentación, este lapso es determinante para el desarrollo de la persona en todos los aspectos: biológico, psicológico y social (Olaiz, 2006). A menudo se escucha el término de *desnutrición* como la falta de nutrientes que el organismo no puede asimilar o absorber apropiadamente, sin embargo, se omiten las causas como la disponibilidad, accesibilidad, consumo y pobreza que contribuye a esta condición.

El nivel de desnutrición en Chiapas es alarmante. El Tercer Censo Nacional de Talla mostró que el porcentaje de desnutrición en niños de primer grado de primaria fue el más elevado de todo el país con 45.1 % superando a los estados de Oaxaca 42%, Yucatán 36.2% y Guerrero 32.5 % (INNSZ, 1993). Debido a estos datos se hace necesaria la atención adecuada a este problema, ya que con el tiempo puede agravarse más y al no tratarlo adecuadamente puede ocasionar retraso en el crecimiento y bajo peso en el niño, pudiendo ser fatal al ocasionar la muerte (Barreto, 1999).

En la mayoría de los países, los productos lácteos en sus diferentes formas, al igual que los derivados cárnicos son cada día más difíciles de obtener a bajo precio, por lo que la industria alimentaria ha tenido

que buscar sustitutos de estas proteínas en alimentos de origen vegetal (Tombs, 1987).

El frijol de soya es una leguminosa que por su elevado contenido de aceite, es considerada una oleaginosa. La *soya* tiene un excelente perfil nutricional y por su origen vegetal no contiene colesterol. Además, provee de la mayoría de aminoácidos esenciales para el organismo, asimismo, es rica en potasio y es buena fuente de magnesio, fósforo, hierro, calcio, manganeso, folatos y contienen algunas vitaminas como son las del grupo B6 y E (antioxidante).

**Tabla 1** ■ Composición aproximada del frijol de soya

Proteínas	38 - 40 %
Grasas	18 %
Carbohidratos	30 %
Cenizas	5 %
Fibra	15 %
Humedad	14 %

Fuente: Astiasarán, 2000.

Por tanto, la proteína de soya está calificada como una proteína completa de alta calidad, que resulta ser más barata que la carne, no contiene colesterol y casi ninguna de las grasas saturadas que se encuentra en los alimentos de origen animal (Astiasarán, 2000). Las proteínas de soya contienen todos los aminoácidos

**Tabla 2** ■ Aminoácidos esenciales de la soya y de la proteína

Aminoácido	Soya ( 1957 )	FAO (1996)
		Proteína
Lisina	7.23	5.44
Isoleucina	4.70	4.0
Treonina	4.74	4.0
Valina	4.99	4.96
Triptofano	1.36	0.96
Metionina	1.34	3.52
Fenilalanina	5.30	6.08
Leucina	8.19	7.04

Fuente: FAO, 1968.

necesarios para la nutrición humana (crecimiento), mantenimiento y tensión emocional. La composición de aminoácidos de las proteínas de soya es muy parecida a los patrones de aminoácidos de las fuentes proteínicas de origen animal de alta calidad.

Los productos de proteína de soya encuentran diversas aplicaciones en la preparación de alimentos bajos en colesterol, grasas, y altos en su relación de ácidos grasos poliinsaturados contra ácidos grasos saturados. Hay investigaciones llevadas al cabo con animales y seres humanos que han demostrado que las proteínas de soya son comparables, en cuanto a su digestibilidad, con otras proteínas de alta calidad, como puede ser la carne, la leche, el pescado y el huevo. Los valores que poseen los concentrados y los aislados de proteína, en cuanto a su digestibilidad por el organismo humano quedan dentro del rango de 91 a 96%, dichos valores son comparables a los de la leche (Gálvez, 1984).

Considerando como alternativa la tecnología de nuevos productos alimenticios, el propósito de este trabajo es elaborar un producto con base en el grano de soya (*Glycine max*), con alto contenido de proteína y con características organolépticas aceptables, para dar una alternativa de solución al problema de la *desnutrición* infantil.

### **METODOLOGÍA**

Los granos de soya se obtuvieron de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Unach, Campus Villaflores, ya que ahí se cultiva como parte del programa de prácticas académicas. Los granos se seleccionaron de tal manera que no presentarán manchas oscuras, picadas o quebradas. Posteriormente, los granos limpios se pesaron (250 gr.), los cuales se sometieron a trituración en un molino marca Molinex, de forma manual se separó el grano y la cáscara, de los cuales se obtuvo 98 % de grano y 2 % de cáscara.

### **Tratamiento de grano de soya**

Se realizándose cuatro técnicas:

1. Grano molido crudo
2. Grano hervido por 30 minutos.
3. Grano tostado por 15 min, posteriormente hervido por 15 minutos.
4. Grano tostado por 15 min hervido por 15 min, decantado y hervido nuevamente por 15 min.

El grano obtenido de los 4 tratamientos se sometió a un proceso de secado en horno por 24 hr.

### **Análisis químico de la materia prima**

Se realizó un análisis bromatológico de la materia prima de acuerdo a las técnicas de laboratorio AOAC, para la determinación de humedad, proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra y cenizas.

### **Determinación de la concentración solidolíquido**

Para conocer la cantidad más adecuada de solidolíquido para la obtención de la bebida de soya se realizaron cuatro opciones:

- a. 25 gr de de soya / 250 ml de agua
- b. 25 gr de soya / 75 ml de agua
- c. 25 gr de soya / 200 ml de agua
- d. 250 gr de soya / 250 ml de agua.

Para cada una de las opciones se utilizó:

Agua de cocción

Agua purificada

Agua purificada, 10 ml de vainilla y 10 gr de azúcar.

Se compararon las características físicas en relación a: color, olor, sabor, consistencia.

### **Análisis sensorial**

La prueba de aceptación de las características organolépticas de la bebida de soya, se realizó en la cabecera municipal de San Lucas, Chiapas, con 48 madres

**Tabla 3** ■ Comparación de resultados de técnicas de tratamiento de la soya

Determinación de nutrimentos	Técnica 1 Valor en %	Técnica 2 Valor en %	Técnica 3 Valor en %
Humedad	6.37	2.00	1.45
Cenizas	8.08	3.94	3.56
Grasa	20.59	28.42	29.56
Proteína	15.33	17.39	16.55
Fibra	8.76	6.26	2.75
E.L.N	40.87	41.99	46.13
TOTAL	100	100	100
VCT	410.11	493.3	516.76

E.L.N= extracto libre de nitrógeno. VCT= valor calórico total. Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Escuela de Nutrición, Unicach.

de familia con hijos desde 3 hasta 6 años de edad y que se encontraran estudiando en el jardín de niños Faustino Domínguez, se decidió tomar esta población como muestra ya que las madres son quienes deciden, preparan y proporcionan los alimentos a sus hijos. Se aplicó una encuesta en la cual se presentan tres tipos de opciones para manifestar su nivel de agrado en relación a las características organolépticas de olor, color y sabor de la bebida de soya.

La identificación fue mediante dibujos de caritas: sonriente, indiferente y llorando, a cada una se le asignó un valor de calificación: *gustó mucho*, *gustó poco* y *no gustó nada*, respectivamente. Primeramente se evaluó el olor de cada una bebida, posteriormente el color y por último el sabor.

## RESULTADOS

### Efecto del tratamiento del grano de soya y contenido nutrimental

En la tabla 3 se observa el comportamiento que tiene el grano de soya en relación al tratamiento al que se sometió. La técnica uno tiene menos contenido de proteína en comparación con la técnica dos con



Foto 1 ■ | Bebidas de soya saborizadas para la prueba sensorial.

una diferencia de 2.06 % y 1.22% con respecto a la técnica tres; sin embargo, la grasa también se eleva, observándose que entre más calor se aplica hay una concentración mayor en grasa y menor cantidad de proteína, por lo que se excluyó la técnica cuatro. Así que de acuerdo a los mejores resultados obtenidos en el análisis bromatológico, se determinó usar la técnica dos para la preparación de las bebidas con base en la soya.

**Tabla 4** ■ Comparación de características para obtención de concentrado de soya

	Agua utilizada y tratamiento adicional	Color	Olor	Sabor	Consistencia
Medida 1: 25gr /250 ml	Cocción	Amarillo fuerte intenso	Intenso a soya	Intenso a soya	Muy líquida
	Purificada	Amarillo pálido	Menos intenso	Menos intenso	Muy líquida
	Purificada + 5 ml de vainilla + 10 gr de azúcar	Café claro	Vainilla	Ligero a Vainilla	Muy líquida
Medida 2: 25 gr / 75 ml	Cocción	Beige	Intenso a soya	Intenso a soya	Líquida
	purificada	Blanco	Menos intenso	Menos intenso	Líquida
	Purificada + 5 ml de vainilla + 10 gr de azúcar	Café claro	Ligeramente a vainilla	Ligeramente a vainilla	Líquida
Medida 3: 25 gr / 200 ml	Cocción	Amarillo	Intenso a soya	Intenso a soya	Espesa
	Purificada	Beige	Menos intenso	Menos intenso	Espesa
	Purificada + 5 ml de vainilla + 10 gr de azúcar	Café muy claro	Poco característico de soya	Poco característico de soya	Espesa
Medida 4: 250 gr / 250 ml	Cocción	Amarillo intenso	Muy característico de soya	Muy característico de soya	Muy espesa
	Purificada	Amarillo	Característico de soya	Característico de soya	Muy espesa
	Purificada + 5 ml de vainilla + 10 gr de azúcar	Beige	Poco característico de soya	Poco característico de soya	Muy espesa

### Determinación de las características de las diferentes concentraciones solidolíquido

Una vez obtenido el resultado con el tratamiento de *soya* más adecuado se prosiguió a realizar el análisis físico y buscar la medida ideal para obtener el concentrado de soya, el que sería la base para la elaboración de la bebida. Por tanto, se obtuvieron cuatro medidas diferentes en cuanto a gramos y mililitros de agua. A cada una de estas medidas se propusieron tres mues-

tras con los siguientes ingredientes: agua purificada, agua de cocción y agua purificada más 10 mililitros de vainilla y 10 gr de azúcar. Una vez obtenida estas pruebas se compararon las características físicas en relación a color, olor, sabor y consistencia, obteniendo el resultado mostrado en la tabla 4.

Con base en el mejor resultado en tratamiento, medida y características físicas se elaboró el cálculo de la mezcla para la elaboración de las bebidas, para

**TABLA 5** ■ Contenido nutrimental de las bebidas con base en la soya en 240 ml.

Nutrimento	Bebida de vainilla	Bebida de guayaba	Bebida de chocolate
Carbohidratos	46.99 %	54.49%	80.99%
Proteínas	17.39%	17.39%	26.49%
Lípidos	28.42 %	28.42%	37.32%
Valor calórico total	513.3	543.3	764.3

Fuente: Tabla de Valor Nutritivo de Alimentos, 2001.



Foto 2 ■ | Madres de familia participantes en la prueba sensorial.

la aplicación del análisis y de acuerdo a los mejores resultados organolépticos y/o sensoriales se determinó usar la medida dos, como base para la preparación de las bebidas que se aplicaron en el análisis sensorial, ya que cumplió con todas las expectativas esperadas en cuanto a cantidad de proteína, consistencia, olor, color y sabor.

### Contenido nutrimental de las bebidas de soya

En la tabla 5 se observa la cantidad de nutrientes que contiene cada una de las bebidas en 240 ml, viendo que el más alto en calorías, carbohidratos, proteínas y lípidos, es la bebida tres, que consiste en concentrado de soya con chocolate, y el que menos contenido en

cuanto a calorías es la bebida 1, que es el concentrado de soya con vainilla.

### Análisis sensorial de las bebidas de soya

La evaluación del análisis sensorial nos permitió conocer el grado de aceptación de las tres bebidas con sabor a vainilla, guayaba y chocolate, a las que se le agregó azúcar; se consideró el color, olor y sabor de las tres bebidas.

Al aplicar análisis de varianza de valores promedios p 0.05 se encontró que existe diferencia significativa entre las tres bebidas: bebida 1 (concentrado de soya con vainilla y azúcar); bebida 2 (concentrado de soya, guayaba y azúcar) y la bebida 3 (concentrado de soya con chocolate y azúcar), observándose que la bebida 3 es la que mayor aceptabilidad tuvo en color, olor y sabor.

### CONCLUSIONES

Tomando en cuenta las condiciones en que se realizó el experimento, se concluye que la *soya* es un vegetal con propiedades nutritivas útiles para la *alimentación* y nutrición especialmente de los niños en edad escolar, que puede ser promovida para consumo tanto en desayunos como en colaciones infantiles. La técnica de preparación de la bebida de soya no es difícil de realizar y se utilizan materiales que están presentes en toda cocina, por lo que las madres de familia podrían hacerlo para consumo de sus hijos. En relación al sabor adicional de la bebida de soya, en este trabajo

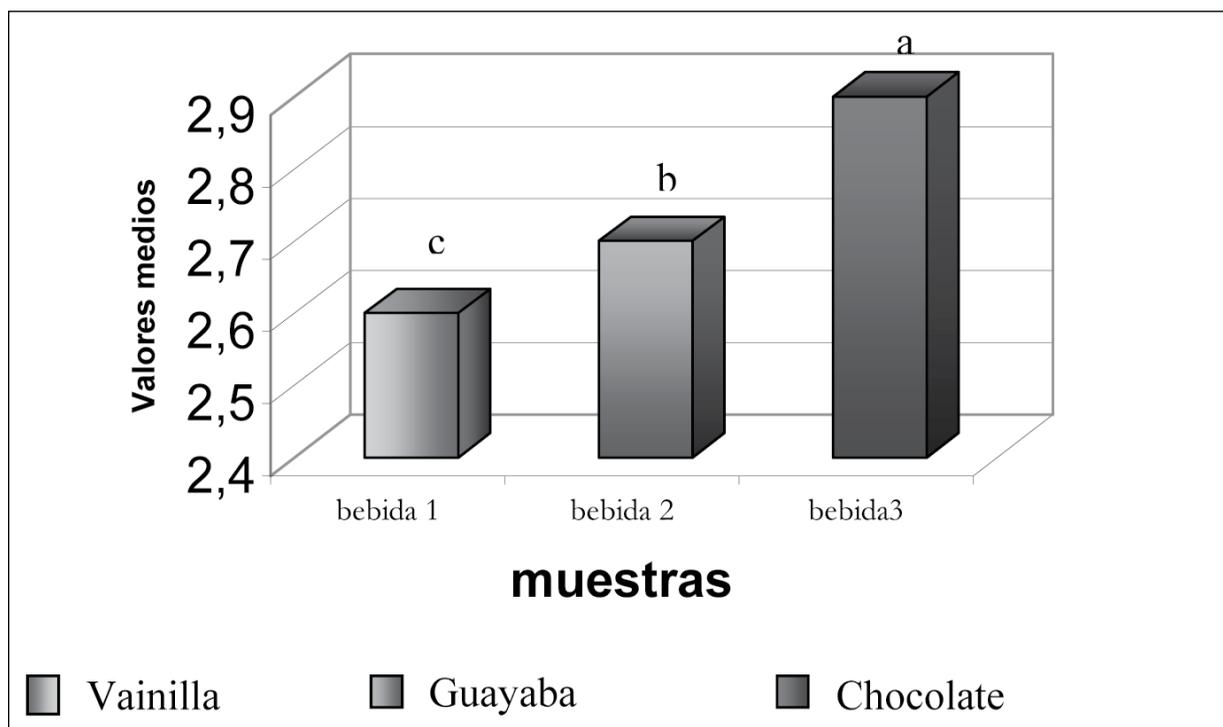


Figura 1 ■ | Resultado del Análisis sensorial de aceptabilidad de las bebidas de soya

se presentan tres opciones que son vainilla, guayaba y chocolate, siendo esta última, la de mayor aceptación, pero se puede usar otras frutas de temporada o de acuerdo al gusto de cada niño. Queda aquí una propuesta saludable, económica y nutritiva para ayudar a combatir la desnutrición infantil de los diferentes municipios del estado de Chiapas.

#### LITERATURA CITADA

AOAC, 1984, "Association of Official Analytical Chemistry", en *Official Methods of the AOAC*, 14<sup>th</sup> Ed., Washington D.C.

ASTIASARAN A.I., 2000, *Alimentos, composición y propiedades*, Mc. Graw-Hill Interamericana, 2a. ed, México.

BARRETO P.J, 1999, *Soya: mitos, realidades y perspectivas*, GAN grupo de apoyo nutricional, s/l.

FAO., 1968, *Amino Acid Contento of Food and Biological Data on Proteins*, Autret, Rome.

GALVEZ MARISCAL M.A., 1984, *Suplementación de alimentos con proteína*, Información científica y tecnológica, s. l.

**INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN SALVADOR ZUBIRÁN. INNSZ. SSA. OPS**, 1993, Tercer Censo Nacional de Talla, México.

**JIMENEZ ACOSTA S.**, 1994, "Algunas consideraciones generales sobre la seguridad alimentaria", en Tercer Seminario Internacional de Nutrición, Ecuador. ESPOCH.

**OLAIZ GUSTAVO**, 2006, *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición*, ENSANUT.

**GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIAPAS**, 2000, *Plan de Salud*, México.

**TOMBS M.P.**, 1987, *Protein Bodies of the Soybean Physiol*, s. l.





# Elaboración y evaluación sensorial de galletas enriquecidas con harina de lactosuero

Karina Galdámez Gutiérrez  
Marisol Gamboa Coronel  
Rosa Márquez Montes  
Mario Noel Ballinas Gómez  
Erika J. López Zúñiga  
Gilber Vela Gutiérrez

## RESUMEN

El suero representa desde el 80 hasta el 90% del volumen total de la leche que entra en el proceso, contiene alrededor del 50% de proteínas solubles, lactosa, minerales y vitaminas. A las *galletas* se les determinó el contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra mediante los métodos de la AOAC 1984, y el contenido de carbohidratos y calorías se obtuvo mediante cálculos. La evaluación sensorial se llevó a cabo con 35 panelistas no entrenados. El objetivo de este trabajo fue elaborar y evaluar sensorialmente galletas nutricionalmente mejoradas con harina de suero de leche. Los resultados indican que las tres variedades de galletas contienen un alto porcentaje de proteínas en comparación con las galletas convencionales, proteínas provenientes del *lactosuero*. La evaluación sensorial realizada a las tres variedades de galletas mostró alto grado de aceptabilidad en los aspectos: color, olor, sabor y aceptabilidad. El alto grado de aceptabilidad y el alto contenido de *proteína* presentado muestran el alto valor nutricional de las galletas, así como el potencial del *lactosuero* para uso en la industria alimentaria.

**Palabras clave:** galleta, lactosuero, nutritivo, proteína.

Escuela de Nutrición. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tel/Fax. +52(961)121-0897.  
E-mail: gvla@unicach.edu.mx

## ABSTRACT

The whey represents the 80-90% of the total volume of the milk that is used for the cheese production, and contains around 50% of soluble proteins, lactose, minerals and vitamins. The objective of this work was to elaborate and sensorially evaluate cookies nutritionally enhanced with whey. Humidity content, fat, ashes, protein and fiber were determined by the AOAC methods (1984), and the carbohydrates content was obtained by difference of the rest of the components. The sensory evaluation was making to 35 people. The results indicate that the three types of cookies present a high content of proteins, in comparison with conventional cookies, protein from whey. The sensory evaluation making to three varieties of cookies presented a high degree of acceptability in the color, odor and flavor aspects. The high degree of acceptability and high protein content-presented show the high nutritional value of cookies, as well as the potential of whey for use in the food industries.

**Keywords:** cookies, nutritive, protein, whey.

## INTRODUCCIÓN

La producción de queso consume gran cantidad de leche, pero como subproducto se obtiene una enorme cantidad de *lactosuero*, el cual no es aprovechado al 100%, desechando una gran parte,

causando contaminación. La producción de queso da lugar a aproximadamente 9 kg de suero por 1 kg de queso, partiendo de 10 litros de leche. Tradicionalmente el suero se emplea como alimento para cerdos, actualmente se ha tomado conciencia de su importancia por su elevado valor nutricional.

El *lactosuero* contiene poco más del 25% de las proteínas de la leche. La proteína de suero de leche es una de las proteínas de más alta calidad, ya que contiene una mayor concentración de aminoácidos de cadena ramificada y de aminoácidos esenciales. Además, la *proteína* de suero de leche contiene varios péptidos y fragmentos de *proteína* que pueden fomentar la salud general. Las proteínas de suero de leche tienen propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antihipertensivas, antihiperlipidémicas, antibacterianas, antimicrobiales, antivirales.

El suero de leche contiene hidratos de carbono en forma de lactosa o azúcar de leche. Cien gramos de suero de leche líquido contienen 4.7 gr de azúcar de leche. La lactosa es el componente principal del suero de leche y la que le confiere sus propiedades más importantes (Jiménez, 2005). Por otro lado, la composición de aminoácidos de las proteínas del suero les confiere funcionalidad fisiológica muy especial: primeramente, las proteínas del suero contienen una muy alta proporción de aminoácidos azufrados, esto contribuye a la gran calidad nutricional de estas proteínas (su PER es de 3.2, comparado con el 2.0 de las caseínas). Más aún, los aminoácidos azufrados parecen aumentar la función inmune del organismo, probablemente vía la regulación del tripéptido azufrado glutatión, el cual interactúa con las membranas celulares de los microorganismos provocándoles la muerte (Jiménez, 2005).

Las proteínas del suero se han relacionado con diferentes funciones: tanto con la motilidad como con respuestas inmunes a nivel intestinal, sin embargo, en la última década se han reportado diferentes activida-

des, como inhibición de células cancerosas, actuar con agentes antihipercolesterolémicos o “ansiedad” (Walzem, *et al.*, 2002; Van Belzen, 2002; Shah, 2000; Korhonen y Marnila, 2003). Otras propiedades importantes de ácido láctico son: regeneración de la flora intestinal estimulación y desintoxicación del hígado, favorece la eliminación del exceso de líquido en los tejidos, activa la eliminación de toxinas por los riñones.

La presente investigación, pretende contribuir al aprovechamiento del *lactosuero* mediante el desarrollo de una *galleta* con alto valor nutritivo, complementada con harina de suero de leche y características organolépticas aceptables para el consumo humano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Formulación de las galletas

La harina de suero de leche utilizada se elaboró en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela de Nutrición de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, usando *lactosuero* proveniente de las queserías aledañas a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Los criterios considerados para ser utilizado fueron: pH entre 5.0 y 6.0, salinidad imperceptible a la degustación y color ligeramente amarillo.

La formulación de galletas se realizó mediante ensayos de prueba y error con mezclas de harina refinada de trigo (HRT), harina integral de trigo (HIT) y harina de lactosuero (HL), variando la proporción de las harinas. Utilizando una batidora se mezcló la mantequilla y el azúcar durante 10 minutos a una velocidad media. Posteriormente se añadieron el resto de los componentes (leche de soya en polvo, harina de suero de leche y Royal) incluyendo la mezcla de las harinas. Todos los ingredientes fueron mezclados manualmente (amasado) hasta lograr una masa homogénea, posteriormente se realizó el troquelado. El horneado se realizó a 150°C durante 25 minutos. Finalmente, las piezas se empaquetaron y etiquetaron en bolsas de papel celofán para su análisis sensorial,

**Tabla 1** ■ Cantidad de ingredientes (% panadero) utilizados en la elaboración de las galletas.

Ingredientes	HRT/HL 5.5:1	HRT/HL 5:1	HRT/HIT/HL 2:2:1
Harina refinada de trigo (HRT)	84.61	80.00	40.00
Harina integral de trigo (HIT)	0	0	40.00
Harina de lactosuero (HL)	15.38	20.00	20.00
Leche de soya en polvo	16.67	29.17	20.00
Margarina	50.00	50.00	48.00
Azúcar	75.00	66.67	64.00
Huevos	26.67	26.67	25.60
Polvo para hornear	8.33	8.33	8.00
Vainilla	16.67	16.67	16.00

para determinar los análisis bromatológicos y su vida de anaquel.

### Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las galletas se realizó con un grupo de 35 niños (jueces no entrenados) de la escuela primaria Mariano Matamoros de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. La edad de los niños oscilaba desde 6 hasta 12 años, incluyendo ambos sexos, quienes fueron seleccionados aleatoriamente. La evaluación fue de tipo descriptiva utilizando una boleta estructurada con una escala hedónica facial incluyendo las categorías: *me gusta mucho, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta poco y me disgusta mucho*. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y grado de aceptabilidad comparando las tres tipos de galletas. La evaluación de perfil de atributos se realizó con un grupo de jueces

entrenados utilizando una escala de calificación de 1 a 5, considerando a 5 como de mayor grado y 1 de menor grado con respecto al atributo evaluado (cohesividad, dureza, adhesividad, fragilidad y masticabilidad).

### Análisis bromatológicos de la galleta

Se determinó el contenido de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína cruda, y fibra cruda mediante los métodos de la AOAC publicado en 1984. El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia del resto de los componentes.

### Análisis estadístico de la información

Los resultados de la evaluación sensorial y del estudio bromatológico se analizaron mediante una prueba estadística binomial, ji-cuadrado y un análisis de varianza, utilizando un paquete estadístico (MINITAB® versión 12.0 para windows).

## RESULTADOS

### Formulación de las galletas

En la tabla 1 se presentan las proporciones óptimas de las mezcla de las harinas y de los ingredientes de cada una de las formulaciones para la elaboración de las galletas, obtenidas mediante prueba y error.

### Evaluación sensorial con jueces no entrenados

En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación sensorial referente al color, olor y sabor de los tres tipos de galletas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la galleta con la formulación HRT/HL (5.5:1), fue la de mayor agrado con el 97.14% de frecuencia porcentual, segui-

**Tabla 2** ■ Frecuencia obtenida en la evaluación sensorial con jueces no entrenados

Formulación	Color (frecuencia, %)	Olor (frecuencia, %)	Sabor (frecuencia, %)
HRT/HL (5.5:1)	97.14	100	100
HRT/HL (5:1)	94.29	97.14	97.14
HRT/HIT/HL (2:2:1)	85.71	94.29	94.29

**Tabla 3** ■ Resultados obtenidos en la evaluación sensorial para el perfil de textura de los tres tipos de galletas con jueces entrenados

Atributo	Tratamientos		
	HRT/HS (5.5:1)	HRT/HS (5:1)	HRT/HIT/HS (2:2:1)
Cohesividad	2.417±1.02	2.417±0.88	2.583±1.02
Dureza	3.375±0.92	3.292±1.27	3.208±1.10
Adhesividad	2.375±0.88	2.417±0.78	2.333±0.70
Fragilidad	2.333±0.64	2.458±0.658	2.458±0.59
Masticabilidad	2.75±0.85	2.875±0.74	2.917±0.78

ANOVA ( $p < 0.05$ ).

da por la HRT/HL (5:1) con el 94.29% y por último la mezcla HRT/HIT/HL (2:2:1) con el 85.71%. Respecto a estos resultados se puede observar que los tres tipos de galletas presentaron un alto nivel de agrado en los jueces según el atributo de color correspondiente.

Los resultados de esta evaluación también fueron analizados mediante el uso de tablas de estadística binomial, en la que se determinó el nivel de preferencia de consumidores para el color, obteniéndose una probabilidad de 99.99% para las muestras HRT/HL (5.5:1) y HRT/HL (5:1), mientras que para la mezcla HRT/HIT/HL (2:2:1) fue de 99.7%, esto confirma el alto grado aceptabilidad para los jueces respecto al color en los tres tipos de galletas.

Como se puede observar en la misma tabla, los tres tipos de galletas tienen un alto nivel de agrado sobre el olor, la galleta de mayor aceptabilidad fue la correspondiente a la formulación HRT/HL (5.5:1) con un 100%, seguida por la HRT/HIT/HL (2:2:1) con un 97.14% y, por último, la galleta HRT/HL (5:1) con un 94.29%. La probabilidad del nivel de preferencia sobre el olor presentada por los tres tipos de galletas según tablas de estadística binomial es del 99.9%, lo que indica el gran impacto del producto sobre este atributo.

En lo que al sabor respecta la frecuencia porcentual de las galletas formuladas con la mezcla HRT/HL (5.5:1) fue del 100%, mientras que la formulación HRT/HIT/HL (2:2:1) presentó una probabilidad del 97.14 %, y la mezcla HRT/HL (5:1) del 94.29%. El

alto nivel de agrado con respecto al sabor presentado por los tres tipos de galletas es concordante a la alta probabilidad presentada mediante el análisis estadístico binomial realizado a los resultados (99.9%).

### **Análisis sensorial con jueces entrenados**

En la tabla 3 se presenta el análisis estadístico de los resultados del perfil de textura obtenidos en la evaluación sensorial con jueces entrenados, como se puede observar, no existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en ninguno de los tratamientos para los atributos evaluados. Lo que indica que, a diferentes proporciones el suero de leche no modifica las propiedades texturales de las galletas. Como se puede observar también en la figura 1, con respecto a los atributos evaluados los tres tipos de galletas presentan un comportamiento muy parecido, y según la percepción de los jueces los valores estimados se encuentran entre 2.3 y 3.4, los que indican un alto nivel de correlación para cada atributo evaluado y característico para el tipo de galleta (tipo *craket*) obtenido (figura 1).

### **Análisis bromatológico**

En la tabla 4 se muestran los resultados de la composición proximal, y el contenido calórico. Como se observa en la misma tabla el contenido de humedad, cenizas, grasa cruda, proteínas y carbohidratos para las galletas elaboradas con las tres diferentes mezclas, es-

**Tabla 4** ■ Resultados del análisis bromatológicos realizado a los tres tipos de galletas

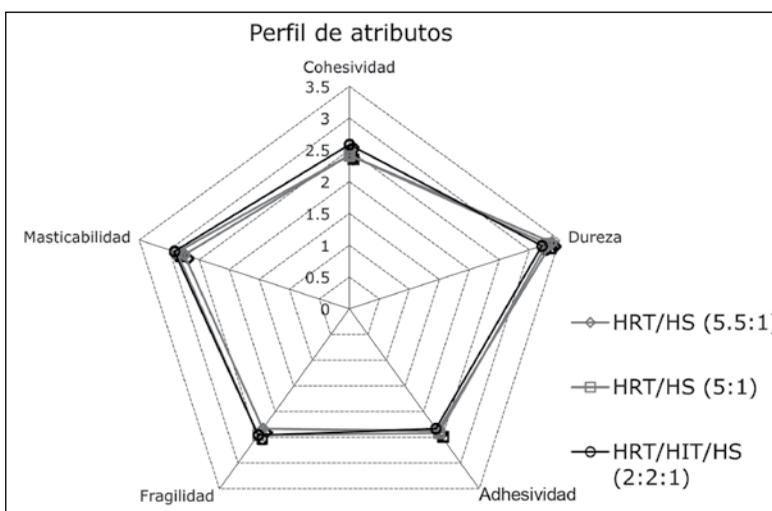
**Tabla 4** ■ Results of the Bromatological analysis realized at the three types of cookies

Tipo de análisis	HRT/HL 5.5:1	HRT/HL 5:1	HRT/HIT/HL 2:2:1
Cenizas	2.599±0.014	2.565±0.393	3.228±0.086
Humedad	4.775±0.276	5.275±0.048	5.089± 0.027
Grasa cruda	15.989±0.002	8.341±0.475	13.062±0.92
Proteína cruda	14.098±0.046	13.331±0.503	14.571±1.358
Fibra cruda	0.988±0.135 <sup>e</sup>	1.163± 0.113 <sup>e</sup>	6.742±0.134 <sup>f</sup>
Hidratos de carbono	61.541±0.346	68.825±0.300	57.308± 5.726

\* Letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

estadísticamente no presentan diferencias significativas según el ANOVA realizado; sin embargo, es relevante recalcar el alto contenido de proteínas que se presenta en los tres tipos de galletas, que en gran medida se debe a la presencia de harina de suero de leche presente en las tres formulaciones; resultados similares fueron reportados por Benítez en 2008, al formular y evaluar un producto alimenticio tipo galleta con base en la harina de yuca y proteína plasmática de bovino (suero sanguíneo) como alternativa alimentaria para la población. El autor formuló un producto con un buen aporte proteínico (7.4%) y calórico, sin embargo, el contenido

proteínico de los tres tipos de galletas elaboradas es superior al reportado por el mismo autor. En cuanto al contenido de fibra dos de las formulaciones (5:5:1 y 5:1) no presentan diferencias significativas, mientras que la mezcla 2:2:1 estadísticamente es diferente a las otras dos mezclas, esto se debe principalmente a que estas últimas dentro de su formulación presentan harina de trigo integral.



**Figura 1** ■ Perfil de textura de los tres tipos de galletas evaluadas.

## CONCLUSIONES

Por sus características fisicoquímicas y reológicas la harina de suero de leche puede ser utilizada en combinación con otros tipos de harinas, tal es el caso de la de trigo y la de leche de soya en polvo a diferentes proporciones, para la elaboración de galletas, u otros productos, tal es el caso de la panificación, además, por sus características nutrimentales incrementa el

contenido proteínico de las galletas o productos formulados a partir de éste. Las galletas nutricionalmente mejoradas resultantes, presentan una alta aceptabilidad en los consumidores, así como un gran potencial en la alimentación, constituyendo de esta manera una alternativa viable para el aprovechamiento del suero de leche, consiguiendo así beneficios económicos y nutricionales.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Chiapas (Cocytech) y la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por la aportación de los recursos económicos para el desarrollo de este proyecto; a los técnicos académicos de la Escuela de Nutrición de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

#### **LITERATURA CITADA**

**AOAC, 1984**, Official Methods of Analysis, 11th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

**BENITEZ, B., ARCHILE, A., RANGEL, L., BARBOSA, Y., CAMACHO, M., LEAL, M. y MARQUEZ, E.**, 2008, "Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino", en *Interciencia*, 33: 61-65.

**JIMÉNEZ-GONZÁLEZ, J.**, 2005, "Péptidos y proteínas bioactivos de leche", en *Primer simposium de productos lácteos. Alternativas de utilización del suero de leche*, Tabasco, México.

**KORHONEN, H. y MARNILA, P.**, 2003, "Lactoferrin", en Milk Proteins, *Enciclopedia of Dairy Sciences*, Roginsky H., Fucquay J., y Fox, P. F. editors., Elsevier Science Academic Press, EUA.

**VAN-BELZAM, N.**, 2002, "The Role of Lactoferrin in Cancer Prevention", proceedings of *The 26<sup>th</sup> International Dairy Congress*, Paris, France.

**WALZAM-R, L., DILLARD-C, J., y GERMAN-J, B.** 2002, "Whey Components: Millenia of Education Create Functionalities for Mammalian Nutrition: What We Know and What We May Be Overlooking", en *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 42: 353-375.



# Impacto antrópico sobre suelos incipientes en el volcán El Chichón (Chiapas, México)

José Francisco Hernández Morales\*

## RESUMEN

Este estudio se realizó en el complejo volcánico El Chichón, ubicado en la parte norte del estado de Chiapas. Tras un evento eruptivo de gran magnitud, acaecido en 1982, se ha venido desarrollando el suelo y restaurando la vegetación. A más de veinte años de distancia es un espacio natural de gran interés por los procesos de restauración biológica y de desarrollo edáfico que se llevan al cabo de modo activo en sus laderas, base y zonas limítrofes. A lo anterior se añaden las modificaciones debidas a la influencia humana.

El suelo del volcán es poco desarrollado y propenso a degradación debida a la topografía, el factor climático y su uso para actividades contrarias a la vocación del suelo. Se determinó que el uso del suelo del volcán con fines de explotación agrícola tendería a causar su degradación por procesos de erosión, acidificación, toxicidad por acumulación de Al, pérdida de fertilidad por baja capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y endurecimiento. Por lo anterior se propone un uso ganadero extensivo controlado y explorar la posibilidad de desarrollar una actividad ecoturística, por el interés y la belleza natural de la zona de estudio.

**Palabras clave:** Suelos volcánicos, andisoles, degradación de suelos, erosión, efecto antrópico, acidificación del suelo

## ABSTRACT

This study was conducted in the volcano El Chichón, located in the northern part of Chiapas State. After a major eruption

event which occurred in 1982, has been developing the land and restoring vegetation. For over twenty years away is a natural area of great interest for biological restoration processes and soil development being carried out actively in their sides, base and surrounding areas. To this are added the modifications due to human influence.

The volcanic soils are poorly developed and prone to degradation due to topography, climatic factors and their use against soil aptitude.

It was determined that the use of volcanic soil farming purposes would tend to cause degradation by erosion processes, acidification, accumulation of aluminum toxicity, loss of fertility by low cation exchange capacity and hardening. Because of this, it's propose a controlled extensive livestock farming, and exploring the possibility of developing ecotourism, for the interest and natural beauty of the study area.

**Key Words:** Volcanic soil, andisols, soil degradation, erosion, anthropogenic effect, soil acidification.

## INTRODUCCIÓN

Para entender y analizar un ambiente determinado es necesario conocer sus distintas dinámicas ambientales y bióticas, correlacionar sus diversas características físicas y comprender las relaciones e impactos que éstas tienen sobre el ecosistema. Desde del punto de vista biológico la vegetación es la base de todo ecosistema, sin embargo, el desarrollo y diversificación vegetal son procesos que dependen directamente del suelo, sus características, nutrientes y desarrollo.

\*Calle Comaleras No. 8, Priv. Misión de las Rosas, int "J", San Cristóbal de las Casas, Chiapas (01967)6786510  
biolpaco80@gmail.com

La edafogénesis es el proceso de formación del suelo, depende directamente de cinco factores: material parental, clima, temporalidad, relieve y actividad biológica y/o microbiana; dichos factores trabajan conjuntamente para desarrollar un suelo a partir de la roca o material parental, en este sentido el tipo material parental condiciona desde un primer momento la dirección del proceso edafogénico. Se debe considerar, además, el tipo de relieve y el clima que existan en el área, aunado a lo anterior la actividad biológica que juega un papel determinante en el desarrollo del suelo; estos factores actúan de modo conjunto, durante el tiempo van fracturando, modificando la estructura física y química del material parental original, añadiendo nutrientes, fortaleciendo la estructura del suelo incipiente, creando finalmente la matriz del suelo que se dividirá en varias capas superpuestas denominadas horizontes, siendo A el superficial y C el más profundo –que consiste básicamente en el material parental. La estructura del suelo se estudia en base al desarrollo de estos perfiles, y en suelos de origen volcánico, como los que se presentan en el volcán El Chichón, pueden repetirse estructuras completas superpuestas, ya que cada proceso eruptivo deposita una nueva capa de ceniza, tefra y/o material magmático, que a partir de ese momento inicia un nuevo proceso edafogénico como material parental.

De modo análogo a la edafogénesis se desarrolla el proceso biológico denominado sucesión ecológica, partiendo de un ambiente recientemente afectado por algún proceso físico que haya acabado con la vegetación nativa –como es el ejemplo de un proceso eruptivo de gran magnitud. El nuevo ambiente será prontamente colonizado por las denominadas especies colonizadoras, representadas por briofitas y hepáticas; a continuación sobre el suelo modificado por estos organismos y enriquecido por sus componentes reabsorbidos por la matriz del suelo, surgen las colonizadoras primarias, herbáceas, gramíneas y



algunas pocas arbustivas, en secuencia seguirán siendo desplazadas las especies colonizadoras por las colonizadoras secundarias y finalmente las especies tardías, que son aquellas que presentan mayor necesidad de suelos desarrollados.

Así como la acción biológica sobre la estructura del suelo tiende a ser positiva, también la acción de especies vegetales, que difieren de las nativas, puede causar alteraciones sobre el suelo, que van desde moderadas a muy sensibles, ocasionando una degradación edáfica considerable; en el caso de las relaciones existentes entre los seres humanos y el suelo el proceso degradativo puede verse catalizado por efecto de las diversas actividades productivas que se realizan tomando como base el suelo.

El suelo con estructura poco desarrollada debe manejarse con muchas precauciones para evitar la degradación edáfica por erosión de cualquier tipo, especialmente en regiones de relieve accidentado, pendientes pronunciadas y/o con tendencia a altos niveles de precipitación y fuertes corrientes de aire; el hecho de remover la vegetación nativa, que suele estar representada por gramíneas, ocasiona que se pierda el efecto benéfico de sus raíces sobre el suelo

en desarrollo; el establecimiento de monocultivos a lo largo de varios años, tiende a ocasionar pérdida de nutrientes específicos del suelo, lo que se traduce a una baja en la fertilidad del mismo; además de esto, en suelos con composición ferromagnesiana o con altos contenidos de aluminio –que se refleja en la presencia de alófono– se puede presentar un acelerado proceso de acidificación, que se acentúa si se combina con malas prácticas de cultivo, como es el uso de fertilizantes amoniacales.

Tomando en cuenta este breve acercamiento a las interrelaciones existentes entre suelo–vegetación–actividad humana, es factible comprender la importancia de analizar los impactos que el efecto antrópico tiene sobre los procesos dinámicos de formación y desarrollo de suelos.

El desarrollo del presente trabajo –como de otros similares– tiene la proyección para servir de base a futuras investigaciones, como fundamento a proyectos de delimitación y planeación del uso del suelo y como antecedente a trabajos similares que se requieren con tanta urgencia en muchas regiones de nuestro estado, en particular, y México en general.

## METODOLOGÍA

Este proyecto de investigación se desarrolló a lo largo de tres años en los que se visitó periódicamente el área de estudio. Se trabajó básicamente en dos etapas: la primera consistió en colecta de muestras de suelo y vegetales en el complejo volcánico, determinaciones edáficas principales *in situ* y en laboratorio e identificación del material biológico; la segunda parte consistió en trabajo de gabinete en el que se sistematizó la información. Se establecieron las correlaciones entre los procesos de degradación edáfica estudiados en otras áreas, con los datos físicos y químicos del suelo del volcán, y con los datos de vegetación obtenidos; cabe destacar que el breve listado de especies vegetales que se presenta líneas abajo, es el primero de su tipo en el área del volcán tras el evento en 1982.

De modo breve se describe el diseño metodológico–experimental con el que se desarrolló este trabajo:

### Muestreo edáfico

Se designaron cuatro regiones de muestreo en el complejo volcánico El Chichón: base del complejo volcánico; laderas bajas; laderas altas y cañadas, la designación obedeció a las características geomorfológicas del área de estudio, ya que se pretendió establecer variables altitudinales y de relieve. No se realizó perfil en el cráter de 1982 por la poca/nula acumulación de suelo y ausencia de perfiles definidos, por lo que se designó al cráter como misceláneo rocoso.

Se realizaron perfiles edáficos completos en cada una de las zonas de muestreo, determinándose el tipo de horizontes y la profundidad de los mismos.

La posición de cada perfil se georeferenció

Se colectó suelo (500 g) de cada horizonte de cada perfil realizado, así como rocas de las inmediaciones para determinar asociaciones minerales y paragénesis.

Las determinaciones *in situ* se realizaron en el mismo momento que se colectó cada muestra.

### Muestreo vegetal

Se designaron cuatro zonas de muestreo en el área de estudio, del volcán Chichón: base del complejo volcánico; laderas del volcán, cañadas y cráter de 1982, se determinaron dichas regiones con base en cambios visibles en la diversidad y densidad vegetal. Para realizar la colecta se establecieron cuadrantes de 5 x 5, dentro de los mismos se seleccionó a los especímenes más representativos de cada zona, se fotografiaron y se tomó la muestra. La posición de cada cuadrante fue georeferenciada.

Las muestras fueron montadas en prensas botánicas, desecadas y posteriormente identificadas.

### **Determinaciones edáficas**

Se realizaron las principales determinaciones edáficas *in situ* y en el Laboratorio de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente de la Unicach (LCTyMA–Unicach):

Color (Munsell); *in situ*, muestra húmeda y seca, laboratorio, muestra húmeda y seca.

-Materia Orgánica (Walkley-Black): laboratorio

-% de Carbono (Walkley-Black): laboratorio  
-Alófono (Fieldes y Perrot): *In situ* y laboratorio

-Textura (Bouyoucos): laboratorio

-Densidad aparente y densidad real: laboratorio

-% de porosidad: laboratorio

-% de C, Ca<sup>+</sup> y Mg<sup>+</sup>: laboratorio

### **Identificación del material vegetal**

Se identificó el material vegetal colectado y se corroboró cada determinación con apoyo del herbario de El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Unidad San Cristóbal de Las Casas.

### **Trabajo de gabinete**

En este punto se realizaron una serie de actividades con la finalidad de determinar los destinos más probables del desarrollo del suelo, además de realizar predicciones sobre el curso del proceso edafogénico si se realiza un manejo sustentable del recurso y si se permite el desarrollo de diversas actividades perjudiciales para el mismo.

En primer lugar se desarrolló un exhaustivo proceso de documentación referente a los diferentes procesos de *degradación de suelos vol-*

*cánicos*, sobre las características fisicoquímicas diferenciales de los suelos de origen volcánico, y de las metodologías de manejo y restauración de suelos volcánicos bajo sistemas de aprovechamiento agrícola.

Se sistematizó la información documental y la experimental para determinar los tipos de suelos presentes en el área de trabajo.

Se realizaron correlaciones para determinar la probable evolución y desarrollo de los suelos del volcán bajo distintos tipos de manejo de la zona de estudio.

### **RESULTADOS**

El volcán El Chichón (también conocido como Chichonal) es un complejo volcánico poligenético, que como tal ha presentado numerosos episodios de actividad eruptiva a lo largo de los últimos 8 mil años. De estos procesos eruptivos se tiene muy bien estudiado y documentado el evento de 1982, del cual se presentan los siguientes datos básicos:

1. El volumen total de material arrojado fue de 0.45 Km<sup>3</sup> (según el método de isopacas) y 18.4 x 10<sup>6</sup> ton de piroclastos.
2. Su magnitud explosiva fue de 4 grados según la Escala de Newhall y Self
3. Según la escala de Tsuya, presentó un grado de explosividad de 6.
4. El área afectada por los productos volcánicos cubrió el 30% de la superficie del estado de Chiapas.
5. La mayor parte del material arrojado fue dispersado a una distancia máxima de 130 km en dirección del viento.
6. La mayor parte del volumen de material arrojado es material juvenil y sólo un 4% corresponde a material preexistente.
7. Aunque el tercer evento eruptivo fue el mayor en magnitud y energía liberada, la emisión en volumen de tefra entre la primera y tercera erupciones es más importante.



8. El grado de explosividad alcanzado por El Chichón lo sitúa entre los pocos (184 hasta 1983) que han alcanzado al menos un VEI=4.

9. El volcán El Chichón alcanzó un grado de explosividad similar al Jorullo y volcán de Colima, pero su volumen de material arrojado es cinco veces mayor (Canul-Dzul R. F., *et al.*, 1983).

Las erupciones del pasado brindaron gran cantidad de información útil para el presente estudio, permitieron determinar la homogeneidad de los productos expelidos; todos productos juveniles (pómez) con una composición traquiandesítica con pocas variaciones químicas importantes, cristales (hornablenda y plagioclasa) y fragmentos de vidrio. Situación que permitió establecer generalizaciones sobre el material expelido por el último evento eruptivo y, por tanto, conocimientos respecto a la probable dirección de la evolución del suelo y, más importante aún, permitió establecer, con un alto margen de confianza, el material parental para el desarrollo del nuevo suelo. El análisis mineral

y de perfiles de suelo vino a corroborar tal apreciación, típicamente minerales asociados a andesitas con altos contenidos de hornablenda y alófono, rocas plutónicas de características ferromagnesianas, conformación típica de materiales derivados de magmas ácidos.

### **Clasificación de los suelos del volcán El Chichón**

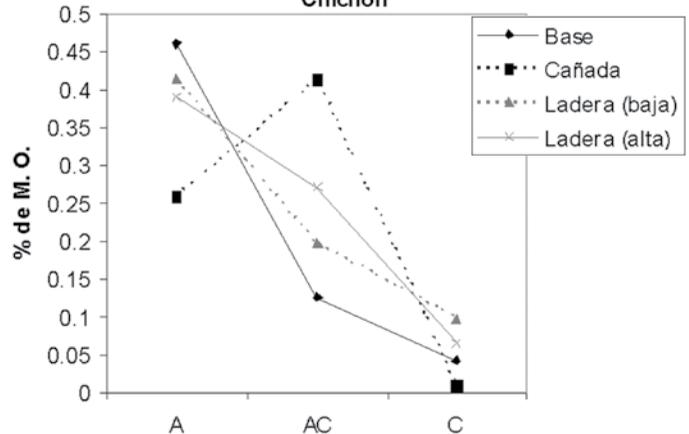
El primer punto indispensable fue determinar la composición del material parental a partir del cual el proceso edafogénico inició; la temporalidad no fue un problema, pues se consideró el tiempo transcurrido a partir de la última actividad de importancia, es decir veintiséis años (desde abril de 1982 hasta junio de 2008). Respecto a los otros factores, se pudo determinar que el relieve no ha sufrido modificaciones drásticas posteriores al evento ya mencionado, aunque el edificio volcánico sí sufrió una alteración considerable debida a la erupción de 1982, perdiendo un domo emplazado sobre el cráter antiguo y, con él, cerca de 75 m de altura. Es válido decir, por tanto, que el relieve de formación

de los suelos superficiales del volcán Chichón presenta pendientes muy marcadas, agrietamientos radiales que recorren toda la estructura del complejo volcánico, partiendo del cráter, con profundidades que van de unos pocos a decenas de metros y que han condicionado el desarrollo del suelo y causado una heterogeneidad muy marcada, a grado tal que se designó una zona de muestreo denominada cañadas del volcán.

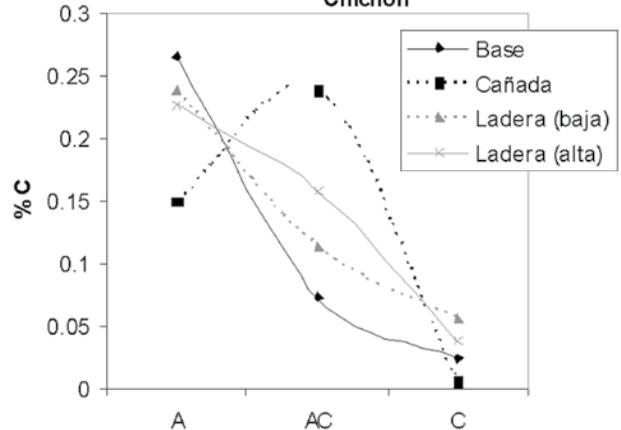
El clima de la región es cálido-húmedo con lluvias abundantes en verano, que en la clasificación de Koeppen corresponde a las siglas Af -A(C) f(m) semicálido con lluvias todo el año, según la corrección de García. Los índices de precipitación indican una región muy húmeda con niveles promedio de 4,029.4 ml anuales, la temperatura promedio oscila sobre los 26.4 °c, en una zona determinada isotermal (Pérez-Jiménez y Sarukhan-Kermes, 1970). Bajo estas características de humedad, clima cálido y relieve accidentado se han ido desarrollando el suelo, y los procesos biológicos de sucesión ecológica, no es de extrañar que este suelo, que fue clasificado como *andisol incipiente* (o inceptisol tendiente a andisol), desarrolle una marcada tendencia hacia la acidificación, sea propenso a mantener una vegetación tropical nativa, de plantas poco extractivas y presente una matriz con grandes contenidos de alófono. Estas condiciones ambientales también propician el desarrollo de una estructura muy porosa, compuesta por altos porcentajes arenosos, buen drenaje y capacidad de retención de agua, que favorece el desarrollo de especies representantes de la *fam. Phaceace* que, a su vez, mantienen la estructura del suelo gracias al efecto benéfico de sus raíces. Este régimen climático hace al suelo susceptible de sufrir grandes pérdidas de material edáfico por procesos erosivos debidos, y aumentados, por la conformación geomorfológica del edificio volcánico, el relieve accidentado y la alta precipitación anual.

Por medio de los análisis de perfiles de suelo, la interpretación de las observaciones *in situ* y los análisis de

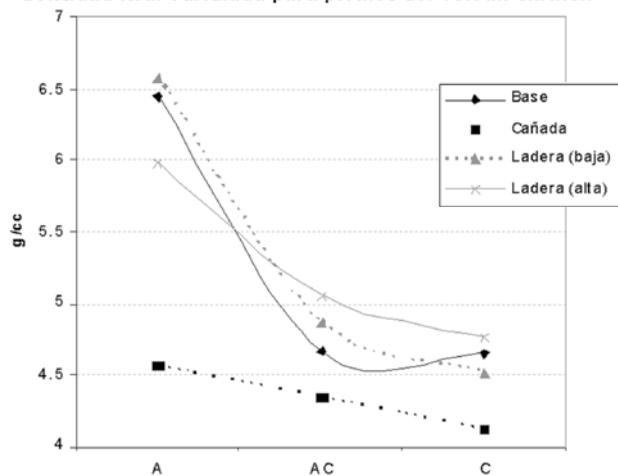
% de Materia Orgánica en Perfiles del Volcán Chichón



% de Carbono en perfiles realizados en el Volcán Chichón



Densidad Real calculada para perfiles del Volcán Chichón



laboratorio se logró clasificar al suelo como *incipiente andisol*, a continuación se presentan los gráficos más representativos.

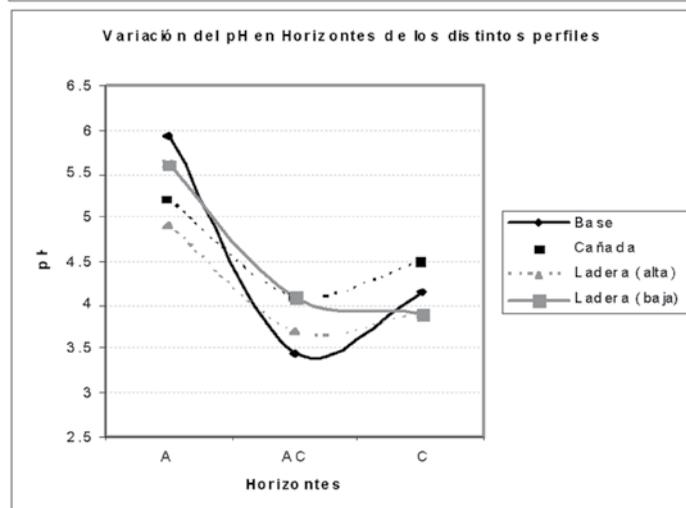
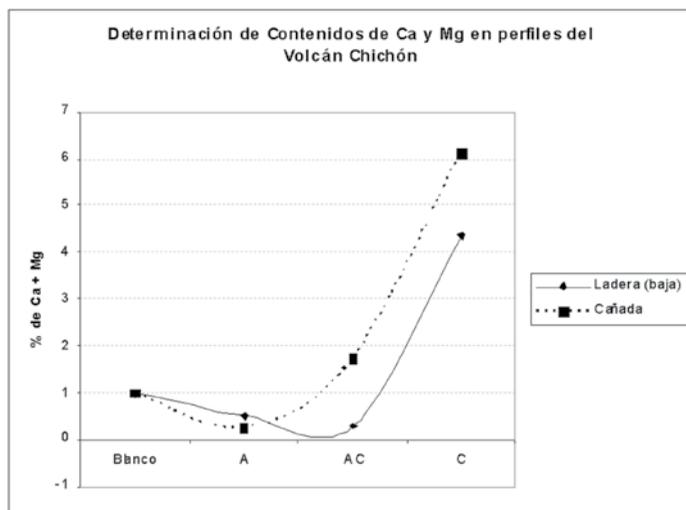
Es notorio el hecho de que, en los distintos perfiles, se haya podido apreciar cierto grado de regularidad entre las determinaciones realizadas, siendo el perfil realizado en la cañada el que presentó datos con ligera divergencia respecto a los demás perfiles. Se tenía planificado realizar un perfil en el cráter, sin embargo, fue imposible determinar horizontes y coleccionar muestras del mismo, por lo que fue declarado “misceláneo rocoso”, la profundidad –y existencia- de los horizontes AC y C fue prácticamente nula.

Como se aprecia en las gráficas se encontraron características determinantes que, junto con el análisis de factores edafogénicos, permitieron realizar la clasificación de los suelos del volcán El Chichón y, a partir de este punto, analizar la diversidad vegetal que cubre su superficie, determinar los daños más serios que el efecto antrópico podría ocasionar si no se desarrolla un sistema integral de manejo del recurso edáfico y predecir los posibles caminos que podría tomar un proceso degradativo en los suelos incipientes del volcán.

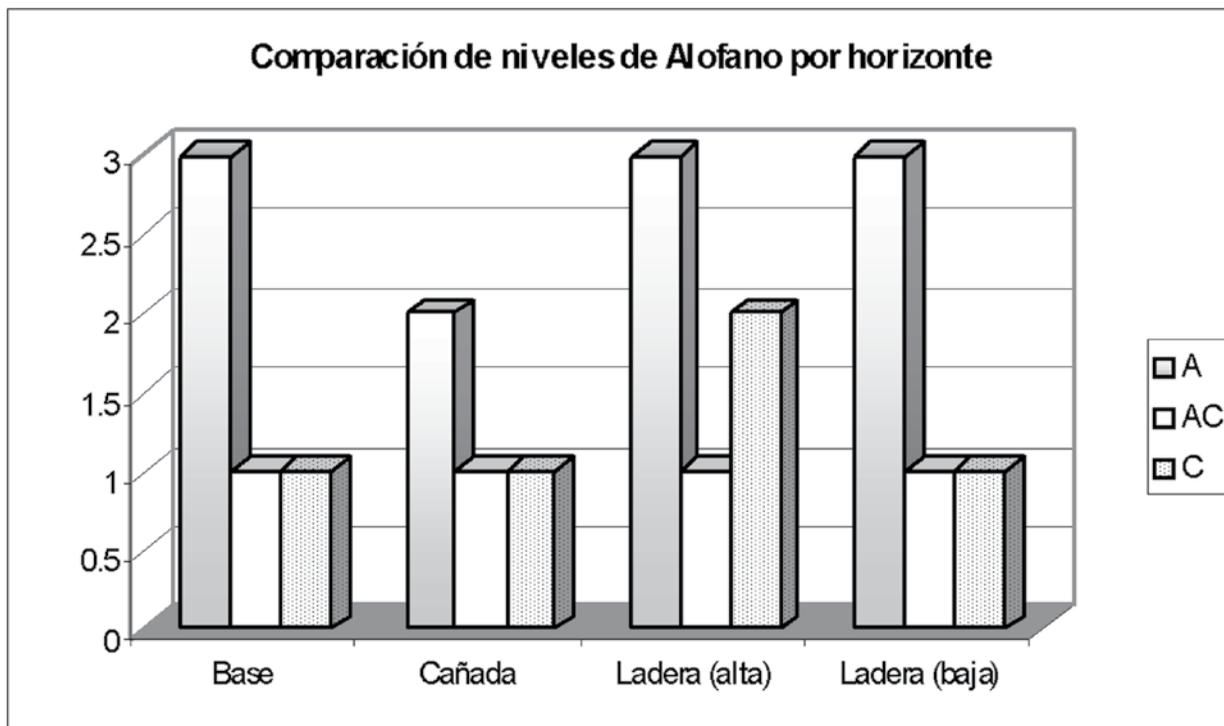
#### DETERMINACIÓN DE LA VEGETACIÓN EXISTENTE

Con el método de muestreo vegetal, realizado en las áreas ya comentadas, del volcán El Chichón fue posible obtener los primeros datos experimentales y comprobables de vegetación del volcán, en particular, y de la región en general –ya que los únicos datos disponibles son previos al evento eruptivo de 1982.

Se obtuvieron datos de diversidad y abundancia de las especies identificadas, con lo que se logró determinar un comportamiento similar al observado en el caso de los suelos; la zona de muestreo atípica resultó ser el cráter, en el que la diversidad vegetal disminuyó drásticamente respecto a lo observado en las otras tres zonas de muestreo designadas, en



este punto en particular. Resulta útil comentar que las cañadas presentaron una tendencia a demostrar mayor diversidad, pero sobre todo, una mayor densidad vegetal, lo cual se puede atribuir a la acumulación de suelo que proviene de las laderas del edificio volcánico, transportado por arrastre hídrico y erosión laminar, que se traducen en una mayor profundidad de los horizontes superficiales por acumulación de suelo en el interior de las cañadas, causando un notorio efecto benéfico sobre



el crecimiento de las plantas; añadido a lo anterior, cabe destacar una ligera disminución térmica y un perceptible aumento de la humedad en el interior de las cañadas más profundas.

El listado vegetal del complejo volcánico El Chichón demostró datos acordes a lo esperado; la presencia predominante de colonizadoras primarias, pioneras y vegetación marginal, lo cual sirvió para corroborar las conclusiones sobre la presencia de suelos con poco grado de desarrollo. Como se puede apreciar en la tabla de resultados (presentada líneas atrás), que incluye el listado vegetal y la ubicación de las distintas especies catalogadas.

Es de notar el hecho de haber encontrado una especie arbórea marginal, representada por el *Pinus maximinoi*, distribuida en todas las áreas de muestreo del volcán, incluso en el interior del cráter, con sus raíces bañadas de modo semi-perenne por el agua del lago cratérico, que suele exhibir un comportamiento ácido, de ligero a moderado.

#### **EL EFECTO ANTRÓPICO ACTUAL, A CORTO Y MEDIANO LAPSO**

El tema central del presente trabajo fue analizar el impacto de las actividades humanas sobre los suelos en desarrollo del volcán El Chichón, los posibles usos sustentables del recurso edáfico y los daños derivados de hacer un mal uso del mismo. En primer lugar se determinó que las áreas más amenazadas se encuentran distribuidas en la base del complejo volcánico, ya que son terrenos menos accidentados y de fácil acceso, aledaños a poblaciones asentadas en la periferia del volcán. Sin embargo, se pudo discernir que los mayores daños no serían localizados en estas zonas, sino en las laderas del volcán, estas superficies presentan características geomorfológicas que las hacen extremadamente vulnerables a sufrir daños por erosión laminar, hídrica y eólica si sufren la remoción de su cobertura vegetal nativa. Las cañadas no representan riesgos altos, al momento, ya que son áreas de desagüe y tienden a formar arroyos

Plantas encontradas, según zona, en el Volcán El Chichón						
Especie vegetal			Zona de muestreo			
			Base del complejo V.	Complejo Volcánico	Cañadas del Volcán	Cráter de 1982
Familia	Género	Especie	93°16'20.5" O 17°20'31.5" N	93°16'15.1" O 17°21'05.0" N	93°16'41.9" O 17°21'48.1" N	93°16'55.9" O 17°22'0.79" N
	<i>Chelianthes</i>	<i>farinosa</i>		X		X
<i>Arecaceae</i>	<i>Astrocarium</i>	<i>mexicanum</i>	X	X		
<i>Bromeliaceae</i>	<i>Pitcairnia</i>	<i>sp</i>	X	X	X	
<i>Ericaceae</i>	<i>Gaultheria</i>	<i>odorata</i>		X	X	
<i>Gleicheniaceae</i>	<i>Sticherus</i>	<i>bifidus</i> (Willd.)	X	X	X	
	<i>Gleichenella</i>	<i>pectinata</i>		X		X
<i>Lycopodiaceae</i>	<i>Liabum</i>	<i>discolor</i>		X	X	
	<i>Lycopodium</i>	<i>cernuum</i>	X	X		X
		<i>sp</i>		X		X
	<i>Lycopodiella</i>	<i>cernua</i>	X	X		X
<i>Orchidaceae</i> <i>Epidendroideae</i>	<i>Epidendrum</i>	<i>radicans</i>		X	X	
	<i>Sobralia</i>	<i>macrantha</i>		X	X	
		<i>decora</i>		X	X	
<i>Poaceae</i>	No determinado	No determinado	X	X	X	X
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus</i>	<i>maximinoi</i>	X	X	X	X
<i>Sapindaceae</i>	No determinado	No determinado	X	X	X	
<i>Verbenaceae</i>	No determinado	No determinado	X	X	X	

de temporal, por esta razón es poco factible que se haga un uso sostenido del terreno con fines agrícolas, aunque sí se observó que son áreas de tránsito de ganado, actividad que en el futuro puede causar compactación del suelo y pérdida de la capacidad de retención de agua y de porosidad.

Los principales usos del suelo observados en la zona de estudio, y sus inmediatos alrededores, fueron el pastoreo extensivo de ganado vacuno, que comprende la base del complejo volcánico, las faldas del volcán y la parte baja de las laderas, donde la pendiente aún no es tan pronunciada como en la mitad superior del edificio

volcánico, y el desarrollo agrícola de monocultivos extensivos y no mecanizados, primordialmente en la base y la periferia de las comunidades establecidas en vecindad del volcán El Chichón, además del cultivo de pasto forrajero que se ubica de modo heterogéneo en la totalidad de la superficie del volcán, exceptuando el cráter de 1982 y el espacio existente entre dicho cráter y el emplazamiento del domo –que fue derruido por la actividad eruptiva más reciente.

Debido a la, relativamente baja, densidad poblacional asentada en las cercanías del volcán, los daños relativos a la influencia humana, fueron considerados

moderados, sin embargo se presenta –de la misma manera que en muchas regiones del estado- una notoria tendencia demográfica creciente, misma que habrá de impactar, a corto plazo, la estructura del suelo en desarrollo del volcán, ante un aumento en la densidad poblacional que habite en las inmediaciones del volcán. Existirá evidentemente la necesidad de abarcar una mayor superficie con fines productivos, un uso extensivo del terreno se traduce en la alteración, cambio o desaparición de la cobertura vegetal nativa, lo que habrá de acelerar el problema de pérdida de material del suelo por erosión e intemperismo –problema que es perceptible al día de hoy.

Datos presentados por proyectos relacionados al presente, que manejan mapas del volcán por S.I.G., reportan un preocupante crecimiento de los asentamientos humanos en la periferia del volcán. Como un dato de interés adicional, se reportó que el material subyacente a la roca ígnea está constituido por bloques sedimentarios del terciario, predominantemente de composición lutítica y kárstica, los cuales son extremadamente sensibles al deterioro hídrico, causando serios deslaves y hundimientos en las cercanías del emplazamiento volcánico.

#### **POSIBLES TIPOS DE DEGRADACIÓN EDÁFICA**

##### **ATRIBUIBLES AL IMPACTO DEL EFECTO ANTRÓPICO**

Se determinó que los principales tipos de degradación edáfica se pueden incluir en cinco clasificaciones:

#### **1. Pérdida de suelo por erosión (en sus diversos tipos)**

Tal como se comentó líneas atrás, la pérdida de suelo por erosión es la problemática más compleja, y probable, que puede impactar el suelo del área de trabajo.

El suelo incipiente que se presenta, tiene como característica primordial una estructura porosa, arenosa y poco desarrollada, misma que enfrenta en el intemperismo y erosión su principal riesgo.

Este suelo suele ser estable mientras se mantenga una adecuada capa vegetal superficial, ya que las raíces de las herbáceas nativas tienden a servir de anclaje a los *peds* del suelo, al ser retirada ésta para iniciar cualquier tipo de aprovechamiento de este suelo, la superficie expuesta es rápidamente intemperizada y sufre erosión laminar, misma que se agrava bajo regímenes de precipitación altos, como es el caso del área donde se ubica el volcán El Chichón.

#### **2. Acidificación del suelo**

Los procesos de acidificación del suelo están estrechamente relacionados con la porción de minerales amorfos (alófono) presentes en la matriz del suelo; para el suelo del complejo volcánico El Chichón se determinaron altas concentraciones de alófono. Los procesos de acidificación comienzan entonces, debido a la precipitación, se presenta un lavado y arrastre de bases, que serán substituidas por el catión  $H^+$ , aumentando la concentración de iones  $H_3O^+$  en la porción húmeda de la matriz del suelo, además de presentarse y/o establecerse monocultivos extractivos, pueden acelerar este fenómeno al extraer bases catiónicas más rápido de lo que éstas son reintegradas al suelo, o de modo más crítico, la acidez se presenta por la aplicación de fertilizantes de tipo amoniacal que acidifican el suelo debido a las bases libres que dejan disponibles para su absorción radical (bajo condiciones de alta humedad) y los contenidos de nitrógeno que dejan como residuo. En adición a esto se menciona el riesgo de afectar la fertilidad del suelo por aumento en la concentración de aluminio, parte integral de las alófonas amorfas del suelo que se puede liberar en respuesta al lavado de bases.

#### **3. Merma, o pérdida, de la C.I.C., con el consiguiente declive de la fertilidad**

La alta Capacidad de Intercambio Catiónico

(C.I.C.) es una característica fundamental de suelos conservados y con buenos niveles de fertilidad; la disminución de C.I.C. es un proceso de evolución común en suelos volcánicos, suele presentarse conforme el suelo se desarrolla y pasa de la madurez a la senilidad. Se presenta como una tendencia natural a formar agregados amorfos, que ocasionan una fuerte retención de cationes metálicos y dificultan su absorción por parte de las plantas. No obstante que sea una tendencia normal, numerosas prácticas pueden acentuar este proceso, transformando en pequeño espacio de tiempo la estructura del suelo y ocasionando un declive muy marcado de su fertilidad. En el caso particular del volcán El Chichón, los altos índices de alófono encontrados y reportados hacen temer que este efecto se presente, causando graves daños ecológicos y perjuicios económicos para las poblaciones que realicen la práctica agrícola de monocultivos como medio primario de subsistencia.

#### **4. Pérdida de la capacidad de absorción hídrica, por alteración de la porosidad del suelo, Capacidad de Infiltración (C.I.) y endurecimiento del suelo**

Si un suelo poroso sufre alteraciones en su estructura por malas prácticas de irrigación y/o el tránsito continuo de animales u objetos pesados, se tiende a sufrir compactación, afectando la capacidad del mismo para absorber agua e incorporarla a su matriz (C.I.) y causando un proceso de desecación de los horizontes no superficiales. Este proceso también puede derivar de la labranza continua, ya que al ser realizada se fragmenta el suelo, se altera su estructura y se afecta su capacidad de infiltración (C.I.), cambiándose la estructura y distribución de los microporos del sistema edáfico y se causa una degradación de la capacidad de absorción y conservación de la humedad al interior de la matriz del suelo.

#### **5. Pérdida de nutrientes**

Es conocido que el establecimiento de la práctica agrícola de monocultivos en suelos de origen volcánico tiende a causar un desbalance en la dinámica natural de absorción-reposición de macro y micronutrientes, al ser el primer proceso más acelerado que el segundo, prontamente se alcanza un estado de falta de nutrientes en el suelo, nutrientes que pueden ser los factores limitantes para el crecimiento de algunas especies vegetales, además de esto se pueden formar agregados amorfos (en reacción con alófono) sumamente estables que incorporen a diversos elementos y causen una marcada disminución de los índices de disponibilidad de estos para la nutrición vegetal. Los metales alcalinos son los más drásticamente afectados por de este tipo de deterioro de suelos, ya que muestran una marcada tendencia a disminuir conforme se desarrollan y se hacen seniles, en los suelos de tipo *andisol* (que es al que tiende el volcán chichón), bajo sistemas de monocultivo de plantas extractivas de minerales catiónicos y/o metales alcalinos, el problema se puede agravar de modo muy notorio.

#### **PROPUESTA DE MANEJO SUSTENTABLE PARA EL ÁREA NATURAL DEL VOLCÁN EL CHICHÓN Y SUS ZONAS ALEDAÑAS**

Tomando en cuenta las características de los suelos presentes, clima, desarrollo del proceso de sucesión ecológica y buscando algún punto de empatía con las necesidades de las comunidades que se han establecido en las inmediaciones del volcán El Chichón, se proponen los siguientes puntos como un primer acercamiento hacia un plan general de manejo sustentable de los recursos edáficos del complejo volcánico El Chichón:

Los suelos del volcán El Chichón son poco desarrollados, presentan una marcada tendencia a evolucionar

en andisoles y están llevando a cabo su proceso edafogénico bajo condiciones tropicales con altos índices de humedad y precipitación, lo cual los convierte en suelos sin vocación agrícola, por lo que debe evitarse *a priori* su uso para actividades de este tipo.

Desde que la labor agrícola se convierte en una necesidad para la manutención de las comunidades que habitan esta región del estado, sería factible realizar actividades agrícolas en las áreas aledañas al volcán, ubicadas en un radio superior a los 3.7 kilómetros, ya que esto deja los terrenos fuera del edificio volcánico (datos determinados por S.I.G.). Sin embargo, se recomienda ampliamente desarrollar únicamente cultivos de autoconsumo, evitar el establecimiento de monocultivos, especialmente aquellos muy extractivos como es el caso del maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y/o papa (*Solanum tuberosum*), entre otros.

Las actividades ganaderas son factibles, siempre y cuando se lleven al cabo de modo moderado, cuidando de no sobrepasar la capacidad de carga del sistema y del suelo, esto se puede conseguir evitando el uso exclusivo y sostenido de espacios cerrados, para pastoreo de ganado pesado; evitando, en medida de lo posible, el tránsito diario del ganado por las mismas vías, el cambio de vegetación nativa por pastos forrajeros y favoreciendo el cambio de ganado vacuno por alguno de menor peso. Es de vital importancia resaltar que no se recomienda ningún tipo de ganadería intensiva, y se debe delimitar el espacio en el que es viable realizar estas actividades extensivas, evitando su realización en áreas con pendiente pronunciada (mayor a 30°).

El tipo de suelo, y la vegetación de las elevaciones aledañas al edificio volcánico, que no sufrió alteraciones tan directas en el evento eruptivo de 1982, permiten presumir que al avanzar el proceso de sucesión ecológica, será factible planificar un aprovechamiento forestal controlado, ya que al momento no existen aún colonizadores tardíos que puedan ser utilizados como recurso maderable.



Uno de los usos sustentables, para esta región natural, que no ha recibido la atención adecuada, es el potencial ecoturístico; sin embargo, un aprovechamiento ecoturístico obligaría una alta inyección de recursos económicos, para tecnificar y mejorar la infraestructura carretera, de servicios, difusión y, especialmente, de instrumentación del volcán, con el fin de lograr garantizar la seguridad de los visitantes, además de implementar métodos de prevención como simulacros de evacuación. Un desarrollo ecoturístico debería favorecer y fortalecer proyectos de estudio y monitoreo de este volcán activo, de gran interés histórico, científico, biológico y enorme belleza.

#### CONCLUSIONES

El recurso natural representado por el complejo volcánico El Chichón es de enorme importancia, constituye un área de gran interés científico y social, presenta diversos problemas para su conservación y manejo sustentables. La actividad humana, que ahora mismo se realiza sobre su superficie de modo

indiscriminado y descontrolado, tiene la capacidad de degradar el suelo en desarrollo del mismo, sin embargo, con una adecuada planeación, monitoreo y estudio puede ser un atractivo sustentable y generar ingresos económicos que se traduzcan en mejoras para la población que habita en sus márgenes. Es necesario establecer una adecuada planeación del uso del suelo, determinar de modo físico, que zonas del mismo tienen potencial de uso productivo y cuáles no, delimitar las zonas de acceso restringido y evitar el desarrollo de actividades contrarias a la vocación del suelo, abstenerse de desarrollar actividades agrícolas en la totalidad de su superficie y vigilar la actividad ganadera, buscando evitar y, llegado el caso, frenar y restaurar el daño causado a la estructura edáfica del mismo.

Con el desarrollo de proyectos similares al que aquí se ha presentado se pretende dar difusión a inquietudes conservacionistas, demostrar la factibilidad de desarrollar metodologías de manejo sustentable de los recursos naturales y métodos para evaluar los daños producidos por influencia humana sobre el medio ambiente.

#### AGRADECIMIENTOS

A todos los compañeros del laboratorio que compartieron los viajes y muchas horas de trabajo. Al personal del Herbario del Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), unidad San Cristóbal de Las Casas, por su desinteresado apoyo al proyecto.

Finalmente, pero no por ello menos importante, al comité redactor de la revista *Lacandonia*, por ser un medio para difundir los avances científicos de nuestra entidad.

#### LITERATURA CITADA

**CANUL-DZUL R. F., RAZO-MONTIEL A., ROCHA-LÓPEZ V.**, 1983, "Geología e historia volcánica del volcán El Chichonal, estado de Chiapas", en *El volcán El Chichonal*, UNAM-Instituto de Geología, México, D.F.

**CANUL-DZUL R. F., ROCHA-LÓPEZ V.**, 1981, "Informe geológico de la zona geotérmica del Chichonal. Chiapas", en *Comisión federal de electricidad, informe 32-81 inédito*, México D.F.

**CASANOVA P.**, 1997, *Fertilidad de suelos, su manejo en la producción agrícola*, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía.

**PÉREZ-JIMÉNEZ L. A., SARUKHÁN-KERMES J.**, 1971, "La vegetación de la región de Pichucalco, Chiapas", compilado en *Lecturas Chiapanecas no. 6*.

**CERVANTES-BORJA J., OROZCO-CHÁVEZ F., MEZA-SÁNCHEZ M., TRICART J.**, 1983, *Determinación preliminar de los daños causados al medio natural por las erupciones del volcán Chichonal*, UNAM-Instituto de Geología, México D.F.

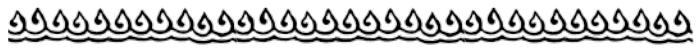
**CLARKE J.**, 1988, *Caracterización, degradación y uso de los suelos con un fin: el desarrollo sostenible*, publicado por Universidad de Almería, España.

**DE LA LLATA R. R., GUTIÉRREZ-COUTIÑO R., MORENO-CORZO M., BUCHELLI G., CANTARFAN J. G.**, 1979, *Geología y tectónica del sureste mexicano, principalmente del norte de Chiapas (zona Peñitas-Chicoasén-Itzantún)*, UNAM-Instituto de Geología, México, D.F.

**FAO-PNUMA**, 1998, *Suelos y fertilización*. Ed. Trillas s.l.

- FAO**, 2001, *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, publicado por Mundi-Prensa Libros, s.l.
- RAMOS-HERNÁNDEZ S. G.**, 2007, “Los cambios ambientales del volcán Chichón, a 25 años de su erupción”, en *Volcán El Chichón: veinticinco años después. Conferencia conmemorativa*, publicación especial no. 6, Instituto de Geología, UNAM, México.
- , 2007, “Regeneración de suelos en el área del volcán Chichón, estado de Chiapas, México”, en *Volcán El Chichón: veinticinco años después. Conferencia conmemorativa*, publicación especial no. 6. Instituto de Geología–UNAM, México.
- RICHTERS, E. J.**, 1995, *América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*, publicado por Agroamérica, ISBN 929039272X, 9789290392729.
- SADZAWSKA M., SANFELIU T., JORDÁN M., BOIX A.**, 2008, *Contaminación y medio ambiente*, publicado por Universitat Jaume I., Castellón, España.









# Semillas utilizadas para elaborar artesanías lacandonas en Chiapas, México

Carlos R. Beutelspacher Baigts\*

## RESUMEN

Se identifican, caracterizan, e ilustran, las principales especies botánicas cuyas semillas utiliza la comunidad lacandona en la selva del mismo nombre en el estado de Chiapas, México, para la elaboración de artesanías, principalmente collares y pulseras. Éstas pertenecen a las siguientes especies: ARECACEAE: *Sabal mexicana* Martius, *Desmoncus orthacanthos* Mart.; Cannaceae: *Canna edulis* Ker. y *Canna indica* L., fabaceae: *Enterolobium cyclocarpum* (Jack.) Griseb, *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb., *Entada gigas* (L.) Fawc. & Rendle, *Rhynchosia precatoria* (H. & B. ex Willd.) DC., *Mucuna sloanei* Fawcett & Rendle y *Mucuna argyrophylla* Standley, *Ormosia macrocalyx* Ducke y *Ormosia schippii* Pierce ex Standley & Steyermark, *Oxyrhynchus trinervius* (Donn. Sm.) Rudd. Poaceae: *Coix lacryma-jobi* L., y Sapindaceae: *Sapindus saponaria* L.

**Palabras Clave:** artesanías, semillas, lacandonas, Chiapas, México.

## ABSTRACT

The main botanical species of which seeds are being used by the Lacandon Community in the jungle of the state of Chiapas for the craftwork making (mainly necklaces or bracelets) are identified, characterized and illustrated herein. These belong to the following species: ARECACEAE: *Sabal mexicana* Martius, *Desmoncus orthacanthos* Mart., CANNACEAE: *Canna edulis* Ker. and *Canna indica* L., FABACEAE: *Enterolobium cyclocarpum* (Jack.) Griseb, *Caesalpinia bonduc*

(L.) Roxb., *Entada gigas* (L.) Fawc. & Rendle, *Rhynchosia precatoria* (H. & B. ex Willd.) DC., *Mucuna sloanei* Fawcett & Rendle and *Mucuna argyrophylla* Standley, *Ormosia macrocalyx* Ducke and *Ormosia schippii* Pierce ex Standley & Steyermark, *Oxyrhynchus trinervius* (Donn. Sm.) Rudd. POACEAE: *Coix lacryma-jobi* L., and SAPINDACEAE: *Sapindus saponaria* L.

**Key Words:** Craftwork, seeds, lacandons, Chiapas, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

La utilización de plantas o partes de las mismas por el ser humano, es algo ancestral, de allí que hayan sido encontrados algunos artefactos en entierros prehispánicos en diversas partes de América. Existen particularmente semillas muy coloridas que han sido utilizadas para la confección de collares, pulseras, aretes o dijes.

Dentro de las artesanías elaboradas por las comunidades de lacandonas en la periferia de la Selva Lacandona en Chiapas, hemos adquirido muestras de las mismas, a fin de ir identificando las especies vegetales de las cuales provienen cada una de ellas, labor nada fácil, puesto que con frecuencia hay que internarse por lugares poco transitados y remotos a sus lugares de origen.

Los mayas lacandonas han vivido durante siglos en la selva tropical de Chiapas a donde floreció la cultura maya en la época clásica. Son uno de los grupos indígenas particularmente minoritarios, no sólo a nivel nacional sino incluso mundial. Es posible que

\*Herbario Eizi Matuda

Facultad de Ciencias Biológicas,

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

rommelbeu@hotmail.com

Datos poblacionales correspondientes a los cinco asentamientos lacandones principales, 1990

Localidad	Longitud	Latitud	Población total	% que no habla español	% de 6 años o más analfabetos
Bethel	91 06 40	16 46 20	88	18.18	62.50
Lacanjá-Chansayab	91 07 49	16 45 38	218	17.89	56.02
Mensabäk	91 37 30	17 06 45	107	29.91	80.95
Nahá	91 35 02	16 58 42	147	23.13	87.61
San Javier	91 06 53	16 48 52	52	7.69	60.00
<b>Total</b>			<b>612</b>		
<b>Promedio</b>				<b>19.84</b>	<b>69.41</b>

Fuente: INEGI, XI Censo General de Población y Vivienda, 1991.

Nota del autor de el presente artículo: el nombre correcto para lo aquí llamado "Mensabäk" es Metzabok y "Nahá" se escribe Na-há, que significa "casa en el agua".

sean numerosos los factores que hayan mantenido a este grupo indígena desde hace varias décadas en un reducido número demográfico y de acuerdo al doctor Benito Salvatierra (com.pers.) del Colegio de la Frontera Sur, con sede en San Cristóbal de Las Casas, a la fecha al parecer la comunidad lacandona está integrada por alrededor de 900 individuos en las comunidades referidas en el cuadro, y su escaso índice de natalidad se debe principalmente a dos factores: a los matrimonios endogámicos (entre miembros de la propia comunidad) y a que muchas mujeres lacandonas utilizan métodos anticonceptivos, cosa que no sucede entre las mujeres de la principal etnia indígena de Chiapas: los tzeltales, quienes –sin duda- tienen el mayor índice de natalidad en Chiapas y quizá de todo México.

Para 1990 se informa en el XI Censo General de Población y Vivienda (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, 1991) la existencia de 612 habitantes lacandones, incluyendo a 14 miembros de la etnia lacandona asentados en la localidad llamada Ojo de Agua Chan Kin (a 3 kilómetros de

San Javier). Poco después este clan familiar volvió a integrarse a Lacanjá.

Aunque en las últimas tres o cuatro décadas se ha dado un ligero incremento de la población, los mayas lacandones son un grupo étnico que, por lo menos en los últimos dos siglos, se han mantenido en un bajo número demográfico. Aparentemente existe una fuerte consanguinidad entre las familias lacandonas actuales.

Los diagnósticos comunitarios efectuados por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 1996a, 1996b) en Na-há y Metzabok informan, para 1996, una población total de 180 y 64 habitantes respectivamente. Esto implica para Na-há un incremento del 22.4 por ciento con respecto a 1990 y para Metzabok una disminución del 40 por ciento.

De acuerdo a Contreras-G., (2001), la etnia lacandona vive en *caribales* (rancherías de tres o cuatro familias), dispersos en la selva, en la región situada al noroeste del estado de Chiapas, de fácil acceso gracias a pistas de aterrizaje y a las carreteras; comprende tres grupos: el del norte (que es el más numeroso) y tiene



Figura 1 ■ | King García y familia, Na-há, Ocosingo, Chiapas.

su asiento a orillas de las lagunas de Na-há, Metzabok y Peljá; el del Lacanjá, situado al oriente, habita las cercanías del sitio arqueológico de Bonampak, y finalmente el de San Quintín, que se encuentra localizado en las inmediaciones del lago del mismo nombre, al sur de los dos grupos antes mencionados. La región lacandona está limitada por los ríos: al oeste, el Santo Domingo; al sur, el Jataté; al este, el Lacandón, y al norte, el Usumacinta, y el Chocollá, en el municipio de Ocosingo.

Para este estudio, se adquirieron artesanías hechas con semillas recolectadas o cultivadas en los alrededores principalmente de Metzabok, Na-há y Lacanjá-Chansayab, las cuales son trabajadas por pocas personas, principalmente mujeres y niños, quienes se dedican a la recolección de las semillas y a la perforación de las mismas utilizando un taladro manual y ensartándolas en hilos de nylon, obteniendo hermosas muestras de su ingenio para combinar las diferentes semillas en verdaderas obras de arte.

## SEMILLAS UTILIZADAS EN ARTESANÍAS LACANDONAS

Entre las especies que reconocimos, están:

### Areaceae:

*Sabal mexicana* Martius

Hist. Nat. Palm. 3: 246-247, pl. 8 (1839)

Nombre común. *Palma real, guano.*

Palma hasta de 25 m de alto con las hojas muy grandes en forma de abanico, hasta de 2 m de largo, con el pecíolo hasta 1 m de largo por 6 cm de ancho; inflorescencias tan largas como las hojas, paniculadas; frutos globosos, pequeños, negros; las *semillas* son pardo-oscuros, duras y planas en la base y convexas por el otro extremo, hasta de 1 cm de ancho.

Según Miranda (1998) forma extensos palmares al sur de Zapaluta y hacia el oeste por Soyatitán y Socoltenango, así como en el interior del cordón litoral a lo largo de la costa del Pacífico. También se encuentra en menor cantidad en la selva alta del norte del estado y en otros lugares de la Depresión Central. Las hojas se usan para techos de chozas. Esta palma tiene una amplia distribución, desde México hasta Guatemala y Belice.

*Desmoncus orthacanthos* Mart.

Hist. Nat. Palm. 2(3): 87, t. 69, 98 (1824)

Nombres comunes. *Palma trepadora, bayal, matamba y matambilla.*

Según Miranda (1998) y Quero (1994) ésta es una palma trepadora hasta de 20 m de alto, y 4 cm de diámetro. Hojas con más de 2 m de largo, con el pecíolo corto, y el raquis muy espinoso, ferrugíneo-furfuráceo



Figura 2 ■ | *Desmoncus orthacanthos*,  
Na-há, Ocosingo, Chiapas.

y armado con espinas de diferentes tamaños, hasta de 2 cm de largo; las pinas elípticas, desde 7 hasta 9 pares, las apicales en forma de ganchos duros dirigidos hacia atrás que se enganchan en las ramas de arbustos circundantes y les permiten trepar. Las inflorescencias con ramas simples, las flores masculinas hasta de 10 mm de largo, el cáliz es trilobulado y la corola con pétalos angostamente triangulares; las flores femeninas con cáliz cupuliforme de 1 mm de largo; la corola tubular, tricuspidada de 4 mm de largo. El froto es globoso a subgloboso, rojizo a púrpura, de 1 a 1.5 cm de diámetro. Las semillas son coquitos ovoides, de 1cm con pequeñas hendiduras cónicas en su superficie, de las que parten líneas irregulares negras en su superficie. Frecuente en la selva alta siempre verde del norte del estado.

#### Cannaceae:

*Canna edulis* Ker.

Bot. Reg. 9: t. 775 (1824)

*Canna indica* L.

Sp. Pl. 1: 1 (1753)

Nombres comunes. *Platanillo*, *platanillo silvestre*, *chancle*.

Según Miranda (1998), en relación a ésta última especie: “Planta de aspecto semejante a las anteriores, pero con las inflorescencias sin grandes brácteas y las flores grandes, bonitas, con tres pétalos amarillo rojizo con manchas rojas. Frecuentemente cultivado en los jardines de la tierra caliente y templada como ornamental; a veces también silvestre y asilvestrado en matorrales secundarios en la tierra caliente húmeda. También se encuentran cultivadas otras especies con flores amarillas o blancas. *Canna edulis* Ker, es una especie parecida a la anterior que se encuentra, asimismo, en matorrales secundarios en lugares pantanosos o a lo largo de ríos en las tierras calientes y húmedas”. Los frutos son globosos y en forma de un prisma triangular, con la superficie rugosa y dentro se encuentran semillas que al secarse se tornan negras y duras.

#### Fabaceae:

*Enterolobium cyclocarpum* (Jack.) Griseb

Fl. Brit. W. I. 226 (1860)



Figura 3 ■ | *Canna edulis*, Na-há, Ocosingo, Chiapas.

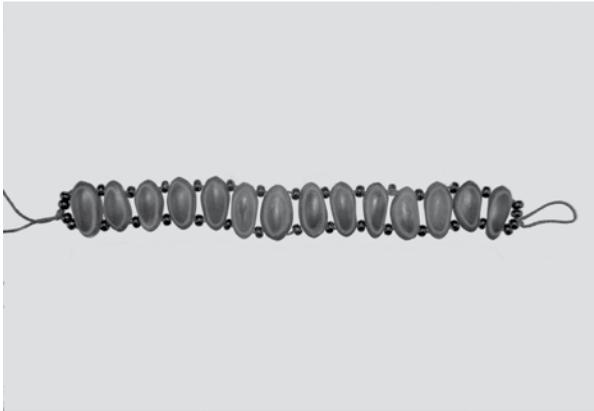


Figura 4 ■ Pulsera hecha con semillas de *Enterolobium cyclocarpum* (Fabáceas) y cuentas negras pequeñas de vidrio.

Nombres comunes. *Guanacaste, guanacastle, huana-castle.*

De acuerdo a Miranda (1998), es un árbol gigantesco hasta de 45 m de alto y con frecuencia de dos y hasta de tres m de diámetro, muy ramificado casi desde la base, y con la corteza gris algo lisa con muchas verrugas pequeñas más oscuras; las flores son blancas, pequeñas, en cabezuelas globosas; los frutos son muy característicos, pardos, aplanados y ondulados, recurvados en círculo semejando una gran oreja. Las semillas son oblongas, algo aplanadas, duras y de color pardo y negro. Abundante en la selva alta subdecidua y sabanas secundarias en la Depresión Central y la región costera. Los árboles son muy decorativos por sus enormes copas y elegante follaje. Las semillas se comen tostadas y son tan alimenticias como los frijoles, con alguna mayor cantidad de proteínas y un poco menor de carbohidratos. Se dice que entre los antiguos indios de Chiapas, sustituían al maíz y al frijol en los años de malas cosechas. La pulpa de las vainas verde se usa como jabón para lavar la ropa. La madera tiene corazón de color pardo sombreado con vetas más oscuras, es de textura media o basta, de grano recto u

ondulado y muy fácil de trabajar. Toma buen pulimento y es bastante durable. Algunas personas son alérgicas al polvo que se produce al trabajar la madera, el cual tiene olor desagradable, algo picante.

*Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb.

Fl. Ind., ed. 1832 2: 362 (1832)

Nombre común. *Bejuco espinudo.*

Bejuco trepador, a menudo con más de 15 m de largo, armado con espinas en las hojas y tallos, con numerosas espinas pequeñas; las hojas grandes, la pinna de 3 a 6 pares; los folíolos de 4 a 8 pares, ovadas a elíptico-ovadas, de 4 a 8 cm de largo, sésiles o casi sésiles, agudas o acuminadas, redondeadas en la base,



Figura 5 ■ *Caesalpinia bonduc*, Na-há, Ocosingo, Chiapas.

subcoriáceas, lustrosas por arriba haciéndose glabras con el tiempo; racimos densos hasta de 30 cm de largo o menos, las flores son amarillas, fragantes, las brácteas linear-lanceoladas, erectas, los pedicelos de 4 a 8 mm de largo; el cáliz de 6 mm de largo, parduzcotomentoso; los pétalos de 15 mm de largo o menores; los frutos son ovalado-oblongos, de 6 a 12 cm de largo, densamente recubiertos con largas y rectas espinas; las semillas son subglobosas, amarillentas, grises, oliváceas o pardas, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro.

*Entada gigas* (L.) Fawc. & Rendle  
Fl. Jamaica 4: 124 (1920)

Nombre común. *Corazón de mono o corazón de mar.*

El corazón de mono, es planta nativa del sur de México, Centroamérica, el Caribe y norte de Sudamérica y África, y con frecuencia se lo encuentra en la selva alta siempre verde, a orillas de cursos de agua dulce y manglares. Es una de las especies de liana trepadora más grande que existen, ya que puede llegar a medir hasta 500 m de longitud y con un sistema radicular proporcional a su parte aérea. El tronco es plano, rugoso y espiralado y puede medir hasta 30 cm de diámetro. Se calcula que puede crecer hasta 30 m en el curso de un año y medio. Las hojas son pinnadas, con foliolos elípticos en número par, a veces con una leve pubescencia a lo largo del nervio central. La inflorescencia se produce en espigas axilares hasta de 25 cm de largo y las flores son pequeñas de color amarillo verdoso. Este bejuco produce las vainas más grandes del mundo, las cuales pueden llegar a medir hasta 2 m de largo y 12 cm de ancho, presentando constricciones entre una y otra semilla y hasta 15 semillas acorazonadas, de color café brillante o negro, con un diámetro de 6 cm y hasta de 2 cm de grosor, internamente poseen una cavidad que les permite flotar en el mar y conservarse vivas hasta por dos años, las

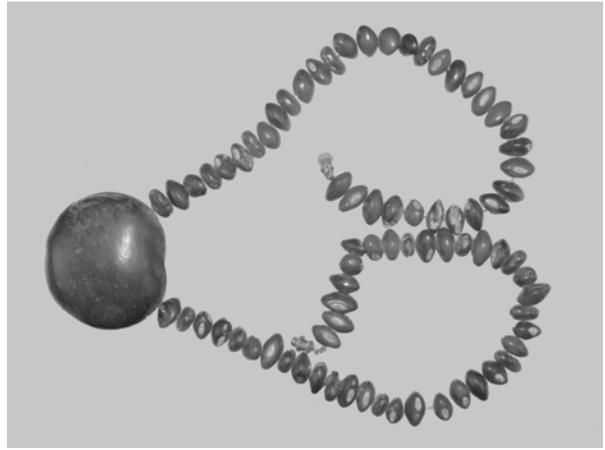


Figura 6 ■ | Collar hecho con semillas de frijol morado *Phaseolus* sp. (Fabáceas) y una gran semilla en la parte media de “corazón de mono” *Entada gigas* (Fabáceas)

cuales son llevadas por la corriente de los ríos hasta el mar, a donde flotan y pueden ser llevadas de un continente a otro. La floración ocurre en la primavera. En Costa Rica, esta especie recibe el nombre común de “escalera de mono” y con frecuencia la masa de ramas y follaje que recubre muchos árboles, es utilizada por estos y otros animales como culebras y lagartijas bien sea como hábitat o para transportarse a través de ella. Las semillas son utilizadas como el elemento central de collares, seguidos por otras semillas laterales, pero con frecuencia es utilizada una sola semilla a manera de dije.

*Rhynchosia precatoria* (H. & B. ex Willd.) DC.  
Prodr. 2: 385 (1825)

Nombre común. *Frijolito rojo con negro.*

Plantas trepadoras, pequeñas, de no más de 2 m de largo, con hojas trifoliadas, flores verdoso-blanquecinas y pequeñas vainas conteniendo una o dos semillas pequeñas, negras con una porción roja. La primera de ellas, con una distribución amplia en México, desde Si-



Figura 7 ■ | Vaina de *Rhynchosia precatória*, Na-há, Ocosingo, Chiapas.

naloa hasta Yucatán, y por Centroamérica llega hasta Costa Rica. Con las diminutas y vistosas semillas de esta planta los lacandones elaboran pulseras y collares muy vistosos. Según Miranda (*op. cit.*) en la región de Escuintla y Siltepec, las semillas de esta especie son conocidas como *ojo de zanate*.

*Mucuna sloanei* Fawcett & Rendle  
J. Bot. 55 (650): 36 (1917)

Nombres comunes. *Ojo de venado, ojo de caballo, ojo de toro, ojo de buey.*

Esta especie se distribuye desde el sur de México hasta Sudamérica. Es un bejuco trepador largo, con los tallos blanquecino-estrigosos y las hojas delgadas, oblongas a rómbico-ovadas, de 8 a 15 cm de largo, acuminadas, estrigosas por el haz, y densamente plateado-seríceas por el envés, al menos cuando jóvenes; pedúnculos florales usualmente muy largos y en forma de cordón colgante, las flores subumbeladas, cortamente pediceladas; el tubo del cáliz de 1 cm de largo y a menudo amplio, densamente seríceo y recubierto por pelos irritantes; el lóbulo inferior de 8 mm de largo; la corola amarilla, el estandarte de 4 cm de largo y 2.5 cm de ancho, las alas de 6.5 cm de largo; las quillas aproximadamente del mismo largo

que las alas; la vaina puede medir de 10 a 18 cm de largo, por 4 a 6 cm de ancho, es oblonga, y provista transversalmente de crestas y con costillas longitudinales cercanas a los bordes, densamente pubescentes y recubiertas con pelos irritantes, y por lo regular lleva de dos a cuatro semillas orbiculares negras, desde 2 hasta 3 cm de diámetro.

*Mucuna argyrophylla* Standley  
Contr. U.S. Natl. Herb 23 (2): 504 (1922.)

Nombres comunes. *Ojo de venado, ojo de caballo, ojo de toro, ojo de buey.*

Bejuco trepador leñoso muy largo, el cual trepa sobre grandes árboles; los tallos jóvenes están recubiertos por pubescencia blanco-plateada; hojas alternas trifoliadas, con el pecíolo largo, y los folíolos anchamente ovado-rómbicos y acuminados en el ápice, redondeados a subcordados en la base, densamente setoso-estrigosos en el envés y con los tricomas plateados. Inflorescencias en racimos axilares, largamente pedunculadas. Flores amarillas o amarillo-verdosas de 3.5 cm de largo. Las vainas son aplanadas, y miden de 15 a 25 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho, densamente setoso-estrigosas, frecuentemente constreñidas entre las semillas, las cuales son orbiculares, fuertemente comprimidas, negras y brillantes, de 3 cm de ancho (Standley & Steyermark, 1946), el período de floración se señala entre los meses de noviembre a febrero.

*Ormosia macrocalyx* Ducke  
Arch. Jard. Bot. Rio de Janeiro 3: 137-138  
(1922)

Nombre común. *Frijol grande rojo.*

Árbol desde 12 hasta 25 m de altura, el tronco de 35 a 60 cm de diámetro, algunas veces con pequeños contrafuertes en la base, la corteza pardo-amarillenta,

moderadamente desnuda; las ramas jóvenes blanquecinas-cerosas, desnudas; los foliolos aproximadamente en número de 7, largamente peciolados, oblongos u ovado-oblongos, de 6 a 12 cm de largo por 3 a 4.5 cm de ancho, algunas veces angostándose en un ápice obtuso y redondeadas o muy obtusas en la base; las venas más o menos prominentes en ambas superficies; las flores están arregladas en racimos laxos o panículas terminales; los pedicelos de 3 a 5 mm de largo; el cáliz de 6 a 8 mm de largo, densamente seroso, agudo en la base, los lóbulos agudos, ligeramente más largos que el tubo; el fruto es una vaina castaña o negruzca, de 2.5 cm de ancho, con una o dos semillas, constreñida entre ellas y con los bordes engrosadas; éstas son de color rojo escarlata, de 1 cm de largo, muy lustrosas.

*Ormosia schippii* Pierce ex Standley & Steyermark  
Fieldiana, Botany 24(5): 311 (1946)

Nombre común. *Frijol grande rojo y negro.*

Árbol desde 12 hasta 15 m de altura, con el tronco desde 20 hasta 30 cm de diámetro, y las ramas fuertes, densamente fulvo-tomentosas con pelos dispersos; las hojas son grandes, los foliolos 7, ampliamente oblongos a oblongo-obovadas, de 9 a 15 cm de largo por 4 a 9 cm de ancho, agudas o abruptamente cortamente-acuminadas, obtusas o redondeadas en la base, coriáceas, revolutas en los márgenes, glabras por arriba, la costa y las nervaduras impresas, densamente fulvo-tomentosas por debajo, las nervaduras laterales aproximadamente en 10 pares; las flores de 1.5 cm de largo, en largas panículas terminales, de color pardo o púrpura, en pedicelos recurvados; el cáliz de 8 mm de largo, densamente ocráceo-tomentoso; los pétalos glabros, el estandarte de 1.5 cm de largo; la vaina de 2 cm de ancho, con una a tres semillas, muy densamente pardo-tomentosa; de color rojo escarlata con negro, quadratiovadas, ligeramente comprimidas y de 1 cm de largo.



Figura 8 ■ | Collar hecho con semillas de *Ormosia schippii* (Fabáceas) (semillas grandes rojas con negro) y semillas negras o pardas pequeñas y esféricas de *Canna* spp. (Cannáceas); la semilla grande y negra del extremo, corresponde a *Mucuna argyrophylla* (Fabáceas).

*Oxyrhynchus trinervius* (Donn. Sm.) Rudd.  
Phytologia 15 (5): 291 (1967)

Nombre común. *Ojo de venado.*

Descripción (basada en Campos *et al.*, 2004). Bejuco leñoso de tallos cilíndricos, estriados, glabros, con exudado transparente; folíolos ovados hasta de 11 cm de largo y 6 cm de ancho, los laterales oblicuos, el ápice caudado, el margen entero, glabro o ligeramente pubescente sobre la nervadura central; algunas ramas se tuercen a la manera de un zarcillo; las inflorescencias son largas, hasta de 40 cm; las flores con más de 1 cm de largo y con el cáliz hasta de 7 mm, verde y pulverulento; la corola es de color lila con 1.2 cm de largo y glabra; las semillas son negras de 1 a 4 con el hilo blanco, ecuatorial, hasta de 2 cm de diámetro. Florece de octubre a enero y los frutos se producen de enero a mayo.



Figura 9 ■ | Collar hecho con semillas negras o pardas pequeñas y esféricas de *Canna* spp. (Cannáceas) y grandes y negras con el arilo blanco, de *Oxyrhynchus trinervius* (Fabáceas)

### Poaceae:

*Coix lacryma-jobi* L.

Sp. Pl. 2: 972 (1753)

Nombres comunes. *Lágrimas de San Pedro, lágrima de Job, zacate de cuentas, arrocillo, acayocoth, acayácotl, suuk-pae e ischlacashtajad.*

De acuerdo a Mejía-S. (1992), la palabra *Coix* fue aplicada por Linneo a esta gramínea. Proviene del nombre griego *koix*, que significa cierta clase de palma; el término *lacryma-jobi* que significa lágrima de Job, fue asignado a esta especie en alusión al fruto globoso y blanco, que se asemeja a una lágrima que cae (Bailey, 1977). La misma autora, menciona que en la India se cultivó en 1000-2000 a.C. y probablemente su cultivo es contemporáneo en China y Japón. Los frutos fueron originalmente utilizados como collares, adornos en las vestimentas, argollas para la nariz y elaboración de cerveza. Los árabes introdujeron esta especie en España y Portugal, donde tiene gran aceptación y

es conocida como lágrima de Job. Posteriormente la planta es distribuida a otras partes de Europa, principalmente como planta ornamental para ser introducida posteriormente a América.

Se describe, como planta anual monoica, desde 90 hasta 110 cm de alto, aunque algunos autores mencionan que puede ser perenne y llegar a medir hasta 3 m de altura, con hojas de 50 cm de largo y 2 a 3.5 cm de ancho, base redonda o cordada. Inflorescencia axilar desde 2 hasta 4 cm de largo; con dos racimos separados por un profilo, un racimo pistilado sésil, encerrado dentro del utrículo, el cual se deriva de una vaina foliar modificada, formando una estructura globosa, ósea de color blanco, gris o morado, lisa y brillante, dentro de la cual se encuentran tres espiguillas, una pistilada y dos reducidas; un racimo estaminado pedunculado, proyectándose por un orificio arriba del utrículo, con varias espiguillas estaminadas de 8 a 10 mm de largo; las espiguillas postiladas no miden más de 1 cm de largo. Es originaria del sureste de Asia, pero se distribuye en todas las zonas tropicales del mundo y crece en forma asilvestrada principalmente a orillas de ríos o lagunas. Tiene uso artesanal, ya que los frutos mi-

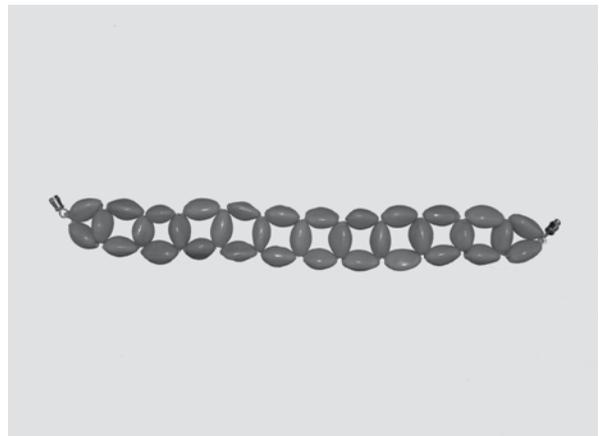


Figura 10 ■ | Pulsera hecha con semillas rojas con negro de *Ormosia schippii* (Fabáceas), mostrando principalmente el color rojo.

den entre 8 a 13 x 6 a 9 mm, son duros pudiendo ser blancos, grises o casi negros y brillantes y se utilizan para confeccionar aretes, collares, brazaletes y rosarios. En medicina popular, se usa como antidiabético y antidiurético.

### **Sapindaceae:**

*Sapindus saponaria* L.

Sp. Pl. 1: 367 (1753)

Nombres comunes. *Tzatzupú, Amole, Jaboncillo, Lusi.*

De acuerdo a Miranda (1998): “Árbol hasta de 30 m de alto con la corteza gris agrietada; hojas alternas compuestas desde 6 hasta 14 hojuelas pinnadas, medianas, lanceoladas, asimétricas; el eje de las hojas jóvenes es alado; flores blanquecinas, pequeñas, en grandes inflorescencias paniculadas; frutos globosos, carnosos, a veces formados por dos o tres frutitos parciales, o éstos muy pequeños al lado de uno grande. Poco frecuente en selva alta siempre verde (al NO de Ocozocoautla, en finca Prusia, etc.) y con más frecuencia cultivado en la tierra caliente. Los frutos contienen una elevada cantidad (hasta 37%) de saponina y producen abundante espuma cuando se maceran en agua; se usan para lavar ropa como sustituto del jabón. Las semillas se emplean como cuentas para hacer rosarios y collares, y los niños juegan con ellas a manera de canicas. Parece ser que el fruto ha sido empleado en algunas partes de México para pescar como barbasco”



Figura 11 ■ | Pulsera hecha con semillas negras esféricas grandes de *Sapindus saponaria* (Sapindáceas); semillas negras o pardas pequeñas y esféricas de *Canna* spp. (Cannáceas) y la semilla central corresponde a *Mucuna sloanei* (Fabáceas)

### **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi agradecimiento al doctor Mario Sousa del Herbario MEXU de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su valiosa ayuda para la identificación de algunas semillas de leguminosas, al igual que al biólogo Francisco Hernández del Herbario CHIP del Instituto de Historia Natural de Chiapas, y al doctor Miguel Ángel Pérez Farrera del Herbario HEM, de la Facultad de Biología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas; al doctor Benito Salvatierra del Ecosur San Cristóbal de Las Casas, por la información proporcionada. Así como a mis amigos Alexis Galdámez Camacho y Obet Sarmiento Cortés, por su grata y valiosa compañía durante los viajes a los sitios mencionados y a mi amigo Damián Pedrero, por la traducción del resumen al inglés.

### LITERATURA CITADA

**ANÓNIMO**, 2001, informe final del proyecto *Base de información sobre especies con potencial de abonos verdes*, PDF, [www.virtual.chapingo.mx/dona](http://www.virtual.chapingo.mx/dona).

**BAILEY, L. H.**, 1977, *Manual of Cultivated Plants*, MacMillan Publishing Co., New York.

**BREEDLOVE, D.E.**, 1981, *Introduction to the Flora of Chiapas, part I*, California Academy of Sciences.

**BREEDLOVE, D.E.**, 1986, Listados florísticos de México IV. Flora de Chiapas, Instituto de Biología, UNAM.

**CAMPOS V., A., L.M., KELLY y A. DELGADO -S.**, 2004, *Bejucos y otras trepadoras de la estación de biología tropical Los Tuxtles, Veracruz, México*, cuadernos 36, Instituto de Biología, UNAM.

**CONTRERAS-G., I.**, 2001, *Las etnias del estado de Chiapas. Castellanzación y bibliografías*, UNAM.

**MEJÍA S., MA.T.**, 1992, Uso de *Coix lacryma-jobi* (Poaceae: Paicoideae: Andropogoneae) en el estado de Veracruz, México, An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot. 53 (2): 203-212.



Figura 12 ■ | Artesana de Na-há, Ocosingo, Chiapas.

**MIRANDA, F.**, 1998, *La vegetación de Chiapas*, Coneculta, Chiapas.

**QUERO, H.J.**, 1994, *Flora de Veracruz*, fasc.81, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver.

**STANDLEY, P. C. & J.A. STEYERMARK**, 1946, *Flora of Guatemala*, Fieldiana Botany 24 (5): 1-367.







Figura 13 ■ | Niño lacandón de Na-há, Ocosingo, Chiapas, con algunas artesanías



Figura 14 ■ | Vaina con semillas de *Ormosia macrocalyx*, de Na-há, Ocosingo, Chiapas.



Figura 16 ■ | Collar hecho con semillas blancas, grises o pardas de *Coix lacryma-jobi* (Poáceas); semillas negras esféricas grandes de *Sapindus saponaria* (Sapindáceas); semillas grandes rojas con negro de *Ormosia schippii* (Fabáceas) y la de mayor tamaño ubicada en el centro, corresponde a *Caesalpinia bonduc* (Fabáceas)



Figura 15 ■ | Collar hecho con semillas blancas o grises de *Coix lacryma-jobi* (Poáceas); intercaladas con coquitos de *Desmoncus orthacanthos* (Arecáceas).



Figura 17 ■ | Pulsera hecha con semillas rojas con negro de *Ormosia schippii* (Fabáceas), mostrando la mancha negra.



Figura 19 ■ | Collar hecho con semillas de *Ormosia schippii* (Fabáceas) (semillas grandes rojas con negro) y semillas de *Desmoncus orthacanthos* (Arecáceas) (semillas grandes, ovoides y con estrías negras, unidas con pequeñas semillas pardas no identificadas).



Figura 21 ■ | Semillas grandes rojas con negro de *Ormosia schippii* (Fabáceas); semillas negras o pardas pequeñas y esféricas de *Canna* spp. (Cannáceas) y la de mayor tamaño ubicada en el centro, corresponde a *Mucuna sloanei* (Fabáceas).



Figura 18 ■ | Collar hecho con semillas de *Ormosia schippii* (Fabáceas)



Figura 20 ■ | Collar hecho con semillas de *Ormosia schippii* (Fabáceas) (semillas grandes rojas con negro) y semillas negras o pardas pequeñas y esféricas de *Canna* spp. (Cannáceas).



Figura 22 ■ | Pulsera hecha con semillas pardas, aplanadas de un lado y convexas del otro, de *Sabal mexicana* (Arecáceas), con pequeños frijolititos rojos y negros de *Rhynchosia precatoria* (Fabáceas), además de cuentas negras de vidrio.

# Biotecnología aplicada a la producción de metabolitos secundarios

Iván de la Cruz Chacón<sup>1</sup>  
Alma Rosa González Esquinca<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The plants produce secondary metabolites, they are generally nonessential for the basic metabolic processes, but usually have important ecological functions. Some of these organics compounds can be used and marketed as food additives, nutraceuticals, and pharmaceuticals. In this document, we present and analyze tools main biotechnological for metabolite production, which include extraction of culture *in situ*, culture *in vitro* (cellular suspensions and hairy roots) and metabolic engineering. In addition, these tools are useful to study plant secondary metabolism.

**Keywords:** biotechnology, plant secondary metabolites, natural products

## RESUMEN

Las plantas biosintetizan *metabolitos secundarios* que no son esenciales para su metabolismo básico, pero que usualmente tienen importantes funciones ecológicas. Algunas de estas moléculas orgánicas se utilizan y comercializan como aditivos alimentarios, nutrimentos y fármacos. En este documento, se mencionan y analizan las principales herramientas

biotecnológicas para su producción, incluyendo extracción de cultivos *in situ*, cultivos *in vitro* (suspensiones celulares y raíces transformadas). Estas tecnologías también son utilizadas para el estudio del metabolismo secundario vegetal.

**Palabras Claves:** biotecnología, metabolitos secundarios, productos naturales.

## INTRODUCCIÓN

La biotecnología integra disciplinas orientadas al desarrollo e innovación de tecnologías que involucran el manejo de material biológico para la producción de bienes y servicios (SMB, 2009). Centra su atención en el aprovechamiento de las propiedades metabólicas de los organismos vivos, por lo que los bienes pueden ser los mismos organismos (es decir, la biomasa o partes del cuerpo orgánico), los productos del metabolismo celular (es decir, enzimas o metabolitos), o productos formados a partir de sustratos endógenos o exógenos con la ayuda de enzimas solas o de rutas metabólicas complejas (Barz y Oksman, 2002). Los organismos pueden ser desde microbios (bacterias, y hongos) hasta animales y plantas. Emplea técnicas de ingeniería genética (ADN recombinante, manipulación y transferencia de genes), manipulación de embriones, hibridación somática y regeneración vegetal, cultivos celulares, producción de anticuerpos monoclonales, ingeniería de bioprocesos, entre otros (Newell y Re, 2006).

fiolunicach@hotmail.com<sup>1</sup>,  
alesquinca@unicach.edu.mx<sup>2</sup>

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de Ciencias Biológicas. Lab. de Fisiología y Química Vegetal. Libramiento Norte Poniente S/N, C.P. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel. (961) 1210894

Tiene aplicaciones, simples y tradicionales, como la producción de cervezas, vinos y quesos, o de gran complejidad molecular como la obtención de medicamentos nuevos o la introducción de nuevas características en cultivos comerciales (Smith, 2009). Aunque las consecuencias de esta última aplicación es causa de grandes debates internacionales, su uso se ha extendido a varias especies vegetales y en no pocos países (Álvarez, 2000; Greenfacts, 2009).

#### **EL METABOLISMO SECUNDARIO VEGETAL ORIGINA PRODUCTOS NATURALES ÚTILES**

La biotecnología tiene una fuerte aplicación en el aprovechamiento del metabolismo vegetal, a través del cuál se producen metabolitos secundarios (MS), compuestos de bajo peso molecular que aparentemente no son útiles para las células individuales, sin embargo, a la especie como tal le permite establecer una relación ecológica con el ambiente, estas sustancias pueden o no estar restringidas a tasas particulares, a células especializadas y a fases específicas del desarrollo (Wink, 2008). No forman parte del metabolismo primario (proteínas, lípidos, carbohidratos, etc.), pero se biosintetizan a partir de moléculas intermediarias (Kutchan y Dixon, 2005). Los MS identificados se cuentan en un número cercano a 100 mil y se considera que la cantidad aumenta en un aproximado de 4 mil cada año (Hartmann, 2007; Wink, 2008). Los grupos más representativos son los terpenoides (25,000), los alcaloides (12,000) y los fenoles (7,000) (Wink, 2004; Yazaki, 2004).

Los MS son los responsables de las cualidades organolépticas (sabor, color, olor y consistencia) de las plantas alimentarias y ornamentales. Además, tienen aplicaciones comerciales en forma de fármacos, agroquímicos, colorantes, narcóticos, antibióticos, aceites comestibles, biodiesel, esencias, saborizantes, insecticidas, entre otros. (Yazaki, 2004; Baser y Dermici, 2006; Luczkiewicz, 2008). Cuando los MS son utili-

zados para el beneficio del ser humano en cualquiera de las aplicaciones anteriores suelen ser nombrados como productos naturales (PN), esta terminología es empleada también desde el punto de la química estructural para referirse a cualquier compuesto orgánico de origen natural sin distinción entre metabolitos primarios o secundarios, varios autores usan los términos de manera indistinta, por lo que en realidad la única distinción es si la obtención de estos MS se realiza con fines comerciales o para explicar la importancia biológica por la cual las plantas los producen (Anaya, 2003; Luczkiewicz, 2008). Tanto los MS como los PN no son exclusivos del reino vegetal, es más se piensa que la mayor diversidad de éstos podrían estar en las bacterias y en los animales marinos.

La aplicación de la biotecnología en el aprovechamiento de los MS vegetales se mueve en tres sentidos: 1) La extracción de los MS directamente de los tejidos de las plantas cultivadas, 2) el uso de cultivos de células y tejidos para su producción y 3) la ingeniería metabólica para incrementar el rendimiento de producción.

#### **EXTRACCIÓN DIRECTA DE PLANTAS CULTIVADAS *IN SITU***

La aplicación biotecnológica más antigua y sencilla es la selección de cultivos de plantas que producen un MS en particular. Cerca del 80% de los 30 mil compuestos considerados como productos naturales son de origen vegetal, hasta el 2000 aproximadamente el 10% de los fármacos considerados “básicos y esenciales” por la OMS seguían siendo aislados de plantas (Rates, 2001; Sarcker *et al*, 2006).

Casos notorios son la morfina, producida solamente por dos especies, *Papaver somniferum* y *P. setigerum*, y cuya extracción más ventajosa sigue siendo la recolección directa del látex liberado al dañar las cápsulas inmaduras de *Papaver somniferum*. El látex seco conocido como opio es extraído con solventes para aislar el alcaloide. La producción global de morfina

para aplicaciones farmacéuticas lícitas asciende a 150 toneladas anuales aproximadamente (ONU, 2002). Se conocen por lo menos 15 variedades de *P. somniferum* seleccionadas naturalmente por su producción de alcaloides (Facchini, 2001).

Otro ejemplo ocurre en el mercado comercial de sabores y aromas. Los aceites esenciales utilizados como aditivos de alimentos o como fragancias en la perfumería se obtienen generalmente por destilación húmeda o seca y por presión mecánica de materiales vegetales frescos de familias aromáticas que incluyen primordialmente a Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Hypericaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Pinaceae, Piperaceae, Rutaceae, Santalaceae, Zingiberaceae y Zygophyllaceae. Los más comerciales son el *citral* obtenido de las hojas de la hierba limón (*Cymbopogon citratus*), la vainillina de los frutos de *Vanilla planifolia*, el eugenol de las flores y frutos de los clavos de olor (*Sisymbrium aromaticum*) y el mentol obtenido de las hojas de diferentes especies de *Mentha* (Barnekov *et al.* 2006). Asimismo a partir de materiales vegetales se obtienen 84 saborizantes utilizados en la industria alimentaria, la mayoría de tipo fenólico o terpénico (Müller, 2006). Sólo el precio de vainillina natural se estima desde 1,200 hasta 4,000 euros por kilogramo (Korthou & Vepoorte, 2007).

#### CULTIVOS *IN VITRO* DE CÉLULAS Y TEJIDOS

El cultivo *in vitro* de células o protoplastos de éstas, tejidos y órganos presupone un desarrollo celular con controles de temperatura, humedad, fotoperiodo e irradiancia, lo cual permite obviar los inconvenientes derivados de las condiciones geográficas y climáticas y además acorta el tiempo de producción sobre la plantas cultivadas *in situ*. Las células vegetales cultivadas *in vitro* de varias especies son capaces de biosintetizar MS típicos de plantas intactas y en algunos casos con mejores rendimientos. Los cultivos de células en suspensión y los de raíces transformadas son los más utilizados para la producción de MS.

#### CULTIVOS DE CÉLULAS EN SUSPENSIÓN (CCS)

Los CCS están usualmente compuestos de agregados celulares indiferenciados con un diámetro de 40-200  $\mu\text{M}$ , proliferan rápidamente lo que posibilita su escalamiento industrial en biorreactores, algunos casos de aplicaciones sobresalientes son los cultivos celulares de *Taxus brevifolia* que producen el alcaloide anticancerígeno paclitaxel con un rendimiento del 0.5% de su peso seco, es decir 50 veces más de lo encontrado en la corteza del árbol (McCoy y Conor, 2008). Los cultivos celulares de *Nicotiana tabacum* biosintetizan más de 3.40% de nicotina, cuando las plantas producen alrededor de 2.5%. De manera similar las plantas de *Catharanthus roseus* pueden producir ajmalicina en un 0.26%, mientras que en los cultivos celulares el rendimiento se incrementa hasta 1.3%. También por CCS se obtiene la saponina diosgenina de *Dioscorea*, los ginsenósidos de *Panax ginseng*, la shiconina de *Lithospermum erythrorhizon* y los alcaloides berberina de *Coptis japonica* y capsaicina de *Capsicum annum* (Moyano *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2006).

Desafortunadamente, muchos productos naturales no pueden ser producidos por CCS dado que su biosíntesis requiere de la diferenciación celular que no se logra con este tipo de cultivo. Por ejemplo, a pesar de muchos esfuerzos, hasta hoy el alcaloide anticancerígeno vinblastina de *C. roseus* no se ha podido obtener por CCS, debido a que varios genes involucrados con su biosíntesis solamente se expresan en células epidérmicas (McCoy y O'Connor, 2008). Otros inconvenientes son aun el bajo rendimiento y la inestabilidad de las líneas celulares después de algunas generaciones. Algunos autores (Calva y Pérez, 2005) opinan que este último fenómeno puede ser consecuencia de la alta frecuencia de división celular que tiene lugar en este tipo de cultivos. Otros indican que también pueden ser causadas por alteraciones o cambios de factores epigenéticos originados por la forma en que se establecen los cultivos.

## CULTIVO DE RAÍCES TRANSFORMADAS (HAIRY ROOT)

Este tipo de cultivo *in vitro* se origina al aprovechar el hecho de que *Agrobacterium rhizogenes* provoca la multiplicación de raíces masivas en numerosas especies vegetales (Giri y Narasu, 2000). Estas raíces transformadas pueden ser cortadas y cultivadas indefinidamente bajo condiciones estériles y son capaces de producir los mismos compuestos que los de las raíces normales de la planta madre, sin la pérdida de rendimiento frecuentemente observado con callos o suspensión celulares. El crecimiento de las raíces transformadas es más rápido y se considera genéticamente más estable (Aird *et al.*, 1988). Su cultivo en biorreactores emplea estrategias para incrementar la producción de MS, incluyendo la elicitación (con fitopatógenos o señales reguladoras), el uso de agentes permeabilizantes y sistemas líquidos bifásicos. Ofrece, además el potencial de introducir genes adicionales a través del plásmido Ri usando como vector de sistema a *A. rhizogenes*. Este tipo de cultivos también es útil para estudiar las propiedades bioquímicas y el perfil de expresión genética de rutas metabólicas; así como para dilucidar los intermediarios y las enzimas clave involucradas en la biosíntesis de MS (Choi *et al.*, 2006).

El alcaloide anticancerígeno camptothecina es producido por cultivos *hairy roots* de *Camptotheca acuminata*, *Ophiorrhiza pumila*, *O. liukuensis* y *O. kurouwacon* con un rendimiento de 0.1 % en peso seco equiparable con los rendimientos encontrados en las plantas intactas.

## INGENIERÍA METABÓLICA

La ingeniería del metabolismo secundario vegetal es una poderosa estrategia usada a menudo para mejorar la producción de MS. Requiere forzosamente el conocimiento de las enzimas involucradas en la rutas biosintéticas y el mecanismo regulatorio tanto proteómico como genético. Incorpora el uso de la tecnología del ADN recombinante

y del ARN de transferencia para modificar la expresión de genes regulatorios, reducir el flujo de rutas competitivas o catabólicas, y superar las velocidades limitantes (Verpoorte *et al.*, 2000). Un ejemplo bien caracterizado es la biosíntesis del alcaloide anticolinérgico escopolamina, se han aislado y clonado varias enzimas involucradas en su producción, una de ellas es la hiosciamina 6-hidroxilasa (H6H), que cataliza el último paso de la formación del alcaloide. Usando el ADN complementario codificante de H6H obtenido de *Hyoscyamus niger* y con control del promotor CMV 35 S se logró la sobreexpresión de H6H en cultivos *hairy root* de *Atropa baetica*, *Hyoscyamus muticus*, *Scopolia parviflora*, y *Duboisia hybrid*, lo que resultó en un incremento en la producción de escopolamina comparado con cultivos controles que no expresan H6H (Palazón *et al.*, 2008).

En esta controvertida área de los transgénicos, otro esfuerzo importante tiene que ver con los avances en la ingeniería de los flavonoides del jitomate (*Solanum lycopersicum*) (Bovy *et al.*, 2002). Los cuales pueden resumirse en: 1) El incremento de hasta en un 60% de kaempferol en la pulpa del fruto con la introducción y manipulación de los genes reguladores *Lc (leaf colour)* y *C1 (colourless)* del maíz y de un 70% de quercetina en la piel del fruto con los genes estructurales CHI y CHS (de la enzima chalcona isomerasa y chalcona sintetasa) de *Petunia*; 2) la disminución de la biosíntesis de flavonoides no deseados (naringerina y rutina) por mecanismos de ARN de interferencia silenciando los genes CHS, F3H y FLS que conducen a su producción y 3) la producción de nuevos flavonoides (estilbenos), enriqueciendo la diversificación enzimática en la ruta biosintética original. Esto último introduciendo el ADNc de la estilbeno sintetasa de la uva (*Vitis vinifera*) logrando que los frutos acumularan reverastrol, un flavonoide asociado con actividades anticancerígenas y antioxidantes (Bovy *et al.*, 2007). En general, los flavonoides de las frutas coloridas de la dieta están asociados con la prevención de varias enfermedades crónicas.

Otras biotecnologías incluyen a los cultivos hidropónicos, los procesos de biotransformación, la inmovilización de células y la fusión de protoplastos. Algunas de las revistas donde se pueden encontrar trabajos relacionados a la biotecnología de metabolitos secundarios incluyen: *Acta Biotecnológica*, *Advances in Biochemical Engineering / Biotechnology*, *Applied Microbial and Biotechnology*, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *Biotechnology*, *Biotechnology Advances*, *Biotechnology and Bioengineering*, *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, *Biotechnology Letter*, *Critical Reviews in Biotechnology*, *Electronic Journal of Biotechnology*, *Focus on Biotechnology*, *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, *Phytochemistry Reviews*, *Plant Biotechnology Journal*, *Plant Growth Regulation*, *Planta*, *Methods in Biotechnology*, *Metabolomics*, *Progress in Botany*, *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, *Plant Tissue Culture Engineering*, *Revista Colombiana de Biotecnología*, *Rev. de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, *Transgenic Research*, *TRENDS in Biotechnology*.

### CONCLUSIONES

La importancia comercial de los productos naturales ha originado un gran interés sobre el metabolismo secundario, y en particular sobre las posibilidades de mejorar su producción a través de herramientas biotecnológicas. Sin embargo, hasta ahora los progresos en este ámbito son limitados. Aun así, el cultivo de células en suspensión y de raíces transformadas ofrece una oportunidad para la producción de MS y la ventaja que conlleva de no utilizar cultivos transgénicos. Finalmente, es pertinente señalar que estas herramientas biotecnológicas han permitido también estudiar el metabolismo secundario vegetal, particularmente, en los procesos regulatorios de su biosíntesis.

### LITERATURA CITADA

- AIRD E.L.H, HAMILL J.D. & M.J.C. RHODES**, 1988, "Cytogenetic Analysis of Hairy Root Cultures from a Number of Plant Species Transformed by *Agrobacterium rhizogenes*", en *Plant Cell Tissue Organ Cul*, 15 (1) : 47–57.
- ÁLVAREZ MORALES A.**, 2000, "Organismos genéticamente modificados o transgénicos", en *Crónicas legilastivas*, 13: 78-80.
- ANAYA LANG, A. L.** 2003, *Ecología química*, Plaza y Valdez Editores, S.A.
- BARNEKOW R., MUCHE S., LEY J., SABATER C., HILMER J., & G.KRAMMER**, 2006, "Creation and Production of Liquid and Dry Flavours", en R. G. Berger, *Flavours and Fragrances. Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Springer Berlin Heidelberg, New York, pp.457-488.
- BARZ W.H. & K.M. OKSMAN-CALDENTY**, 2002, "Plant Biotechnology—An Emerging Field", en Barz W.H. & K.M. Oksman-Caldenty (editors), *Plant biotechnology and Transgenic Plants*. Marcel Dekker, Inc, 1: 19:35
- BASER K. H. C. & F. DEMIRCI**, 2006. "Chemistry of Essential Oils", en R. G. Berger Ed., *Flavours and fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Alemania, pp. 43,86.
- BOVY, A., DE VOS, R., KEMPER, M., SCHIJLEN, E., ALMENAR PERTEJO, M., MUIR, S., COLLINS, G., ROBINSON, S., VERHOEYEN, M., HUGHES, S., SANTOS-BUELGA, C., & A. VAN TUNEN**, 2002, "High-flavonol Tomatoes Resulting from Heterologous Expression of the Maize Transcription Factor Gene LC and C1", en *Plant Cell* 14, 2509–2526.

- BOVY A., SCHIJLEN E., Y R. D. HALL**, 2007, “Metabolic Engineering of Flavonoids in Tomato (*Solanum lycopersicum*): The Potential for Metabolomics”, en *Metabolomics* 3:399–412, s.l.
- CALVA C. G. & J. V. PÉREZ**, 2005, “Cultivo de células y tejidos vegetales: fuente de alimentos para el futuro”, en *Revista Digital Universitaria*. 6 (11): <<http://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/int104a.htm>>
- CHOI Y.E., KIM Y., & K.Y. PAEK**, 2006, “Types and Designs of Bioreactors for Hairy Root Culture”, en S. Dutta Gupta and Y. Ibaraki (eds.), *Plant Tissue Culture Engineering*, pp 161–172. Springer, Printed in the Netherlands.
- FACCHINI P.J.**, 2001, “Alkaloid Biosynthesis in Plants: Biochemistry, Cell Biology, Molecular Regulation, and Metabolic Engineering Applications”, en *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 52:29–66, s.l.
- GREENFACTS**, 2009, <http://www.greenfacts.org/en/gmo/index.htm>
- GIRI A. & M. L. NARASU**, 2000, “Transgenic Hairy Roots: Recent Trends and Applications”, en *Biotechnology Advances*, 18 (1): 1–22, s.l.
- HARTMANN T.**, 2007, “From Waste Products to Ecochemicals: Fifty Years Research of Plant Secondary Metabolism”, en *Phytochemistry*, 68:2831–2846, s.l.
- KORTHOUS H. & R. VERPOORTE**, 2007. “Vainilla”, en R. G. Berger Ed.. *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Alemania, pp 203-217.
- KUTCHAN T. & R. DIXON**, 2005, “Secondary Metabolism: Nature’s Chemical Reservoir under Deconvolution”, en *Current Opinion in Plant Biology*, 8 (3): 227-229, s.l.
- LUCZKIEWICZ M.T.**, 2008, “Research into Isoflavonoid Phyto-oestrogens in Plant Cell Cultures”, en Ramawat KG, Merillon JM (eds.), *Bioactive Molecules And Medicinal Plants*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 55-85.
- MCCOY E. & S.E. O’CONNOR**, 2008, “Natural Products from Plant Cell Cultures”, en Petersen F. and R. Amstutz, Eds. *Progress in Drug Research*, 65: 331-370, s.l.
- MÜLLER D.A.**, 2006, “Flavours: the Legal Framework”, en R. G. Berger (Ed.). *Flavours And Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Alemania, pp. (3): 15-24.
- MOYANO E., OSUNA L., BONFILL M., CUSIDO R.M., PALAZON J, TORTORIELLO J, & M.T. PIÑOL**, 2005, “Bioproduction of Triterpenes on Plant Cultures of *Panax Ginseng* and *Gaphimia Glauca*”, en *Recent Research Developments in Plant Science*, 3: 195-213, s.l.
- NEWELL-MCGLOUGHLIN M., & E. B RE**, 2006, *The Evolution Of Biotechnology. From Natufians to Nanotechnology*, Springer, s.l.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS**, 2002, “Narcotic Drugs Estimated World Requirements 2003”, en Report No. E/F/S.03.XI.2 (Geneva, Switzerland: International Narcotics Control Board, United Nations).
- PALAZÓN J., NAVARRO A., HERNANDEZ L. & M. H. MIRJALILI**, 2008. “Application of Metabolic Engineering to the Production of Scopolamine”, en *Molecules*, 13, pp. 1722-1742, s.l.
- RATES S.M.K.**, 2001, “Plants as Sources of drugs”, en *Toxicon*, 39, (5): 603–613, s.l.
- SARKER S.D., LATIF Z., & A. I. GRAY**, 2006, “Natural Product Isolation”, en SARKER S.D., LATIF Z., & A. I.

GRAY Eds, *Natural Products Isolation. Methods in Biotechnology*, Humana Press Inc., 1:-26, s.l.

–, SMBB, 2009, Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, <http://www.smbb.com.mx/acerca.php>

**SMITH J. E.**, 2009, *Biotechnology*, Cambridge University Press, s.l.

**VERPOORTE R., van der HEIJDEN R. & J. MEMELINK**, 2000, “Engineering The Plant Cell Factory For Secondary Metabolite Production”, en *Transgenic Research*, 9: 323–343, s.l.

**WINK M.**, 2004, “Phytochemical Diversity Of Secondary Metabolites”, en *Encyclopedia Of Plant And Crop Science*, Marcel Dekker, Inc., pp. 915-919, s.l.

–, 2008, “Ecological Rol of Alkaloids”, en: *Modern Alkaloids: Structure, Isolation, Synthesis And Biology*, en E. Fattorusso & O. Tagliatalata-Scafati Eds.. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, pp. 3-24, s.l.

**YAZAKI K.**, 2004, “Natural Products and Metabolites”, en Klee, H. and Christou, P., Eds *Handbook Of Plant Biotechnology*, pp. 811–857, John Wiley & Sons Ltd, s.l.







# Análisis de la calidad del agua superficial del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

José Humberto Castañón González<sup>1</sup>  
Patricia Abraján Hernández<sup>2</sup>

## RESUMEN

El río Sabinal es el principal cuerpo de agua que atraviesa en dirección poniente a oriente de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas. Debido al acelerado crecimiento de la población y a través de los años, este río se ha contaminado paulatinamente y actualmente está constituido por aguas residuales provenientes de uso doméstico, municipal, industrial, de servicios, agrícolas, así como la mezcla de ellas.

Para el estudio del río Sabinal se ubicaron cinco puntos de muestreo iniciando en las pozas de Berriozábal hasta la desembocadura al río Grijalva. En general, el agua superficial del río Sabinal se encuentra altamente contaminada en la zona media y final de éste. Se registraron altas concentraciones de DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos y sedimentables, así como de los coliformes totales y fecales, estos parámetros se encuentran fuera de los límites máximos permisibles de la NOM-001-ECOL-1996 y NOM-127-SSA1-1994.

**Palabras claves:** río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, agua superficial, muestreo, agua residual, contaminación.

## ABSTRACT

The Sabinal river is the main body of water flowing through heading west to east the city of Tuxtla Gutierrez, Chiapas state capital. Due to rapid population growth and over the years, this river has been polluted slowly and is currently made up of wastewater from domestic, municipal, industrial, services, agriculture, and the mixture of them.

For this study, in the Sabinal River is located five sampling points, starting in pools of Berriozábal to the mouth river Grijalva. In general, the Sabinal river surface water is highly contaminated in the middle and end of river. There were high concentrations of DBO<sub>5</sub>, DQO, ammonia nitrogen, suspended solids and sediments, as well as total and fecal coliforms, these parameters are outside the maximum permissible limits of NOM-001-ECOL-1996 and NOM-127 - SSA1-1994.

**Keywords:** Sabinal river, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, surface water, sampling, wastewater, pollution.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del agua, término que agrupa al conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, es el resultado de dos causas principales: (1) actividades antropogénicas (actividades donde interviene el hombre) y (2) el natural ciclo hidrológico. Existe cierta posibilidad de modificar la primera, influir en la segunda plantea retos muy difíciles de lograr (León, 1992).

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente S/N Colonia Lajas Maciel. CP 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.  
abrajanhp@hotmail.com

En el manejo de la calidad del agua según Sanders, *et al.* (1983), los esfuerzos para evaluar y controlar la contaminación deben estar dirigidos a atenuar el impacto que la sociedad impone en su desarrollo. Se ha reconocido a nivel mundial que para la protección efectiva de los recursos naturales se requiere conocer a detalle las condiciones ambientales existentes, así como la habilidad de detectar y medir cambios en dichas condiciones.

En particular, el río Sabinal es un afluente complejo, ya que está integrado a lo largo de su cauce por tramos a cielo abierto (al descampado y superficie de calle), embovedado, y entubado. El río Sabinal y sus tributarios han sufrido varios desbordamientos de sus cauces lo cual se atribuye a diversos factores como son: fuertes precipitaciones, construcciones irregulares en el margen del río, erosiones que provoca asolvamiento, basura, descargas de aguas negras, entre otras. También, se ha detectado que los servicios de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, son insuficientes por la presencia de un sinnúmero de fugas, roturas y asentamientos. Lo anterior, provoca daños y perturbaciones al medio ambiente, alcanzando proporciones que en muchos sitios constituye un grave riesgo para la salud y el bienestar de los habitantes (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 2001).

La Comisión Nacional de Agua (Conagua) ha reportado que el río Sabinal presenta un Índice de Calidad de Agua (ICA) de 34, lo cual se interpreta que el agua que corre en el cauce es inaceptable para el abastecimiento público, tolerables sólo para organismos muy resistentes y con previo tratamiento mayor para la industria (Instituto Nacional de Ecología, 2005). Enfermedades a causa de coliformes se pueden transmitir a través del suelo o agua. El mecanismo se da mediante una fuente de contaminación, una vía de transmisión y de habitantes susceptibles a enfermarse (Tebbutt, 1993).

Debido a lo anterior, el presente estudio evaluó la calidad del agua del río Sabinal de acuerdo a indicadores fisicoquímicos y microbiológicos, con base en las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-001-ECOL-1996, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de *aguas residuales* en aguas y bienes nacionales y la NOM-127-SSA1-1994, en donde establece los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para uso y consumo humano.

## INDICADORES DE CONTAMINANTES FISICOQUÍMICOS

### Temperatura

Un aumento de la temperatura produce efectos sobre la concentración de oxígeno disuelto, velocidad de reacciones bioquímicas, pH, toxicidad causando perturbaciones ecológicas en el curso del agua; además de afectar la actividad física de los animales acuáticos (Medina, 2002; Ludevid, 1998).

### Conductividad

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, depende de la concentración de sustancias disueltas ionizadas en el agua y la temperatura a la cual se haga la determinación. Este factor está íntimamente relacionado con la suma de los cationes o aniones determinados químicamente y constituye un parámetro básico de evaluación en la calidad del agua (Medina, 2002).

### pH

La mayor cantidad del agua superficial varía desde 6 hasta 8 de pH. El agua natural puede tener pH ácido por el dióxido de carbono disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos o por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. El agua normal de las corrientes superficiales casi no contiene alcalini-

dad de carbonato y si su contenido de calcio es apreciable debe registrar un pH inferior a 8.2, siendo así la principal sustancia básica en el agua natural que puede reaccionar con el dióxido de carbono formando un sistema amortiguador carbonato/bicarbonato (Peña, *et al.*, 2000; Medina, 2002).

### **Oxígeno disuelto**

El oxígeno libre disuelto es el reactivo esencial para la generación de los procesos aeróbicos; cuando los organismos aeróbicos utilizan los nutrientes orgánicos, consumen al mismo tiempo el oxígeno disuelto, si no se repone el oxígeno disuelto, el crecimiento aeróbico se detiene cuando se agota este elemento y sólo pueden continuar los procesos anaeróbicos lentos y malolientes. La disponibilidad del oxígeno libre disuelto en el agua es, por tanto, el factor clave que limita la capacidad de autopurificación de una corriente de agua (Roldán, 2003).

### **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La DQO determina la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar a la materia orgánica de aguas de desecho, por medio de un agente oxidante bajo ciertas condiciones de acidez, temperatura y tiempo, transformando la materia orgánica en bióxido de carbono y agua. Una de las principales limitaciones de la prueba es de oxidar la materia orgánica sin determinar su degradabilidad biológica (García, 2002).

### **Sólidos totales**

Los sólidos totales son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos totales, incluyen los sólidos suspendidos totales que es una porción de sólidos totales retenidos por un filtro y los sólidos disueltos totales, es la porción de sólidos totales que atraviesan el filtro. Los sólidos totales pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras, además de actuar como

medio de transporte para microorganismos patógenos. Los contenidos mayores de sólidos pueden impedir la penetración de la luz, disminuir el oxígeno disuelto y limitar entonces el desarrollo de la vida acuática (García, *et al.*, 1998).

### **Nitrógeno amoniacal**

La contaminación de una corriente de agua por un fuerte crecimiento orgánico estimulado por nutrientes inorgánico, se conoce como eutrofización. Los compuestos orgánicos de nitrógeno están presentes en los desechos domésticos y agrícolas; por otra parte, los compuestos inorgánicos de nitrógeno se encuentran en ciertos desechos industriales y fertilizantes agrícolas. Para la fauna acuática el nitrógeno amoniacal es tóxico en concentraciones en el agua de unas cuantas partes por millón. Un incremento súbito del contenido normal de nitrógeno amoniacal en un agua implica la presencia de contaminación de aguas residuales (Romero, 1999).

### **Nitratos**

Algunas veces el amoníaco del agua proviene de la descomposición del agua negra y del escurrimiento agrícola. Este amoníaco se oxida fácilmente a través de la reacción de ciertos organismos, formando nitratos; a este proceso se le conoce con el nombre de nitrificación. En casi toda el agua natural existe pequeñas cantidades de nitratos y generalmente su concentración varía de 0 a 70 mg/l. En 1940 se descubrió que las aguas con un alto contenido de nitratos producen enfermedades en los niños, especialmente en los menores de 3 años (Perdomo, *et al.*, 2001).

### **Nitritos**

La presencia de nitritos en el agua es un indicio de la contaminación por aguas negras o desechos animales; también puede existir si los abastecimientos de agua que contienen nitrato entran en contacto con ciertos

materiales reductores. Cuando el agua usada para preparar alimentos contiene nitritos se corre el riesgo de que se puedan formar sustancias carcinogénicas llamadas nitrosaminas, por combinación con los compuestos de nitrógeno orgánico que se forman a su vez por la descomposición de la proteína presente en los alimentos (Medina, 2002).

### **Fósforo**

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de algas. Un exceso de fósforo produce un desarrollo acelerado de algas, las cuales consumen el oxígeno deteriorando la calidad del agua. Cabe señalar, que en el crecimiento microbiano se asimila al fósforo en forma de fosfatos. Teniendo en cuenta la importancia del fósforo como nutriente, su determinación es necesaria en estudios de contaminación de ríos, lagos y embalses, así como en los procesos químicos y biológicos de purificación y tratamientos de agua residual (Kemmer y col., 1989).

### **Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. La alcalinidad ayuda a regular los cambios de pH producidos por la adición de ácidos y se determina por titulación con un ácido normalizado, expresándose los resultados en carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$  (Romero, 1999).

### **Dureza**

La dureza se origina al contacto del agua con los suelos de formaciones rocosas y en áreas donde la capa de suelo es gruesa y hay calizas presentes. No presenta problemas aparentes para la biota acuática (Romero, 1999).

### **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La DBO<sub>5</sub> es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios, por ejemplo el oxígeno requerido por las bacterias para descomponer la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas. Existen diversas variantes de la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, entre ellas las que se refieren al período de incubación. La más frecuente es la determinación de DBO a los cinco días (DBO<sub>5</sub>). Es un método aplicable en aguas superficiales continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica (Doménech y col., 2006).

### **Indicadores microbiológicos**

Los agentes patógenos transmitidos por el agua constituyen un problema mundial, que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental, a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (Vargas, 1996).

Con respecto a la composición biológica de las aguas superficiales y aguas residuales, que es la parte viva natural de la materia orgánica, contiene un número incalculable de organismos, como bacterias y otros microorganismos vivos más complejos, cuyas actividades son las que causan el proceso de descomposición (Jones, *et al.*, 1998; Escamiroso, 1999).

En la actualidad se conoce una gama de enfermedades transmitidas por el agua, causadas por diferentes microorganismos: bacterias, protozoarios (gusanos), helmintos (lombrices) y virus. Además, las enfermedades hídricas (fiebre tifoidea, disentería, cólera, etc.) más comunes son aquellas que se propagan por el agua contaminada con heces u orina humana, localizadas en las aguas residuales municipales (Escamiroso, 1999; Hildebrandt, *et al.*, 2006).

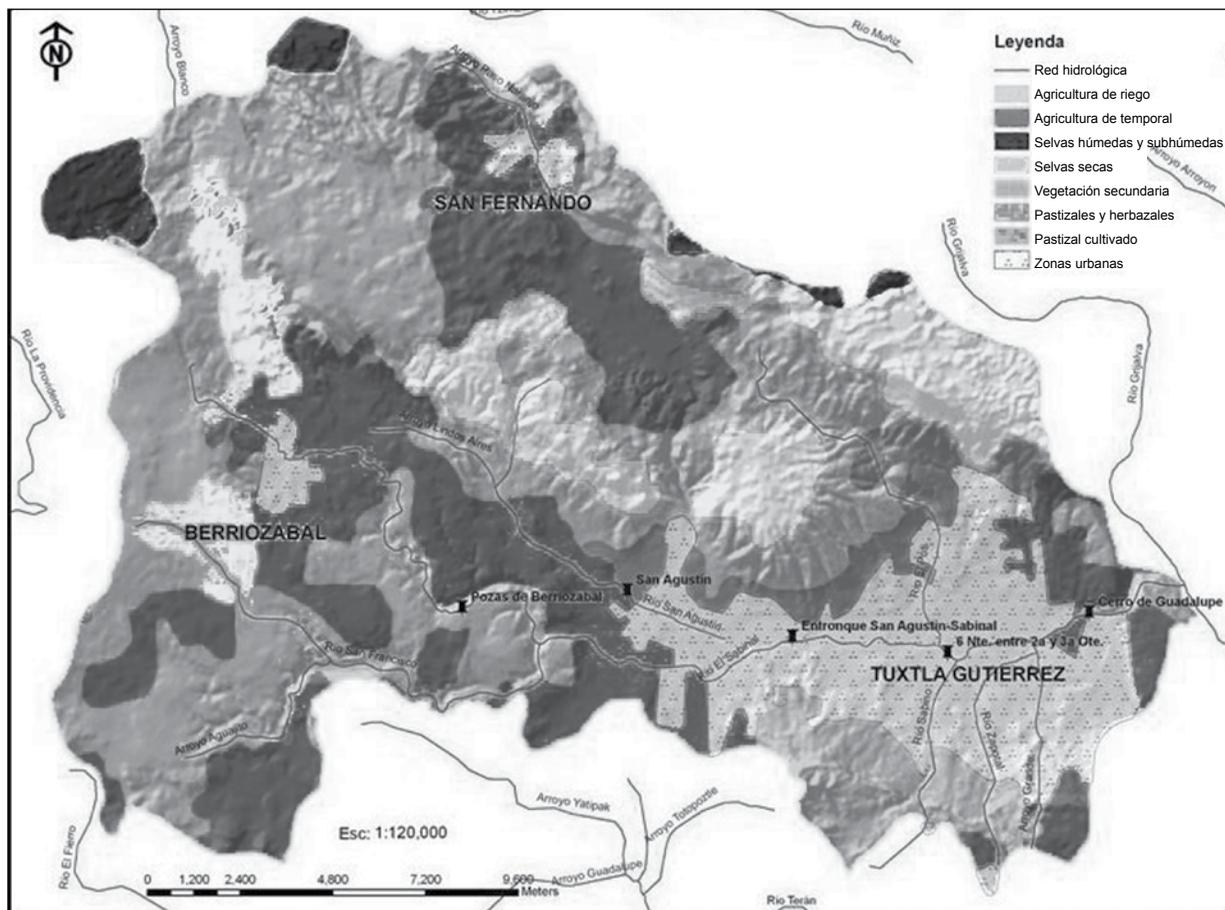


Figura 1 ■ Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el río Sabinal.

La evaluación de la calidad microbiológica del agua se basa en la determinación de indicadores en el grupo de coliformes totales y fecales. Los coliformes totales son resistentes naturales en el suelo y agua. Los coliformes fecales provienen del tracto intestinal de animales de sangre caliente, los cuales son los mejores indicadores de riesgo de afecciones humanas. La especie, *Escherichia coli* es el principal indicador de los coliformes fecales en el agua. (Perdomo, *et al.*, 2001; Cáceres, 1990).

#### METODOLOGÍA

El estudio se llevó al cabo en el periodo de abril a octubre de 2007. En un mapa se marcaron 5 puntos de muestreo y se georeferenciaron (cuadro y figura 1).

Se realizaron los muestreos, en temporadas de estiaje y de lluvia, en cada salida de muestreo se determinaron parámetros en campo como fue: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto. En total se recolectaron 33 muestras de agua para el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se realizaron los análisis de laboratorio de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas y se compararon con las: NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-ECOL-1996.

#### RESULTADO Y DISCUSIÓN

##### Parámetros de campo

La temperatura del agua registró una temperatura promedio de 26.0 °c y una desviación estándar de

**Cuadro 1** ■ Puntos de muestreo georeferenciados del río Sabinal.

PUNTO DE MUESTREO	UBICACIÓN
1. Pozas de Berriozábal	Latitud: 16° 45´ 57.5´´ Longitud: 93° 13´ 46.7´´
2. San Agustín	Latitud: 16° 46´ 11.9´´ Longitud: 93° 11´ 22.0´´
3. San Agustín-Río Sabinal	Latitud: 16° 45´ 33.5´´ Longitud: 93° 08´ 57.7´´
4. 6 Nte. entre 2ª y 3ª Ote.	Latitud: 16° 46´ 12.1´´ Longitud: 93° 11´ 22.1´´
5. Cerro de Guadalupe	Latitud: 16° 45´ 53.6´´ Longitud: 93° 04´ 37.7´´

±3.7. El pH, nos indicó que el río Sabinal contiene agua superficial moderadamente básica. Por otra parte, el oxígeno disuelto en la mayoría de los puntos de muestreo registró niveles muy bajos.

El oxígeno disuelto bajo, indica que como reactivo esencial para la generación de los procesos aeróbicos, al no haber una concentración suficiente de este compuesto el proceso aeróbico se detiene y sólo pueden continuar los procesos anaeróbicos que son lentos y malolientes, como se observaron en los tres últimos puntos de muestreo 3, 4 y 5 (San Agustín-río Sabinal, 6ª Nte. Ote. y Cerro de Guadalupe). Así también, la conductividad con un valor promedio de 911  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no representa ningún riesgo para el desarrollo de la vida acuática y del medio ambiente (cuadro 2).

### Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Los análisis de laboratorio se registraron concentraciones de  $\text{DBO}_5$  dentro del límite máximo permisible de la NOM-001-ECOL-1996, la cual es de 75 mg/L.

De acuerdo a los resultados obtenidos de dureza total en la subcuenca del río Sabinal, los valores se encuentran dentro del límite permitido de 500 mg/L que estipula la NOM-127-SSA1-1994. Sin embargo,

el promedio que se registró en el cuerpo de agua es de 379.98 mg/L, lo cual nos indica que el agua superficial pertenece a una clasificación de muy dura; debido a la disolución de sulfatos cálcicos o magnésicos que no precipitan.

La NOM-127-SSA1-1994 establece para el nitrógeno amoniacal una concentración de 0.5 mg/L y los resultados arrojaron una concentración mayor en los cinco puntos de muestreo. Las concentraciones más altas se registran en el punto de muestreo 5 (cerro de Guadalupe) y es en este sitio donde el nitrógeno amoniacal es tóxico para la fauna acuática. Cabe mencionar que el incremento del contenido normal de este parámetro en el agua, implica la presencia de agua residual.

Cabe mencionar, que la presencia de nitritos en el agua es un indicio de la contaminación por agua negra, deshechos animales o por la reducción de nitratos que contenga el cuerpo de agua y en este estudio los puntos que están fuera de la concentración de 0.05 mg/L de nitritos de la NOM-127-SSA1-1994, son el 1 y 3 (pozas de Berriozábal y río San Agustín-río Sabinal). La causa de las concentraciones altas se registraron en los meses de julio y agosto, las cuales corresponden a la temporada de lluvias, es debido que éstas arrastran contaminantes del suelo hacia el río. Además, la filtración del contenido de fosas sépticas o drenajes fragmentados, cuyo contenido llega al agua superficial del río Sabinal.

En la determinación de la demanda química de oxígeno se obtuvieron concentraciones que nos indican el contenido de materia orgánica del río Sabinal en la categoría de aguas naturales de acuerdo a la literatura, un río no contaminado registra valores de DQO en un rango aproximado de 1 a 5 mg/L y por los resultados registrados las concentraciones fuera de ese rango lo presentan los tres últimos puntos de muestreo 3,4 y 5 (San Agustín-río Sabinal, 6ª Nte. Ote. y Cerro de Guadalupe).

**Cuadro 2** ■ Resultados de los parámetros de campo.

FECHA DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	TEMP. AMBIENTE	TEMP. DEL AGUA	PARÁMETROS DE CAMPO		
				pH	OXIG.DISUELTO mg/l	CONDUCTIVIDAD $\mu$ S/cm
26/04/07	1	30 °C	29.9 °C	8.30	7.67	973
	5	34 °C	31.0 °C	7.60	0.07	1386
17/07/07	1	24 °C	23.1 °C	8.37	7.36	851
	2	27 °C	24.3 °C	8.02	6.82	682
	3	30 °C	26.0 °C	8.18	4.05	754
	4	31 °C	31.8 °C	7.58	2.68	1114
	5	32 °C	31.3 °C	7.74	2.77	1100
21/08/07	1	24 °C	23.5 °C	8.06	7.10	850
	2	25 °C	23.0 °C	8.11	6.62	512
	3	27 °C	24.8 °C	7.87	2.50	752
	4	29 °C	28.0 °C	7.64	2.72	1092
	5	28 °C	27.7 °C	7.59	0.01	1201
30/10/07	2	23 °C	22.0 °C	8.37	3.89	701
	3	25 °C	21.5 °C	7.75	2.15	762
	4	24 °C	22.0 °C	7.50	1.89	935

Cabe mencionar que la relación entre los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO es indicativa de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En agua residual un valor de la relación DBO/DQO menor de 0.2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor de 0.6 de tipo orgánico (Doménech y col., 2006).

Los sólidos suspendidos y sedimentables obtenidos del análisis de laboratorio la mayoría se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la NOM-001-ECOL-1996. Sin embargo, haciendo un énfasis con respecto a las fechas de muestreo, los niveles altos de sólidos se encuentran en los meses de estiaje (abril y octubre) y en particular en los puntos de muestreo 3, 4 y 5 (San Agustín-río Sabinal, 6ª Nte. Ote. y Cerro de Guadalupe). En general, los sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua para su aprovechamiento, ya que, el agua con abundantes sólidos suele ser de inferior potabilidad.

Las Normas Oficiales Mexicanas NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-ECOL-1996 establecen estrictamen-

te el valor de 0 Unidad Formadora de Colonia por 100 mL (UFC/mL) de coliformes fecales en aguas naturales. Sin embargo, este indicador esta fuera de norma en los cinco puntos de muestreo. Como puede observarse en el cuadro 4, la concentración menor se registró en el punto 1 (pozas de Berriozábal) con un valor de 1010 UFC/100 mL y el más alto en el punto 5 (Cerro de Guadalupe) con 680 x 10<sup>5</sup> UFC/100 mL en la misma fecha de muestreo. Es indudable que a lo largo del caudal del río Sabinal se incrementa paulatinamente en cada punto de muestreo estos microorganismos, ya que el agua superficial transporta las descargas del agua negra o domiciliaria de la ciudad.

La NOM- 127-SSA1-1994 establece el límite máximo permisible de 2 UFC/mL para los coliformes totales (cuadro 4). Los organismos patógenos se encontraron en mayor cantidad en los puntos de muestreo 3, 4 y 5 (San Agustín-río Sabinal, 6ª Nte. Ote. y cerro de Guadalupe) en los meses de julio y agosto (temporada de lluvia).

**Cuadro 3** ■ Resultados de los parámetros fisicoquímicos.

PUNTO DE MUESTREO	1. Pozas de Berriozábal				2. San Agustín		
	26/04/07	12/06/07	17/07/07	21/08/07	17/07/07	21/08/07	30/10/07
FECHA DE MUESTREO	26/04/07	12/06/07	17/07/07	21/08/07	17/07/07	21/08/07	30/10/07
PARAMETROS/UNIDADES	mg/l	Mg/l	mg/l	mg/l	Mg/l	mg/l	mg/l
DBO <sub>5</sub>	1.17	<3.0	6.14	<3.0	6.22	<3.0	<3.0
Dureza Total	ND	382.99	353.81	342.86	288.15	282.68	316.57
Alcalinidad Total	ND	316.62	274.11	285.41	255.17	243.09	285.57
Nitrógeno Amoniacal	ND	0.59	0.77	0.93	0.83	0.82	0.71
Nitrógeno Orgánico	ND	<0.4	0.83	0.55	0.83	0.60	<0.4
Nitrógeno Total Kjendhal	ND	0.99	1.61	1.47	1.67	1.42	ND
Fósforo Total	0.62	0.43	0.75	0.9	<0.108	<0.11	<0.11
Nitritos (N)	0.01	<0.01	0.078	0.04	<0.010	<0.01	<0.010
Nitratos (N)	6.49	7.18	9.03	8.8	1.66	1.38	0.00
DQO	<13.25	8.14	20.57	20.46	<5.0	6.30	<5.0
Sólidos Sedimentables	7	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
Sólidos Suspendidos T.	<0.1	32	28	20	44.00	46.00	104.00

ND: No Determinada.

### CONCLUSIONES

Sin lugar a duda, la mayor contaminación al río Sabinal es la de origen domiciliario, de residuos sólidos y orgánicos. Esto se refleja en las concentraciones altas que se registraron de DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno amoniacal, y por temporada de estiaje en los sólidos

suspendidos y sedimentables. Estos parámetros afectan el desarrollo de la fauna y la flora acuática.

Los microorganismos forman la parte biológica de la contaminación del agua superficial del río Sabinal y éstas pueden causar un riesgo a la salud pública. Los resultados de la cantidad de coliformes fecales y

3. San Agustín - Sabinal			4. 6 Nte. Entre 2ª y 3ª Ote.			5. Cerro de Guadalupe			
17/07/07	21/08/07	30/10/07	17/07/07	21/08/07	30/10/07	26/04/07	12/06/07	17/07/07	21/08/07
Mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
10.41	8.50	<3.0	14.50	7.16	<3.0	140.62	8.89	15.01	7.91
335.57	333.74	673.63	372.04	346.51	669.95	ND	324.63	339.22	337.39
310.99	350.37	313.91	343.88	370.05	287.75	ND	346.27	433.59	362.18
6.84	13.33	0.59	12.73	13.38	0.71	ND	18.04	33.54	13.27
0.77	0.82	0.59	7.49	2.51	0.53	ND	7.7	27.24	7.21
7.61	14.14	1.18	20.22	15.89	1.24	ND	25.74	60.78	20.48
1.3	0.46	1.00	4.80	1.90	1.00	7.93	6.42	5.01	1.8
0.098	0.09	<0.01	<0.010	<0.01	0.03	<0.00054	<0.01	<0.010	<0.01
0.73	0.44	1.85	0.82	1.44	1.70	0.041	<0.16	0.472	0.91
46.63	98.38	60.09	205.72	183.63	ND	291	252.98	205.72	216.43
0.1	0.10	1.60	0.50	1.20	1.80	45	1.1	0.20	3.1
20	64.00	920.00	116.00	128.00	868.00	1.7	214	100	172

totales, se encuentran fuera de las normas, obteniendo las mínimas concentraciones en la temporada de estiaje del mes de octubre.

En resumen, los sitios más impactados de acuerdo a los indicadores de contaminantes analizados son los puntos 2, 3, 4 y 5 (río San Agustín, entronque río

San Agustín-río Sabinal, 6ª Nte. Ote. y Cerro de Guadalupe) principalmente en temporada de lluvia. La ubicación de estos puntos de muestreo, se encuentran dentro de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, por lo que, éstos han sido afectados por las actividades antropogénicas de la urbanización.

**Cuadro 4** ■ Resultados de los parámetros microbiológicos

PARÁMETRO	COLIFORMES FECALES				COLIFORMES TOTALES			
	FECHA DE MUESTREO	26/04/07	17/07/07	21/08/07	30/10/07	26/04/07	17/07/07	21/08/07
PUNTO DE MUESTREO ↓	UFC/100 ml				UFC/100 ml			
1. Pozas de Berriozábal	1.07 x 10 <sup>2</sup>	>2 x 10 <sup>3</sup>	1.01 x 10 <sup>3</sup>	ND	1.04 x 10 <sup>2</sup>	>2 x 10 <sup>3</sup>	6.06 x 10 <sup>3</sup>	ND
2. San Agustín	ND	9.5 x 10 <sup>3</sup>	1.41 x 10 <sup>4</sup>	2.12 x 10 <sup>3</sup>	ND	> 2 x 10 <sup>4</sup>	2.73 x 10 <sup>4</sup>	1.20 x 10 <sup>4</sup>
3. San Agustín - Sabinal	ND	> 2 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>7</sup>	2.42 x 10 <sup>5</sup>	ND	> 2 x 10 <sup>4</sup>	3.9 x 10 <sup>7</sup>	7.27 x 10 <sup>5</sup>
4. 6 Nte. entre 2ª y 3ª Ote.	ND	2.5 x 10 <sup>7</sup>	3.4 x 10 <sup>7</sup>	8.89 x 10 <sup>5</sup>	ND	> 2 x 10 <sup>8</sup>	5.96 x 10 <sup>7</sup>	1.24 x 10 <sup>6</sup>
5. Cerro de Guadalupe	26 x 10 <sup>6</sup>	6.8 x 10 <sup>7</sup>	3.64 x 10 <sup>7</sup>	ND	37 x 10 <sup>6</sup>	>2 x 10 <sup>8</sup>	>2.02 x 10 <sup>8</sup>	ND

### AGRADECIMIENTOS

Por su apoyo a este estudio, al personal del laboratorio de monitoreo ambiental del IHN y al laboratorio de Conagua, unidad Tuxtla Gutiérrez.

### LITERATURA CITADA

**CÁCERES, L. O.**, 1990, *Desinfección del agua*, Ministerio de Salud-OPS, Lima, Perú.

**DOMÉNECH, X. y PERAL, J.**, 2006, *Química ambiental de sistemas terrestres*, Reverté, Barcelona, España.

**ESCAMIROSA, L. F.**, 1999, *Caracterización y tratamiento del agua residual de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chiapas.

**GARCÍA, C. J.**, 2002, *Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el parque natural de Monfragüe*, Tesis de doctorado, Ciencias Ambientales, España.

**GARCÍA, C. J., MARTÍNEZ, S., COLÓN, T. L., CUEVAS, M. R. Y MEMIJE, N. P.**, 1998, *Técnicas alternativas de evaluación de la calidad del agua en el sistema lagunar del Carmen, Tabasco*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua.

**HILDEBRANDT, A., LACORTE S., AND BARCELÓ, D.**, 2006, "Sampling of Water, Soil and Sediment to Trace Organic Pollutants at a River-Basin Scale", en *Anal Bioanal Chem. Review*, 386(4): 1075-1088, s.l.

**INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA**, 2005, *La cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta*, México, <http://www.institutonacionaldeecologia.gob.mx>.

**JONES, J. G.**, 1998, "Calidad microbiológica del agua: características del problema", en *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, no. 37, pp. 48- 53.

**KEMMER, F. N., y McCALLION, J.** 1989, *Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*, tomo I, 1ª ed. McGraw Hill, México.

**LEÓN, V. L. F.**, 1992, "Sistemas de información geográficos en calidad del agua", en *Anuario IMTA*, México, D.F., pp. 20-25.

**LUDEVID, M.**, 1998, *El cambio global en el medio ambiente. Introducción a sus causas humanas*, Alfa Omega, Barcelona, España, 25-32. p.

**MEDINA, P. N.**, 2002, *Estudio hidrobiológico de la cuenca del río Armería para las predicciones de un desarrollo sustentable*, Universidad de Colima, México.

**PEÑA, C., CARTER, D., y AYALA-FIERRO, F.**, 2000, Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos y restauración ambiental, The University the Arizona, USA.

**PERDOMO, C. H., CASANOVA, O. N. y CIGANDA, V. S.**, 2001, "Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay", en *Agrociencia*, 5(1):10-22.

**ROLDÁN, G.**, 2003, *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*, 1ª edición, Universidad de Antioquia, Colombia.

**ROMERO, L.**, 1999, *Calidad del agua*, 2ª edición, Alfa Omega, México.

**SANDERS, T.G., WARD J. C., LOFTIS T. D. and STEELE D.D.**, 1983, "Design of Networks for Monitoring Water Quality", en 1ª edition, *Water Resources Publications*, Colorado, USA.. 270. p.

**SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA**, 2001, *Actualización del Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2001-2020*, México.

**TEBBUTT, T. H. Y.**, 1993, *Fundamentos de control de la calidad del agua*, versión en español, Limusa, México.

**VARGAS, G. C.**, 1996, *Control de calidad del agua en la red de distribución*, CEPIS, s.l.







# Determinación del peligro a incendios en el Parque Nacional Cañón del Sumidero con base en el uso de los sistemas de información geográfica

Rodolfo Palacios-Silva<sup>1\*</sup>

Itzel de los Santos Reyes<sup>1</sup>

José Armando Velasco Herrera<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se evaluó el régimen de incendios en el *Parque Nacional Cañón del Sumidero*. Para la caracterización se recopiló información oficial para describir las causas, extensión, tipo de vegetación y los estratos afectados en los incendios registrados en la última década. Para describir espacialmente al régimen se generó un *mapa de peligro* a partir de cuatro variables explicativas: el uso de suelo, el tipo de clima, la proximidad a las comunidades y vías de comunicación. De los 52 incendios registrados, la mayoría fue producto de actividades agrícolas, de tipo superficial y afectaron con mayor intensidad la selva baja que se encuentra dentro del parque. El modelo espacial mostró que las zonas de mayor peligro tienen una extensión que ocupa el 6 % de la zona de estudio.

**Palabras clave:** incendios forestales, Parque Nacional Cañón del Sumidero, peligro, Sistemas de Información Geográfica.

## ABSTRACT

Was evaluated the fire regime in the Sumidero Canyon National Park. Characterization of temporal fire regime was surveyed in causes, frequency and extension, the fire type, vegetation type and strata that were affected by the forest fires in the park during the last decade. To generate the hazard map, there were used four explanatory variables: land use, climate, proximity to communities and roads. Of the 52 forest fires surveyed, were associated to agricultural activity, of surface type and affected more strongly in the shrubland. The spatial pattern showed that dangerous zones have an extension that occupied six per cent of the study area.

**Key words:** Forestry fire, Sumidero Canyon National Park, danger, Geographic Information System.

## INTRODUCCIÓN

Las áreas naturales protegidas son zonas destinadas tanto a la conservación de la diversidad biológica como a la conservación de los procesos ecológicos. Particularmente los parques nacionales son áreas de belleza natural y escénica, de importancia nacional e internacional, mantenidas para uso científico, educacional y recreativo (Primack *et al.*, 2001). Generalmente en las áreas protegidas se consideran estrategias para la prevención y control de los incendios, sin embargo, el cambio en el comportamiento del fuego, resultado del impacto de las

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte-Poniente S/N. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29000.

\*Autor para correspondencia: rod\_palacios@hotmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería. Departamento de Geomática. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte-Poniente S/N. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. C.P. 29000.

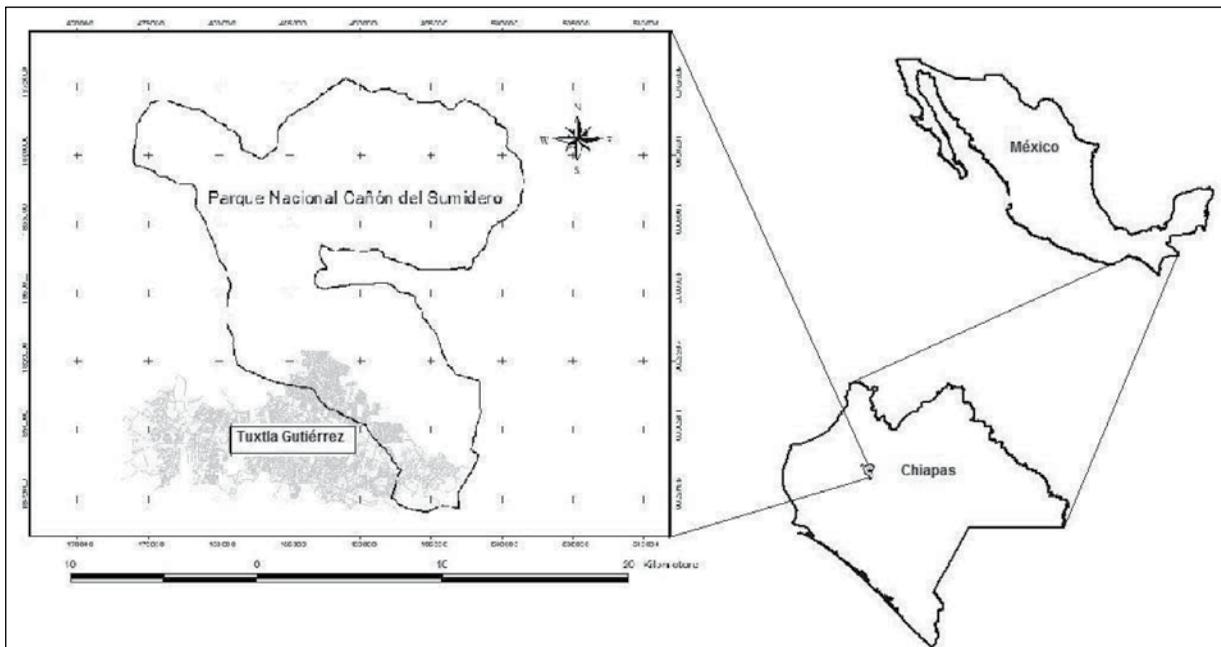


Figura 1 ■ | Localización del área de estudio, Parque nacional Cañón del Sumidero.

actividades humanas, puede disminuir la eficiencia de los planes de manejo establecidos para cubrir sus objetivos de conservación.

Un incendio es un proceso físico que forma parte de la dinámica natural de casi todos los ecosistemas terrestres (Rodríguez & Fulé, 2003). Aunque los ecosistemas presentan adaptaciones al régimen natural de fuego, la presencia de incendios (*i.e.* presencia no controlada del fuego) en las áreas protegidas de tamaño reducido, puede representar la disminución significativa del remanente natural confinado y, además, puede potenciar la magnitud de otro tipo de perturbaciones, como la pérdida del suelo o la incidencia de plagas forestales (Palacios-Silva, 2009). El estudio del régimen de incendios puede proporcionar información pertinente para incrementar la eficiencia en las estrategias de conservación en las áreas naturales protegidas.

Las primeras evaluaciones del peligro de incendios fueron aplicadas por primera vez a mediados del siglo pasado, dando origen a una gran cantidad de enfoques

y aplicaciones orientadas tanto a describir el peligro de incendio así como las medidas administrativas a seguir (Diez de Bonilla-Santiago, 2007). Actualmente, los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en una herramienta muy útil para generar mapas de peligro delimitando áreas de riesgo a partir de la síntesis de las condiciones intrínsecas de un paisaje en particular, lo que a su vez permite determinar o incrementar la eficiencia en las acciones para la prevención y combate de incendios (Torres Rojo *et al.*, 2007). En este trabajo se evaluó el peligro a incendios para el Parque Nacional Cañón del Sumidero con el objetivo de proporcionar información básica que permita generar alternativas para el manejo del fuego en el área.

## MÉTODO

### Zona de estudio

El Cañón del Sumidero es un área protegida como Parque Nacional (*Diario Oficial*, 1980). Se localiza entre los 16°44'-16°56' latitud norte y los 93°00'-93° 11' de

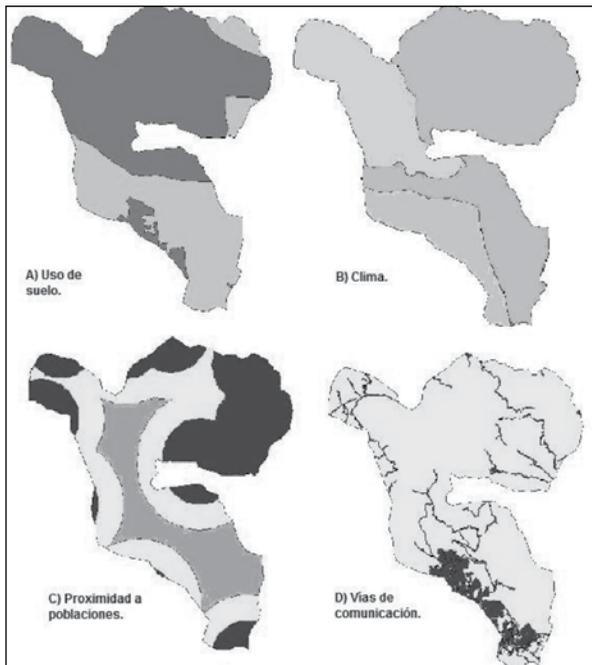


Figura 2 ■ Distribución espacial de las componentes de peligro potencial a incendios en la zona de estudio.

longitud oeste, una zona de 21789 hectáreas ubicada entre la Depresión Central y sus límites con la Sierra Madre y las Montañas del Norte de Chiapas (Hernández Martínez, 2009). Es una zona para la protección de la cuenca Grijalva-Tuxtla Gutiérrez que incluye zonas de bosque tropical y templado. Su proximidad a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez provoca que exista un alto impacto humano en la zona (fig. 1).

### Caracterización del régimen de incendios

Para describir el peligro de incendios se realizó una revisión de la información oficial disponible obtenida de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, sobre la incidencia de incendios en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. La información se utilizó para conocer la frecuencia de incendios forestales, la causa del incendio (natural o antrópica), el tipo de incendio

(superficial, subterráneo y de copa), el tipo de vegetación afectada (bosque templado o bosque tropical) y el tamaño de los incendios (hectáreas).

### Descripción del peligro potencial

Para determinar espacialmente al peligro potencial a incendios en la zona de estudio se consideraron las siguientes variables explicativas: uso del suelo, clima, proximidad a las poblaciones y vías de comunicación, ya que se consideró que estas variables resumen las condiciones físicas y biológicas para que se produzca un incendio. El paisaje del peligro potencial fue caracterizado principalmente a partir de mapas vectoriales utilizando el sistema de información geográfica ArcView.

La descripción del uso de suelo se realizó utilizando mapas vectoriales 1:250000 (INEGI, 2004a), a partir de los cuales se zonificó el paisaje en dos categorías de peligro: vegetación natural (bosque tropical y templado) y zonas bajo manejo (agrícola y pastizal inducido). A cada categoría se le asignaron valores arbitrarios de 0.25 y 0.75 respectivamente (fig. 2a). La caracterización del climas se obtuvo de un mapa vectorial de clima 1:1000000 (INEGI, 2002) que permitió distinguir tres tipos de clima en el paisaje, cálido seco, cálido semicálido y cálido húmedo. A los cuales se les asignó un valor arbitrario de peligro de 0.5, 0.33 y 0.17 respectivamente, en función de la humedad esperada en el ambiente (fig. 2b). Para ubicar las vías de comunicación (camino y telecomunicación) en el paisaje se utilizó un mapa vectorial 1:250000 (INEGI, 2004b), a partir del cual se generó un área de influencia definida a 30 m de forma transversal a las vías de comunicación. Al área ubicada a menos de 30 m se le asignó un valor arbitrario de peligro de 0.75, mientras que el área más distante le fue asignado un valor de 0.25 (fig. 2c). Para caracterizar la adyacencia a las poblaciones se utilizaron mapas vectoriales 1:250000 (INEGI, 2004c) para definir áreas dentro del parque

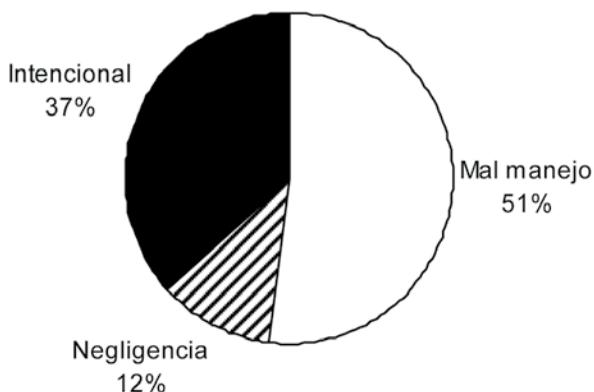


Figura 3 ■ Causas de incendios en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.

que se encontraban a menos de un kilómetro de distancia, entre uno y cuatro kilómetros y entre cuatro y seis kilómetros, a las cuales se les asignó valores de peligro de 0.5, 0.33 y 0.17 respectivamente (fig 2d). Se utilizaron valores arbitrarios para generar hipótesis de peligro potencial en la zona de estudio.

Los mapas vectoriales obtenidos fueron convertidos a formato raster de 20X20m por pixel, para realizar un producto con las capas generadas (uso del suelo, clima, proximidad a las poblaciones y vías de comunicación). Los valores obtenidos fueron relativizados para zonificar el paisaje en zonas de alto, mediano y bajo nivel de peligro a incendios.

### Validación del modelo espacial

Se utilizó la información oficial disponible de la localización y el tamaño de los incendios registrados en el Parque Nacional Cañón del Sumidero para verificar la precisión del modelo espacial del riesgo potencial de incendios. La capa de incendios fue superpuesta al mapa de peligro potencial para observar la proporción de incendios y el área afectada que se han registrado en las zonas delimitadas con nivel alto, medio y bajo de peligro a incendios.

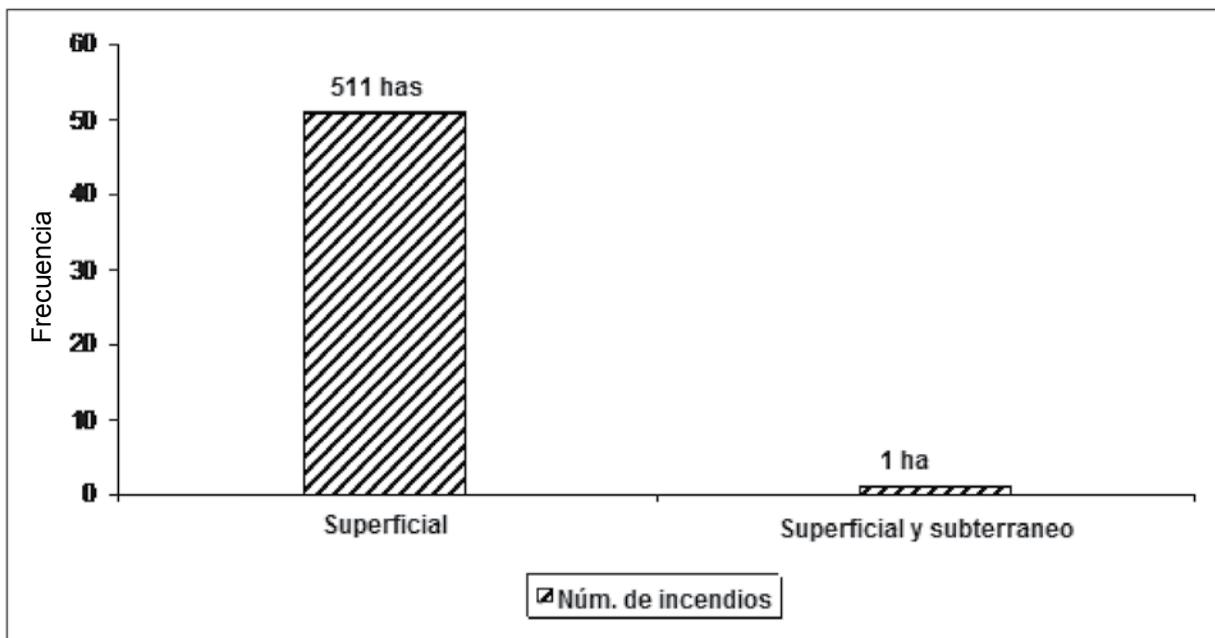


Figura 4 ■ Tipos de incendios encontrados en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.

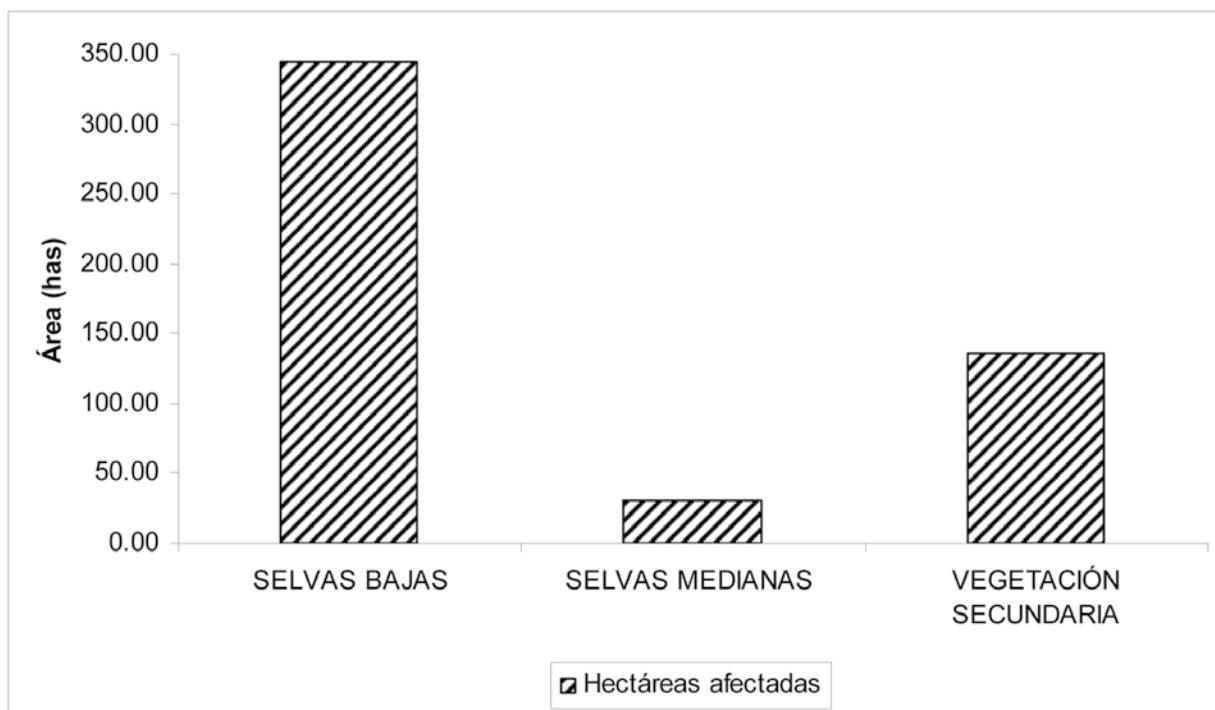


Figura 5 ■ | Área afectada del Parque Nacional Cañón del Sumidero, respecto a tipo de vegetación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización del régimen de incendios

Se encontró información de 52 incendios sucedidos en la zona de estudio en los últimos siete años (2003-2008). Las causas que originaron los incendios fueron, el mal manejo del fuego en zonas agrícolas, incendios provocados de forma intencional, además del uso negligente del fuego (fumadores, excursionistas, cazadores, etc.), con 27, 19 y 6 incendios respectivamente (fig. 3). Debido a que las áreas protegidas requieren de protección adicional cuando las actividades humanas amenazan aspectos importantes de la diversidad biológica (Primack *et al.*, 2001), debe contemplarse en el plan de manejo del Parque Nacional Cañón del Sumidero la adopción de más estrategias de prevención y mitigación de incendios de las que hasta el momento se encuentran contempladas.

Las estrategias que pueden implementarse en el parque pueden ser culturales-educativas y de prevención física, dentro de las primeras podemos mencionar la capacitación a productores para la implementación de alternativas productivas, capacitación en la prevención, combate y manejo del fuego, así como la distribución de material didáctico con información del parque y su importancia; para prevención física encontramos la apertura y mantenimiento de brechas cortafuego, el mantenimiento de brechas y caminos, el manejo de combustibles y la construcción de torres de observación y campamentos.

El 98% de los incendios ocurridos dentro del parque fueron del tipo superficial y el 2% restante fue superficial/subterráneo, afectando 511 has y 1 ha respectivamente (fig. 4). Los incendios de tipo subterráneo se caracterizan por quemar el mantillo y las raíces bajo la

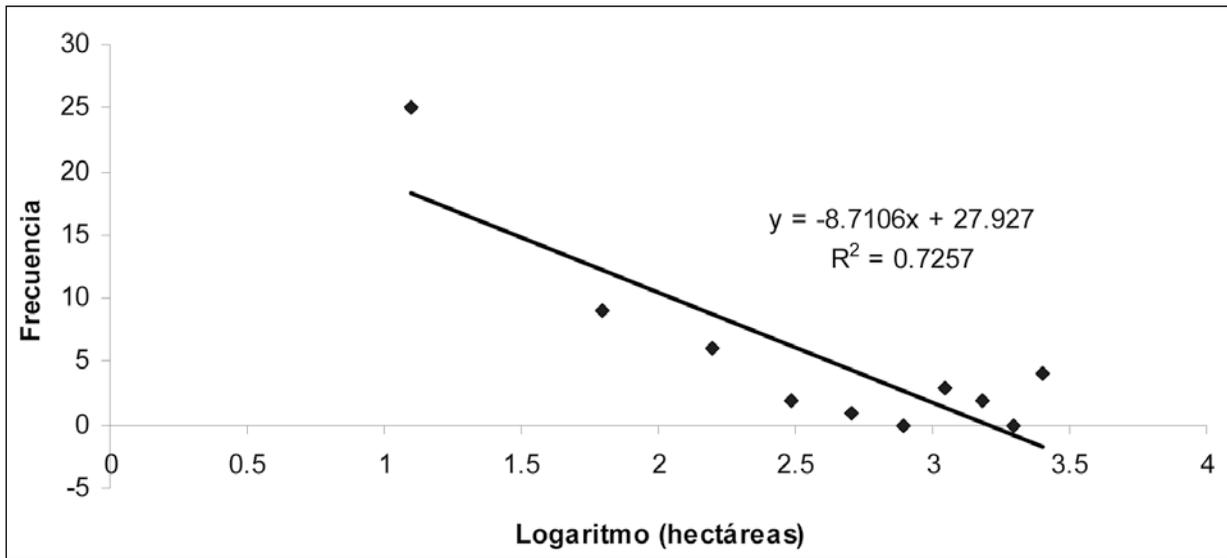


Figura 6 ■ | Modelo linealizado de la distribución del tamaño de incendios registrados en la zona de estudio.

superficie del suelo, no presenta llamas pero puede matar la mayor parte de las plantas, regularmente adquieren una combustión lenta y generan altas temperatura mientras que los superficiales consumen materiales que se localizan en la parte superficial del suelo como el mantillo, hierbas, troncos, arbustos y árboles jóvenes, éstos son los más comunes (Flores-Rodríguez, 2006; Sánchez-Hernández, 2007; González Ramírez, 2008). Debido a que los incendios superficiales son los que se presentan con mayor frecuencia, la implementación de quemas prescritas podría disminuir la cantidad de combustible presente en la superficie y con ello el número incendios.

El 67 % de la superficie que se afecta dentro del PNCS corresponden a las selvas bajas, el 27% a la vegetación secundaria y el 6% restante a las selvas medianas (fig. 5), Las selvas bajas representan el tipo de vegetación predominante en la zona de estudio, generando una mayor disponibilidad de combustibles por sus características caducifolias. Los resultados encontrados sugieren que la implementación de quemas prescritas debe

acentuarse en este tipo de vegetación podría disminuir el peligro de incendios en la zona de estudio.

La distribución del tamaño de incendios registrados en la zona de estudio es de tipo logarítmica, existe un mayor número de incendios de pocas hectáreas de afectación y pocos incendios de tamaño mayor a 5 hectáreas (fig. 6). Muchas perturbaciones que regulan la dinámica de los ecosistemas suceden con un peligro que puede observarse como un modelo de potencia. Describir la naturaleza del régimen de incendios permitirá generar planes más adecuados para enfrentar la amenaza de incendios dentro del parque.

### Evaluación del peligro potencial a incendios

El paisaje fue zonificado en tres categorías de peligro. El peligro alto se concentra en la parte sur del Parque Nacional Cañón del Sumidero, el área más cercana a la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, donde la vegetación es más seca y existe un mayor número de vías de comunicación. La zona con menor peligro se distribuye en la parte noroeste del parque, dejando el nivel medio hacia

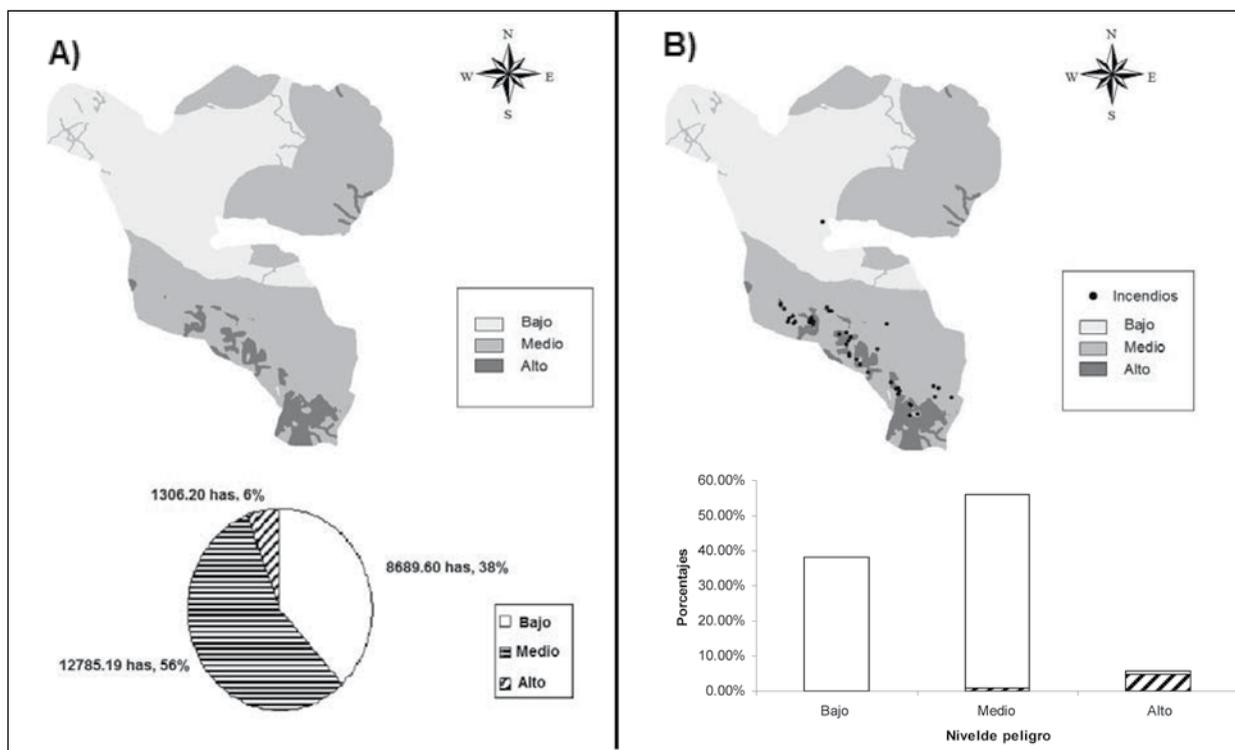


Figura 7 ■ | Modelo final generado, zonificado en tres categorías de peligro alto, medio y bajo.

la parte sur y noreste. La superficie que abarca cada categoría de peligro respecto al área total del parque estas corresponden a 56% para el nivel medio, 38% al nivel bajo y el 6% restante al nivel alto (fig. 7).

### Validación del modelo espacial

Al ubicar los datos de los incendios que se han generado en la zona de estudio la mayor parte de estos se localizan dentro de los grados de peligro alto y medio del modelo (fig. 7). En el nivel medio de peligro se encontró la mayor cantidad de incendios, sin embargo, en proporción de la superficie que ocupa en el paisaje y el número de hectáreas afectadas se observa una proporción significativamente en la zona delimitada en nivel alto de peligro (fig. 7). A pesar de que para construir el modelo espacial de peligro se utilizaron valores

arbitrarios nuestros resultados indican que el modelo podría ofrecer información básica para reformular los planes de manejo de incendios en el parque.

### COMENTARIO FINAL

El peligro en el área de estudio se encuentra determinado por las actividades humanas, debido a la cercanía que tienen a las zonas agrícolas y a la zona urbana. El modelo propuesto permitió sintetizar una serie de variables que pueden estar determinando el peligro a incendios en el paisaje. El modelo generado representa una herramienta alternativa para planear estrategias para la prevención, control y combate de incendios en el parque, de tal forma que los recursos tanto humanos como materiales destinados para tales casos sean utilizados de una forma más eficiente.

## AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo brindado para la realización de este trabajo al biólogo Pedro Hernández Martínez, jefe del departamento de incendios del *Parque Nacional Cañón del Sumidero*, Conanp.

## LITERATURA CITADA

**DIEZ DE BONILLA SANTIAGO, E. A.**, 2007, *Evaluación del peligro por incendios forestales en la delegación Milpa Alta*, UNAM, Colegio de geografía, Distrito Federal.

**FLORES RODRÍGUEZ, A.**, 2006, *Frecuencia de los incendios forestales, su relación con la precipitación y la riqueza de especies vegetales, en la cuenca del río Magdalena, D.F., México*, UNAM, Facultad de Ciencias, México.

**PALACIOS SILVA, R.**, 2009, "Vulnerabilidad de los bosques templados bajo manejo silvícola", en Palacios-Silva *Estudios ambientales y riesgos naturales*, (coor.), Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, s.p.

**GONZÁLEZ RAMÍREZ L. M.**, 2008, *Análisis del efecto de El Niño sobre los Mega Incendios en México*, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, México D. F.

**HERNÁNDEZ MARTÍNEZ P. J.**, 2009, Conanp, *Plan de trabajo de manejo integral del fuego*, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

**INEGI**, 2002, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Distrito Federal.

**INEGI**, 2004, *Cartografía digital*, 1:250000 E1511, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Distrito Federal.

**PRIMACK R., ROZZI R. & FEINSINGER P.**, 2001, "Establecimiento de áreas Protegidas", en *Fundamentos de conservación biológica*, Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. & Massardo F. (eds), Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

**RODRÍGUEZ, D. A. Y P. Z. FULÉ**, 2003, *Fire Ecology of Mexican Pines and a Fire Management Proposal*, Int. J. of Wildland Fire, 12: 23-37.

**SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, M.**, 2007, *Tipos de incendios y su relación con la recuperación y diversidad del estrato herbáceo en el Parque Nacional el Chico Hidalgo*, UNAM, México, D. F.

**SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS**, 1980. *Diario Oficial*, Consulta electrónica. [http://diariooficial.segob.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?cod\\_diario=208828&fecha=08/12/1980&pagina=29&seccion=1](http://diariooficial.segob.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?cod_diario=208828&fecha=08/12/1980&pagina=29&seccion=1)

**TORRES ROJO, J. M., MAGAÑA TORRES, O. S., RAMÍREZ FUENTES, G. A.**, 2007, "Índice de peligro de incendios forestales a largo plazo", en *Agrociencia*, vol 41, núm. 6, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México, pp. 663-674.



## Cuando el género suena, cambios lleva (una metodología para el análisis de género del fenómeno legal)

Alda Facio Montejo<sup>1</sup> / Yolanda Martínez Martínez<sup>2</sup>

**G**énero y derecho, son dos sustantivos que la feminista Alda Facio entrelaza para proporcionar la metodología jurídica que se precisa al elaborar proyectos de leyes, que tendrán como resultado la protección de los derechos de las mujeres; que, puede ser aplicada en análisis de textos jurídicos, doctrina o principio jurídico.

El libro está escrito con un lenguaje hondo, pero sencillo, sin dejar de lado su esencia didáctica, asequible a la mayoría de las personas; más próximo, quizá, a la divulgación que al ejercicio doctrinario, situación que es de agradecer. Lo que excluye es la profundidad del análisis (no se desgasta en convencer de la discriminación que sufren las mujeres, ésta se toma como un presupuesto), lo osado de algunas de las propuestas que plantea, abre un horizonte en la temática del género, a la vez, permite conocer lo esencial para lograr la igualdad jurídica del género femenino.

La autora sustenta su concepción en el compromiso ético feminista de observar y analizar la sociedad desde la visión de las mujeres, lo que no ha formado parte de la producción científica en muchos años. No obstante que la propuesta ha sido diseñada para emprender el análisis de género, como ya se dijo, es bastante útil para ser aplicada en variados casos jurídicos. Partimos de que el derecho en ninguno de sus ámbitos puede ser desligado de cuestiones sociales, como se advierte en

la relación dialéctica que plantea de los componentes que conforman la metodología (lo social con el derecho sin duda alguna).

El texto se divide en dos partes: 1) el marco de referencia y 2) las implicaciones metodológicas. La primera parte se subdivide en a) Marco de referencia general: sexo y género como categoría social y b) Marco de referencia específico: concepto amplio del Derecho. La segunda parte alude a los seis pasos que deben contemplarse al hacer un análisis de género, entender lo que significa la perspectiva de género como punto de partida para la comprensión de la realidad misma y replantearse el concepto del Derecho como un hecho en el que subyacen distintos componentes (político-cultural, formal normativo y estructural). Es indispensable tener claro que el Derecho posee estos componentes al momento de hacer un análisis legal o formular un proyecto de ley, si esto no es claro tendremos un resultado parcial, subjetivo que no nos permitirá medir alcances, efectos o beneficios de una ley.

Facio refiere (en el marco teórico general) que para aplicar la metodología al elaborar una ley o estudiar el contenido inmerso en ella, analizar un texto, doctrina jurídica, principio de derecho, no deben perderse de vista los diferentes presupuestos que la conforman:

I. La discriminación es una realidad fáctica, no necesitamos desgastarnos en probarla.

II. Para cada caso estudiado en el que se pretende legislar habrá de tomar en cuenta procesos de socialización, mantenidos y reforzados por la ideología,

<sup>1</sup> Editorial ILANUD- Costa Rica, 1999, 132 pp.

<sup>2</sup> Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas  
e-mail: cyymm5@hotmail.com

estructuras e instituciones patriarcales que existen en el ámbito espacial de aplicación.

III. Las leyes que se creen deben tener como resultado la no discriminación o protección de las mujeres, no sólo estar dirigidas a ellas.

Desde este punto de vista, el fenómeno jurídico desde esta nueva concepción, está conformado por tres componentes:

a. El componente formal-normativo (sustantivo): la norma expedida o promulgada en un sentido amplio: tratado, ley federal, reglamento, decretos, leyes procesales o sustantivas.

b. El componente estructural: la autora habla en esta parte de leyes no escritas, ya que constituyen el contenido que los/as aplicadores de la ley otorgan a las reglas y principios que se encuentran en el componente formal-normativo, al establecer, elegir, armonizar, emplear y dilucidar las normas formales. Es decir, las interpretaciones, en el caso de México, que el Poder Judicial realiza de las leyes al resolver una cuestión litigiosa que se plantea a su competencia.

c. El componente político-cultural: la autora dice que constituye el contenido y significado que se da a la ley a través de la doctrina jurídica, las costumbres, maneras y conocimiento que se tiene de la misma, así como el uso que las personas hagan de las leyes existentes. En este componente político-cultural existen leyes no escritas, leyes que no están formalmente promulgadas pero que además de ser obedecidas por la mayoría, son formalmente reforzadas por el uso que se hace de ellas.<sup>1</sup> La influencia de estos componentes, se glosa en

el marco de referencia pp. 76-86, nos explica la autora la relación dialéctica-circundante que existe entre los tres componentes, lo cual los hace dependientes unos de otros:

a). Influencia del componente político-cultural en el componente formal-normativo: quienes elaboran las leyes tienen una concepción de las personas a quienes se dirige la ley, asimismo, las tradiciones y costumbres imperantes en una determinada época son interpretados de acuerdo a los hábitos, ideologías, doctrina jurídica, clase o raza a la que pertenecen quienes elaboran estas normas. El uso de las leyes que el común de las personas haga, determina también cuál es el contenido de la ley; es decir, los comportamientos, ideologías y creencias de la sociedad determinan el contenido de una ley.

b). Influencia del componente formal normativo en el componente político-cultural: las conductas de las personas son institucionalizadas a través de las normas, es precisamente en ellas donde se determina cuál comportamiento es legítimo o ilegítimo; el conocimiento de la ley depende de la forma en la que esté redactada, y es así también como se interpretará en cada época o generación. Si queremos abolir una disposición, es necesario exponerlo expresamente en la ley, dice la autora.

c). Influencia del componente formal-normativo en el componente estructural: es factible aplicar la norma por medio de la analogía, pero esa interpretación necesariamente descansa en la ideología que posee quien aplica la ley.

d). Influencia del componente estructural en el componente formal normativo: la interpretación de la ley la

<sup>1</sup> Un ejemplo palpable de ello se da en materia de transportes, por lo menos aquí en el estado de Chiapas; el fin principal que persigue el estado al otorgar sus concesiones es precisamente otorgar al usuario un servicio eficiente y digno, entendiéndose que quienes tengan mayor solvencia económica están en la aptitud legal de ser concesionarios en cualquiera de sus modalidades (taxi, combi, transporte escolar, etc.) sin embargo, este fin se desvirtúa en la practi-

ca ya que las concesiones se otorgan a los concesionarios, cuyo fin constituye un medio de subsistencia, sin importar que tenga capacidad técnica o financiera, tal como lo dispone la ley de transportes vigente, es ahí entonces en donde no se atiende al contenido del componente formal sustantivo (letra escrita) sino a esa ley no escrita que determina el contenido y alcance de la norma, aun cuando ésta vaya en contra de la ley expedida formalmente.

va llenando de significado pudiendo ir esa interpretación más allá de lo que en realidad se quiso hacer, pero si esa ley no se usa, ese desuso le resta vigencia.

e). Influencia del componente político-cultural en el componente estructural: como se ha mencionado, la ideología, concepciones, tradiciones y costumbres, determinan la forma de aplicar o distribuir la justicia, siendo determinantes los intereses que el/la aplicadora/ or protegen. Vg. Si el común de las personas no considera que el problema relacionado con esa ley no conocida es un problema legal, tampoco lo será para quienes administran justicia. Por ejemplo, en nuestra entidad federativa, o en la mayoría de los códigos penales de México, está penado forzar a la mujer a tener relaciones sexuales con el marido, empero cuando la mujer se atreve a denunciar este hecho es ridiculizada por los funcionarios competentes, producto de la idiosincrasia y formas de pensamiento que poseen los/las aplicadores de la ley.

f). Influencia del componente estructural, en el componente político cultural: la forma en que la ley se aplica determina las formas de pensamiento dominantes, el acceso de las normas jurídicas, será a su vez, el verdadero contenido de la ley.

El conocimiento de esta relación dialéctica entre los tres componentes que integran el medio jurídico, nos dará cuenta de que la mayoría de las leyes únicamente descansa en el análisis de un sólo componente: el formal-normativo. Esto más que un proceso de aprendizaje, constituye un asunto de concientización.

Concienciar el fenómeno jurídico desde esta perspectiva, nos llevará a seguir los seis pasos de la metodología que sugiere Facio al elaborar una ley con perspectiva de género (pp. 86-116):

Paso 1: Al tomar conciencia de la subordinación del género femenino al masculino en la experiencia personal, no necesitaremos probarla cada vez que haya un nuevo proyecto de ley que pretende eliminar la discriminación contra las mujeres. Bajo este tenor, se requiere tomar una postura neutral, dejar de lado el androcentrismo, la misoginia, lo dicotómico, etcétera.

Paso 2: La autora propone encontrar manifestaciones de sexismo que puedan haber en el proyecto de ley para eliminarlas. Para facilitar esta tarea, describe siete formas de sexismo: 1. El androcentrismo, 2. La sobre generalización y/o sobre especificación, 3. La insensibilidad al género, 4. El doble parámetro, 5. El deber ser de cada sexo, 6. El dicotomismo sexual y 7. El familismo.

Paso 3: hay que identificar cuál es la mujer que la ley está contemplando. ¿Son las distintas mujeres o es la mujer como “el otro” del paradigma de ser humano que el hombre? En ambos casos hay que analizar los posibles efectos de este proyecto de ley en las mujeres de distintos sectores, clases sociales, razas, discapacidades, edades, etc., para no crear más discriminaciones cuando lo que se pretende es eliminarlas. Las mujeres no somos iguales entre nosotras. Ante una ley que pretende reconocer un derecho a las mujeres hay que hacerse, entre otras, las siguientes preguntas: ¿a qué mujeres excluye este texto?, ¿a quiénes privilegia?, ¿cómo afecta este texto a una mujer con una discapacidad, a una negra, a una viuda, a una adolescente, a una prostituta, etc.? Es necesario hacerse estas preguntas porque hay derechos que se otorgan a unas mujeres pero a su vez se produce discriminación a otras.

Paso 4: buscar cuál es la concepción de mujer que explícita o implícitamente subyace en el texto de la ley. Hay que analizar si la ley está partiendo de que las mujeres y la familia son lo mismo y al hombre/varón se concibe como ajeno a la familia o sólo somos el proveedor material; si se especifica el sexo de la jefa de familia sólo cuando ésta es una mujer pero no cuando es un hombre. Hay que preguntarse si el sujeto de derechos u obligaciones que contempla esa ley pudiese ser un hombre/varón o una mujer y si en ambos casos los efectos serían los mismos.

Paso 5: ante un proyecto de ley, hay que preguntarse qué contenido dará la gente, los y las juristas, los y las académicos/as a esa ley en particular, por ello el texto sugiere cuestionarnos lo siguiente:

a). Con relación a la doctrina jurídica como parte del componente político cultural ¿qué se ha escrito sobre la conducta que esa ley pretende regular?, ¿qué dice la doctrina jurídica que está de moda?, ¿hay contradicciones entre las distintas ideas expuestas?

b). Con relación a las creencias, mitos y leyes derogadas que conforman la otra parte de las leyes del componente político cultural, hay que preguntarse: ¿cómo es la actitud de la mayoría de la gente con respecto a la conducta que se pretende regular?, ¿cómo se diferencian los hombres y las mujeres en ese aspecto?, ¿se sabe realmente lo que las mujeres piensan en relación con esta conducta o solamente se ha escuchado y registrado la voz masculina? ¿sobre cuáles mitos descansa la conducta? ¿existen reglas sociales, religiosas, tradicionales, que regulan esta conducta?, ¿hace el proyecto de ley referencia a esas reglas sociales, religiosas, tradicionales?

c). Con relación al menor acceso que tienen las mujeres a la administración de justicia, que también es parte de las leyes del componente político cultural, hay que preguntarse: ¿prevé la redacción de la ley las dificultades que enfrentan las mujeres frente a la administración de justicia?, ¿toma en cuenta el poco valor que se da a la palabra mujer?, ¿incluye el hecho de que las mujeres no tienen la mismas facilidades que tienen los hombres para el acceso a la justicia y sus consecuencias? ¿considera las consecuencias que pueda sufrir la mujer en el caso de que pueda acceder a la administración de justicia?

d). Con relación a quienes van a interpretar y aplicar la ley en cuestión hay que preguntarse: ¿quiénes serán?, ¿tienen perspectiva de género?, ¿cómo se han comportado en el pasado con respecto a la conducta que se pretende regular?, ¿cuáles actitudes tienen ante el sexismo? ¿consideran que el sexismo afecta la forma en que se administra justicia o creen que es un fenómeno aislado? ¿qué procedimientos existen para la selección de leyes, para la interpretación y aplicación de esa ley?

¿qué condiciones materiales hay para su vigencia y efectividad? Si no las hay, ¿conviene esa redacción?

Éstas y otras preguntas llevan a otra pregunta que precisa ser resuelta a criterio de la autora: ¿cómo redactar una ley para que no se institucionalice la desigualdad al tiempo que la tome en cuenta? Encontrar la forma de legislar partiendo de que las mujeres y los hombres son igualmente diferentes, es un gran reto que debe ser asumido colectivamente y ese es precisamente el último paso de esta metodología.

Paso 6: Colectivizar el análisis, no sólo para que sea enriquecido por mujeres y hombres de distintos sectores a la vez que se hace educación legal popular, sino más importante aún, para continuar el proceso de conciencia que es, como lo reitera en muchas partes el texto, el paso previo a cualquier análisis de un texto legal, ya que sin la toma de conciencia de que las mujeres por su sexo, son subordinadas y discriminadas, ni siquiera se puede iniciar un cuestionamiento de un sistema legal desde una perspectiva de género. Ello, dará al texto una mayor garantía de no ser excluyente de un sector, grupo o clase de mujeres. Lo importante es saber escuchar todas las voces y tener siempre presente que de lo que se trata es de lograr la realización de la democracia a través de una convivencia social, cada vez más armoniosa, finaliza Alda Facio.

El texto, sin duda, constituye un camino esperanzador e imprescindible para alcanzar espacios de reflexión que nos permitan ubicar los nudos políticos, institucionales y culturales a los que se enfrenta el reconocimiento de los derechos de las mujeres, pero sobre todo, los retos que el feminismo enfrenta en este ejercicio.

Ver al Derecho desde esta visión, sin duda, constituirá un espacio profuso que nos permitirá elaborar leyes encaminadas hacia una nueva protección de los derechos de género; no basta decir que somos defensores de los derechos de género, es necesario estar conscientes de las carencias y discriminación que sufren las mujeres para estar en condiciones de elaborar una ley.



## **NORMAS EDITORIALES DE LA REVISTA *LACANDONIA*** **Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas**

**L**os trabajos que aquí se publican son inéditos, se relacionan con temas de actualidad e interés científico. Tendrán prioridad para su publicación, aquellos artículos generados por miembros de la comunidad de la UNICACH. Pueden ser artículos científicos, técnicos, ensayos o notas escritos en un lenguaje claro y accesible, en tercera persona, en español o inglés y que se ajusten a las siguientes Normas Editoriales:

El manuscrito será arbitrado por dos revisores especializados en el tema para su aceptación y publicación. El dictamen del Comité Editorial de esta Revista de Ciencias será inapelable.

Se entregará el original con dos copias, en papel tamaño carta, escrito a doble espacio y con un margen de 3 cm a cada lado y páginas numeradas y guardado en un CD.

Es responsabilidad del autor realizar las correcciones a que haya lugar después de la evaluación, para lo cual se le devolverá el manuscrito y el CD. La versión definitiva se entrega tanto en CD como impresa a más tardar 15 días hábiles de que haya sido devuelta.

El documento se captura en Word 6.0 para Windows 95 o posterior, con letra Times New Roman 12 y con el texto justificado. Los dibujos, figuras, mapas y cuadros se entregarán en CD o en original en tinta china; las fotografías, a color o en blanco y negro, en papel brillante y con alto contraste. Todos éstos, claros y pertinentes, con pie de figura y con el correspondiente señalamiento del sitio a donde irán insertados en el texto.

La extensión deseable de los trabajos será de 5 a 10 cuartillas, cuando sea necesario se podrán extender más.

El orden de las secciones para los manuscritos es:

TÍTULO  
AUTOR(ES)  
RESUMEN  
INTRODUCCIÓN  
METODOLOGÍA  
RESULTADOS  
CONCLUSIONES  
LITERATURA CITADA

Título: corto e informativo de acuerdo con lo expresado en el texto.

Autores: nombre y apellidos, centro de trabajo, dirección, teléfono y fax y correo electrónico para facilitar la comunicación. El número de autores por artículo no debe pasar de seis.

Resumen: describe brevemente el diseño metodológico, los resultados y conclusiones del trabajo. Deberá acompañarse del mismo traducido de preferencia al inglés o a alguna otra lengua. Inmediatamente después del Resumen, se incluirán las Palabras Clave y también se traducirán al idioma en el que esté el Resumen en otra lengua.

Introducción, se presenta el tema enmarcando brevemente las cuestiones planteadas, justificación -razones

para exponerlas, objetivos e impacto social o científico del trabajo y el orden en que se desarrollarán las ideas. Se describe brevemente la metodología empleada.

Resultados o cuerpo del texto, desarrolla las ideas planteadas al inicio de manera organizada. Se recomienda utilizar subtítulos. Esta sección incluye el análisis y la discusión de las ideas.

Se concluye resaltando en pocas palabras el mensaje del artículo: qué se dijo, cuál es su valor, para terminar con lo que esta por hacer.

Las citas en el texto se escriben de acuerdo con los siguientes ejemplos: Rodríguez (1998) afirma..., Rodríguez y Aguilar (1998); Rodríguez *et al.* (1998) cuando sean tres o más autores; si sólo se menciona su estudio, escribir entre paréntesis el nombre y año de la publicación: (Rodríguez 1998) o (Rodríguez 1998:35).

Al finalizar el texto se describe la literatura citada en el texto, de acuerdo con los siguientes ejemplos, si se trata del artículo publicado en una revista, tanto el título como el volumen, número y páginas, deberán escribirse con negritas; en el caso de libros, el título de los mismos deberán ir en negritas, de acuerdo con los siguientes ejemplos.

Para un artículo:

**VERDUGO-VALDEZ, A.G. y A. R. GONZÁLEZ-ESQUINCA.** 2008. Taxonomía tradicional y molecular de especies y cepas de levaduras. **Lacandonia, Rev. Ciencias UNICACH 2 (2): 139-142.**

Para un libro:

**HÁGSATER, E., M.A. SOTO ARENAS, G.A. SALAZAR CH., R. JIMÉNEZ M., M.A. LÓPEZ R. Y R.L. DRESSLER,** 2005. **LAS ORQUÍDEAS DE MÉXICO.** Edic. Productos Farmacéuticos, S.A. de C.V., 302 pp.

El material ilustrativo –dibujos y fotografías– deberán ser de calidad, es decir, deberán enviarse en el máximo formato que puedan capturarse; en el caso de los dibujos –figuras morfológicas, mapas y gráficas– deberán hacerse en tinta china y arreglados en láminas que permitan su adecuada reducción en la imprenta, así como el aprovechamiento del espacio; los números que contengan, deberán ser en “Letraset”, plantilla y Leroy y en tinta china. Las fotografías serán de preferencia en blanco y negro, pero también –si es necesario– podrán ser en color, bien contrastadas e impresas en papel brillante, o de preferencia digitalizadas. Todo el material gráfico deberá presentarse digitalizado en un Cd, en una carpeta distinta a la del Texto y con los datos escritos sobre el mismo, del título del artículo, así como del (o los) autor(es).

En el caso de las Notas, no requieren de resumen ni de bibliografía, y si se hace alusión a alguna publicación, ésta deberá ser citada dentro del propio texto.

Los originales no serán devueltos.

Enviar sus contribuciones al Doctor. Carlos R. Beutelspacher, Editor de la Revista LACANDONIA de la UNICACH rommelbeu@hotmail.com.



## *Rectoría*

Ing. Roberto Domínguez Castellanos  
RECTOR

Mtro. José Francisco Nigenda Pérez  
SECRETARIO GENERAL

C.P. Miriam Matilde Solís Domínguez  
AUDITORA GENERAL

Lic. Adrián Velázquez Megchún  
ABOGADO GENERAL

Mtro. Pascual Ramos García  
DIRECTOR DE PLANEACIÓN

Dr. Amín Andrés Miceli Ruiz  
DIRECTOR ACADÉMICO

Mtro. Jaime Antonio Guillén Albores  
DIRECTOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

CMF. Juan José Ortega Alejandre  
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

C.P. Julio César Vázquez Pérez  
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN

L.R.P. Aurora Evangelina Serrano Roblero  
DIRECTORA DE SERVICIOS ESCOLARES

Mtra. María Brenda Villarreal Antelo  
DIRECTORA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

Lic. Noé Fernando Gutiérrez González  
DIRECTOR DE SERVICIOS DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

## *Dependencias de Educación Superior*

C.D. Jaime Raúl Zebadúa Picone  
DIRECTOR DE LA DES DE ODONTOLOGÍA

Mtra. Érika Judith López Zúñiga  
DIRECTORA DE LA DES DE NUTRICIÓN

Mtro. Martín de Jesús Ovalle Sosa  
DIRECTOR DE LA DES DE PSICOLOGÍA

Dra. Sandra Urania Moreno Andrade  
DIRECTORA DE LA DES DE BIOLOGÍA

Ing. Francisco Félix Domínguez Salazar  
Director de la Des de Ingenierías

Mtro. Carlos Gutiérrez Alfonzo  
DIRECTOR DE LA DES DEL CESMECA

Ing. Javier Balboa Garcíaprieto  
DIRECTOR DE LA DES DE OFERTA REGIONALIZADA

Antrop. Julio Alberto Pimentel Tort  
DIRECTOR DEL CESA DE ARTES

Lic. Diego Martín Gámez Espinosa  
COORDINADOR DEL CENTRO DE LENGUAS





Producción Editorial  
Universitaria 2009