



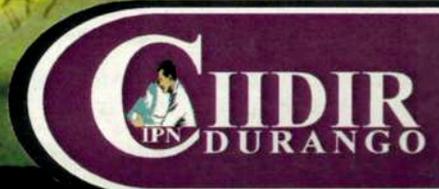
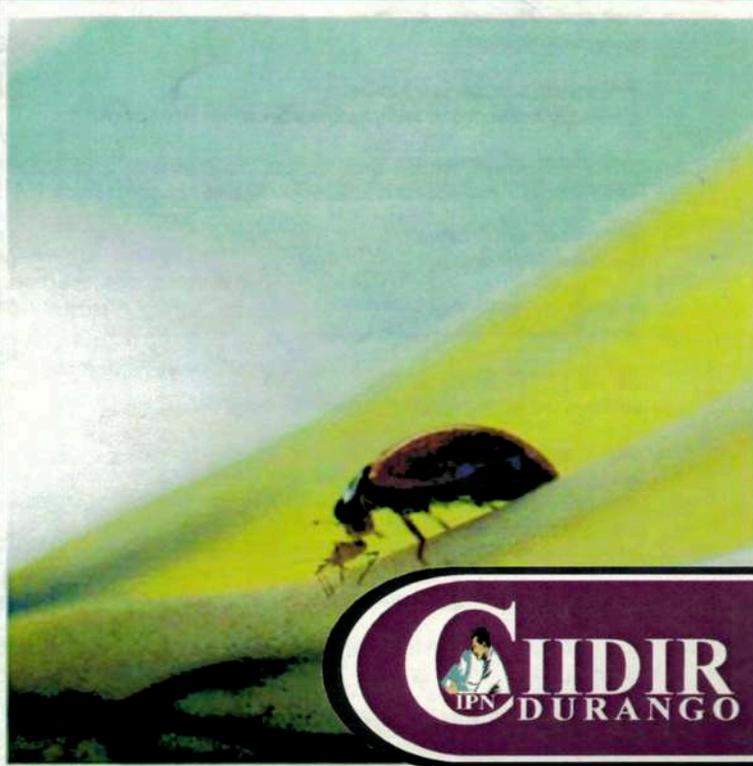
Vol.1 Núm. 2  
Enero-Diciembre de 2006

# *vid supra*

*visión científica*

"LA TÉCNICA AL SERVICIO  
DE LA PATRIA"

ÓRGANO DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL DURANGO CIIDIR-IPN



## DIRECTORIO DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

JOSÉ ENRIQUE VILLA RIVERA  
Director General

EFRÉN PARADA ARIAS  
Secretario General

YOLOXÓCHITL BUSTAMANTE DÍEZ  
Secretaria Académica

LUIS HUMBERTO FABILA CASTILLO  
Secretario de Investigación y Posgrado

JOSÉ MADRID FLORES  
Secretario de Extensión e Integración Social

HÉCTOR MARTÍNEZ CASTUERA  
Secretario de Servicios Educativos

LUIS ANTONIO RÍOS CÁRDENAS  
Secretario Técnico

MARIO ALBERTO RODRÍGUEZ CASAS  
Secretario de Administración

LUIS EDUARDO ZEDILLO PONCE DE LEÓN  
Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas

JESÚS ORTIZ GUTIÉRREZ  
Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones

LUIS ALBERTO CORTÉS ORTIZ  
Abogado General

LIC. FERNANDO FUENTES MUÑIZ  
Coordinador de Comunicación Social

## DIRECTORIO DEL CIIDIR-IPN UNIDAD DURANGO

JOSÉ BERNARDO PROAL NAJERA  
Director del CIIDIR-IPN

MARCO ANTONIO MÁRQUEZ LINARES  
Subdirector Académico de Investigación y Desarrollo Tecnológico

JOSÉ ANTONIO ÁVILA REYES  
Subdirector de Vinculación Académica y Tecnológica

NÉSTOR NARANJO JIMÉNEZ  
Coordinador de Posgrado

ROBERTO VILLANUEVA GUTIÉRREZ  
Jefe del Departamento de Investigación

MA. ANGÉLICA HERNÁNDEZ AVILA  
Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social

FRANCISCO BRADLEY ÁLVAREZ  
Jefe de la Unidad de Asistencia Técnica

C. JOSÉ BERNARDO VILLANUEVA FIERRO  
Jefe del Departamento de Servicios Administrativos

## INDICE

Los Psílidos del Eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore y *Blastopsylla occidentalis* Taylor en *Eucalyptus camaldulensis* en la Cd. De Durango. Rebeca Álvarez-Zagoya y Yesika María González Lozano

Insectos asociados al agave en el estado de Durango  
María P. González-Castillo, Manuel Quintos-Escalante

Composición de cuerpos de arcilla con propiedades térmicas y mecánicas de acuerdo a especificaciones de diseño para fabricación de ladrillo en la ciudad de Durango. José Antonio Esparza Rocha, Laura Silvia González Valdés y René Payán

Diseño de ladrillos refractarios (k-26) para construcción de obradores en la ciudad de Durango. José Antonio Esparza Rocha, Laura Silvia González Valdés y René Payán

Desarrollo de las plántulas de *agave durangensis* en tres sistemas de en vivero. Hernández Vargas Vicente, Orea Lara Gildardo, Cifuentes Díaz de León Armando, Gómez Ortiz Salomón

El metabolismo secundario de las plantas, un nuevo concepto  
Norma Almaraz-Abarca, José Antonio Ávila-Reyes, Elí Amanda Delgado-Alvarado, Néstor Naranjo-Jiménez y Jesús Herrera-Corral

Germinación de semillas (*Agave durangensis*) a diferentes temperaturas y efecto de la fertilización en el desarrollo de las plántulas. M. C. Orea Lara Gildardo, IBQ Cifuentes-Díaz de León Armando, M. C. Gómez Ortiz Salomón, Ing. Hernández Vargas Vicente

Cambios reológicos en una masa panaria durante el tiempo de reposo. Gómez-Ortiz, Salomón, Cifuentes-Díaz de León, Armando, Orea-Lara, Gildardo.

Propuesta de un modelo Evaluativo de Intervención  
Adla Jaik Dipp y Enrique Ortega Rocha

DIRECTOR DE LA REVISTA  
José Bernardo Proal Najera

COORDINADORES EDITORIALES  
Marco Antonio Márquez Linares  
José Antonio Ávila Reyes

COMITE REVISOR  
Norma Almaraz Abarca  
Martha González Elizondo  
Celia López González  
Adla Jaik Dipp  
Óscar Velasco González

DISEÑO Y FORMACIÓN  
Ma. Angélica Hernández Ávila  
Roberto Villanueva Gutiérrez

FOTOGRAFÍA DE PORTADA  
José Antonio Ávila Reyes

# LOS PSÍLIDOS *Glycaspis brimblecombei* Moore y *Blastopsylla occidentalis* Taylor EN EUCALIPTO *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, EN LA CIUDAD DE DURANGO.

Rebeca Alvarez-Zagoya<sup>1</sup> y Yesika María González Lozano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional -Unidad Durango. Instituto Politécnico Nacional. Calle Sigma s/n, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango 34890, Dgo., México. Becaria COFAA. correo-electrónico: raz\_ciidir@yahoo.com <sup>2</sup>Tesis de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan S/N esq. Blvd. Durango, Col. Valle del Sur. Durango 34120, Dgo. correo-electrónico: y\_k\_maria@hotmail.com

Palabras clave: infestación, Psyllidae, fluctuación poblacional, áreas verdes.

Key Words: infestation, Psyllidae, population fluctuation, green areas.

## Resumen

En Agosto de 2001, se observó en la ciudad de Durango la presencia del insecto chupador del follaje del eucalipto, el psílido *Glycaspis brimblecombei*. A partir de su detección, se inició el seguimiento, distribución y niveles de defoliación causada por éste insecto; de forma paralela se dio seguimiento a la población de *B. occidentalis*. En el presente estudio se evaluó: la incidencia de ambas poblaciones de psílicos, la abundancia de psílicos (? y ? para cada especie), su fluctuación poblacional en un período de febrero a agosto 2003. Se evaluaron los niveles de daño por árbol causados por *G. brimblecombei*, y los niveles de infestación en siete áreas verdes con arbolado de eucalipto en la ciudad de Durango en el período de marzo 2003 a marzo 2005. Para la dinámica poblacional se utilizaron 10 trampas amarillas adherentes cambiadas y revisadas semanalmente; para la evaluación del daño por árbol se generó una metodología CIIDIR-IPN Dgo., al igual que para la evaluación de infestación por área (Álvarez, 2003b). Con ello se muestra la variación poblacional en las zonas afectadas por *G. brimblecombei*, en áreas con y sin riego. Los resultados muestran que el nivel de daño no tiene relación directa con la altura y el diámetro del árbol, sino con la existencia de follaje abundante y mayor densidad de arbolado. La abundancia de hembras y machos varía para ambas poblaciones, siendo mayor donde hay mayor follaje y densidad arbórea. La abundancia máxima se presenta en mayo-junio, y la proporción de sexos varía, de 2?:1? en *G. brimblecombei*, y de 1?:1? en *B. occidentalis*. El incremento en la humedad relativa y la presencia de enemigos naturales redujeron la abundancia poblacional de *G. brimblecombei* en el 2003 y 2004.

## Abstract

In August 2001, a sap-sucking insect called red-gum psyllid, a psyllid *Glycaspis brimblecombei* Moore, was observed in Durango city, on foliage of eucalypt trees. Since its detection, it was monitored its distribution and defoliation levels caused by this insect; simultaneously, *B. occidentalis* population dynamic was followed also. In this study was evaluated: both psyllid populations, psyllid abundance (? and ? for each species), population fluctuation from february to august 2003. Damage levels by tree caused by *G. brimblecombei*, were evaluated, and its infestation in seven areas with eucalypt trees in Durango city, from march 2003 to march 2005. For population dynamics were used 10 yellow adherent traps, changed and examined weekly; for damage levels by tree it was generated a methodology at CIIDIR-IPN Dgo., and the same for infestation evaluation by area (Álvarez, 2003b). With them, it is shown population variation in affected areas by *G. brimblecombei*, areas with and without watering. The results show that level of damage has no relation with height and tree diameter, but with the existence of abundant foliage and more tree density. Female and male abundance varies for both populations, being greater where dense foliage is and tree density increases. Maximum population abundance is presented in may-june, and sex proportion varies, from 2?:1? in *G. brimblecombei*, and from 1?:1? in *B. occidentalis*. Increment in relative humidity and the presence of natural enemies, such as *Psyllaephagus bliteus*, reduced *G. brimblecombei* abundance population in 2003 and 2004.

## Introducción

El eucalipto es un árbol nativo de Australia, que fue introducido a nuestro país a principios del siglo XX por el Ing. Miguel Ángel de Quevedo con el fin de reforestar zonas degradadas (Gutiérrez, 1996). Ha sido utilizado en nuestro país con diversos fines, como cortinas rompevientos, con fines estéticos, como celulosa para la producción de papel, y en algunas zonas rurales se le utiliza como combustible, entre otros usos. Entre sus

características destaca su adaptación a distintos tipos de suelo, así como su resistencia a la contaminación ambiental. Parte de sus desventajas es que consume grandes cantidades de agua, afecta las instalaciones urbanas cercanas al sitio donde son plantados y limitan el desarrollo de otras especies vegetales bajo su sombra. A pesar de ser árboles resistentes a plagas y enfermedades, han mostrado la reciente afección por insectos exóticos que han entrado a nuestro país, estableciéndose y desarrollándose, como lo son las especies de psílicos: *Glycaspis brimblecombei* Moore y *Blastopsylla occidentalis* Taylor (SEMARNAT, 2001, 2002; Álvarez, 2002a).

### Antecedentes

Los psílicos se alimentan del follaje de los eucaliptos rojos, *E. camaldulensis* Dehnhardt y *E. globulus* Labillardiere (Myrtaceae) y se consideran plagas exóticas en nuestro país.

En el caso de *G. brimblecombei*, la especie se detectó por primera vez en EEUU, en Los Ángeles, California en 1988 (Gill, 1998). En nuestro país se reportó en las ciudades de Tijuana, B.C. en junio 1999 y en Zapopan, Jal. en octubre 2000 (Hernández *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2002). Para el año 2003, *G. brimblecombei* estaba ampliamente distribuido en 23 estados del país (SEMARNAT, 2003).

En Durango, Álvarez y Trejo reportaron la presencia de *G. brimblecombei* en áreas con arbolado de eucalipto, en Agosto de 2001 (Álvarez y Piedra, 2001). Su aumento poblacional y su alimentación en estado de ninfa y de adulto, causan la excreción de carbohidratos obtenidos del floema de las hojas y forma una mielecilla que sirve para elaborar la cubierta azucarada que les da el nombre de 'conchuela del eucalipto'. La abundancia

de éste material en cualquiera de ambos lados de la hoja, permite el establecimiento de un hongo llamado "fumagina", el cual proporciona una coloración oscura y de aspecto desagradable al árbol. Como resultado de las infestaciones ocurre la defoliación paulatina, debilitamiento general y susceptibilidad al ataque de otros insectos (Iñiguez, 2001; Álvarez, 2003a).

Para finales de 2002, se hallaba en 20 municipios del estado de Durango: Canatlán, Cuencamé, Durango, Gómez Palacio, Guadalupe Victoria, Lerdo, Mezquital, Nazas, Nombre de Dios, Súchil, Pánuco de Coronado, Peñón Blanco, Poanas, Pueblo Nuevo, Rodeo, San Juan del Río, Santiago Papasquiario, Tepehuanes, Nuevo Ideal y Vicente Guerrero (Álvarez, 2002b, 2003b; Álvarez y Piedra, 2004).

Debido a la importancia de la presencia de los psílicos *Glycaspis brimblecombei* Moore y *Blastopsylla occidentalis* Taylor, se realizó el presente estudio para evaluar: la incidencia de las poblaciones de los psílicos, los niveles de daño por árbol, la abundancia de psílicos hembra y macho para cada especie de insecto, su fluctuación poblacional, así como los niveles de infestación en siete áreas verdes con eucalipto en la ciudad de Durango (Álvarez, 2003a, 2003b).

### Materiales y Métodos

**Muestreo.** Se seleccionaron al azar 10 árboles, 5 árboles en un área con riego y 5 árboles en un área sin riego, en el Parque Guadiana. En cada árbol se colocó una trampa adherente, siendo un total de 10 trampas. Cada trampa fue colocada en una rama, a una altura de 3m en cada árbol seleccionado. Estas, se sustituyeron por trampas nuevas cada semana, mientras que las trampas de la semana anterior se llevaron al Laboratorio del CIIDIR Dgo., para el análisis y la

separación de insectos.

Fluctuación poblacional. Esta evaluación se realizó semanalmente en el período de Febrero a Agosto de 2003 (siete meses), tiempo en el cual se utilizaron trampas adherentes numeradas, elaboradas con tapas plásticas desechables, de 10 cm de diámetro. Estas fueron pintadas de color amarillo brillante, lo que funcionó como atrayente físico para los adultos de la plaga. Para asegurar la adhesión, se aplicó aceite mineral incoloro, en uno de los lados.

Cada trampa se observó bajo el estereomicroscopio y se efectuó el conteo del número de adultos por cada especie de psílido. Para cada especie de insecto se registró la cantidad de adultos, la separación por sexos, en áreas con y sin riego, cada semana.

Con ello, se tomó la siguiente información: conteo total del número de adultos por trampa, especies de psíidos atraídos, separación por sexos para cada especie de psílido, fluctuación poblacional de la plaga en diferentes períodos de monitoreo, en áreas con y sin riego.

Daño por árbol. Considerando que *G. brimblecombei* es la plaga de mayor importancia, se utilizó la metodología propuesta por Álvarez (2003b) para evaluar diez categorías numéricas, desde la ausencia del insecto (0) en el follaje hasta la defoliación severa o muerte debida al efecto del psílido (10). Para cada punto a inspeccionar, se seleccionan al azar cuatro árboles de eucalipto. De cada árbol, se eligen al azar 10 hojas de los 3 tercios de la copa y se cuantifica el número de ninfas cubiertas por sus 'conchuelas' de azúcar y que están presentes en el haz de cada hoja de eucalipto. Se promedian los valores de los niveles de daño por árbol, para los cuatro árboles por punto muestreado, y el número que resulte equivaldrá al nivel de infestación en

cada punto inspeccionado.

Infestación por zona. Puede registrarse cada sitio mediante un geoposicionador, para facilitar la ubicación de los sitios que requieran alguna acción de control posterior. Las zonas seleccionadas para el presente estudio en la ciudad de Durango, fueron:

Aeropuerto

Boulevard Domingo Arrieta

Boulevard de las Rosas

Escuela Secundaria Técnica No.19

Facultad de Ciencias Forestales

Parque Guadiana

Zoológico Sahuatoba

Esta evaluación se realizó en cuatro muestreos, de Marzo 2003 a Marzo 2005, donde los árboles seleccionados en cada una de las siete zonas se marcaron para facilitar su ubicación en las evaluaciones posteriores. A todas estas áreas se les aplicó el formato para la detección del psílido propuesto por la SEMARNAT (2002) y modificado por Álvarez para evaluar la infestación en las áreas afectadas (González y Álvarez, 2003).

Sitios circulares. En las áreas del Parque Guadiana y Zoológico Sahuatoba se realizó el levantamiento de sitios circulares, seleccionando al azar, 1/10 de hectárea. Una vez ubicado el sitio, se marcó el árbol central y se procedió a delimitar cada sitio circular. Se ubicó en un plano el área a muestrear, señalando el número de sitios y su distribución, siendo seleccionados 5 sitios en el Parque Guadiana y 8 sitios en el Zoológico Sahuatoba, ya que cuenta con mayor superficie arbolada y mayor densidad de eucaliptos.

En las cinco áreas restantes de las siete seleccionadas, se realizó un muestreo al azar, en el cual se evaluó el 50% del arbolado considerando que es una cantidad representativa, ya que estas áreas son más pequeñas y presentan menor densidad de eucaliptos. En ellas se inventariaron los números de árboles siguientes: Aeropuerto (23 eucaliptos), Blvd. D. Arrieta (35), Blvd. de las Rosas (21), Esc. Sec. Téc. No.19 (19) y Facultad de Ciencias Forestales (22).

### Resultados y Discusión

**Trampas adherentes.** Para obtener el promedio de machos y de hembras, por cada trampa y cada fecha, se dividió el total de adultos de cada especie entre el número de trampas que se encuentren al momento de efectuar el conteo. Fueron cinco trampas en cada área (con y sin riego), sin embargo, se llegaron a perder algunas debido a la destrucción por transeúntes en las áreas verdes, por lo que se promedia en número total con las trampas presentes.

**Muestreo poblacional.** Se obtuvo un total de 3002 individuos en las áreas sin riego y 1756 en áreas con riego para *G. brimblecombei* y para *B. occidentalis* se tuvo en áreas sin riego 2111 y con riego 1290, siendo las áreas sin riego las de mayor incidencia de insectos, con mayor cantidad de hembras que de machos. Para la especie *G. brimblecombei* la relación hembra:macho fue de 2:1, en los meses de mayor abundancia. No así para *B. occidentalis* la relación fue de 1:1, por lo que varían en su estrategia para la preservación y reproducción de cada especie. Los resultados de las trampas amarillas se muestran en el Cuadro 1.

En las Gráficas 1 (para *G. brimblecombei*) y 2 (para *B. occidentalis*) se observó que existe una relación inversa donde se reduce la abundancia poblacional y viceversa.

Se observa en las gráficas de ambas especies, que en el mes de mayo fue el período más seco y con mayor abundancia de insectos adultos. Hay que considerar que en las últimas fechas de muestreo hubo buenas condiciones para el incremento de adultos, pero no fue así debido a las frecuentes lluvias que se presentaron en esos meses. Al haber precipitación abundante, se disminuye el número de los insectos adultos, esto solo controla la plaga reduciéndola, mas no la elimina.

**Comportamiento de vuelo.** Algo notorio en cuanto al comportamiento de los psílicos, es que por la noche, los adultos de *G. brimblecombei* y de *B. occidentalis* son atraídos por las lámparas de luz, formándose nubes de millones de insectos alrededor de ellas. Considerando lo anterior, se diseñó en el CIIDIR-IPN U. Dgo., una trampa de grandes dimensiones (2 m de diám.), amarilla, de lona plástica, untada con aceite mineral incoloro y conectada a una lámpara de luz, para atraer insectos adultos de forma masiva durante la noche y el día, para la reducción de la plaga por medios físicos. Esta trampa de luz fue diseñada, elaborada y colocada durante el 2001 al 2004, en el área con mayor infestación en el Parque Guadiana (Álvarez, 2003a).

**Daño por árbol.** Paralelamente, el nivel de daño por árbol para cada fecha de muestreo, varía de acuerdo al tamaño de copa y abundancia de follaje (% de transparencia) y se encontró que a mayor cantidad de follaje, existió mayor número de psílicos, y viceversa.

Uno de los motivos para la presencia de mayor daño e infestación, es que cuenta con una mayor área de árboles de eucalipto, y aunque la mayoría del arbolado presentó follaje escaso, existió alta incidencia de los insectos adultos, ya que se les facilita desplazarse desde una planta que ya no les proporcione el alimento

suficiente hacia otra que presente mejores finales del 2003, llegó a evaluarse el parasitismo sobre características nutricionales, ya los árboles se los estados ninfales de la plaga con cerca del 25% encuentran muy cercanos entre sí. parasitismo (Flores y Álvarez, 2004).

Infestación por zona. La Gráfica 3 muestra los niveles Además, la influencia de otros enemigos naturales de infestación por área causado por *G. brimblecombei*, locales sobre la plaga (chinchas, arañas, catarinas, que presentaron las siete zonas a lo largo de este hormigas, pájaros), donde las chinchas depredadoras y estudio (Marzo 2003 a Marzo 2005). Las áreas las hormigas presentes en cada área, fueron muestreadas por orden de infestación baja a infestación importantes en la siete zonas. Todas estas especies de alta, como sigue: Aeropuerto, Blvd. D. Arrieta, Blvd. de enemigos naturales se hallaron en las 7 áreas de las Rosas, Esc. Sec. Téc. No.19 y Facultad de Ciencias estudio, aunque en fechas y abundancia diferentes, en Forestales, Parque Guadiana y Zoológico Sahuatoba. En relación directa con la abundancia de la plaga (Flores y estas últimos dos áreas, los niveles de infestación Álvarez, 2003; Álvarez y Piedra, 2001). fueron los más altos en los cuatro muestreos realizados en un período de dos años.

### Conclusiones

Mortalidad de eucaliptos. En el Parque Guadiana y en el número de adultos de las poblaciones de *Glycaspis* Zoológico Sahuatoba hubo algunos árboles muertos, *brimblecombei* Moore y *Blastopsylla occidentalis*, teniendo en cuenta algunas opiniones de la gente siendo mayor el número de adultos en mayo-junio. encargada del lugar, personas ajenas a este y lo Para los meses de julio-agosto se redujo la cantidad de observado en este estudio, se puede concluir que la adultos de psílidos, debido a que el periodo de lluvias fue más largo y más abundante que los años infestación por el psílido, sino que influyeron otros anteriores. factores previos como: 1) la helada de 1997 que debilitó la salud del arbolado, 2) que no se les proporcionó El mayor número de individuos se registró en las áreas ningún riego, 3) que la mayoría de estos árboles se sin riego, tanto de *Glycaspis brimblecombei* como para encontraban aislados, con poco follaje y ya eran viejos, *Blastopsylla occidentalis*, debido a que existe más y, 4) que no tenían manejo alguno. arbolado en estas áreas.

Parasitoide introducido. Otra causa de las variaciones En la población de *Glycaspis brimblecombei* hubo más del nivel de infestación en cada zona y para cada abundancia de hembras que de machos para las áreas muestreo, fue la liberación de 257 insectos de la especie con y sin riego, con una relación 2:1; mientras que *Psyllaephagus bliteus* Riek (HYM: Encyrtidae), avispa *Blastopsylla occidentalis* no mostró diferencia en parásita de *G. brimblecombei* introducida de su cuanto al número de machos y hembras en ambas Australia, probada en EEUU y liberada en Durango por la áreas, mostrando una relación 1:1. CONAFOR a finales de Julio 2002 (CONAFOR, 2002), en las áreas más infestadas del Parque Guadiana. Para

Los factores ambientales tienen influencia significativa en las poblaciones, ya que al aumento de la humedad relativa, se da la reducción de la plaga, y viceversa.

Los niveles de infestación más altos se encontraron en el Zoológico Sahuatoba y en el Parque Guadiana debido a que cuentan con mayor superficie arbolada con eucaliptos, con respecto a las cinco áreas restantes: Aeropuerto, Blvd. D. Arrieta, Blvd. de las Rosas, Esc. Sec. Téc. 19 y Fac. de Ciencias Forestales.

El diámetro y la altura del arbolado no influye a nivel de daño por árbol, sino la abundancia del follaje, ya que entre más denso sea este, mayor será el número de insectos.

Os.

### Bibliografía

- ALVAREZ Z., R. 2002a. Estrategias de control del psílido del eucalipto en Durango. Reunión NAPPO SEMARNAT sobre Intercambio Técnico para el Control del Psílido del eucalipto. Cuernavaca, Mor. México. 28 pp.
- ALVAREZ Z., R. 2002b. Detección, distribución, dinámica y control del psílido del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei* Moore) en Durango. Reunión NAPPO SEMARNAT sobre Intercambio Técnico para el Control del Psílido del eucalipto. Cuernavaca, Mor. México. 16 pp.
- ALVAREZ Z., R.; M. PIEDRA S. 2001. Detección, distribución y dinámica poblacional del psílido del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*) en Durango. In: Memorias de la II Reunión Estatal de Ciencia y Tecnol. UJED, COCYTED. Nov. Durango, Dgo. pp. 239-240.
- ALVAREZ Z., R. 2003a. Eucalypt psyllid study: *Glycaspis brimblecombei* in Durango, Mexico/ Estudio del psílido del eucalipto *G. brimblecombei*. In: Memorias de la 54th Western Forest Insect Work Conference y XII Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Hotel Fiesta Americana. 3 al 6 Noviembre. Guadalajara, Jal. pp. 29-30.
- ALVAREZ Z., R. 2003b. Propuesta para la evaluación de la infestación del psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore en Durango. In: Memorias del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 5 al 7 Noviembre. San Luis Potosí, S.L.P. pp. 225-226.
- ALVAREZ Z., R.; M. PIEDRA S. 2004. Estado actual de los psílicos del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore y *Blastopsylla occidentalis* Taylor (HOM: Psylloidea, Spondylaspididae) en Durango. Entomología Mexicana, Vol.3. Soc. Mex. de Entomol. pp. 652-656.
- CONAFOR. 2002. Liberación de la avispa *Phyllaephagus bliteus* (HYM: Encyrtidae) en Durango. Cardoza N., G. y A. Benitez. (Com. personal).
- FLORES V., M. Y., R. ÁLVAREZ Z. 2003. Parasitismo por *Phyllaephagus bliteus* en *Glycaspis brimblecombei* en la ciudad de Durango. In: Memorias del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 5 al 7 Noviembre. San Luis Potosí, S. L. P. pp. 112-113.
- FLORES V., M. Y., R. ÁLVAREZ Z. 2004. Control biológico de *Glycaspis brimblecombei* Moore (HOM: Psylloidea: Spondylaspididae) en la ciudad de Durango. Entomología Mexicana, Vol.3. Soc. Mex. de Entomol. pp. 421-424.
- GILL, R. J. 1998. New state records: Redgum lerp psyllid, *Glycaspis brimblecombei*. California Plant

Pest and Disease Report 17 (1-3): 7-8.

GONZÁLEZ L., Y. M., R. ALVAREZ Z. 2003. Los psílicos *Glycaspis brimblecombei* y *Blastopsylla occidentalis* en *Eucalyptus camaldulensis* en la ciudad de Durango. In: Memorias del VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. 5 al 7 Noviembre. San Luis Potosí, S. L. P. pp. 227-228.

GUTIÉRREZ L., G. 1996. Los polémicos eucaliptos. Asociación Mexicana de la Arboricultura. A.C. México D.F. No.1. pp. 26-28.

HERNÁNDEZ A., J.; P. POZOS; E. FELIX F.; A. SALGADO L.; B. BATISTA V. K. 2001. Control químico del chupador de la savia (*Glycaspis brimblecombei*) en *Eucalyptus* spp. In: V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jal. pp. 211 - 212.

IÑIGUEZ H., G. 2001. Conchuela del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* plaga exótica del eucalipto. In: V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jal. pp. 209 -211.

MARTÍNEZ J., U.; J. T. MÉNDEZ M.; R. CAMPOS B. 2002. Efectividad biológica de Azotina 3% C.E. sobre *Glycaspis brimblecombei* Moore, psílido del eucalipto. Entomología Mexicana, Vol.1. Soc. Mex. de Entomol. pp.412 - 419.

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2001. El psílido del eucalipto *Glycaspis brimblecombei*, nueva plaga exótica presente en México. Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal. México, D. F. Mayo 2001. 15 p.

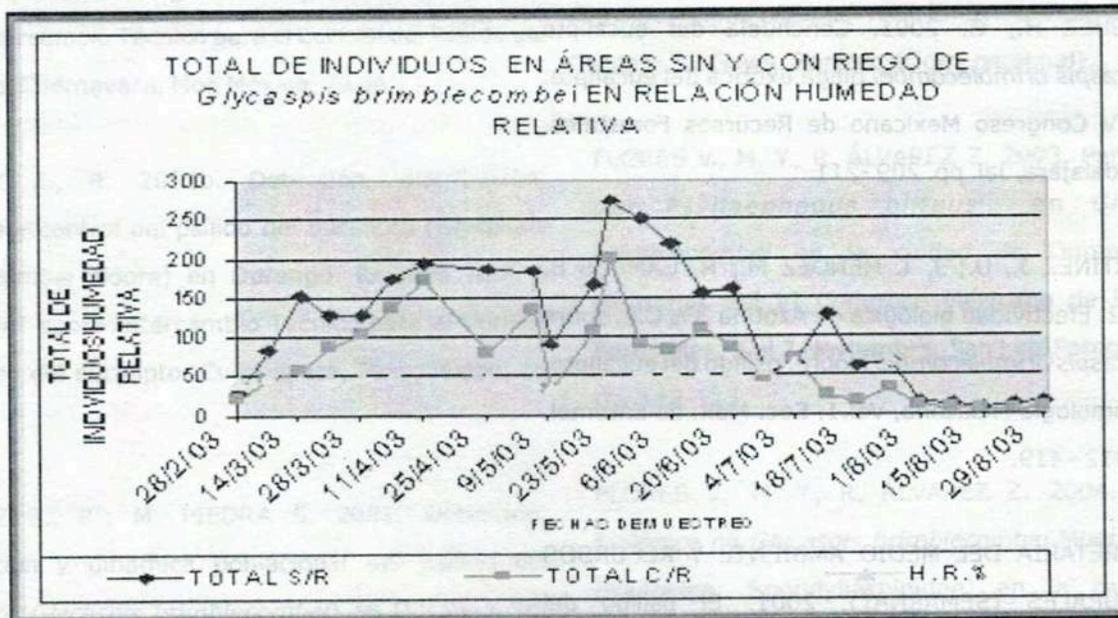
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2002. Control de la plaga que afecta al eucalipto. SEMARNAT-DF. 2002. NOM-EM- 002-RECNAT-2002. Diario Oficial de la Federación. 30 Enero. México, D. F.

IÑIGUEZ H., G. 2001. Conchuela del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* plaga exótica del eucalipto in V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara Jal. pp 209-211

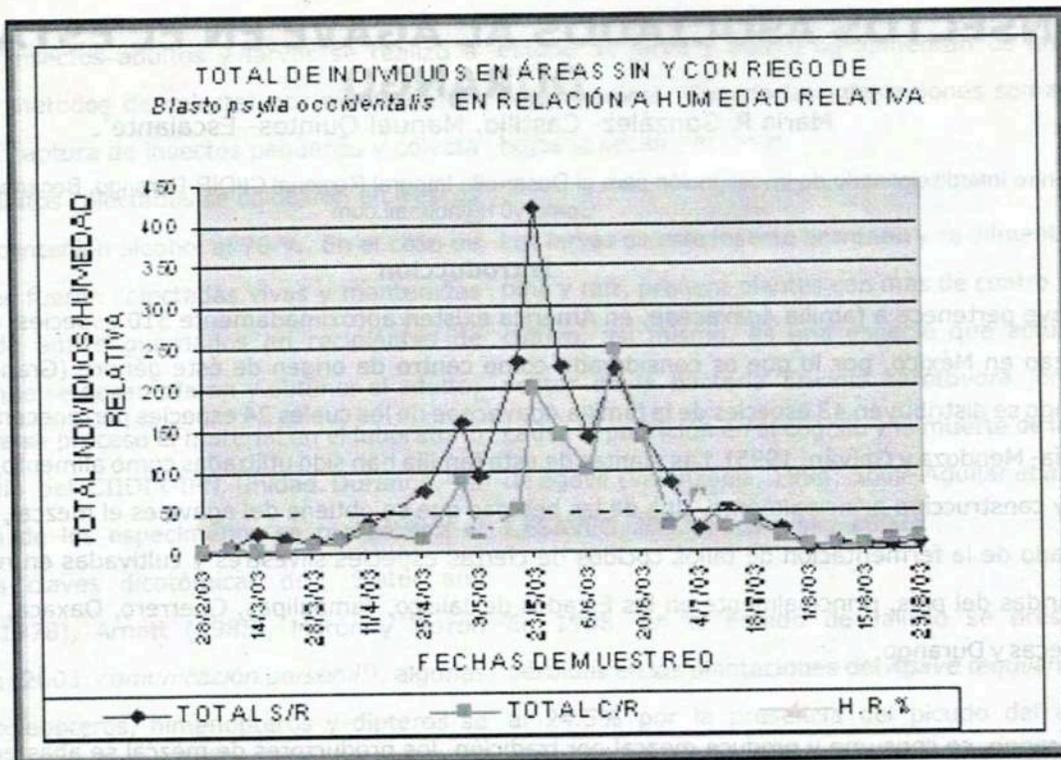
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE 2002. Control de la plaga que afecta al eucalipto. SEMARNAT-DF. 2002. NOM-EM- 002-RECNAT-2002. Diario Oficial de la Federación. 30 Enero. México, D. F.

| <i>Glycaspis<br/>brimblecombei</i>  | Área<br>s/riego | Área<br>c/riego | <i>Blastopsylla<br/>occidentalis</i>  | Área<br>s/riego | Área<br>c/riego |
|---|-----------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|
|  |                 |                 |  |                 |                 |
| <b>Macho</b>  | 1345            | 784             | <b>Macho</b>  | 1067            | 613             |
| <b>Hembra</b>   | 1657            | 972             | <b>Hembra</b>   | 1044            | 677             |
| <b>Total</b>  | <b>3002</b>     | <b>1756</b>     |   | <b>2111</b>     | <b>1290</b>     |

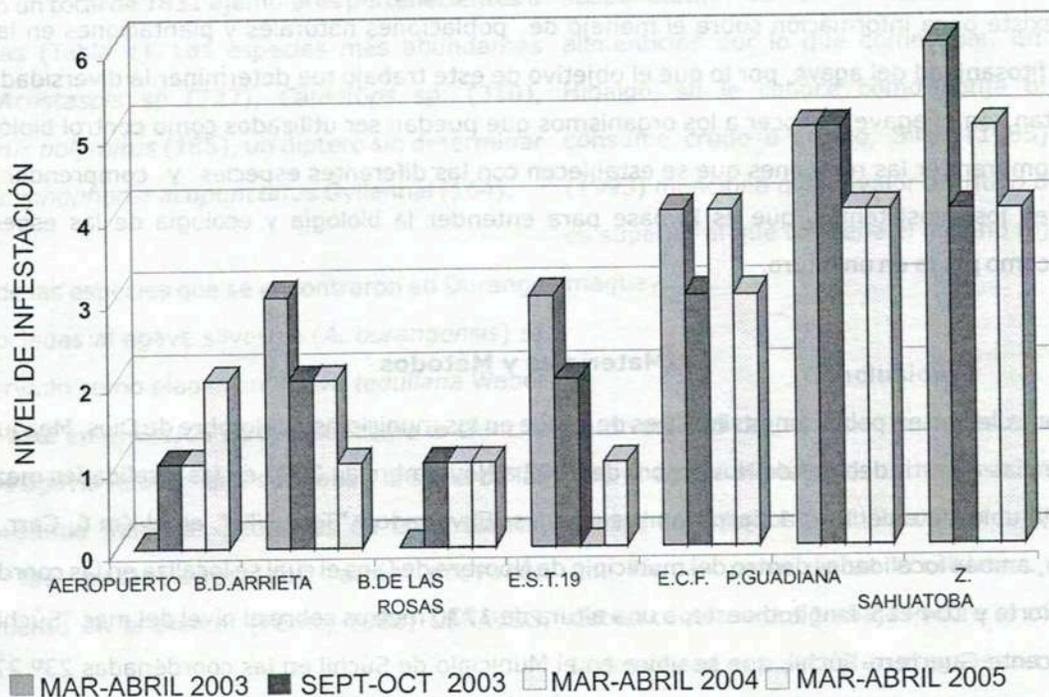
Cuadro 1. Totales de adultos de *Glycaspis brimblecombei* y *Blastopsylla occidentalis* en áreas sin y con riego



Gráfica 1. Relación de total de individuos de *Glycaspis brimblecombei* en áreas sin y con riego (humedad relativa).



Gráfica 2. Relación de total de individuos de *Blastopsylla occidentalis* en áreas sin y con riego con humedad relativa.



Gráfica 3. Nivel de infestación en siete áreas de la ciudad de Durango en cuatro muestreos realizados en diferentes periodos.

# INSECTOS ASOCIADOS AL AGAVE EN EL ESTADO DE DURANGO

Maria P. González- Castillo, Manuel Quintos- Escalante<sup>1</sup>.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-Durango. Becarios de la COFAA.  
Gcmay01@hotmail.com

## Introducción

El Agave pertenece a familia *Agavaceae*, en América existen aproximadamente 310 especies, de éstas, 272 se localizan en México, por lo que es considerado como centro de origen de éste género (Granados, 1993). En Durango se distribuyen 43 especies de la familia *Agavaceae* de los cuales 24 especies pertenecen al genero agave (García- Mendoza y Galván, 1995). Las plantas de esta familia han sido utilizadas como alimento, bebida, forraje, fibra y construcción principalmente. Una de las bebidas que se obtiene del agave es el mezcal, que se logra del destilado de la fermentación de tallos cocidos de ciertas especies silvestres y cultivadas en regiones áridas y semiáridas del país, principalmente en los Estados de Jalisco, Tamaulipas, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Zacatecas y Durango.

En Durango, se consume y produce mezcal por tradición, los productores de mezcal se abastecen de planta a partir del recurso silvestre a través de la recolección. En los últimos años, el consumo de mezcal va en aumento por lo que existe una creciente demanda de materia prima. El *Agave durangensis* H. Gentry es una planta que puede ser domesticada bajo condiciones de cualquier cultivo agrícola. En Durango, se han establecido las primeras plantaciones de *Agave durangensis* con el fin de disminuir la presión sobre el recurso natural. Sin embargo, existe poca información sobre el manejo de poblaciones naturales y plantaciones en la región, así como de la fitosanidad del agave, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad de insectos que cohabitan con el agave, conocer a los organismos que puedan ser utilizados como control biológico, lo que facilitará comprender las relaciones que se establecen con las diferentes especies y comprender la dinámica que surge en los ecosistemas, que es la base para entender la biología y ecología de las especies que se comporten como plaga en un futuro.

## Materiales y Métodos

Se realizaron colectas en poblaciones silvestres de agave en los municipios de Nombre de Dios, Mezquital y Súchil cada quince días a partir del mes de Noviembre de 2002 a Noviembre de 2003 en las localidades mezcateras de: "El Venado", ubicado en el Km 11 Carr. Nombre de Dios- El venado y "Texcalillo", en el Km 6, Carr. Nombre de Dios- Tuitán, ambas localidades dentro del municipio de Nombre de Dios el cual se localiza en las coordenadas 23° 51' latitud Norte y 104° 15' longitud oeste, a una altura de 1730 metros sobre el nivel del mar. "Súchil", en el Km 10, Carr. Vicente Guerrero-Súchil, que se ubica en el Municipio de Súchil en las coordenadas 23° 27' de latitud norte y a los 103° 35' de longitud oeste, a una altitud de 2 000 msnm. "Mezquital", en el km 51, Carr. Durango-Mezquital, se localiza dentro del Municipio de El Mezquital, en las coordenadas 23° 28' de latitud norte y a los 104° 24' longitud oeste.

La colecta de insectos adultos y larvas se realizó a través de dos métodos de colecta: por medio de un aspirador para captura de insectos pequeños y colecta directa. Los adultos colectados se colocaron en frascos de vidrio que contenían alcohol al 70 %. En el caso de las larvas estas fueron colectadas vivas y mantenidas sobre hojas de agave guardados en recipientes de plástico para que se desarrollaran y obtener el adulto; posteriormente se proceso el material en el laboratorio de entomología del CIIDIR-IPN Unidad Durango. La determinación de los especímenes se realizó con el apoyo de las claves dicotómicas de Slater and Baranowski (1978), Arnett (1985), Morón y Terrón (1988), Muñiz (2003, *comunicación personal*), algunas especies de coleopteros, himenopteros y dípteros se encuentran en proceso de determinación taxonómica con especialistas de cada grupo.

### Resultados y discusión

Se colecto un total de 1831 ejemplares pertenecientes a 13 familias (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron: *Acustaspis* sp (727), *Caulotops* sp. (310), *Peltophorus polymitus* (185), un díptero sin determinar (165) y *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (164).

Algunas de las especies que se encontraron en Durango como asociadas al agave silvestre (*A. durangensis*) se han observado como plagas en *Agave tequilana* Weber variedad azul en el Estado de Jalisco, como la chinche *Caulotops agavis* Reuter que succionan la savia de las hojas causando manchas pequeñas de color blanco, cuando las poblaciones son altas provocan debilitamiento en la planta. (Pérez, 1980; CESAVEG, 2002).

Otra especie que causa daño en *A. tequilana* es el picudo *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal que en

estado de larva y adulto se alimentan de las piñas, hojas y raíces. Cuando las infestaciones son altas las hojas se secan y mueren.

Las larvas de este insecto barrenan y se alimentan de la piña y raíz, prefiere plantas con mas de cuatro años de cultivo, así mismo, es una especie que actúa como vector de la bacteria *Erwinia carotovora* jones que causa la pudrición en el cogollo y la muerte de la planta de agave (Valenzuela, 1994; Solis- Aguilar *et al*, 2001; CESAVEG, 2002; Fucikovsky, 2002).

En 1998, en el Estado de Jalisco se presentaron pérdidas en las plantaciones del *Agave tequilana* del 20 al 24.5% por la presencia del picudo del agave o mayate negro (*Scyphophorus acupunctatus* Gyll), escamas (*Pseudococcidae*) y el coleóptero rinoceronte (*Strategus aloeus* L.) (Luna, 1998). Cabe hacer mención que la larva picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* es un insecto con propiedades alimenticias por lo que comestible. En el Estado de Hidalgo, se le conoce como botija o chatita y se consume crudo o cocido, Siller (1985) in Granados (1993) menciona que el valor nutritivo de este insecto es superior al que contiene el gusano rojo y blanco del maguey.

### Conclusiones

La diversidad de insectos asociados al agave muestra que el agave silvestre es un recurso importante para ciertos organismos con hábitos alimenticios diversos y que forman parte de un ecosistema. Sin embargo, deben continuar los trabajos sobre el conocimiento de la diversidad de insectos en el agave como plantaciones ya que es posible que se presenten algunas de las especies observadas en este trabajo u otras especies que dañen al cultivo cuando estén establecidos.

Tabla 1. Total de especímenes colectados en cuatro localidades de agave silvestre en el Estado de Durango.

| FAMILIA       | GENERO Y/O ESPECIE                       | LOCALIDAD   |              |          |                |
|---------------|--|-------------|--------------|----------|----------------|
|               |  | "El Venado" | "Texcalillo" | "Súchil" | "El Mezquital" |
| Diaspididae   | <i>Acutaspis</i> sp                      | 263         | 152          | 98       | 214            |
| Miridae       | <i>Caulotops</i> sp                      | 92          | 54           | 78       | 86             |
| Curculionidae | <i>Scyphophorus acupunctatus</i>         | 46          | 53           | 28       | 37             |
| Curculionidae | <i>Peltophorus polymitus leopardinus</i> | 59          | 43           | 26       | 55             |
| Diptera       | Sin determinar                           | 49          | 24           | 31       | 61             |
| Formicidae    | Sin determinar                           | 23          | 30           | 45       | 18             |
| Myrmicinae    | Sin determinar                           | 10          | 3            | 15       | 17             |
| Carabidae     | Sin determinar                           | 17          |              |          | 23             |
| Coreidae      | <i>Acantocephala</i> sp                  | 11          |              |          | 8              |
| Coccinellidae | <i>Chilocorus</i> sp                     |             |              |          | 6              |
| Pentatomidae  | <i>Thyanta</i> sp                        | 8           |              |          |                |
| Chrysomelidae | <i>Diabrotica</i> sp                     | 6           |              |          |                |
| Acrididae     | <i>Brachystola magna</i>                 | 14          |              |          | 7              |
| Blattidae     | Sin determinar                           | 12          |              |          | 9              |
| Total         |  | 610         | 359          | 321      | 541            |

La escama *Acutaspis agavis* Townsen y Cockerell succiona la savia de las hojas y llega a ocasionar grandes pérdidas ya que las hojas se debilitan y mueren (Pérez, 1980; Solís Aguilar et al, 2001).

### Bibliografía

- Arnett, R. H. 1985. American insects a handbook of the insects of America North of Mexico. Van Nostrand Reinhold Company. New York 850 pág.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal, Guanajuato (CESAVEG). 2002. Campaña de manejo fitosanitario de Agave. Universidad de Guanajuato, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, SAGARPA, México.
- Fucikovsky L. 2002. Diseases of some tropical and subtropical plants caused by bacteria, Phytoplasmas and Spiroplasmas. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Colegio de Postgraduados. Pág: 103-107.
- García-Mendoza A. y R. Galván V. 1995. Riqueza de las familias *Agavaceae* y *Nolinaceae* en México. *Bol. Soc. Bot. México*. 56: 7-24.
- Granados S. D. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo, México 252 pág.
- Luna H. G. 1998. Hacia un Manejo Integrado de Plagas. Fundamentos y recomendaciones prácticas. *Agave tequilana*. Servicios Editoriales de occidente. Guadalajara Jalisco. México. 183 pág.
- Morón M. A. , R. A. Terrón. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología, A.C. México. 504 pp.
- Pérez, S.P. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero *Agave atrovirens* Kart en la mesa Central de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Slater J.A. and R.M. Baranowski. 1978. How to know the True bugs (Hemiptera-Heteroptera). The Pictured key Nature Series. Dubuque, Iowa. 256 pág.
- Solís-Aguilar J., H. González-Hernández, J.L. Leyva-Vázquez, A. Equihua-Martínez, F. J. Flores-Mendoza y A. Martínez-Garza. 2001. *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal, plaga del agave tequilero en Jalisco, México. *Agrociencia*: 5(6): 663-670.
- Valenzuela, Z. A. G. 1994. El Agave tequilero. Monsanto. Litteris Editores. México. 204 pág.

# COMPOSICIÓN DE CUERPOS DE ARCILLA CON PROPIEDADES TÉRMICAS Y MECÁNICAS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE DISEÑO PARA FABRICACIÓN DE LADRILLO EN LA CIUDAD DE DURANGO

José Antonio ESPARZA ROCHA, Laura Silvia González Valdés y René PAYÁN GONZÁLEZ, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Durango), Calle Sigma s/n Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. México, Código Postal 34220, Correo electrónico: [esparoc11@hotmail.com](mailto:esparoc11@hotmail.com).

Palabras clave: Medio ambiente, Cerámicas tradicionales, Ladrillo, Cuerpos de Arcilla.  
Keywords: environment, traditional ceramics, bricks, body clay.

## Resumen

Se desarrolló un trabajo de investigación enfocado al mejoramiento de la calidad del ladrillo de construcción que se produce en la ciudad de Durango, Dgo. Para ello, se realizó la composición, formulación y diseño de barros para la fabricación de ladrillo en la ciudad de Durango, con temperaturas de cocción ubicadas dentro de un rango de 950 °C hasta 1 050 °C. Los resultados generaron una propuesta de solución al problema relativo a la cocción, adecuada del ladrillo de construcción que se fabrica en la ciudad de Durango, así como al mejoramiento de su calidad. Lo anterior permite obtener un producto que cumple con los parámetros establecidos por las normas mexicanas e internacionales.

Se ha establecido la posibilidad de que se puedan elaborar barros para la fabricación de cerámicas industriales de acuerdo a las características solicitadas por el productor. Esta situación hace factible la diversificación productiva del sector, ampliándolo a la producción de cerámicas industriales en polvo. Los costos de producción se reducen en aproximadamente un 15.00 % referente al uso de energéticos y la reducción en los tiempos de cocción conlleva necesariamente a disminuir los problemas de contaminación ambiental.

## Introducción

El crecimiento poblacional de la ciudad de Durango presenta ciertas características de aceleración a partir del año de 1970 en el que de unos 150 000 habitantes pasó a aproximadamente 600 000 en el año del 2006. En el marco del desarrollo económico y social considerado como un proceso estrechamente relacionado con el incremento poblacional, se contemplan la satisfacción de ciertos aspectos básicos como lo son: salud, empleo, educación, actividades lúdico-culturales y vivienda, como indicadores de sus avances y rezagos. La expresión espacial del desarrollo esta constituida por el crecimiento urbano, de manera general y en lo particular por la demanda de casas-habitación y todo tipo de edificios requeridos por las actividades socio-económicas.

En años recientes se ha incluido como una categoría relevante en el marco de las políticas de crecimiento, el que este deba darse en condiciones de sustentabilidad. Así el crecimiento industrial deberá acondicionarse de tal manera que los impactos ambientales se vean reducidos hasta cumplir con la normatividad establecida por las instancias oficiales correspondientes. Una de las industrias que ha mostrado mayor crecimiento en la ciudad de Durango, lo constituye la fabricación de ladrillo, sin embargo dicho crecimiento ha carecido hasta el momento de las vertientes derivadas del desarrollo científico y tecnológico, que permitan su modernización. Este hecho ha desencadenado el que; En el lapso de la última década, se detectara como una de las principales fuentes contaminantes a la industria ladrillera local, lo cual motivó se tomaran medidas tendientes a la remediación del problema que desencadenaron en la propuesta de su reubicación y concentración.

De manera específica en el ámbito gubernamental se generó en el año del 2003 el **Programa de Reconversión y Reubicación de la Industria Ladrillera en la Ciudad de Durango** en el que se establecen más que nada los criterios ecológicos y de ordenamiento territorial, circunscribiendo las acciones de este tipo a las relativas al control de emisiones mediante el uso de quemadores y energéticos adecuados.

Uno de los propósitos establecidos en el programa consiste en elevar la calidad de producción de ladrillos y tabiques de construcción con estándares de calidad internacional y como uno de sus puntos estratégicos el fomentar la investigación e impulsar la generación de información en materia de uso de tecnologías apropiadas en la producción de ladrillo, así como establecer los programas de capacitación de los beneficiarios.

Se acordó con las autoridades la participación de investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Integral, CIIDIR-IPN Unidad Durango, en la elaboración de propuestas, generadas a través de la realización de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que permitieran la desactivación de la industria como fuente de contaminación del aire en la ciudad, así como la generación de soluciones a los problemas relativos a la calidad productiva.

Derivado de lo anterior se realizaron dos trabajos de investigación en los que, sus objetivos se encaminaron a la vez al ahorro de energéticos y al mejoramiento de la calidad del producto. El que aquí se presenta consiste en el diseño de barros con temperatura de cocción controlada dentro de un rango de 950 a 1 050 °C,

además del control de la temperatura de madurez se incluyeron dentro de las especificaciones de diseño de los materiales otros dos parámetros básicos consistentes en la resistencia a la compresión y el grado de vitrificación, de tal manera que con los resultados conseguidos se obtuvieron barros de aplicación en la elaboración de ladrillo de construcción, no sólo con temperaturas de cocción controladas, sino que además el producto cumple con las disposiciones establecidas por las normas mexicanas e internacionales.

Algunos de los resultados colaterales derivados de este trabajo de investigación y desarrollo tecnológico, resultan realmente notables en materia de reducción del impacto ambiental que esta industria produce, debido a que no sólo hacen posible la reducción de la cantidad de energéticos, sino que además, en un momento dado, permiten el cambio del tipo de combustibles aplicados vía no sólo la reducción y control de las temperaturas de cocción, dado que en la otra investigación realizada de manera conjunta con esta se diseñaron materiales semí-refractarios de aplicación en la fabricación de ladrillos con las propiedades físicas y químicas apropiadas para la construcción de obradores.

De manera conjunta, la aplicación de los resultados derivados en ambos trabajos de investigación, permiten el uso económico de gas como combustible, los cuales hacen posible erradicar prácticamente por completo los problemas de contaminación ambiental que actualmente produce ésta industria en la ciudad de Durango.

#### **Materiales y métodos.**

1. Se ubicaron y muestrearon yacimientos de arcillas localizados en zonas aledañas a la ciudad de Durango

aplicables como materias primas en la producción de ladrillo mediante la consulta directa a los productores de ladrillo, consulta cartográfica y un estudio prospectivo de campo de carácter complementario.

## 2. Análisis químicos de los yacimientos

(Espectrofotometría de Absorción atómica y métodos gravimétricos).

## 3. Caracterización física.

- a) Densidad.
- b) Granulometría (Tamizado y Método del Hidrómetro).
- c) Límites de consistencia (Método Casagrande) (ASTM D 1140 - 92).
- d) Contracción lineal por cocción.
- e) Determinación de puntos de fusión (Conos pirométricos).
- f) Porosidad.

## 4. Diseño de cuerpos de arcilla para la fabricación de ladrillo.

(Determinación del punto de fusión Eutéctico de: 36 composiciones de cuerpos de arcilla en combinaciones de 75%/25 %, 50%/50% y 25%/75%. Integrados por 3 bancos de arcilla y 4 depósitos de arcilla de punto de fusión de 1 100 °C°)

## 5. Caracterización físico-química de los cuerpos de arcilla en verde.

- a) Contracción por secado.
- b) Determinación de puntos de fusión (Conos pirométricos).
- c) Determinación de temperaturas de cocción.
- d) Determinación del contenido de humedad de conformación.

## 6. Conformación de especímenes de ensaye según la norma

ASTM C 109. Se elaboraron 5 especímenes por ensaye, uno

como testigo, uno para pruebas de porosidad y 3 para ensaye

de resistencia a la compresión.

## 7. Caracterización físicas del ladrillo en cocción

- a) Contracción por cocción.
- b) Determinación de la Resistencia a la compresión.
- c) Porosidad (Superficial e interconectada).

## Resultados y discusión

### Ubicación, clasificación y caracterización de los yacimientos de arcilla que actualmente abastecen de materia prima a los productores de ladrillo de construcción en la ciudad de Durango, Dgo.

Dentro de la mancha urbana de la ciudad de Durango se ubican 504 obradores de ladrillo rojo recocido, de los cuales 404 utilizan un sistema de quema de aserrín y leña que genera cantidades de humos contaminantes, perjudicando a los habitantes de las colonias marginadas, vecinas a las ladrilleras, y en general a toda la ciudad.

Otros 100 obradores utilizan un sistema ecológico, a base de aceite usado, con el que se reduce la emisión de humo y contaminantes en un 77 % en comparación con el sistema tradicional. Se aplicó una encuesta a cinco productores de ladrillo en cada una de las tres zonas dentro de la mancha urbana en las que se localizan los obradores; Colonia Jardines de Cancún, inmediaciones del Arroyo Seco y las colonias situadas en zonas cercanas al Cerro del Mercado, de ésta manera se determinó que los principales yacimientos de los que procede la materia prima son 3 depósitos de arcillas denominados: El Vergel, Praxediz Guerrero y Aquiles Serdan.

El primero de ellos está ubicado a 22 kilómetros al sureste de la ciudad de Durango, sobre un predio de 43.0 Hectáreas denominado El Vergel, en el que se localiza el Parque Industrial Ladrillero. Los dos yacimientos restantes, también de dimensiones considerables, se localizan en los poblados de Aquiles Serdan y Práxedis Guerrero ubicados a unos 5.0 kilómetros de la ciudad de Durango.

Se realizaron visitas de campo a los yacimientos a fin de explorarlos y tomar muestras de las arcillas, para su caracterización físico-química a nivel de laboratorio. Se tomaron muestras a cielo abierto y en cortes naturales, de 400.00 kilogramos de cada una de ellas. Con los materiales muestreados se procedió a realizar su caracterización físico-química. Se realizaron análisis químicos mediante espectrofotometría de absorción atómica para determinar la composición química porcentual en óxidos de cada uno de los tres tipos de arcillas (Tabla I).

Se llevaron a cabo ensayos granulométricos, mediante la técnica del hidrómetro, que permitieron determinar los porcentos de contenidos de arcillas, limos y arenas. Además de clasificar los suelos (Tabla II) mediante el análisis de texturas. Se determinaron algunas de sus propiedades térmicas: Puntos de fusión y temperaturas de cocción, para ello se elaboraron conos Pirométricos, según lo establecido por la norma de la ASTM C 24-89 Standard Test Method for Pyrometric Cone Equivalent (PCE) los conos fueron ensayados en una mufla de alta temperatura. Los resultados obtenidos (**tabla III**) permitieron establecer que sólo una de las arcillas reúne las propiedades térmicas necesarias para su aplicación como componente en la integración de grupos de arcillas para el diseño y formulación de barros para la fabricación de ladrillo de construcción,

dado que se le determinó una temperatura de cocción de 1 150 °C, lo anterior reviste importancia, ya que se trata de la arcilla proveniente del parque industrial ladrillero.

El ensaye de las propiedades térmicas de las arcillas permitió conocer que sus puntos de fusión igualan o exceden los 1250 °C; El Vergel (P.F. 1250 °C), Aquiles Serdán (P.F. 1290 °C) y Práxedis Guerrero (P.F. 1275 °C), de tal manera que sus temperaturas de cocción resultan igual o superiores a los 1200 °C, a excepción del caso de la arcilla procedente del yacimiento del Vergel. Esta temperatura difícilmente se alcanzaría en el tipo de hornos que se utilizan en la localidad, los cuales están conformados con ladrillo de construcción.

Este grado de refractariedad relativa de las arcillas con las que actualmente se fabrica el ladrillo de construcción en Durango, implica que; Dentro de las composiciones de arcilla que se diseñen deban incluirse arcillas fundentes. Por este motivo se procedió a la:

#### **Ubicación, clasificación y caracterización de yacimientos de arcillas fundentes dentro de la región objeto de estudio.**

Se consultó la base de datos, elaborada en el CIIDIR-IPN Unidad Durango, relativos a depósitos de minerales de éste tipo ya localizados, haciéndose una selección de aquellos que pudieran ser de utilidad como fuente de fundentes dentro de las composiciones. En la tabla IV se muestran las composiciones químicas porcentuales de los 6 yacimientos disponibles.

El análisis de la composición química porcentual en óxidos hizo posible la selección de 4 de los yacimientos de arcillas que presentaron los contenidos más elevados de óxidos fundentes, básicamente óxidos alcalinos, estos yacimientos son: Arcilla Amarilla Na<sub>2</sub>O

Tabla I. Análisis Químicos de los Yacimientos que actualmente abastecen la materia

(27.86 %) y  $K_2O$  (1.39 %), Arcilla Rosa  $Na_2O$  (0.10 %) y  $K_2O$  (1.14 %), Caolín Santa Gertrudis  $Na_2O$  (2.48 %) y  $K_2O$  (1.37 %) y por último el yacimiento de arcilla denominado Lutita confinada  $Na_2O$  (0.43 %) y  $K_2O$  (1.21 %).

Determinados los yacimientos de arcillas fundentes, se concluyó que lo conveniente sería formular composiciones en las que; Los posibles grupos de componentes fueran los cuatro yacimientos anteriores combinados con los tres principales depósitos de arcilla que actualmente se explotan como fuente de materias primas para la elaboración de ladrillo en la ciudad de Durango: Práxedis Guerrero, Aquiles Serdán y el Vergel.

Una vez definido el grupo de los siete yacimientos de arcillas que constituirían los yacimientos fuente para la formulación de composiciones de barro, se disponía de la información básica y suficiente para sustentar científicamente las probables composiciones de cuerpos de arcilla que se integraran. (Tablas V y VI)

#### **Diseño de cuerpos cerámicos con temperatura de cocción controlada dentro de un rango de 950 °C a 1 150 °C.**

Establecido el grupo de yacimientos-fuente de materias primas disponibles en la región centro del estado, para la elaboración de barros de temperatura de cocción controlada. Se procedió a la composición formulación y diseño de los cuerpos de arcilla de temperatura de cocción dentro de un rango de temperatura de 950 °C a 1 100 °C para ello se estableció un grupo combinaciones entre sí de los 7 yacimientos de arcillas considerados como las principales fuentes disponibles. (Tabla VII)

El ensaye consistió en determinar los puntos de fusión y las temperaturas de cocción para cada uno de los cuerpos de arcilla formulados mediante la técnica de Conos Pirométricos. Los resultados obtenidos se consideraron excelentes, debido a que en su totalidad los barros formulados entraron en el rango de temperatura de cocción establecido en 950 °C-1 150 °C incluso 3 de ellos se ubicaron en una temperatura de madurez de 900 °C aún menor que la los 950 °C predeterminados como la temperatura inferior. La temperatura de cocción que más elevada es la de la composición 4B estimada en 1 065 °C alejada 95.00 °C por abajo del límite superior de la temperatura más alta prevista en 1 150.00 °C.

Lo anterior permite inferir que; La selección de los 4 yacimientos de arcillas que presentaron los contenidos más elevados de óxidos fundentes, básicamente óxidos alcalinos, combinados con los tres principales depósitos de arcilla que actualmente se explotan como fuente de materias primas para la elaboración de ladrillo en la ciudad de Durango: Práxedis Guerrero, Aquiles Serdán y el Vergel.

Resultan en composiciones de cuerpos de arcilla, cerámica que combinados entre sí en proporciones de: 75%/25 %, 50%/50% y 25%/75%. Se ubican en un rango de temperatura de cocción de 900.0 °C a 1 065.0 °C con lo cual se resuelve de manera satisfactoria la consecución de un rango específico de temperaturas de cocción previsto.

Controlada la temperatura de cocción, se prepararon 6 Kg. de cada una de las arcillas tamizadas por la malla número 18. Con ellas se elaboraron 710.0 g. de cada una de las 36 composiciones, que se hidrataron (30.0% - 45.0% de agua en peso) hasta alcanzar un

grado de plasticidad adecuado. Procediéndose a la conformación de 6 especímenes de ensaye para cada cuerpo de arcilla, según la norma ASTM C 109 en forma de cubos de 50 mm.

Se prepararon en total 216 especímenes, de los cuales 72 de ellos -Dos de cada diseño- se sometieron a cocción a las temperaturas predeterminadas a fin de contar con los materiales en estado de cocción y poder determinarles los parámetros de absorción y resistencia a la compresión. En la tabla VIII se muestran los resultados alcanzados por las 12 composiciones seleccionadas como las de mayor rendimiento. Los especímenes de ladrillo que se ensayaron alcanzaron un régimen de absorción de agua de 26.68 % máximo. El 50.0 % de ellos entró dentro de lo establecido en las normas tanto mexicana como la internacional, el 50.0 % restante apenas supera el 20.0 % señalado en las normas.

Sin embargo, este hecho no afectó el desarrollo de resistencia mecánica; Algunos de los resultados de la medición de las propiedades mecánicas de los especímenes de ladrillo son realmente sorprendentes, si consideramos que la arcilla denominada el Vergel al combinar con un 25.00 % de la arcilla fundente desarrolla resistencias a la compresión de más de 200.00 Kg./cm<sup>2</sup>, Uno de los barros formulados alcanzó una resistencia de 400.00 Kg./cm<sup>2</sup> algo realmente inusitado para un material del que se espera desarrolle tan sólo 100.00 Kg./cm<sup>2</sup>.

### Conclusiones.

Los resultados obtenidos de la investigación, solucionan tanto el problema relativo a la cocción del ladrillo de construcción, como en lo referente a su calidad cumple con las normas mexicanas e internacionales convirtiéndolo en un producto con calidad de exportación. Finalmente los costos de producción se reducen en aproximadamente un 15.00 % referente al uso de energéticos y la reducción en los tiempos de cocción logran disminuir los problemas de contaminación ambiental.

De hecho los resultados, permiten el que se puedan elaborar barros para la fabricación de cerámicas industriales de acuerdo a las características solicitadas por el productor. Esta situación hace posible la diversificación productiva del sector, ampliándolo a la producción de cerámicas industriales en polvo.

**Tabla I. Análisis Químicos de los yacimientos que actualmente abastecen de materia prima a los ladrilleros de la ciudad de Durango.**

| Material       | %<br>SiO <sub>2</sub> | %<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %<br>K <sub>2</sub> O | %<br>Na <sub>2</sub> O | %<br>MgO | %<br>CaO | %<br>MnO <sub>2</sub> | %<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|----------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------|----------|-----------------------|-------------------------------------|
| Aquiles Serdan | 77.51                 | 19.15                               | 0.31                  | 0.03                   | 0.29     | 0.29     | 0.09                  | 2.33                                |
| Vergel         | 60.20                 | 31.7                                | 0.64                  | 0.82                   | 0.94     | 0.53     | 0.11                  | 5.06                                |
| Praxedis       | 90.29                 | 6.28                                | 0.32                  | 0.05                   | 0.30     | 0.27     | 0.08                  | 2.41                                |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.

**Tabla II. Distribución Granulométrica de los yacimientos que actualmente abastecen de materia prima a los ladrilleros de la ciudad de Durango.**

| Nú. | Material             | Tipo de suelo    | Arcilla%<br>Menores de<br>0.002 mm (2.0 ) | Limo%<br>0.002-0.06 mm | Arena%<br>0.06-2.0 mm |
|-----|----------------------|------------------|---|------------------------|-----------------------|
| 1.0 | Aquiles Serdán       | Franco arcillosa | 29.24                                     | 39.00                  | 31.76                 |
| 3.0 | El Vergel            | Arcillosa        | 56.32                                     | 29.28                  | 14.40                 |
| 2.0 | Praxediz<br>Guerrero | Franco arcillosa | 28.60                                     | 51.00                  | 20.40                 |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.

**Tabla III. Determinación de puntos de fusión y Temperaturas de Cocción de los yacimientos que actualmente abastecen de materia prima a los ladrilleros de la ciudad de Durango.**

| Banco de arcillas | Punto de fusión °C | Temperatura de Cocción °C |
|-------------------|--------------------|---------------------------|
| Aquiles Serdán    | 1290               | 1230                      |
| El Vergel         | 1250               | 1200                      |
| Práxediz Guerrero | 1275               | 1225                      |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.

**Tabla IV. Composición Química porcentual en óxidos de los yacimientos seleccionados como fuentes de fundentes dentro del grupo de yacimientos previamente localizados.**

| Material                            | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ZnO    | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO    | Punto de Fusión °C |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------|------|-------------------|------------------|--------------------------------|--------|--------------------|
| 1. Arcilla Amarilla                 | 54.54            | 20.95                          | 0.004  | 0.68 | 27.86             | 1.39             | 3.06                           | 0.580  | 1 100              |
| 2. Arcilla Caolínizada<br>(La Joya) | 67.26            | 22.10                          | 0.005  | 4.05 | 0.23              | 1.053            | 1.61                           | 0.0066 | 1 110              |
| 3. Arcilla rosa<br>(Bajada blanca)  | 62.26            | 29.39                          | 0.0029 | 3.48 | 0.10              | 1.14             | 2.17                           | 0.028  | 1 100              |
| 4. Caolín (Mezquital)               | 68.94            | 21.80                          | 0.003  | 3.58 | 0.52              | 1.21             | 2.13                           | 0.813  | 1 110              |
| 5. Caolín Santa<br>Gertrudis        | 59.08            | 31.41                          | 0.0084 | 2.24 | 2.48              | 1.37             | 2.45                           | 0.91   | 1 100              |
| 6. Lutita confinada                 | 68.06            | 22.01                          | 0.0    | 4.30 | 0.43              | 1.21             | 1.68                           | 0.00   | 1 100              |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.

**Tabla V. Composición Química porcentual en óxidos y puntos de fusión del grupo de 7 yacimientos seleccionados como fuentes de materias primas para la formulacion de barro para fabricación de ladrillo de construcción.**

| Material                 | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ZnO    | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO <sub>2</sub> | MgO   | Punto de Fusión °C |
|--------------------------|------------------|--------------------------------|--------|------|-------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|--------------------|
| 1.Arcilla Amarilla       | 54.54            | 20.95                          | 0.004  | 0.68 | 27.86             | 1.39             | 3.06                           | 0.0              | 0.580 | 1 100              |
| 2.Arcilla rosa           | 62.26            | 29.39                          | 0.0029 | 3.48 | 0.10              | 1.14             | 2.17                           | 0.0              | 0.028 | 1 100              |
| 3.Caolín Santa Gertrudis | 59.08            | 31.41                          | 0.0084 | 2.24 | 2.48              | 1.37             | 2.45                           | 0.0              | 0.91  | 1 100              |
| 4.Lutita Confinada       | 68.06            | 22.01                          | 0.0    | 4.30 | 0.43              | 1.21             | 1.68                           | 0.0              | 0.00  | 1 100              |
| 5.Aquiles Serdán         | 77.51            | 19.15                          | 0.0    | 0.29 | 0.03              | 0.31             | 2.33                           | 0.09             | 0.29  | 1290               |
| 6.Vergel                 | 60.20            | 31.7                           | 0.0    | 0.53 | 0.82              | 0.64             | 5.06                           | 0.11             | 0.94  | 1250               |
| 7.Práxedis               | 90.29            | 6.28                           | 0.0    | 0.27 | 0.05              | 0.32             | 2.41                           | 0.08             | 0.30  | 1275               |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación

**Tabla VI. Distribucion granulometrica del grupo de 7 yacimientos seleccionados como fuentes de materias primas para la formulacion de barro para fabricación de ladrillo de construcción.**

| Nú. | Material              | Arcilla%                   |                        |                       |
|-----|-----------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|
|     |                       | Menores de 0.002 mm (2.0 ) | Limo%<br>0.002-0.06 mm | Arena%<br>0.06-2.0 mm |
| 1.0 | Arcilla amarilla      | 6.32                       | 17.28                  | 76.4                  |
| 2.0 | Arcilla Rosa          | 11.2                       | 39.84                  | 48.96                 |
| 3.0 | Caolin Sta. Gertrudiz | 29.6                       | 11.28                  | 59.12                 |
| 4.0 | Lutita confinada      | 24.0                       | 36.0                   | 40.0                  |
| 5.0 | Aquiles Serdán        | 29.24                      | 39.00                  | 31.76                 |
| 6.0 | Vergel                | 56.32                      | 29.28                  | 14.40                 |
| 7.0 | Práxedis Guerrero     | 28.60                      | 51.00                  | 20.40                 |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.

**Tabla VII. Determinación del Punto de Fusión Eutéctico de: 36 Composiciones de Cuerpos de Arcilla, en Combinaciones de: 75%/25 %, 50%/50% y 25%/75%. Integrados por 3 Bancos de Arcilla y 4 Depósitos de Arcilla de Punto de Fusión de 1 100 °C.**

| Composición<br>Número | Composición porcentual |                    | Punto de<br>fusión °C | Temperatura de<br>Cocción °C |
|-----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
|                       |                        |                    |                       |                              |
| 1A                    | Vergel 75.0 %          | Amarilla 25.0 %    | 1 150                 | 1000                         |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 1B                    | Vergel 50.0 %          | Amarilla 50.0 %    | 1 150                 | 1000                         |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 1C                    | Vergel 25.0 %          | Amarilla 75.0 %    | 1 150                 | 1000                         |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 2A                    | Vergel 75.0 %          | Gertrudiz 25.0%    | 1 100                 | 950                          |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 2B                    | Vergel 50.0 %          | Gertrudiz 50.0%    | 1 100                 | 950                          |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 2C                    | Vergel 25.0 %          | Gertrudiz 75.0%    | 1 050                 | 900                          |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 3A                    | Vergel 75.0 %          | A. Rosa 25.0 %     | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 3B                    | Vergel 50.0 %          | A. Rosa 50.0 %     | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 3C                    | Vergel 25.0 %          | A. Rosa 75.0 %     | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 4A                    | Aquiles 75.0 %         | A. Amarilla 25.0 % | 1 215                 | 1 065                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 4B                    | Aquiles 50.0 %         | A. Amarilla 50.0 % | 1 215                 | 1 065                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 4C                    | Aquiles 25.0 %         | A. Amarilla 75.0 % | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 5A                    | Aquiles 75.0 %         | Gertrudiz 25.0%    | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 5B                    | Aquiles 50.0 %         | Gertrudiz 50.0%    | 1 100                 | 950                          |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 5C                    | Aquiles 25.0 %         | Gertrudiz 75.0%    | 1 060                 | 910                          |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 6A                    | Aquiles 75.0 %         | A. Rosa 25.0 %     | 1 210                 | 1 060                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C           |                       |                              |
| 6B                    | Aquiles 50.0 %         | A. Rosa 50.0 %     | 1 200                 | 1 050                        |

Continúa tabla VII.

| Composición<br>Número | Composición porcentual |                 | Punto de fusión<br>°C | Temperatura de<br>Cocción °C |
|-----------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|
|                       |                        |                 |                       |                              |
| 6C                    | Aquiles 25.0 %         | A. Rosa 75.0 %  | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 7A                    | Vergel 75.0 %          | Lutita 25.0 %   | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 7C                    | Vergel 50.0 %          | Lutita 50.0 %   | 1 100                 | 950                          |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 7B                    | Vergel 25.0 %          | Lutita 75.0 %   | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 8A                    | Aquiles 75.0 %         | Lutita 25.0 %   | 1 200                 | 1 050                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 8B                    | Aquiles 50.0 %         | Lutita 50.0 %   | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 8C                    | Aquiles 25.0 %         | Lutita 75.0 %   | 1 100                 | 950                          |
|                       | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 9A                    | Praxediz 75.0 %        | Gertrudiz 25.0% | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 9B                    | Praxediz 50.0 %        | Gertrudiz 50.0% | 1 100                 | 950                          |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 9C                    | Praxediz 25.0 %        | Gertrudiz 75.0% | 1 050                 | 900                          |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 10A                   | Praxediz 75.0 %        | A. Rosa 25.0 %  | 1 190                 | 1 040                        |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 10B                   | Praxediz 50.0 %        | A. Rosa 50.0 %  | 1 165                 | 1 015                        |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 10C                   | Praxediz 25.0 %        | A. Rosa 75.0 %  | 1 150                 | 1 000                        |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 11A                   | Praxediz 75.0 %        | Lutita 25.0 %   | 1175                  | 1025                         |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 11B                   | Praxediz 50.0 %        | Lutita 50.0 %   | 1150                  | 1000                         |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 11C                   | Praxediz 25.0 %        | Lutita 75.0 %   | 1090                  | 940                          |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 12A                   | Praxediz 75.0 %        | Gertrudiz 25.0% | 1175                  | 1025                         |
|                       | 1 275 °C               | 1 100 °C        |                       |                              |
| 12B                   | Praxediz 50.0 %        | Gertrudiz 50.0% | 1150                  | 1000                         |

**Tabla VIII. Determinación de los Parámetros básicos establecidos por las Normas Mexicanas NMX-C-006-1976 y NMX-C-037. Resistencia a la Compresión y % de Absorción de las 12 Composiciones de Arcilla (Barros) de mayor Rendimiento.**

| Composición Núm. | Composición porcentual |                 | Temperatura de cocción °C | Absorción % | Resistencia a la compresión Kg/cm <sup>2</sup> |
|------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-------------|--|
|                  |                        |                 |                           |             |  |
| 1A               | Vergel 75.0 %          | Amarilla 25.0 % | 1000.00                   | 12.07       | 400.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 1B               | Vergel 50.0 %          | Amarilla 50.0 % | 1000.00                   | 15.03       | 210.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 1C               | Vergel 25.0 %          | Amarilla 75.0 % | 1000.00                   | 19.42       | 125.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 2A               | Vergel 75.0 %          | Gertrudiz 25.0% | 950.00                    | 15.87       | 250.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 2B               | Vergel 50.0 %          | Gertrudiz 50.0% | 950.00                    | 20.99       | 200.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 2C               | Vergel 25.0 %          | Gertrudiz 75.0% | 900.00                    | 20.65       | 175.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 3A               | Vergel 75.0 %          | A. Rosa 25.0 %  | 1000.00                   | 15.12       | 150.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 3B               | Vergel 50.0 %          | A. Rosa 50.0 %  | 1000.00                   | 15.72       | 160.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 3C               | Vergel 25.0 %          | A. Rosa 75.0 %  | 1000.00                   | 17.63       | 150.00   |
|                  | 1 250 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 5A               | Aquiles 75.0 %         | Gertrudiz 25.0% | 1000.00                   | 17.64       | 150.00   |
|                  | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 5B               | Aquiles 50.0 %         | Gertrudiz 50.0% | 950.00                    | 24.09       | 170.00   |
|                  | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |
| 5C               | Aquiles 25.0 %         | Gertrudiz 75.0% | 910.00                    | 21.67       | 210.00   |
|                  | 1 290 °C               | 1 100 °C        |                           |             |  |

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

ASTM Standards, Designation C 67-97 **"Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile"** Annual Book of ASTM Standards 1997. Vol. 04.01. p.p. 38-47.

ASTM Standards, Designation C 212-96 **"Standard Specification for Structural Clay Facing"**

# DISEÑO DE LADRILLOS REFRACTARIOS (K-26) PARA CONSTRUCCIÓN DE OBRADORES EN LA CIUDAD DE DURANGO

José Antonio ESPARZA ROCHA, Laura Silvia González Valdés y René PAYÁN GONZÁLEZ.  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN Unidad Durango) Calle Sigma s/n Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. México, Código Postal 34220, Correo electrónico: [esparoc11@hotmail.com](mailto:esparoc11@hotmail.com).

Palabras clave: Medio ambiente. Contaminación ambiental. Impacto ambiental.  
Keywords: Environment, environmental pollution, environmental impact.

## Resumen

La creciente producción de ladrillo de construcción en la ciudad de Durango, Dgo., impulsó el desarrollo de microempresas dedicadas a la producción de estos materiales. Los métodos tradicionales de producción, que utilizan combustibles sólidos, conjuntamente con la instalación desordenada de estas micro-factorías, ha generado un grave problema de contaminación ambiental. Se demostró que los barros que se utilizan exceden los 1250 °C en sus puntos de fusión, y sus temperaturas de cocción son superiores a los 1200 °C. Esta temperatura difícilmente se alcanza en los hornos que se utilizan en la localidad, conformados con ladrillo de construcción. La propuesta de solución se enfocó al ahorro de energéticos mediante el mejoramiento del proceso de producción. Se diseñaron cuerpos cerámicos semi-refractarios para la fabricación de ladrillo de alta resistividad pirométrica de bajo costo, destinados a ser los elementos refractarios estructurales de las bóvedas de las cámaras de combustión y las paredes de los obradores. Se aplicó método determinista de diseño de cerámicas. Como resultados se obtuvieron cuatro tipos de ladrillos semi-refractarios de la clasificación K-26 (1426 °C) y una resistencia al aplastamiento a la temperatura de servicio de 1.76 Kg./cm<sup>2</sup> 4.48 veces mayor que la carga de trabajo, permitiendo la disposición del diseño de material de calidad y bajo costo para la construcción de obradores en la ciudad de Durango. Dgo.

## Introducción

En años recientes, la sustentabilidad, se ha incluido como una categoría relevante en el marco de las políticas del desarrollo social y económico. Así el crecimiento industrial deberá acondicionarse, de tal manera que los impactos ambientales se vean reducidos hasta cumplir con la normatividad establecida por las instancias oficiales correspondientes. La fabricación de ladrillo de construcción es una de las industrias que más a crecido en la ciudad de Durango, Dgo.; sin embargo, carece de vertientes derivadas del desarrollo científico y tecnológico que permitan su modernización. Lo anterior ha motivado que en el lapso de la última década, se le detectara como una de las principales fuentes contaminantes a nivel local, se tomaron medidas tendientes a la remediación del problema que desencadenó en la propuesta de su reubicación y concentración. En el ámbito gubernamental se generó en el año del 2003 el **Programa de Reversión y Reubicación de la Industria Ladrillera en la ciudad de Durango** en el que se establecen criterios ecológicos y de ordenamiento territorial, además de establecer las políticas para llevar a cabo la modernización de la industria a través de la realización de actividades de investigación y desarrollo tecnológico. La investigación actual se ha enfocado al control de emisiones mediante el uso de quemadores y energéticos adecuados. El programa contempla como uno de sus objetivos: elevar la calidad de producción de ladrillos de construcción con estándares de calidad internacional y como uno de sus puntos estratégicos, el fomentar la investigación e impulsar la generación de información en materia de uso de tecnologías apropiadas en la producción de ladrillo; así como establecer los programas de capacitación de los beneficiarios. Para ello, deberán desarrollarse alternativas tecnológicas y la generación de información científica básica y aplicada que permitan satisfacer las necesidades del mejoramiento y optimización de los procesos productivos aplicados.

El producto presenta deficiencias de cocción -en la mayoría de los casos- con las consecuentes deficiencias en sus propiedades mecánicas, lo que aunado a la problemática de emisión de humos constituyen dos de los problemas que requieren de propuestas de solución de aplicación inmediata.

Se decidió realizar dos trabajos de investigación enfocados al ahorro de energéticos mediante el mejoramiento del proceso de producción, el que aquí se presenta, consiste en el diseño de ladrillos semi-refractarios de bajo costo de producción de aplicación fundamental en la construcción de las bóvedas de las cámaras de combustión y las paredes de los obradores. Los hornos utilizados en la localidad están contruidos con ladrillo de construcción, no es factible atender el mejoramiento del diseño de los cocedores de tipo artesanal, si antes no se dispone de los materiales adecuados para su forjado estructural. De hecho, no se localizaron antecedentes sobre la fabricación de ladrillo semi-refractario en el ámbito nacional con las características adecuadas para la fabricación de hornos tradicionales, por lo que se considera, que este trabajo de investigación aporta los recursos metodológicos para el diseño de materiales de este tipo.

La construcción de obradores y hornos artesanales aplicando materiales semi refractarios de la clasificación K-26 (1426 °C) con una resistencia al aplastamiento a la temperatura de servicio de 1.76 Kg./cm<sup>2</sup> considerada por lo menos tres veces mayor que la carga de trabajo, permite alcanzar los niveles de eficiencia necesarios en la cocción de ladrillo de construcción con el consecuente ahorro de energéticos, lo anterior permite reducir impactos ambientales, tanto en materia de contaminación del aire como en el ámbito de la deforestación. Se considera, por tanto que de

manera conjunta con el desarrollo de barros de baja temperatura se han conseguido los resultados esperados.

## Materiales Y Métodos

1. Recopilación de información bibliográfica y cartográfica.
2. Ubicación de yacimientos de minerales y arcillas semi-refractarias, principalmente en la región centro del territorio estatal. (Métodos: prospección, localización, exploración y muestreo alterado a cielo abierto).
3. Clasificación de materiales.

Clasificación geológica.

Clasificación visual-manual (Norma American Society for Testing of Materials ASTM D 2488-90).

Método mineralógico megascópico.

4. Cuantificación preliminar de los yacimientos clasificados (Método: Cartografía fotogramétrica y parámetros geológicos).
5. Análisis químicos (Espectrofotometría de Absorción atómica y métodos gravimétricos).
6. Caracterización física.

? Densidad.

? Granulometría (Tamizado y Método del Hidrómetro).

Límites de consistencia (Método Casagrande) (ASTM D 1140 - 92).

Contracción lineal por secado.

Determinación de puntos de fusión por el método: Pyrometric Cone Equivalente (PCE)

Determinación de Puntos de Reblandecimiento (PCE).

porosidad.

7. Aplicación del Diseño experimental: "Ensaye de composiciones de materiales refractarios y semi-

refractarios procedentes de yacimientos del estado de Durango, en combinaciones de dos componentes: 50%/50% y un solo componente: 100%. Con una distribución granulométrica constante de 70% de gruesos: abajo del tamiz 10 (2 mm) hasta el retenido en el tamiz 40 (0.425 mm) y 30% de finos: abajo del tamiz 100 (0.150 mm) y puntos de fusión igual o superiores a los 1 400 °C

8. Selección de composiciones semi-refractarias basándose en las propiedades térmicas determinadas mediante la aplicación del diseño experimental.

- Puntos de fusión (PCE).
- Puntos de Reblandecimiento (PCE).
- Intervalo de Termofluencia.

9. Diseño físico-químico de las propiedades físicas y mecánicas en verde de los cuerpos cerámicos semi-refractarios seleccionados. (Método Determinista).

Distribución granulométrica de diseño.

- Humedad de conformación.
- Presión de conformación.
- Contracción lineal.
- Contracción en peso.
- (Norma ASTM C 133-97).

Resistencia a la compresión en verde.

10. Determinación de los parámetros físicos de Diseño de las composiciones de ladrillo semi-refractario en cocción.

Determinación de la curva de cocción óptima.

- (Método determinista y PCE)
- Contracción lineal de secado + cocción.
- Contracción en peso de secado + cocción.

Porcentaje de absorción total.

Coefficiente de saturación. (Norma ASTM C 67-97).

Resistencia a la compresión en cocción.

11. Diseño de las propiedades Termo-mecánicas en el intervalo de temperaturas de servicio de las composiciones semi-refractarias seleccionadas.

Ensayo de la resistencia al aplastamiento a una temperatura de servicio de 1 100.0 °C (ASTM C16-81 y NMX-O-020-1990).

Elaboración de propuestas de aplicación en la construcción de hornos ladrilleros.

### Resultados Y Discusión

La factibilidad técnico-económica para la fabricación de ladrillo semi-refractario en el estado de Durango, México; depende de la disposición de materias primas con propiedades refractarias en su territorio, debido a que; la producción de ladrillo destinado a la construcción de obradores debe realizarse al más bajo costo posible, a fin de no encarecer los costos de producción del ladrillo de construcción.

El propósito es más bien optimizar el proceso de cocción, de tal manera que lo anterior se refleje; no sólo en una disminución de los costos productivos y un incremento en la calidad del producto, sino también en una disminución del consumo de energéticos, que aunado a la aplicación de inclusores de aire elimine al máximo la contaminación del aire en la ciudad. Debido a lo anterior, la primera etapa de la investigación consistió en la ubicación de yacimientos de minerales refractarios y arcillas semi-refractarias, principalmente en la región centro del territorio estatal, para ello se realizaron trabajos de: prospección, localización, exploración y muestreo alterado a cielo abierto.

Los resultados permitieron determinar cuáles son las alternativas, en cuanto al tipo de materias primas refractarias que se pudieran utilizar en las composiciones cerámicas semí-refractarias que se diseñaran. La aplicabilidad de los minerales depende de dos factores; primeramente de su disponibilidad dentro del territorio estatal y por otro lado de que mediante su aplicación fuera posible cumplir con los requerimientos del tipo de ladrillo semí-refractario que se pretendía lograr.

Las especificaciones de diseño que se establecieron, consistieron en alcanzar: una resistividad pirométrica de la clasificación K-26 (1426 °C) y una resistencia mecánica a la temperatura de servicio de 170.00 k Pa. (1.76 Kg./cm<sup>2</sup>) estos dos parámetros resultan básicos en la caracterización del tipo de ladrillo refractario que se pretende diseñar y fabricar, de aplicación como los elementos refractarios estructurales que sirvieran para el forjado de las bóvedas de las cámaras de combustión y las paredes de los obradores que se emplean para la fabricación del ladrillo de construcción en la ciudad de Durango. Dgo.

Las alternativas respecto a las fuentes de materias primas refractarias disponibles en el territorio estatal, aparecen en la **Tabla I** representadas por 15 yacimientos de minerales refractarios y semí-refractarios. Clasificados como: 4 yacimientos de arcillas semí-refractarias, 3 yacimientos de arcillas de alta alumina, 2 depósitos de arcillas con contenidos elevados de sílice y 2 de sílice. Estos 11 yacimientos constituyen las fuentes alternativas de materia prima para la fabricación de ladrillo semí-refractario del tipo ácido, mientras que las fuentes alternativas para el ladrillo básico, se integran por las 4 últimas.

### **Selección de las materias primas componentes de los cuerpos semí-refractarios para la fabricación de ladrillo.**

Del conjunto de 15 yacimientos de minerales refractarios y semí-refractarios procedentes del estado de Durango, se seleccionaron los que mejor se adaptan a las propiedades físico-químicas requeridas por el tipo de ladrillo que se desea fabricar, además se realizaron consideraciones económicas, ya que el material tendrá que producirse a bajo costo. La referencia es que los ladrillos refractarios son de costo elevado, el que aumenta a medida que se incrementa su especialización.

Para delimitar el grupo de componentes refractarios, se revisaron los parámetros de diseño de los materiales que se pretende obtener: resistividad pirométrica de la clasificación K-26 (1426 °C) y resistencia mecánica a la temperatura de servicio de 170.00 k Pa. Incluyendo dentro de la matriz de diseño las temperaturas de reblandecimiento, los intervalos de termofluencia y el grado de acidez. Determinando que; los ladrillos semí-refractarios que se diseñen deberán ser de naturaleza preferentemente ácida, pueden utilizarse también materiales químicamente neutros e incluso refractarios básicos, aunque este tipo de refractarios son de mayor costo de producción. Los materiales refractarios básicos enlistados con los números del 13 al 15 debieron de descartarse, a excepción de la dolomita, dado que de este material refractario se dispone de volúmenes estimados en varios millones de metros cúbicos sobre todo en la Sierra Madre Oriental correspondiente al estado de Durango. Las alternativas se vieron reducidas a: arcillas semí-refractarias, arcillas de alta alumina, arcillas con alto contenido de sílice y minerales de sílice (**Tabla II**).

### **Composición, formulación y diseño de composiciones refractarias y semi-refractarias aplicando como fuentes el grupo básico de materiales refractarios procedentes del estado de Durango.**

Se aplicó un diseño experimental en el que se combinaron 50% de cada uno de los materiales con el resto de ellos, en el mismo porcentaje y cada uno de los materiales por sí solos; generando 13 cuerpos cerámicos semi-refractarios con una resistividad pirométrica suficientemente aproximada a la clasificación K-26 (1426 °C), ver columna 4 de la **Tabla III**. Las composiciones 13 y 15 se eliminaron. Se midieron otros dos parámetros térmicos: Punto de reblandecimiento e Intervalo de termofluencia, este último permitió realizar una nueva selección entre ellos.

### **Selección de cuerpos semi-refractarios para la fabricación de ladrillo a partir de la determinación de las temperaturas de reblandecimiento e intervalos de termofluencia.**

Los resultados del ensaye de las temperaturas de reblandecimiento y los intervalos de termofluencia de las 13 composiciones semi-refractarias, permitieron la selección de los cinco cuerpos cerámicos que con los menores intervalos de termofluencia, que resultan ser los compuestos por: dos arcillas semi-refractarias (7), una arcilla semi-refractaria en combinación con un refractario (9 y 12), una arcilla semi-refractaria por sí sola (10) y la combinación de dos minerales refractarios (13). Una vez obtenidas estas cinco composiciones se realizaron una serie de consideraciones de carácter técnico-económico, a fin de determinar cuáles de ellas son las de mayor factibilidad productiva, quedando la lista de composiciones cerámicas semi-refractarias como se presenta en la **Tabla IV**.

### **Conformación y diseño físico-químico de las propiedades físicas y mecánicas en verde y en cocción de los cuerpos cerámicos semi-refractarios seleccionados.**

El diseño de las cuatro composiciones semi-refractarias realizado a través de la determinación de sus propiedades térmicas: punto de fusión, temperatura de reblandecimiento e intervalo de termofluencia, permitió disponer de los materiales que cumplían con las especificaciones de diseño que se preestablecieron respecto a las propiedades térmicas de los materiales, aun restaba ensayar sus propiedades físicas y mecánicas en estados verde y frío, además de sus propiedades termo-mecánicas en el intervalo de temperaturas de servicio. Se conformaron especímenes por el método de compresión semi-húmeda (contenidos de humedad: 15% al 30% en peso) en forma de cubos de 51 mm por lado, se les aplicó una compresión de 100 Kg./cm<sup>2</sup> dentro de un molde metálico de esas dimensiones, para diseñar los parámetros de conformación, con los resultados que se exponen en la **Tabla V**.

Se consideró conveniente quemar a la misma temperatura los cuatro tipos de ladrillo, proponiendo una temperatura de cocción de 1 200 °C, debido a que a esta temperatura prácticamente en todos los casos se logra desarrollar la mayor cantidad de liga cerámica posible. Lo anterior, se verificó mediante la medición del desarrollo de resistencia a la compresión en frío y el porcentaje de porosidad. La cocción se llevó a cabo dentro de una mufla de alta temperatura aplicando una curva de cocción consistente en el incremento de 50 °C cada 15 minutos hasta alcanzar los 1 200 °C previstos. Se midieron sus contracciones totales lineal y en peso debidas a la cocción, y se determinaron los parámetros de absorción de agua y coeficiente de saturación

procediéndose de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM C 67-97. Los resultados así obtenidos se presentan en la **Tabla VI**.

Al inicio del diseño de los materiales semí-refractarios, se mencionó que; conseguir la refractariedad requerida, no presentaba el mismo grado de dificultad que alcanzar la resistencia mecánica a la temperatura de servicio (1 100 °C) debido a que; Si se determinan los componentes refractarios de la mezcla con resistencias pirométricas superiores a la requerida de 1 426 °C la probabilidad de lograr este nivel de refractariedad es considerable, a pesar de que pudieran presentarse reacciones eutécticas, no es así en el caso de la resistencia mecánica de servicio, ya que los materiales refractarios deberán cumplir con el segundo requerimiento consistente en alcanzar una resistencia mecánica de 1.76 Kg./cm<sup>2</sup> a una temperatura de servicio de 1 100 °C.

#### **Diseño de las propiedades termo-mecánicas en el intervalo de temperaturas de servicio de las composiciones semí-refractarias seleccionadas.**

El ensaye de la resistencia al aplastamiento a una temperatura de servicio de 1 100 °C se realizó acorde a lo establecido en las normas: ASTM C16-81 y NMX-0-020-1990; Obteniéndose como resultado el que los cuatro especímenes conformados con las composiciones permanecieron sin deformación durante una hora y media a una temperatura de servicio de 1 100 °C y sometidos a una presión continua de 1.76 Kg./cm<sup>2</sup>. Esta carga de diseño es 4.48 veces mayor que la carga de trabajo, lo que generó un margen de seguridad altamente confiable dado que los resultados de su ensaye mostraron que dicha resistencia fue alcanzada.

#### **Conclusiones**

Se obtuvieron cuatro tipos de ladrillo semí refractario de bajo costo y alto nivel de eficiencia para el forjado de los obradores que se utilizan en la fabricación de ladrillo de construcción en la ciudad de Durango. Dgo.

#### **Referencias Bibliográficas**

Gobierno del Estado de Durango. H. Ayuntamiento del Municipio de Durango. (2003) *Programa de Reconversión y Reubicación de la Industria Ladrillera de la ciudad de Durango*. México., Documento en CD. 73 p.p.

HORNBOSTEL C (2000). *Materiales para Construcción (tipos, usos y aplicaciones)*. Ed. LIMUSA. Méx.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL (1976). *Norma Mexicana NMX-C-006-1976 . Ladrillos Bloques Cerámicos de Barro, Arcilla y /o Similares*. México. 11 pp.

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL (1976). *Norma Mexicana NMX-C-036 Determinación a la Resistencia a la Compresión de Ladrillos y Bloques para la Construcción*. Méx. 1976.11 pp.

ASTM STANDARTS, DESIGNATION C24-89. *Standard Test Method for Pyrometric Cone Equivalent (PCE) of Fireclay and High Alumina Refractory Materials*". Anual book of ASTM Standards 1990. Vol.15.2 p.p. 8-11.

\* ENSAYE DE COMPOSICIONES DE MATERIALES REFRACTARIOS SEMI-REFRACTARIOS PROCEDENTES DE YACIMIENTOS DEL ESTADO DE DURANGO EN COMBINACIONES DE DOS COMPONENTES: 50%/50% Y UN SOLO COMPONENTE: 100%

**Tabla I. Listado de materiales refractarios y semí-refractarios procedentes del estado de Durango, seleccionados como fuentes alternativas en la composición de mezclas para la fabricación de ladrillo semí-refractario**

| MATERIAL No.                                | CLASIFICACIÓN            | LOCALIZACIÓN                                 | PUNTO DE FUSIÓN |
|---|--------------------------|--|-----------------|
| <b>Arcillas semí-refractarias</b>           |                          |  |                 |
| 1   | Arcilla Vicente Guerrero | Poblado La Joya Mpio. Vicente Guerrero, Dgo. | 1370°C          |
| 2   | Arcilla La Ferrería      | Poblado La Ferrería, Dgo.                    | 1310°C          |
| 3   | Arcilla Rosa             | Empalme Purísima, Dgo.                       | 1350°C          |
| 4   | Caolín Mazatlán          | Carretera Mazatlán                           | 1250°C          |
| <b>Arcillas de alta alumina</b>             |                          |  |                 |
| 5   | Caolín                   | San José de Ranchos, Zac.                    | 1700°C          |
| 6   | Barro Orgánico Negro     | 22 de Mayo Mpio de Canatlán, Dgo.            | 1370°C          |
| 7   | Arcilla blanca fina      | Región de Las Ventanas, Dgo.                 | 1375°C          |
| <b>Arcilla con alto contenido de sílice</b> |                          |  |                 |
| 8   | Arcilla Blanca           | Empalme Purísima, Dgo                        | 1400°C          |
| 9   | Arcilla Talayotes        | Poblado 22 de Mayo, Dgo.                     | 1400°C          |
| <b>Minerales de Sílice</b>                  |                          |  |                 |
| 10  | Cuarzo                   | Mpio. Canatlán, Dgo.                         | 1700°C          |
| 11  | Arena Sílica             | Poblado de Cieneguillas, Dgo.                | 1340°C          |
| <b>Minerales básicos</b>                    |                          |  |                 |
| 12  | Dolomita                 | Región de la laguna, Mpio. Lerdo             | 1400°C          |
| 13  | Talco                    | Poblado Fco. Zarco, Dgo                      | 1330°C          |
| 14  | Arcilla (creta)          | Mpio. de Canatlán, Dgo.                      | 1400°C          |
| 15  | Forsterita               | Venustiano Carranza, Canatlán, Dgo.          | 1900°C          |

**Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.**

**Tabla II. Listado de materiales básicos para la composición de mezclas para la fabricación de ladrillo semí-refractario**

| NÚMERO | MATERIAL          | LUGAR DE PROCEDENCIA                         |
|--------|-------------------|--|
| 1      | Arcilla blanca    | Empalme Purísima                             |
| 2      | Arcilla de bola   | Poblado 22 de Mayo, Mpio. de Canatlán, Dgo.. |
| 3      | Arcilla talayotes | Poblado 22 de Mayo, Mpio. de Canatlán, Dgo.  |
| 4      | Dolomita          | La región de La Laguna                       |
| 5      | Caolín            | Sn. José De Ranchos, Mpio. De Zacatecas      |

**Fuente: Elaborada con resultados de esta investigación.**

**Tabla III. Ensaye de composiciones de materiales refractarios y semirefractarios procedentes de yacimientos del estado de durango, en combinaciones de dos componentes: 50%/50% y un solo componente: 100%**

| Número | Materiales                 | % de material | Punto de fusión °C | Punto de reblandecimiento | Intervalo de termofluencia |
|--------|----------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1      | ARCILLA BLANCA             | 100.00        | 1400               | 1 200                     | 200                        |
| 2      | ARCILLA BLANCA             | 50.00         | 1410               | 1200                      | 210                        |
|        | ARCILLA DE BOLA            | 50.00         |                    |                           |                            |
| 3      | ARCILLA BLANCA             | 50.00         | 1410               | 1 200                     | 210                        |
|        | ARCILLA TALAYOTES          | 50.00         |                    |                           |                            |
| 4      | ARCILLA BLANCA             | 50.00         | 1440               | 1 215                     | 225                        |
|        | DOLOMITA                   | 50.00         |                    |                           |                            |
| 5      | ARCILLA BLANCA             | 50.00         | 1460               | 1 200                     | 260                        |
|        | CAOLÍN                     | 50.00         |                    |                           |                            |
| 6      | ARCILLA DE BOLA            | 100.00        | 1440               | 1 210                     | 190                        |
| 7      | ARCILLA DE BOLA            | 50.00         | 1410               | 1 350                     | 70                         |
|        | ARCILLA TALAYOTES          | 50.00         |                    |                           |                            |
| 8      | ARCILLA DE BOLA            | 50.00         | 1420               | 1 215                     | 225                        |
|        | DOLOMITA                   | 50.00         |                    |                           |                            |
| 9      | ARCILLA DE BOLA            | 50.00         | 1460               | 1 450                     | 10                         |
|        | CAOLÍN SAN JOSE DE RANCHOS | 50.00         |                    |                           |                            |
| 10     | ARCILLA TALAYOTES          | 100.00        | 1400               | 1 350                     | 50                         |
| 11     | ARCILLA TALAYOTES          | 50.00         | 1400               | 1 200                     | 200                        |
|        | DOLOMITA                   | 50.00         |                    |                           |                            |
| 12     | ARCILLA TALAYOTES          | 50.00         | 1400               | 1 300                     | 100                        |
|        | CAOLÍN SAN JOSE DE RANCHOS | 50.00         |                    |                           |                            |
| 13     | DOLOMITA                   | 100.00        | 1370               | 1 210                     | 160                        |
| 14     | DOLOMITA                   | 50.00         | 1400               | 1 275                     | 125                        |
|        | CAOLÍN SAN JOSE DE RANCHOS | 50.00         |                    |                           |                            |
| 15     | CAOLÍN SAN JOSE DE RANCHOS | 100.00        | 1710               | + 1500                    | + 1500                     |

Fuente: Elaborada como resultado de esta investigación.

**Tabla IV. Composiciones semi-refractarias seleccionadas basándose en los resultados obtenidos mediante la aplicación del diseño experimental\***

| Material Número | Composiciones              | % de material | Punto de Fusión °C | Punto de reblandecimiento °C | Intervalo de termofluencia °C |
|-----------------|----------------------------|---------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 6               | ARCILLA DE BOLA            | 100.00        | 1 400              | 1 210                        | 190                           |
| 7               | ARCILLA DE BOLA            | 50.00         | 1 420              | 1 350                        | 70                            |
|                 | ARCILLA TALAYOTES          | 50.00         |                    |                              |                               |
| 9               | ARCILLA DE BOLA            | 50.00         | 1 460              | 1 450                        | 10                            |
|                 | CAOLÍN SAN JOSE DE RANCHOS | 50.00         |                    |                              |                               |
| 10              | ARCILLA TALAYOTES          | 100.00        | 1 400              | 1 350                        | 50                            |

\* ENSAYE DE COMPOSICIONES DE MATERIALES REFRACTARIOS Y SEMIREFRACTARIOS PROCEDENTES DE YACIMIENTOS DEL ESTADO DE DURANGO, EN COMBINACIONES DE DOS COMPONENTES: 50%/50% Y UN SOLO COMPONENTE: 100%.

**Tabla V. Composición, distribución granulométrica, contenido de humedad y presión de conformación de las cuatro composiciones de ladrillo semi-refractario que se diseñaron**

| Composición Número | Componentes en %                   | Granulometría  | Contenido de humedad en % | Presión de Conformación en Kg./ cm <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------------|--|---------------------------|---|
| 6                  | ARCILLA DE BOLA 100.00 %           | 70% gruesos (Abajo del tamiz 10 hasta retenido en el tamiz 40) y 30% finos (Abajo del tamiz 100) | 18.                       | 100   |
| 7                  | ARCILLA DE BOLA 50.00 %            | 70% gruesos (Abajo del tamiz 10 hasta retenido en el tamiz 40) y 30% finos (Abajo del tamiz 100) | 15                        | 100   |
|                    | ARCILLA TALAYOTES 50.00 %          | 70% gruesos (Abajo del tamiz 10 hasta retenido en el tamiz 40) y 30% finos (Abajo del tamiz 100) |                           |   |
| 9                  | ARCILLA DE BOLA 50.00 %            | 70% gruesos (Abajo del tamiz 10 hasta retenido en el tamiz 40) y 30% finos (Abajo del tamiz 100) | 30                        | 100   |
|                    | CAOLÍN SAN JOSE DE RANCHOS 50.00 % | 70% gruesos (Abajo del tamiz 10 hasta retenido en el tamiz 40) y 30% finos (Abajo del tamiz 100) |                           |   |
| 10                 | ARCILLA TALAYOTES 100.00 %         | 70% gruesos (Abajo del tamiz 10 hasta retenido en el tamiz 40) y 30% finos (Abajo del tamiz 100) | 15                        | 100   |

Fuente: Elaborada con resultados de esta investigación.

**Tabla VI: Determinación de los parámetros físicos de diseño de las composiciones de ladrillo semi-refractario en verde y en frío**

| Composición No. | Componente en %            | Contracción lineal de secado + cocción | Contracción en peso + cocción | Resistencia a la compresión en verde Kg./ cm <sup>2</sup> | Resistencia a la compresión en cocción Kg./cm <sup>2</sup> |
|-----------------|----------------------------|--|-------------------------------|---|--|
| 6               | ARCILLA DE BOLA 100.00 %   | 3.92                                   | 10.85                         | 50.0  | 300.0  |
| 7               | ARCILLA DE BOLA 50.00 %    | 6.86                                   | 4.92                          | 50.0  | 220.0  |
|                 | ARCILLA TALAYOTES 50.00 %  |  |                               |   |  |
| 9               | ARCILLA DE BOLA 50.00 %    | 11.76                                  | 21.83                         | 40.0  | 170.0  |
|                 | CAOLÍN SAN JOSÉ 50.00 %    |  |                               |   |  |
| 10              | ARCILLA TALAYOTES 100.00 % | 11.76                                  | 22.90                         | 110.0   | 400.0  |

Fuente: Elaboración propia con resultados de esta investigación.

# DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS DE *Agave durangensis* EN TRES SISTEMAS DE ENVIVERADO

Hernández Vargas Vicente, Orea Lara Gildardo<sup>1\*</sup>, Cifuentes Díaz de León Armando<sup>1\*</sup>, Gómez Ortiz Salomon<sup>1\*</sup>

## Resumen

Se probaron tres sistemas de enviverado para medir el desarrollo de plántulas provenientes de invernadero (de 4 a 5 cm de altura) de *Agave mezcadero*. Los sistemas probados fueron trasplante a suelo, acolchado y maceta. Las variables de crecimiento que se midieron son número de hojas, largo y ancho de hojas, altura de la hoja central, tamaño de la espina principal, número de espinas laterales, dosel y altura de la planta. Los tratamientos fueron distribuidos bajo un diseño experimental completamente al azar. En los tres sistemas de manejo en vivero, se encontró diferencias estadísticamente significativas, en cuanto al crecimiento de las plantas. El sistema de vivero de suelo con acolchado fue donde se obtuvieron las variables de crecimiento más altos.

Palabras clave: Crecimiento, acolchado, vivero

## Introducción

Tradicionalmente, en el estado de Durango, el mezcal se ha producido de plantas de *Agave* obtenidas por recolección de poblaciones naturales, por lo que actualmente no se cuenta con plantaciones comerciales en producción. Para poder lograr un volumen de producción de mezcal que permita un mayor ingreso a las comunidades mezcaderas, sin poner en riesgo las poblaciones naturales, se requiere del establecimiento de plantaciones comerciales de *Agave*. La dificultad para el establecimiento de plantaciones comerciales no ha permitido el aprovechamiento del potencial económico del *Agave*, como sucedió en Jalisco y Oaxaca, donde ya contaban con materiales seleccionados de manera empírica a través del cultivo por más de 200 años. A partir del año 2000, se incrementó la demanda de planta de *Agave mezcadero* (más de 2 millones), para el establecimiento de plantaciones comerciales y reforestación. Actualmente las plantaciones comerciales con que se cuenta provienen de plantas obtenidas por semilla y trasplantadas directamente de la charola a campo, ocasionado que el 90% de estas plantas no sobrevivan en condiciones adversas de clima, ataque de plagas y roedores debido a lo succulento de la planta y al reducido tamaño que presenta. Por lo anterior, se hace indispensable que dichas plántulas sean llevadas a una etapa de vivero por un periodo de 1 a 2 años para optimizar el desarrollo de la planta ya que el sistema de enviverado permite controlar durante más tiempo la humedad, la temperatura, labores culturales y plagas y enfermedades.

Robinson and Wareing (1969). señala que al estimular el crecimiento de las plantas de *Agave* en los años iniciales en viveros, es de esperarse períodos juveniles más cortos, ya que en general esto dependerá del número de divisiones celulares, altura y desarrollo de la planta.

CIIDIR-IPN, Unidad Dgo.<sup>1</sup>, Sigma s/n, Frac. 20 de Noviembre II, Durango Dgo. C.P.34220, . Tel. y Fax: 01 675 86 51041 Becario de COFAA\*; Durango, Dgo. Gildardo222@hotmail.com; armando552@hotmail.com; salgo5@hotmail.com; vicehv@yahoo.com

Landis, *et al*, 1989, menciona que la producción de plántulas forestales puede ser realizada de dos formas, plántulas a raíz desnuda y plántulas en contenedor. La producción de plántulas a raíz desnuda se obtiene en suelo y a campo abierto, mientras que la producción de plántulas en contenedor se realiza utilizando sustratos artificiales y bajo condiciones de invernadero. Las plántulas obtenidas mediante estos sistemas requieren de la etapa de vivero que se realiza mediante el trasplante en otro sitio para continuar su crecimiento durante uno o dos años.

Esta etapa de enviverado produce mayores diámetros de tallo y crecimiento radical en comparación con las plántulas producidas en contenedor, aún cuando es más costoso se utiliza debido a que el clima (altas temperaturas y baja humedad), así como la competencia con otras especies limita el establecimiento o crecimiento de las plántulas en campo.

Nobel, 1998, señala que aún cuando las plantas de *Agave* producen una gran cantidad de semillas, cercanas a las 65,000 como es el caso de *A. deserti*, las condiciones ambientales donde se desarrollan son bastante secas y en muchas ocasiones la humedad disponible permitirá solamente su germinación, pero las condiciones de sequía de las épocas calurosas no permitirán que sobrevivan al primer año. Las sequías causan pérdidas considerablemente altas de plántulas jóvenes al producir un enjutamiento y la muerte antes de la próxima temporada de lluvias, problema inexistente en plantas adultas con mayor cantidad de agua almacenada, por lo que indica que alrededor del 1% de este *Agave* se propaga por semilla y el 99 % por hijuelos.

Morales 2001 menciona que para el maguey mezcalero en Oaxaca, las plántulas que tienen un tamaño entre 5 y 10 cm se colocan en viveros hasta que alcanzan un porte de 25 a 30 cm. Se forma camas y se colocan las plántulas a 20 cm entre plantas para lograr una densidad de 25 plantas por m<sup>2</sup>

Lock (1969) y Tanganica Sisal Growers Association (1974), mencionados por Otero 1992, sugirieron el marco de plantación de 0.50 m x 0.25 m en viveros de *Agave sisalana* Perr. que es una planta similar en su aspecto externo al henequén. Así mismo, Ortega *et al.*, (1974) informaron sobre el empleo de la distancia de 0.20 m x 0.33 m para henequén en Yucatán. En *Agave tequilana* Weber reportan distancias de 30X30 y 40X40 (Villalvazo, 1986).

Por lo tanto, en la presente investigación se pretende determinar la respuesta de plántulas de *Agave duranguensis* a tres sistemas de enviverado: suelo, acolchado y maceta.

### Metodología

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del CIIDIR IPN, Unidad Durango, ubicadas en Vicente Guerrero, Dgo. Como material vegetativo se utilizó plántulas de *Agave duranguensis* obtenidas a partir de semilla y desarrolladas bajo condiciones de invernadero, con una altura de 4 a 5 cm y con la presencia de 2 a 3 hojas. El experimento se estableció el 28 de mayo del 2005. Se probaron tres sistemas de enviverado: a) trasplante a maceta (bolsa negra de 14X20 cm), b) trasplante a suelo y c) trasplante a suelo con acolchado y riego por cintilla. Cada tratamiento quedó integrado por 39 plántulas con 3 repeticiones, los tratamientos fueron distribuidos bajo un diseño completamente al azar.

## Resultados y discusión

Para el sistema de trasplante a maceta, se utilizó bolsa de plástico negro con una mezcla de suelo y arena en una relación 4:1, para evitar compactación del suelo en la bolsa. El trasplante se realizó mediante el uso de una espátula extrayendo la plántula de la charola, se hizo una perforación con una estaca en la bolsa del suelo depositado, se colocó la plántula y se tapó con el mismo suelo. El riego se realizó cada tercer día por aspersión procurando mantener humedad disponible para la planta.

Para el sistema de trasplante a suelo directo se realizó la preparación del terreno mediante barbecho y rastreo hasta dejar el suelo finamente mullido, se formó una cama de un metro de ancho y se trasplantó a una distancia de 30 cm entre plantas y entre hileras. La aplicación de riego fue rodado cada tercer día.

Para el sistema de trasplante a suelo con acolchado, se realizó la preparación del terreno mediante barbecho y rastreo hasta dejar el suelo finamente mullido.

Se colocó la cintilla y el plástico para acolchado y se realizó el trasplante colocando las plántulas en las perforaciones del acolchado. Se aplicó el riego por un periodo de 2 horas, cada tercer día.

Se realizó un muestreo a los siete meses después del trasplante. Las variables que fueron medidas son: número de hojas, largo y ancho de hojas, altura de la hoja central, tamaño de la espina principal, número de espinas laterales, dosel y altura de la planta. Los datos fueron analizados utilizando el algoritmo SAS (Statistical Analysis System, (SAS Institute, 1996)).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se encontró que hay diferencias altamente significativas en los tres sistemas de manejo en vivero (SMV) para la mayoría de las variables en estudio, número de hojas, longitud y ancho de la hoja, altura de la hoja central, número de espinas laterales, altura y dosel de la planta, a excepción de la variable longitud de la espina principal, como se muestra en el Cuadro 1.

Para la variable número de hojas por planta (NH), se encontró que en el sistema de acolchado (SA) y en el sistema de suelo (SU) no existen diferencias estadísticamente significativas, mientras que el sistema de bolsa (BO) sí fue estadísticamente diferente en comparación con los otros dos sistemas (Cuadro 1). El mayor NH para el SA, tuvo un valor de 8.00, en cambio el menor NH producido en el BO fue de 5.40. El comportamiento para la variable número de espinas laterales (NEL) fue similar al obtenido en NH, donde el mayor NEL fue para el sistema SA con un valor de 24.93 y el menor NEL fue para el sistema BO con un valor de 17.33. Se observó que el NEL está muy relacionado con el NH, es decir, que a mayor NH mayor NEL y viceversa.

Este comportamiento puede observarse más claramente para NH y NEL en las figuras 1 y 2. Esta diferencia en la producción de NH y NEL entre los sistemas BO y SA, SU posiblemente se debe a la compactación del suelo en la bolsa lo que reduce el espacio poroso del suelo impidiendo una mayor cantidad de intercambio gaseoso y de retención de humedad, tal como lo señala Fonteno (1994), quien indica que al embolsar un suelo cambia por completo sus características fisicoquímicas en comparación a su estado de campo. Por otro lado, Yopez (2002) señala

que al establecer plantas juveniles (con dos hojas y no mayores de 15 cm) de Agave Cocui en suelo con una mezcla de arena lavada y tierra abonada y después de nueve meses en vivero, obtuvo un crecimiento de hasta 5.6 hojas por planta. Hopkinson (1968), al utilizar acolchado de polietileno, en plántulas apomíticas de *A. fourcroydes*, Lem (Henequén), encontró un crecimiento más rápido y un incremento de peso entre 90-98 %, mientras que la longitud de la última hoja fue mayor en un 22 % en comparación con las plántulas que no tuvieron acolchado.

Cuadro 1. Comparación de las medias de los tres sistemas de vivero, en el desarrollo de las plántulas de Agave mezcalero, proveniente de invernadero.

| Sistema de Vivero | Número de hojas     | Longitud de hoja (cm) | Ancho de hoja (cm) | Altura de hoja central (cm) | Longitud de espina principal (cm) | Número espinas laterales | Altura de planta (cm) | Dosel de planta (cm) |
|-------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| Acolchado         | 8.00 a <sup>†</sup> | 11.54 a               | 4.12 a             | 7.23 a                      | 1.84 a                            | 24.93 a                  | 11.20 a               | 20.24 a              |
| suelo             | 7.27 a              | 9.63 b                | 3.30 b             | 5.33 b                      | 1.43 a                            | 23.33 a                  | 8.95 b                | 16.31 b              |
| bolsa             | 5.40 b              | 7.50 c                | 2.38 c             | 4.13 c                      | 1.33 a                            | 17.33 b                  | 7.39 c                | 10.04 c              |
| DMS               | 1.13                | 1.01                  | 0.46               | 0.88                        | 6.71                              | 4.03                     | 1.26                  | 26.05                |

<sup>†</sup> letras diferentes son estadísticamente significativas (Tukey  $\alpha = 0.05$ )

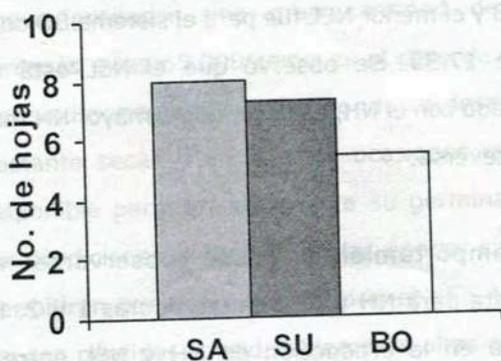


Figura 1. Número de hojas por planta de Agave mezcalero en vivero

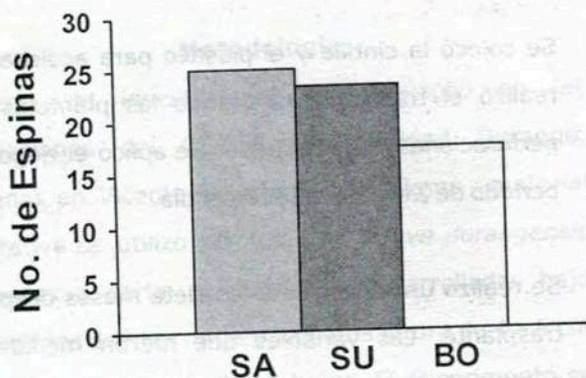


Figura 2. Número de espinas laterales por hoja en Agave mezcalero

## Conclusiones

Para las variables altura de planta (AP), longitud de la hoja (LH), ancho de hoja (AH), altura de la hoja central (AC) y dosel de la planta (DP) se encontró que estadísticamente presentan diferencias altamente significativas para los tres SMV, pero no así para la variable longitud de la espina principal donde no se encontró significancia estadística (Cuadro 1.).

Se observa que de los tres SMV, el que mostró mas alto desarrollo de las plantas fue SA, seguido por SU, mientras que el SMV donde se tuvo el menor desarrollo de las plantas fue para BO. Los valores más altos obtenidos para AP, LH, AH, AC y DP, fueron: 11.20, 11.54, 4.12, 7.23 y 20.24 cm respectivamente, mientras que los valores mas bajos fueron de 7.39, 7.50, 2.38, 4.13 y 10.04 cm para cada variable.

El mayor desarrollo de las plantas de agave que se obtuvo en el SA se debe posiblemente a que el acolchado permite mantener la temperatura del suelo más alta durante la noche lo que promueve la formación y desarrollo de la raíz, conserva durante un mayor período la humedad del suelo lo que estimula a la planta para absorber mayor cantidad de agua y nutrimentos (Romera, 2005). Por lo consiguiente, de acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro de medias (Cuadro 1), se concluye que el mejor SMV es el SA donde se obtienen planta de más rápido crecimiento y de mejor calidad.

1. En cuanto al crecimiento de las plantas de Agave mezcalero. En los tres sistemas de manejo en vivero, bolsa de plástico negro, suelo descubierto y suelo con acolchado de plástico negro, se encontró diferencias estadísticamente significativas, El sistema de vivero de suelo con acolchado de plástico negro fue donde se obtuvieron las variables de crecimiento más altos, por lo consiguiente fue el sistema donde se obtuvo la mayor acumulación de biomasa.
2. Para el manejo en vivero de plantas de Agave mezcalero, de acuerdo a esta investigación desarrollada, el sistema de suelo con acolchado de plástico negro es donde se obtiene las plantas de mayor tamaño y de mejor calidad.

## Bibliografía

- Aguirre, R.J.R. ; Charcas, S. H. ; Flores, F. J.L, 2001. El maguey mezcalero potosino. Instituto de Investigación de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P.
- CONACYT Fundaciones PRODUCE. 2001. Compilación: "prioridades del sector agropecuario y forestal para la formulación de proyectos integrales". Ed. SIVILLA Delegación Regional Norte Centro. Chihuahua, México.
- Fonteno, W. C. 1994, Growing media. Capítulo 11. E. Jay Holcomb. 1994. Bedding Plants IV. Ed. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA.
- Landis, T.D.; Tinus, R.W.; McDonald, S.E.; Barnett, J.P. 1989. Seedling Nutrition and Irrigation, Vol. 4, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: US Department of Agriculture, Forest Service. 119p.
- Morales C. N., Gaston E. F. 2001. Guía para el manejo de plantaciones de maguey mezcalero. UACH-CRUCEN, Zacatecas, México.
- Otero B. R. 1992 El cultivo del henequén (*Agave fourcroydes fourcroydes*, Lem) como planta textil y su aprovechamiento integral Ensayos . Laboratorio BioFam, La Habana, Cuba.

Robinson L.W. and P.F. Wareing. 1969. Experiments on the juvenile-adult phase change in some woody species. *New Phitol.* 68:67-78

Valenzuela, R. J. F., Velasco G. O. H., Márquez, L. M. A. 2003. Desarrollo Sustentable del Agave Mezcalero en Durango. CIIDIR-IPN, Unidad Durango y CBTA 171. Durango, Mex. 208 p.

Villalvazo, R. A. S. 1986 El cultivo del mezcal (*Agave Tequilaza Weber*) en la región de Tequila, Jalisco, UACH Capingo, México.

Yépez Lianette, García, Eva de, Gímenes Carlos. 2002 Genotipos promisorios en *Agave cocui* trelease : avances metodológicos en la selección de plantas madres para la propagación *in vitro*. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Centro de Investigaciones en Ecología y Zonas Áridas. Universidad Central de Venezuela. Laboratorio de Biotecnología Vegetal.

#### BIBLIOTECA VIRTUAL

Romera, P. M. y Guerrero, L. 2005. Agricultura Ecológica (apartados 1.3.1.8. y 1.3.1.9.)  
[http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/agricultura\\_ecologica.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica.asp)

# EL METABOLISMO SECUNDARIO DE LAS PLANTAS, UN NUEVO CONCEPTO

Norma Almaraz-Abarca, José Antonio Ávila-Reyes, Elí Amanda Delgado-Alvarado, Néstor Naranjo-Jiménez y Jesús Herrera-Corral

## INTRODUCCIÓN

Las plantas, al igual que los animales, las algas, los hongos y las bacterias, realizan funciones fisiológicas en las que están implicadas rutas metabólicas, tales como la respiración y síntesis de proteínas. Estas funciones son fundamentales para que esos organismos se mantengan con vida. A diferencia de los animales y los hongos, las plantas comparten con las algas y algunas bacterias la capacidad de llevar a cabo otra función metabólica igualmente fundamental, que es la base y sustento de no sólo la vida propia de esos organismos, sino de toda la vida en la Tierra, la fotosíntesis, función por la cual se produce oxígeno y glucosa, esta última, fuente de energía y unidad fundamental para la elaboración del material estructural más abundante en la naturaleza, la celulosa.

A todas las funciones metabólicas universalmente reconocidas desde hace mucho tiempo como fundamentales para la sobrevivencia de las plantas, se les ha llamado en conjunto metabolismo primario. Sin embargo, las plantas son poseedoras casi exclusivas de otras rutas metabólicas por las que sintetizan una gama extremadamente amplia de sustancias llamadas metabolitos secundarios.

Prácticamente todas las sustancias que el hombre ha obtenido de las plantas a lo largo de su historia y que ha utilizado con cualquier fin diferente al alimenticio son productos del metabolismo secundario. Los químicos las llamaron metabolitos secundarios, por no haber encontrado para ellos una participación directa en los procesos de crecimiento, desarrollo o reproducción de las plantas. Son metabolitos secundarios los alcaloides, con los cuales las sociedades modernas han generado una serie importante de problemas sociales, económicos y hasta políticos, pero a los que afortunadamente, sociedades sobrevivientes como la de los Huicholes, consideran "regalo de los dioses"; son metabolitos secundarios los taninos, con los que los hombres de las primeras culturas curtieron pieles de animales que utilizaron para proteger su cuerpo y; son metabolitos secundarios los aceites esenciales que dan el aroma a las flores.

Desde mediados del siglo pasado se reconoció la enorme diversidad química de los compuestos secundarios pero no se encontró para ellos una participación en los procesos fisiológicos básicos de las plantas. Todavía hace 25 años, a los productos del metabolismo secundario se les consideraba como sustancias de desecho o como errores de las rutas metabólicas primarias. Con la aparición del cultivo de células vegetales en suspensión, que permite el monitoreo del ambiente físico y químico de las células en crecimiento, desarrollo y multiplicación; de técnicas químicas analíticas altamente resolutivas, como la cromatografía líquida de alta presión (HPLC) y la espectroscopia de masas; de técnicas bioquímicas, como la electroforesis para el análisis de proteínas y; de técnicas moleculares como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), ha sido posible aislar y caracterizar

muchas de las enzimas responsables y establecer las rutas de la biosíntesis de un gran número de compuestos secundarios, ha sido posible asomarnos aunque sea en una mínima parte, porque el proceso es muy complejo, a la maquinaria que regula la expresión de los compuestos secundarios y ha sido posible cambiar el concepto de "sin" o de "poca importancia" del "metabolismo secundario" de las plantas, por uno que lo reconoce como vital y prácticamente sin distinción del llamado "metabolismo primario".

El interés actual por el estudio del metabolismo secundario tiene varios matices. Por un lado, prácticamente todos los metabolitos secundarios conocidos tienen algún tipo de actividad, llámese actividad antibacteriana, antioxidante o anticancerígena, entre otras, y esto es el móvil de programas de búsqueda de compuestos naturales con una particular actividad biológica. Muchos de ellos, forman parte de mecanismos de defensa contra el ataque de herbívoros y patógenos y el estudio de la interrelación planta-herbívoro permite visualizar en un futuro próximo el desarrollo de vacunas para protección de plantas de interés económico. Por último, la distribución de tipos particulares de estos compuestos secundarios dentro de grupos de plantas taxonómicamente relacionados y el lenguaje químico, basado en compuestos secundarios, que se establece entre organismos de varios niveles tróficos tienen interés por parte de los biólogos que buscan encontrar las relaciones evolutivas entre los diferentes organismos que sintetizan estas sustancias y entender el establecimiento del equilibrio ecológico en los ecosistemas.

El objetivo de este trabajo es presentar las evidencias que permitieron crear un concepto nuevo del metabolismo secundario, la gran diversidad química y los diferentes papeles que estos compuestos desempeñan en las relaciones fisiológicas y ecológicas de las plantas, todo lo cual constituye al acervo teórico para el desarrollo de productos, prácticas y modificaciones genéticas de los vegetales que las sociedades humanas pueden utilizar para el control de herbívoros y patógenos y la obtención de nuevos fármacos.

### LAS EVIDENCIAS

Las bacterias, los hongos, las algas e incluso animales como los mamíferos (Hadacek, 2002) y los anfibios como *Salamandra salamandra terrestris* (Mebs y Pogoda, 2005) al igual que las plantas, sintetizan compuestos que han sido clasificados como metabolitos secundarios. Estos compuestos son especialmente abundantes en organismos que carecen de un sistema inmunológico (Hadacek, 2002), pero es en el reino vegetal donde ha ocurrido la mayor expresión de diversidad de compuestos secundarios.

A diferencia de compuestos como la clorofila, los aminoácidos protéicos, los ácidos nucleicos y la mayoría de los carbohidratos, todos ellos metabolitos primarios, a los metabolitos secundarios no fue posible asociarlos, durante mucho tiempo, con los procesos fundamentales de la vida de las plantas y se les consideró como errores del metabolismo primario, sustancias de desecho o sobrantes metabólicos (Kutchan, 2001). Fue el médico alemán de origen prusiano Alberto Kossel, quien en 1891 se refirió a ellos como metabolitos secundarios. Este término, erróneamente empleado, se ha mantenido hasta nuestros días. Más recientemente los metabolitos

secundarios han sido considerados como productos de desintoxicación, sobreexpresiones del metabolismo primario, productos de degradación y productos de almacenamiento, sin que haya evidencias concretas de que desempeñen esas funciones (Hadacek, 2002).

La evidentemente elevada diversidad y extrema abundancia de los metabolitos secundarios en todo el reino vegetal mantuvieron en la mente de algunos fisiólogos vegetales la interrogante sobre si estos compuestos pudieran cumplir un papel fisiológico en las plantas. Esa inquietud llevó a personalidades como Miriam Rothschild y Jeffrey Harborne a estudiar más profundamente los compuestos secundarios de las plantas y fueron ellos quienes encontraron una estrecha relación entre la concentración de los metabolitos secundarios y la capacidad de las plantas para protegerse contra el ataque de herbívoros y patógenos. Esto dió el primer giro a la apreciación que se tenía de esos compuestos y fue cuando entonces se les reconoció un papel importante en el establecimiento de las relaciones de las plantas con su ambiente y se creó una nueva rama de la ciencia que se llamó Ecología Química.

Después de reconocer un papel ecológico para el metabolismo secundario resurgió el interés por el estudio de éste en un número más amplio de especies de plantas. El paso siguiente fue determinar si existían rutas metabólicas exclusivas ya que si era ese el caso, como fue comprobado, el metabolismo secundario estaba muy lejos de representar errores del metabolismo primario. En esa búsqueda se descubrieron enzimas y rutas bioquímicas específicas para la síntesis de los diversos compuestos secundarios. Las primeras enzimas aisladas y caracterizadas fueron la fenilalanina amonio liasa

(PAL), la 4-cumarato CoA ligasa y la chalcona sintasa (Kutchan, 2001), todas involucradas en la red de vías que llevan a la síntesis de los polifenoles vegetales. En el descubrimiento de las enzimas específicas del metabolismo secundario, la técnica de cultivo de tejidos, en su modalidad de cultivo de células en suspensión brindó los sistemas adecuados para aislar enzimas activas, las que eran muy difíciles de obtener a partir de tejidos de plantas enteras, debido al alto contenido de taninos y fenoles normalmente encontrado en las plantas, los que se conjugan con las enzimas e inhiben su actividad.

En la actualidad, una gran parte de los pasos que conducen a la síntesis de la mayoría de los compuestos secundarios es ya conocida, quedando por determinar, por ejemplo, aquellos correspondientes a los diferentes patrones de sustitución de los flavonoides (Heller y Forkmann, 1994). Del mismo modo, la mayoría de las enzimas participantes en el metabolismo secundario de las plantas ya ha sido caracterizada y secuenciada.

Si existían enzimas específicas para las rutas del metabolismo secundario entonces y de acuerdo al dogma central de la biología molecular, debían existir secuencias génicas también específicas, que portaran la información para su síntesis. El descubrimiento de dichas secuencias fue la última evidencia que hizo cambiar completamente el concepto de secundario para el metabolismo por el cual las plantas sintetizan la mayor diversidad de sustancias químicas. Hoy en día se destinan muchos recursos al estudio de la regulación de la expresión de los genes que dirigen la síntesis de los compuestos secundarios. Se han construido DNAs copia (cDNAs) para la biosíntesis de alcaloides y terpenos (Kutchan, 2001), que han sido utilizados para abordar aspectos filogenéticos de diferentes grupos de

plantas para determinar el origen mismo del metabolismo secundario. La manipulación genética de las enzimas del metabolismo secundario, principalmente el asociado a la determinación del color de las flores, se trabaja muy intensamente (Holton y Cornish, 1995, Winkel-Shirley, 2001), por el valor económico que éste representa.

### LA GRAN DIVERSIDAD QUÍMICA

La gran diversidad estructural del metabolismo secundario fue reconocida desde finales del siglo antepasado. Sin embargo con el desarrollo de las técnicas modernas de análisis, en la segunda mitad del siglo XX, fue como se pudo apreciar que esa diversidad es monumental. El químico Bu'Luck (1961) describió en una forma literaria la magnitud de la diversidad y a lo que se enfrentaban los estudiosos del metabolismo secundario: "Mientras el jardín de los enzimólogos es un sueño de uniformidad, un prado verde donde los ciclos de Calvin y Krebs funcionan alrededor de un orden disciplinado, el químico orgánico camina en una jungla desordenada de extractos poco refinados, de arcoiris de pigmentos, donde en cada arbusto se encuentra al acecho las formas desfiguradas de algunos alcaloides, el perfume exótico de algún nuevo terpeno o algunos espantosos y explosivos poliacetilenos"

¿Cuál es la razón de tal diversidad estructural en los metabolitos secundarios? ¿Porqué una planta como *Catharanthus roseus* invierte tanto nitrógeno en sintetizar más de 100 diferentes alcaloides de gran diversidad estructural (Kutchan, 1995)? Jones y Firn (1991) han propuesto una teoría que intenta dar respuesta a esas preguntas: la teoría de la selección o "screening". En términos muy generales, en esta teoría se propone que es ventajoso para las plantas, a pesar de la alta inversión metabólica, mantener una gran

diversidad de compuestos secundarios, porque eso implica tener mayor oportunidad de poseer una molécula activa capaz de actuar sobre un sitio blanco dado, considerando que los compuestos secundarios tienen actividad biológica porque su estructura molecular tridimensional se ajusta a un receptor en un tejido u órgano blanco, como llave a una cerradura. En esta teoría se considera que los compuestos inactivos pueden volverse activos por mutación y que algunos de los compuestos secundarios que una especie vegetal posee ya han participado en alguna interacción con algún organismo extinto.

Estudios sobre los mecanismos de evolución molecular que han generado la gran diversidad de los metabolitos secundarios vegetales sugieren que hay cientos de miles de enzimas diferentes que participan en el metabolismo secundario de las plantas (Pichersky y Gang, 2000). En éste, la síntesis de muchos productos diferentes puede ser catalizada por una sola enzima, muy frecuentemente a partir de diferentes sustratos, pero también a partir de un mismo sustrato, el primero de estos casos puede ejemplificarse con la síntesis de los diferentes monómeros que forman la lignina de tabaco, en donde diferentes arreglos de 3-O-metiltransferasas utilizan diferentes sustratos con eficiencia variable (Maury y cols., 1999), y el segundo caso lo ejemplifica la síntesis de los monoterpenos, que son los componentes principales de la turpentina de varios tejidos de *Pinus taeda*, los que son sintetizados por monoterpensintasas a partir de geranildifosfato. Las diferencias estereoquímicas de los monoterpenos son críticas para el establecimiento de interacciones planta-herbívoro, como el reconocimiento de hospederos, toxicidad y potencia de feromonas derivadas (Phillips y cols., 1999).

De acuerdo a Pichersky y Gang (2000) los mecanismos de evolución de nuevos genes del metabolismo secundario que llevan a nuevas composiciones de genes son la divergencia alélica y la duplicación de genes seguida de divergencia. De estos, la divergencia alélica es el evento que parece ser más frecuente, por este proceso se originan genes ortólogos (genes en diferentes especies que evolucionaron a partir de un gen ancestral común, mantienen semejanza estructural y funcional), que pueden codificar proteínas con diferentes funciones. La identificación de familias génicas, que comparten "motivos" (secuencias comunes en sitios activos y/o dominios de unión a sustratos o cofactores) en las proteínas codificadas, que tienen un número alto de copias en diferentes especies (Szekers y Koncz, 1998) es un hecho que apoya esa teoría.

De manera muy general, los metabolitos secundarios son clasificados de acuerdo a su origen biosintético en tres grandes grupos: los fenoles, los terpenos y los compuestos secundarios nitrogenados.

### LOS FENOLES VEGETALES

Los compuestos fenólicos, también llamados fenoles o polifenoles vegetales, son sustancias que poseen al menos un anillo aromático con un radical hidroxilo sustituyente en su estructura química, o sea un grupo fenólico. El fenol mismo se encuentra como un producto natural en el reino vegetal, pero es más común que los compuestos fenólicos tengan dos o más grupos hidroxilo.

De todos los metabolitos secundarios los polifenoles son los más ampliamente distribuidos dentro del reino vegetal (Harborne, 1973) y quizá los más diversos. La diversidad de los fenoles vegetales se ve reflejada en la

clasificación que de ellos hace Harborne (1989). Este autor reconoce 13 grupos de polifenoles y los identifica según su esqueleto básico de átomos de carbono como compuestos C<sub>6</sub>, que son los fenoles simples; C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> o ácidos fenólicos; C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>, que incluye a los ácidos fenilacéticos y acetofenonas; C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>, que incluye a los ácidos hidroxicinámicos, fenilpropenos, cumarinas, isocumarinas y cromonas; C<sub>6</sub>-C<sub>4</sub> o naftoquinonas; C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> o xantonas; C<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>, que incluye a los estilbenos y antroquinonas; C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> o flavonoides; (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)<sub>2</sub> o lignanos; (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)<sub>2</sub> o biflavonoides; (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)<sub>n</sub> o ligninas; (C<sub>6</sub>)<sub>6</sub> o catecolaminas; y (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)<sub>n</sub> o flavolanos, también llamados taninos condensados.

Los compuestos fenólicos se originan de la ruta metabólica que Hrazdina (1992) llama de los compuestos aromáticos vegetales, formada de tres segmentos: el del shikimato, que produce los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptofano; el de los feilpropanoides, que produce derivados del ácido cinámico, los cuales a su vez son precursores de los flavonoides y de las ligninas y; por último, el de los flavonoides, que produce toda la diversidad de compuestos de este último grupo. De toda esta diversidad de compuestos fenólicos vegetales, los flavonoides (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>) son los que tiene la distribución más amplia dentro del reino vegetal (Markham, 1982) y son los más abundantes y diversos. De manera natural los flavonoides pueden encontrarse en dos formas, unidos a un glicósido o sin un residuo de azúcar en su molécula. Los primeros son las formas glicosadas y los segundos son las formas agliconas. En su forma de agliconas, los flavonoides poseen un anillo de benceno (anillo A) condensado con un anillo heterocíclico de seis miembros (anillo C), el cual tiene unido un anillo fenil (anillo B) como sustituyente en la posición 2.

La diversidad química de los flavonoides está dada principalmente por diferencias en el nivel de oxidación del anillo heterocíclico. Esta diversidad permite clasificar al grupo de los flavonoides en diferentes tipos. Un segundo nivel de diversidad está dado por los diferentes patrones de hidroxilación, glicosilación, metilación, metoxilación, y acilación en los anillos A y B. Esos patrones dan la estructura particular de cada compuesto dentro de cada subgrupo. La glicosilación puede ser de la forma C- o bien de la forma O-, es decir el residuo de azúcar puede estar unido directamente a un átomo de carbono perteneciente a alguno de los anillos A o B en el primer caso, o puede estar unido a un átomo de carbono por medio de un oxígeno, en el segundo.

Las principales clases de flavonoides son los siguientes:

a) Las flavonas y los flavonoles, ambos se caracterizan por presentar un doble enlace entre el C2 y el C3 del anillo heterocíclico C y difieren entre sí por la presencia de un grupo hidroxilo en la posición 3 en los segundos. Las flavonas y los flavonoles son los flavonoides más comunes en el reino vegetal, lo que se pone de manifiesto con los continuos reportes sobre una nueva flavona o un nuevo flavonol presente en una especie dada (Imperato, 1996; Manguro y cols., 1996; Choi y cols., 1996; Fukai y cols., 1996; Markham y Campos, 1996). b) Los flavanoides, que agrupan cinco tipos diferentes de compuestos: las flavanonas, también llamadas dihidroflavonas; los dihidroflavonoles, también llamados flavanonoles o 3-hidroxi-flavanonas; las dihidrochalconas; los flavanos; y los flavanoles. En conjunto estos cinco tipos de flavanoides también reciben el nombre de dihidroflavonoides, ya que los carbonos 2 y 3 (o alfa y beta en el caso de las dihidrochalconas) de su estructura química están hidrogenados y no existe un doble enlace entre ellos.

Las flavanonas, los dihidroflavonoles y las dihidrochalconas se diferencian de los flavanos y flavonoles por la presencia de un grupo carbonilo en el anillo heterocíclico en los tres primeros y su ausencia en los dos últimos. Los flavonoides se consideran compuestos con una distribución natural dentro del reino vegetal, más limitada que las flavonas y los flavonoles. Se han encontrado en helechos y gimnospermas. Dentro de las angiospermas, Grayer (1989) considera que se encuentran principalmente en dos familias: las leguminosas y las compuestas.

Sin embargo, Bohm (1994) presenta una lista de flavonoides identificados desde 1986 hasta 1992 en la que se aprecia que más de 100 de estos compuestos han sido caracterizados en ese periodo de tiempo en una variedad muy amplia de familias de plantas. c) Las antocianinas, éstas forman el grupo más conspicuo de la familia de los flavonoides. Son sustancias coloridas que se caracterizan por carecer de un grupo carbonilo en la posición 4, presentar un grupo hidroxilo en la posición 3 y dos dobles enlaces en el anillo heterocíclico. Con excepción de algunos géneros de las Caryophyllales del orden Centrospermae, como *Beta vulgaris* (Strack y Wray, 1989), las antocianinas están presentes en todas las familias de plantas. Con esa distribución casi universal dentro del reino vegetal, las antocianinas, junto con otras sustancias de naturaleza química diferente, los carotenoides, de origen terpénico, son las responsables de dar los colores rosa, naranja, rojo, escarlata, violeta y azul de los pétalos de las flores y de los frutos.

Estas sustancias coloridas se asocian a los importantes papeles de atracción visual de polinizadores y de dispersores de semillas (Harborne, 1979). d) Los isoflavonoides, que se caracterizan por presentar una desviación del anillo fenil (B) de la posición 2 a la 3. Se

considera un grupo heterogéneo, ya que forman parte de él las isoflavonas, los isoflavanos, los isoflavanoles (todos ellos derivados de los correspondientes flavonas, flavanonas, flavanos y flavanoles) y otros con estructura más compleja como los rotenoides y los pterocarpanos, los que presentan sistemas de anillos heterocíclicos extra. A diferencia de los otros grupos revisados, éste presenta una distribución muy limitada dentro del reino vegetal. Su presencia es casi exclusiva de la subfamilia Papilionoideae de las leguminosas. En otras subfamilias de las leguminosas y en otras familias de plantas se han registrado únicamente pocas especies productoras de algún tipo de isoflavonoide (Dewick, 1994).

### LOS TERPENOS

Los terpenos, también llamados terpenoides o isoprenoides, tienen como unidad estructural fundamental al compuesto de cinco átomos de carbono llamado isopentenil pirofosfato, el que es rápidamente interconvertido a dimetilalil pirofosfato. Hasta hace poco tiempo se pensaba que la única ruta de síntesis del isopentenil pirofosfato era la ruta metabólica del ácido mevalónico, a partir de Acetil CoA; sin embargo, hace alrededor de 10 años se descubrió la ruta del metileritriol fosfato, a partir de piruvato y gliceraldehido-3-fosfato (Dudareva y cols., 2004). El nombre de isoprenoides fue dado porque éstos compuestos se descomponen a altas temperaturas y producen isopreno.

De acuerdo al número de unidades de isopreno que contengan, los terpenos se clasifican en monoterpenos, con dos unidades; en sesquiterpenos, con tres; en diterpenos, con cuatro; en triterpenos, con seis; en tetraterpenos, con ocho, y en politerpenos con más de

Dentro de cada tipo de terpenos existen compuestos muy importantes desde el punto de vista fisiológico y ecológico, pero también importantes desde el punto de vista antropocéntrico porque son sustancias con actividades biológicas muy diversas (Taiz y Zeiger, 1991; Singaas y Sharkey, 2000; Dudareva y cols., 2004). A continuación se mencionarán únicamente algunos ejemplos de cada tipo. Dentro de los monoterpenos se pueden destacar a los piretroides, con potente actividad insecticida, y a los constituyentes de los aceites esenciales y las resinas de las plantas, como el limoneno y el mentol. Las sesquiterpenlactonas, y el gopiol, un dímero, son ejemplos de sesquiterpenos. Como ejemplos de los diterpenos están el ácido abiótico y el forbol, ambos componentes abundantes en las resinas de las plantas leñosas. Las fitoecdisonas, los cardenólidos o glicósidos cardiacos y las saponinas son importantes representantes de los triterpenos, estos compuestos tienen potentes actividades biológicas sobre los animales, desde insectos hasta mamíferos.

Por último, un polímero de 1500 a 15000 unidades de isopentenil es el elemento principal del hule en especies vegetales que sintetizan esta sustancia, de las cuales la más importante es el árbol del hule, *Hevea brasiliensis*.

### LOS COMPUESTOS SECUNDARIOS NITROGENADOS

Este grupo de compuestos secundarios es químicamente muy heterogéneo. La mayoría de ellos son sintetizados en las plantas a partir de aminoácidos comunes. Pertenecen a este grupo de compuestos secundarios los alcaloides, los glicósidos cianogénicos, los glucosinolatos o glicósidos de aceite de mostaza y los aminoácidos no proteicos.

Existen muchas clases de alcaloides según el precursor biosintético del cual provienen. De acuerdo a Kutchan (1995) los principales grupos de alcaloides son los alcaloides indolmonoterpénicos, que incluye ejemplos notables como la quinina y la estricnina; los alcaloides tropano, representados por sustancias como la cocaína; los alcaloides tipo benzilisoquinolina, que dan cuenta de elementos tan importantes como la morfina; y los alcaloides tipo bisbenzilisoquinolina, grupo al que pertenece el curare.

Los glicósidos cianogénicos y los glucosinolatos en sí mismos no son compuestos tóxicos, se convierten en tales cuando los tejidos dañados de las plantas estimulan su hidrólisis para producir respectivamente ácido cianhídrico, un potente inhibidor de la respiración celular, y nitrilos, tiocianatos e isotiocianatos, sustancias pungentes y químicamente muy activas (Taiz y Zeiger, 1991).

Los aminoácidos no proteicos son sintetizados por muchas especies de plantas. Estos compuestos normalmente no forman parte estructural de las proteínas, sino que se encuentran en forma libre y pueden tener funciones duales, como material de reserva en las semillas y como sistemas de defensa contra herbívoros, sustituyendo aminoácidos protéicos y provocando alteraciones estructurales y funcionales en proteínas (Taiz y Zeiger, 1991).

#### LA DIVERSIDAD DE FUNCIONES

Ahora se sabe que los metabolitos secundarios desempeñan funciones muy diversas y fundamentales para las plantas. Su participación es a nivel fisiológico y ecológico. A nivel fisiológico participan ya sea formando parte de la estructura química de sustancias del metabolismo primario como el residuo de fitol (de

origen terpénico) de la molécula de clorofila; ya sea actuando como precursores de sustancias del metabolismo primario como algunos compuestos terpénicos a partir de los cuales se sintetizan el ácido absísico y las giberelinas (dos importantes hormonas vegetales); o bien dirigiendo ellos mismos procesos tan importantes para el desarrollo de las plantas como el transporte de auxinas. A nivel ecológico su participación contribuye a garantizar la sobrevivencia de las plantas como individuos pero también como especies y representan la base de un lenguaje químico en el cual se sustenta una parte importante del equilibrio de los ecosistemas.

La gran mayoría de metabolitos secundarios desempeñan funciones de protección. Ésta puede ser de protección contra la radiación ultravioleta (Taiz y Zeiger, 1991), contra posibles daños causados por cambios rápidos de temperatura, contra daño oxidativo (Singsaas y Sharkey, 2000) y contra el ataque de microorganismos (Ryals y cols., 1994) y de herbívoros, ya sean estos últimos insectos, reptiles, aves o mamíferos (Echeverri y cols., 1991; Almaraz-Abarca y cols., 1998; Hadacek, 2002). Muchos isoflavonoides juegan papeles de fitoalexinas y los rotenoides tienen efectos muy poderosos como insecticidas (Dewick, 1994; Williams y Harborne, 1989). Las relaciones sumamente complicadas que se establecen entre las plantas y los herbívoros, a través de los compuestos secundarios, han sido ejemplificadas por Maxwell y Jennings (1984) y por Harborne (1979). Los efectos de los compuestos secundarios sobre los herbívoros dependen en gran medida de su concentración (Almaraz-Abarca y cols., 1998) y pueden ser de disuasión (Echeverri y cols., 1991, Almaraz-Abarca y cols., 1998) o de inhibición del crecimiento de las larvas de insectos (Elliger y cols., 1980), entre otras. Más

recientemente, se ha demostrado que existe todo un lenguaje químico, basado en los compuestos secundarios, que involucra tres niveles tróficos, en el cual en parte descansa el equilibrio ecológico de los ecosistemas (Hadacek, 2002; Thaler 1999; Pare y Tumlinson, 1999).

Esto último se puede ejemplificar mencionando que el éxito reproductivo y por lo tanto la sobrevivencia como especie de algunos insectos está basada en algún tipo de compuesto secundario producido por las plantas, tal es el caso del escarabajo *Ips paraconfusus*, cuyos machos producen ipsenol e ipsdienol a partir del monoterpeno mirceno, encontrado en *Pinus ponderosa*, para atraer a las hembras (Byers, 1981), y el de las larvas destinadas a ser hembras, de la polilla tigre, quienes consumen y almacenan mientras pueden, la mayor cantidad posible de alcaloides vegetales para más tarde en su vida adulta, en la que no vuelven a alimentarse, hacer a partir de ellos feromonas atrayentes de los machos (Blackburn, 2003). Otro tipo de interacción entre tres niveles tróficos quedó documentada cuando se descubrió que el daño causado por insectos estimula la síntesis de compuestos volátiles de manera local y de manera sistémica en las plantas infestadas y que estos volátiles atraen a depredadores de los mismos herbívoros atacantes (Pare y Tumlinson, 1999).

Algunos metabolitos, particularmente compuestos con color como ciertos flavonoides y carotenoides se les asocia con otro tipo de funciones ecológicas en las plantas, como la atracción de polinizadores (Mol y cols., 1998), lo que mejora la fertilización, y como dispersores de semillas (Pichersky y Gang, 2000), lo que asegura la incursión o persistencia en un habitat dado. Desde ese punto de vista, los patrones de color en

las flores son importantes para la reproducción de las plantas porque alteraciones en esos atributos pueden tener como consecuencia la atracción de polinizadores diferentes, el aislamiento genético y la especiación (Quattrocchio y cols., 1999).

El establecimiento de muchas de las relaciones simbióticas entre plantas y microorganismos está basado en los compuestos secundarios (Bush y cols., 1997). En la fijación simbiótica de nitrógeno participan algunos tipos de flavonoides, como las flavanonas, dihidroflavonoles y dihidrochalconas que son secretadas en las áreas de rápido crecimiento de las raíces de algunas leguminosas y actúan como inductores y supresores de genes, como los de nodulación (genes nod) de bacterias simbióticas del género *Rhizobium* (Bohm, 1994).

La germinación del tubo polínico es un paso esencial para que el proceso de fertilización y por lo tanto la producción de semillas, se lleven a cabo. Recientemente se ha descubierto que los flavonoles canferol y quercetina son indispensables en especies como petunia, maíz (Mo y cols., 1992) y tabaco (Ylstra y cols., 1992) para que ese proceso ocurra. La ausencia de estos dos flavonoles causa un tipo de esterilidad masculina en esas especies.

Para compuestos como los alcaloides existe mucha información sobre los efectos farmacológicos, de hecho los alcaloides tradicionalmente han sido de interés debido a su intensa actividad fisiológica en animales y humanos, pero se sabe muy poco sobre los papeles que juegan en la fisiología y en las relaciones de las plantas con su ambiente, se sabe menos sobre cómo las plantas sintetizan alcaloides y se sabe todavía menos sobre cómo esa síntesis es regulada.

Al margen de las diferentes funciones para las que los metabolitos secundarios son importantes a las plantas y del valor que representan como compuestos útiles desde el punto de vista antropocéntrico, es importante mencionar que la composición y distribución de ciertas clases de estos compuestos ha sido investigada en grupos particulares de plantas con el fin de encontrar relaciones biológicas que contribuyan a la delimitación y la ubicación de diferentes taxa en un sistema de clasificación con resultados que permiten considerar a los perfiles de metabolitos secundarios como caracteres químicos valiosos en taxonomía (van Heerden y cols., 2003; Almaraz-Abarca y cols., 2004; Almaraz-Abarca y cols., 2006).

### CONCLUSIÓN

El descubrimiento de rutas metabólicas, de enzimas específicas y de genes involucrados en la biosíntesis de los metabolitos secundarios, así como de toda la gama de funciones fisiológicas y ecológicas en las que están involucrados han llevado a un cambio en la apreciación del metabolismo secundario, en el que se visualiza a sus productos no como errores del metabolismo primario ni como sustancias de desecho sino como productos de rutas metabólicas asociadas a las llamadas primarias, que en conjunto podrían considerarse como un solo tipo de metabolismo vegetal, por el que las plantas sintetizan sustancias fundamentales para garantizar su sobrevivencia a nivel individual y a nivel específico y que además su importancia trasciende hasta niveles de organización más complejos como los ecosistemas en los que son un elemento base para la construcción de los equilibrios naturales.

### BIBLIOGRAFÍA

- Almaraz-Abarca, N., J. A. Ávila-Reyes, J. Herrera-Corral, N. Naranjo-Jiménez, L. S. González-Valdez y R. González-Laredo (1998), "The feeding deterrent affect of a flavonol and a flavanone on the mexican bean beetle (*Epilachna varivestis* Mulsant)", *UBAMARI* 44, 33-42.
- Almaraz-Abarca, N., M. da G. Campos, J. A. Ávila-Reyes, N. Naranjo-Jiménez, J. Herrera-Corral, L. S. González-Valdez (1994), "Variability of antioxidant activity among honeybee-collected pollen of different botanical origin", *Interciencia* 29: 574-578.
- Almaraz-Abarca, N., S. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, J. A. Ávila-Reyes, J. Herrera-Corral, N. Naranjo-Jiménez (2006), "Foliar flavonoids distinguis *Pinus leiophylla* and *Pinus chihuahuana* (Coniferales: Pinaceae)", *Proceedings of the Biological Society of Washington* 119: 426-436 (in press).
- Blackburn, L. (2003), "Making pheromons from poisons", *The Journal of Experimental Biology* 206, 1770.
- Bohm, B. A. (1994), "The minor flavonoids", in J. B. Harborne (eds.), *The Flavonoids. Advances in Research since 1986*, London, Chapman & Hall, pp. 387-440.
- Bu'Lock, J. D. (1961), "Intermediary Metabolism and Antibiotic Synthesis", *Advances in Applied Microbiology* 3, 293-342.
- Bush, L. P., H. H. Wilkinson, Ch. L. Schardl (1997), "Bioprotective alkaloids of grass-fungal endophyte symbioses", *Plant Physiology* 114, 1-7.
- Byers, J. A. (1981), "Pheromone biosynthesis in the bark beetle, *Ips paraconfusus*, during feeding or exposure to vapours of host plant precursors", *Insect Biochemistry* 11, 563-569.
- Choi, Y. H., Y. H. Lim, H. Yeo, J. Kim (1996), A flavonoid diglicoside from *Lepisorus ussuriensis*, *Phytochemistry* 43, 1111-1113.
- Dewick, P. M. (1993), "Isoflavonoids", in J. B. Harborne (ed.), *The Flavonoids: Advances in Research since 1986*, London, Chapman and Hall, pp. 116-238.
- Dudareva, N., E. Pchersky, J. Gershenzon (2004), "Biochemistry of plant volatiles", *Plant Physiology* 135, 1893-1902.
- Echeverri, F., G. Cardona, F. Torres, C. Q. Pelaez, W. Quiñoes and E. Rentería (1991), "Ermanin: an insect deterrent flavonoid from *Pasiflora*

- foetida resin", *Phytochemistry* 30, 153-155.
- Elliger, C. A., B. C. Chan and A. C. Jr. Waiss (1980), "Flavonoids as larval growth inhibitors", *Naturwissenschaften* 67, 358-359.
- Fukai, T., C. B. Shen, T. Horikoshi, T. Nomura (1996), "Isoprenilated flavonoids from underground parts of *Glycyrrhiza glabra*", *Phytochemistry* 43, 1119-1124.
- Grayer, R. J. (1989), "Flavanoids", in P. M. Dey and J. B. Harborne (eds.), *Methods in Plant Biochemistry* 1, London, Academic Press, pp. 283-323.
- Hadacek, F. (2002), "Secondary metabolites as plant traits: current assessment and future perspectives", *Critical Reviews in Plant Science* 21, 273-322.
- Harborne, J. B. (1973), *Phytochemical Methods. A guide to Modern Techniques of Plant Analysis*, London, Chapman and Hall.
- Harborne, J. B. (1979), "Flavonoid pigments", in G. D. Rosenthal and G., D. Jansen (eds.), "Herbivores, their interaction with secondary plant metabolites", New York, Academic Press, pp. 620-655.
- Harborne, J. B. (1989), "General Procedures and Measurement of Total Phenolics", in P. M. Dey, J. B. Harborne (eds.), *Methods in Plant Biochemistry. Vol. 1*, London, Academic Press, pp. 1-27.
- Heller, W., G. Forkmann. (1994). "Biosynthesis of flavonoids", in J. B. Harborne (ed.), *The Flavonoids Advances in Research since 1986*, London, Chapman & Hall, pp. 499-535.
- Hrazdina, G. (1992), "Biosynthesis of flavonoids", in R. W. Hemingway, O. E. Laks (eds.) *Plant Polyphenols: Synthesis, Properties, Significance*, New York, Plenum Press, pp. 61-72.
- Jones, C. G., R. D. Firn (1991), "On the evolution of plant secondary chemical diversity", *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 33, 273-280
- Imperato, F. (1996), "Kaempferol-3-O-(5'-feruloylapioside) from *Pteridium aquilinum*", *Phytochemistry* 43, 1421-1423.
- Kutchan, T. M. (1995), "Alkaloid biosynthesis: The basis for metabolic engineering of medicinal plants", *The Plant Cell* 7, 1059-1070.
- Kutchan, T. M. (2001), "Ecological arsenal and developmental dispatcher. The paradigm of secondary metabolism", *Plant Physiology* 125: 58-60.
- Manguro, L. O., J. O. Midiwo, W. Graus (1996), "A flavonol glycoside from *Myrsine africana* leaves", *Phytochemistry* 43, 1107-1109.
- Markham, K. R. (1982), "Techniques of flavonoid identification", London, Academic Press.
- Markham, K. R., M. Campos (1996), "7- and 8-O-methylherbacitin-3-O-sophorosides from bee pollens and some structure/activity observations", *Phytochemistry* 43, 763-767.
- Maury, S., P. Geoffroy, M. Legrand (1999), "Tobacco O-methyltransferases involved in phenylpropanoid metabolism. The different caffeoyl-coenzyme A/5-hydroxyferuloyl-coenzyme A 3/5-O-methyltransferase and caffeic acid/5-hydroxyferulic acid 3/5-O-methyltransferase classes have distinct substrate specificities and expression patterns", *Plant Physiology* 121, 215-223.
- Maxwell, F. J., P. R. Jennings (1984), "Mejoramiento de plantas resistentes a insectos", México, Limusa.
- Mebs, D., W. Pogoda (2005), "Variability of alkaloids in the skin secretion of the European fire salamander (*Salamandra salamandra terrestris*)", *Toxicon* 45, 603-606.
- Mo, Y., C. Ángel, L. P. Taylor (1992), "Biochemical complementation of chalcone synthase mutants defines a role for flavonols in functional pollen", *Proceedings of the National Academy of Science* 89, 7213-7217.
- Mol, J., E. Grotewold, R. Koes (1998), "How genes paint flowers and seeds", *Trends in Plant Science* 3, 212-217.
- Pare, P. W., J. H. Tumlinson (1999), "Plant volatiles as a defense against insect herbivores", *Plant Physiology* 121, 325-331.
- Phillips, M. A., T. J. Savage, R. Croteau (1999), "Monoterpene synthases of loblolly pine (*Pinus taeda*) produce pinene isomers and enantiomers", *Archives of Biochemistry and Biophysics* 372, 197-204.
- Pichersky, E., D. R. Gang (2000), "Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective", *Trends in Plant Science* 5, 439-445.
- Quattrocchio, F., J. Wing, K. van der Woude, E. Souer, N. de Vetten, J. Mol, R. Koes, (1999), Molecular analysis of the anthocyanin2 gene of *Petunia* and its role in the evolution of flower color", *The Plant Cell* 11: 1433-1444.
- Ryals, J., S. Ukness, E. Ward (1994), "Systemic acquired-resistance", *Plant Physiology* 104, 1109-1112.
- Singsaas, E. L., T. D. Sharkey (2000), "The effects of high temperature on isoprene synthesis in oak leaves", *Plant Cell and Environment* 23, 751-757.
- Strack, D., V. Wray (1989), "The anthocyanins", in J. B. Harborne (ed.), *The Flavonoids: Advances in Research since 1986*, London, Chapman and Hall, pp. 1-22.
- Zsekers, M., C. Koncz (1998), "Biochemical and genetic analysis of brassinosteroid metabolism and function in *Arabidopsis*", *Plant Physiology and Biochemistry* 36, 145-155.
- Taiz, L., E. Zeiger (1991), *Plant Physiology*, California, Benjamin Cummings.
- Thaler, J. S. (1999), "Jasmonate-inducible plant defences cause increased parasitism of herbivores", *Nature* 399, 686-688.
- Van Heerden, F. R., B. E. van Wyk, A. M. Viljoen, P. A. Steenkamp (2003), "Phenolic variation in wild

populations of *Aspalathus linearis* (rooibos tea)", *Biochemical Systematics and Ecology* 31: 885-895.

Williams, Ch., J. B. Harborne (1989), "Isoflavonoids", in P. M. Dey, J. B. Harborne (eds.), *Methods in Plant Biochemistry. Vol. 1*, London, Academic Press, pp. 421-449.

Winkel-Shirley, B., (2001). "Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology and Biotechnology", *Plant Physiology* 126: 485-493.

Ylstra, B., T. Alisher, M. R. M. Benito, E. Stöger, A. J. van Tunen, O. Vicente, J. N. M. Mol, E. Heberle-Bors (1992), "Flavonols stimulate development, germination, and tube growth of tobacco pollen", *Plant Physiology* 100, 902-907.

# Germinación de semillas (*Agave durangensis*) a diferentes temperaturas y efecto de la fertilización en el desarrollo de las plántulas

M. C. Orea Lara Gildardo<sup>1\*</sup>, IBQ Cifuentes-Díaz de León Armando<sup>1\*</sup>, M. C. Gómez Ortiz Salomón<sup>1\*</sup>,  
Ing. Hernández Vargas Vicente<sup>1</sup>

Palabras clave: maguey, nutrición, contenedor.

## RESUMEN

Se determinó el efecto de la temperatura en la germinación de semillas de *Agave durangensis* y la respuesta a la fertilización, en calidad y desarrollo de las plántulas. Se probaron cinco temperaturas (15, 20, 25, 30 y 35 °C) en la germinación de semillas de *Agave durangensis*. En el análisis estadístico, se encontró que a 20 y 25 °C, las semillas germinan en menor tiempo (36 h); el porcentaje de germinación de los tratamientos fue de 94-96 %, a los 26 días. En el segundo experimento, se probaron siete fechas de aplicación de la solución nutritiva (Steiner, 1984), después de seis semanas de la siembra. Las plántulas mostraron respuesta a la aplicación a partir del tercer muestro (18 semanas después de la siembra), en comparación con el testigo.

## INTRODUCCIÓN

El Agave en el estado de Durango, es una planta que se ha sido utilizada durante varios años como materia prima para la elaboración de mezcal. Esta incipiente industria, aún de índole artesanal, ha sido abastecida de la extracción de poblaciones naturales. Esto provocó que se descuidara por completo su cultivo a nivel comercial y que a la fecha se tenga muy poca información acerca de la fisiología, propagación, cultivo y manejo agronómico de la planta de Agave para producirse a nivel comercial.

El naturalista sueco Carlo de Linneo en 1753, llamó a esta especie vegetal Agave, cuya palabra proviene del griego y significa "admirable o noble". Es originaria de América, específicamente de México, de donde fue introducida a otros países (Gentry, 1982). Taxonómicamente, este género se ubica dentro de la familia Agavaceae, de las 273 especies, 205 (75%) del total crecen en México, siendo 151 (55%) endémicas. (García, 1994).

Nobel, 1998, señala que aun cuando las plántulas de Agave producen una gran cantidad de semillas, cercanas a las 65,000 como es el caso de *A. deserti* las condiciones ambientales donde se desarrollan son bastante secas y en muchas ocasiones la humedad disponible permitirá solamente su germinación, pero las condiciones de sequía de las épocas calurosas no permitirán que sobrevivan al primer año. Las sequías causan pérdidas considerablemente altas de plántulas jóvenes al producir un enjutamiento y la muerte antes de la próxima temporada de lluvias, problema inexistente en plantas adultas con más agua almacenada, por lo que indica que alrededor del 1% de este Agave se propaga por semilla y el 99% por hijuelos. Ramírez, *et al*, 2000, reportan que en el caso de Agave tequilana, el porcentaje de germinación es del 4 al 6% por lo que su propagación es a través

CIIDIR-IPN, Unidad Durango.<sup>1</sup>, Sigma s/n, fracc. 20 de Noviembre II. Durango, Dgo. C.P.34220,. Tel. y Fax: 01 675 86 51041  
Becario de COFAA\*; Durango, Dgo. Gildardo222@hotmail.com; armando552@hotmail.com; salgo5@hotmail.com;  
vicehv@yahoo.com

de hijuelos.

Nobel, 1996, menciona que las plantas de Agave se adaptan favorablemente en climas templados y con suelos semidesérticos, presentando buena adaptabilidad a la escasez de agua y en suelos con bajo contenido nutrimental, aún cuando su ciclo reproductivo sea de 14 a 20 años. Chirinos, 1992, indica que el Agave es una planta que requiere suelos delgados, calizos y con bajo contenido nutrimental. Ramírez, 2003, señala que las primeras fertilizaciones a la planta de Agave se han realizado mediante las aplicaciones de sulfato de amonio, urea, superfosfato de calcio simple, superfosfato de calcio triple o mezclas cuya composición más común es la 15-15-15, 16-16-16 o la 17-17-17.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la temperatura adecuada de germinación en las semillas de Agave y época de fertilización de las plántulas.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del CIIDIR IPN, Unidad Durango, ubicadas en el Km. 5 de la Carretera Vicente Guerrero a San Pedro Alcántar, Mpio. de Vicente Guerrero, Dgo.

Como material biológico se utilizaron semillas de *Agave durangensis* colectadas en la región de La Michilía, Mpio. de SÚchil, Dgo. El experimento consistió de dos etapas: en la primera se evaluó el porcentaje y temperatura de germinación, de la semilla de Agave; la segunda fue la evaluación de diferentes fechas de aplicación de la solución nutritiva a las plántulas brotadas, para determinar la época de mayor demanda nutrimental de la plántula de Agave después de la brotación.

#### Primera etapa: Porcentaje y Temperatura de Germinación.

El 1° de septiembre del 2002, se colocaron 100 semillas de *Agave durangensis*, previamente lavadas y desinfectadas en hipoclorito de sodio al 5%. Posteriormente se colocaron en cajas Petri 100 x 15 mm, que contenían una película de papel Whatman, para la retención de humedad. En seguida fueron colocadas en estufas de germinación, a temperatura de 15, 20, 25, 30 y 35 °C cada una. Se tomaron lecturas del número de semillas germinadas diariamente, durante 26 días.

El diseño experimental utilizado para el análisis de resultados, fue un diseño completamente al azar.

#### Evaluación del efecto de la solución nutritiva en el crecimiento de las plántulas de Agave a diferentes tiempos.

Se colocaron a germinar semillas de *Agave durangensis*, a partir del 7 de febrero del 2003, previamente lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio 5%, se colocaron en una charola de aluminio de 60 x 40 cm, que contenía una película de papel Whatman húmedo y se cubrió con una película de plástico, para evitar la pérdida de humedad. La charola fue colocada en una estufa de germinación a una temperatura de 25 °C, considerada como la más apropiada de acuerdo con el primer estudio realizado sobre germinación. Transcurridas 36 horas posteriores a la siembra, se inició con la colocación de las semillas germinadas en cada cavidad plástica de las charolas. Como sustrato, se utilizó turba (PRO-MIX, PGX) para llenar cada cavidad plástica de forma cónica y de 155 mL, de la charola. Las semillas germinadas fueron colocadas en perforaciones previamente hechas en las cavidades a una profundidad de 2 a 3 cm, posteriormente se

Se cubrieron con turba y se le aplicó agua hasta saturar el sustrato. Una vez sembradas las charolas plásticas, se colocaron en el invernadero de acuerdo al tratamiento previamente designado, para mantener la humedad en las charolas se regó con agua diariamente durante 6 semanas.

Los tratamientos consistieron en cinco períodos (Tabla 1) de aplicación de la solución nutritiva (Steiner, 1984), (Tabla 2), a partir de las seis semanas después de realizada la siembra. El experimento quedó integrado por 18 charolas que contenían 90 cavidades o tubos plásticos. Para evitar daños a la raíz por exceso de nutrimentos durante el inicio de los tratamientos se diluyó la solución nutritiva con agua en una relación: 1:3, 1:1, 3:1 y 1:0 respectivamente.

Cada tratamiento quedó constituido por tres charolas, se les aplicó la solución nutritiva en diferentes fechas (cada dos semanas). Al primer tratamiento se le aplicó la concentración más baja de la solución nutritiva (1:3), durante dos semanas y el resto de los tratamientos se regó con agua. Posteriormente, a este tratamiento se incrementó la concentración de la solución nutritiva (1:1) y al segundo tratamiento se le aplicó la concentración 1:3, el resto de los tratamientos se regó con agua. Transcurridas otras dos semanas al tercer tratamiento se le aplicó la concentración más baja de la solución nutritiva (1:3), el segundo con la concentración 1:1 y al primero con la concentración 3:1, el resto de los tratamientos se continuo regando con agua. Transcurrida las dos semanas, el cuarto tratamiento es regado con la concentración más baja de la solución nutritiva (1:3), el tercero con 1:1, el segundo con 3:2 y el primero con 1:0, quedado sólo el quinto tratamiento que es regado con agua. Esta secuencia se continuó con el quinto tratamiento hasta

que recibió durante dos semanas el 100% de la concertación de la solución nutritiva (Tabla 1).

La unidad experimental, quedó integrada por una charola de 90 cavidades y cada tratamiento con tres repeticiones. Se realizaron cinco muestreos, cada uno con intervalos de cuatro semanas después de iniciada la aplicación de la solución nutritiva. Las variables que se midieron, fueron: altura de planta, diámetro de tallo, diámetro basal, número de hojas, longitud de raíz, peso seco de raíz, tallo y hoja. Para su evaluación se utilizó un diseño estadístico completamente al azar y los datos fueron analizados utilizando el algoritmo SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Porcentaje y Temperaturas de Germinación.

De acuerdo al análisis estadístico (Tabla 3), el análisis de medias, muestra que la temperatura no presentó efecto significativo en la germinación en los primeros 4 y 8 días posteriores a la siembra, estas diferencias empiezan a observarse a partir del día 12, encontrándose que la temperatura óptima de germinación de las semilla de *Agave durangensis*, fue de 20 y 25 °C. Así mismo, se observó que las plántulas derivadas de semillas germinadas a 25 °C mostraron un crecimiento más rápido que las germinadas a temperaturas mayores o menores. Figura 1. A temperatura de 35 °C las semillas de *Agave* no germinaron.

Respecto al tiempo de germinación, se encontró que a temperaturas de 25 °C, se requieren 48 horas para iniciar este proceso, en cambio a 30 °C, el proceso de germinación se inició a las 72 horas. Para las temperaturas de 20 °C, fueron necesarias 96 horas, mientras que para los 15 °C, se inició a las 134 horas. Por último se encontró que el porcentaje de

germinación para las temperaturas de 15, 20, 25 y 30 °C, fue del 94% al 96%, a los 26 días.

De acuerdo con Nobel (1996), existen diversas formas de propagación de las plantas de Agave, entre las que pueden ser apomixis, bulbillos, rizomas, hijuelos o semilla. En el caso de *Agave tequilana* Weber se observó que su forma de propagación ha sido por hijuelos, ya que por semilla el porcentaje de germinación es alrededor de un 4% a 6%. Esto no sucede para el caso de *Agave durangensis*, donde se encontró que el porcentaje de la germinación por semillas es de un 94% a 96%, mientras que su propagación por hijuelos es de 4 a 6 hijos por planta, a partir de 3 ó 4 años de edad.

#### **Evaluación del efecto de la solución nutritiva en el crecimiento de las plántulas de Agave a diferentes tiempos.**

Se observó poca respuesta en el crecimiento de las plántulas de Agave a las fechas de aplicación de la solución nutritiva (Tabla 4), durante los tres primeros muestreos, posiblemente debido a que el sustrato utilizado, Turba (PRO-MIX, PGX) contiene alrededor del 4% de nitrógeno y 0.1% de micro-nutrientes, que cubrió la demanda nutrimental de las plántulas en sus primeras etapas después de la brotación. Sin embargo, se observó un incremento en el peso seco, a partir del cuarto muestreo en comparación al testigo, Figura 2. Esta respuesta se observa para las demás variables agronómicas (altura de planta, diámetro de tallo, diámetro basal, peso seco de la raíz y número de hojas) Figura 2. Por lo tanto, se observa que la demanda nutrimental de las plántulas de Agave, se empiezan a incrementar a partir de las doce semanas después de la siembra.

Por lo que corresponde a las diferentes épocas de

aplicación de la solución nutritiva, se observó que las plántulas de Agave mostraron respuesta a partir de las doce semanas después de iniciada la aplicación de la solución nutritiva como consecuencia de los nutrimentos que el sustrato contenía; sin embargo, a partir de esta fecha se inicia una clara diferenciación en los tratamientos con aplicación de solución nutritiva respecto al testigo en cuanto al número de hojas, altura, y peso seco. Esta respuesta en cierta medida coincide con lo encontrado por Nobel, 1996, donde menciona que dado su amplio ciclo reproductivo (de 14 a 20 años) bajo condiciones naturales, el Agave demanda baja concentración nutrimental en su etapa inicial.

#### **CONCLUSIONES**

Las semillas de Agave mostraron alta respuesta a los cambios de temperatura durante el proceso de germinación.

Las temperaturas de 20 y 25 °C fueron las de mayor germinación en menor tiempo.

En las primeras etapas de desarrollo de las plántulas de Agave, el contenido nutrimental del sustrato cubre las necesidades de la plántula (12 semanas después de iniciada la aplicación de la solución nutritiva).

Las plántulas de Agave presentaron respuesta a la fertilización a partir del cuarto muestreo.

**LITERATURA**

García Mendoza, Abisai. 1994. Colección Nacional de *Agavaceae*. Primer Simposio Internacional sobre *agavaceas*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. pp 42-51.

Gentry Howard Scott 1982. The University of Arizona Press., Tucson Arizona, p.p. 433-438.

Nobel, P.S. 1996 Ecophysiology of roots of desert plants, with special emphasis on Agaves and cacti: Y

Waissel, A. Eshel, Ukafkafi (eds) Plant Roots: The Hidden Half. 2<sup>nd</sup> Edn. Marccel Dekker, New York, 823-844p.

Chirinos H.2002 Fertilización de Agave. revista Tecnoagro número 6, febrero. México, D.F.

Ramírez S. L.F.2003. Requerimiento nutrimental de la planta de Agave. Mem. 1er. Simposium Nacional de Agave, Tequila y Mezcal.marzo del 2003. Cd. Victoria Tamps.pp.85-90.

Ramirez M. R.; L.A. Parra; F.I. Armenta; J.Borodanenko y J.L. Barrera. 2000. Germinación de semillas y cultivo *in Vitro* de brotes de Agave Tequilana WEBER, Var. Azul. Inc. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Irapuato, Gto. Mex. Pp 344.

SAS Institute. 1996. SAS/STAT User's guide: statistics. Release 6.11. Cary, NC.

Steiner, A.A. 1984. The Universal Nutrient solution. Sixth Int. Congr. on Soiless Culturee. ISOSC. Proceedings. The Netherlands pp 633-649.

Tabla 1. Tratamientos para el experimento de fechas de aplicación de la solución nutritiva Steiner (1984). Inicio de la aplicación de los tratamientos a las seis semanas según corresponda.(primer tratamiento).

| Tratamiento | Semanas  |   |  |
|-------------|--|---|--|
|             | Inicio de la aplicación de la solución nutritiva | Tiempo de aplicación de la solución nutritiva | Periodo de aplicación de solución nutritiva (100%) |
| 1           | 7  | 16  | 13 - 22  |
| 2           | 9  | 14  | 15 - 22  |
| 3           | 11   | 12  | 17 - 22  |
| 4           | 13   | 10  | 19 - 22  |
| 5           | 15   | 08  | 21 - 22  |
| 6           | testigo  | Testigo                                       | testigo  |

Tabla 2. Composición química de la solución nutritiva de Steiner (1984)

| Solución Nutritiva | Cationes (meq L <sup>-1</sup> ) |                  |                  |       | Aniones (meq L <sup>-1</sup> ) |   |                 |       |
|--------------------|---------------------------------|------------------|------------------|-------|--------------------------------|---|-----------------|-------|
|                    | K <sup>+</sup>                  | CaO <sup>+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Total | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | SO <sup>-</sup> | Total |
| SNS                | 7                               | 9                | 4                | 20    | 12                             | 1   | 7               | 20    |

Tabla 3. Promedios del número de semillas de *Agave durangensis* germinadas a diferentes temperaturas.

| Temperatura en °C | Tiempo en días     |        |        |         |
|-------------------|--------------------|--------|--------|---------|
|                   | 4                  | 8      | 12     | 16      |
| 15                | 0.0 <sup>†</sup> a | 0.5 a  | 28.3 b | 82.3 c  |
| 20                | 0.0 a              | 38.0 a | 88.0 a | 97.3 a  |
| 25                | 0.3 a              | 28.0 a | 84.0 a | 94.3 ab |
| 30                | 0.3 a              | 27.5 a | 75.5 a | 86.5 bc |
| 35                | 0.0 a              | 0.0 a  | 0.0 b  | 0.0 d   |

<sup>†</sup>Letras diferentes son estadísticamente significativas (Tukey 0.05)

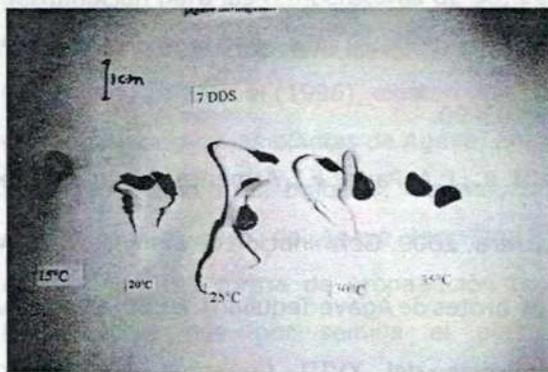


Figura 1. Desarrollo de las plántulas de *Agave durangensis* a diferentes temperaturas, después de 7 días de sembradas.

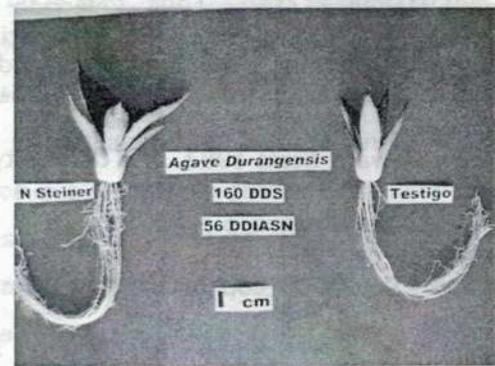


Figura 2. Desarrollo de plántulas de *Agave*, después de 12 semanas de iniciada la aplicación de la solución nutritiva

Tabla 4. Efecto de la aplicación de la solución nutritiva a diferentes fechas en el crecimiento de las plántulas de *Agave*..

| SISN    | T | Altura de Plántula (cm)  | Número de hojas | Longitud de tallo (cm) | Diámetro de tallo (mm) | Diámetro Basal (mm) | Peso Seco (mg) |           |             |            |
|---------|---|--------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|---------------------|----------------|-----------|-------------|------------|
|         |   |                          |                 |                        |                        |                     | Hojas          | Tallo     | Raíz        | Total      |
| 13-22   | 1 | 3.40 <sup>†</sup><br>dec | 4.33<br>bdac    | 3.00 ba                | 4.10 a                 | 8.97 def            | 0.59<br>dc     | 0.03<br>a | 0.17<br>edf | 0.80 def   |
| 15-22   | 2 | 4.06 bdec                | 4.33<br>bdac    | 3.67 a                 | 4.27 a                 | 10.73 def           | 0.66d<br>c     | 0.03<br>a | 0.20<br>edc | 0.90<br>de |
| 17-22   | 3 | 4.83 abc                 | 5.00 bac        | 3.57 ba                | 4.80 a                 | 16.40 ab            | 1.30<br>ba     | 0.19<br>a | 0.28<br>bac | 1.76 ba    |
| 19-22   | 4 | 5.17 ab                  | 5.33 ba         | 3.50<br>ba             | 4.93 a                 | 18.10 a             | 1.46<br>ba     | 0.05<br>a | 0.33 ba     | 1.85 ba    |
| 21-22   | 5 | 5.73 a                   | 5.67 a          | 3.77 a                 | 4.97 a                 | 17.80 a             | 1.50<br>a      | 0.15<br>a | 0.35 a      | 2.00 a     |
| Testigo |   |                          |                 |                        |                        |                     |                |           |             |            |
| 13-22   | 1 | 3.26 dec                 | 3.67<br>bdc     | 2.43 ba                | 3.17 a                 | 10.16<br>def        | 0.43<br>dc     | 0.03<br>a | 0.10 gf     | 0.56 def   |
| 15-22   | 2 | 3.43 dec                 | 4.33<br>bdac    | 2.60 ba                | 2.43 a                 | 10.90 de            | 0.54<br>dc     | 0.02<br>a | 0.12 egf    | 0.68 def   |
| 17-22   | 3 | 4.16 abcd                | 4.33<br>bdac    | 2.57ba                 | 3.43 a                 | 12.00<br>bcd        | 0.73<br>c      | 0.04<br>a | 0.22<br>edc | 0.10 dc    |
| 19-22   | 4 | 4.23 abcd                | 4.67 bac        | 2.87 ba                | 2.43 a                 | 14.10 bc            | 1.11<br>b      | 0.04<br>a | 0.24<br>bdc | 1.39 bc    |
| 21-22   | 5 | 4.33 abcd                | 4.66 bac        | 3.50 ba                | 4.40 a                 | 16.10 ba            | 1.13<br>b      | 0.14<br>a | 0.27<br>bac | 1.54 ba    |
| DMS     |   | 1.64                     | 1.85            | 1.83                   | 3.84                   | 3.16                | 0.36           | 0.25      | 0.10        | 0.47       |

SDDS= Semanas iniciada la aplicación de la solución nutritiva

T = Tratamiento; T1 = Tratamiento testigo

<sup>†</sup> Valores de las columnas con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey 0.05)

# CAMBIOS REOLÓGICOS EN UNA MASA PANARIA DURANTE EL TIEMPO DE REPOSO

\*Gómez-Ortiz, Salomón, <sup>1</sup>Cifuentes-Díaz de León, Armando, <sup>1</sup>\*Orea-Lara, Gildardo CIIDIR-IPN, Unidad Dgo., \*Becario de COFAA.

## Resumen

El tiempo de reposo después del amasado es importante para obtener panes con buena miga, de buen tamaño y de excelente presentación.

Se determinaron los cambios reológicos que presentaron las masas provenientes de harinas: tenaz, semi-fuerte y suave durante seis tiempos de reposo (15, 30, 45, 60, 75, 90 min.) o primera fermentación.

A las masas de cada lote se les evaluó fuerza (W), tenacidad (P), extensibilidad (L) y la relación de P/L. La mejor respuesta reológica de las masas obtenidas de las harinas: tenaz (HC) fue a 75 min de reposo; para la semi-fuerte (HRAP) a 30 min y para la suave (HRS) 30 min.

**Palabras clave:** harina, masa, reología.

## Abstract

The rested time after kneaded is important to obtain bread with good crumb, good size and excellent presentation. The rheological changes in the doughs were determined during six rested times (15, 30, 45, 60, 75, 90 min) or first fermentation, this doughs are from tenacious, semi-strong and soft flours. Strength (W), tenacity (P), extensibility (L) and P/L relation were determined to doughs of each lot. The rested time in which the best rheological answer for doughs were obtained: 75 min for tenacious flour (HC), 30 min for semi-strong flour (HRAP) and 30 min for the soft flour (HRS).

**Index words:** rheology, dough, flour.

## Introducción

La variabilidad en calidad panadera de las harinas que se comercializan en México, causa problemas económicos a los panaderos por no poder estandarizar sus procesos.

Las pruebas más importantes para determinar la funcionalidad de harinas de trigo son las denominadas reológicas, que tienen como objetivo estudiar las propiedades físicas del gluten hidratado, formado después del amasado. Los resultados están estrechamente vinculados con parámetros de procesamiento, absorción de agua, tiempo de amasado óptimo, tiempo de reposo, fermentado, calidad de formado y producto terminado (Calaveras, 1996).

Durante el amasado la harina absorbe agua y se producen diferentes efectos que hacen posible la formación de la masa. El porcentaje de hidratación de la harina es en términos medios del 57% al 65%. Después de hidratada la harina, se forma una masa panaria fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y producir panes de textura esponjosa (Hoseney y Col., 1969).

Estas características se atribuyen a las proteínas que conforman el gluten (gliadinas y gluteninas), consideradas como estructurales.

Las gliadinas están formadas por unidades pequeñas, uniformes, unidas por enlaces disulfuros (S-S)

intramoleculares; influyen en el volumen del pan confieren elevada extensibilidad y baja elasticidad a la masa (Khan y Col., 1989; MacRitchie y Col., 1991).

Las gluteninas están formadas por cadenas lineales de polipéptidos que se encuentran unidos por enlaces disulfuro, en forma intramolecular e intermolecular; son las responsables de las propiedades elásticas de la masa, le confieren elevada elasticidad y baja extensibilidad.

La reología de las masas de harina de trigo, por varias décadas, ha sido un tópico interesante en la química de los cereales (Schofield y Col., 1932). El flujo y la deformación de las masas están reconocidos como parámetros centrales en la manufactura de productos horneables.

Dependiendo del tipo de harina utilizada se obtienen masas con distintas características plásticas pudiendo ser: tenaces, elásticas, extensibles.

Cada masa requiere de parámetros específicos a cumplir en las siguientes fases del proceso; lo que sigue del amasado es el tiempo de reposo o primera fermentación, etapa que debe controlarse dependiendo de los cambios reológicos que se presenten.

El tiempo de reposo debe establecerse para cada masa en función de la variación de los valores de W, P y L obtenidos a los diferentes tiempos. La estabilidad de las bolas de masa está directamente relacionada con el tipo de máquina utilizada, la temperatura de la masa, humedad relativa, temperatura del local e hidratación de la masa.

Si se emplea el tiempo adecuado de reposo para cada masa se presentan los efectos siguientes: mayor tolerancia de la masa, más volumen, mejor alveolado, aumento del sabor y aroma, mejora la maquinización de la masa, proporciona una corteza más fina y crujiente, la consistencia de la miga y la forma del producto es mejor.

En esta investigación, se analizaron las variaciones en los valores de W, P y L que presentan las masas provenientes de harina: tenaz semi-fuerte y suave durante seis tiempos de reposo (15, 30, 45, 60, 75, 90 min) o primera fermentación, con la finalidad de determinar los tiempos óptimos de reposo de las tres masas panarias; contribuyendo así a estandarizar la fase de reposo o primera fermentación.

#### Materiales y métodos

Harina comercial marca Celeste, Reposada alta proteína y Reposada suave, se les determinó gluten, humedad, cenizas, proteína y características reológicas.

Los análisis fisicoquímicos de las masas panarias se realizaron mediante los métodos del AACC, 2001Gluten: (38-10).

Humedad: (44-01).

Cenizas: (08-01).

Proteína: (46-10).

Pruebas reológicas: (54-30A). Las determinaciones de W, P, L y la relación de P/L de las masas panarias se realizaron en el Alveógrafo NG (Chopin) de acuerdo a las instrucciones de uso del equipo, (Faridi, 1991).

Se utilizó un diseño de experimento completamente al azar, en donde se analizaron los cambios reológicos que presentan tres masas durante seis tiempos de reposo.

Se controlaron algunas condiciones para impedir su influencia en los resultados, tales como: humedad de la harina, temperatura del local, humedad relativa, temperatura de la amasadora y tiempo de amasado.

El experimento se desarrolló en una sola etapa, los efectos o respuestas que se evaluaron son: W, P, L, y P/L.

El total de experimentos obtenidos conjuntamente con sus réplicas fue de 54, (Cuadro 1). Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza, a un nivel de significancia de  $p=0.05$  y comparación de medias por la prueba de Tukey. Se utilizó el paquete estadístico SAS, Versión 9.0 (SAS Institute Inc., 2004).

### Resultados

Los datos obtenidos del análisis fisicoquímico de las harinas, se indican en el Cuadro 1. Con base en los datos de cenizas (Cuadro 1) se puede decir que la harina HC es de alta extracción, aproximadamente 74%; la HRAP de 69% y la HRS de 65%, según la escala de Mohs. Considerando la cantidad de gluten y proteína la HC es tenaz ( $P>60$  mm) y de baja extensibilidad ( $L<70$  mm); la HRAP es tenaz ( $P>60$  mm), de buena extensibilidad ( $L>90$  mm), con relación de  $P/L=1$ , por lo que se considera de buena calidad panadera y la HRS es ligeramente tenaz y de débil extensibilidad (Cuadro 3).

Con base en lo anterior, puede decirse que la HRAP y HRS son harinas panificables, para la elaboración de diferentes tipos de productos.

### Pruebas reológicas

Los resultados de los efectos reológicos que presentan las masas a los diferentes tiempos de reposo se

muestran en el Cuadro 2 y 3.

### Análisis estadístico.

Del análisis de los datos de HC y con base en los valores  $F$  y  $p=0.05$ , se puede afirmar que hay diferencias significativas.

Aplicando la prueba de Tukey se observa que hay diferencia significativa en los valores de las medias obteniendo el valor más alto para W a los 75 min de reposo y el menor a los 15 min (Cuadro 3, Figura 1). Para valores de P, aunque tienden a disminuir sus medias no son estadísticamente diferentes en el intervalo de tiempo de 15 a 90 min (Cuadro 3; Figura 2).

Los valores de L tienden a aumentar al incrementarse el tiempo de reposo, sin embargo sus medias son estadísticamente iguales (Cuadro 3; Figura 3). Aunque no existe variación significativa en P y L, la relación de equilibrio de la masa se mejora durante el tiempo de reposo (Cuadro 3; Figura 4).

Los efectos que se presentan en la reología de la masa proveniente de HC durante los tiempo de reposo pueden deberse a que este tipo de masas requieren de mayor cantidad de agua y tiempos mayores de reposo y probablemente a un desequilibrio en las proteínas, gliadinas y gluteninas siendo mayor las gluteninas.

Considerando los valores de W, P y L, la harina HC es medio fuerte, muy tenaz, de baja extensibilidad (Figuras 1, 2, 3), su uso en panadería queda restringido, ya que tiene que ser mezclada con harinas suaves de elevada extensibilidad (115 mm).

En el caso de utilizar harinas con las características antes mencionadas en la elaboración de pan tipo bizcocho, deben dejarse reposar después del amasado 75 min, tiempo en el cual adquieren sus mejores características panaderas, lo anterior coincide con lo reportado por Calaveras, 1996 y Quaglia, 1991.

Con base en los valores de F y p se puede afirmar que existe diferencia significativa en las propiedades reológicas de la masa (HRAP) debido al efecto del tiempo de reposo (Cuadro 3).

Considerando los datos de W, la HRAP es una harina fuerte, sus características panaderas se mejoran durante el tiempo de reposo, el valor más alto de W se obtiene a los 30 min de reposo y para L a los 60 min. Analizando los valores de las medias se observa que las correspondientes a W en los tiempos de reposo de 30 a 60 min. no son significativas, de manera similar sucede con L.

Si se consideran costos de producción, se recomienda dejar reposar la masa 30 min. cuando esta sea utilizada para elaborar pan tipo bizcocho; para panes planos o productos que no requieran de tiempos prolongados de fermentación, la masa debe dejarse reposar durante 60 min. (Figuras 1, 2, 3 y 4).

Al analizar los valores de equilibrio P/L el tiempo de reposo que mejor resultado dio, se ubica a los 30 min. (Cuadro 3; Figura 4).

Con base en los valores de F y p se puede afirmar que existe diferencia significativa en las propiedades reológicas de la masa (HRS) debido al efecto del tiempo de reposo (Cuadro 3; Figuras 1, 2, 3, 4).

Considerando los datos de W, la HRS es harina débil y suave, sus características panaderas se mejoran

durante el tiempo de reposo, el valor más alto de W se obtiene a los 90 min. de reposo y para L a los 75 min. (Figuras 1 y 2). Analizando los valores de las medias se observa que las correspondiente a W en los tiempos de reposo de 75 a 90 min. no son significativas de manera similar sucede con L (Cuadro 3).

La relación de equilibrio (P/L) para masas suaves disminuye, mejorando así la calidad panadera de la masa (Cuadro 3, Figura 4).

### Conclusiones

El tiempo de reposo influye significativamente en el comportamiento de las propiedades reológicas de las masas provenientes de HC, HRAP y HRS.

Ninguna masa para pan debe utilizarse antes de que tenga 15 min de reposo.

En masas tenaces, cuando el tiempo de reposo es menor de 15 min, se presentan efectos negativos en el producto terminado.

La alta tenacidad y baja extensibilidad de una masa pueden mejorar en el tiempo de reposo. Las masas con  $P > 60$  y  $L < 80$  mm y relación de  $P/L > 1$  deben dejarse reposar hasta lograr tener cuando menos una  $P = 70$  mm,  $L > 90$  mm y  $P/L = 0.7 - 1.0$ .

Para productos fermentados de alto volumen las masas deben reposar el tiempo necesario para lograr tener valores de  $P = 60 - 90$  mm,  $L = 90 - 120$  mm,  $P/L = 0.7 - 1.0$ .

Tiempos de reposo más adecuados para harinas que tengan características reológicas similares a: HC, 75 mm; para HRAP 30 mm y para HRS 30 mm.

Cuadro 1. Análisis fisicoquímico de las harinas utilizadas.

| Determinación (%)   | HC           | HRAP         | HRS          |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|
| Gluten*             | 9.77 ± 0.05  | 10.88 ± 0.04 | 10.49 ± 0.05 |
| Humedad             | 11.00 ± 0.01 | 11.75 ± 0.01 | 11.20 ± 0.01 |
| Cenizas*            | 0.66 ± 0.01  | 0.55 ± 0.01  | 0.50 ± 0.01  |
| Proteína (f = 5.7)* | 10.61 ± 0.02 | 11.91 ± 0.02 | 11.33 ± 0.02 |

HC (harina Celeste); HRAP (harina Reposada alta proteína), HRS (harina Reposada suave); \*Base seca

Cuadro 2. Resultados de las pruebas reológicas.

| Harinas | Tiempo (min)       |                     |                    |                    |                    |                     |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |   |     |    |   |   |     |
|---------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|-----|----|---|---|-----|
|         | 15                 |                     |                    |                    | 30                 |                     |                    |                    | 45                 |                    |                    |                    | 60                 |                    |                    |                    | 75                 |                    |   |     | 90 |   |   |     |
|         | W                  | P                   | L                  | P/L                | W                  | P                   | L                  | P/L                | W                  | P                  | L                  | P/L                | W                  | P                  | L                  | P/L                | W                  | P                  | L | P/L | W  | P | L | P/L |
| HC      | 196, 120, 49, 2.45 | 191, 111, 49, 2.27  | 214, 118, 53, 2.23 | 200, 107, 52, 2.06 | 231, 110, 62, 1.77 | 231, 125, 50, 2.50  | 195, 142, 41, 3.46 | 207, 133, 42, 3.17 | 246, 140, 48, 2.92 | 223, 130, 46, 2.83 | 239, 126, 52, 2.42 | 249, 141, 48, 2.94 | 216, 147, 40, 3.68 | 218, 141, 42, 3.36 | 232, 126, 52, 2.42 | 187, 121, 43, 2.81 | 270, 148, 53, 2.79 | 220, 109, 58, 1.88 |   |     |    |   |   |     |
|         | 238, 101, 63, 1.60 | 366, 103, 102, 1.01 | 336, 102, 94, 1.09 | 322, 79, 111, 0.71 | 319, 78, 122, 0.64 | 294, 74, 114, 0.65  | 224, 105, 61, 1.72 | 353, 107, 96, 1.11 | 306, 76, 119, 0.64 | 303, 79, 112, 0.71 | 327, 91, 101, 0.90 | 322, 87, 106, 0.82 | 262, 83, 92, 0.90  | 293, 83, 106, 0.78 | 322, 95, 100, 0.95 | 312, 87, 106, 0.82 | 320, 92, 99, 0.93  | 305, 86, 98, 0.88  |   |     |    |   |   |     |
|         | 189, 80, 77, 1.04  | 212, 74, 96, 0.77   | 210, 68, 103, 0.66 | 205, 68, 98, 0.69  | 209, 63, 113, 0.56 | 214, 109, 109, 0.60 | 199, 82, 76, 1.08  | 201, 76, 82, 0.93  | 211, 73, 96, 0.76  | 201, 71, 87, 0.82  | 213, 66, 104, 0.63 | 220, 66, 108, 0.61 | 194, 81, 77, 1.05  | 207, 75, 89, 0.84  | 211, 71, 100, 0.71 | 203, 70, 88, 0.80  | 211, 65, 109, 0.60 | 217, 66, 109, 0.61 |   |     |    |   |   |     |

HC (Harina Celesta), HRAP (Harina Reposada Alta Proteína), HRS (Harina Reposada Suave)

Cuadro 3. Comparación de medias de las respuestas reológicas de la masa panaria.

| Tratamientos |              | Variables             |         |          |                   |
|--------------|--------------|-----------------------|---------|----------|-------------------|
|              | Tiempo (min) | W ( $10^{-4}$ Julios) | P (mm)  | L (mm)   | P/L               |
| HC           | 15           | 202.33b               | 136.33a | 43.33a   | 3.20 <sup>a</sup> |
|              | 30           | 205.30ab              | 128.33a | 44.30a   | 2.93 <sup>a</sup> |
|              | 45           | 230.67ab              | 128.00a | 47.00a   | 2.57 <sup>a</sup> |
|              | 60           | 203.33ab              | 119.33a | 51.00a   | 2.52 <sup>a</sup> |
|              | 75           | 246.67a               | 128.00a | 55.67a   | 2.44 <sup>a</sup> |
|              | 90           | 233.33ab              | 125.00a | 52.00a   | 2.33 <sup>a</sup> |
|              | DMS          | 44.12                 | 40.77   | 12.62    | 1.43              |
|              | HRAP         | 15                    | 241.33b | 96.33a   | 72.00b            |
| 30           |              | 337.33a               | 97.67a  | 101.33ab | 0.97ab            |
| 45           |              | 312.33a               | 81.67a  | 104.33a  | 0.89ab            |
| 60           |              | 321.33a               | 91.00a  | 109.67a  | 0.75b             |
| 75           |              | 322.00a               | 87.00a  | 107.33a  | 0.82ab            |
| 90           |              | 307.00a               | 82.33a  | 106.00a  | 0.78ab            |
| DMS.         |              | 55.07                 | 27.84   | 30.32    | 0.63              |
| HRS          |              | 15                    | 194.00c | 81.00a   | 76.67c            |
|              | 30           | 206.67b               | 75.00b  | 89.00b   | 0.85b             |
|              | 45           | 210.67ab              | 70.67c  | 99.67ab  | 0.71bc            |
|              | 60           | 203.00bc              | 69.67cd | 91.00b   | 0.77b             |
|              | 75           | 211.00ab              | 64.67e  | 108.67a  | 0.60c             |
|              | 90           | 217.00a               | 65.67de | 108.67a  | 0.61c             |
|              | DMS          | 9.54                  | 4.09    | 12.23    | 0.14              |

Promedios con la misma letra, no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

HC (harina Celeste), HRAP (harina Reposada alta proteína), HRS (harina Reposada suave)

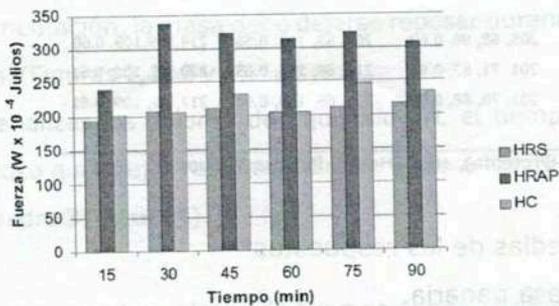


Figura 1. Efecto del tiempo de reposo en W.

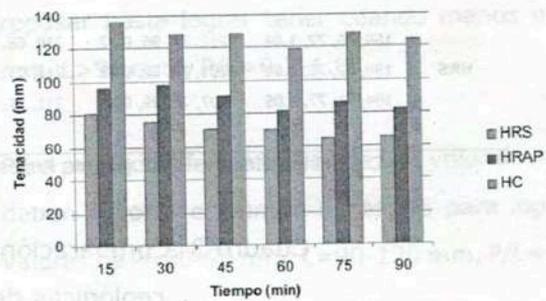


Figura 2. Efecto del tiempo de reposo en P.

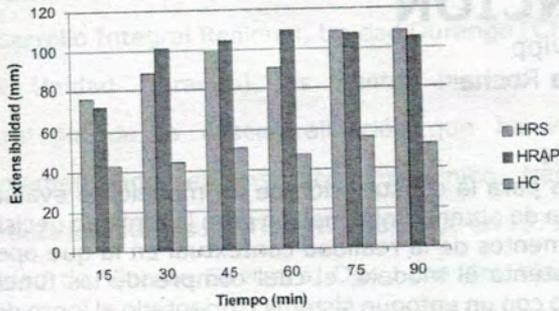


Figura 3. Efecto del tiempo de reposo en L.

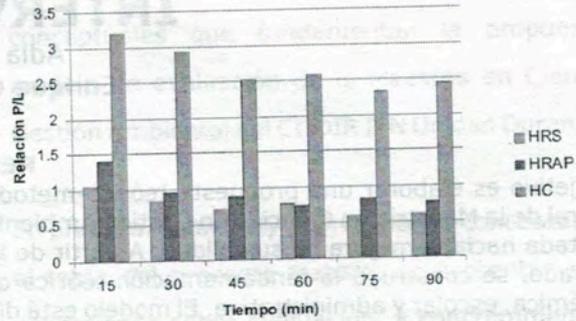


Figura 4. Efecto del tiempo de reposo en P/L.

# PROPUESTA DE UN MODELO EVALUATIVO DE INTERVENCIÓN

Adla Jaik Dipp  
Enrique Ortega Rocha

## RESUMEN

El objetivo es elaborar una propuesta teórico-metodológica para la construcción de un modelo de evaluación integral de la Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, a fin de obtener información para la toma de decisiones orientada hacia la mejora de su calidad. A partir de los elementos de la realidad contextual en la que opera el posgrado, se construyó la fundamentación teórica que sustenta el modelo, el cual comprende las funciones académica, escolar y administrativa. El modelo está diseñado con un enfoque sistémico orientado al logro de una evaluación integral; se considera que es un producto que dará paso a la creación de una cultura de evaluación, y permitirá alcanzar mayores niveles de calidad en los procesos educativos de la institución.

## Justificación

Hoy en día las instituciones educativas, al igual que las comerciales e industriales, se encuentran inmersas en mercados en los que la competitividad es un factor determinante de su desarrollo y supervivencia; la eficiencia y la efectividad son parámetros a observar de manera constante como partes indicativas de la calidad de los productos y servicios que se intercambian. Esto implica a su vez una obligada y necesaria evaluación de componentes y sistemas de organizaciones que estructuran la moderna economía, de aquí que la relevancia de los procesos y modelos evaluativos es determinante.

La concreción de un proyecto educativo transcurre por diferentes etapas que se inician con la planeación, en ella se enmarca la visión de lo que se desea lograr y las formas alternas mediante las cuales se puede obtener el objetivo que se persigue, contraparte fundamental de esta etapa es la evaluación, la que en términos generales permite la contrastación entre lo planeado y lo obtenido, a fin de retroalimentar el proceso mejorándolo continuamente. En el caso concreto del Programa de Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental del CIIDIR IPN Unidad Durango, se hace necesario que el sistema funcional que sustenta su operación sea evaluado, a efecto de precisar la eficacia y eficiencia con que se éste se desempeña en relación a criterios de evaluación preestablecidos.

De lo anterior, puede derivarse que es importante conocer cómo se desempeñan las funciones sustantivas del posgrado, es decir la académica, la escolar y la administrativa. De la primera, se evaluará el curriculum y el desempeño docente; de la segunda el proceso de aprendizaje; igualmente será importante valorar el proceso administrativo de la función administrativa.

La obtención de juicios de valor en relación al desempeño de los rubros indicados, permitirá la elaboración de estrategias específicas, orientadas a subsanar deficiencias en el funcionamiento, dando lugar así a un proceso sistémico de mejoría de todos estos factores, tendiente a elevar el grado de competencia del posgrado.

### Marco Contextual

El Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN Unidad Durango), es Centro pionero en la estrategia de la descentralización que ha venido implementando el Instituto Politécnico Nacional durante los últimos 25 años. Fue fundado en 1979 en la ciudad de Vicente Guerrero, Dgo., con dos objetivos sustantivos: a) realizar investigación orientada a proponer soluciones a los problemas regionales; y b) establecer cursos de graduados vinculados a las necesidades regionales en recursos humanos.

El Posgrado del CIIDIR IPN Unidad Durango surge a la vida académica en el año 2004, toda vez que las condiciones, la infraestructura física y los recursos humanos fueron suficientes, iniciando con el programa de Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental.

En lo referente a recursos humanos, se cuenta con una planta docente que asciende a un total de 25 profesores, con grado de maestría y de doctorado, entre titulares y asociados. La planta docente está constituida por personal altamente calificado que se dedica a la investigación, pero que en su mayoría carece de experiencia docente.

La construcción de esta oferta educativa y la operación del posgrado ha implicado el desarrollo de procesos de planeación, promoción, dirección y organización entre otros; sin embargo, y aún cuando se lleva a cabo una incipiente evaluación sobre el desempeño docente, formalmente no se tiene construido ni un modelo ni una cultura de evaluación integral, naturalmente no existe un departamento que lleve a cabo esta función, ni personal entrenado para ello.

### Fundamentación Teórica

En este apartado se presentan los aspectos teóricos y conceptuales que fundamentan la propuesta del modelo de evaluación de la Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental del CIIDIR IPN Unidad Durango.

En primera instancia y a fin de ubicar conceptualmente el tema del presente trabajo, se presentan diversas expresiones sobre evaluación, y concretamente de lo que es la evaluación educativa, en segundo término se expone la concepción y fundamentos teóricos del modelo de evaluación.

### Evaluación

Se revisan a continuación algunas definiciones y concepciones de diversos autores: "Una evaluación es, en cierto modo, un juicio hecho sobre un dato o conjunto de datos con relación a determinados valores de referencia. La evaluación de la educación, si se postula como un elemento útil para la política y la administración de la educación, no puede apoyarse en prejuicios o posiciones ideológicas, sino que precisa de la existencia de un análisis científico de la realidad que se enjuicia a la luz de valores explícitos de referencia. Si la evaluación implica juicio, éste debe resultar de observaciones concretas basadas en normas o valores lo más objetivos posibles." (Tiana y Santángelo, 1994).

Para Colomba y Chanes (2004) evaluar es participar en la construcción de un tipo de conocimiento axiológico, interpretando la información, estableciendo visiones no simplificadas de la realidad y facilitando la generación de una verdadera cultura evaluativa. Para estos autores, construir una cultura evaluativa implica incorporar a la evaluación como una práctica cotidiana que realizan todos y afecta a la institución en su conjunto, no ya para sancionar y controlar sino para

mejorar y potenciar el desarrollo de sus miembros.

De esta manera, la evaluación ya no puede reducirse a una práctica que realizan unos (con autoridad o poder) sobre otros. La evaluación es un proceso reflexivo, sistemático y riguroso de indagación sobre la realidad, que atiende al contexto, considera globalmente las situaciones, atiende tanto a lo explícito como lo implícito y se rige por principios de validez, participación y ética.

La opinión de Elola y Toranzos (2000) es que toda evaluación es un proceso que genera información y en este sentido siempre implica un esfuerzo sistemático de aproximación sucesiva al objeto de evaluación. Pero esta información no es casual o accesoria sino que la información que se produce a través de la evaluación genera conocimiento de carácter retroalimentador, es decir, significa o representa un incremento progresivo de conocimiento sobre el objeto evaluado.

Desde esta perspectiva la evaluación permite poner de manifiesto aspectos o procesos que de otra manera permanecen ocultos, posibilita una aproximación en una forma más precisa a la naturaleza de ciertos procesos, las formas de organización de los mismos, los efectos, las consecuencias, los elementos intervinientes, etc.

Stufflebeam y Shinkfield (1987) afirman que la evaluación supone comparar objetivos y resultados, mientras que otras exigen una conceptualización más amplia, apelando a un estudio combinado del trabajo en sí y de los valores. El Joint Comité on Standard for Educational Evaluation ha adoptado la siguiente definición: "la evaluación es el enjuiciamiento sistemático de la valía o el mérito de un objeto", esta

definición se centra en el término valor e implica que la evaluación siempre supone juicio, de acuerdo con ella si un estudio no informa de cuán buena o mala es una cosa, no se trata de una evaluación. Las normas del comité señalado recomiendan que las evaluaciones deben de cumplir cuatro condiciones principales: debe ser útil, factible, ética y exacta.

### El Modelo

El concepto del modelo que se propone es empírico-inductivo, dado que se extrae de la realidad misma que se presenta en el escenario del posgrado y que atiende a los requerimientos de conocimiento y diagnóstico de esa realidad, con el propósito de propiciar su mejora constante. Dada la naturaleza empírico-inductiva del modelo, no se dispone de una teoría que abarque o englobe todas las dimensiones señaladas, por lo que será necesario construir el modelo ubicando diversas teorías según corresponda a la naturaleza de las dimensiones a evaluar.

El modelo propuesto, considera tres funciones a evaluar (ver marco conceptual gráfico), la académica, la escolar y la administrativa, dentro de la primera se contemplan las dimensiones currículo y docencia; en la segunda el aprendizaje y en la tercera el proceso administrativo.

### Función Académica

Currículum.- Definir el currículum es algo sumamente complejo, de hecho existen múltiples definiciones al respecto, algunos lo consideran como un plan o programa de estudio, como una guía, o como una especie de crisol que engloba todos los componentes del proceso educativo. El concepto predominante es aquel que lo considera como una selección cultural, o bien como una organización selectiva de la cultura social para ser enseñada y aprendida en las escuelas,

otro enfoque lo ve como un modelo de enseñanza-aprendizaje donde se insertan los programas educativos.

Para efectos de este trabajo se considerará el currículum dentro de la tradición interpretativa, en la cual se identifica una doble dirección, por un lado, se acentúa lo cognitivo del currículum y por otro lo sociocultural; en unos casos se subraya más lo primero y en otros lo segundo, mientras que en otras situaciones se intenta el equilibrio. De hecho si hablamos de adoptar una definición estaríamos considerando la de Stenhouse (1981, p. 29, en Román y Díez, 2000, p. 151) en la que "indica que un currículum es una tentativa para comunicar los principios y rasgos esenciales de un propósito educativo, de forma tal, que permanezca abierto a discusión crítica y pueda ser trasladado efectivamente a la práctica".

Así como existen múltiples definiciones de currículum, igualmente son múltiples las teorías que lo explican, mismas que se concretan en modelos como una forma de organización que permita su aproximación a la práctica.

Los modelos curriculares más representativos, son el academicista, el tecnológico o conductista, el interpretativo cultural y el crítico social, para efectos de este trabajo, se adopta el enfoque propuesto por Stenhouse, que se ubica desde una visión humanista y reconceptualista dentro del modelo interpretativo, dado que este enfoque es el que presenta mayor congruencia con el nuevo modelo educativo del IPN.

Stenhouse considera (Román y Díez, 2000) que son los contextos educativos los que deben configurar y

remodelar el vitae, en forma tal, que el formato curricular es decisivo en los dos elementos fundamentales que se identifican en su teoría, es decir, la *innovación curricular* y la *renovación pedagógica*.

**Innovación curricular.-** Se visualiza al profesor como un investigador en el aula a partir de la reflexión sobre su propia acción, mediante la cual discute, modela y aplica el currículum convirtiéndolo en un marco de solución de problemas.

**Renovación pedagógica.-** Esta impacta de manera decisiva en los procesos de formación de los docentes como un determinante claro para mejorar la calidad de la educación, al impactar sobre las formas de enseñar y sobre las formas de evaluar de los docentes.

Una característica significativa de este enfoque es que el desarrollo curricular está centrado en procesos, en el que se incluyen conceptos, procedimientos y criterios de desarrollo, trata de diseñar procesos de aprendizaje novedosos, sugiriendo ideas y alternativas construidas a partir de ejemplos situacionales concretos.

**Docencia.-** El arribo de nuevos paradigmas educativos a mediados del siglo pasado, así como los emergentes requerimientos provocados por los fenómenos de globalización recientes, han dado origen a que en las últimas décadas se cuestione la función tradicional del docente y se han propuesto alternativas para cambiar el rol que debe desempeñar, esto ocurre en todos los niveles educativos y con las matizaciones necesarias para cada nivel.

Hoy en día la tarea del profesor debe dirigirse fundamentalmente hacia el alumno y su desarrollo personal y social, debe actuar de mediador en el proceso de aprendizaje de los alumnos, debe estimular y motivar, aportar criterios y diagnosticar situaciones de aprendizaje de cada alumno y del conjunto de la clase; debe ser especialista en recursos y medios, clarificar y aportar valores y por último debe promover y facilitar las relaciones humanas en el aula y en la escuela.

Así pues, no es fácil hoy en día caracterizar al docente, más bien debe hablarse de cualidades y competencias generales que deben poseer los buenos docentes, por lo que es fundamental la generación de procesos de formación docente orientados al desarrollo de esas competencias y habilidades, en este sentido, se hace indispensable en nuestra institución, la evaluación continua y permanente de las características docentes a efecto de establecer estrategias que aseguren un desempeño de calidad.

La fundamentación teórica en que se basa la propuesta de evaluación en relación al aspecto docente es la denominada "habilidades para la docencia" que propone Zarzar (1993) en la que se aprecian cinco elementos del desempeño docente:

1. Objetivos de aprendizaje.- Se precisan dos tipos de objetivos de aprendizaje: los de tipo informativo en los que se distinguen tres niveles de aprendizaje: conocer, comprender y manejar los contenidos; y los de tipo formativo en los que se identifican la formación intelectual, humana, social y profesional.

2. Plan de trabajo.- Se refiere tanto al desglose del programa de estudios institucional como al diseño didáctico del curso.
3. Encuadre.- Entendido como el marco dentro del cual se desarrollará el curso. Comprende los siguientes elementos: a) presentación de los participantes, b) análisis de expectativas, c) presentación del programa, d) plenario de acuerdos y de organización operativa, e) prueba de diagnóstico.
4. Diseño de actividades de aprendizaje.- Alude a los procesos mediante los cuales el docente diseña e instrumenta actividades para propiciar el aprendizaje de los contenidos.
5. Evaluación de aprendizajes.- Implica juicios de valor donde se deben de tomar en cuenta elementos objetivos y subjetivos, por lo que es recomendable el uso de diferentes mecanismos o evidencias de aprendizaje que permitan analizar en que medida se han cumplido los objetivos de aprendizaje planteados.

#### **Función escolar**

Aprendizaje.- Actualmente coexisten dos grandes paradigmas educativos, el de enfoque conductista y el de enfoque cognitivo constructivista; en este último se ubica el enfoque con el que se desarrolla la Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental.

Como es conocido, dentro del enfoque citado existen diversas corrientes, de hecho, en la práctica se ejerce una mezcla de ellas, sin embargo, para efectos del modelo se ha elegido la que se ha considerado más

representativa, que es la teoría del aprendizaje significativo de David P. Ausubel.

El concepto más importante de la teoría de Ausubel es el de aprendizaje significativo, lo describe como un proceso mediante el cual una idea expresada en forma simbólica se relaciona de manera sustancial con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del alumno (Ausubel, 1983).

Las tres condiciones que en esta teoría se consideran necesarias para el logro de aprendizajes son: que los materiales sean significativos, que se tengan los conocimientos previos necesarios y que haya disposición por aprender.

#### **Función administrativa**

Proceso administrativo.- La administración de un organismo requiere el constante ejercicio de ciertas responsabilidades directivas. A tales responsabilidades se les conoce como las etapas del proceso administrativo. Si bien varían sus designaciones, estas funciones son ampliamente reconocidas, tanto por los eruditos académicos como por los gerentes profesionales. En el presente trabajo, se empleará la terminología y definiciones de las funciones administrativas descritas por un prominente autor, Arthur G. Bedeian (De Welsch, Milton y Gordon, 1990) esencialmente en los siguientes términos:

Planeación.- Es el proceso de desarrollar objetivos

organizacionales y elegir un futuro curso de acción para

Lograrlos.

Organización.- Es el proceso mediante el cual

los empleados y sus labores se relacionan unos con los otros para cumplir los objetivos de la organización. Consiste en dividir el trabajo entre grupos e individuos y coordinar las actividades individuales del grupo.

Dirección.- Comprende dos fases:

1. *Suministrar el personal y administrar los recursos humanos*, es el proceso de asegurar que se recluten empleados competentes, se les desarrolle y se les recompense por lograr los objetivos de la empresa. Implica también el establecimiento de grato ambiente de trabajo.
2. *Guía y relación interpersonal*, es el proceso de motivar a las personas para ayudar voluntaria y armónicamente en el logro de los objetivos de la empresa.
3. *Control*.- Es el proceso de asegurar el desempeño eficiente para alcanzar los objetivos de la empresa, implica: a) establecer metas y normas, b) comparar el desempeño medido contra las metas y normas establecidas, y c) reforzar los aciertos y corregir las fallas.

#### **Reflexión Final**

Hacer posible el acercamiento de una realidad concreta a un ideal institucional implica contar con una herramienta que describa en forma precisa los elementos de esa realidad y el estado que guardan en relación al referente institucional propuesto, la aportación que hace este trabajo es la construcción de un modelo que lleva a términos conceptuales y operativos las funciones que reflejan la realidad a evaluar.

El modelo está concebido con una visión integral en el sentido de que comprende la totalidad de las funciones sustantivas que se llevan a cabo en el contexto educativo, y conceptualizado con un enfoque de sistemas que tiende al logro de un objetivo común mediante la interacción e interdependencia de las dimensiones que constituyen dicho modelo.

Se considera que la aplicación de este modelo dará paso a la creación de una cultura de evaluación, condición sustancial para alcanzar mayores niveles de calidad en los procesos educativos de la institución y que si bien el modelo está circunscrito a las condiciones contextuales del CIIDIR-IPN Unidad Durango, podría constituirse en referente de otros modelos evaluativos.

### Referencias

Ausubel D. P. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Colomba, N y Chanes, G. (2004). *Evaluación, nuevas concepciones*, Monografías. Com Recuperado el 4 de agosto de 2005de, [http://www.monografias.com/trabajos11/conce/conce\\_e.shtml](http://www.monografias.com/trabajos11/conce/conce_e.shtml)

De Welsch, Hilton & Gordon. (1990). *El proceso administrativo*. México: Prentice Hall. Recuperado el 4 de agosto de 2005 de [www.uas.mx/cursoswebct/presupuestos/lec1.htm](http://www.uas.mx/cursoswebct/presupuestos/lec1.htm)

Elola, E. & y Toranzos, L. V. (2000). *Evaluación Educativa: una aproximación conceptual*. Buenos Aires.

Román, P. M y Diez, L. E. (2000). *Aprendizaje y currículum*. Buenos Aires: Novedades educativas 6ª Ed.

Stufflebeam, A. y Shinkfield, A. (1987). *Evaluación sistemática*. Madrid: Paidós.

Tiana, A. y Santángelo, H. (1994). *Evaluación de la calidad de la educación*. *Revista Iberoamericana de la Educación*, edit. OEI.

Zarzar, Ch. C. (1993). *Habilidades Básicas para la docencia*. México: Patria S.A. de C.V.

## LINEAMIENTOS PARA LOS AUTORES

Los autores que tengan interés en publicar en la revista **VID SUPRA** del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-DGO), deberán ajustarse a los siguientes lineamientos para artículos científicos originales e inéditos. Las contribuciones quedarán dentro de las categorías siguientes:

TEMÁTICA: a) memorias científicas originales, b) publicaciones provisionales o notas iniciales, c) estudios de revisión, d) notas informativas, e) resultados de investigación o experimentales, f) de divulgación: monografía, ensayo, tesis, reflexión y crítica

### ESTRUCTURA DE ORIGINALES

1. La extensión no debe exceder las 15 cuartillas a espacio y medio, incluyendo imágenes, cuadros, gráficas, notas y bibliografía; debe presentarse en tamaño carta, con tipo arial de 11 puntos, a una columna.
2. El título debe ser descriptivo y no exceder dos renglones.
3. El resumen no debe superar las 10 líneas (renglones) de preferencia incluir un resumen en inglés
4. Las palabras clave deben ser entre 3 y 5 en español e inglés.
5. El desarrollo del tema debe organizarse en párrafos de 12 líneas (renglones) como máximo.
6. Todo trabajo debe tener conclusiones.
7. Las imágenes (con 300 dpi de resolución), los cuadros y las gráficas deben estar enumerados por orden de aparición en el cuerpo del original, además de anotarse la fuente al pie de éstos.
8. Las notas se integran sin instrucción de procesador de palabras que las incorpore como nota de pie de página o de final del texto. Se incluyen al terminar el artículo, con llamadas numéricas consecutivas que llevan únicamente la instrucción de superíndice.
9. Las citas bibliográficas que aparezcan en el texto, en la fuente de los cuadros, gráficas y esquemas y en las notas a pie de página deben ir entre paréntesis, indicando el apellido y año del autor.
10. La bibliografía debe contener únicamente las obras citadas en el texto y en los pies de página con la referencia bibliográfica, en orden alfabético y presentarse de la siguiente manera: **a) Libro:** Bolívar Meza, Rosendo, *La construcción de la alternancia política en México*, México, 2003, IPN. **Capítulos de libros:** Aguilar Villanueva, Luis, "Estudio introductorio" en *El estudio de las políticas públicas*, México, 1994, Porrúa. **Artículos de revistas:** Velásquez Uribe, María Teresa, "El envejecimiento de la población", Ciencias, núm. 75, año, UNAM, México, pp. 28-34. **Direcciones electrónicas de internet:** Si se conoce el autor o institución responsable, iniciar con ese dato, como se haría en una ficha bibliográfica, seguido del año, el URL completo y la fecha de acceso. Ejemplo: Wikipedia.org, 2006 [http://en.wikipedia.org/wiki/Domain\\_name:system](http://en.wikipedia.org/wiki/Domain_name:system), Febrero 27 de 2005. **Conferencias e Internet:** Las conferencias no publicadas y la información obtenida de Internet se citaran como nota al pie de página. **Las conferencias** que aparezcan en memorias se citarán escribiendo el apellido e iniciales del autor. Año. Título del trabajo. Congreso donde se presentó. Lugar donde se llevó a cabo el congreso. Editorial, y páginas. 11. La primera vez que aparezca una sigla o un acrónimo deberá escribirse *in extenso* con el acrónimo o siglas entre paréntesis, en lo sucesivo se utiliza solo la sigla o el acrónimo.
12. Se recomienda evitar el uso de palabras de idiomas distintos al español y de neologismos innecesarios: En caso de ser ineludible utilizar un término en lengua extranjera (en caso de no existir una traducción apropiada), se anotará una breve explicación o traducción aproximada entre paréntesis o como nota de pie de página.

### ENTREGA DE ORIGINALES

13. Los originales se podrán entregar impresos y en archivo electrónico (disquete, CD), en procesador de textos Word, o pueden enviarse por correo electrónico a la dirección [vidsupra@yahoo.com.mx](mailto:vidsupra@yahoo.com.mx)
14. Los originales deben estar acompañados de una carátula que contenga los datos del autor (nombre, grado académico, institución donde labora, domicilio teléfono, correo electrónico y fax) y de una síntesis curricular.
15. La comisión editora se reserva los derechos para la selección y publicación de los trabajos.
16. Los artículos contenidos en esta revista son de la responsabilidad exclusiva de los autores.

### PROCEDIMIENTO

17. Todos los originales que se adjunten a estos términos son sometidos a dictamen por parte de especialistas, con un estricto anonimato tanto de autores como de dictaminadores.
18. La coordinación Editorial se reserva al derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo. No se devuelven originales.
19. Cada autor principal recibirá dos ejemplares del número de la revista en que es publicado su artículo.

Toda correspondencia deberá dirigirse a: Revista **VID SUPRA**, CIIDIR-IPN-DGO. Unidad Politécnica de Integración Social, Sigma S/N, Frac. 20 de Noviembre II. Durango, Dgo. cp. 34220 Tel. y Fax (618) 8 1 4 20 91. Teléfono de red IPN 7296000 Ext. 82602.



# Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

## OBJETIVO GENERAL

Formar profesionales capacitados para resolver problemas relacionados con la conservación, evaluación, aprovechamiento y administración de los recursos naturales bajo esquemas de sustentabilidad y dentro del marco legal vigente.

## DIRIGIDO A:

Profesionistas con grado de licenciatura en áreas de ingeniería, ciencias médico -biológicas, físico-químicas y sociales.

## Plan de Estudios

| C u r s o    | Asignaturas   | 4°  |
|--------------|---|---|
| Propedéutico | Estadística básica<br>Ecología general  | Seminario IV  |
| Semestre     | Gestión ambiental I<br>Metodología de la ciencia<br>Recursos naturales<br>Seminario I     | Asignaturas<br>Optativas  |
| 1°           | Gestión ambiental II<br>Ecología cultural<br>Administración y legislación<br>Seminario II | Estadística avanzada<br>Manejo integrado de plagas<br>Prevención y control de la<br>contaminación<br>Sistemas de información<br>geográfica<br>y percepción remota<br>Taxonomía vegetal aplicada<br>Fundamentos de las ciencias<br>ambientales<br>Toxicología ambiental<br>Ecosistemas de México |
| 2°           | Gestión ambiental III<br>Optativa<br>Optativa<br>Seminario III                            |   |
| 3°           |   |   |

## CALENDARIO

|                                       |   |                          |
|---------------------------------------|---|--------------------------|
| Entrega y recepción<br>de Solicitudes | Examen diagnóstico y de<br>lengua extranjera              | Resultados               |
| 3 al 14 de Abril del 2007             | 14 al 18 de Mayo del 2007                                 | 28 de Junio del 2007     |
| Proceso de selección                  | Curso propedéutico optativo:<br>Bioestadística y Ecología | Inscripciones            |
| 17 al 21 de Abril del 2007            | 22 de Mayo al 16 de Junio del 2007                        | 3 al 7 de Julio del 2007 |
| Entrevista                            | Examen de Admisión  | Inicio de cursos         |
| 24 al 27 de Abril del 2007            | 26 de Junio del 2007                                      | 14 de Agosto del 2007    |

## INFORMES

CIIDIR IPN Unidad Durango  
Calle Sigma s/n Fracc. 20 de Noviembre II Durango, Dgo.  
Tel: 01 618 814 20 91 Fax: 01 618 8331881 e-Mail posgradogestion@ipn.mx