



Ciencia Ergo Sum

ISSN: 1405-0269

ciencia.ergosum@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma del Estado de México  
México

Hernández Moreno, Silverio

Emisiones contaminantes de materiales de construcción en el interior de los edificios. Caso de los  
tableros de yeso

Ciencia Ergo Sum, vol. 14, núm. 3, noviembre-febrero, 2007, pp. 333-338

Universidad Autónoma del Estado de México

Toluca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414311>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

# Emisiones contaminantes de materiales de construcción en el interior de los edificios.

## Caso de los tableros de yeso

Silverio Hernández Moreno\*

Recepción: 12 de febrero de 2007

Aceptación: 27 de abril de 2007

\*Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México y Colegio de Arquitectura de la Universidad de California, Los Ángeles, EUA.

Correo electrónico:  
silverhm2002@yahoo.com.mx

**Resumen.** Se presenta una evaluación de emisiones contaminantes de materiales de construcción de edificios, específicamente de materiales que se instalan en su interior y que originan problemas de salud a corto, mediano y largo plazos a los usuarios debido a las sustancias químicas que emiten. Se presenta un caso de estudio experimental en donde se evalúan los tableros de yeso que normalmente son instalados dentro de los edificios para muros divisorios y falsos plafones. Se parte de la base experimental de un espacio en el interior, en un local o cuarto con dimensiones mínimas preestablecidas que se pudieran presentar en diversos tipos de edificios. Se decidió utilizar una metodología basada en la comparación entre materiales tradicionales y alternativos (con contenido reciclado) de distinto contenido y características muy similares que pudieran arrojar resultados distintos de acuerdo con los métodos de prueba, condiciones físicas del ambiente y del equipo e instrumentos usados.

**Palabras clave:** contaminación del aire, emisiones, sustancias químicas, interior de los edificios, materiales de construcción, normas técnicas.

### Polluting Emissions of Construction Equipment in the Interior of Buildings: The Case of Gypsum Boards

**Abstract.** This report presents an evaluation of emissions building materials, specifically to indoor building materials that cause health damage to the people, at all time periods of building occupation, because these materials emit toxic chemicals to the air and to the indoor surfaces. This study presents a case study which one evaluates *Gypsum Boards* used frequently for construction of interior walls and ceilings. The experimental part of this study is based in a three-dimensional space which simulates a room of any kind of architectonic design. A technical methodology was used to compare *standard materials* among *alternative materials (of recycled content)* with different content and similar characteristics, using similar testing methods, environmental conditions and instruments and tools.

**Key words:** air pollution, emissions, toxic chemicals, indoor, building materials, technical norms.

### Introducción

En México como en el mundo el uso de materiales prefabricados en acabados de edificios es cada día mayor, específicamente los sintéticos y de compuestos especiales, sin embargo, conviene mencionar que dañan el medio ambiente durante su vida útil, es decir, desde su extracción y

procesamiento hasta su aplicación y uso. Por esta razón ha surgido la preocupación por conocer cuánto y de qué manera los materiales constructivos dañan el ambiente con el fin de dar soluciones a esta problemática. En países como Estados Unidos y Canadá se usan materiales constructivos con contenido reciclable, además se están abriendo nuevos mercados de producción de materiales derivados de

procesos de reciclamiento; asimismo se pretende reducir los desperdicios hasta un 50% en algunos rubros. Incluso se ha llegado a disminuir la contaminación en el interior de los edificios. Existe información de productos y materiales que los fabricantes publican en fichas técnicas y catálogos del producto que señalan contenido y características de los mismos, pero no especifican el contenido exacto de las sustancias químicas que pudieran afectar el medio ambiente. En México son pocos los estudios que especifican el contenido de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

El protocolo de pruebas usado en este estudio se basó en las especificaciones del SER (Special Environmental Requirements) o Requerimientos Especiales para el Medio Ambiente, sección 01350 del CIWM (Manejo Integral de Desechos del Estado de California, Comisión de Energía de California, CEC, EUA, 2001), las cuales no tienen equivalencia en México; es decir, no existen normas mexicanas para el estudio de emisiones de materiales de construcción, por lo que se decidió usar las del estado de California, una de las pocas ciudades en Estados Unidos que la tienen. La Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994 señala las emisiones a la atmósfera en relación con los contaminantes que calientan la tierra y que dañan la salud pública, pero no especifica procedimientos para saber las emisiones de contaminantes por materiales de construcción.

Estas especificaciones (de California) incluyen procedimientos de pruebas de emisiones y requerimientos para la certificación de materiales reciclados. Esta sección 01350 ha sido reeditada y revisada para usarse en proyectos de edificios en los Estados Unidos, en instituciones como la CHPS (Colaboración para el Mejoramiento de Construcción de Escuelas), quienes han publicado un manual para prácticas alternativas (Best Practices Manual, 2002).

## 1. Objetivos de estudio

Para determinar el efecto de materiales con contenido reciclado en relación con la calidad del aire en el interior del edificio, es necesario tener la información acerca de las emisiones que cada material por tipo y composición química emite; esto per-

1. El tablero de yeso es un material de construcción prefabricado que se presenta en paneles de dimensiones moduladas de 1.22 m x 2.44 m y con espesores variables. Es un material muy usado en interiores de edificios para la construcción de muros y paredes divisorias, así como para la construcción de falsos plafones.
2. Se refiere a los materiales que no son ecológicos ni sustentables y que no contienen en su fabricación materiales con contenido reciclable.
3. Nos referimos a materiales ecológicos y sustentables con cierta cantidad de contenido reciclable en su elaboración.

mitará comparar materiales constructivos tradicionales con materiales constructivos alternativos, ecológicos o sustentables (los cuales aún no se producen en México), por lo que se requieren hacer diversas pruebas químicas en el laboratorio. Este estudio se enfoca a un caso en particular en un edificio de oficinas, el material a estudiar será el tablero de yeso<sup>1</sup> usado en muros divisorios y falsos plafones. La primera etapa esta enfocada a los materiales de construcción tradicional<sup>2</sup> en una oficina. En la segunda etapa se analizan los materiales de construcción alternativos<sup>3</sup> en una oficina; para este caso el contenido reciclable en la cara de cartón es del 100%, y en el caso del yeso es del 5% del contenido reciclable.

Así tenemos como objetivos principales los siguientes:

- a) Medir las emisiones químicas de productos tradicionales y compararlos con su contraparte de materiales alternativos o sustentables.
- b) Estudiar la factibilidad de la aplicación en México de la sección 01350 como una herramienta para evaluar tanto los materiales tradicionales como los alternativos.
- c) Identificar las sustancias químicas que se desprenden de los materiales, con base en dicha sección 01350.
- d) El estudio se centra solamente en la emisión de sustancias contaminantes de los materiales en cuestión en estado normal durante su instalación y uso, en situaciones cotidianas de operación, más no en casos de incendios, lo cual sería motivo de un estudio diferente.

Estos productos ecológicos, con contenido reciclable son muy apropiados al medio ambiente, lo cual promueve la salud pública dentro de los edificios (PRC, sección 42635, EUA, 2001:122) y también con respecto a la Norma Oficial Mexicana en materia de salud: NOM-022-SSA1-1993, referente a propiciar la salud ambiental mediante el criterio de evaluar la calidad del aire en la atmósfera .

## 2. Metodología y desarrollo

El tablero de yeso que se encuentra en el mercado es un tipo de material usado con frecuencia para interiores en la construcción e instalación de muros divisorios y falsos plafones.

Respecto a los factores de emisión de sustancias químicas del material, debemos hacer la separación entre procedimientos para la determinación del cálculo para la identificación de las sustancias químicas emitidas y los tipos de concentración de dichas sustancias que se espera sean emitidas en el interior del edificio después de su construcción o instalación y en el periodo de ocupación de éste (Alevantis, L. E. *et al.* 2002: 76).

Se estudiarán las emisiones de sustancias químicas de los tableros de yeso utilizados en edificios para oficinas,

de la siguiente forma: sobre el material tradicional que encontramos comúnmente en el mercado nacional y sobre uno con contenido reciclado, que lo encontramos en el mercado extranjero, particularmente en Estados Unidos y Canadá.

La sección 01350 exige 96 h de prueba de emisiones del material dentro de un cuarto o cámara cuyas medidas se aproximan a los 30 m<sup>3</sup>. Este protocolo de medición fue diseñado para simular las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) 14 días después de la instalación o colocación en obra (estación de trabajo para oficina). Las mediciones de los factores de emisión de las sustancias químicas obtenidas al término de la prueba de 96 h, son usadas para definir y especificar las concentraciones químicas en el aire del interior del cuarto o cámara de medición. La sección 01350 enlista los límites de concentración para diversas sustancias químicas, incluyendo los niveles de exposición de emisiones de materiales *no cancerígenos* (MNC), además todas las sustancias químicas en esta lista MNC, de la sección 01350 requiere el reporte de los factores de emisión de:

- a) Cualquier emisión de sustancias químicas sobre el aire contaminado, desprendido en la prueba de 96 h, que llamaremos ESAC.
- b) Formaldehídos y el total de factores de emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) a 24, 48 y 96 h.
- c) Los 10 compuestos más abundantes medidos fuera de los niveles de los MNC o de los pertenecientes a ESAC.

Debido a que la lista de sustancias químicas referidas en la sección 01350 es muy limitada y representa solamente una pequeña fracción de lo que normalmente encontramos en ambientes de edificios *no industriales*, como es el caso de viviendas, oficinas y comercios, usamos por tanto un indicador adicional para obtener el rendimiento en la calidad del aire en el interior del edificio (CAIE), para identificar otras sustancias químicas potenciales y variaciones en las concentraciones químicas (ASTM, 1997: 577); estos indicadores incluyen:

- a) Sustancias químicas con un umbral conocido de olor.
- b) Un límite de concentración parcial para el *caprolactam*.
- c) Compuestos con cromatografía máxima excedida del 5% del área total del Cuarto de Pruebas de Emisiones (CPE).

Con base en los criterios anteriores y en los compuestos detectados durante el análisis del material, se presentará una lista de los compuestos químicos encontrados. Se enfatizó en los COV con índice de daño potencial a la salud e impactos al confort<sup>4</sup> a sus ocupantes al interior de los tipos de cuarto o local (oficinas) probados. Los factores de emisión para los COV fueron usados como una herramienta para auxiliarnos en:

- a) Un determinado compuesto químico con cromatografía excedida en un 5% del área del CPE.

b) Variación de las emisiones dependiendo de los métodos analíticos empleados.

Ningún método por sí solo puede medir todos los COV que pudieran ser de interés. En suma, el área CPE no puede ser usada para indicar los efectos reales del potencial de salud y confort en el interior.

Los factores de emisión se fueron determinando mediante pruebas de laboratorio en un cuarto o cámara que simulaba el ambiente en el interior del edificio planteado (oficina). Estos factores de emisión pueden ser usados para estimar concentraciones de VOC en construcciones tanto nuevas como renovadas (CHSC, 2005: 125). Para el presente estudio el tamaño del CPE se utilizó de 3.05 m x 3.66 m x 2.74 m (30.58 m<sup>3</sup>), con una ventilación de 0.9 cambios de aire por hora (cah). La tabla 1 resume las características y dimensiones del cuarto de simulación. El material de construcción fue evaluado (tablero de yeso), mediante la comparación de las concentraciones pronosticadas y los límites de concentraciones basados en criterios de confort y salud medio ambiental al interior de los edificios.

Esta tabla nos muestra las dimensiones del cuarto de simulación o de pruebas CPE, en donde se llevaron a cabo los ensayos correspondientes a la sección 01350 de los límites de concentración de las sustancias químicas emitidas al aire interior

Las concentraciones pueden ser estimadas para otras medidas de cuartos, locales u otro tipo de edificios, otras velocidades de ventilación u otros escenarios de aplicación de materiales, por ejemplo: los productos sintéticos para pisos, mobiliario, pinturas, selladores, recubrimientos y otros acabados arquitectónicos, inclusive materiales aparentes como el concreto, lechadas, metales y otros materiales similares.

### 3. Resultados

Este estudio se enfoca a las pruebas de emisiones según la norma técnica y el protocolo establecido, por lo que no está dentro de los objetivos analizar las resistencias mecánicas del material ni el costo, ya que eso es motivo de otros estudios. En el procedimiento sólo se evalúa el material de panel de yeso sin acabados, ya que las emisiones finales dependerían del tipo de acabado usado, por lo que se recomienda el mismo protocolo de prueba para evaluar por separado los materiales de acabados, que de hecho así lo marca la norma técnica, es decir, analizar por separado cada material para tener resultados más confiables.

4. Impacto al confort se refiere cuando un agente externo o interno afecte el interior de los edificios.

**Tabla 1.** Dimensiones usadas en el cuarto o cámara de pruebas (CPE).

Resumen de las dimensiones usadas en el cuarto o cámara de pruebas de oficina (estación de trabajo)	
<b>Dimensiones del cuarto</b>	
Longitud: 3.05 m; ancho: 3.66 m; altura: 2.74 m	
<b>Dimensiones de ventana y puerta</b>	
Puerta:	0.90 m x 2.10 m
Ventana:	1.20 m x 1.20 m
<b>Factores usados en el cálculo de la concentración de aire</b>	
Volumen del cuarto: 30.58 m <sup>3</sup> , menos un 10% para el mobiliario= 27.53 m <sup>3</sup>	
Velocidad de ventilación: 0.9 cambios de aire por hora (cah)	
<b>Superficies interiores</b>	
En pisos:	11.16 m <sup>2</sup>
En techos:	11.16 m <sup>2</sup>
En paredes:	36.76 m <sup>2</sup> - 2.72= 34.04 m <sup>2</sup>
Ventana:	1.44 m <sup>2</sup>
Puerta:	1.89 m <sup>2</sup>

**Tabla 2.** Cumplimiento con la sección 01350.

Material probado	Excedió la sección 01350	No excedió la sección 01350
Tablero de yeso	Material tradicional (yeso y cartón sin contenido reciclado)	Material alternativo (contenido reciclado de yeso de 5% y del cartón del 100%)

**Tabla 4.** Otras sustancias como metales y fibras encontrados en los rastros de las prueba de límite de concentraciones para el tablero de yeso, que no exceden la sección 01350.

Prueba sobre el tablero de yeso	Metales encontrados	Otras partículas
Prueba análisis de espectroscopia de energía dispersa	Estroncio, cobre, zirconio, zinc, manganeso, uranio, cromo, níquel, estaño, plomo y cobalto	Fibras de celulosa

**Tabla 5.** Factores de emisión en µg/m<sup>2</sup> hr de las sustancias químicas emitidas por los dos.

Sustancia química emitida	Tablero de yeso tradicional	Tablero de yeso alternativo
Acetona	35.0	0.0
Nonanal	2.7	2.1
Formal de hído	19 (excede la norma)	0.0

**Tabla 3.** Número de sustancias químicas que se excedieron en los límites de concentración y otros criterios referidos.

Material probado	Tipo de material	Límites de concentración según la sección 01350	De los NMC	De los ESAC	Valores para el umbral del olor	Límites parciales de concentración
Tablero de yeso	Tradicional	1 (Formaldehído)	0	1 (Formaldehído)	-	-
	alternativo	0	0	0	-	-

### 3.1. Tableros de yeso, sección 01350 referente a los límites de concentración

El producto o material tradicional de tablero de yeso, rebasó o excedió los límites de la sección 01350. El material alternativo o ecológico no excedió estos límites de concentración (ver tabla 2).

### 3.2. Indicadores adicionales para la CAIE

Ninguno de los productos tanto tradicional como alternativo excedió los indicadores del rendimiento adicional para la CAIE. Nota técnica:

Usando el microscopio electrónico de barrido no se detectaron esporas de moho en ninguno caso.

La tabla 3 muestra el número de sustancias químicas que se excedieron en los límites de concentración, a los NMC y ESAC, según el criterio de la norma de la sección 01350.

La tabla 4 muestra un estudio de los metales desprendidos que no rebasan y que se encuentran dentro de los límites de concentración de la sección 01350, resultados obtenidos mediante la prueba de análisis de espectroscopia de energía dispersa mediante el microscopio electrónico de barrido. Cabe señalar que no se encontraron muchas diferencias en estas sustancias entre el tablero de yeso tradicional y el de contenido reciclado o alternativo. Se dedujo que las fibras de celulosa encontradas en el material tradicional, pueden ser muestra de posible contaminación en el proceso de producción del material. Por otro lado no se encontraron rastros o partículas de esporas de moho en ninguno de los dos tipos de material (tanto en el reciclado como en el tradicional).

La tabla 5 muestra los factores de emisión en µg/m<sup>2</sup> hr a 96 hr, de las sustancias químicas desprendidas de los tableros de yeso (tradicional y alternativo).

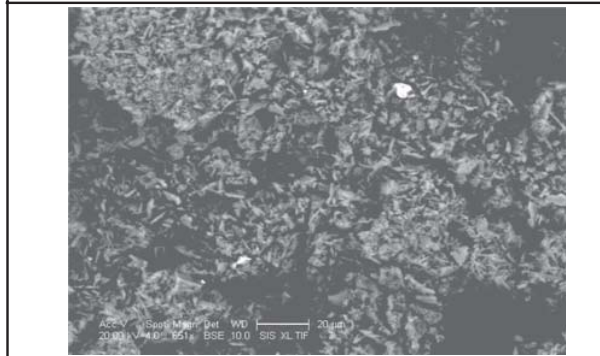
Nótese que también se emiten sustancias como acetona y nonanal, las cuales no exceden los límites de la sección 01350.

La figura 1 muestra una foto tomada con un microscopio electrónico de barrido, de una muestra del material de yeso del tablero en donde se encontraron partículas de *estroncio* (como la que brilla en la figura en la parte de arriba ligeramente a la derecha) y que aunque se presenta embebido en el material, éste no representa daño alguno, ya que no excede los límites de concentración de la sección 01350 para este tipo de partículas y sustancias químicas.

## 4. Limitaciones

No se mencionan aquí especificaciones técnicas de los productos probados (tableros de yeso) ni los fabricantes ni marcas.

**Figura 1.** Partícula de estroncio (metal) embebido en el yeso del material de estudio (punto que brilla en la parte de arriba y ligeramente a la derecha).



Los resultados no deben ser usados para fines de recomendaciones en la selección de materiales y productos de manera aislada. El estudio se centra en las emisiones de sustancias peligrosas derivadas exclusivamente de la materia prima empleada solamente del panel de yeso; la norma técnica recomienda realizar por separado la evaluación de los materiales en el caso que se requiera conocer las emisiones de los acabados del muro, para lo cual se recomienda el mismo protocolo de pruebas, de lo anterior dependerá el tipo de acabado a emplear, sin embargo también tendrá en cuenta las medidas del cuarto o cámara en donde se realicen las pruebas, asimismo las superficies de los interiores, del equipo de laboratorio usado, los métodos particulares empleados, las variaciones mismas en que algunas sustancias químicas se manifiestan las pruebas y análisis experimental empleados, de tipo de acabados en el mobiliario, ventilación, temperatura, humedad, tipo de producto, marca y origen.

### Conclusiones

El cálculo de las concentraciones de aire realizadas en el cuarto o cámara para simular una estación de trabajo (oficina) típica, con medidas estándar, derivadas de factores de emisiones como dimensiones, superficies, velocidad del viento, temperatura, humedad, etc., se realizaron en complemento con pruebas de laboratorio de concentraciones de aire y basadas en la sección 01350 del CIWM (Manejo Integral de Desechos del Estado de California, EUA, 2001), y arrojan las siguientes conclusiones:

- a) El tablero de yeso de tipo alternativo o sustentable, hecho con materiales reciclables presenta menores emisiones de contaminantes que los tableros de yeso tradicionales.
- b) El tablero de yeso tradicional emite sustancias químicas nocivas al medio ambiente y en el interior de los edificios, y particularmente excede los límites de concentra-

ción en el aire de la sección 01350 de una sustancia, el formaldehído.

c) Los fabricantes deben mejorar sus productos para minimizar las emisiones sobre todo en sustancias como: formaldehídos, naftaleno y acetaldehído.

d) Se obtienen mejores resultados si se aplican los mismos métodos de análisis para ambos productos (tableros de yeso tanto tradicional como alternativo).

e) Las pruebas deben ser analizadas por varios laboratorios calificados para encontrar mejores resultados.

f) Las pruebas pueden variar dependiendo de las condiciones físicas del entorno y químicas de los productos. Si las condiciones físicas varían bruscamente, puede haber emisiones más aceleradas respecto a las sustancias que se desprenden, por ejemplo, las condiciones donde mayor variación se pueden presentar son respecto a la humedad, seguida de la temperatura. Cabe señalar que las sustancias emitidas, seguirían siendo las mismas, por supuesto. Sólo varía el grado de emisión en  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ; por ejemplo para el caso específico del formaldehído a 24 h, se emitiría una cantidad de  $4.75 \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ , en dado caso que la temperatura, aumentara de  $22^\circ$  a  $27^\circ$ , es decir,  $5^\circ$ , los cuales ya son significativos. La emisión de estas sustancias nocivas son a mediano y largo plazo y la cantidad emitida finalmente sólo se retrasa o adelanta según las condiciones físicas del lugar, pero la cantidad al final será la misma.

g) Las emisiones de los materiales también puede variar de acuerdo con el periodo de fecha de fabricación del material o producto hasta la ejecución de las pruebas, asimismo por su empaquetado y almacenado; de ahí que para el caso de estudio, los productos se mantuvieron 10 días antes del inicio de las pruebas de 96 h. Aún así hubo pequeñas diferencias entre unos y otros productos.

h) La sección 01350 de la norma del CIWM (Manejo Integral de Desechos del Estado de California) puede ser usada también en México, para el estudio de este tipo de emisiones en materiales similares, ya que los productos están elaborados bajo las mismas normas internacionales de calidad y certificación.

i) Este estudio no aborda criterios de sustentabilidad de los materiales más que el contenido de reciclados en los materiales alternativos y las emisiones de VOC en los materiales instalados y probados; por ejemplo, este estudio no reporta emisiones generadas durante la fabricación de los materiales, ni su transporte al mercado, ni su empaquetado ni tampoco el factor de contaminación microbiano.

j) Se recomienda el uso de materiales ecológicos y de origen reciclado para disminuir las emisiones de contaminantes tanto al interior de los edificios como a la atmósfera.

- Alevantis, L. E. *et al.* (2002). *Prácticas de edificación sustentable en el estado de California*. IX Conferencia Internacional sobre Calidad de Aire y Clima al Interior de los Edificios. Monterey, California. Junio 30 a julio 5.
- Código de los Recursos Públicos (PRC) (2001). Sección 42635, EUA.
- Comisión de Energía de California (CEC) (2001). *Special Environmental Requirements, sección 01350, con especificaciones para la eficiencia de los recursos y la energía*. Publicada por el PIER (Centro Público en Investigación y Energía), California. EUA.
- Norma Oficial Mexicana NMX-C-013-1978, Paneles de yeso para muros divisorios y falsos plafones, sección de construcción, México.
- Reglamento de Seguridad y Salud de California, (CHSC) (2005). Secciones 105400 a 105430, EUA. <[www.cal-iaq.org/IAQCode.htm](http://www.cal-iaq.org/IAQCode.htm)>.
- Sociedad Americana para Pruebas de Ensayos y Materiales (ASTM) (1997). *Guía para la determinación a pequeña escala de emisiones orgánicas de materiales en ambientes al interior de los edificios*. EUA, norma D 5116-97/ ASTM.
- Fuentes en la web para consulta de paneles de yeso para construcción de edificios:
- <[www.panelcovintec.com](http://www.panelcovintec.com)>
  - <[www.yesopanamericano.com.mx](http://www.yesopanamericano.com.mx)>
  - <[www.tablaroca.com.mx](http://www.tablaroca.com.mx)>
  - <[www.plaforma.com.mx](http://www.plaforma.com.mx)>
  - <[www.panelrey.com.mx](http://www.panelrey.com.mx)>

# La Colmena

Revista de la Universidad Autónoma del Estado de México



55  
julio-septiembre  
2007



## INFORMES:

Francisco de P. Castañeda No. 105,  
Col. Universidad, Toluca, Estado de México, C.P. 50150.  
Teléfonos: (722) 2 77 38 35 y 2 77 38 36  
E-mail: [lacolmena@uaemex.mx](mailto:lacolmena@uaemex.mx)  
Página electrónica: <http://www.uaemex.mx/plin/colmena/home.html>

