

Tendencias en la Ingeniería Química

Procesos, medio ambiente y materiales

C O L E C C I Ó N

HÉCTOR OCHOA BACELIS

Textos de enseñanza de Ciencias Básicas

José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Tendencias en la Ingeniería Química

Procesos, medio ambiente y materiales

Compiladora

Angélica Silvestre López Rodríguez



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Tendencias en la Ingeniería Química: Procesos, medio ambiente y materiales / Comp. angélica Silvestre López Rodríguez . —1ª edición— Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2013

274p.: IL. — (Colección Héctor Ochoa Bacelis, textos de enseñanza de ciencias básicas)

Incluye referencias bibliográficas al final de cada tema

ISBN: 978-607-606-098-8

1. Ingeniería Química

LC. TP155 T46 2013

Primera edición, 2013

D.R. © Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Av. Universidad s/n. Zona de la Cultura

Colonia Magisterial, C.P. 86040

Villahermosa, Centro, Tabasco.

Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor

ISBN: 978-607-606-098-8

Apoyo editorial: Francisco Morales Hoil

Diagramación: Ricardo Cámara Córdova

Hecho en Villahermosa, Tabasco, México

Índice

Introducción	11
---------------------	----

Capítulo I Enseñanza de la ingeniería química

Impacto del Programa Peraj en la formación integral de estudiantes de la UJAT, Campus Chontalpa <i>Munguía Balvanera E., Villanueva Guevara M. C., Cáliz Madrigal V. I., y Díaz Flores L. L.</i>	15
---	----

Factores que influyen al bajo rendimiento del estudiante de ingeniería química <i>Pulido Téllez A. R., Cruz Cruz F., Ascencio Hernández C. O., Domínguez Pérez D. y Sandoval Caraveo M. C.</i>	23
---	----

La importancia del idioma inglés en la formación de estudiantes en ingeniería química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco <i>Ramos Ramírez, M.</i>	31
--	----

El impacto del proceso facsímil en la formación de los estudiantes de ingeniería química en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco <i>Cruz Cruz F., Domínguez Aguilar E. y Pulido Téllez A. R.</i>	41
--	----

Aplicación del método de sección no isocinético para determinar el diámetro de burbujas y de gotas en un bioreactor trifásico <i>Chávez Ávila R., Aguilar López R., Galindo Fentanes E. y Thalasso F.</i>	47
--	----

Capítulo II Ambiental

Corrosión atmosférica del zinc y su impacto en el ambiente de Cunduacán, Tabasco <i>Del Ángel Meraz E., Veleva Muleshkova L. y Arias Ramírez M. A.</i>	55
---	----

Contaminación ambiental por partículas en Villahermosa, Tabasco <i>Ramos Herrera, S., Valdez Manzanilla, A., Bautista Margulis, R., Castro M. E., Magaña Villegas E., Carrera Velueta J. M. y Barajas Hernández J.</i>	61
Evaluación de un lodo de pantano para eliminar materia orgánica <i>García Marín M. J., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Díaz Flores L. L., y Ojeda Morales M. E.</i>	69
Alternativa de tratamiento por precipitación química, en aguas residuales provenientes de laboratorios ambientales <i>lópez Vidal R., Laines Canepa J. R. y Solís Silvan R.</i>	77
Evaluación del proceso de reciclaje de una mezcla de aceites lubricantes usados en motores diesel mediante centrifugación y destilación atmosférica y a vacío <i>Sánchez Ramírez F., Sifuentes Gallardo P., Ojeda Morales M. E., Lezama García R. y López Rodríguez A. S.</i>	83
Diagnóstico de la generación de residuos peligrosos en laboratorios de la DACB-UJAT <i>Barradas Campechano P. y Morales Bautista C. M.</i>	91
Comparación de dos técnicas analíticas para determinar materia orgánica en sedimento <i>Damián Hernández D. L, Sánchez Junco R., Cerón Bretón R. M., Cerón Bretón J. G, Canedo López Y. y Ayala Aispuro V.</i>	99
Indicadores del desempeño ambiental en los procesos <i>Aguirre Esqueda E.</i>	105
Quitina obtenida a partir de cáscara de camarón y su desempeño en la remoción de cadmio de sistemas acuosos <i>Varo Argüello W. E., Ruiz Dueñas M., Castellanos Márquez M. A., Leyva Reyes N., Ramírez Barragán C. A. y Andrade Ortega J. A.</i>	111
Concentración de pb en plantas que se desarrollan cerca de una presa de jales <i>Flores Guzmán M., Rico R. M. A., Del Angel Meraz E. y Lezama García R.</i>	117
Estimación de la tasa de captura de carbono en suelos de manglar de estero pargo, en la Laguna de Términos, Campeche, México <i>Moreno G., Cerón, R. M., Cerón, J. G., Endañu E., Amador L. E. y Guerra J. J.</i>	121

Capítulo III Biotecnología

- Coagulación de aguas superficiales mediante el uso de almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*), mezclado con coagulantes convencionales 131
Solís Silvan R., Laines Canepa J. R. y López Vidal R.
- Evaluación de inoculantes preparados en diferentes tiempos en la degradación de petróleo crudo 137
Hernández Rivera M. A., Ojeda Morales M. E., Olan Acosta M. de los A. Meléndez García A. L. y Moreno Laguna K.
- Hidrólisis termoquímica de pasto gramalote (*Paspalum fasciculatum*) para la obtención de etanol carburante 143
Méndez López L. P., Obeso Granados V., Urrieta Saltijeral J.M., Caspeta Guadarrama L. y Martínez Jiménez A.
- Obtención de un biosurfactante proveniente de *Proteus sp* para suelos contaminados con petróleo 149
Hernández Rivera M. A., Ojeda Morales M. E., Sánchez de la Cruz J. C., Villegas Cornelio V. M., Moreno Laguna K. y Ángeles Padilla Á.
- Soportes sólidos inoculados con *Azospirillum* y *Azotobacter* para la formulación de un biofertilizante nitrogenado para suelos cultivados con piña (*Ananas comosus*) 153
Olán Acosta M. de los A., Córdova Bautista Y., Hernández Rivera M. A., Ojeda Morales M. E. y Rodríguez Pulido R. G.

Capítulo IV Catálisis

- Preparación de fosfuros de níquel/óxido de silicio 161
García Alamilla R., Lumbreras P. J. A., Hernández Ventura J., García P., Alonso Núñez G. y Paraguay D. F.
- Preparación hidrotérmica de TiO_2 . Efecto del ión sulfato 171
García Alamilla R., Esteban Benito H., Moctezuma E., Paraguay F., Sandoval G., Rivera Hernández L. A., Del Ángel Sánchez T. J. y García P.

Caracterización del complejo de inclusión β -Ciclodextrina
Monoclorotriazinilizada-Blanqueador óptico mediante espectrofluorimetría
en solución 179
*Ramírez Barragán C. A., Ruiz Dueñas M., Andrade Ortega J. A.
y Delgado Fornué E.*

Recubrimiento de monolitos metálicos a partir de suspensiones de fases
tamiz molecular octaédrico de manganeso para la eliminación de covs 187
*Frías Marques D. M., Ángel Meras E., Martínez L. M.,
Centeno M. A. y Montes M.*

Capítulo V Materiales

Análisis morfológico de materiales cerámicos, metálicos y poliméricos
utilizando el microscopio metalográfico Metam PB-21-1 197
*Alberto Romero S. M., Lara Hernández E., Domínguez de los Santos R.,
López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Hernández Rivera M. A.
y Díaz Flores L. L.*

Efecto de la adición de SiO_2 , en la estabilidad térmica de monolitos de
polimetilmetacrilato (PMMA) 201
*Olan Acosta M. A., Rivera Trejo F., Barajas Fernández J.,
Vázquez Rodríguez J. M., Garnica Romo M. G. y Díaz Flores L. L.*

Transferencia de esfuerzo en materiales compuestos usando tres diferentes
geometrías de análisis fotoelástico 207
*Vázquez Rodríguez J. M., Hernández Rivera M. A., Sifuentes Gallardo P.,
López Rodríguez A. S. y Díaz Flores L. L.*

Influencia de los factores poscosecha en la viscosidad del látex de hule
(*Hevea brasiliensis*) 215
*Madrigal Mendoza M., Urrieta Saltijeral J. M., Sifuentes Gallardo P.,
Obeso Granados V., López Rodríguez A. S. y Vázquez Rodríguez J. M.*

Análisis de la corrosión de vigas de concreto armado expuestas al ambiente
de Cunduacán, Tabasco 221
*Del Ángel Meraz E., García J. L., Falconi C. L.,
Frías Marques D. M. y Flores Guzmán C. M.*

Caracterización de pintura para pavimento obtenida del reciclado de pte entrecruzada con glicerol <i>Segura Arcos R., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Díaz Flores L. L., Hernández Rivera M. A., García Marín M. J. y Lunagómez Rocha M. A.</i>	227
Síntesis y caracterización de fibras de nanocompuestos estructurados de nylon 6/arcilla <i>Pérez Montiel J. C., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Díaz Flores L. L., Hernández Rivera M. A. y Falconi Calderón R.</i>	235
Obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de raquis y pseudotallo de <i>Musa cavendish</i> <i>Bolio López G. I., Valadez González A., Veleva L. y Andreeva A.</i>	241
Síntesis y caracterización de nanocompuestos magnetizables en solución de CIS-1,4-Poliisopreno/tetraóxido férrico <i>Arias Cortázar M. A., Sifuentes Gallardo P., López Rodríguez A. S., Vázquez Rodríguez J. M., Falconi Calderón R. y Hernández Rivera M. A.</i>	249
Síntesis de poli (P-fenilen tereftalamida) utilizando el proceso de policondensación en solución <i>López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Díaz Flores L. L., Hernández Rivera M. A., Lunagómez Rocha M. A. y Suárez Cerino V.</i>	257
Obtención de opalos sintéticos dopados con vanadio mediante el proceso Solgel <i>Torres de la Cruz A., Domínguez Gallegos L. J., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Pulido Téllez A. R., Hernández Rivera M. A. y Díaz Flores L.L.</i>	263
Recubrimientos conductores transparentes de SnO ₂ dopados con indio por el metodo de centrifugado <i>Madrigal Díaz S. del C., Javier Trinidad A. P., León Goquis M.E., Rodríguez Lozoya R. J., Ramírez Hernández J. C. y Díaz Flores L. L.</i>	269

Introducción

El propósito de este libro es proporcionar información tecnológica referente a los avances en diversos campos de la ingeniería química, mostrando adelantos tecnológicos de vanguardia desarrollados por investigadores del área de Ingeniería y Tecnología presentados en 5 capítulos.

Ante la globalización, la ciencia y la tecnología han innovado en todos los campos de estudio, incluyendo en el área de Ingeniería Química. Para lograr transmitir y entender estos avances, en el capítulo I se agrupan los conocimientos referentes a la enseñanza de la ingeniería química, que permiten la formación de profesionistas capaces de mantener y mejorar la calidad de esta importante área del conocimiento.

Actualmente una de las principales problemáticas es la contaminación ambiental, que incluye residuos agroindustriales, los cuales, en la mayoría de los casos son quemados o se quedan en las plantaciones sin ningún tratamiento y contribuyen de esta manera a la degradación del ecosistema. Otra problemática es la contaminación atmosférica generada por la quema de combustibles sólidos, las actividades agrícolas y la industria de la construcción. También los incendios forestales son una fuente de emisión de partículas, la contaminación de aguas residuales y la emisión de gases de efecto invernadero, lo que ha desencadenado que las temperaturas se incrementen a niveles alarmantes. Estos importantes temas son discutidos en los capítulos II de ambiental y III de biotecnología.

Los avances en catálisis son analizados en el capítulo IV, que analiza tanto procesos de catálisis como nuevos catalizadores propuestos. Actualmente se ha retomado con más énfasis el estudio, obtención y diseño de nuevos materiales compuestos de cerámicos y polímeros para las más variadas aplicaciones, las cuales van desde la agricultura, industria alimentaria, cosmética, y papel; llegando a otras tan especializadas como la farmacéutica, biomédica y remediación de los recursos naturales, todos estos tópicos son tratados en el capítulo V.

Sin duda las soluciones propuestas en cada una de las secciones de este libro para la disminución de la contaminación ambiental y el desarrollo de nuevos catalizadores y materiales, a través de la enseñanza de la ingeniería química, serán de gran utilidad para los ingenieros, profesores, investigadores y demás profesionistas relacionadas con la disciplina de la ingeniería química.

Capítulo I

Enseñanza de la ingeniería química

Impacto del Programa Peraj en la formación integral de estudiantes de la UJAT, Campus Chontalpa

Munguia Balvanera E., Villanueva Guevara M.C.,
Cálix Madrigal V. I. y Díaz Flores L. L.

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1 Col. La Esmeralda, C.P. 86690
Tel.: 01 (993) 358 1500 Ext 6758 Correo electrónico: laura.diaz@daia.ujat.mx

Introducción

La capacidad de actuar propia de los humanos y de sus órganos son las funciones, entre ellas están la cognoscitiva y afectiva. Sin embargo, la clasificación es sólo para su estudio pues están íntimamente ligadas, en palabras de Piaget (2005) quien menciona que:

“...hay que distinguir netamente entre las funciones cognitivas..., y las funciones afectivas. Distinguimos estas dos funciones porque nos parecen de naturaleza diferente, pero en el comportamiento concreto del individuo son indisociables. Es imposible encontrar comportamientos que denoten únicamente afectividad, sin elementos cognitivos, y viceversa” [1].

Este autor menciona que aún en las formas más abstractas de la inteligencia los factores afectivos intervienen; desde el estudiante que resuelve un problema de álgebra hasta el matemático que descubre un teorema.

Sólo se pasa a la acción si existe un desequilibrio momentáneo, este se traduce por una excitación afectiva que es la conciencia de una necesidad. La acción termina cuando la necesidad es satisfecha; así, el retorno al equilibrio se caracteriza entonces por un sentimiento de satisfacción. Por último, afirmamos que nunca se encuentra un estado afectivo sin elementos cognitivos, ni lo inverso.

Así el interés, interno o impuesto desde el exterior, se convierte en una necesidad. Posteriormente, la necesidad se convierte en acción, a lo largo de la acción pueden intervenir estados de placer, de decepción, de fogsidad, sentimientos de fatiga, de esfuerzo, de aburrimiento, entre otros. Pero, al final del trabajo aparecerán los sentimientos de éxito o de fracaso; y pueden agregarse sentimientos estéticos (una mayor coherencia y orden en la solución encontrada). Para lo habitual de las acciones diarias la unión entre inteligencia y afectividad es aún más evidente y siempre hay interés intrínseco o extrínseco (ver Figura 1).

Desequilibrio		Interés interno o impuesto desde el exterior		Necesidad		Acción		Equilibrio
	----->		----->		----->		----->	
Excitación afectiva		Curiosidad reto deseo ansia anhelo		Carencia aprieto urgencia privación obligación		Placer decepción fogsidad fatiga esfuerzo aburrimiento		Satisfacción éxito fracaso

Figura 1. Esquema de la evolución entre el desequilibrio hasta el equilibrio y su correspondiente afectivo

Estudio de Casos

Para los estudiantes universitarios enfrentarlos al cuidado de un niño les creó un desequilibrio, creándoles un interés (en parte voluntario y en parte impuesto) dado que ellos, aunque la participación en el programa Peraj es voluntario, no conocen el programa en toda su extensión. La excitación afectiva se dio en la mayoría de los casos (de 21 estudiantes, 2 desistieron al inicio los cuales fueron fácilmente suplantados), creándoles la necesidad de resolver el problema del “cuidado del tutorado”. Poco a poco los universitarios, en los primeros diálogos con los niños lograron una *transferencia*, es decir, lograron entablar un diálogo de modo tal que asimilaron la problemática de su tutorado, posteriormente se dio la *contratransferencia*, en donde el tutor universitario hace propuestas al tutorado, adecuando su punto de vista al nivel del niño, para mejorar su situación tanto escolar como afectiva. La *eliminación de la resistencia* por parte del tutorado fue fácilmente superada por la empatía que sintieron los niños hacia sus tutorados, esta última, la resistencia, tiende a obstaculizar el encuentro humano pleno, novedoso, creativo y mutuamente empático entre ambos estudiantes de la experiencia Peraj.

A continuación expondremos algunos casos de los reportes de los universitarios para constatar lo anteriormente dicho:

Gabriela manifiesta los problemas académicos que presenta su tutorada en relación con los conocimientos correspondientes al 5° grado.

Tutora: Gabriela. **Tutorada:** Martha

“La niña presenta algunos problemas para recordar lo estudiado y algunos detalles diarios, el tiempo que he trabajado con ellos me he dado cuenta de que también está un poco atrasada en las materias de matemáticas y español, puesto que las tablas de multiplicar ... no se las sabe y a pesar de que hemos repasado y en el momento se las aprende, en la siguiente sesión ni siquiera recuerda la tabla del dos, y es una niña de 5to grado, pero ella asegura que antes se las sabía, sólo que no sabe porque a pesar de que las repasa en su casa se le olvidan...”

Instintivamente Gabriela sabe que los problemas más que académicos son sociales y se gana la amistad de la niña manifestándolo posteriormente en su reporte: *“...a pesar de que ya existe la confianza entre las dos...”*; *“...me comentó que sentía que sus papás le daban más cariño a su hermanita que a ella... Pero en este tema me pidió discreción”*.

Deyvid muestra como en corto tiempo de trabajo con los niños se logra la transferencia-contratransferencia y eliminación de la resistencia. Él, menciona en su reporte, que con su tutorado lo logró en sólo un mes, tal y como otros tutorados lo manifestaron.

Tutor: Deyvid. **Tutorado:** José

“En el primer mes de sesiones mi tutorado no mostraba tanto interés en las actividades que se llevaban a cabo, se mantenía aislado y casi no quería platicar demostrando timidez e inseguridad. No me comentaba nada de sus problemas académicos y así mismo de sus problemas sociales...”; *“...En el segundo mes mi tutorado ya se muestra un poco más interesado en las actividades que realiza, sobre todo ya es menos difícil platicar con él, le gusta platicar de lo que sucede en la escuela y tiene un poco más de confianza...”*

Jaime por su parte, detecta la conexión que hay entre el desempeño escolar y la afectividad:

Tutor: Jaime. **Tutorado:** Rogelio

“Es un niño bastante tímido cuando algo no le sale bien o requiere de un gran esfuerzo de su parte, muestra una cara de sufrimiento y luego deja de poner atención; pero su empeño es satisfactorio, entonces empieza a confiarse un poco...”

Inclusive, los tutores detectan mecanismos de resistencia como es “la manipulación” en el caso de Galmiche:

Tutor: Galmiche **Tutorado:** Cecilia

“En el primer mes Ceci se ponía a la defensiva, y casi no me hacía caso, pero a medida que pasaban las sesiones con ellos, poco a poco me he ido involucrando con ella. Es muy inteligente, pero es un poco manipuladora...”

Sin embargo, no todo es éxito, hay casos en donde no se dio plenamente el proceso y no se logró romper la resistencia, dichos casos fueron mínimos (10% de los tutorados).

Tutora: Martha **Tutorada:** Claudia

“Desde la primeras sesiones noté que la niña es un poco tímida y callada, pensé que era porque nos estábamos conociendo, pero conforme pasaban las sesiones he notado que va más allá de eso, pues he tratado de ganarme su confianza y no lo consigo...”

Equilibrio Afectivo

Es notorio cómo todos los estudiantes universitarios detectaron la necesidad de vincular la afectividad con el funcionamiento del desarrollo cognitivo y que transfirieron dicha relación a su persona.

“A decir verdad, la mayoría de las veces, aunque estábamos muy cansados y con ganas de irnos a casa a descansar, la sola idea de saber que los niños nos esperaban con gran ilusión, nos llenaba de energía y fuerza para no faltar...”

“...Aprendimos a ser pacientes, comprensivos, responsables, dinámicos, creativos. Aprendimos a ser mejores personas y a darnos cuenta de las necesidades de los niños...”

En resumen, nunca se encuentra un estado afectivo sin elementos cognitivos, ni lo inverso. Pero entonces cabe preguntarse ¿cuáles son las relaciones entre inteligencia y afectividad? Como bien lo menciona el párrafo de los universitarios, la afectividad cumple el rol de la fuente energética de la cual dependerá el funcionamiento de la inteligencia, pero no sus estructuras, así los tutorados mencionan “...nos llenaba de energía y fuerza para no faltar...”

La afectividad es la “gasolina” que alimenta al motor que es la inteligencia, pero se entiende que la “gasolina” no modifica ni genera estructuras cognitivas ni el funcionamiento de estas. Puede decirse que la energética del comportamiento depende de la afectividad, mientras que las estructuras intelectuales proceden de las funciones cognitivas.

La importancia de la afectividad es su impacto en las acciones secundarias, que son las reacciones del sujeto a la acción primaria (simplicidad o complejidad de la tarea a realizar) y constituyen las regulaciones de la acción; la afectividad cumple el rol de aumentar o disminuir la fuerza del comportamiento y determinar dicha fuerza más allá de la acción primaria. La afectividad puede ser la causa de comportamientos e interviene sin cesar en el funcionamiento de la inteligencia. También la afectividad puede ser la causa de aceleraciones o de retrasos en el desarrollo intelectual, como lo han manifestado los tutores universitarios con sus tutorados.

El interés (afectivo) es el que conlleva a la acción. Si el niño va a resolver un problema de sumas la afectividad le facilitará el éxito de la empresa, o la hará más difícil. Pero la regla para sumar se mantiene sin modificación. Del mismo modo, el universitario resolverá problemas de adiciones más complicados en conjuntos de diferente especie, y el interés (afectivo) aparecerá para resolver dichos problemas; pero las propiedades de grupo matemático permanecen inmutables. Tanto para el niño como para el universitario, el interés y la afectividad aparecen invariantes en las diferentes etapas del desarrollo humano, lo que cambia en cada etapa son los intereses y las formas de regulación energética. A cada nivel de comportamiento

afectivo debe corresponderle un cierto tipo de estructura cognitiva y un tipo de interés. Así, la afectividad y la inteligencia se desarrollan y se transforman mutuamente en función de la organización progresiva de los comportamientos, pero no una por la otra.

El interés se define como una regulación de energías. Es la relación de la necesidad y del objeto susceptible de satisfacer esta necesidad. Y para determinar el comportamiento del sujeto hay que enfocarse en la relación entre interés y necesidad.

La necesidad proviene de un desequilibrio y su satisfacción restablece el equilibrio. Los intereses y las necesidades se van ensamblando desde la primera infancia formándose sistemas complejos que, intelectualizándose se convertirán más tarde en escala de valores. El interés, entonces, es el punto de unión entre dos sistemas distintos: el sistema de valorización y el sistema de regulaciones energéticas. La formación de la estructura de la vida afectiva tiene un ritmo: alegría y tristeza, excitación y depresión se alternan; pero las nociones de placer y dolor solo son encontradas desde el punto de vista de la valorización.

El equilibrio afectivo varía con la edad y los individuos. Es fugaz en el niño, cuyos sentimientos son muy vivos, pero también se alternan con facilidad, en cambio en el universitario los sentimientos han perdido vivacidad porque su comportamiento es más estable. Así, la intensidad de los sentimientos depende del desequilibrio.

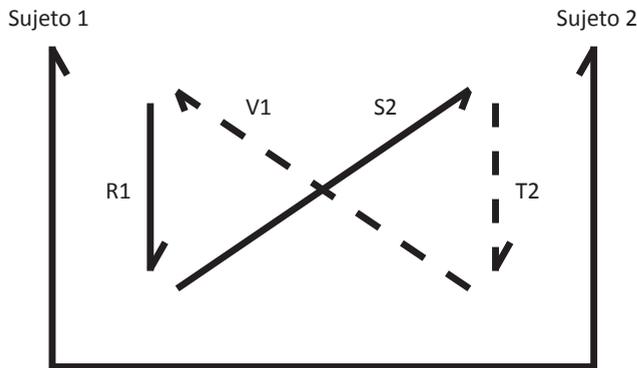


Figura 2. Diagrama de las relaciones interpersonales. R1 acción sobre Sujeto 2, S2 acción apreciada por el compañero 2, T2 deuda hacia con Sujeto 1. V1 valor positivo que se puede traducir en un sentimiento benévolo

Para que pueda existir una estable relación entre tutor-tutorado debe existir simpatía. Para entender el mecanismo de simpatía que se da entre el niño y el universitario se utiliza la Figura 2 en la cual se muestran dos valores reales (con línea continua) y dos valores virtuales (con línea punteada). El sujeto 1 (estudiante universitario) ejerce sus acciones (actos, palabras, etc. que fueron llevados a cabo en sesiones.) sobre el sujeto 2 (estudiante niño). Sea R1 esta acción, que tiene la flecha hacia abajo por representar un gasto de energía, pero que será apreciada por el niño correspondiéndole la flecha S2 como una satisfacción hacia él y que son valores reales que corresponden a los afectos perceptivos. El niño responderá con una deuda hacia el universitario y valores virtuales que se agregaran a los anteriores.

Así, la flecha T2 representa la deuda que es un reconocimiento afectivo y se vincula con V1 que es un sentimiento benévolo y una valoración sobre el sujeto 1. Cabe resaltar que por reversibilidad está figura se puede cambiar, en términos generales las relaciones en el programa Peraj se dieron de esa forma.

Las valoraciones S2 y V1 pueden producir un incremento en la autovaloración de ambos sujetos, además, la simpatía supone una correspondencia de la escala de valores de cada uno de los participantes y un intercambio en donde no debe haber déficit.

La autovaloración se da cuando el sujeto puede tener de él una mejor o peor opinión de la que tiene el otro, y esta valorización personal puede describirse con la ayuda de la Figura 2: a la acción R1 del sujeto le corresponde la satisfacción S1 que él mismo siente (complementando por reversibilidad el diagrama); además, conserva la “deuda” T1, lo que ocasiona la obligación para con el otro y para consigo mismo, de no deformarse en el sentimiento de superioridad (mayor valoración de la que le da el otro) o de inferioridad (menor valoración de la que le da el otro) el reconocimiento del compañero V1 es función de T1 (la deuda que siente hacia los otros.) Así, la autovaloración es representada por la valoración equilibrada del otro (V1) y la deuda adquirida

Conclusión

El programa Peraj fortaleció la personalidad de los universitarios y las experiencias vividas forman parte de su “programa de vida” que a la vez es fuente de disciplina para la voluntad e instrumento de cooperación, que supone una intervención profunda del pensamiento y de la reflexión libre.

El balance final de los universitarios fue: *Desafortunadamente el programa duro muy poco. Nos hubiera gustado que nos proporcionaran más recursos didácticos y ayuda psicológica para tutores y tutorados.*

Se hace mención que esta fue la primera experiencia del programa en la UJAT con una duración de seis meses, para el próximo ciclo es de un año. Haciendo un balance se puede argumentar que el programa ampliándolo y llevándolo con una buena coordinación puede tener un gran impacto en la afectividad de los universitarios y sobre todo en su formación integral.

Referencias

[1] Piaget, Jean “Inteligencia y afectividad” Ed Aique, Argentina (2005)

Factores que influyen al bajo rendimiento del estudiante de ingeniería química

**Pulido Téllez A.R., Cruz Cruz F., Est. Ascencio Hernández C.O.,
Domínguez Pérez D, Sandoval Caraveo M. C.**

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1 Col. La Esmeralda, C.P. 86690
Tel.: (933) 110 0419 Correo electrónico: arociotellez@gmail.com

Introducción

El bajo rendimiento académico es un hecho presente en los estudiantes de Ingeniería Química de la UJAT, debido a que existe reprobación en algunas asignaturas, así como deserción escolar entre otros.

El estudiante al presentar bajo rendimiento, se convierte en alumno irregular lo cual hace que esté tenga problemas al momento en que realiza su reinscripción, pues se encuentra obligado a cursar materias diferentes a las que desea o debe cursar. Por lo que su avance curricular se ve afectado, ya que el tener un bajo rendimiento lo lleva a reprobación de materias y retrasar su ciclo normal de estudios. También se ve afectada su situación económica, ya que al permanecer más tiempo en la institución seguirá gastando en pasaje, alimentos, libros, etc. Al no avanzar, el estudiante opta por abandonar sus estudios o cambiarse de universidad creyendo que esta es la causa por la que está reprobando.

El bajo rendimiento académico es un problema el cual afecta a toda la comunidad universitaria y es de vital importancia que este sea tomado en cuenta para poder disminuir los índices de reprobación y deserción. Es decir es necesario localizar cuáles son los factores que influyen en el bajo rendimiento del estudiante y atender cada uno de ellos de manera exhaustiva.

Acercas del tema de bajo rendimiento académico se han llevado a cabo diversos escritos debido a las consecuencias que este acarrea, abarcando un rango de estudiantes de primaria a preparatoria con la finalidad de identificar las causas

que lo propician. Sin embargo no se ha propuesto brindar posibles soluciones a estas causas.

A diferencia de la presente investigación la cual se basa en un campo de estudio de nivel superior, realizado sobre el PE (programa educativo) de IQ (Ingeniería Química). Donde pretende analizar los factores que influyen en el bajo rendimiento académico y con ello proponer alternativas de solución a la problemática analizada logrando un alto rendimiento académico.

Al querer investigar sobre el rendimiento académico encontramos que varios investigadores a nivel internacional como nacional, los cuales de una u otra forma guardan relación con el trabajo de investigación a realizar, a continuación se mencionaran algunas opiniones por parte de ellos.

Esquivel y Rojas, en su documento “Motivos de los Estudiantes de Nuevo Ingreso para estudiar un Post Grado en Educación”, indica la evidencia de las tendencias motivacionales en situaciones educativas del aprendizaje y del rendimiento; en ambos casos el elemento central es la motivación en función de las expectativas para alcanzar una meta y el valor que está asignado para alcanzarlo [1].

Jadue, G., en su documento “Transformaciones Familiares en Chile: Riesgo Creciente para el Desarrollo Emocional, Psicosocial y la Educación”, indica que la implicancia de la familia en la tarea educativa comprende la participación activa de los padres en los proyectos educativos de la escuela y en su rol como mediadores del aprendizaje. Sin embargo, las familias de nivel socioeconómico bajo, deben lidiar con un conjunto de estresores que dificultan su rol en el apoyo temprano del estudiante en el plano académico como la inestabilidad laboral, recursos materiales y financieros inadecuados, problemas maritales y familiares [2].

El Ministerio de Educación. (1997), en sus publicaciones sobre Reforma Educativa indica la percepción de los directores y profesores sobre qué factores inciden en el rendimiento académico escolar en Bolivia. Los Directores concluyen que los factores que favorecen la calidad de la educación son el apoyo familiar, formación del profesor, material didáctico apropiado, currículo acorde a la realidad, infraestructura adecuada y la administración eficaz; mientras los Directores opinan respecto a los aspectos que desfavorecen la calidad de la educación son la situación económica de la familia, falta de materiales educativos, el salario de los profesores, el tiempo que ven televisión, aprendizaje en lengua no materna y las enfermedades de los estudiantes [3].

Esta investigación tiene como propósito identificar las causas del bajo rendimiento académico de los alumnos del PE de IQ de la UJAT, para presentar soluciones a dichas causas.

Donde los puntos principales a atacar serán:

- Señalar las materias que tienen un mayor índice de reprobación en los alumnos de Ingeniería Química.
- Señalar cuáles son los factores internos y/o externos que afectan al estudiante de Ingeniería Química.
- Observar las diferentes metodologías de enseñanza que aplican los profesores. Determinando si éstas son las más adecuadas para el programa educativo que se estudia.

Permitiéndonos identificar si la metodología didáctica utilizada por los profesores influye en el rendimiento académico, al igual que los problemas personales de los estudiantes. Analizando con ello si estos practican algún método de estudio o no.

Factores que Afectan el Rendimiento

Para poder determinar cuáles son los principales factores que afectan al bajo rendimiento del programa educativo (PE) de ingeniería química (IQ) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco se llevó a cabo la investigación recabando datos de diferentes fuentes de información, utilizando el método científico aplicando entrevistas y encuestas.

Se entrevistó al responsable de servicios escolares de la división académica de ingeniería y arquitectura. Dependencia a la cual pertenece el PE de IQ. Donde mediante la consulta de información electrónica se determinó que en este PE existe un bajo rendimiento académico. Por lo que se decidió analizar esta problemática.

En el PE de IQ, actualmente hay 12 semestres de estudiantes en donde se tomó una muestra de 10 a 20 estudiantes por semestre. Debido a que en los semestres avanzados el número de alumnos es reducido. Se determinaron de acuerdo a los filtros de información obtenidos por la oficina de control escolar. Las variables de estudio en esta investigación las cuales se clasificaron de acuerdo a lo descrito en la Tabla 1.

Basándonos en la ubicación de las variables se diseñaron dos tipos de encuestas. Una para estudiantes y otra para profesores, las cuales fueron aplicadas de la siguiente manera: se aplicaron 120 encuestas a estudiantes y 24 a profesores. Las encuestas fueron aplicadas de manera confidencial con la finalidad de que los encuestados se sintieran más libres de profundizar en los temas de interés en esta investigación.

Tabla 1*Principales variables a analizar en los estudiantes del PE de IQ*

Institución	Estudiante	Profesor
<ul style="list-style-type: none"> • Número de Asignaturas • Grado de dificultad de las Asignaturas • Clima institucional 	<ul style="list-style-type: none"> • Motivación • Características socioeconómicas y de familia • Aplicación de hábitos de estudio • Trabajo • Distancia de la escuela al campus Chontalpa • Antecedentes educativos • Actitud 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de métodos didácticos • Motivación • Comunicación Estudiante/Profesor • Cobertura curricular • Actitud

Posteriormente se clasificaron las respuestas de las encuestas, para poder obtener gráficas más significativas, que nos permitieran analizar las respuestas dadas de las encuestas, siendo estas validadas con la información obtenida por el departamento de control escolar y la obtenida de los estudiantes y profesores entrevistados. Todo ese análisis permitió detectar los factores principales por los que se ve afectado el rendimiento del PE. Permittiéndonos aportar algunas sugerencias para que este fenómeno vaya disminuyendo.

Análisis de Encuestas y Entrevistas

Mediante el análisis a las encuestas y entrevistas realizadas a la muestra de profesores involucrados al PE de IQ, se determino, que la causa principal al bajo rendimiento académico de algunos estudiantes es que durante su educación media superior no obtuvieron la preparación que exigen las instituciones de educación superior.

Los resultados también nos permitieron determinar que la mayoría de los profesores que imparten asignaturas a este PE, utilizan técnicas didácticas basadas en el aprendizaje basado en los problemas (ABP), estudio de casos y el aprendizaje colaborativo.

Con respecto al análisis realizado sobre los resultados de las asignaturas en las entrevistas y encuestas aplicadas a estudiantes se determino, que del 100% de los estudiantes encuestados han dado de baja al menos 1 asignatura en los semestres 2009. Las principales causas mencionadas han sido:

Los estudiantes no dedican tiempo para estudiar (Los estudiantes se preocupan por estudiar a partir de 6to. Semestre dedicando entre 3 y 7 hrs de estudio fuera de clases, ver Figura 1).

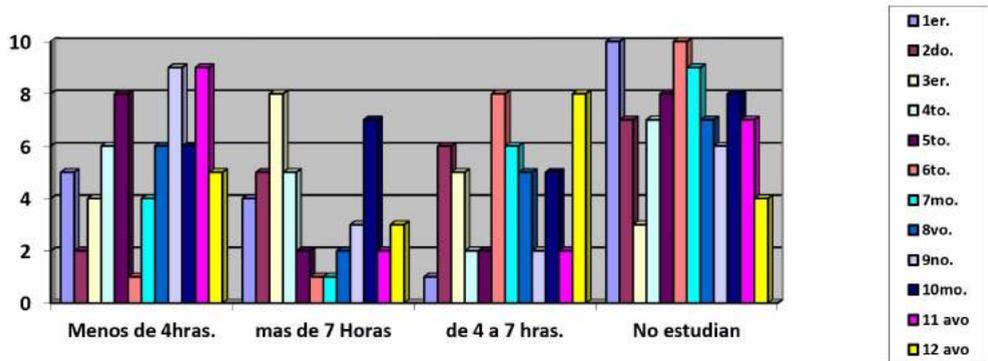


Figura 1. Horas dedicadas al Estudio

Por otro lado nos encontramos que es poco común que los estudiantes lleven a cabo algún método de estudio. Pues no están acostumbrados a emplearlos ejemplo de algunos de ellos son la realización de lecturas, esquemas, etc. (Por lo que de los 120 estudiantes de IQ encuestados, menos del 50% se apoyan de algún método de estudio, ver Figura 2).

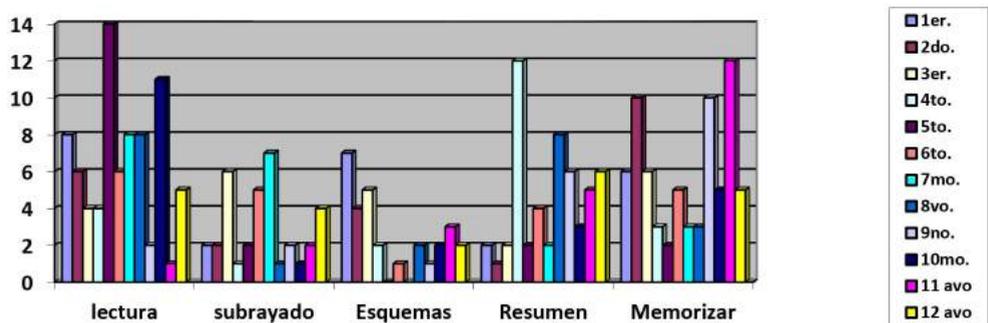


Figura 2. Métodos de estudio utilizado por los estudiantes de IQ

Los estudiantes consideran que algunos profesores no aplican métodos didácticos adecuados, por lo que algunos estudiantes prefieren dar de baja la asignatura. De igual forma consideran que otros factores por los que se ve afectado su rendimiento

son los problemas externos a la institución, es decir las causas internas como los problemas económicos, ya que algunos tienen que darse de baja temporal para trabajar y así más adelante poder pagar sus estudios. Otro factor son los problemas familiares, como la violencia intrafamiliar, maltrato a la madre, falta de estudios de sus padres, desnutrición algunos de los estudiantes no tiene el dinero suficiente para llegar bien alimentados a la universidad.etc. Ver Figura 3.

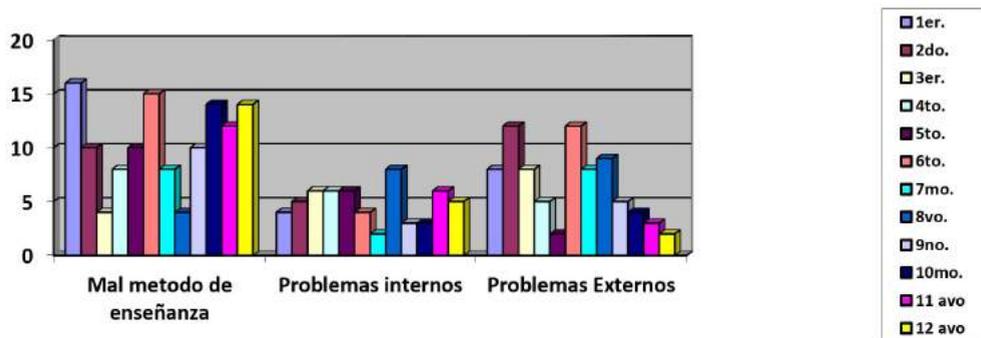


Figura 3. Motivos por los que se genera el bajo rendimiento, según el punto de vista de los estudiantes del PE de IQ de la UJAT

Otro punto que se analizó fue el de que, muchas veces el estudiante, prefiere cambiarse de universidad, debido a que está rebasando el límite de asignaturas reprobadas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos y analizados, el bajo rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería química de la UJAT se presenta por factores internos (factores propios del estudiante), factores externos y factores propios del profesor. A continuación se mencionan los más significativos en la investigación realizada:

- Falta de dedicación al estudio por parte de los estudiantes
- El Estudiante, no pone en práctica métodos de estudio, que puedan apoyarlo durante su aprendizaje
- Los Estudiantes que trabajan muestran tener un rendimiento menor que los que no trabajan
- Problemas familiares (El grado de estudios de los padres, maltrato, .etc.)

- La situación económica que se vive
- Los profesores no emplean un adecuado método de enseñanza
- El estudiante no se siente motivado por parte del profesor
- El calor del aula
- Las asignaturas con mayor dificultad (Termodinámica, Cinética, Química y catálisis de laboratorios, Fisicoquímica, Simulación y optimización de procesos, Reactores homogéneos y heterogéneos y Bioprocesos de separación).

Considerando los aspectos académicos que competen a dicha investigación, se propone implementar ciclos de talleres y conferencia acerca de métodos de estudio y motivación, donde se vean involucrados a participar los estudiantes y profesores. Es necesario establecer relación directa entre el tutor y el programa implementado de asesorías por la DAIA, donde se de seguimiento a las asesorías canalizadas por parte del tutor. Por otro lado también es necesaria la relación directa entre el tutor y el psicólogo de la DAIA, para poder dar seguimiento a las canalizaciones psicológicas realizadas por parte del tutor.

Se propone implementar un programa alumno-tutor, donde a los alumnos de mayor rendimiento académico se les asigne a 2 estudiantes de bajo rendimiento, con la finalidad de que apoyen al estudiante en las diversas asignaturas donde estos lo requieran y que al concluir el semestre con buenos resultados, se les incentive a los alumnos-tutor de manera académica o monetaria.

Referencias

- [1] Esquivel, L.A. y Rojas. Motivos de estudiantes de nuevo ingreso para estudiar un posgrado en educación. Revista Iberoamericana de Educación, (2005)
- [2] Jadue, G. Transformaciones familiares en Chile: Riesgo creciente para el desarrollo emocional, psicosocial y la educación, Estudios Pedagógicos (Valdivia), (2006)
- [3] Ministerio de Educación - Bolivia. Publicaciones de la Reforma Educativa Rendimientos Escolares de los alumnos en Lenguaje y Matemática y Factores Asociados. (1997)

La importancia del idioma inglés en la formación de estudiantes en ingeniería química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Ramos Ramírez M.

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1 Col. La Esmeralda, C.P. 86690
Tel.: (914) 106 6558 Correo electrónico: club_vip07@hotmail.com

Introducción

Ante el mundo actual y la globalización, la ciencia y la tecnología han innovado todos los campos de estudio a tal grado de que el Inglés es un idioma fundamental para el desarrollo profesional y personal de todo joven universitario, la ingeniería química no se queda atrás y ante tal circunstancia necesita de estudiantes preparados y que estén a la vanguardia, es por eso que los estudiantes de esta ingeniería necesitan del aprendizaje del idioma universal más enseñado en el mundo y comercial por excelencia: el idioma Inglés.

Las universidades de hoy tienen que formar los profesionistas capaces de enfrentar este mundo globalizado, estos profesionistas, entre otras actitudes y valores, deben tener diversidad cultural, capacidad de interacción y manejo del idioma Inglés [1-2].

En este contexto, el idioma inglés cobra una gran importancia como una lengua que permite a los profesionales interactuar con el mundo y acceder a la información y el conocimiento que exige su formación. Entendiendo que la lengua forma parte de la cultura, el aprendizaje de la misma posibilita y fomenta las actitudes necesarias para la comprensión de y la convivencia con otras culturas. Esas actitudes son elementos fundamentales en la formación de futuros profesionistas que asumirán la responsabilidad de solucionar problemas reales en nuestra sociedad. Por otro lado, el conocimiento del idioma inglés junto con las habilidades en manejo de tecnologías informáticas y telecomunicaciones, abre la puerta hacia una gran diversidad de información.

Se pretende mejorar y optimizar la calidad del estudiante con respecto a su aprendizaje y dominio del idioma Inglés determinando por qué hay una deficiencia en el dominio de este idioma, así como de concientizar **a la juventud de ingenieros químicos sobre la enorme importancia de adquirir dicho idioma.**

Ubicación y muestreo

La investigación de tipo exploratoria-descriptiva fue realizada en el año 2009 en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura ubicada en la Unidad Chontalpa en el municipio de Cunduacán, Tabasco, de esta división académica se tomó como base el estudio a los alumnos del programa educativo de Ingeniería Química, el cual cuenta con una población de 748 alumnos en sus diferentes ciclos académicos.

La información obtenida necesaria para realizarla se obtuvo a través de instrumentos aplicados a la muestra del estudio, la cual se determinó mediante el muestreo simple aleatorio, de esta manera 200 alumnos de 748 de ingeniería química en sus diferentes ciclos académicos, fueron tomados como muestra de investigación. El instrumento aplicado en la recopilación de información fue una encuesta de diseño exploratorio y descriptivo de naturaleza cualitativa que constaba de 11 preguntas, 2 de tipo abiertas y 9 de tipo opción.

En la primera fase de la investigación se realizó una prueba piloto para comprobar y analizar la encuesta, la prueba piloto se realizó con 50 alumnos de distintos ciclos académicos y al analizar la aplicación de la misma se obtuvieron los resultados esperados, por lo que posterior al éxito de la aplicación de la prueba se dio paso a la aplicación de las encuestas a la población muestra de 200 alumnos. En la aplicación de las encuestas se les dio a los alumnos una pequeña plática sobre la relevancia de estudiar inglés la cual dio resultados al dejar a los alumnos motivados por estudiar este idioma.

Se realizaron consultas bibliográficas para la detección, obtención, extracción y recopilación de la información relevante y necesaria referente al problema investigado (la cual se encuentra en diferentes tipos de documentos), la revisión se hizo de manera selectiva.

En la segunda fase de la investigación la interpretación de resultados se llevó a cabo en una sola etapa organizando cada una de las respuestas en tablas y graficas para hacerla más representativa e interpretando cada uno de los resultados, posteriormente se inició la conclusión de la investigación y las propuestas de la misma, dando así por terminada la investigación.

Análisis e interpretación de resultados

El siguiente análisis e interpretación de resultados está basado en la encuesta aplicada a los 200 alumnos de ingeniería química, la cual consta de 11 preguntas analizadas e interpretadas de la siguiente manera:

El idioma Inglés es esencial y muy importante en la formación académica de ingenieros químicos puesto que en un futuro no muy lejano formaran parte de un sector productivo, en el cual la mayoría de las relaciones comerciales internacionales se realizan en idioma inglés (Figura 1).

La precisión del idioma inglés exige su dominio en sus 4 habilidades principales: hablar, escribir, leer y escuchar, pero los jóvenes sólo dominan una habilidad que es la que les resulta más fácil, en este caso la habilidad más fácil para ellos es leer en idioma inglés (Figura 2), y que sólo le dedican de 1 a 3 horas a la semana (Figura 3).

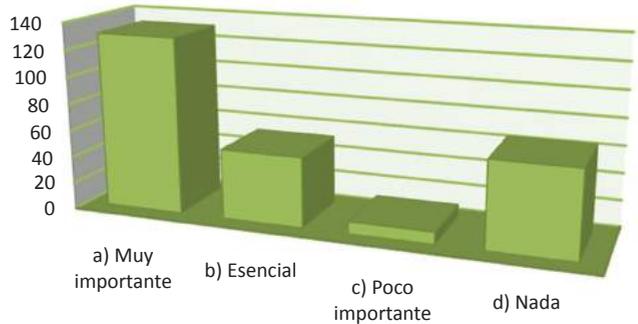


Figura 1. Importancia del idioma Inglés

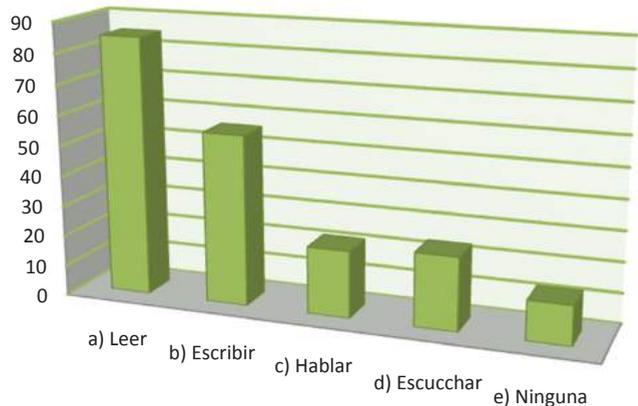


Figura 2. Habilidades del idioma Inglés

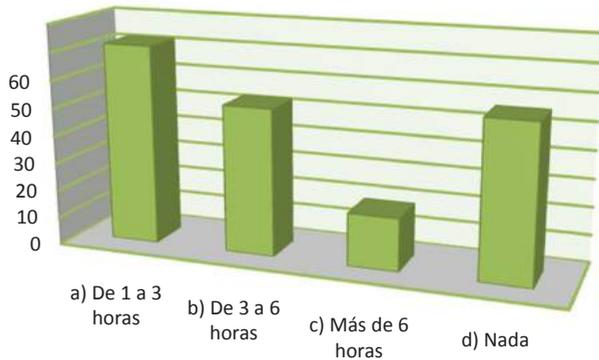


Figura 3. Horas dedicadas a la semana al estudio de Inglés

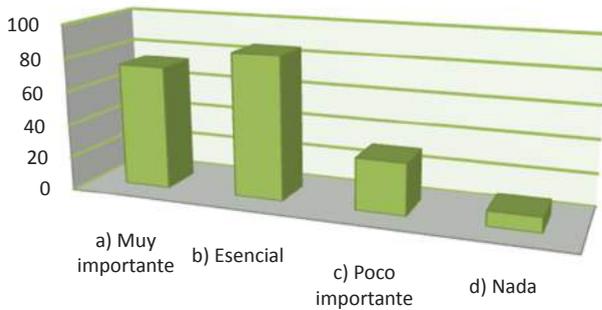


Figura 4. Importancia de las consultas bibliográficas en idioma Inglés

De igual manera el consultar bibliografías en este idioma es esencial en los ingenieros químicos, ya que los libros más completos de ingeniería química se encuentran en inglés, pero estos estudiantes no se encuentran preparados para realizar este tipo de consultas, lo cual impide el dominio este idioma e impide el mejor desarrollo profesional. (Figuras 4 y 5).

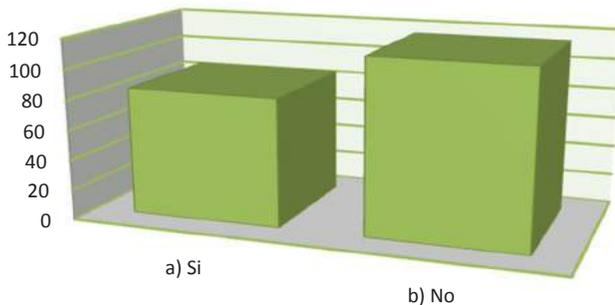


Figura 5. ¿Están preparados lo alumnos para consultar bibliografías en Inglés?

Un factor primordial es determinar cuáles son las causas que motivan al estudiante de ingeniería a estudiar inglés de las cuales, la mejor oportunidad de ingresar al mercado laboral fue la mayor relevancia puesto que los alumnos se preocupan mucho por asegurar un trabajo en un futuro al dominar otro idioma además de la remuneración económica que podrían obtener (Figura 6).

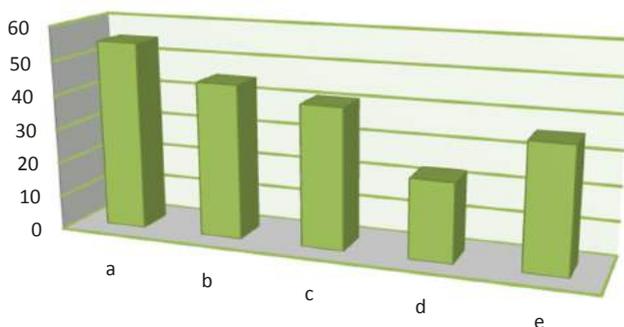


Figura 6. Factores que motivan a estudiar Inglés.

Pero también es importante determinar cuáles son las causas que impiden estudiar este idioma universal del cual es el tiempo, la economía y la motivación los más importantes factores que no lo propician, de ahí que los jóvenes no estudien Inglés, pues no tienen tiempo, debido a que algunos trabajan y estudian, con respecto a la economía los estudiantes ingenieros químicos no cuentan con los recursos económicos necesarios para el correcto aprendizaje del idioma, es decir no pueden comprar los materiales a utilizar por ser de altos precios, y la otra parte no se sienten motivados a estudiar Inglés (Figura 7), pues quizás no están al tanto de la dimensión de oportunidades que obtendrían al dominar otro idioma, las cuales son la internacionalización de la carrera (Figura 8), en este caso si todos los alumnos de ingeniería química dominaran el idioma Inglés, y al internacionalizarse la carrera, la calidad de esta institución se elevaría al igual que su nivel académico y su posición a nivel nacional cambiaría a estar entre las 10 mejores universidades del país, lo que traería para la institución mejores ingresos económicos, es decir la aprobación de un mayor presupuesto para la UJAT.

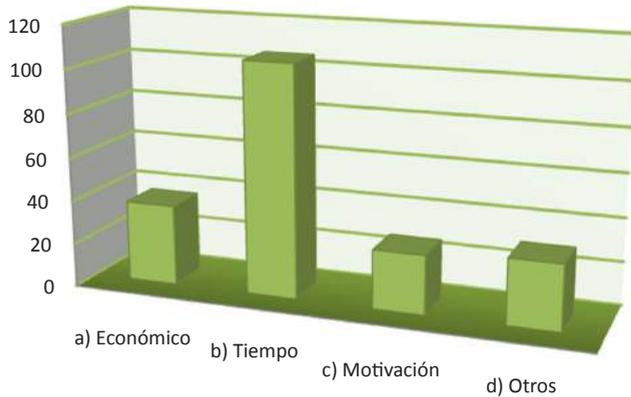


Figura 7. Factores que impiden estudiar Inglés

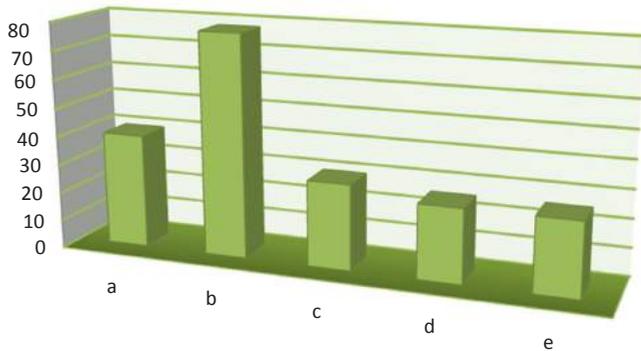


Figura 8. Oportunidades al dominar el idioma Inglés.

Otra oportunidad de dominar el idioma inglés sería de casi asegurar un lugar en el mercado laboral nacional e internacional lo que traería para el futuro ingeniero un mayor ingreso económico y la ventaja de poder estudiar un posgrado en el extranjero. Pero para todo esto tenemos que empezar desde el principio, es decir saber y estar al tanto de cuantos niveles me exige el reglamento para la titulación, y aquí en este aspecto la mayoría de los jóvenes estudiantes si saben que son 4 niveles los que exige el programa educativo de Ingeniería Química para la titulación de sus alumnos (Figura 9).

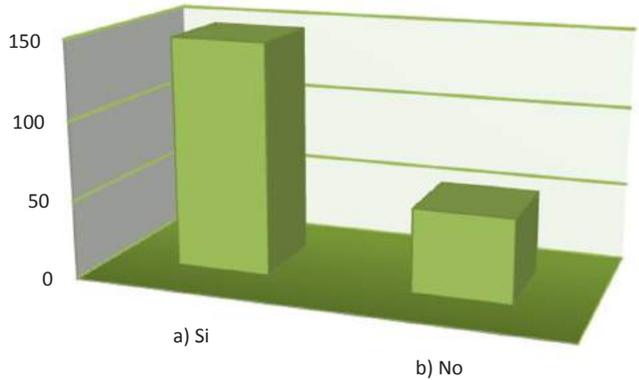


Figura 9. ¿Conocen los alumnos los niveles de inglés que exige su carrera?

Ahora si este programa educativo exigiera los 8 niveles, estaríamos a la vanguardia de universidades nacionales e internacionales, cabe mencionar que algunas universidades exigen una certificación en una evaluación internacional del dominio del idioma inglés de los jóvenes estudiantes para poder titularse, una de ellas es la Universidad Nacional Autónoma de México que exige el certificado del TOEFL.

La Universidad Juárez Autónoma De Tabasco cuenta con un Centro de Idiomas y Vinculación Internacional en la ciudad de Villahermosa y otro en el campus Chontalpa, pero los jóvenes no están al tanto de las oportunidades que obtendrían si estudian el idioma Inglés ahí (Figura 10), por lo que por este motivo no están estudiando inglés en este importantísimo centro de idiomas, perdiendo así las grandes oportunidades de aprender Inglés con excelentes maestros capacitados en el idioma, además una gran oportunidad es la preparación que imparten para aprobar el examen de certificación internacional de TOEFL.

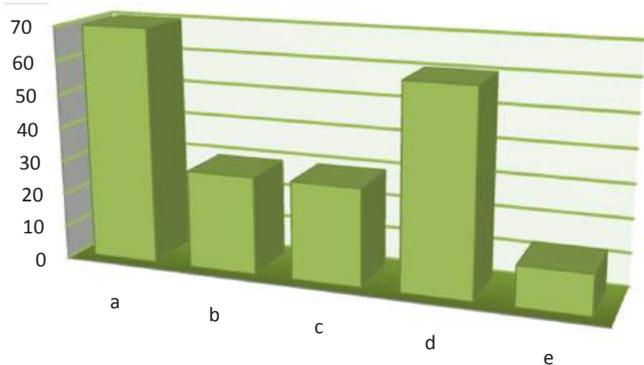


Figura 10. Oportunidades de estudiar Inglés en el CEI UJAT

Conclusiones

La difusión del inglés como lengua universal es un claro signo cultural de la globalización de este fin de siglo, pero la enseñanza del inglés como segunda lengua en la escuela tradicional deja mucho que desear en todas partes del mundo. No se ha tomado suficiente conciencia del atraso que significa para la globalización el no poder comunicarse en inglés. Una vez más la educación mira hacia otro lado en lugar de movilizar suficientes recursos materiales y humanos para resolver un problema tan serio y urgente. Mucho se podría avanzar en el aprendizaje de cualquier idioma extranjero, por ejemplo, con un fácil acceso a videoconferencias y a Internet desde el colegio y desde las propias casas. Lamentablemente todavía las comunicaciones tienen un costo demasiado alto, nadie aprendería su propia lengua si fuera necesario pagar las horas de comunicación verbal con la tarifa vigente en las compañías de telecomunicaciones, cuanto más para aprender una segunda lengua. Pero esta situación no podrá continuar por mucho tiempo debido al crecimiento de los vínculos digitales entre las personas y a la eliminación de los monopolios estatales y privados. En esta tendencia hacia la desregulación vemos una luz de esperanza para una educación globalizada.

Gracias a los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas se concluye que los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco tienen una deficiencia en el dominio del idioma Inglés por no dominar las 4 habilidades principales (hablar, leer, escribir y escuchar) por no consultar bibliografías en idioma Inglés al no estar preparados para realizarlas, por no dedicarle tiempo al no estudiar más de tres horas a la semana, por no contar con los recursos económicos necesarios para adquirir el material que facilita su aprendizaje, además de que no están al tanto de las oportunidades de dominar una segunda lengua y de las oportunidades de estudiarlo en el centro de idiomas que está en el campus.

La solución propuesta a esta investigación es que los jóvenes estudiantes de ingeniería química de La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco estudien el idioma Inglés en el Centro de Idiomas y Vinculación Internacional de la Universidad en la ciudad de Villahermosa, Tabasco o en el campus Chontalpa en el Centro de Idiomas y Vinculación Universitaria en Cunduacán. Se propone:

1. Que a los alumnos que ingresen a primer ciclo se les de una platica motivacional acerca de las ventajas de dominar el idioma Inglés.
2. Colocar en el reglamento interno de la carrera de ingeniería Química que los alumnos estudien Inglés en el CIVE o en el CEI y V Chontalpa de una manera obligatoria y reglamentaria.

3. Los alumnos de nuevo ingreso ingresen a estudiar inglés desde su inicio.
4. Que el nivel reglamentario para la titulación de los alumnos sea de 8 niveles.
5. Establecer un convenio con el CEI y V Chontalpa para que los 8 niveles que esta organización imparte en su curso de Inglés se les imparta a los alumnos en 5 semestres, es decir reducirlo a 5 niveles para que los 3 niveles posteriores sean de English for Specific Purposes o ESP (Inglés de Propósitos Específicos, por sus siglas en Inglés) en el cual el alumno deberá aprender los procesos químicos en este idioma, y de poder dominar el Inglés técnico de Ingeniería Química.
6. Que el alumno ingeniero le dedique el tiempo necesario al Inglés siendo lo recomendable 5 horas extra clases a la semana, que practique cuanto más pueda con la gente con la que mas frecuente en idioma Inglés.

El propósito de las propuestas está enmarcado dentro de la necesidad de mejorar y optimizar la calidad del estudiante con respecto a su aprendizaje y dominio del idioma Inglés, por lo que si el alumno estudia sus 8 niveles de Inglés podrá realizar su certificación.

Referencias

- [1] Díaz, Rodríguez Oscar. El inglés: ¿idioma universal?, (2003) Disponible en: http://www.elhabanero.cubaweb.cu/2004/junio/nro997_04jun/com_04jun521.html
- [2] 28 Ogiqia. Revista electrónica de estudios hispánicos, *Ogiqia, revista electrónica de estudios hispánicos*, 5, pp. 19-28, (2009)

El impacto del proceso facsímil en la formación de los estudiantes de ingeniería química en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Cruz Cruz F., Domínguez Aguilar E. y Pulido Téllez A.

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1 Col. La Esmeralda, C.P. 86690
Tel. (914) 106 6558 Correo electrónico: Franklin.cruz@daia.ujat.mx

Introducción

Todos los estudiantes aspiran a obtener buenas calificaciones en los exámenes pero, al mismo tiempo están sujetos a muchas presiones. Los seres humanos estamos programados biológicamente para sentir ansiedad, cuando esto se presenta, nuestro organismo comienza a producir las llamadas “hormonas del estrés”. Esta actitud puede conducirnos a realizar actos académicos incorrectos como: Copiar las tareas de los compañeros o durante los exámenes. Los exámenes son algo inevitable en muchos tipos de estudios. Los estudiantes suelen calificarlos como desagradables, ya que no se trata tan sólo de realizar una evaluación sino que, además, si los resultados son negativos el estudiante suele sentirlo como un fracaso escolar y genera rezago académico. Copiar en los exámenes es una situación que se presenta en muchas instituciones educativas y en los diferentes niveles, los principales factores que obligan al alumno a realizar el proceso facsímil (copiado) son: la falta de tiempo para estudiar sus materias, no disponen de técnicas ni hábitos de estudios, ausencia a las sesiones de clase en el aula, no comprenden los contenidos temáticos de la materia, y no tienen deseos de aprender. La presente investigación tiene como propósito conocer las causas y como el proceso facsímil impacta en la formación de los estudiantes de Ingeniería Química en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Aplicación de los instrumentos

Para averiguar los factores que llevan al proceso de facsímil a los alumnos se realizó una encuesta. Las encuestas fueron aplicadas por los estudiantes de ingeniería química en la División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, durante los meses de septiembre-diciembre del año 2009.

Este programa educativo cuenta con una población de 748 alumnos inscritos en diferentes ciclos escolares, según datos proporcionados por el departamento de servicios escolares.

Los procedimientos metodológicos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Se utilizó el muestreo probabilístico, para determinar el tamaño de la muestra, siendo esta de 165 estudiantes,
- Se seleccionó la encuesta como instrumento para recolectar información,
- Se procedió a la elaboración de 10 preguntas cerradas con respuestas de opción múltiple,
- Se aplicaron las encuestas a los estudiantes de Ingeniería Química de forma aleatoria.
- Se procedió a sistematizar los resultados obtenidos, así como, a su discusión y finalmente se establecieron las conclusiones que a continuación se detallan.
- Posteriormente se realizó el trabajo de campo, así como los análisis y discusiones necesarias para establecer las conclusiones.

El objetivo fue identificar las causas por las cuales los estudiantes practican el proceso facsímil (copiado) y determinar el impacto en su proceso formativo.

¿Qué se obtuvo?

Una de las características que se consideraron durante esta investigación fue: Qué técnicas de estudios empleas para realizar las tareas de las materias que cursas. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.*Técnicas de estudio de los estudiantes*

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Subrayado	36	21.81%
Esquemas	28	16.96%
Lectura	80	48.48%
Otros	21	12.72%
Total	165	100%

Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes de ingeniería química, consideran que la lectura y el subrayado son las técnicas de estudios más utilizadas para realizar sus tareas en las materias que cursan, haciendo un total del 70%. Se considera que estas técnicas o hábitos de estudios no son suficientes para generar aprendizajes, durante el proceso enseñanza aprendizaje.

Otro factor muy importante de esta investigación es conocer cuánto tiempo diario dedican los estudiantes, a preparar sus materias. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.*Tiempo de estudio diario dedicado por los estudiantes*

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
1 hora	70	42.42%
30 minutos	55	33.33%
No estudio	31	18.78%
Otros	9	5.45%
Total	165	100%

El resultado muestra que el 42% le dedica una hora diaria a preparar sus materias, el 33% solo utiliza 30 minutos y el 19% no estudian. Esta información es bastante sorprendente pues indica que los estudiantes dedican un tiempo muy insignificante para preparar sus materias. Y por lo tanto no hay aprendizajes requeridos en sus materias.

La siguiente pregunta fue con el propósito de saber si o no, los estudiantes de ingeniería química en algún momento de su vida académica han practicado el proceso de copiado. Las respuestas fueron según Tabla 3.

Tabla 3.*Estudiantes que practican o no el proceso de copiado*

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	106	64.24%
No	47	28.48%
Otros	12	7.27%
Total	165	100%

Los resultados son muy interesantes porque muestran que un 64% de los estudiantes en ingeniería química de los que fueron encuestados han practicado el proceso de copiado, mientras que tan solo el 29% no han realizado este proceso. Esto demuestra que muchos estudiantes alcanzan a pasar sus materias porque tienen estrategias de copiado pero no de aprendizajes.

La cuarta pregunta fue elaborada con la finalidad de conocer qué motivos propician el copiado en los alumnos de Ingeniería Química. Y respondieron de acuerdo como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.*Motivos que propician la acción de copiar de los alumnos*

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
No estar atentos a sus clases	35	21.21
Falta de comprensión a la materia	48	29.09
No dedican tiempo para estudiar	67	40.60
Otros	15	9.09
Total	165	100

El resultado muestra que el 41% de los estudiantes les falta tiempo para estudiar, el 29% no comprenden los contenidos de las materias, y el 21% no están atentos a la explicación del profesor al estar en clases. No hay interés de parte del alumno para aprender. Entonces diseñan estrategias no académicas como el copiado para pasar sus exámenes.

En la encuesta, la siguiente pregunta tiene como finalidad conocer cuál es la técnica de copiado más utilizada por los estudiantes de ingeniería química. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5.*Técnicas de copiado más utilizadas por los estudiantes*

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Acordeón	60	36.36
Cambio de exámenes	19	11.51
Borrador	57	34.54
Otros	29	17.57
Total	165	100%

Los resultados muestran que un 71% de los estudiantes en ingeniería química utilizan el acordeón y el borrador como las técnicas de copiado durante los exámenes. Este punto es muy importante considerar, pues a los alumnos solo les sigue interesando pasar un examen aun arriesgándose a ser descubierto y sancionado en su caso.

Conclusiones

Con base en el resultado obtenido en las encuestas aplicadas a los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco se logra identificar que más del 50% han incurrido en este proceso facsímil (copiado) en sus diferentes etapas de formación. Presentado un mayor porcentaje en el nivel medio superior y superior. Esto es muy importante considerarlo ya que está en juego su futuro profesional y el prestigio de su institución.

Las técnicas y hábitos de estudios más utilizadas por los estudiantes cuando preparan sus tareas, está el subrayado y la lectura. Al parecer desconocen otras técnicas o estrategias de estudios que pueden generar aprendizajes significativos, y por consiguiente reducir el proceso de copiado y producir alto rendimiento en el aprendizaje.

Existe una gran variedad de técnicas para realizar el proceso facsímil (copiado), las más comunes para los estudiantes es el acordeón y el borrador; estos dos son utilizadas con mayor intensidad durante los exámenes.

Entre los factores que influyen en la práctica del proceso facsímil (copiado), se identifica la falta de tiempo para estudiar antes de los exámenes ya que los alumnos se preocupan más por obtener un número cuantitativo en sus calificaciones y no por obtener los conocimientos que generen aprendizajes.

Otro de los factores que influyen mucho en la práctica de este proceso facsímil (copiado), es la falta de comprensión de los contenidos de las materias que cursan los estudiantes. En este sentido es muy importante considerar la capacidad disciplinar y didáctica del profesor para generar aprendizajes en sus estudiantes. Finalmente cuando los estudiantes realizan el proceso facsímil (copiado), están contribuyendo a una formación deficiente que seguramente afectará su desarrollo profesional, así como desprestigio a su institución.

Referencias

- [1] García Pérez: Bahhmae “Batería de Evaluación de Actitudes, Hábitos, Habilidades, Métodos, Ambiente y Evaluación de estudio”. Edit. CEPE Barcelona, (1994)
- [2] “Inteligencia Emocional, psicólogo Daniel goleman (1995)
- [3] Ortega, R. (1996): «Las relaciones entre compañeros/as escolares», en A. Goñi (ed.): Psicología de la educación socio personal, Madrid, Fundamentos.
- [4] Revista Electrónica de Estudios Filosóficos ISSN 1577-6921 numero VIII www.um.es/tonodigital/znum8/corpora/artedecopiar.htm
- [5] Revista Iberoamericana de Educación numero V; calidad de la educación. “una polémica en relación al examen”, Ángel Díaz Barriga.

Aplicación del método de sección no isocinético para determinar el diámetro de burbujas y de gotas en un bioreactor trifásico

Chávez Ávila R.¹, Aguilar López R.¹, Galindo Fentanes E.² y Thalasso Frédéric¹

¹Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav), Apdo. Postal 14-740, México D.F. 07360, México.

Correo electrónico: thalasso@cinvestav.mx; bloommymind@hotmail.com

²Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Postal 510-3, 62250 Cuernavaca, Mor., México

Introducción

Los reactores trifásicos son reactores en los cuales se añade, además de la fase acuosa y del aire utilizado para oxigenar el medio, un vector de transferencia, es decir una fase orgánica en la cual el compuesto que se desea transferir es altamente soluble. El uso de compuestos orgánicos como vector para mejorar la transferencia de masa ha sido estudiado desde los años 70's [1], sin embargo la transferencia de masa en reactores trifásicos es parcialmente entendida ya que ha sido caracterizada principalmente a través de la determinación del coeficiente global de transferencia de masa ($K_L a$), sin considerar las transferencias parciales aire/agua, aire/vector y vector/agua (Figura 1). Quijano *et al.* [2] han desarrollado un método que permite la determinación de las transferencias parciales y observaron, sin explicarlo, que la presencia del vector mejora la transferencia global de oxígeno pero principalmente por un aumento de la transferencia gas/agua. El coeficiente de transferencia de masa ($K_L a$) está constituido por dos parámetros; el área específica interfacial (a) y el coeficiente de película del líquido (K_L). De acuerdo con Kawase *et al.* [3] y Fan *et al.* [4], el coeficiente de película del líquido (K_L) es un parámetro relativamente constante y la transferencia de masa depende en mayor medida del área interfacial (a). Por lo anterior, la transferencia de masa en un sistema multifásico depende en gran medida (i) del área específica de las burbujas de aire, (ii) del área específica de las gotas de vector y (iii) del contacto entre las burbujas de aire y de las gotas de vector. Por lo tanto, influye tanto la cantidad de gas y de vector como la distribución

de tamaños de gotas (fase orgánica) y burbujas (aire) [5]. Sin embargo, la literatura menciona pocos trabajos sobre dispersión de fases en reactores trifásicos, por lo que resulta interesante discutir las técnicas existentes para determinar el diámetro de burbujas y de las gotas de vector en un reactor trifásico y proponer un método tan sencillo como succionar una muestra de la mezcla del reactor utilizando un tubo de vidrio horizontal para determinar el diámetro de las burbujas y de las gotas en el tubo por medio de fotografía de alta resolución.

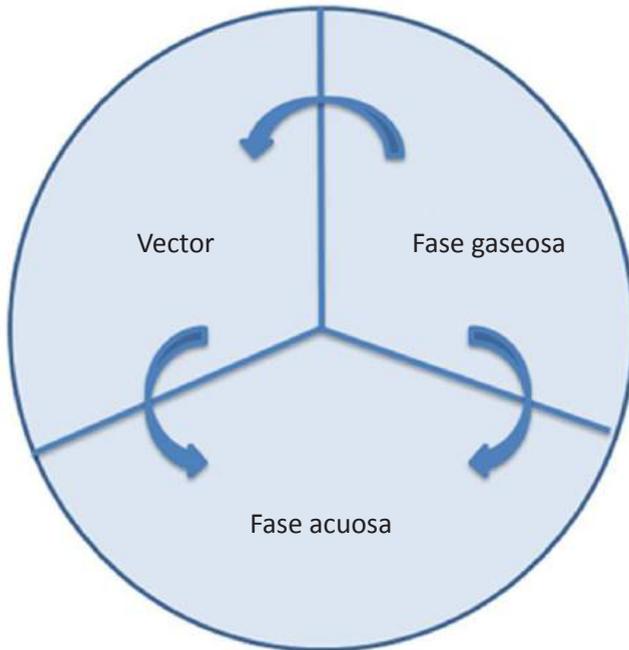


Figura 1. Esquema de las transferencias de masa en un sistema trifásico

Determinación del diámetro de burbujas y de gotas

Se utiliza una columna de burbujeo de vidrio (0.115 m diámetro interior, 0.58 m altura, 4.0 L volumen útil) aireada mediante un difusor de vidrio poroso de 0.05 m de diámetro. La columna de burbuja se airea con un flujo de 0.5, 1.0, 1.5 v.v.m (2.0, 4.0, 6.0 l/min, respectivamente). Los tamaños de gota y burbuja en la columna de burbujeo se determinan mediante una técnica de succión no-isocinética adaptada de García-Salas et al. 2005 y 2008 [7,8]. Brevemente, esta técnica consiste en la

succión de una muestra del reactor (mediante vacío) en un tubo de vidrio de 4.5 m de longitud y de diámetro interno variable (3, 4 o 5 mm). Una vez succionada la muestra, se determina el diámetro de burbujas y gotas por un método fotográfico. A partir de los resultados obtenidos, se determina el diámetro promedio de sauter (d_{32}) según ecuación 1. La fracción de gas retenido es determinada por el método volumétrico. En base a la fracción de gas retenido y del diámetro promedio de burbujas o gotas, se determina el área específica de cada una de las fases (Ecuación 2).

$$d_{32i} = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$a_{xy} = \frac{6 * e_{xy}}{d_{32i}} \quad \text{Ecuación 2}$$

En las ecuaciones 1 y 2, el subíndice “i” indica si se trata de gotas (fase orgánica) o burbujas (fase gaseosa) y los subíndices “x, y” indican la interacción entre fases, ya sea gas/agua, gas/vector o vector/agua.

El primer experimento es determinar el efecto de la presión de succión sobre el tamaño de burbujas y gotas. La tabla 1 muestra los resultados a 3 presiones de succión (vacío de 5, 10 y 20 cmHg). Los resultados son comparados utilizando el método de Tuckey-Kramer para determinar diferencias significativas [2]. No existe ningún efecto de la presión de succión sobre el d_{32} . Por lo anterior, se decide trabajar siempre con una presión de succión de 10 cm Hg en los experimentos descritos de la Tabla 1.

El experimento siguiente es realizado para determinar el efecto del número de mediciones de burbujas y gotas sobre el error experimental en la determinación de d_{32} . Con este propósito se midieron el diámetro equivalente de 900 gotas y burbujas, determinándose de igual forma la desviación estándar de gotas y de burbujas hasta observar que dicha desviación permanecía prácticamente constante a cierto número de objetos (entre 400 y 500).

Tabla 1.*Efecto de la presión de succión sobre d (diámetro equivalente) y d_{32}*

Diámetro tubo (mm)	Presión de succión (cm Hg)		
	5	10	20
d (burbujas)	3.54 ± 0.46 (A)	3.49 ± 0.68 (A)	3.62 ± 0.75 (A)
d (gotas)	2.78 ± 0.58 (B)	2.91 ± 0.64 (B)	2.83 ± 0.81 (B)
d_{32} (burbujas)	3.77	3.82	3.80
d_{32} (gotas)	3.04	3.11	3.07

La Figura 2 muestra un ejemplo de distribución de burbujas en donde se puede observar que la distribución parece normal; cabe mencionar que la distribución de gotas presenta la misma tendencia. Para confirmar la hipótesis de una distribución normal, se realizan pruebas de descripción estadísticas (NCSS[®]; Jerry Hintze, 2001). Los resultados confirman la distribución normal, con un intervalo de confianza de 95%.

Adicionalmente se determina el tamaño de muestra necesaria para obtener resultados confiables. Con este propósito, se usa la ecuación 3, en donde “ e ” es el error máximo permitido, “ z ” es el intervalo de confianza (para un intervalo de confianza de 95%, $z = 1.96$) y “ σ ” es la desviación estándar. De acuerdo con esta ecuación, se observa que se podían determinar diámetros promedios con un intervalo de confianza de 95% a partir de 500 gotas y 500 burbujas en cada determinación de d_{32} .

$$n = \frac{z^2 * s^2}{e^2}$$

Ecuación 3

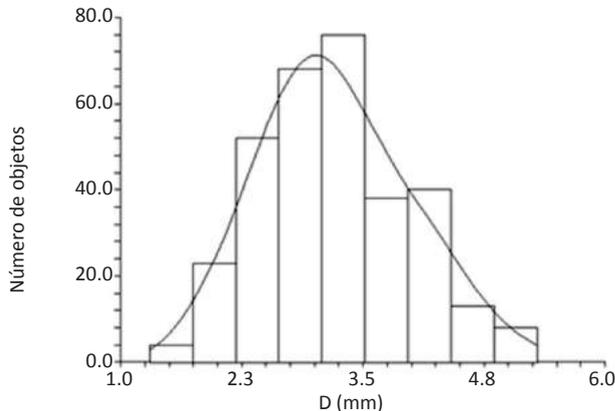


Figura 2. Distribución de frecuencia de burbujas en un sistema trifásico

El experimento siguiente consiste en determinar d_{32} de gotas y burbujas a diferentes flujos de aireación (0.5, 1.0 y 1.5 v.v.m.), los cuales se presentan en la Tabla 2. Tal como esperado en una columna de burbujeo donde la agitación es neumática, el diámetro de gotas y burbujas fue inversamente proporcional del flujo de aire inyectado.

Tabla 2.

Efecto del flujo de aire sobre d_{32} de gotas y burbujas.

Diámetro tubo (mm)	Flujo de aire (v.v.m.)		
	0.5	1.0	1.5
d (burbujas)	4.22 ± 0.05 (A)	3.74 ± 0.07 (A)	3.48 ± 0.03 (A)
d (gotas)	3.69 ± 0.06 (B)	3.33 ± 0.04 (B)	3.09 ± 0.07 (B)
d_{32} (burbujas)	4.36	3.87	3.66
d_{32} (gotas)	3.81	3.49	3.19

Conclusiones

El método de succión no-isocinético es una técnica sencilla que permite determinar tamaño de gotas y burbujas. La presión de succión ni el diámetro del tubo de succión tienen impacto sobre el diámetro de gotas y burbujas. A partir de esos primeros resultados se observa que el flujo de aire tiene efecto sobre el diámetro de burbujas y gotas. Tal como esperado en un reactor agitado neumáticamente, el flujo de aire reduce el d_{32} tanto de gotas como de burbujas. No obstante lo anterior, la comprobación de la técnica de succión debe realizarse mediante una calibración exacta del método

Nomenclatura

d	Diámetro equivalente (mm)
d_{32}	Diámetro de sauter (mm)
n	Número de objetos medidos
d	Diámetro equivalente (mm)
i	Subíndice referente al objeto (gota, burbuja)
a	Área específica interfacial (m^2/m^3)
xy	Subíndices referentes a la interacción entre fases (gas/agua, gas/vector, vector/agua)
ϵ	Fracción retenida referente a cada fase

Referencias

- [1] Deziel E., Comeau Y., Villemur R., Two-liquid-phase bioreactors for enhanced biodegradation of hydrophobic/toxic compounds. *Biodegradation*; 10; 219-233 (1999)
- [2] Quijano, G., Revah, S., Gutierrez-Rojas, M., Flores-Cotera, L.B., Thalasso, F. Oxygen transfer in three-phase airlift and stirred tank reactors using silicone oil as transfer vector. *Process Biochemistry*; 44; 619-624,(2009)
- [3] Kawase, Y., Halard, B., Moo-Young, M. Liquid phase mass transfer coefficients in bioreactors. *Biotechnology and Bioengineering*; 39; 1133-1140 (1992)
- [4] Fan, L.S., Matsuura, A., Chern, S.S. Hydrodynamic characteristics of a gas-liquid-solid fluidized bed contained a binary mixture of particles. *AIChE Journal*; 31; 1801-1810 (1985)
- [5] Clarke KG, Correia LDC. Oxygen transfer in hydrocarbon-aqueous dispersions and its applicability to alkane bioprocesses: a review. *Biochemistry Engineering Journal*; 39; 405-429 (2008)
- [6] Boyer, C., Duquenne, A.M., Wild, G. Measuring techniques in gas-liquid and gas-liquid-solid reactors. *Chemical Engineering Science* 2002; 57; 3185-3215.
- [7] García-Salas, S., Orozco-Alvarez, C., Porter, R.M., Thalasso F. Measurement of local gas holdup in bubble column via non-isokinetic withdrawal method. *Chemical Engineering Science*; 60; 6929-6938 (2005)
- [8] García-Salas, S., Rosales, P.A., C., Porter, R.M., Thalasso F. Measurement of local specific interfacial area in bubble column via non-isokinetic withdrawal method coupled to electro-optical detector. *Chemical Engineering Science*; 63; 1029-1038 (2008)

Capítulo II

Ambiental

Corrosión atmosférica del zinc y su impacto en el ambiente de Cunduacán, Tabasco

Del Ángel Meraz. E.¹, Veleva Muleshkova L.² y Arias Ramírez M.A.¹

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ingeniería y Arquitectura. Km 1 Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, C.P. 86690,

Cunduacán, Tabasco, México. Correo electrónico: edaleon62@yahoo.com.mx*

²CINVESTAV- Mérida. Depto. Física Aplicada. Carr. Ant. A Progreso Km. 6, CP. 97310. Mérida, Yucatán, México

Introducción

En condiciones atmosféricas los metales sufren deterioro, debido al proceso de corrosión espontánea, cuando su superficie es cubierta con una capa de agua condensada, rocío, lluvia, niebla o nieve [1-8]. Para el zinc este proceso de corrosión, de naturaleza electroquímica [6-8], conlleva a la formación de una película protectora de óxidos, hidróxidos y carbonatos de zinc, que actúa como una barrera física entre el metal y el medio ambiente. Sin embargo, esta capa de corrosión de aspecto blanco en el caso del zinc puede ser transformada en una película no protectora, debido a la remoción física originada por el viento y la erosión con arena, o una disolución parcial de algunos productos de corrosión de zinc, durante precipitación pluvial o condensación de humedad sobre la superficie del metal [9]. Cuando una parte de los productos de corrosión del metal son disueltos por las lluvias, los compuestos químicos del metal (iones del metal) caen de la superficie de metal al suelo que rodea la estructura, se filtran en éste por lo que pueden ser transportados en los ríos subterráneos. Este fenómeno se reconoce mundialmente como el proceso “*runoff*” (liberación) de un metal [9-10]. En Europa y en Estados Unidos actualmente existe mucha atención al proceso *runoff* de zinc, por su impacto ambiental, como resultado de la corrosión atmosférica del metal. A corto plazo, a partir de los estudios efectuados, el futuro del uso del zinc está cuestionado, debido a los efectos ambientales que ocasiona en organismos acuáticos y terrestres.

Ensayo de Campo

Muestras de zinc (electrolítico) de 100x150x1mm y de acero galvanizado (hot dip) de 100x150x0.95 mm, han sido previamente expuestas desde el año 2004 a 2009 [10], en dos estaciones de ensayo, localizadas en el estado de Tabasco; en un ambiente *rural* de Cunduacán ubicado a 50 km de la costa del Golfo de México, así mismo en el ambiente *urbano* de la ciudad de Villahermosa ubicado a 68 km de la costa del Golfo de México. Los ensayos se efectuaron según los procedimientos de las normas internacionales ISO 8565 y ASTM G 50-76 [49, 50]. Para recoger la disolución del zinc (*runoff*) por efecto de las lluvias se colocaron cubetas de plástico de 6 litros, selladas, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Montaje de las muestras para el runoff de los materiales expuestos

Composición química de las Soluciones

El análisis de la composición química de las soluciones *runoff* permite obtener información sobre el avance del proceso de liberación (*runoff*) de iones de zinc, así mismo que tipos de productos de corrosión solubles en agua se formaron. Por otro lado, se pueden monitorear de esta manera los tipos de contaminantes que se depositaron sobre el metal durante los períodos secos (sin lluvias) y posteriormente aquellos que fueron lavados de la superficie del metal por las lluvias.

La cantidad del zinc disuelto, como parte de los productos de corrosión solubles, eliminados durante el proceso de lavado de la superficie, es fuertemente influenciada por los eventos de lluvias, duración y temporalidad entre periodos secos, así como por el nivel de contaminación. En la Figura 2. Se muestra la concentración de zinc, obtenida

durante los eventos de lluvia en el Ambiente rural (Cunduacán). En el caso del *runoff* del zinc se registraron concentraciones en el rango de 1.6-3.6 mg/l. El *runoff* proveniente del acero galvanizado mostró valores de concentración en el rango de 1.57-3.2 mg/l. La lluvia presenta poca concentración del zinc el rango fue de 0.002-0.83 mg/l, por lo que se puede observar que el impacto que tienen los metales debido al *runoff* es grande. Los meses de Septiembre y Noviembre registraron mayor concentración de zinc en el *runoff* proveniente de los materiales. En Septiembre la concentración máxima fue de 3.24 mg/l para el zinc, 2.72 mg/l para el acero galvanizado y 0.83 mg/l en el caso de la lluvia. En Noviembre la concentración máxima de zinc en los materiales fue de 3.6 mg/l para el zinc, 3.2 mg/l para el acero galvanizado y 0.12 mg/l en el caso de la lluvia.

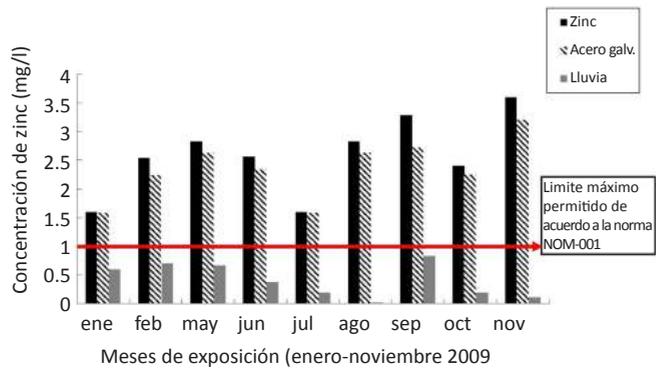


Figura 2. Concentración de zinc en el Ambiente Rural (Cunduacán)

En la Figura 3. Se muestra la concentración de zinc, obtenida durante los eventos de lluvia en el Ambiente Urbano (Villahermosa). En el caso del *runoff* del zinc se registraron concentraciones en el rango de 1.8-4.0 mg/l. El *runoff* proveniente del acero galvanizado mostró valores de concentración en el rango de 1.6-3.27mg/l.

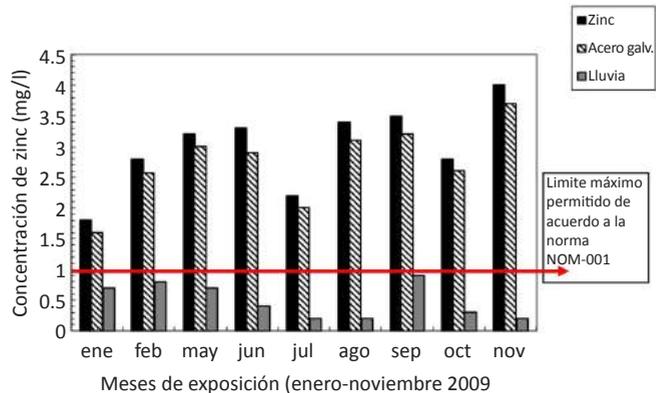


Figura 3. Concentración de zinc en el Ambiente Urbano (Villahermosa)

Conclusiones

En el clima tropical húmedo de Cunduacán, debido a la presencia de lluvias débilmente ácidas y altos niveles de humedad relativa del medioambiente, se observa el proceso de liberación (*runoff*) de iones de zinc, como resultado de la disolución de algunos productos de corrosión de carácter básico. Este fenómeno se confirma por una mayor presencia de estos iones en las soluciones *runoff* recolectadas de las muestras en ensayo durante los periodos de lluvias. Se vierten al ambiente concentraciones de zinc que sobrepasan los límites máximos permisibles en aguas residuales como lo establece la norma Normas Mexicanas [15 y 16].

Referencias

- [1] L. Rozenfeld, Atmospheric Corrosion of Metals, B.H. Tytel (Ed.), National Association of Corrosion Engineers (NACE), Houston, TX (1973)
- [2] V. Kucera and E. Mattsson, Atmospheric Corrosion, W.H. Ailor (Ed.), Stockholm, Sweden (1982)
- [3] L.L. Shreir, R.A. Jarman and G.T. Burstein (Eds.), Corrosion, Vol.1-2, Metal / Environment reactions, 3rd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K. (1994)
- [4] L.Veleva and R. Kane, Atmospheric Corrosion (Chapter 2.2), Vol.13A – Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection, S. D. Cramer and B. S. Covinio (Eds.), ASM International, OH, pp. 196-209 (2003)
- [5] U. Evans, Electrochemical mechanism for atmospheric rusting, Nature 206, 980, pp. 980-982 (1965)
- [6] C.J. Slunder and W.K. Boyd, Zinc: Its Corrosion Resistance, 2da ed., T.K. Christman J. y Payer (Eds.), Int. Lead Zinc Research Org., Inc., N. Y. (1983)
- [7] T.E. Graedel, J.E. “Corrosion Mechanisms for Zinc Exposed to the Atmosphere”. J. Electrochem. Soc. 136, 4, pp. 193C-203C (1989)
- [8] X. G. Zhang, Corrosion and Electrochemistry of Zinc, Plenum, N. York, 176 (1996)
- [9] S. Bertling, I. Odnevall, C. Leygraf and D. Berggren, “Environmental effects of zinc runoff from roofing materials- A new multidisciplinary approach”, in *Outdoor Atmospheric Corrosion* ASTM STP 1421, H.E. Townsend (Ed.), ASTM Inter., West Conshohocken, Philadelphia, pp. 200-215 (2002)
- [10] I. Odnevall and C. Leygraf, Environmental Effects of Metals Induced by Atmospheric Corrosion, “*Outdoor Atmospheric Corrosion*”, ASTM STP 1421, H. E. Townsend Ed., ASTM, West Conshohocken. PA, pp. 185- 193 (2002)

- [11] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological profile for zinc, U.S. Department of Health and Human Services, www.atsdr.cdc.gov/es.
- [12] ISO 8565, Corrosion of Metals and Alloys - Atmospheric Corrosion Testing- General Requirements for Field Tests, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, (1992)
- [13] ASTM G 50-76 (2003), Standard Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Test on Metals, ASTM International, (2003)
- [14] Norma Mexicana NMX-AA-051, Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas, SCFI, (2000)
- [15] Norma Mexicana NOM-0001-ECOL, 1996, Establece los límites máximos permisibles de contaminantes de las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- [16] Norma Mexicana, NOM-002-ECOL, Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y Municipales (1996)

Contaminación ambiental por partículas en Villahermosa, Tabasco

**Ramos Herrera S., Valdez Manzanilla A., Bautista Margulis R , Castro M. E.,
Magaña Villegas E., Carrera Velueta J.M y. Barajas Hernández J.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas,
Km. 0.5 Carretera Cárdenas-Villahermosa, C.P. 86100, Villahermosa, Tabasco.
Secretaría de Recursos Naturales y Protección al Ambiente, Villahermosa, Tabasco.
Correo electrónico: Sergio.ramos@dacbiol.ujat.mx

Introducción

Las partículas PM_{10} son indicadoras de contaminación atmosférica. Sus principales fuentes atmosféricas son la quema de combustibles sólidos, las actividades agrícolas y la industria de la construcción. También se forman en la atmósfera por la reacción química de material gaseoso como NO_x , SO_x y COV. Por ejemplo, el azufre del combustible se transforma a SO_2 y una vez emitido a la atmósfera se oxida a SO_3 y luego en ácido sulfúrico (H_2SO_4) o sulfatos (SO_4^{2-}) en forma de aerosoles. El NH_3 , cuya fuente principal es la ganadería y la aplicación de fertilizantes, forma partículas secundarias como el sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$) y el nitrato de amonio NH_4NO_3 al reaccionar con los SO_x y NO_x . Los incendios forestales son también una fuente de emisión de partículas [1].

Las PM_{10} al igual que otros contaminantes gaseosos afectan la salud de las personas. Un estudio de corte epidemiológico encontró asociación positiva entre los niveles diarios de PM_{10} y la variación diaria de consultas a urgencias por enfermedades respiratorias agudas en niños menores de 15 años de edad. Así mismo, incrementos de $20 \mu g/m^3$ se relacionó con incrementos del casi 5% en las consultas por asma [2]. Sin embargo, otro estudio realizado con menores de 5 años de edad, no reveló ninguna asociación entre este contaminante y el número total de consultas por infecciones agudas [3,4]. Estudios realizados en ambientes urbanos han detectado la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en la materia orgánica asociada a las partículas PM_{10} [5].

En Villahermosa, Tabasco, se han registrado concentraciones de PM_{10} cercanas al valor estándar de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vigente en la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993. Por ejemplo, el máximo registrado en mayo del 2001 fue $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en abril del 2002 fue $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en mayo de 2003 fue $265 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y en junio de 2004 fue $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6,7,8]. En un muestreo realizado en la ciudad de Cunduacán, Tabasco, ciudad cercana a Villahermosa, durante el periodo marzo 2003- agosto 2004 se registró un máximo de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [9]. Dichos máximos han coincidió con la temporada de secas, periodo en el que se acostumbra la quema de campos y pastizales y predominan condiciones meteorológicas poco favorables para la dispersión.

Lo anterior antepone la necesidad de estudiar el comportamiento de las partículas, satisfaciendo uno de los objetivos del monitoreo. De tal estudio se pueden sustentar programas de monitoreo y acciones encaminadas a administrar la calidad del aire. La medición horaria de partículas, que en Villahermosa se empezó desde el 2007, brinda la oportunidad de describir el comportamiento temporal de este contaminante, mediante técnicas estadísticas de la variación diurna, tendencia mensual y variación diaria de la concentración de partículas en la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

Estudio de campo y procesamiento de datos.

La ciudad de Villahermosa, tiene una población total que oscila alrededor de los 390,000 habitantes y un parque vehicular alrededor de 75,000 mil unidades. Su elevación sobre el nivel del mar es de 20 m y el clima que predomina en esta zona es el cálido húmedo [10]. La ciudad esta acotada por el Río Carrizal y el Río Grijalva y en su interior se localiza la Laguna de las Ilusiones, la Laguna El Negro, la Laguna del Espejo y la Laguna de la Pólvora. Los registros horarios de PM_{10} durante el 2007-2008 se obtuvieron de la estación de monitoreo automático ubicada en el centro de la ciudad (Figura 1). La variación diurna y la tendencia mensual se calcularon a partir de los registros diarios y se representaron con la media aritmética; la variación diaria se calculo como el promedio de 24 horas [11,12].

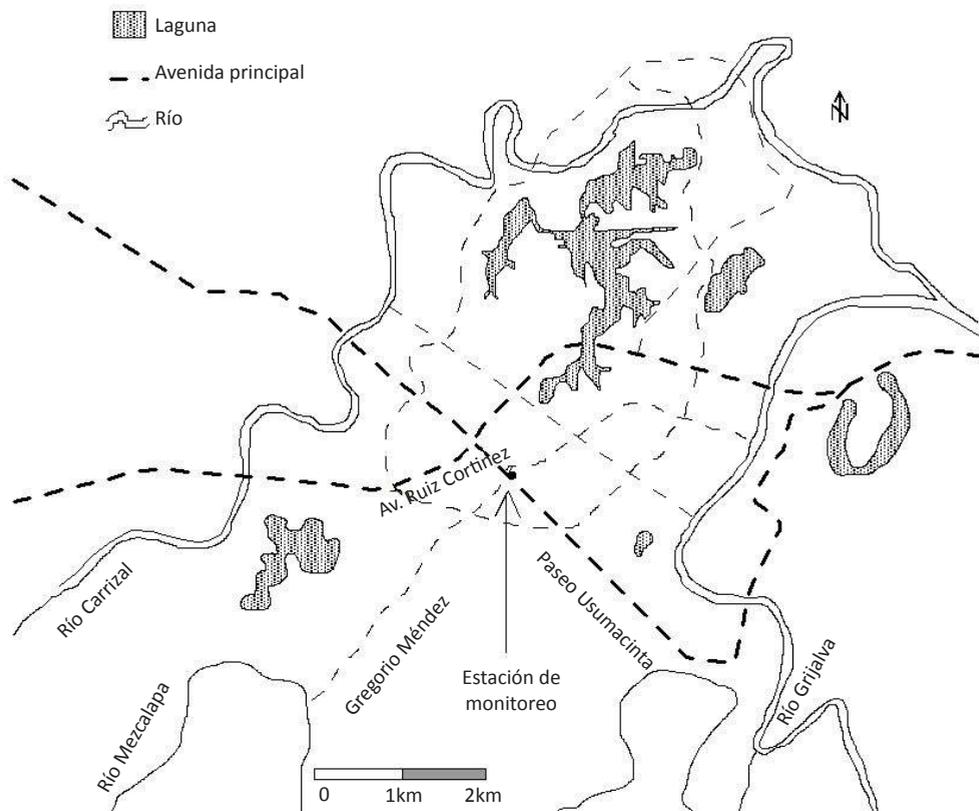


Figura 1. Croquis de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, indicando la ubicación de la estación de monitoreo

La Figura 2 muestra la distribución de frecuencias de las concentraciones horarias de PM_{10} en Villahermosa, Tabasco. La máxima concentración, la media, la desviación estándar y el percentil 98 fueron de 400, 40, 26 y 105 $\mu g/m^3$ respectivamente. No existe un estándar de calidad para la concentración horaria de partículas, sus niveles se relacionan más con el estudio de la variación diurna.

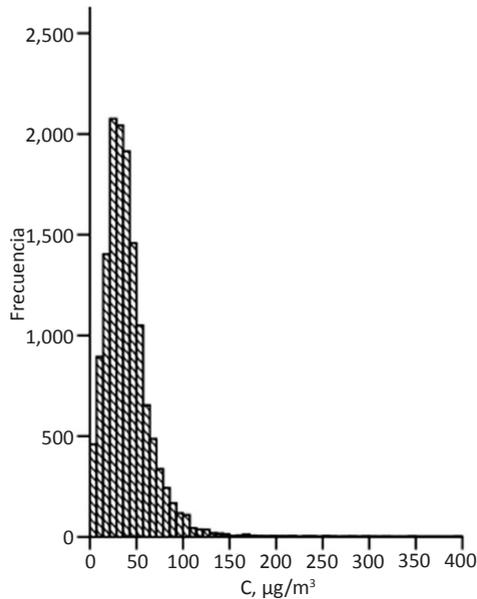


Figura 2. Histograma de frecuencias de las concentraciones horarias de PM_{10} .

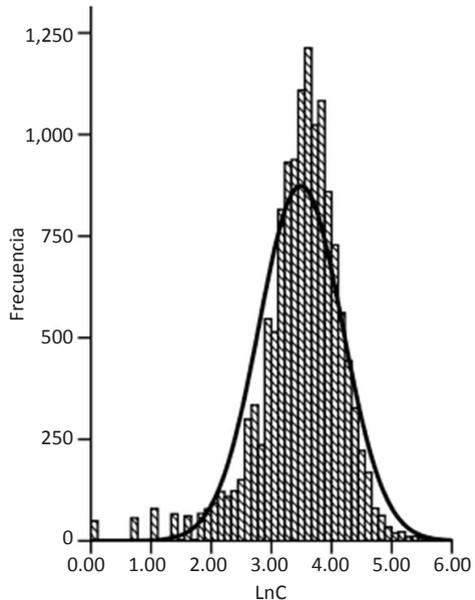


Figura 3. Histogramas de frecuencias del logaritmo natural de las concentraciones de PM_{10} y curva normal.

La prueba de normalidad aplicada al logaritmo natural de los datos rechaza la hipótesis de que las concentraciones horarias tienen una distribución log normal que es muy común en datos ambientales (Figura 3), por lo que sería conveniente ajustar una distribución diferente, beta o gamma, tal vez a los datos horarios. Ajustar un modelo de densidad de probabilidad permitirá estimar probabilidades de que la concentración horaria exceda de ciertos valores.

La variación diurna de las PM_{10} indica dos máximos de concentración; el primero de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se da a las ocho de la mañana y el segundo de $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se da a las nueve de la noche (Figura. 4). Estos picos de concentración en parte son un reflejo de la influencia del parque y el flujo vehicular de la zona [13]. Ciertamente estos picos de concentración no son tal altos como los observados en zonas urbanas como la Zona Metropolitana del Valle de México o la Zona Metropolitana de Guadalajara, aunque para hacer una comparación tendrían que normalizarse los datos, pero nos dan una idea de cómo está la calidad del aire con relación a estas zonas urbanas.

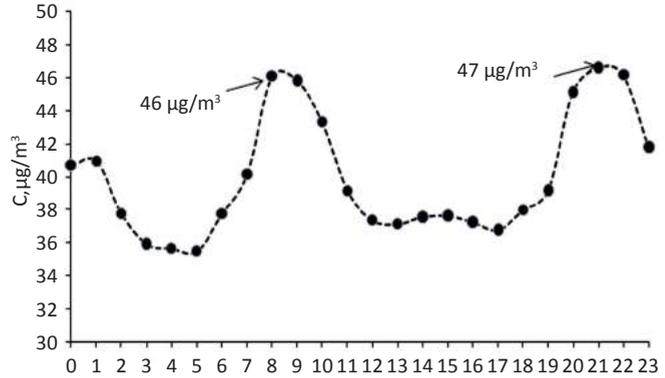


Figura 5. Tendencia mensual de PM₁₀.

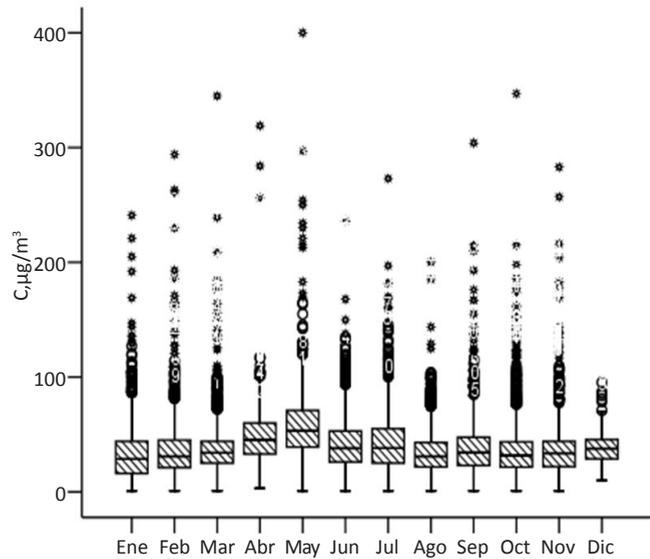


Figura 4. Variación diaria de PM₁₀ en Villahermosa.

La tendencia mensual de las PM₁₀ mostró que el mes de mayo tiene media, mediana y máximo, de 53, 59 y 400 µg/m³, mayores que la de los otros meses (Figura 5). Los meses de agosto y enero registraron las medias más bajas (34 µg/m³). Tal vez esto es el resultado de la influencia de los incendios forestales que se dan por estos meses. Para corroborarlo habría que evaluar la relación entre los días de incendios forestales o de roza tumba y quema y los niveles de partículas o correr modelos de dispersión de contaminantes [14].

La Figura 6 compara el comportamiento de las concentraciones diarias de PM_{10} en la ciudad de Villahermosa en el 2007 y 2008. En 2007 el máximo valor registrado fue $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$, observado a finales del mes de junio, y en el 2008 fue de $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$ observado a mediados de mayo, este último valor excedió el límite máximo permisible de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993 modificada a partir del 2005. La concentración media de todo el periodo fue de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los valores diarios si tuvieron una distribución log normal con media y desviación estándar de 3.6 y 0.33 (Figura 7). Esto se debe a que los valores diarios suavizan los valores horarios al promediar los datos de 24 horas.

Tanto la tendencia mensual como la variación diaria establecen los meses de mayo y junio como los meses donde se dan las concentraciones máximas. Teniendo en cuenta la falta de recursos como un factor que limita el monitoreo automático durante todo el año es aconsejable diseñar un buen programa de monitoreo que abarque los meses anteriores, que de hecho en contingencias pasadas han dado las peores concentraciones de partículas en la ciudad. Esto reduciría costos de operación y mantenimiento del equipo y permitirá mantener el programa de monitoreo de calidad del aire en Villahermosa, Tabasco.

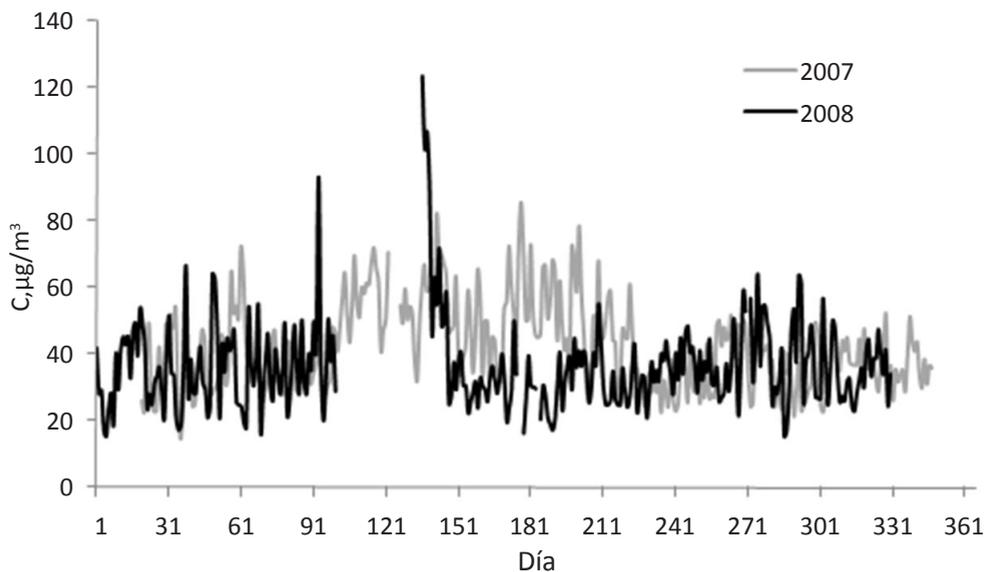


Figura 6. Concentración diaria de PM_{10}

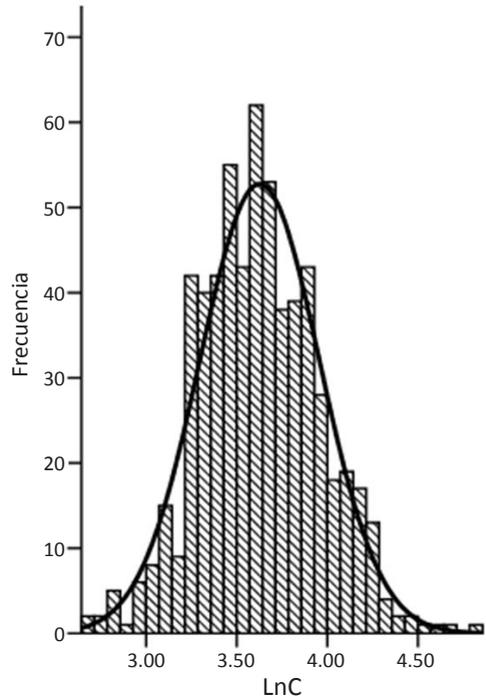


Figura 7. Distribución de la concentración diaria de PM_{10} .

Conclusiones

Durante el periodo 2007-2008 la máxima concentración horaria de partículas fue de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los picos de concentración diurna se dieron a las 8 de la mañana y nueve de la noche y fueron de 46 y $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. El mes de mayo obtuvo la media, mediana y máximo, de 53, 59 y $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mayores que la de los otros meses. La concentración diaria máxima durante el 2007 fue de $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y durante el 2008 fue de $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y se observaron en junio y mayo respectivamente.

Referencias

- [1] D.J. Spedding, Contaminación Atmosférica, Reverté S.A., Barcelona, (2002)
- [2] L. Hernández-Cadena, M.M. Téllez-Rojo, L.H. Sanin-Aguirre, M. Lacasaña-Navarro, A. Campos, I. Romieu, Salud Pública Mex. 42, 288-297 (2000)

- [3] H.U. Ramírez-Sánchez, M.A. Andrade-García, M.E. González-Castañeda, A.J. Cells-de la Rosa, *Salud Pública Mex.* 48, 385-394 (2006)
- [4] L. Hernández-Cadena, A. Barraza-Villareal, M. Ramírez-Aguilar, H. Moreno-Macías, P. Millar, L.A. Carvajal-Arroyo, I. Romieu, *Salud Pública Mex.* 49, 27-36, (2007)
- [5] O. Amador-Muñoz, A. Delgado-Rodríguez, R. Villalobos-Pietrini, Z. Munive-Colin, R. Ortiz-Marttelo, G. Díaz-González, J.L. Bravo-Cabrera, S. Gómez-Arrollo, *Rev. Cont. Amb.* 4, 193-204, (2001)
- [6] SEDESPA, Primer Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2001-2002, Gobierno del Estado, Villahermosa, Tabasco (2003)
- [7] SEDESPA, Segundo Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2003. Gobierno del Estado, Villahermosa, Tabasco (2004)
- [8] SEDESPA, Informe de la Calidad del Aire del Estado de Tabasco 2004, Gobierno del Estado, Villahermosa, Tabasco (2005)
- [9] M.A. Lunagómez-Rocha, Tesis de Maestría, Ciencias Biológicas UJAT (2007)
- [10] INEGI, Anuario Estadístico de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 22a ed., México (2005)
- [11] WHO, Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment, Copenhagen (1999)
- [12] B.L. Bowerman, R.T. O'Connell, A.B. Koehler, Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión, un Enfoque Aplicado, CENCAGE learning, México (2006)
- [13] J. Keary, S.G. Jennings, T.C. O'connor, B. Mcmanus, M. Lee, *Environmental Monitoring and Assessment.* 52, 3-18 (1998)
- [14] P. Vanderstraeten, Y. Lénelle, A. Meurrens, D. Carati, L. Brenig, Z.Y. Offer, *Environmental Monitoring and Assessment.* 132, 253-262 (2007)

Evaluación de un lodo de pantano para eliminar materia orgánica

**García Marín M. J., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P.,
Díaz Flores L. L., y Ojeda Morales M. E.**

División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1 Col. La Esmeralda,
C.P. 86690 Correo electrónico: juanagm10@hotmail.com

Introducción

Las aguas residuales se someten a diferentes tratamientos dependiendo de sus contaminantes y de la calidad que se requiera alcanzar, ya sea que esta se disponga en los cuerpos receptores, o pueden usarse como agua de riego, así como también en actividades industriales que no requieran de líquidos semejantes a la potable. En general los procesos de tratamientos de agua se componen de tres etapas. Los tratamientos primarios que son aquellos que se basan en procedimientos de separación física para disminuir los sólidos totales y parcialmente la demanda bioquímica de oxígeno, Los secundarios que se basan en la degradación realizada por microorganismos para reducir adicionalmente la concentración de compuestos orgánicos en el agua, y es en este segundo tipo de tratamiento que se basa este estudio [1]. Algunos autores como [2] mencionan que el proceso biológico en el cual una mezcla de aguas residuales y microorganismos principalmente bacterias, es agitada y aireada se le conoce como lodo activado. Bajo estas condiciones, las bacterias oxidan la materia orgánica (mo) convirtiendo una parte en microorganismos nuevos y energía [2].

Para determinar la eficiencia de remoción de materia orgánica se medio a través de la técnica analítica conocida como demanda química de oxígeno (DQO). Se trata de un modelo matemático para la obtención de curvas típicas [3].

Reactor Biológico

Se adapta un recipiente de poliuretano cuya capacidad aproximada fue de 2 litros, el diámetro inferior fue de 8 cm el superior de 8.3 cm y una altura de 30 cm, se perforó un orificio de 1 cm en la parte superior cerca de la entrada para introducir la línea de aireación, cubriéndolo con una tapa del mismo material. Se coloca el difusor en el fondo del reactor donde se inyecta aire, para que se realice una homogenización de la mezcla. El lodo activado en el agua permanece noventa y seis horas permitiendo que las bacterias desarrollen su trabajo, convirtiendo el agua residual en un líquido claro y sin olores.

El Lodo activado fue obtenido de un lugar conocido como “Los Pantanos de Centla”, Tabasco.

Se utilizó un motor para la aireación de una pecera, se suministró aire en una concentración de 2 mg/l de oxígeno disuelto.

Toma de la Muestra

Se tomaron tres muestras de agua residual del cárcamo localizado en Frontera, Centla, Tabasco en fechas diferentes. El pozo tiene una profundidad de 2.5 metros, la muestra fue tomada a 0.45 m de la superficie del agua, sin hacer disturbios y sin acumulación de sólidos, y fue transportada al laboratorio de química de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura en donde se realizaron los parámetros fisicoquímicos como es el pH, Temperatura y DQO.

Medición de pH y Temperatura

Las lecturas de pH se hicieron bajo la norma NMX-AA-008-SCFI-2000, antes de verter el agua residual al reactor biológico y después de permanecer el agua en contacto con el lodo este procedimiento se realizó cada 24 horas. La temperatura se determinó al mismo tiempo que el pH.

Medición de la DQO

La DQO se determinó por el método titulométrico, reflujo abierto (5220), aplicando la técnica [4]. Las lecturas fueron realizadas antes y después del tratamiento.

Descripción de las variables

Las variables que se tomaron en cuenta fueron las siguientes: la primera es agua residual con aireación, la segunda es agua residual tratada con 1 g de lodo activado y aireación y la tercera es agua residual tratada con 10 g de lodo activado y aireación como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1

Descripción del agua residual en el reactor

N _o Muestras	H ₂ O Residual	Lodo activado	Aireación
M1A1			
M1A2			
M1A3	1000 ml	No	Si
M1A4			
M1A5			
M2A2LA1		2 g	
M2A2LA2	1000 ml	si	si
M2A2LA3			
M2A2LA4			
M3A20LA1		10 g	
M3A20LA2			
M3A20LA3	1000 ml	si	si
M3A20LA4			
M3A20LA5			
M1A = Muestra con aeración			
MA2L = Muestra aeración con 1 g de lodo activado			
MA20L = Muestra aeración con 10 g de lodo activado			

Parámetros Físicoquímicos

Determinación de Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática y en las reacciones, por ejemplo el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en la fría. Como se puede observar en la figura 1, existe un aumento

en la temperatura; esto puede deberse al incremento de temperatura ambiente ya que no se le colocó al reactor algún termostato que nos generará aumento de temperatura, o bien como lo menciona [5], diciendo que al realizar las bacterias su degradación de materia orgánica estas generan por un lado gases y por otro energía.

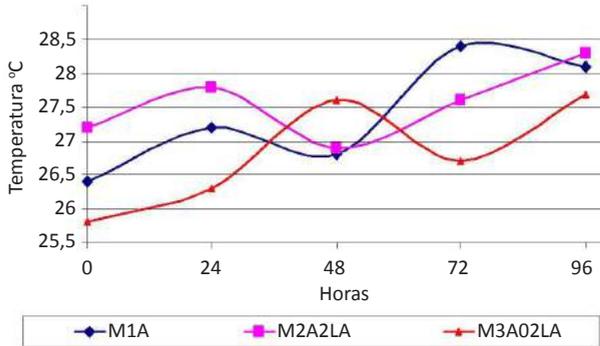


Figura 1. Valores de temperatura durante el tratamiento del agua residual

Determinación de pH

En la figura 2 como se observa las líneas de pH tienen un crecimiento considerable, debido a que el pH del lodo activado tiene un valor alto que al momento de agregarlo al agua residual aumenta la concentración. En la línea M1A no existe lodo activado sin embargo Serrano Espinosa [6] dice que el oxígeno oxida la materia orgánica haciéndola corrosiva, razón por la cual llega a tener un punto alto de pH. La diferencia que existe de pH entre las líneas M2A2LA Y M3A20LA se debe a la cantidad de lodo activado que contiene cada línea. En el sistema M3A20LA existe un exceso de lodo activado (10 veces más que la línea M2A2LA), esto provoca que el índice de pH supere lo establecido. Según [7] dice que el pH es un indicador del medio en que puede vivir y reproducirse una bacteria. La mayoría de las bacterias no pueden tolerar niveles de pH por encima de 9.5 o por debajo de 5.5, por lo general el pH óptimo se encuentra entre 6.5 y 8.5.

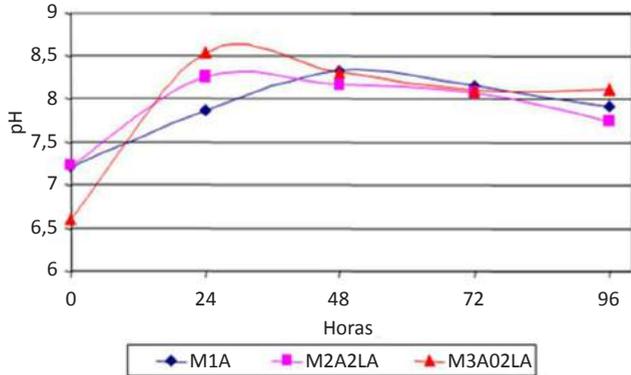


Figura 2. Valores de pH durante el tratamiento del agua residual

Determinación de la DQO

En la figura 3 se observa que las curvas son diferentes, esto se debe a la cantidad de lodo activado de cada línea, sin embargo la primera línea al momento de obtener la muestra llovió y cuando se obtuvo el agua residual del cárcamo esta tenía una cantidad de materia orgánica muy baja, además este sistema no tiene lodo activado aún así existe una remoción de materia orgánica por la presencia de oxígeno ya que le hace llegar una línea de aeración. La línea M2A2LA, tiene una caída muy rápida esto debido a que la cantidad de lodo activado fue la precisa para bajar la cantidad de materia orgánica contenida en el agua residual. La línea M3A20LA la curva representa una remoción de materia orgánica con un tiempo mayor comparada con la anterior, sin embargo la disminución de materia orgánica es considerable y se estabiliza.

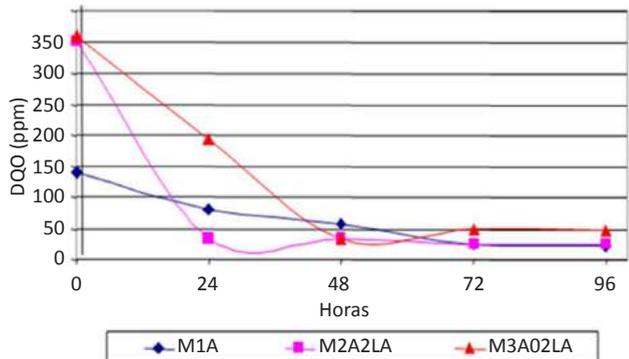


Figura 3. Valores de DQO durante el tratamiento del agua residual

4.6. Porcentaje de remoción de materia orgánica.

Las curvas de la figura 4 indica el tiempo y el % de remoción de la materia orgánica de cada tratamiento: La curva M1A tiene una remoción del 83% con un tiempo de 72 horas. La curva M2A2LA tiene una remoción del 91% en un tiempo de 24 horas. La curva M3A20LA tiene una remoción del 91% con tiempo de 48 horas. Observando que la curva M2A2LA es la mejor.

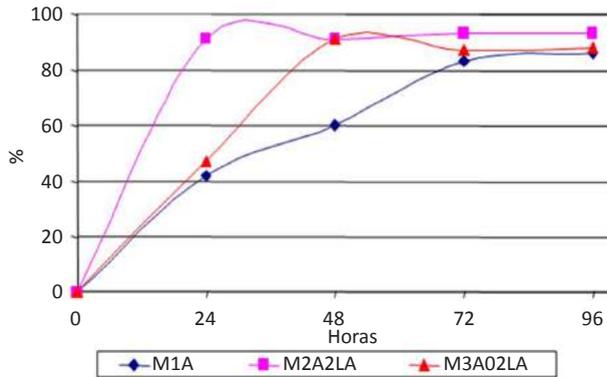


Figura 4. Porcentaje de remoción durante el tratamiento del agua residual

Conclusiones

El estudio propuesto cumplió con lo esperado y más, porque se observó que la eficiencia de remoción de materia orgánica de un lodo de pantano es efectivo y en nuestro estudio sólo se trato con 1 g por cada litro de agua residual, sugerimos que se realizan pruebas en donde se contemple menos cantidad de lodo activado para saber si aún se pueden obtener valores más altos que el de nosotros y el tiempo fue muy rápido pero también sugerimos que realicen tiempos de observación cortos como analizar cada 3 horas el avance de la remoción.

Referencias

- [1]. Glynn J. Henry y Heinke Gary W. Ingeniería ambiental, Segunda edición, Editorial Pearson. Pág. 421-455 (1998).
- [2]. Kemmer Frank. N. Manual del agua su naturaleza, tratamiento y sus aplicaciones, cuarta edición, editorial Mc Graw Hill, Pág. 23-33 (1982)

- [3]. Ármalo R. S. Tratamiento de aguas residuales, tercera edición, editorial Reverte, S.A., pág. 553-555 (1996)
- [4]. AmericanPublic Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federtion. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Santos, S.A. Madrid España. Apha, Awwa Wpcf. (1992)
- [5] Gordan M.P. *Purificación, tratamiento y remoción de aguas residuales*, cuarta edición, editorial Limusa-Wiley, S.A., pág.78. (1971)
- [6] Luisa Serrano Espinosa, *Las aguas residuales y sus tratamientos*, 1ª Edición, Editorial ERCA, Pág. 5-230. (1997)
- [7] Metcalf & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales*, 1ª Edición, Editorial Mc Graw-Hill pag. 24-102 (2001)

Alternativa de tratamiento por precipitación química, en aguas residuales provenientes de laboratorios ambientales

López Vidal R., Laines Canepa J. R. y Solís Silvan R.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas,
Km. 0.5 Carretera Cárdenas-Villahermosa, C.P. 86100, Villahermosa, Tabasco.
Tel. (993) 223 3214; fax (993) 354 43 08. Correo electrónico: rociolv33@hotmail.com.

Introducción

Dentro de la problemática que presentan los centros de investigación, laboratorios de análisis y los centros técnicos universitarios a nivel nacional, internacional y mundial, es la utilización, tratamiento y vertido de las aguas residuales generadas en dichas áreas; los múltiples usos a que se destina el agua y la creciente demanda la han convertido en un recurso limitado, cuando no escaso, Rigola Lapeña M [1].

Actualmente en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI) se generan aguas residuales industriales provenientes de los laboratorios de análisis fisicoquímicos, cromatográficos y remediación, en donde se realizan diversos análisis, los cuales generan una mezcla de agua residual con altas concentraciones de ácidos fuertes, material inorgánico, así como sustancias corrosivas, tóxicas y volátiles, que son descargadas a un estanque natural ubicado al suroeste de las instalaciones de la DACBIOL sin tratamiento alguno. Por lo anterior, surge el interés en evaluar las condiciones de descarga que éstas presentan, llevando a cabo una caracterización fisicoquímica, teniendo como resultado descargas ácidas, por lo que fue necesario aplicar un pretratamiento basado en la neutralización de las aguas residuales industriales, agregando tres reactivos como alternativa, el Hidróxido de sodio, NaOH, Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y el Hidróxido de potasio, KOH, este método químico es una alternativa para la depuración de las aguas industriales, propuesto por Fonfría y De Pablo [2]. Posteriormente se realizó la precipitación química utilizando sulfato de aluminio como coagulante químico y un polímero como

floculante, Noyola [3], con la finalidad de obtener aguas residuales tratadas con características aceptables para su descarga, esta caracterización estuvo basada en la NOM-001-ECOL-1996. Aunque la denominación del proceso secundario se aplica generalmente a procesos biológicos la eliminación de compuestos también, puede realizarse por medio del tratamiento fisicoquímico, tal como lo propone Fair, *et al* [4]. De las pruebas realizadas en la neutralización se determinó que la mejor opción para este proceso fue el hidróxido de sodio (NaOH), ya que es muy eficiente, genera pocos sedimentos al combinarse con el sulfato de aluminio y el polímero, además de su bajo costo en referencia con las características que presentaron los otros reactivos. Con base en los resultados obtenidos se propone un diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de laboratorios ambientales adecuado para este tipo de efluentes, que consta de los siguientes procesos: sistema de igualación y bombeo, neutralización, sistema de dosificación química y sedimentación, los cuáles de manera integral permitan eliminar compuestos o materiales orgánicos, así como la precipitación de elementos y compuestos tóxicos inorgánicos generados en las áreas de laboratorios de la DACBIOL.

Caracterización Fisicoquímica de Aguas Residuales

Las técnicas de muestreo y de análisis usadas para caracterizar las aguas residuales van desde determinaciones químicas cuantitativas y precisas, hasta determinaciones biológicas y físicas cualitativas. Las actividades de campo y laboratorio, se realizaron de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-3-1980 y a la NOM-001-ECOL-1996 (Actualmente NOM-001-SEMARNAT-1996) [5], respectivamente, en las instalaciones de la División Académica de Ciencias Biológicas.

Muestreo del Agua Residual

Se colectaron muestras simples y compuestas, [6], se aforaron las descargas de aguas residuales por el método de llenado de recipientes, adecuado para caudales pequeños o descargas intermitentes y se realizó una caracterización a las descargas de aguas residuales. Lo anterior de acuerdo a la normatividad antes mencionada, así como la aplicación del Standard Methods, APHA (American Public Health Association) [7]. Para determinar los criterios de diseño del tanque de equalización y bombeo, se registraron los gastos volumétricos por hora de recolección de

muestras de agua residual durante un ciclo de 24 horas, midiendo el pH para observar el comportamiento del mismo. Con los datos obtenidos se procedió a proponer el diseño teórico de la unidad de recepción para buscar uniformidad en el flujo de agua; primero se calculó el volumen necesario del tanque equalizador para la regulación del caudal siguiendo los pasos de diseño, de acuerdo a lo propuesto por Metcalf y Eddy [8]. Se desarrolló una curva de caudales acumulados de agua residual, se preparó una representación gráfica de los volúmenes acumulados y finalmente se determinó el volumen necesario del tanque equalizador.

Se realizaron ensayos de neutralización utilizando un potenciómetro Hanna HI. Se hicieron ensayos de coagulación-floculación mediante pruebas en jarras, para encontrar la dosis requerida de coagulante; el coagulante que se utilizó fue el sulfato de aluminio, $Al_2(SO_4)_3$, y se midieron los tiempos de sedimentación de partículas. Por otro lado, se dosificó un polímero a las muestras de agua, con las diferentes sustancias alcalinas (NaOH, KOH y $Ca(OH)_2$), midiendo los tiempos de sedimentación, para buscar la dosis óptima del hidróxido con dicho polímero.

Ensayos de Gastos de Agua Residual

Después de haber seleccionado los puntos de muestreos se procedió a la colecta de la muestra compuesta, se midieron los gastos de agua residual, en la Figura 1 se muestra el gasto promedio.

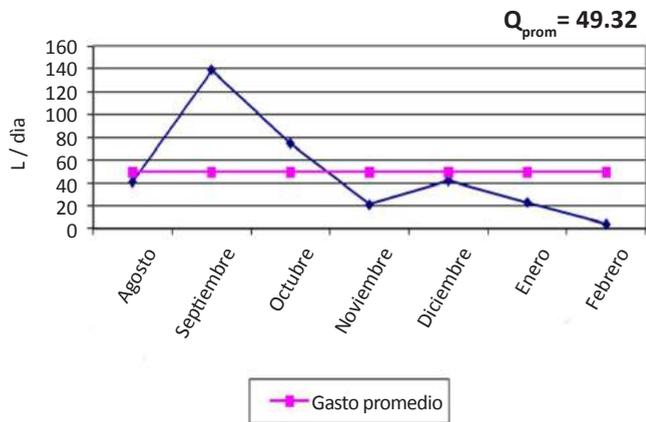


Figura 1. Variaciones del caudal promedio en la muestra compuesta

Ensayos de Neutralización, Precipitación y Coagulación

Posteriormente se hicieron los ensayos de neutralización y se hizo la comparación de las reacciones de los agentes neutralizantes, para obtener un pH neutro, ver Figura 2. Después de haber realizado neutralización, precipitación y coagulación-floculación, se observó que el mejor comportamiento de la muestra fue utilizando NaOH, ya que fue el reactivo que se utilizó en menor proporción como neutralizante y fue muy efectivo, además de presentar una mejor formación de flóculos con el sulfato de aluminio y el polímero en comparación con los otros reactivos. Por otro lado, la muestra clarificada después de la prueba de precipitación química con coagulante, NaOH y polímero, se caracterizó y los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla 1, los cuales cumplen con lo especificado en la NOM-001 Ecol/96.

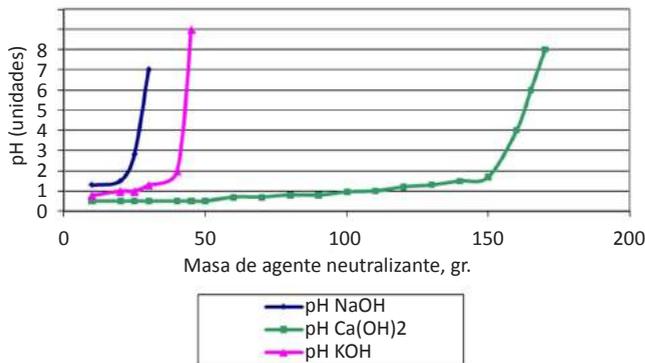


Figura 2. Comparación de los tres agentes neutralizantes que se utilizaron para obtener en las muestras de agua residual industrial un pH neutro

En función de los gastos de aguas residuales generados en los laboratorios de servicios ambientales, se realizaron cálculos para estimar la capacidad del tanque de igualación, dando un volumen aproximado de 400 litros, considerando los límites máximos de acumulación de caudales. En la Figura 3, se muestra la curva para realizar los cálculos de volúmenes del tanque de igualación. Se diseñaron el tanque equalizador, el clarifloculador y la cama de secado de lodos para poder integrar el Sistema de Tratamiento Físicoquímico Independiente.

Tabla 1.

Resultados de la caracterización antes y después de las pruebas de precipitación química con coagulante, NaOH y polímero

Parámetros	Método utilizado	Resultados de la muestra clarificada después de la prueba de precipitación química con coagulante, NaOH y polímero		
		Resultados de la muestra de agua residual antes de la prueba de jarras	Resultados de la muestra clarificada después de la prueba de precipitación química con coagulante, NaOH y polímero	% de remoción
Temperatura, °C	NMX AA-7-1980	28	23.0	17.85
DBO ₅ , mg/l	NMX AA-28-1981	125.0	52.0	58.4
DQO, mg/l	NMX AA-30-1981	360.0	104.0	71.1
pH, unidades	NMX AA-8-1980	1.0	7.8	
Conductividad eléctrica, μmhos / cm	NMX AA-72-1981	5,450.0	1,270.0	76.69
Sólidos suspendidos totales, mg/l	NOM AA-93-1984	377.0	5.0	98.6
Fósforo total, mg/l	APHA 1992	1.93	0.742	61.4

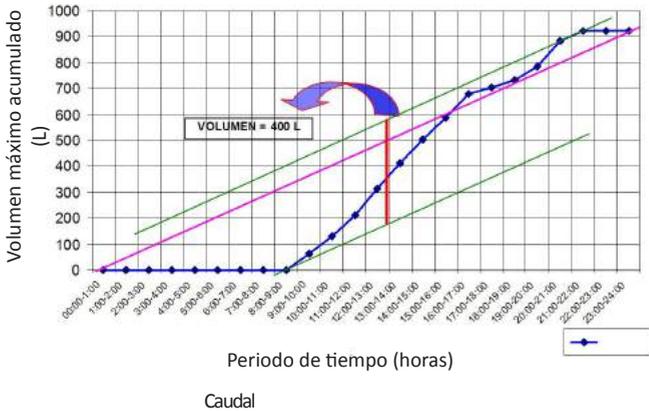


Figura 3. Curva para el cálculo de volúmenes del tanque de igualación

Conclusiones

Con base en los resultados de la caracterización de las aguas residuales generadas en los laboratorios, fué necesario aplicar una fase de neutralización, en donde el hidróxido de sodio, NaOH, se consideró la mejor opción. Se observó que en los ensayos de precipitación química, con la mezcla de NaOH y $Al_2(SO_4)_3$ se logró clarificar el agua residual industrial sin producir grandes cantidades de sólidos

sedimentables. Asimismo, para la floculación con el polímero, se presentó mejor con el NaOH, ya que con poca dosis de polímero se logró obtener una muestra cristalina, en un buen tiempo de sedimentación.

Con la suma de procedimientos efectuados, se generó el diseño funcional del tratamiento fisicoquímico independiente, lo cual se considera una alternativa eficiente de manejo en este tipo de efluentes.

Referencias

- [1] Rigola Lapeña Miguel, Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residual, Editorial Marcombo, Colombia, pp. 137, (1999)
- [2] Sans Fonfría RE, De Pablo Ribas J. Ingeniería Ambiental, contaminación y tratamiento, Editorial alfa omega, Colombia, pp. 97-107, (1999)
- [3] Noyola R. A., González, E. V., Ramos, J. G., Mólgora, C. C. Alternativas de tratamiento de aguas residuales, Módulo 3 pp. 1, 2, 4, Manuales IMTA, México, (2000)
- [4] Fair G.M., Geyer J., Okun, D. A., Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales, Vol. II, Limusa, (1979)
- [5] NOM-001-ECOL-1996 (NOM-001-SEMARNAT-1996)
- [6] R.S.Ramalho, Tratamiento de Aguas Residuales, Editorial Reverté S.A. Barcelona España, pp. 10, 27, 93. (1993)
- [7] APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation), Standar Methods for the examination of water and wastewater, Joint Editorial Board, Washington D.C., (1990)
- [8] Metcalf and Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, Vol. 1, Mc. Graw Hill, (2000)

Evaluación del proceso de reciclaje de una mezcla de aceites lubricantes usados en motores diesel mediante centrifugación y destilación atmosférica y a vacío

**Sánchez Ramírez F., Sifuentes Gallardo P., Ojeda Morales M. E.,
Lezama García R., y López Rodríguez A. S.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Carr. Cunduacán- Jalpa de Méndez Km 1, Cunduacán,
Tabasco. C.P 86690 Tel/Fax 01 (914) 336 0940
Correo electrónico: pio.sifuentes@daia.ujat.mx

Introducción

En México se producen anualmente 690 millones de litros de lubricantes, que generan un volumen de 450 millones de litros de lubricante usado. Del total generado se recicla 37 millones y otros 13 millones aproximadamente se usan en la elaboración de combustibles técnico-ecológicos. Al resto, esto es, a 400 millones de litros, se les da un uso ambiental inadecuado al contaminar la atmósfera, por quemarse en forma inadecuada [1], o bien por verterse en el suelo de las minas o en drenaje, lo cual provoca deterioro del humus vegetal acabando con la fertilidad del suelo y contaminación de mantos acuíferos, ríos, lagos y mares ya que en el agua impide la adecuada oxigenación asfixiando a los seres que allí habitan [2].

Después de su uso, el aceite lubricante adquiere concentraciones elevadas de hidrocarburos aromáticos, solventes clorados, junto con altas concentraciones de metales pesados. Un litro de aceite puede contaminar un millón de litros de agua, volumen que satisface las necesidades de 12 personas durante un año [1]; mientras que cinco litros de aceite quemados en una estufa contaminan, con plomo y otras sustancias nocivas, 1,000,000 m³ de aire, que es la cantidad de aire respirada por una persona durante tres años [3].

La regeneración de aceites utilizando destilación atmosférica y a vacío que permita presentar una alternativa viable para su reincorporación o utilizar nuevamente el aceite base regenerado para la fabricación aceites lubricantes.

Pruebas de laboratorio

Se utilizaron tres tipos de aceites: Aceite nuevo, mezcla de aceites usados y aceite regenerado en laboratorio. Al aceite nuevo y regenerado se les realizaron pruebas de viscosidad, utilizando un viscosímetro Brookfield DV-II + Pro y un rotor tipo 63, aplicando velocidades de corte de 1.5, 3.0, 6.0, 12.0, 30.0, 60.0 y 100 s^{-1} y temperatura de 28 °C y para el aceite usado se utilizó el rotor 64.

Para la limpieza del aceite usado se colocaron en una centrífuga Hernle modelo Z 230 A. 8 tubos de capacidad 7 mL, y se extrajeron muestras de 14 mL a 20, 30, 40 y 50 min a 28 °C . Se realizaron otras 4 centrifugaciones del aceite usado a velocidades de 2000, 3000, 4000 y 5000 rpm, utilizando el procedimiento anterior.

Para obtener el aceite regenerado en laboratorio se instaló un equipo para destilación atmosférica, el cual consistió en colocar una muestra de 350 mL del aceite mineral usado en un matraz de bola de 500 mL conectado a un intercambiador de calor, al cual se le colocaron las mangueras de entrada y salida de agua con una bomba de recirculación colocada en un recipiente con hielo y agua; y finalmente conectado a este un matraz de bola de 250 mL para recolectar el producto de destilación, tal como se muestra en la Figura No. 1.

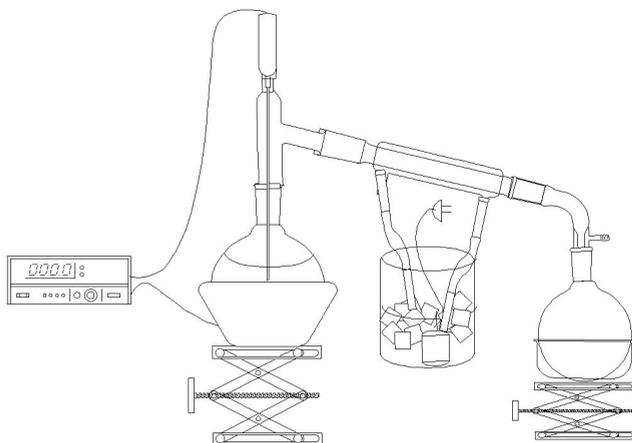


Figura 1. Destilación atmosférica de la mezcla de aceites usados

La muestra se destiló usando intervalos de temperatura de 25 – 150, 151 – 200, 201 – 250, y de 251 – 300 °C con la finalidad de desprender del aceite los compuestos más ligeros y el residuo utilizarlo como alimentación para la destilación a vacío.

Cuando la temperatura del aceite sometido a la destilación atmosférica alcanzó los 300 °C, se aplicó gradualmente el vacío para obtener el aceite base regenerado de la muestra inicial de aceite usado. Para ello se le instaló una bomba de vacío, una trampa de vacío y un manómetro para medir la presión de vacío, tal como se muestra en la Figura 2.

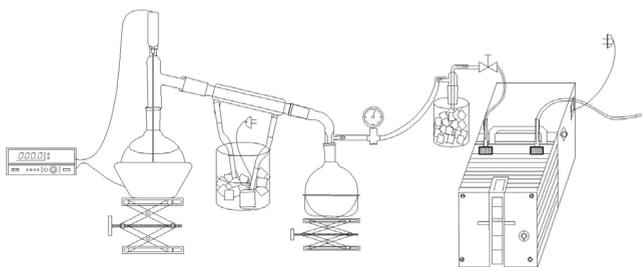


Figura 2. Destilación al vacío de la mezcla de aceites usados

También se destiló una muestra de aceite nuevo utilizando solamente destilación atmosférica para comparar la producción de sustancias obtenidas.

Para la caracterización de impurezas se utilizó un microscopio óptico de luz transmitida marca Zeigen, usando un lente SP40/0.65 160/0.17. Una gota de la muestra de aceite usado fue colocada en el portaobjetos para ser analizada, así como también otra muestra de gel del destilado.

Proceso de centrifugación

El proceso de centrifugación de la mezcla de aceites lubricantes tenía por objetivo que las partículas sólidas contenidas en él se sedimentaran, después de haber realizado dicha operación variando la velocidad de centrifugación no se observaron partículas acumuladas en el fondo de los porta muestras, esto obedece a que las partículas presentes en el aceite son demasiado pequeñas y por lo tanto no es posible separarlas bajo las condiciones de operación implementadas, esto sugiere que los sólidos de mayor tamaño habían sido sedimentados durante el almacenamiento de la mezcla de aceites. No obstante el incremento de la velocidad de centrifugación hasta 5000 rpm y usando el mayor tiempo de 50 minutos no permitió la separación de los posibles sólidos contenidos en la muestra.

Mediante la destilación atmosférica de la mezcla de aceites usados se lograron separar los compuestos ligeros, según los intervalos de temperatura definidos previamente, que de acuerdo con la literatura se deben a la presencia de hidrocarburos aromáticos y solventes clorados, producto de la reacción del aceite con los compuestos halogenados de los aditivos que se lleva a cabo en el interior de los motores [4]. En una comparación realizada de la destilación atmosférica del aceite nuevo no se obtuvieron compuestos volátiles como ocurrió con la mezcla de aceites usados, sugiriendo que las reacciones no han ocurrido en el aceite nuevo o que estos compuestos de volátiles son consecuencia de contaminación por los combustibles usados en los motores.

El análisis por cromatografía de gases mostró que se obtiene una amplia gama de compuestos de alta masa molecular, por lo que es necesario separar finamente para su identificación.

En la destilación a vacío se obtuvo el aceite base cuya viscosidad tiene un comportamiento muy diferente a la obtenida en la mezcla de aceites lubricantes usados y de los aceites lubricantes nuevos en relación a la velocidad de corte, esto pudiera deberse a que este no contiene aditivos y por tanto su viscosidad es mayor tal como se muestra en las Figuras 3,4 y 5.

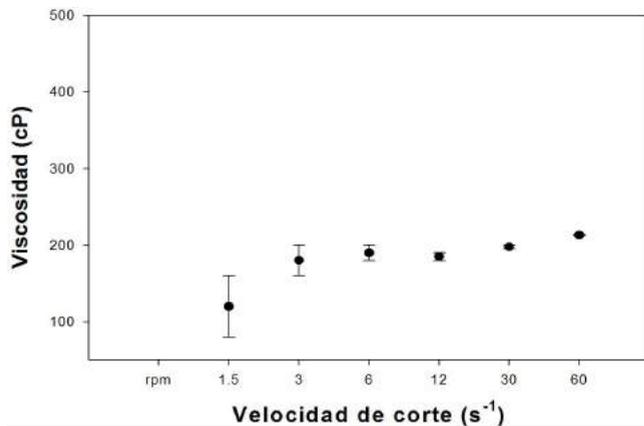


Figura 3. Viscosidad de la mezcla de aceites lubricantes usados

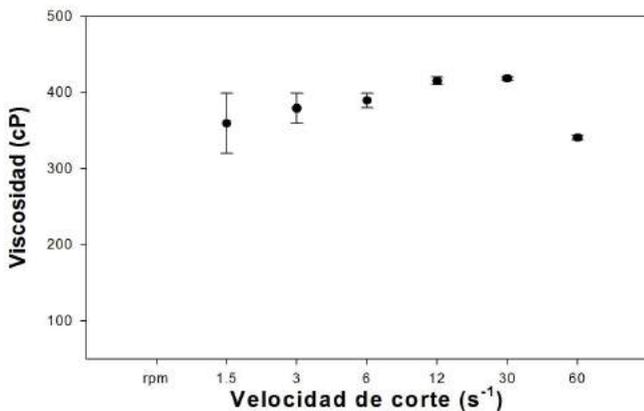


Figura 4. Viscosidad del aceite regenerado en el laboratorio

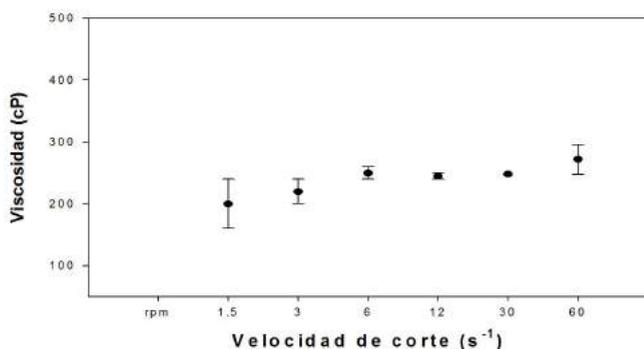


Figura 5. Viscosidad del aceite nuevo MEXLUB®

En la microscopía óptica fue posible observar una especie de geles presentes en la mezcla de aceites lubricantes usados, debido a la polimerización durante las reacciones que se llevan a cabo en el interior de los motores, y que quedaron en el fondo de los matraces que contenían los productos de la destilación atmosférica, los cuales se apreciaron tal como se muestra en la figura 6.

Por otra parte también se obtuvo como residuo en la destilación secundaria un compuesto de alta viscosidad, de color negro y de alto punto de ebullición, reportado como asfalto que contiene metales pesados y por lo tanto es difícil utilizarlo como tal para usos convencionales.



Figura 6. Microscopía óptica de geles

Conclusiones

En el proceso de centrifugación no es posible separar las impurezas contenidas en el aceite lubricante estudiado, comprobando que este método es eficaz para la limpieza de aceites que contienen partículas pesadas como los utilizados en las bombas de vacío.

Los solventes obtenidos en la destilación atmosférica requieren un método de separación más preciso para que en un análisis de cromatografía se puedan identificar con mayor exactitud los compuestos presentes.

El aceite base obtenido por destilación a vacío puede ser utilizado nuevamente en la elaboración de aceites lubricante, no sin antes caracterizarlo para verificar que cumpla con los estándares establecidos.

En el caso del asfalto obtenido como residuo en el proceso de destilación es posible que no pudiera ser utilizado tal como el asfalto convencional debido a que este contiene todas las impurezas y metales pesados que se retiraron del aceite usado durante el proceso de destilación.

Referencias

- [¹] Garfias Francisco Javier y Ayala Weber, Luis Barojas. Residuos Peligrosos en México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. (1995)

- [²] Rosales M., Luis Adán, Naranjo J., Néstor, Almaraz A. Norma, González S. Laura, Cisneros R, Paola. Análisis Sobre la Disposición de los Aceites Usados de Automóvil en la Ciudad de Durango. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, UPN, Unidad Durango. (2007)
- [3] Gómez C. M., García G. C., Hernández A., Ramírez P. La industria de la Re-refinación de Aceite Mineral Usado en Argentina, Universidad CEMA. (2007)
- [⁴] Rosales M. Luis Adán, Biorremediación de Suelos Contaminados con Aceite de Automóvil con el Hongo de la Pudrición Blanca *Pleurotus Ostreatus* (setas) en Durango. Tesis de Maestría. (2008)

Diagnóstico de la generación de residuos peligrosos en laboratorios de la DACB-UJAT.

Barradas Campechano P.¹ y Morales Bautista C.M.²

¹Gestión y Asesoría Jurídica Ambiental, S.C. Sindicato Agrario No. 309, Adolfo López Mateos, C.P. 86040 Villahermosa, Tabasco. Tel. 01 993 160 0115.

Correo electrónico: paolina.barradas.campechano@yahoo.com

²División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Km.1 Carretera Cunduacán - Jalpa de Méndez. A. P. 24 C.P. 86690. Tel. (+52) 914 336 0928.

Cunduacán. Tabasco. México. Correo electrónico: carlos.morales@dacb.ujat.mx)

Introducción

La creciente preocupación de los países desarrollados por la salud y el medio ambiente, junto a la influencia que ejercen los distintos tipos de residuos producidos por el hombre obliga a una gestión adecuada para reducir sus efectos negativos. Dentro de los residuos, uno de los tipos que más atención requiere, si no por su cantidad sí por los potenciales riesgos que encierran, son los residuos peligrosos producidos en los laboratorios químicos y centros similares, entre los que destacan laboratorios de docencia y de investigación de diversas universidades. En estas instalaciones suelen generarse varios tipos genéricos de residuos: urbanos o municipales (papel, cartón, vidrio no contaminados, etc.) peligrosos (sustancias químicas, materiales contaminados, etc.) biológicos, cancerígenos y radioactivos [1, 2]. En los laboratorios de investigación se producen residuos químicos y biológicos que representan un riesgo potencial para la salud, la seguridad de las personas y la contaminación del ambiente. La generación de residuos, manejo, almacenamiento, tratamiento y/o disposición final está regulada por normas ambientales vigentes [2].

Los Laboratorios de DACB-UJAT, no cuentan con un manejo o gestión integral de sus residuos, que permita mejorar la práctica interna de usos, manejo de insumos y residuos que son generados en su actividad diaria. Como problemática se encontró que los reactivos están ordenados alfabéticamente, pero no por compatibilidad, existen recipientes en desuso y sin clasificar; se descarga directamente al drenaje los residuos líquidos y los sólidos al recipiente de los RSU. Se realizó la cuantificación

de los residuos generados mediante el método señalado en la NMX AA 61 1985, y se clasificaron de acuerdo al primer y segundo listado de los residuos peligrosos de la NOM 052 SEMARNAT 2005; y para determinar la forma correcta en que deben acomodarse y utilizarse en cada práctica de acuerdo a la NOM 054 SEMARNAT 1993. La cuantificación de residuos de la DACB-UJAT fue durante un periodo de 7 días, de actividades normales. Teniendo estas clasificaciones se determinó la necesidad de disponer de medios que permitieran la recolección, almacenamiento y eliminación de residuos, en particular mediante la utilización de recipientes herméticos etiquetados de manera clara, inequívoca y legible, y colocar señales de peligro claramente visibles, de conformidad con la normatividad vigente en la materia [3,4]. Los resultados obtenidos muestran que existe mayor generación de residuos líquidos en los que destacan los no halogenados y acuosos, en menor cantidad los residuos sólidos y especiales, la respuesta a esto es que la mayoría de los laboratorios diluyen las muestras y se manejan pocas cantidades de reactivos. Como gestión de los residuos peligrosos se realizaron las siguientes acciones:

- a) Tener un stock de insumos, organizarlos en estantes de acuerdo a las indicaciones de su hoja de seguridad y tener estas últimas al alcance de los usuarios,
- b) Implementar técnicas para minimizar y/o Reducir la generación residuos peligrosos,
- c) Cada responsable de práctica de laboratorio deberá contar con un manual que indique el manejo de residuos generados en sus prácticas para asesorar a los practicantes,
- d) Contar en cada laboratorio con contenedores debidamente rotulados para almacenar temporalmente los residuos dependiendo su clasificación y
- e) Entregar periódicamente a empresa autorizada los residuos generados para su tratamiento y disposición final.

Determinación del Área de Estudio

El área de estudio se ubicó en el Km.1 Carretera Cunduacán - Jalpa de Méndez. A. P. 24 C.P. 86690.Tel. (+52) 914 336 0928. Cunduacán. Tabasco. México, los laboratorios se ubican dentro de la División de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio

Existen en la DACB-UJAT, cinco laboratorios que son exclusivos para actividades docentes, aunque cabe mencionar que en algunos de ellos se realizan trabajos de investigación, tomando en cuenta para el presente trabajo los laboratorios de docencia en el área de química y elaborar un plan de manejo de materiales y residuos peligrosos generados en actividades de laboratorios de docencia de la División Academia de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Actividades y Tipos de Residuos Generados en los Laboratorios de la DACB-UJAT

Para el establecimiento de los grupos de clasificación de los residuos se realizó una revisión de las actividades cotidianas en el laboratorio. Se consideran las actividades de investigación por docentes y comunidad estudiantil, obteniendo un promedio de horas trabajadas por semana en los laboratorios, Tabla 1.

Los residuos generados en los laboratorios por el uso de reactivos e insumos para prácticas e investigaciones docentes se exponen en los siguientes grupos de residuos considerados peligrosos en base a los listados de la NOM 052 SEMARNAT 2005 y por compatibilidad de los mismos de acuerdo a la NOM 054 SEMARNAT 2005 [5].

Tabla 1.

Horario de actividades dentro de los laboratorios de docencia

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Total horas por día	8 hrs	5 hrs	8 hrs	9 hrs	4 hrs
Total horas por semana de trabajo en laboratorios	34 horas por semana				

Grupo I: Disolventes halogenados

Se entiende por tales, los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%. Ejemplos: Cloruro de metileno, bromoformo, etc.

Grupo II: Disolventes no halogenados

Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos.

Grupo III: Disoluciones acuosas

Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer divisiones y subdivisiones.

Grupo IV: Ácidos

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

Grupo V: Sólidos

Se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VI).

Grupo VI: Especiales

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados.

Cuantificación de Residuos

La determinación se efectuó partiendo de las materias primas empleadas en cada actividad, siguiendo su transformación y mezcla con otros productos. Así mismo se tomo en cuenta el número de horas y grupos en una semana normal de actividades para cuantificar y clasificar el tipo de residuo generado. En la Tabla 2 se muestra los resultados de la cuantificación de residuos del laboratorio de DACB-UJAT, en un periodo de 7 días, de actividades normales, de acuerdo a la clasificación propuesta, mediante la metodología de la NMX AA 61 1985.

Tabla 2.

Cuantificación de los residuos peligrosos

Grupo	Características	Cantidad kg/ Lts
Grupo I: Disolventes halogenados	Productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Ejemplos: Cloruro de metileno, bromoformo, etc.	7 Lts
Grupo II: Disolventes no halogenados	Líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Ejemplo: alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos	6 Lts
Grupo III: Disoluciones acuosas	Soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos.	11 Lts
Grupo IV: Ácidos	Ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen).	6 Lts
Grupo V: Sólidos	Productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos.	5 Kgs
Grupo VI: Especiales	Productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados	50 Grs

De acuerdo a la Tabla 2, se obtuvo de residuos líquidos 30 litros y de residuos sólidos 5.5 kilogramos, en un periodo de 5 días, en una semana cotidiana de actividades con 34 horas promedio de trabajo. Es necesario tener en cuenta que los residuos peligrosos, en cualquier estado físico, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, inflamables, tóxicas, y biológico-infecciosas, y por su forma de manejo pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud de la población en general, por lo que es necesario determinar los criterios, procedimientos, características y listados que los identifiquen para estar en posibilidades de proponer un manejo y disposición adecuada, que nos ayude como una Institución educativa que prepara recursos humanos para la sociedad que se cultive el orden, limpieza, manejo y prácticas profesionales que cuiden el medio que nos rodea sin dejar de ser productivos.

Conclusiones

En base a lo detectado , se propone un Plan de Manejo Integral de los Residuos generados en los laboratorios de docencia de la DACB-UJAT, que será un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables que involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores y usuarios, para lograrlo se organizara en dos etapas, donde se tomaran en cuenta principalmente los puntos que cada etapa describe:

Etapa uno, se propondrá un especialista en el área de Residuos, al especialista ambiental le corresponde:

- a) Asesorar a la DACB así como la capacitación del personal académico en el ámbito de gestión ambiental en un curso taller de 20 a 30 horas en donde se tratarán algunos temas como: alta de la UJAT como generador de residuos peligrosos y las rutas alternas para el manejo de los residuos.
- b) Cuantificar la generación de los residuos peligrosos en el resto de los laboratorios que son: Laboratorio de óptica, de electrónica, de física, de redes de computadoras, de investigación de química (catálisis, química aplicada, ambiental y alimentos)

A la DACB-UJAT le corresponde:

Crear o designar al técnico académico o responsable de laboratorio para que exista un adecuado control de insumos y residuos mediante una bitácora real en tiempo y forma cuantificando diariamente cada uno de ellos, además de las siguientes actividades principalmente:

- a) Tener un stock de insumos, organizarlos en estantes de acuerdo a las indicaciones de su hoja de seguridad y tener estas últimas al alcance de los usuarios.
- b) Implementar técnicas para minimizar y/o Reducir la generación residuos peligrosos.
- c) Cada responsable de práctica de laboratorio deberá contar con un manual que indique el manejo de residuos generados en sus prácticas para asesorar a los practicantes.
- d) Contar en cada laboratorio con contenedores debidamente rotulados para almacenar temporalmente los residuos dependiendo su clasificación.
- e) Entregar periódicamente a empresa autorizada los residuos generados para su tratamiento y disposición final.

Referencias

- [1] Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación (2007)
- [2] Reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. Diario Oficial de la Federación (2006)
- [3] Norma Mexicana NMX AA 61 1985. Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de la Generación
- [4] Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación (2005)
- [5] Norma Oficial Mexicana NOM 054 SEMARNAT 2005. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación (2005)

Comparación de dos técnicas analíticas para determinar materia orgánica en sedimento

**Damián Hernández D.L, Sánchez Junco R, Cerón Bretón R.M.,
Cerón Bretón J.G, Canedo López Y., y Ayala Aispuro, V.**

Universidad Autónoma del Carmen. Facultad de Química. Calle 56 No. 4 x Av. Concordia.
Ciudad del Carmen, Campeche. Tel: 01 (938)382 6514,
Fax: 01 (938) 382 6514. Correo electrónico: chidoridx@gmail.com

Introducción

La determinación de la materia orgánica es necesaria para aplicaciones en ecología, ciencia de suelo y cambio climático global. Una de las principales funciones de los suelos es regular el CO_2 en la atmósfera ya que en estos se encuentran almacenados una gran cantidad de materia orgánica (M.O) que representa un componente importante de las reservas de C globales [1-2] y es fundamental para conocer la productividad agrícola y forestal de los suelos [3-4].

Existen muchos métodos para la medición de la M.O, cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas en términos de exactitud, costo y manipulación de muestras [5]. Entre los métodos más utilizados se encuentran la combustión húmeda (CH) y combustión seca (CS) por su fácil realización, bajo costo y rapidez. La CH de Walkley- Black consiste en una oxidación con dicromato de potasio en ácido sulfúrico. La reacción toma el calor de la disolución del ácido, lo que eleva la temperatura y logra la oxidación del carbono orgánico. El dicromato residual es posteriormente titulado con una sal ferrosa [6]. Debido a que no se logra una oxidación completa de la M.O se utiliza un factor de corrección, el más utilizado es 1.32 basado en la suposición que el 76% del carbono es oxidado [7]. En la técnica por CS se realiza la medición de la pérdida de peso de la muestra después de realizar una combustión a elevadas temperaturas del material orgánico; el procedimiento analítico varía ampliamente con respecto a la temperatura y al tiempo de combustión, Dean encontró que las pérdidas por ignición llevadas a 550°C proveen

una medida del contenido del material orgánico con una precisión comparable a otros métodos como el analizador de carbono [8-9].

En este trabajo se evaluó la relación entre los valores de Materia Orgánica obtenidos por CH y CS en sedimentos con distintos tipos de vegetación y profundidad, para tres temporadas climáticas en el sitio de Nuevo Campechito en la región de la Península de Atasta.

Muestreo Estacional

El poblado de Nuevo Campechito está ubicado en la Península de Atasta en el estado de Campeche. La geomorfología de la zona está conformada por pantanos y zonas inundables con una altitud entre 0 y 20 msnm. Los suelos de la región se caracterizan por ser muy arcillosos con alta fertilidad y contenido de materia orgánica y se encuentran asociados a una vegetación predominante de Mangle Rojo (*Rizophora mangle*), Mangle Negro (*Avicennia germinans*), Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*) y Mangle Botoncillo (*Conocarpus erectus*).

Se realizaron tres sesiones de muestro estacional (temporada de lluvias, secas y nortes), las parcelas de muestreo se ubican en el sitio de Nuevo Campechito, y fueron escogidas de forma selectiva, buscando representatividad en la región, inquiriendo en una composición de factores tales como vegetación, accesibilidad, intervención humana e hidrología; en cada sitio de muestro se eligieron parcelas de 18 m² de las cuales se tomaron 3 muestras distribuidas en forma de transecto, cada muestra estuvo compuesta por 4 núcleos con 40 cm de separación entre cada uno de ellos y se tomaron a 30 y 60 cm de profundidad, todo esto con el fin de incluir una variación de materia orgánica por parcela [10]

Para la determinación de M.O por CS se utilizaron 5 g de muestra, tamizada a 2 mm, colocada en estufa a 105 °C durante 12 h, luego de pesados fueron colocadas en horno mufla a 550 °C durante 4 h. Antes de realizar las pesadas las muestras fueron colocadas en un desecador con sílica para que alcanzaran la temperatura ambiente y no absorbieran humedad [12].

El método de CH fue realizado con 0.5 g de muestra tamizada a 0.5 mm y se trataron con 10 mL de K₂Cr₂O₇ 1N en 20 mL de H₂SO₄ concentrado. Una vez finalizada la oxidación del C en el sedimento, se agregó 200 mL de agua destilada, 5 mL de H₃PO₄ concentrado y 6 gotas de difenilamina, el exceso de K₂Cr₂O₇ se titulo con disolución de FeSO₄ · 7H₂O 1N [13].

Con el objetivo de comparar las técnicas entre sí, se realizó el análisis de regresión lineal con los datos obtenidos de CH y CS compuesta por todas las muestras de suelo, se utilizó del paquete Statistica 7 un ANOVA anidado. La relación entre ambos métodos fue analizada para el conjunto de vegetación mediante una regresión lineal simple. Se consideró como variable independiente $M.O_{CH}$ y como variable dependiente $M.O_{CS}$, siendo $M.O_{CH}$ = contenido de M.O obtenido por el método de CH; $M.O_{CS}$ contenido de M.O obtenido por el método de CS.

Comparación de las Técnicas Analíticas

En las Figuras 1 y 2 se muestran que los contenidos de M.O determinados por CH fueron, en todos los casos, inferiores a los valores obtenidos mediante el método de CS, resultados similares fueron encontrados por La Manna *et al.*, Brunetto *et al.* y Paez, esto tiene sentido puesto que CS permite la determinación de la M.O total del suelo, incluyendo las formas condensadas, humus, humatos y residuos orgánicos poco alterados [14-15]. En tanto, el método de CH determina solo una parte del carbono orgánico, discriminando las formas condensadas y excluyendo en un 90 a 95% el carbono elemental en [16].

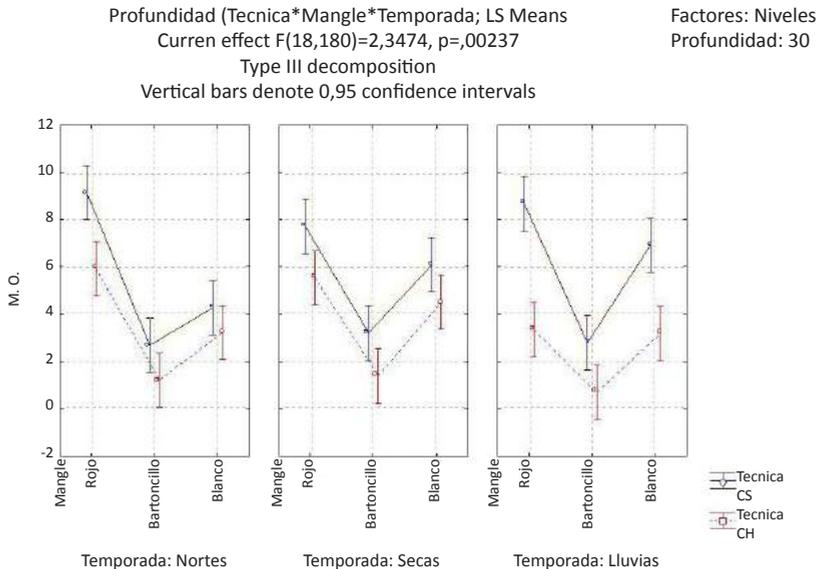


Figura 1. Valores medios del contenido de M.O del suelo, determinados por CH y CS en la Península de Atasta

Profundidad (Tecnica*Mangle*Temporada; LS Means
 Curren effect F(18,180)=2,3474, p=,00237
 Type III decomposition

Factores: Niveles
 Profundidad: 60

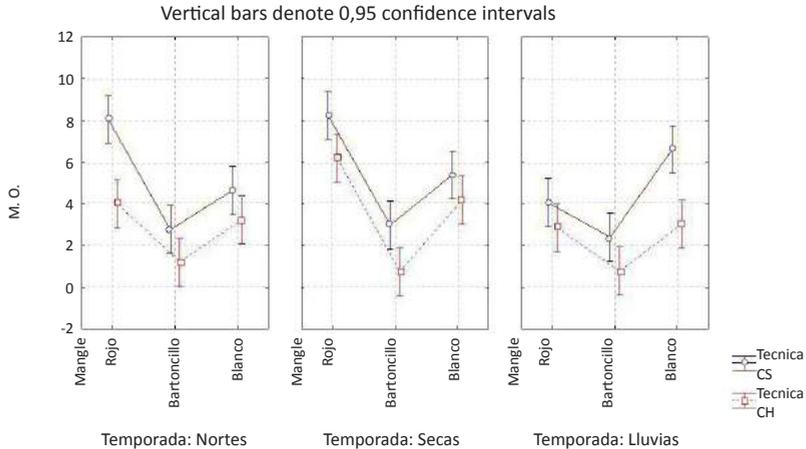


Figura 2. Comparación de los valores medios del contenido de M.O del suelo, determinados por CH y CS en la Península de Atasta

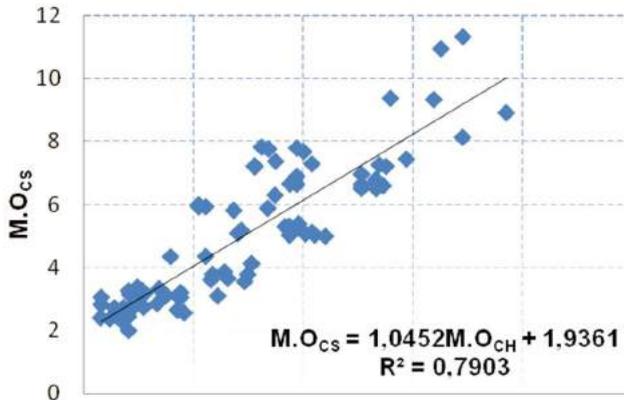


Figura 3. Contenido de M.O obtenido por CS y CH para suelos de la Península de Atasta con diferentes tipos de Mangles

En la Figura 3 se puede observar la ecuación de la recta de regresión que muestra la relación de los contenidos de M.O obtenidos por ambos métodos para el conjunto de vegetación. Esta ecuación puede ser utilizada como factor de conversión para calcular $M.O_{CS}$ a partir de $M.O_{CH}$.

Para Nortes y Lluvias tenemos los mayores contenidos de M.O a 30 cm mientras que a 60 cm se obtiene para nortes y secas. Hay mayor contenido de M.O en Nortes y Lluvias, ya que hay mayor precipitación y el suelo permanece con mayor humedad lo que implica una baja tasa de degradación de la materia orgánica.

Se observa que a mayor profundidad menor contenido de M.O, este efecto es consecuencia de la disminución en la degradación de sustancias húmicas y la carencia del oxígeno a mayor profundidad que reduce la actividad microbiana. Las diferencias halladas entre los tipos de vegetación podrían estar influenciadas por las características intrínsecas de la M.O relacionadas con la composición del tipo de residuo vegetal incorporado al suelo, por ejemplo, para todas las temporadas la vegetación de mangle rojo es la que contiene mayor cantidad de M.O; esto significa una continua acumulación de materia orgánica en los suelos de M. Rojo debido a las bajas tasa de descomposición en sus suelos por estar continuamente inundados y la presencia de sales que también inhiben la descomposición.

La M.O determinada por CH fue en promedio un 45% inferior a los valores obtenidos por CS para estos tipos de vegetación, esta diferencia entre los métodos resulto significativamente superior a la hallada en suelos con vegetación de estepa herbácea y plantación de pino ponderosa (37%) (La Manna *et al.*, 2007), cabe mencionar que la precipitación en el área de estudio es mayor además de tener diferente uso de suelo.

Conclusiones

El contenido de la M.O pareciera estar asociado al tipo de vegetación; en la península de Atasta los sedimentos asociados al M. Rojo son muy finos arcillosos y tienen los valores más altos de M.O., los correspondientes al M. Blanco son sedimentos finos y presentan valores intermedios, mientras, en el M. Botoncillo se encuentran sedimentos arenosos con valores relativamente bajos de M.O.

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que existen diferencias significativas en los niveles de materia orgánica encontrados con respecto a la técnica analítica usada, a la profundidad de muestreo, a la época climática y a la especie dominante de mangle asociada a cada parcela de muestreo. El estudio realizado nos permitió seleccionar el método de CS ya que se aproxima bastante a la cantidad real de M.O presente en la fracción de suelo.

Referencias

- [1] Amundson, R. The carbon budget in soils. *Ann. Rev. Earth Planet, Sci.* 29:535-562 (2001)
- [2] Lal, R., J. M. Kimble, and R. F. Follett. Pedospheric processes and the carbon cycle p. 1-8. *In* R. Lal *et al.* (Ed.) soil processes and the carbon cycle. *Advances in Soils Science.* CRC Press, Boca Raton, Fl. (1998)

- [3] Labrador, M. J. 1996. La material orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Mundi-prensa, Madrid. 174pp.
- [4] Álvarez, R and H Steinbach. Valor agronómico de la materia orgánica. Pp. 13-29, (2006)
- [5] Nelson, D.W. y L.E. Sommers. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 961-1010. (1996)
- [6] Paez, F., Fong, M. y Fernández, H. Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos. Nota Científica (1983)
- [7] Rosell, R.A; J.C, Gasparoni y J.A, Galantini. 2001. Soil organic matter evaluation. Pp. 311-322. (2007)
- [8] Dean, W.E. Jr., Determination of Carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. J. Sediments. Petrol. 44:242-248 (1974)
- [9] Abella, S.R., and Zimmer, B. W. Estimating organic carbón from loss-On-ignition in Northern Arizona forest soil. SSSAJ. 71:545-550 (2007)
- [10] Bernal, B. and Mitsch, J. W., A comparison of soil carbon pools and profiles in wetland in Costa Rica and Ohio. Ecological Engineering, 34:311-323 (2008)
- [11] Programa de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna "Laguna de Términos". Instituto Nacional de Ecología. 1 era Edición. México, DF (1997)
- [12] Heiri, O., Lotter, A. F., and Lemcke G. 2001. Loss on Ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of paleolimnology 25: 101-110
- [13] Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis
- [14] La Manna, L., Buduba. C., Alonso, V., Davel, M., Puentes, C. y Irisarri J. Comparación de métodos analíticos para la determinación de M.O en suelos de la región Andino-Patagónica: Efectos de la vegetación y el tipo de suelo. Cl. Suelo (Argentina), 25:179-188 (2007)
- [15] Brunetto, G., Wellintong, G., Kaminski, J., Furlanetto V., y Bello F. Avaliação do método de perda de peso por ignição na análise de matéria orgânica em solos da Serra Gaucha do Rio Grande do Sul. Ciencia Rural, Santa Maria, 36:1936-1939 (2006)
- [16] Jackson, M. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega. Barcelona. 662pp. (1976)

Indicadores del desempeño ambiental en los procesos

Aguirre Esqueda E.

Carretera estatal Paraíso a Dos Bocas esquina con calle Andres Manuel López Obrador,
Colonia Limón, C.P. 86600, Paraíso, Tabasco, México.
Tel: (933) 333 5559 y (938) 381 0770 ext. 2143
Correo electrónico: Enrique.aguirreesqueda@bakerhughes.com

Introducción

Entre las actividades de la dirección de una organización se incluye la gestión de sus procesos. La dinámica de esta gestión consiste por una parte en determinar y desarrollar sus objetivos entre los que deben estar sin duda alguna los objetivos ambientales, según una estrategia de mejora continua previamente definida y por otro lado efectuar los ajustes requeridos para alcanzar los objetivos ambientales.

El grado de desarrollo del sistema de indicadores es un reflejo del nivel de madurez de las organizaciones ya que la calidad de los indicadores es muy importante para la gestión y para la toma de decisiones, De hecho la calidad de las decisiones esta directamente relacionada con la calidad de la información obtenida.

Indicadores del Desempeño Ambiental

Los indicadores del desempeño ambiental tienen por objeto proporcionar información sobre los parámetros ligados a las actividades o los procesos implantados, por ende los indicadores y los cuadros de mando son pues herramientas indispensables para dirigir una organización, un equipo o un proceso y alcanzar los objetivos previstos, además pueden utilizarse para dirigir un sistema de gestión de medio ambiente.

Con objeto de diseñar los indicadores ambientales es conveniente identificar a los clientes o usuarios y determinar de acuerdo a estos los elementos que mejor

puedan contribuir a poner de manifiesto una situación respecto a los objetivos establecidos.

Un indicador es la medida cuantitativa o la observación cualitativa que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar medidas para solucionarlo, una vez se tenga claridad sobre las causas que lo generaron (Figura 1).

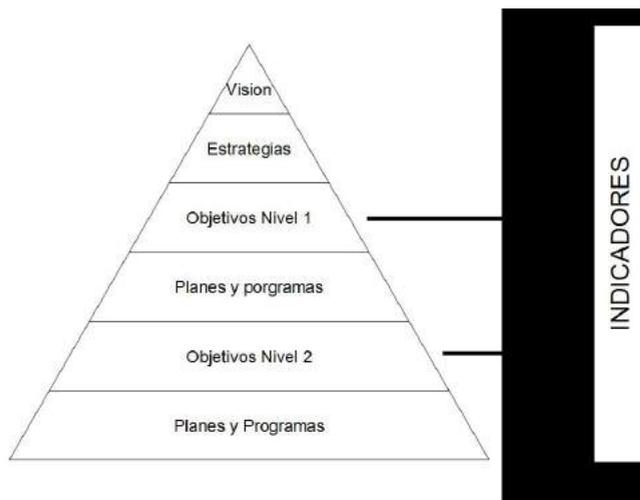


Figura 1. Descripción de indicadores

En este sentido, los indicadores se convierten en uno de los elementos centrales de un sistema de referenciación, ya que permiten, dada su naturaleza, la comparación al interior de la organización o al exterior de la misma.

Sin embargo, para que un indicador cumpla este objetivo de manera efectiva, debe poseer, entre otras, las siguientes características:

- Relevante: debe ser importante o clave para los propósitos que se buscan, simbolizan una actividad importante o crítica.
- Entendible: no debe dar lugar a ambigüedades o mal interpretaciones que puedan desvirtuar su análisis.
- Basado en información confiable: la precisión del indicador debe ser suficiente para tomar la decisión adecuada, resultados cuantificables.
- Transparente/verificable: su cálculo debe estar adecuadamente soportado y ser documentado para su seguimiento y trazabilidad.

- Basado en información específica con relación al lugar y el tiempo: debe ser asociado a hechos reales que faciliten su análisis.

Los indicadores ambientales pueden ser clasificados en tres grandes grupos (Figura 2):

- Indicadores de desempeño: miden la eficiencia y el desempeño ambiental de las operaciones o procesos dentro de la organización.
- Indicadores de gestión: miden los esfuerzos de la gerencia para influenciar el desempeño ambiental de la organización.
- Indicadores de condición ambiental: proporcionan información acerca de las condiciones del ambiente en el ámbito local, regional o global.

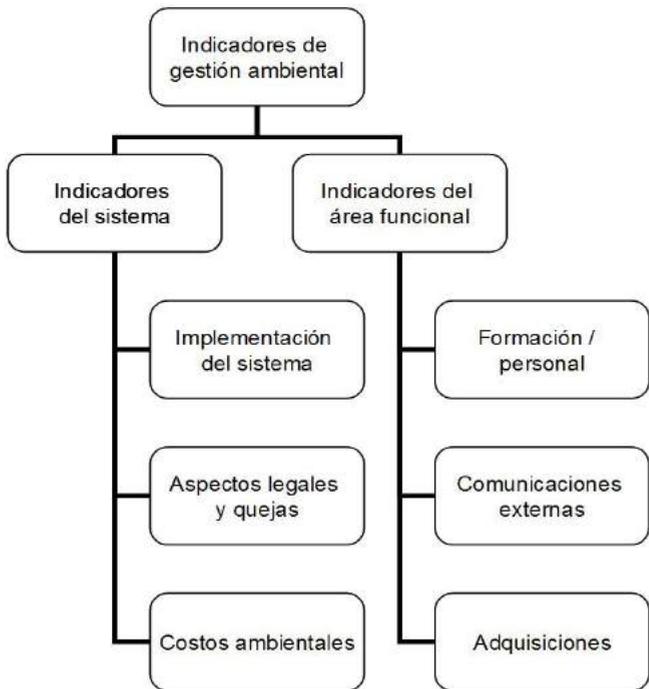


Figura 2. Clasificación de los indicadores ambientales

Para organizaciones pequeñas será suficiente con concentrarse inicialmente en la selección de indicadores de desempeño, dado que la experiencia ha demostrado que estos indicadores son los que albergan los mayores potenciales de ahorro económico y mejoras ambientales.

Por otro lado, las grandes organizaciones pueden complementar estos indicadores con los de gestión para así influenciar directamente su desempeño ambiental. Mientras que los indicadores de condición ambiental son por lo general más significativos para instituciones que sean la causa principal de un problema ambiental regional.

De manera específica los indicadores ambientales obtenidos en un período de tiempo determinado pueden servir para:

- Medir el desempeño ambiental alcanzado.
- Definir acciones correctivas que mejoren el desempeño ambiental, tales como innovaciones de proceso e implementación de estrategias de gestión.
- Priorizar las acciones de forma tal que los beneficios esperados se puedan lograr más rápidamente y de forma más eficaz.
- Reportar el desempeño ambiental a las instancias adecuadas: nivel interno, nivel externo.
- Demostrar las mejoras en el desempeño ambiental ante los clientes, accionistas, miembros de la comunidad, y autoridades ambientales respectivas.
- Compararse con otros centros de tamaño y condiciones similares
- Aumentar la conciencia ambiental interna y de los proveedores, clientes, entre otros.

La implantación del sistema de indicadores requiere no solo la correcta especificación de los indicadores, sino también involucrar a las personas afectadas en su implantación, este segundo aspecto puede ser el más difícil y por lo deben considerarse adecuadamente los criterios aquí descritos sobre formación, comunicación, información y motivación.

En la implantación del sistema es muy importante considerar la formación y sensibilización del personal de la organización involucrado en el área o actividad e evaluada, sobre los objetivos que persigue el sistema de indicadores y sobre si sistema de funcionamiento, es muy importante explicar como el resultado de los indicadores es fruto de las actividades que realiza el personal involucrado en el área o actividad evaluada ya que esto incrementa la motivación hacia la consecución de los resultados del personal.

Finalmente se debe comunicar de manera periódica a las personas sobre el resultado de su trabajo, esto servirá para mejorar los resultados de la actividad evaluada. En este sentido la visualización de los resultados a través de los indicadores puede ayudar a producir un cambio de cultura en las personas de la organización.

Conclusiones

Los indicadores del desempeño ambiental sintetizan gran parte de la información ambiental de una empresa mediante un número limitado de puntos de referencia. Por lo tanto, permiten asegurar una evaluación rápida del mejoramiento del desempeño ambiental de la institución como también visualizar sus puntos débiles.

El trabajo con indicadores conlleva varios pasos: diseño de los indicadores, establecimiento de procedimientos para su monitoreo y el seguimiento para implementar mejoras que permiten obtener resultados concretos.

La implantación de los indicadores ambientales requiere no solo la correcta especificación de los mismos si no también involucrar a las personas afectadas en su implantación, por ello, deben considerarse adecuadamente los criterios de formación, comunicación, información y motivación.

Referencias

- [1] ISO 14031, Norma para el Desempeño Ambiental
- [2] UNE 66175, Guía Para la Implantación de sistemas de indicadores
- [3] ISO/TC 207/SC 4 N295

Quitina obtenida a partir de cáscara de camarón y su desempeño en la remoción de cadmio de sistemas acuosos

Varo Argüello W. E.¹, Ruiz Dueñas M.¹, Castellanos Márquez M. A.¹,
Leyva Reyes N.², Ramírez Barragán C. A.³, y Andrade Ortega J. A.³

¹Licenciatura en Biología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, predio "las Agujas" Nextipac CP 45110, Zapopan, Jalisco, México.

²Agencia de Innovación y Desarrollo Tecnológico, S. A. de C. V., Paseo de las aves 2255 int. 18 Fraccionamiento misión del bosque, Zapopan, Jal. México.

³Centro de Investigación en Biomateriales, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, Apartado postal 52-93 CP 45020, Zapopan, Jalisco, México. Correo electrónico: aandrade@dmcyp.cucei.udg.mx.

Introducción

Actualmente se ha retomado con mucho más énfasis el estudio, obtención y diseño de biomateriales para las más variadas aplicaciones, las cuales van desde la agricultura pasando por las industrias como la alimenticia, cosmética, y papel; llegando a otras tan especializadas como la farmacéutica, biomédica y remediación de los recursos naturales; curiosamente existe un biopolímero que puede ser empleado en todas estas áreas: La quitina y su derivado la quitosana [1].

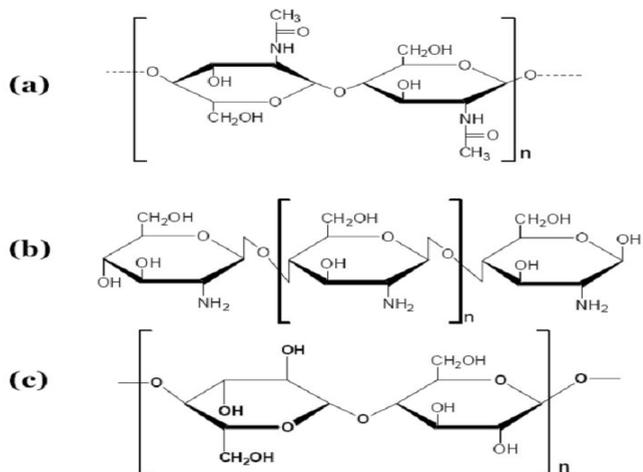


Figura 1. Estructuras químicas de: (a) Quitina, (b) Quitosana, (c) Celulosa

La quitina es el segundo biopolímero más abundante del planeta (la celulosa ocupa el primer sitio); posee una estructura lineal de alto peso molecular conformado por unidades de N-acetil-D-glucosamina (N-acetil-2-amino-2-deoxy-D-glucopiranos) enlazadas mediante enlaces β -D (1 \rightarrow 4). Se encuentra presente en el exoesqueleto de artrópodos como: langostas, cangrejos y camarones; insectos y en la pared celular de las diatomeas, y otras algas, y hongos [2].

La quitosana es el derivado obtenido de la desacetilación alcalina de la quitina, ambos polímeros son similares a la celulosa. En la Figura 1 se pueden apreciar las estructuras químicas de la quitina, quitosana y de la celulosa. En los últimos años estos dos biopolímeros han recibido gran atención y estudio con el fin de obtener una mejor comprensión de sus características biológicas y fisicoquímicas [3]. Dentro de las notables propiedades que presentan este par de biopolímeros se incluyen su nula toxicidad, biodegradabilidad, biocompatibilidad y como promotores de la actividad biológica en la regeneración de tejidos [4]; adicionalmente, y debido a la presencia de nitrógeno (del grupo acetamida en la quitina y del grupo amino en la quitosana) en la cadena, son potenciales agentes quelantes (moléculas capaces de atrapar e integrar a su estructura cationes, entre ellos metales pesados) [5]. Todas estas propiedades parecen satisfacer cabalmente los requisitos que algunos autores [6 y 7] han señalado como necesarios para un material idóneo que permita la remediación de aguas contaminadas con metales pesados, tales requisitos son: Remover metales pesados –obviamente-; ser de bajo costo; amigable con el medio ambiente; preferentemente biodegradable; además este material debe ofrecer la posibilidad de recuperar los metales para su posterior reincorporación al sector industrial.

Este trabajo ofrece evidencias de que la quitina obtenida de cáscara de camarón (con un mínimo de tratamientos) puede ser empleado para la remoción de cadmio de sistemas acuosos.

Obtención de Quitina

La quitina se obtuvo en el laboratorio a partir de desechos de la industria restaurantera, estos desechos consistieron básicamente en cáscaras de camarón; las cuales se secaron al sol por 4 hrs. en promedio; Posteriormente estas cáscaras secas fueron transformadas en una especie de harina, para ello, se molieron en un molino marca Willey a tamaño de malla 60. Después se realizó la desproteínización de la harina de camarón mediante un tratamiento con NaOH 1M (relación 20:1) a

temperatura ambiente por 24 hrs. con agitación magnética continua; al finalizar el tiempo de esta etapa, se procedió a drenar y lavar el material con agua desionizada hasta que el agua de lavado tuvo un pH de entre 8 y 7.5. El material desproteínizado se sometió a una etapa de decationizado con HCl 0.5M (relación 20:1) en baño maría a 60°C durante 60 minutos con agitación mecánica constante, al finalizar el tiempo de esta etapa, se procedió a drenar y lavar el material con agua desionizada hasta que el agua de lavado tuvo un pH de entre 6.5 y 7.0. Finalmente el material se seco a vacío a una temperatura de 50°C, el material así obtenido es quitina sin blanquear.

Pruebas de Remoción de Cadmio

Se emplearon sistemas dopados en el laboratorio consistentes en volúmenes de 25 ml de solución a una concentración de 300 ppm de cadmio al cual se agregaron 0.2 gr base seca de la quitina obtenida en el laboratorio, el sistema se mantuvo a un pH ligeramente ácido (pH=5.0-5.5) y en agitación magnética continua, se realizaron diversas pruebas variando los tiempos entre 10, 20 y 40 minutos; al término de cada evento, el material se drenó y el agua resultante se separó para las pruebas de determinación de cadmio remanente. Como material de referencia comparativa se empleó una quitosana comercial grado reactivo de peso molecular medio marca Aldrich®, así como materiales adsorbentes tales como un carbón activado comercial y zeolita modificada comercial, todos los cuales fueron probados a las mismas condiciones de remoción que para la quitina obtenida en el laboratorio.

Determinación del Contenido de Cadmio

El contenido de cadmio fue determinado en las aguas residuales de los eventos de remoción de acuerdo a la técnica espectrofotométrica reportada por Ahmed y Chowdhury [8] basada en la reacción del cadmio con el DBHQ (5,7-dibromo-8-hidroxiquinolina); según la cuál se forma un complejo verde amarillento que presenta máxima absorbancia a 396 nm; en nuestro caso empleamos un espectrofotómetro Hach DR5000 en la determinación.

Pruebas Espectrofotométricas del Complejo Cadmio-DBHQ

El método reportado [8] señala que las máximas absorbancias para el complejo cadmio-DBHQ deberán ocurrir a los 396 nm; para verificar y tener la certidumbre de la exactitud de nuestros resultados experimentales con respecto a la referencia, realizamos barridos de longitud de onda para soluciones conteniendo el complejo cadmio-DBHQ a diferentes concentraciones de cadmio. Es de llamar la atención que las mayores absorbancias se presentan en las zonas de alrededor de los 270 nm, mientras que la zona cercana a los 400 nm. aparece comparativamente plana; sin embargo y atendiendo a la razón de que el cadmio y el DBHQ forman un complejo coloreado, se procedió a descartar las bandas de longitud de onda no visible para nosotros y entonces nos concentramos en la región cerca de los 400 nm. La Figura 2 es el resultado de esta serie de barridos.

Con este acercamiento en la región de los 340 a los 460 nm podemos observar como se define la tendencia, localizando las máximas absorbancias a 392 nm, en esta longitud de onda encontramos una relación de linealidad con respecto a los valores de absorbancia (dados por $r = 0.9294$ y $r^2 = 86.4\%$) en un margen aceptable para los trabajos que realizamos.

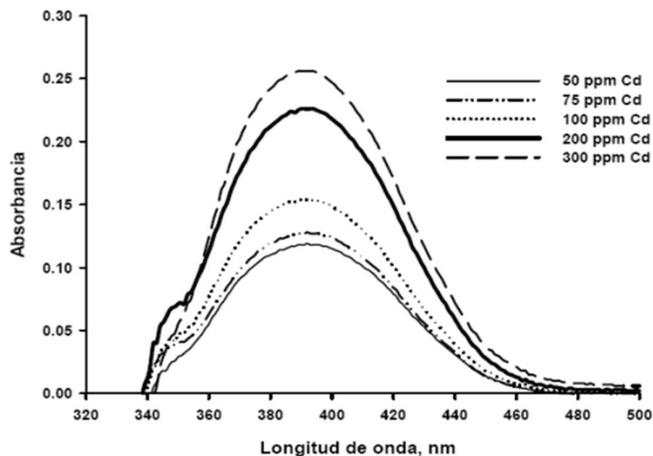
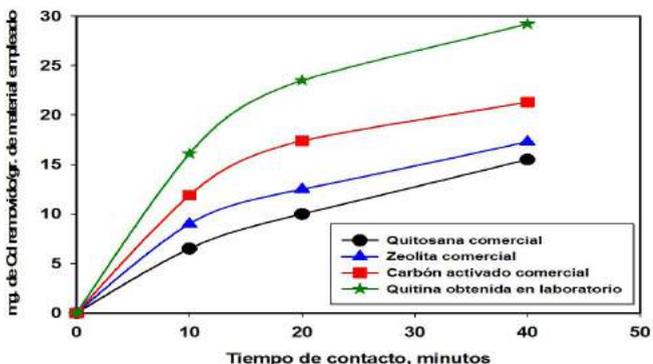


Figura 2. Barridos de absorbancia para el complejo cadmio-DBHQ

Los resultados de las pruebas de remoción de cadmio (evaluadas mediante la cantidad de cadmio remanente en el sistema con el método espectrofotométrico del DBHQ anteriormente mencionado) para los diferentes materiales y tiempos empleados en este trabajo experimental, se muestran de manera resumida en la Figura 3.

Figura 3. Materiales de estudio y su desempeño en la remoción de cadmio



De la Figura 3 podemos comentar lo siguiente: En cuanto a la zeolita y el carbón activado, estos son materiales adsorbentes, es decir, que el mecanismo por el cual se realiza la remoción de los metales pesados -en este caso en particular del cadmio- es mediante entrapamiento o por interacciones de Van Der Waals; en cuyo caso el área de contacto es importante (porosidad), así como la densidad del material; eso explicaría las diferencias de remoción entre la zeolita y el carbón activado (el carbón remueve entre 3 y 5 mg más de cadmio por gramo de material que la zeolita). Por otra parte, resulta sorprendente que la quitosana comercial presentara un desempeño tan pobre en la remoción de cadmio en comparación incluso con la zeolita y el carbón activado; aunque el mecanismo para la remoción de los metales pesados (cadmio) en el caso de la quitosana y quitina es por quelación. La quelación en estos biopolímeros está dada por que el nitrógeno en el grupo acetamida de la quitina y el del grupo amino en la quitosana actúa como donador de electrones y presumiblemente es el responsable de la quelación selectiva con los iones metálicos [5]; en teoría el nitrógeno del grupo amino de la quitosana está más expuesto que el nitrógeno del grupo acetamida de la quitina, y por lo tanto con mayor posibilidad de quelar al cadmio; sin embargo, los datos experimentales obtenidos indican que la tasa de remoción de cadmio por parte de la quitina es el doble del que presenta la quitosana comercial por gramo de biopolímero (diferencias de entre 10 y 15 mg de cadmio removido por gramo de material).

Conclusiones

- La quitina obtenida en laboratorio a partir de cáscara de camarón remueve de manera eficiente el cadmio de medios acuosos.

- Se requieren de al menos dos etapas de procesamiento de la cáscara de camarón para obtener quitina con el potencial para la remoción de cadmio: Desproteínización y decationización.
- Las pruebas realizadas indican que la quitina obtenida en el laboratorio presenta una tasa de remoción de cadmio del doble con respecto al de quitosana comercial; a las condiciones experimentales aquí empleadas.
- El método con DBHQ para la determinación de cadmio por espectrocolorimetría es funcional y cumple con la ley de Lambert y Beer.

Referencias

- [1] Crini G., Prog. Polym. Sci. (30), 38–70 (2005)
- [2] Majeti N.V., Kumar R., React. Funct. Polym. 46 1–27 (2000)
- [3] Kurita K., Mar. Biotechnol. 8(3) 203-226. (2006)
- [4] Yen M.T., Yang J.H., Mau J.L., Carbohydr. Polym. 75 15–21. (2009)
- [5] Chui V.W.D., Mok K.W., Ng C.Y., Luong B.P. and MaK.K. Environment International (22)-4 463-468. (1996)
- [6] Cárdenas G., Parra Orlando, Taboada Edelio, International Journal of Biological Macromolecules. 28,167–174. (2001)
- [7] Evans, J. R., William G. Davids, Jean D. MacRae, Aria Amirbahman, Water Research. 36, 3219–3226. (2002)
- [8] M. Jamaluddin Ahmed y M. Tauhidul Islam Chowdhury. Analytical Sciences VOL. 20, 987 (2004)

Concentración de Pb en plantas que se desarrollan cerca de una presa de jales

Flores Guzmán M.¹, Rico R. M. A.², Del Angel Meraz E.¹ y Lezama García R.¹

¹ Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ingeniería y Arquitectura.
Km 1 Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.
Correo electrónico: flores.maurilio55@hotmail.com

² Universidad Autónoma de Querétaro, CEACA Centro Universitario, C.P.7600,
Querétaro México. Correo electrónico: ricor@uaq.mx

Introducción

En la últimas décadas se han desarrollado técnicas alternativas para restaurar ambientes contaminados, también llamadas emergentes o no convencionales, como la ventilación forzada de aire en el suelo (bioventing), compostaje se suelos (biopilas) y la biorremediación, entre otras. La biorremediación es una técnica que utiliza organismos vivos, para rehabilitar o restaurar ambientes contaminados por metales pesados [1]. En la naturaleza y desde hace mucho tiempo existen plantas llamadas metalofitas que acumulan en su estructura metales tóxicos.

La técnica donde se aplican para remediar sistemas aéreos, terrestres y acuáticos contaminados, recibe el nombre de fitorremediación. El concepto de usar plantas para remediar la contaminación ocasionada por los metales pesados, denominado fitorremediación ha recibido gran atención [2,3,4], porque es una técnica económica, innovadora, compatible con el ambiente, y versátil debido a que puede aplicarse a suelo, agua, aire y a contaminantes orgánicos e inorgánicos. Hoy se sabe que es factible utilizar la capacidad fitorremediadora de las plantas para permitir no solo la remediación misma, sino también la regeneración de las características del suelo. Se plantea que la bioacumulación de plomo por la planta objeto de estudio, permite identificarla como fitorremediadora de suelos contaminados por plomo [5].

La bioacumulación (concentración de plomo) se determina mediante la técnica de absorción atómica, en la planta de nombre común, sardinillo amarillo

(*Tecoma stans*) colectada en la periferia de una presa de jales mineros. Esta determinación permite identificar la especie como bioacumuladora.

Los sitios donde se colecta la especie vegetal se encuentra en el municipio de Cadereyta de Montes, en el Estado de Querétaro. Se localiza aproximadamente a 120 kilómetros al noreste de la ciudad de Santiago de Querétaro. Sus coordenadas geográficas son: Latitud Norte: 20° 50' 40" y Longitud Oeste 99° 34' 57".

Estudio de Campo

Se muestrean cinco sitios equidistantes de la presa en dirección de los vientos dominantes. En cada punto, se colectan cinco individuos completos con una altura de 50 centímetros y se colocan en bolsas de papel, previamente etiquetadas, [6]. Las plantas se lavan con agua tridestilada, se secan completamente en una estufa a 80 °C, durante una hora. La molienda del material se realiza en un mortero de ágata hasta obtener muestras pulverizadas que son tamizadas en una malla No. 200.

La digestión ácida de las plantas, se realiza en un horno de microondas MARXS modelo 907501 pesando 0.25 g de muestra limpia, tamizada y seca. Cada muestra se introduce en un vaso X Press, a cada vaso se le adiciona 6 ml de ácido nítrico grado espectrométrico. Se aplican 1600 W de potencia, con una rampa de temperatura de 25 hasta 190 °C en un tiempo de 25 minutos. Se filtra con papel whatman número 40 y se afora con ácido nítrico a 25 ml en un matraz volumétrico. La concentración de metales se determina de acuerdo a la norma Mexicana (NMXX AA-051 SCFI 2004), utilizando el método espectrofotométrico de absorción atómica.

Concentraciones de Plomo

Se observa un aumento gradual de la concentración plomo bioacumulado en la planta a medida que disminuye la distancia a la presa de jales, es por esto que esta especie puede ser considerada bioacumuladora de plomo en base al criterio de Brooks.

Se encuentran diferencias significativas en las concentraciones de plomo bioacumulado en las plantas con respecto a los sitios analizados. Es posible que esto se deba a la heterogeneidad en la concentración del plomo en el suelo y a otros factores aún no identificados.

La ausencia de daño físico posiblemente se deba a que estas plantas han desarrollado mecanismos que les permiten evadir la acción tóxica de este metal.

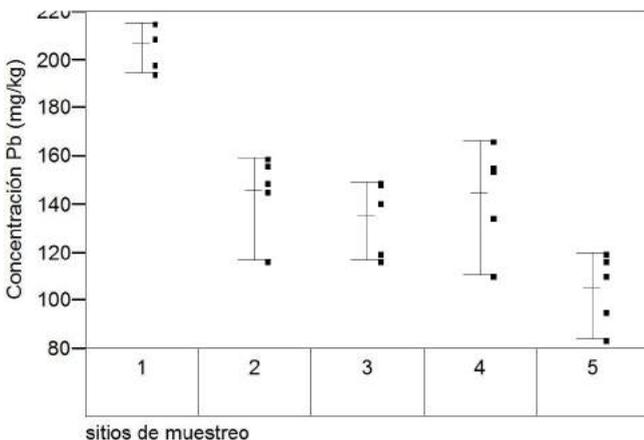


Figura 1. Bioacumulación de plomo en Tecoma Stans.

Conclusiones

Esta planta constituye una alternativa para resolver problemas relacionados con la contaminación y la eventual recuperación de suelos contaminados por metales pesados. La planta sardinillo amarillo (*Tecoma stans*) sirve para remediar suelos rurales, agrícolas y urbanos contaminados por plomo, así como la de disminuir el riesgo de contraer enfermedades inducidas por este tóxico y evitar que se incorpore a las cadenas tróficas o provoque contaminación a los mantos acuíferos subterráneos y superficiales. Otros factores, como la edad de la planta y la concentración de metales pesados en el suelo pueden influir en la bioacumulación de plomo en la planta. Esta especie de planta puede ser un indicador de suelos contaminados por metales

Referencias

- [1] Alkorta, I. Recent findings on the Phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead and arsenic. Environmental science and biotechnology. Vol. 3: 71-90. (2004)
- [2] Walter, R. Phytoextraction capacity of trees growing on a metal contaminated soil. Plant and Soil. Vol. 256: 265-272. (2003)

- [3] Chaney, R. Toxic metals and toxic organic pollutants in MSW-composts. In: HOITINK, H.A. & KEENER,H.M., eds. Research results on phytoavailability, bioavailability. (1993)
- [4] Barceló, J. Pocherndierer,C. Contrib.Sci. Vol.2: 33-34. .(2003)
- [5] Brooks, R. *Plants that Hyperaccumulate Heavy metals*. Ed. Cab International, USA. (1999)
- [6] Puga, S. Concentraciones de As y Zn en vegetación nativa cercana a una presa de jales. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Vol. 22: 75-82. (2006)

Estimación de la tasa de captura de carbono en suelos de manglar de Estero Pargo, en la Laguna de Términos, Campeche, México

Moreno, G Cerón, R. M; Cerón, J. G; Endañu, E; Amador y L. E; Guerra, J.J.

Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 por Av. Concordia. Col. Benito Juárez. C.P. 24180. Cd. del Carmen, Campeche, México. Tel. 01 (938) 381 1018 Ext. 2101-2102. Correo electrónico: gjesusmm@gmail.com (Moreno, G), rceron@pampano.unacar.mx (Cerón, R. M).

Introducción

Actualmente nuestro planeta, se enfrenta al cambio climático originado por el calentamiento global, debido a altas tasas de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), lo que ha desencadenado que las temperaturas se incrementen a niveles alarmantes. Dentro de los gases de efecto invernadero producidos por la actividad económica del hombre, el CO₂ es el más abundante (Acosta, *et al.*, 2001), éste es el más impactante por su magnitud y su permanencia en la atmósfera (Seppänen, 2002). El CO₂ y demás GEI pueden llegar en el 2025 al doble de la concentración presente al inicio de la revolución industrial, aumentando la temperatura superficial del planeta de 2 a 4 °C (Yañez *et al.*, 1998).

Como consecuencia, se han propuesto medidas alternativas que permitan mitigar este calentamiento. El panel Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC) ha establecido que el secuestro de carbono por las plantas es una alternativa de bajo costo para reducir el contenido de CO₂ atmosférico. Ante esto, el manejo adecuado de la vegetación forestal y de humedales puede representar una oportunidad para el almacenamiento significativo del carbono (Izaurrealde, *et al.*, 2001). Los manglares constituyen una de las mejores opciones dentro de los humedales costeros en la captura de carbono (Yañez *et al.*, 1998). En los suelos orgánicos de manglar, los promedios de descomposición pueden ser más bajos y por lo tanto, el potencial de almacenamiento de carbono del suelo puede ser más alto que en sistemas de agua dulce (Izaurrealde *et al.*, 2001).

Estudios realizados en el Estado de Tabasco (Moreno *et al.*, 2002) y en el Estado de Nayarit (Valdés y Valdez, 2005) indican que el contenido de carbono de los suelos con vegetación de mangle es mayor que en otro tipo de vegetación. En el 2008 la CONABIO reportó que Campeche es el estado con mayor cobertura de manglar (196, 552 ha), siendo el sistema de bosque de manglar asociado a la Laguna de Términos, el más importante. A pesar de esto, aún no se ha integrado un inventario de almacenamiento de carbono en la región, que permita identificar aquéllos sitios con mayor potencial de captura de carbono, y a su vez, promover acciones de conservación y reforestación con el soporte del gobierno estatal y municipal. El presente estudio forma parte de un macroproyecto que contempla varios sitios dentro del Área Natural Protegida Laguna de Términos, y tuvo como objetivo estimar la tasa de captura de carbono en el sitio conocido como Estero Pargo.

Trabajo de Campo

El área de estudio se localiza en Cd. del Carmen, Campeche, México, ubicado a 18° 39' 02.4" de latitud norte y 91° 45' 45.8" de longitud oeste. La geomorfología de la zona está conformada por pantanos y zonas inundables, con una altitud entre 0 y 20 msnm. El clima del área es del tipo AWO (W) de acuerdo a la clasificación realizada por Köppen y modificada por García (1973), tipo cálido sub-húmedo con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 1393.1 mm. La temperatura media anual oscila entre 21.7 y 24.7 °C. La zona de influencia del proyecto presenta una humedad relativa media anual de 70 a 80%. En el sitio, existen tres épocas climáticas bien definidas: la época de secas ubicada entre los meses de Febrero a Mayo, la época de lluvias ubicada entre los meses de Junio a Octubre, y la época conocida como de "Nortes" ubicada entre los meses de Noviembre a Febrero. La vegetación del sitio de muestreo está dominada por árboles de mangle, principalmente de las especies *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro) y (mangle botoncillo) *Conocarpus erectus*.

La ubicación de las parcelas de muestreo se seleccionan considerando los siguientes criterios:

- a) Accesibilidad al sitio.
- b) Distribución del manglar por especie y clasificación del mismo por tipo de bosque.
- c) Grado de preservación de las zonas de manglar.
- d) Reconocimiento de la zona a través de recorridos de campo. (Figura 1).



Figura 1. Localización del área de estudio y sitio de muestreo.

Se establecieron 3 parcelas de 48 m², con 3 puntos de muestreo en cada una, los cuales se georeferenciaron. Utilizando un nucleador de acero inoxidable de 193.33 cm³, las muestras se tomaron por duplicado en cada uno de estos puntos, a dos diferentes profundidades de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm. Se realizaron dos campañas de muestreos de suelo para cada época climática (Nortes, Secas y Lluvias), colectando un total de 216 muestras, las cuales se colectaron en bolsas de plástico y se etiquetaron para su traslado y posterior análisis en el laboratorio. Durante las tres épocas climáticas, los suelos de las parcelas estuvieron inundados, encontrándose agua a los primeros 30 cm de profundidad. La vegetación del sitio está dominada por *Laguncularia racemosa*.

El análisis estadístico se realiza con la herramienta SAS Windows V.8. obteniéndose el análisis de comparación de pares de Pearson, así como, el análisis de regresión simple. Las pruebas de hipótesis se determinan mediante el análisis de varianza bilateral y finalmente se realiza una prueba de comparación de medias de amplitud múltiple de Duncan, con nivel de significancia $\alpha=0.05$.

Las muestras se secan a la sombra y a temperatura ambiente. Las propiedades del suelo que se miden son: humedad (método gravimétrico); pH (con solución de KCl a una relación 1:2); conductividad eléctrica (CE) en extracto de saturación; nitrógeno total (N_t) por el método micro Kjeldahl. La materia orgánica y carbono orgánico (CO) se determinan por el método de Walkley-Black, el cual consiste en la oxidación de carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Los métodos usados están descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Para determinar la textura se usa el método de bouyoucos (Manual de Ecología, 1998) y la densidad aparente se determina por el método de la probeta (Manual de laboratorio para el manejo físico de suelos, 1992).

Estimación del Almacenamiento de Carbono Orgánico (CO)

Con los datos de carbono orgánico (CO), se realiza una estimación de su posible reserva en kg C m⁻², con el propósito de comparar el almacenamiento de carbono con estudios realizados en otras regiones. Esta estimación se obtiene de la siguiente manera:

$$Mg\ C\ ha^{-1}\ o\ kg\ C\ m^{-2} = \left[\frac{\text{Peso del suelo}}{100} \right] \left[\% CO \right] \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$$\text{Peso del suelo } \left[\frac{kg}{ha} \right] = \left[\text{Profundidad } \left[\frac{cm}{100} \right] \right] \quad \text{Ecuación 2}$$

Evaluación y Caracterización de Suelos

A partir de la Tabla 1, se puede observar que los suelos de las tres parcelas estudiadas en el sitio de muestreo son arenosos, con un pH neutro, y con efectos moderados de salinidad, independientemente de la época climática.

El contenido de materia orgánica, de carbono orgánico, es más alto en los primeros 30 cm de profundidad, debido a que es en la superficie donde se lleva a cabo una mayor descomposición. Este fenómeno ya ha sido observado en otros estudios.

Tabla 1.

Resultados promedios por época climática y profundidad de muestreo

Época climática	Profundidad de muestreo	pH	CE (dS/m)	DA (g/cm ³)	% HG	% MO	% CO	% N	Textura
Nortes		6.91	0.75	0.86	56.06	22.68	13.16	0.36	A
Secas	30 cm	7.13	2.88	0.80	56.99	20.59	11.94	0.27	A
Lluvias		6.89	1.70	0.80	69.17	17.71	10.27	0.06	A
Nortes		6.91	0.63	0.93	56.46	20.96	12.16	0.25	A
Secas	60 cm	6.99	2.69	0.88	57.36	15.63	9.07	0.19	A
Lluvias		6.96	1.48	0.85	69.23	16.94	9.83	0.19	A

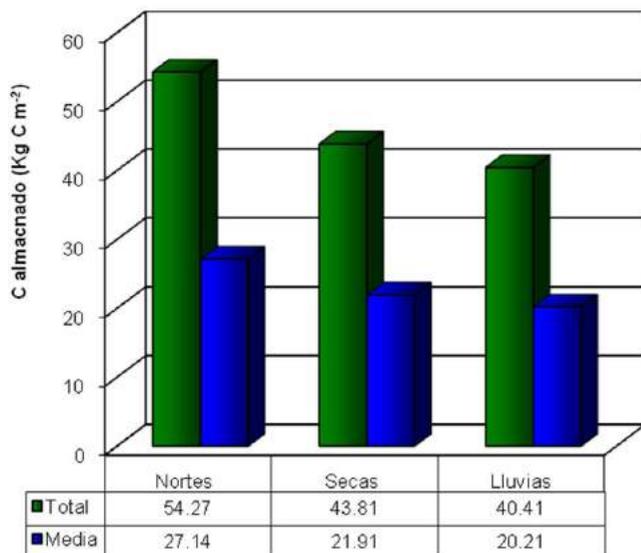


Figura 2. Almacenamiento de Carbono en cada época climática

El almacenamiento de carbono es más alto en época de Nortes y Secas, principalmente en suelos con asociación de mangle rojo y blanco (Figura 2). Sin embargo los suelos de mangle botoncillo presentan menor almacenamiento de Carbono.

Mediante el análisis estadístico de la prueba de amplitud múltiple de Duncan, se encuentra que el pH, densidad aparente y humedad no muestran diferencias significativas durante las épocas climáticas. Sin embargo la CE, muestra diferencias significativas en época de Nortes y de igual forma para Nitrógeno, MO y CO, en época de lluvias, con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. A partir del análisis

de varianza se encuentran diferencias significativas con respecto a la profundidad para humedad, materia orgánica y carbono orgánico.

Conclusiones

Con los resultados de este estudio, se tiene el primer estimado de tasa de captura de carbono en suelos de manglar de la Laguna de Términos en Cd. del Carmen, Campeche, México. El almacenamiento de carbono que se reporta es mayor que en investigaciones realizadas en otras regiones con diferentes usos de suelo. Lo cual quiere decir que los suelos de manglar del sitio estudiado presentan un alto potencial de captura de carbono, a pesar de que se trata de individuos jóvenes, por lo cual se espera que la tasa de captura de carbono en este sitio tienda a incrementar en los próximos años.

Referencias

- [1] Acosta, M., Quednow, K., Etchevers, J., y Monreal, *CUn método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México*. Simposium Internacional de Medición y Monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales, Valdivia, Chile. 18 al 30 de Octubre. (2001).
- [2] Seppänen, P. *Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo*. Foresta Veracruzana, 4 (2): pp. 51-58. (2002).
- [3] Yañez, A. A., R. R. Twilley y A. Lara D. *Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global*. Madera y Bosques, 4 (2): pp 3-19. (1998)
- [4] Izarralde, R.C., N.J. Rosenberg y R. Lal, *Mitigation of climatic change by soil carbon sequestration: issues of science, monitoring, and degraded lands*. Advances in Agronomy. 70: 1-75. Academic Press, Portland Oregon. (2001)
- [5] Moreno, E., A. Guerrero, M.C. Gutiérrez, C.A. Ortoz, y D.J. Palma, *Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono*. Madera y Bosques, Número Especial 2002: 115-128, Instituto de Ecología, México. (2002)
- [6] Valdés, E. y Valdez J.I., *Almacenamiento de carbono en el suelo de los manglares de Marismas Nacionales*. Reporte preparado para el Proyecto Semarnat-Conacyt-2002-C01-0096, Colegio de Posgraduados y Universidad Iberoamericana, México. (2005)

- [7] CONABIO. *Manglares de México*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México. (2008).
- [8] García, E. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, D.F. (1973)
- [9] NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial, 31 de diciembre de 2002.
- [10] Franco, J., De la Cruz G., Cruz, A., Rocha, A., Navarrete, N., Flores, G., Kato, E., Sánchez, S., Abarca, L.G y Bedia, C.M. *Manual de Ecología*, 2a. ed., Trillas, México (1998)
- [11] Gandoy, B.W. *Manual de laboratorio para el manejo físico de suelos*. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, México. (1992)

Capítulo III

Biotecnología

Coagulación de aguas superficiales mediante el uso de almidón de yuca (*Manihot esculenta crantz*), mezclado con coagulantes convencionales

Solís Silvan R., Laines Canepa J. R., López Vidal R.

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT, Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, entronque a Bosques de Saloya. CP. 86150 Villahermosa, Tabasco.
Tel. (993) 1 162822; fax 354 43 08 Correo electrónico: paparogelio_@hotmail.com

Introducción

Los tratamientos para la purificación de agua superficial son de suma importancia para la sociedad, ya que de estos depende la calidad del agua para consumo humano, doméstico y usos de diferente índole, si estos se aplican de manera correcta, cada comunidad satisface un requerimiento esencial para la vida. Las grandes ciudades dependen de abastecimiento superficial, y en la mayoría de los casos de aguas superficiales, ya sean de corrientes, lagos, o embalses. Los abastecimientos de agua de los ríos requieren por lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varían considerablemente de un día para otro y la variación de la temperatura durante el año también pueda hacerla indeseable, especialmente durante los meses calurosos de verano.

Normalmente se utilizan Sulfato de aluminio, Cloruro Férrico y polímeros sintéticos convencionales para eliminar partículas en estado coloidal y disuelto en el agua. Estos agentes químicos y polímeros sintéticos cuando se utilizan sin un control adecuado, dejan remanentes en el agua, volviéndose tóxicos para animales, plantas y seres humanos [2,3]. Hoy en día, se desarrollan polímeros naturales a base de plátano y yuca, que mezclados con el Sulfato de aluminio reducen las cantidades de estos coagulantes y floculantes comerciales. Los parámetros de turbiedad y color al usar estas mezclas se comportan estadísticamente de manera similar a los obtenidos con los coagulantes convencionales puros (STATISTICA 7.0).

Lo que plantea la posibilidad de minimizar el uso de coagulantes convencionales y por ende un menor costo en los tratamientos y al mismo tiempo tener un menor riesgo de contaminación.

Coagulación de Aguas Superficiales Usando Almidón de Yuca

Se prepara la solución de Sulfato de aluminio y almidón por separado, agregando 2 g de cada uno de ellos un litro de agua destilada. Posteriormente se corren pruebas de jarras para obtener dosis óptimas de sulfato de aluminio y mezclas coagulantes. Antes de empezar las pruebas de jarras se miden los parámetros de entrada tales como: Turbiedad, en NTU; Color, en CU; Temperatura, en °C y el pH. Color (Método estándar 2120B) y turbiedad (Método estándar EPA 180.1, ISO 7027), con un instrumento de medición marca LaMotte modelo TC-300 Trimeters. Para el pH y temperatura, se utiliza un medidor Hanna modelo HI9812-5.

Determinación de la Eficiencia de Remoción de Partículas

En la Tabla 1 y 2 se enlista la eficiencia de remoción de la dosis óptima del sulfato de aluminio (Tratamiento 1) y de las diferentes mezclas coagulantes de sulfato de aluminio más almidón de yuca (Tratamiento del 2 al 7), así como también se pueden apreciar sus promedios y desviación estándar de las variables color y turbiedad.

Tabla 1.

Resultados de turbiedad con diferentes mezclas coagulantes

Tratamientos	Promedios turbiedad (NTU)	DS turbiedad (NTU)
1. 30(S.A.)	0.90	0.14
2. 18(S.A.)+12(yuca)	11.02	0.66
3. 20(S.A.)+10(yuca)	7.93	0.51
4. 22(S.A.)+8(yuca)	5.71	0.41
5. 24(S.A.)+6(yuca)	4.80	0.45
6. 26(S.A.)+4(yuca)	3.44	0.40
7. 28(S.A.)+2(yuca)	1.50	0.26

Tabla 2.*Resultados de color con diferentes mezclas coagulantes*

Tratamientos	Promedios turbiedad (NTU)	DS turbiedad (NTU)
1. 30(S.A.)	10.33	1.03
2. 18(S.A.)+12(yuca)	17.36	0.72
3. 20(S.A.)+10(yuca)	16.63	1.28
4. 22(S.A.)+8(yuca)	13.98	0.86
5. 24(S.A.)+6(yuca)	11.64	0.42
6. 26(S.A.)+4(yuca)	10.63	0.68
7. 28(S.A.)+2(yuca)	7.11	0.32

Turbiedad.

El análisis de varianza para los datos de turbiedad a concentraciones de 30 mg/L indica diferencias altamente significativas ($p = 0.000$) entre tratamientos. La prueba de Dunnett, confirma que el tratamiento 1 (sulfato de aluminio) y la mezcla del tratamiento 7 se comportan estadísticamente de manera similar y diferente a los demás tratamientos.

Color.

El análisis de varianza para los datos de color a concentraciones de 30mg/l indica diferencias altamente significativas ($p = .0000$) entre tratamientos. La prueba de Dunnett, confirma que el tratamiento 1 (coagulante convencional sulfato de aluminio) y la mezcla del tratamiento 5 y 6 se comportan estadísticamente de manera similar y diferente a los demás tratamientos

pH.

El análisis de varianza para los datos de pH a concentraciones de 30mg/l no indica diferencias altamente significativas ($p \leq .00152$) entre tratamientos. La prueba de dunnett, confirma que el tratamiento 1 (sulfato de aluminio) y la mezclas del tratamiento 2, 3, 4, 5,6 y 7 se comportan estadísticamente de manera similar.

Las mediciones de turbiedad obtenidas con el tratamiento 1 (coagulante convencional sulfato de aluminio) (0.90 NTU) y el tratamiento 7 (28mg/L de sulfato de aluminio más 2m/L de almidón de yuca) (1.50 NTU) a una concentración de 30mg/L, se encuentran cerca del límite del agua filtrada (1 UNT), según la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos. El proceso de remoción de partículas de 99% y 98% para el sulfato de aluminio y el tratamiento 7 (mezcla de sulfato de aluminio más yuca) respectivamente son comparables con los resultados de

Martínez *et al.*, [5], donde logra porcentajes de remoción de 80 y 90 % de turbiedad con una dosis de 10mg/L con un polímero natural a base de Cactus lefaria con parámetros iniciales de 30 NTU.

La mejor remoción de color con una dosis de 30mg/L fue la obtenida con el tratamiento 7 que es la mezcla de (28mg/L de sulfato de aluminio más 2mg/L de almidón de yuca) (94%), y la siguiente mejor remoción fue la obtenida con el tratamiento 1 que es el coagulante convencional sulfato de aluminio (92%), cabe mencionar que Almendarez [6] logró reducir el 48% de color utilizando al polímero natural cochiflog obtenido de la penca de tuna.

Para valores de pH de entrada del agua de 6.9, con la dosis óptima (30 mg/L) de Sulfato de aluminio se alcanza a acidificar levemente hasta un promedio de 6.4 y con la mezcla coagulante del tratamiento 7, el pH baja tan sólo dos décimas manteniendo un promedio de 6.7. Navarro *et al.*, [7] observaron en sus resultados el efecto del pH en la capacidad de sorción, de cationes divalentes con biopolímeros naturales (*Ascophyllum nodosum*, *Coronta* de maíz blanco, *Lentinus edodes* y *Saccharomyces cerevisie*), y observaron que en un pH ácido de 4 y 5, los biopolímeros adsorben una mayor cantidad de estos cationes divalentes. Este efecto de sorción es diferente con lo observado con la yuca, ya que la sorción fue mínima debido a la nula presencia de metales en el agua al utilizarse un agua superficial carente de metales pesados, a diferencia de las soluciones de nitrato de cadmio (II) tetra hidratado ($Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$) de J.T. Baker y sulfato de cinc (II) heptahidratado ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) de Riedel-de-Haën, ambas de grado analítico, utilizadas por Navarro y colaboradores.

Conclusiones

Las mezclas con potencial coagulante aplicadas al tratamiento de aguas superficial son factibles, esto es de suma importancia ya que este tipo de mezclas, donde se utilizan polímeros naturales, se puede aplicar a otros tipos de aguas tales como las residuales industriales o municipales. Mediante el análisis de acuerdo a la prueba de Dunnet, la dosis óptima se comporta de manera similar a las mezclas 5 y 6. Sin embargo, la mezcla 7 remueve más unidades de color que todas. Y con respecto a la remoción de turbiedad la dosis óptima de sulfato de aluminio se comporta de manera similar a la mezcla 7.

Referencias

- [1] Guerrero R. Manual de tratamiento de aguas. Editorial Limusa México. pp. 15,16 (1979)
- [2] Albornoz A. "Medicina tradicional". Ed. Caracas. 285, (1993)
- [3] Letterman R. Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria. Editorial McGRAW-HILL. pp. 64, 65. (2002)
- [4] Aparicio M. Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos y modificados de yuca (*Manihot esculenta Crantz*), camote (*Ipomeea batata Lam*) y plátano (*Musa Cavendish*). Tesis doctoral. Instituto Tecnológico de Veracruz. pp. 118-119. (2003)
- [5] Martínez D, Magaly C, Altamira D, Elsa C, Nola F. Eficiencia de Cactus Lefaria para su uso como coagulante en la clarificación de aguas. Revista técnica de la facultad de ingeniería. Universidad del Zulia. V. 26. (2003)
- [6] Almendarez N. Comprobación de la efectividad del coagulante (cochifloc) en aguas del lago de Managua, Nicaragua "piedras azules". Revista Iberoamericana de polímeros. V. 5(1). pp 47. (2004)
- [7] Navarro A, Ramos K, Campos K, Maldonado H. Elucidación del efecto del pH en la adsorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales: cationes divalentes y superficies activas. Revista iberoamericana de polímeros de la Universidad Peruana Calletano Heredia. V. 7(2). (2006)

Evaluación de inoculantes preparados en diferentes tiempos en la degradación de petróleo crudo

**Hernández Rivera M. A.¹, Ojeda Morales M. E.¹, Olan Acosta M. de los A.¹,
Meléndez García A. L.² y Moreno Laguna K.²**

¹Laboratorio de Físicoquímica de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura. UJAT.
Km 1. Carretera Cunduacán-Jalpa. Colonia Esmeralda, Cunduacán, Tabasco.
Tel/Fax 01 (914) 336 0940 Tel. (933) 358 1500 ext.6752, 914 3 36 09 40
Correo electrónico: marcy-ojeda@hotmail.com

²Dpto. De Ciencias Químico-Biológico, Universidad Popular de la Chontalpa.
Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km 2. Cárdenas, Tabasco, México.

Introducción

Hasta hace algunas décadas, los microorganismos eran considerados como perjudiciales y los esfuerzos en tecnologías biológicas se enfocaban fundamentalmente a su eliminación, pero recientemente se percibió y se tomó conciencia, que por el contrario, la mayoría de los microorganismos son benéficos para el hombre y que pueden tener varias utilidades [1]. La búsqueda de nuevas alternativas para contrarrestar los efectos ocasionados por los continuos derrames de hidrocarburos en el medio, ya sean de forma natural o por accidentes durante su transporte, extracción o manejo, han llevado a investigadores a intentar la biorremediación, mediante el uso de microorganismos [2], en la solución de problemas que presenta la contaminación causada por el derrame de hidrocarburos [3]. La cantidad de microorganismos es importante para optimizar el proceso de biorremediación, de ahí que sea importante evaluar la capacidad de las diferentes especies de inoculantes con las respectivas dosis de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) preparadas en diferentes tiempos.

Ubicación del Tipo de Suelo Sujeto a Estudio

Tratamiento de la Muestra Problema

Se utiliza un mapa para seccionar el cuadrante de posible suelo afectado y se acude a la toma de muestra recolectando aproximadamente 70 kg de suelo *Fluvisol-Eútrico*. Posteriormente se aplicarán los procedimientos para el tratamiento de la muestra: desecación, trituración, molienda y tamizado.

Análisis físicos, químicos y biológicos del suelo libres de Hidrocarburos derivados del petróleo:

- **Parámetros físicos:** Humedad por el Método: NMX-AA-052 de la NOM-138-SEMARNAT-2003 [5]; Determinación de la Densidad Aparente y densidad real por los métodos AS-03) y AS-04 de la NOM-021-RECNAT-2000; Medición de la Temperatura utilizando un termómetro de Hg (-20 a 150 °C).
- **Parámetros químicos:** Determinación de pH del suelo medido en agua por el método: AS-02 de la NOM-021-RECNAT-2000. Determinación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) por el método de extracción Soxhlet 3540C.
- **Parámetros biológicos:** Conteo de células viables por el método de dilución seriada [6].
- **Estabilización:** El crudo ligero se destila a presión atmosférica a una temperatura de 96 °C, durante 3 h.
- **Contaminación del suelo y establecimiento del experimento en el laboratorio:** En un recipiente se colocan la muestra de suelo y se contaminan a una concentración de 50.000, 70.000 y 90.000 ppm, el diseño estadístico es tipo factorial de 3 (nivel) x 3 (tratamientos) x 3 (repeticiones) = 27 unidades experimentales.
- **Adición del inoculante:** Preparado el inoculante se adicionan a las unidades experimentales en condiciones axénicas.
- **Establecimiento de experimento en el laboratorio:** Establecido el experimento se procede a realizar los análisis físico-químicos y biológicos correspondientes. Para llevar el registro del comportamiento de los TPH con respecto a las UFC/g.

Remoción de Hidrocarburos

En la Figura 1 se presentan 3 tratamientos. El primero: T1 (50,000 ppm TPH); el segundo: T2 (70,000 ppm de TPH) y el tercero T3 (90,000 ppm de TPH) cada uno de ellos se sometido a diferentes tiempos de elaboración del inoculante: D1 (48 h), D2 (72 h) y D3 (96 h).

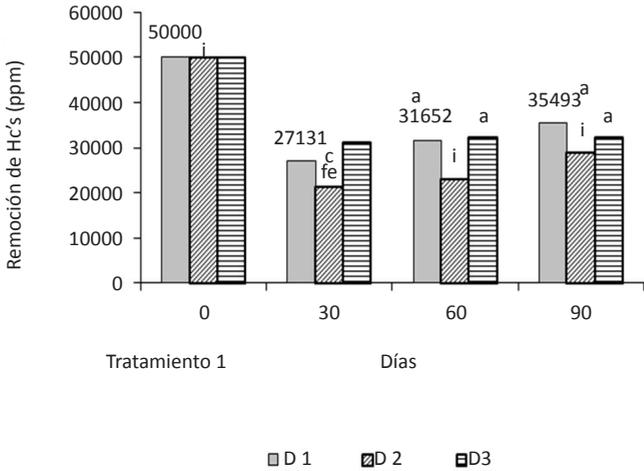


Figura 1. Remoción de TPH desde el inicio hasta 90 días. Tratamiento 1 (50000 ppm)

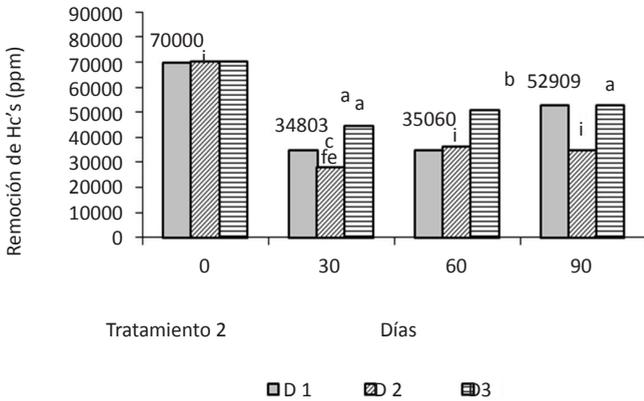


Figura 2. Remoción de TPH desde el inicio hasta 90 días. Tratamiento 1 (70000 ppm)

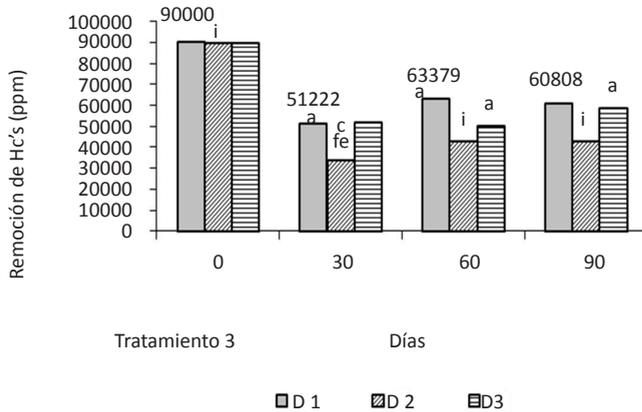


Figura 3. Remoción de TPH desde el inicio hasta 90 días .Tratamiento 3 (90000 ppm)

- **Tratamiento T1 (50,000 PPM).** En el tratamiento T1D1 los TPH se reducen un 70.98%, en el tratamiento T1D2 fue de: 57.80% mientras que en T1D3 fue de 64.19%. Tal como lo indica la Figura 1.
- **Tratamiento T2 (70,000 PPM).** En el tratamiento T2D1 los TPH se redujeron un 75.58%, en el tratamiento T2D2 fue de: 49.42% mientras que en T2D3 fue de: 75.20%. Tal como lo indica la Figura 2.
- **Tratamiento T3 (90,000 PPM).** En el tratamiento T3D1 los TPH se redujeron un 67.56%, en el tratamiento T3D2 fue de: 48.01% mientras que en T3D3 fue de: 65.60%. Tal como lo indica la Figura 3.

La bacteria utilizada para la elaboración del inóculo es identificada a nivel género como *Proteus sp* y se observa una clara disminución de TPH en los tratamientos, cabe mencionar que esta cepa se obtiene de un suelo contaminado desde el año 1970. Es posible que los microorganismos estaban adaptados al medio, ya que toleran la presencia de petróleo. En relación a lo mencionado, en investigaciones anteriores [7] se reportan poblaciones de microorganismos presentes en un suelo *gleysol mólico* con 115,211 mg/kg de hidrocarburos totales del petróleo. Estos resultados coinciden con los encontrados en otras zonas petroleras.

Conclusiones

La sobrevivencia de bacterias puras en esta fase de selección en condiciones de laboratorio, sugiere que poseen la capacidad de utilizar hidrocarburos alifáticos y aromáticos como donadores de electrones [6]. El experimento se mantuvo a $\pm 29^{\circ}\text{C}$,

la actividad máxima de *Proteus sp* es a temperaturas próximas a 30 °C, Al respecto Adoki y Orugbani [8] reportan que *Proteus sp* degradó el 70 % Hidrocarburos en un medio enriquecido con petróleo como única fuente de carbono. Por otro lado Madigan *et al.*[6], indican que las bacterias presentan el crecimiento óptimo en un rango de temperatura de 28 a 39 °C. Además, el tiempo de elaboración del inoculante es de importancia para optimizar el proceso de biorremediación, ya que para obtener una mejor restauración de suelos contaminados con petróleo crudo inoculando *Proteus sp*, es necesario preparar el inoculante no menos de 24 horas.

Referencias

- [1] Fontúrbel, R. F. & Ibáñez, N. C. Fuentes de Energía biológica: empleo del metabolismo microbiano para la descontaminación de aguas. Universidad de Loyola (La Paz, Bolivia). (1999)
- [2] Oudot, J.; Fusey, P.; Abdelouahid, D. E.; Haldou, S. Et Albert, M.F. Capacités dégradatives de bactéries et de champignons insules d' un sol contaminé par un fuel. Can. J. Microbiol 33:232-243. (1987)
- [3]. Sirvins, A. & Tramier, B. La biodegradación de los hidrocarburos. Mundo Científico 51(6):46-54. (1986)
- [4] FAO Suelos de Tabasco. Su uso y manejo sustentable. Palma López D.J.J. Cisneros Dominguez. E. Moreno Cáliz. J.A. Rincón-Ramírez. Colegio de Postgraduados, Cárdenas, Tabasco, Méx. 195 p. (1989)
- [5] Diario Oficial de la Federación. Tomo DCLXXII. Organo del gobierno constitucional de los Estados Unidos. México, D.F., Secretaría de Gobernación (2009)
- [6] Madigan, M. T., Martinko J. M. y Parker, J. Biología de los microorganismos. 8a. Edición revisada. Prentice Hall. Páginas 149-177. (2003)
- [7] Rivera Cruz M.C. Ferrera-Cerrato R. Rodríguez Vásquez R. y Fernández Linares L. Adaptación y selección de microorganismos autóctonos en medios de cultivos enriquecidos con petróleo crudo. Terra Lanitoamer. 20:423-444 (2002)
- [8] Adoki A. and Orugbani T. Removal of crude petroleum hydrocarbons by heterotrophic bacteria in soils amended with nitrogenous fertilizer plant effluents. Af J of Biotech 6 (13): 1529-1535. (2007)

Hidrólisis termoquímica de pasto gramalote (*Paspalum fasciculatum*) para la obtención de etanol carburante

Méndez López L.P.¹, Obeso Granados V.¹, Urrieta Saltijeral, J.M.¹,
Caspeta Guadarrama, L.² y Martínez Jiménez A. ²

¹Instituto Tecnológico de Villahermosa.
Carretera Villahermosa-Frontera Km. 3.5 (993)3530259 ext 108,
Correo electrónico: laura_mendez25@yahoo.com

²Instituto de Biotecnología UNAM. Cuernavaca Morelos

Introducción

La producción de etanol a partir de residuos agroindustriales (lignocelulósicos) no atenta contra cultivos que son utilizados principalmente para consumo humano. La lignocelulosa es el polímero natural más abundante en el planeta, representando cerca del 50% de la biomasa en la tierra y se encuentra en residuos agrícolas, industriales, forestales, municipales, pastos de crecimiento rápido, material vegetal del mar, y biomasa proveniente de zonas semiáridas. Está constituida de tres principales fracciones: celulosa (40-50%), compuesta de moléculas de celulosa; hemicelulosa (25-35%), un heteropolímero ramificado que contiene hexosas (15%), pentosas (85%), ácidos urónicos y generalmente esta acétilada; y lignina (15-20%), la cual es un polímero de carácter fenólico [1].

Hidrólisis Termoquímica con Ácido Diluido

Aunque existen otros métodos, el procesamiento con ácido diluido a altas temperaturas se ha convertido en una operación común para el pretratamiento de muchos materiales lignocelulósicos, por su relativa facilidad para realizarlo y por su bajo costo [2]. Este proceso permite la hidrólisis de la hemicelulosa en pentosas y hexosas, remueve parte de la lignina, y hace más accesible la estructura de la celulosa, a tal punto que una fracción pueda ser convertida a glucosa enzimáticamente [3]. Con este método se obtienen jarabes de hemicelulosa que

contienen pentosas (xilosa y arabinosa) y hexosas (principalmente glucosa y manosa), además de presentar pequeñas concentraciones de ácido acético, furanos (furfural e hidroximetil-furfural) y fenólicos derivados de la hidrólisis parcial de la lignina. Los furanos, fenólicos y el acético inhiben el crecimiento de los microorganismos y tienen un efecto sinérgico de toxicidad, [4].

Pastos y Etanol

En algunos países se han desarrollado estudios para la obtención de etanol a partir de pastos de rápido crecimiento: *Miscanthus giganteus* y Switchgrass (*Panicum virgatum*) [6 y 7], estos son pastos que crecen de manera rápida con alta disponibilidad de agua y en climas cálidos. Dadas las características ambientales, del suelo y de disponibilidad de agua, el Estado de Tabasco tiene las características ideales para el crecimiento de este tipo de pastos, de tal manera que una gran cantidad de pastizales de crecimiento rápido se desarrollan en el Estado. Una amplia variedad de estos pastos crecen sin cuidado alguno y no tienen un uso, frecuentemente ni siquiera para alimentar ganado, y representan un problema ya que tiene que ser removido. Investigaciones recientes han involucrado el estudio del pasto gramalote (*Paspalum fasciculatum*), el cual es hasta dañino para el ganado y alcanza rendimientos de aproximadamente 25 y 35 ton/ha/año, con el fin de ser utilizado como fuente para la obtención de etanol. Como primera etapa se evaluó su composición y se llevó a cabo la hidrólisis termoquímica de la hemicelulosa para determinar su potencial para obtener azúcares que pueden ser convertidos a etanol.

Cosecha del Pasto Gramalote (*Paspalum fasciculatum*)

En el municipio de Macuspana, Tabasco se cortaron 30 kg de pasto, se secaron al sol a 40 °C durante 3 días. Con una altura de aproximadamente 1.5 m, se redujo el tamaño con una trituradora de pastos a un tamaño semi-uniforme de aproximadamente 3 cm. Adicionalmente, para mejorar la superficie de contacto en los tratamientos de hidrólisis los pastos triturados fueron tamizados a través de una malla 40.

Caracterización del Pasto

Con el fin conocer la composición macromolecular del pasto, se realizaron las siguientes pruebas (reportadas por el Laboratorio de Energías Renovables de los EUA):

- Determinación de extractivos: permite conocer los compuestos orgánicos, que son capaces de ser extraídos con solventes orgánico, por ejemplo la clorofila que es extraída con etanol. Se realiza por medio de extracción con equipo Soxhlet en agua y, después en etanol; durante 6 a 24 horas cada uno.
- Determinación de carbohidratos estructurales y lignina: permite conocer la cantidad de glucanos, xilanos y lignina. Los estructurales se miden con los jarabes obtenidos en la hidrólisis termoquímica por medio de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).
- Determinación de cenizas: permite determinar los compuestos inorgánicos. Se realiza en la mufla a 575 °C.

Hidrólisis Termoquímica

La hidrólisis de la hemicelulosa se estudió mediante un diseño experimental factorial 3³: se evaluaron 3 concentraciones de H₂SO₄ (1, 2 y 4% w/w); 3 tiempos del tratamiento (10, 30 y 60 min); y 3 relaciones biomasa a líquido para el procedimiento (:2, 1:5 y 1:10). Los 27 experimentos se realizaron por duplicado. La temperatura de los tratamientos fue de 121 °C.

Análisis por HPLC

Los jarabes ricos en pentosas fueron analizados por medio de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Para separar los compuestos se utilizó una columna aminada (Aminex HPX-87H, BioRad) y H₂SO₄ 5 mm como fase móvil, a 0.5 ml/min y a 50°C. El acético y los furanos fueron identificados usando un detector de UV y los azúcares mediante un detector de índice de refracción.

Con excepción de la cosecha del pasto, todos los procedimientos experimentales para determinar la composición del pasto gramalote, así como las pruebas de hidrólisis y fermentación se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería de Vías Metabólicas del Instituto de Biotecnología de la UNAM en Cuernavaca, Morelos.

En la Figura 1, se presenta gráficamente el contenido de azúcares obtenidos en los experimentos con mayor contenido de estos compuestos. También se presenta la concentración de acético y furanos.

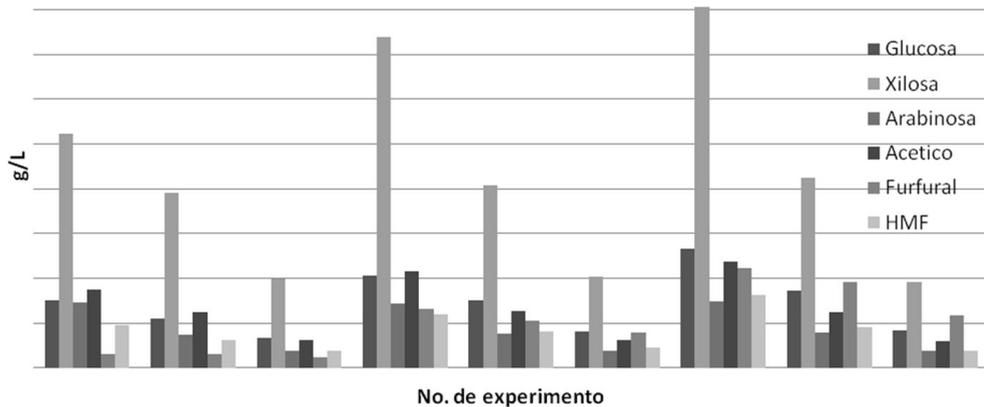


Figura 1. Contenido de azúcares y ácidos en el pasto gramalote (*Paspalum fasciculatum*)

Conclusiones

Tomando en cuenta las condiciones que económicamente sean más factibles en un futuro para escalar industrialmente el proceso de hidrólisis termoquímica así como los factores de facilidad de separación. Dados los valores obtenidos en la hidrólisis termoquímica, el contenido de azúcares es suficiente para obtener una producción eficiente de etanol. Comparando, la cantidad de 19.6 g/L que se obtuvo en el experimento 8. Así mismo, se observa que los contenidos de furanos (furfural y HMF), compuestos tóxicos para los microorganismos responsables de la fermentación, son más bajos siendo esto una ventaja en cuanto a la facilidad para eliminarlos antes de fermentar.

Referencias

- [1] Carreón Rodríguez, Ofelia Edith, Martínez Jiménez, Alfredo & col. "Etanol Carburante". Biotecnología, Año 2009, Vol. 13 No. 3. PP. 79-102. (2009)
- [2] Martínez, A., M.E. Rodríguez, S.W. York, J.F. Preston, L.O. Ingram. Effects of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ treatments ("Overliming") on the composition and toxicity of bagasse hemicellulose hydrolysate. Biotechnology and Bioengineering. 69, 526-536. (2000)

- [3] Martínez, A., M.E. Rodríguez, M.L. Wells, S.W. York, J.F. Preston, L.O. Ingram. Detoxification of dilute acid hydrolysates of lignocellulose with lime. *Biotechnology Progress*. 17, 287-293. (2001)
- [4] Mustafa Balat, Havva Balat, "Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel". *Applied Energy* 86, 2273–2282 (2009)
- [5] INRA (Instituto Nacional de la Recherche Agronomique), (Publicación, 27 de febrero de 2007, Francia), El miscanthus, una planta combustible. Carbono renovable y energía verde. Recuperado, 20 de enero de 2010.
- [6] Sector, Bob, 2006. (Publicación, 21 de diciembre de 2006, Estados Unidos), Plentiful switch grass emerges as breakthrough biofuel. *The San Diego Union-Tribune*. Recuperado, 21 de enero 2010.

Obtención de un biosurfactante proveniente de *proteus sp* para suelos contaminados con petróleo

Hernández Rivera M. A.¹, Ojeda Morales M. E.¹, Sánchez de la Cruz J. C.¹,
Villegas Cornelio V. M.², Moreno Laguna K.² y Ángeles Padilla Á.³

¹Laboratorio de Físicoquímica. División Académica de Ingeniería y Arquitectura. UJAT.
Km 1. Carretera Cunduacán-Jalpa. Colonia Esmeralda, Cunduacán, Tabasco.
Tel/Fax: 01 (914) 336 0940 Tel.: (933) 358 1500 ext.6752, (914) 336 0940
Correo electrónico: marcy-ojeda@hotmail.com

²Dpto. de Ciencias Químico-Biológico, Universidad Popular de la Chontalpa
Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km 2. Cárdenas, Tabasco, México.

³Corporativo de Servicios Ambientales S. A. de C. V.
Calle Pijije 101 Local 4 Fracc. La Choca. Villahermosa, Tabasco.

Introducción

Con los constantes derrames de hidrocarburos en el medio ambiente, ya sean de forma natural o por accidentes durante su transporte, extracción o manejo, los investigadores se han dado la tarea de buscar alternativas para contrarrestar los efectos sobre este. Estos han llegado a intentar la biorremediación mediante el uso de microorganismos [1] en la solución de problemas que presenta la contaminación causada por el derrame de hidrocarburos [2]. La biorremediación es una tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras, para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y por tanto, se pueden utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas [3]. Naturalmente existen otros compuestos superficialmente activos derivados de microorganismos, también llamados biosurfactantes [4]. Los contaminantes hidrofóbicos presentes en los hidrocarburos del petróleo requieren su solubilización para poder ser degradados por las células microbianas; por lo que la presencia de biosurfactantes incrementa la degradación microbiana de los contaminantes [5].

Obtención y Evaluación del Biosurfactante Generado por *Proteus sp*

- **Extracción:** Se realiza la extracción del biosurfactante, a partir del caldo de cultivo con la cepa bacteriana que haya presentado mayor actividad de

reproducción poblacional. En la precipitación se utilizará la relación acetona/ caldo: 1:1.2 para eliminar el grueso de las sustancias no tensoactivas, se precipitará el caldo centrifugado con acetona [6]. La acetona deberá estar fresca y se añadirá al caldo lentamente con agitación, el precipitado obtenido se separará del sobrenadante mediante filtración en papel Whatman No. 1. La acetona será eliminada en un evaporador rotatorio a 40°C.

- **Obtención:** La obtención del producto activo se realiza mediante tres extracciones sucesivas del sobrenadante libre de células, usando la mezcla cloroformo/metanol, relación 2:1 v/v en un embudo de separación. Los extractos orgánicos se unen y evaporan a 30°C hasta sequedad [7].
- **Identificación de lípidos polares:** Para la identificación del biosurfactante obtenido, se determina la presencia de los lípidos polares de interés: glicolípidos, lipopéptidos y fosfolípidos, ya que estos son los que principalmente presentan propiedades surfactantes. Se preparan 3 placas de cromatografía de vidrio o aluminio cubiertas de sílica gel con un espesor de 0.25 mm de 3.5 x 10 cm, una para cada determinación, se le agregan ocho microlitros a 1 cm del borde inferior de éstas y se sumergen en una solución disolvente y tres soluciones reveladoras: difenilamina, ninhídrina y azul de bromotimol [8].
- **Preparación de soluciones:** La solución disolvente se prepara con cloroformo/acetona/metanol/ácido acético/agua, usando la relación de 6:8:2:2:1 v/v, lo suficiente para que la placas de cromatografía queden sumergidas, esta ascenderá por capilaridad y arrastrará a los componentes a lo largo de la placa produciendo “manchas” de los lípidos presentes en la muestra [8].
 - **La solución para revelar los glicolípidos:** Se prepara disolviendo 2 g de difenilamina en 20 ml de etanol, 100 ml de ácido clorhídrico concentrado y 80 ml de ácido acético a la solución; se rocía la placa con difenilamina y se calienta a 105°C y de 15-30 min, los glicolípidos aparecen como zonas azul-grises sobre un fondo ligeramente gris [8].
 - **Solución reveladora de lipopéptidos:** Se prepara una solución de ninhídrina al 2% en etanol. Se rocía y se calienta la placa a 100°C de 5-10 min. Fosfatidil etanolamina, fosfatidilserina y sus derivados aparecen como manchas rojo-violeta [8].
 - **Solución reveladora de fosfolípidos:** Se disuelven 0.01 g de azul de bromotimol en 100 ml de solución de NaOH 0.01 M. Se rocía la placa y se calienta a 100°C, los fosfolípidos aparecen como zonas amarillas sobre

un fondo azul [8]. La figura 1 muestra que el crecimiento de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) al paso de los 17 días (d) presenta mayor crecimiento a los 14 d. Posteriormente empieza a disminuir. Así mismo, la mezcla conformada por la repetición 1 (R1), repetición 2 (R2), repetición 3 (R3) y repetición 4 (R4), presenta una lectura de absorbancia de 1743×10^6 , mayor que la de inicio (736×10^6) con la adición de Hidrocarburo. Esto muestra una mayor emulsificación del petróleo. El lípido polar presente en el biosurfactante de *Proteus sp* fue el *lipopéptido* por presentar manchas rojo-violeta [8].

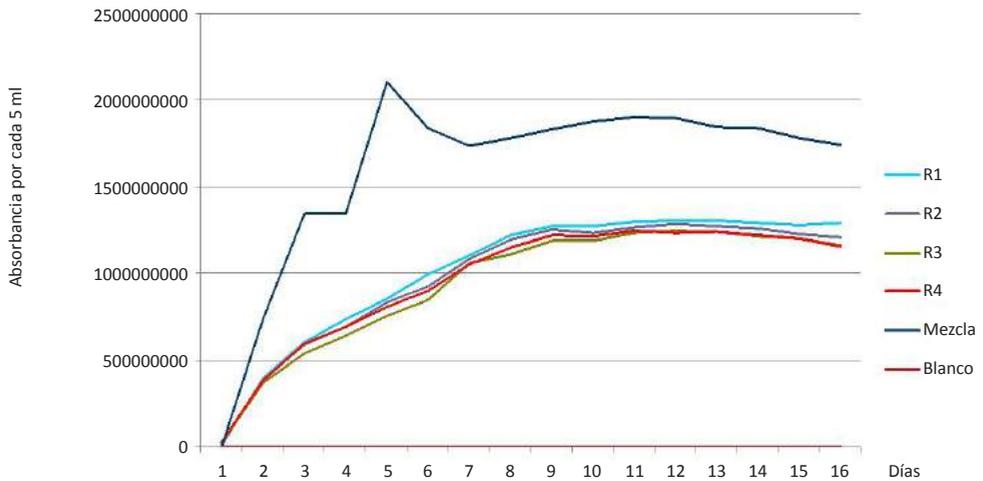


Figura 1. Curva de crecimiento de UFC vs Tiempo

Conclusiones

El tiempo de fermentación del caldo de cultivo es importante, ya que la producción del biosurfactante comienza desde los inicios de fermentación relacionado con el crecimiento de las UFC cuando estas obtienen su mayor crecimiento poblacional, por lo tanto, significa que la producción está asociada al crecimiento bacteriano; pasado este empiezan a descender las UFC por lo que la producción se detiene. Por lo que no es necesario dejar pasar más 14 días de cultivo, la producción obtenida de biosurfactante fue de 1.5 ml.

Referencias

- [1] Oudot, J.; Fusey, P.; Abdelouahid, D. E.; Haldou, S. Et Albert, M.F. Capacités dégradatives de bactéries et de champignons insules d' un sol contaminé par un fuel. *Can. J. Microbiol* 33:232-243. (1987)
- [2] Sirvins, A. & Tramier, B. La biodegradación de los hidrocarburos. *Mundo Científico* 51(6):46-54. (1986)
- [3] Glazer, A.N. y Nikaido, H. *Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology*. W. H. Freeman and Company, New York. (1995)
- [4] Nitschke, M; Ferraz, C; Pastore, G. M. Selection of Microorganisms for Biosurfactant Production Using Agroindustrial Wastes. *Brazilian Journal of Microbiology* 35:81-85. (2004)
- [5] Bodour A, Miller-Maier R Application of a modified drop-collapse technique for surfactant quantitation and screening of biosurfactant-producing microorganisms. *J. Microbiol. Meth.* 32: 273-280. (1998)
- [6] Almazán, V; González, J. M; Pérez, J. J; Diéguez, F; Villa Verde M. J; Pérez, G; Joseph, N; Gan, R. Purificación e Identificación de la Naturaleza Química de un Tensioactivo Producido por *Pseudónimas aeruginosa* Cepa Ido-330. *REVISTA BIOLOGIA*, Vol.14, No.2. (2000)
- [7] Mulligan, C. N.; Choow, T. Y. K. y Gibbs, B. F. (1989). Citado por Desai J. D. y A. J. Desai, M. (1993). *Biosurfactants, Production Properties. Applications*.
- [8] Hamilton, R. J., and Hamilton, S. *Lipid Analysis*, IRL Press, the Practical Approach Series, U.S.A., pp. 65-93. (1992)

Soportes sólidos inoculados con azospirillum y azotobacter para la formulación de un biofertilizante nitrogenado para suelos cultivados con piña (ananas comosus)

**Olán Acosta M. de los A., Córdova Bautista Y., Hernández Rivera M.A.,
Ojeda Morales M.E. y Rodríguez Pulido R.G.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Av. Universidad S/N Zona de la Cultura
Villahermosa Tabasco. C.P. 86040 Correo electrónico: cordovab@hotmail.com

Introducción

Diferentes especies de plantas tienen la capacidad de establecer asociación con las bacterias de los géneros *azospirillum* y *Azotobacter*. Estas bacterias inducen al crecimiento vegetal promoviendo el rendimiento de las cosechas ya que producen compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas y fijan nitrógeno atmosférico que es utilizado por la planta.

Para sostener altos niveles de productividad, el manejo agronómico de la piña utiliza tecnologías e insumos de tipo convencional en donde los compuestos sintéticos son la base. Sin embargo se aumentan los costos de producción, se deterioran los componentes del agroecosistema, alterando la fertilidad natural y modificando las poblaciones microbianas [1]. Para contribuir al manejo de una agricultura sustentable, actualmente se están utilizando biofertilizantes que es la introducción de microorganismos benéficos para las plantas en un sustrato cualquiera [2].

Selección de Sitio de Muestreo y Colecta de Sustratos Orgánicos para el Soporte Microbiano

Se delimita una superficie de 500 m² cultivada con piña, de la cual al azar se muestren 10 puntos, en cada punto se toma muestra de raíz (suelo rizosférico). Los sustratos colectados de pollinaza y rastrojo de piña se pesan en cantidades de 250 g, para esterilizar en autoclave a 120°C y 15 lb/plg.²

Evaluación de Poblaciones de Bacterias en Muestras

Se toman 10 g de cada muestra para sembrar en medios de cultivos específicos de bacterias fijadoras de nitrógeno, *Azospirillum* [3] y *Azotobacter* [4] y se determinan con el método de cuenta viable por dilución seriada. Los cultivos se incuban a 28° C., a los 5 días de incubación se contarán las colonias (UFC) [6].

Establecimiento de Bioensayo para Biofertilizante

Se aíslan y caracterizan las colonias para posteriormente seleccionar los consorcios de bacterias del género *Azotobacter* y *Azospirillum* y por arrastre de masas se vacían en el medio líquido con extracto de carne y se mantienen a 180 rpm durante seis días.

Se establece un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de 4 x 2, para un total de 8 tratamientos con tres replicas (ver Tabla 1).

Tabla 1.

Diseño al azar de las unidades experimentales de pollinaza y rastrojo

Tratamientos	Descripción	Repeticiones	Unidades Experimentales
1	Pollinaza Testigo (PT)	PTR1, PTR2, PTR3	3
2	Pollinaza + AZP*	PAZPR1, PAZPR2, PAZPR3	3
3	Pollinaza + AZT**	PAZTR1, PAZTR2, PAZTR3	3
4	Pollinaza + BFN ^o	PBFNR1, PBFNR2, PBFNR3	3
5	Rastrojo Testigo (RT)	RTR1, RTR2, RTR3	3
6	Rastrojo + AZP*	RAZPR1, RAZPR2, RAZPR3	3
7	Rastrojo + AZT**	RAZTR1, RAZTR2, RAZTR3	3
8	Rastrojo + BFN	RBFNR1, RBFNR2, RBFNR3	3
Total de unidades experimentales			24

Bacteria *Azospirillum* y Bacteria *Azobacter*, bacterias fijadoras de nitrógeno. Una vez esterilizados los sustratos, se les adicionan 200 ml de inóculo, integrado por el consorcio según corresponda al tratamiento y se incuban a temperatura ambiente a 30°C.

Análisis Físico, Químico y Microbiológico en Biofertilizante

Al primer día, a los 30, y 60 días se evalúa el por ciento de humedad, la temperatura con termómetro digital y las unidades formadoras de colonia. Al primero y a los

60 días después de establecido el bioensayo se determina el pH a través de un potenciómetro, Nitrógeno total y el fósforo disponible [7].

Procesamiento de la Información

Las variables tamaño de población de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre, *Azotobacter* y *Azospirillum* evaluadas en campo y en el bioensayo del biofertilizantes, así como Nitrógeno total, se les realiza el análisis de varianza y la prueba de media con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando el procedimiento ANOVA del Statical System SAS 2007.

Contenidos de Nitrógeno Total y Población de Bacterias del Género *Azotobacter* y *Azospirillum* en biofertilizante

Las Figuras 1 y 2 muestran que en el sustrato pollinaza inoculado con consorcio de *Azotobacter* más *Azospirillum*, registra una población de bacterias de 40 y 115 x10⁵ UFC respectivamente y el por ciento de nitrógeno total liberado fue de 3.2.

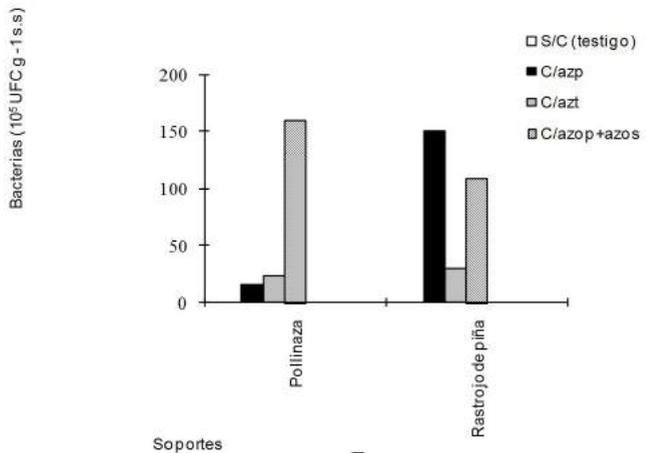


Figura 1. Poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno en sustratos a los 60 días después de la inoculación.

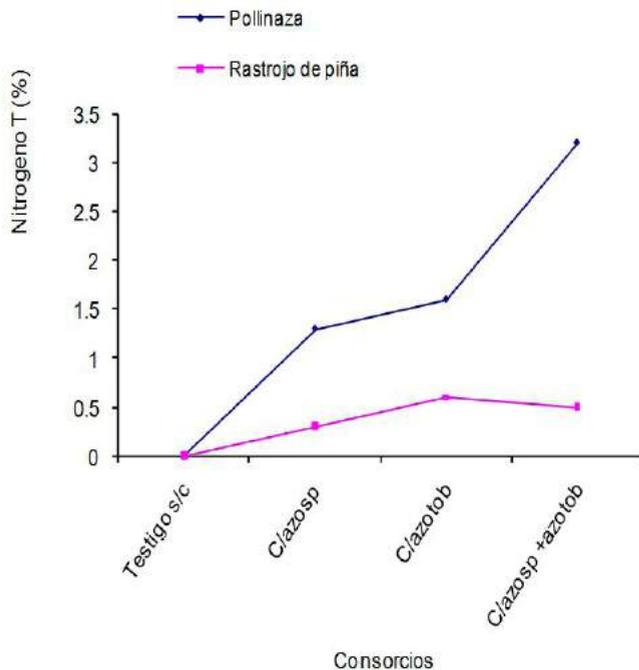


Figura 2. Porcentaje de N total liberado en sustratos a los 60 días después de la inoculación

Conclusiones

El por ciento de nitrógeno total liberado con mayor diferencia significativa ($p \leq 0.05$) se registró en el sustrato pollinaza inoculado con consorcio de *Azotobacter* más *Azospirillum* el 3.2 % de nitrógeno total perdido, según la NOM-021 [7] en la clasificación de moreno el porcentaje de nitrógeno encontrado es muy rico. Y con 155×10^5 UFC g^{-1} de sustrato, al respecto Matos y Zúñiga, [8] reportan que dos cepas de rizobios fueron soportadas en turba con poblaciones de 53×10^3 UFC g^{-1} . Por otra parte el pH del sustrato fue ligeramente ácido (6.7) y la actividad enzimática de estos microorganismos para fijar nitrógeno es óptima en un rango de pH de 6 a 7 [9]. La mejor combinación para el biofertilizante nitrogenado fue pollinaza e inoculado con consorcio *Azotobacter* y *Azospirillum* Esta combinación es la más recomendable para la fabricación del biofertilizante, debido a que a los 60 días se registró 1.08 % de nitrógeno liberado. Además mantuvo una población de *Azotobacter* y *Azospirillum* de 40 y 115×10^5 UFC gramo de sustrato respectivamente.

Referencias

- [1] Ligier H.D. Estrategias para una agricultura sustentable en pequeñas propiedades. Publicación EEA – INTA Corrientes. Argentina. 155 p. (2000)
- [2] Okon, Y. y R. Itzigsohn. The developmen of azospirillum as a commercial inoculant for improving crop yields. *Biotechnology Advances*, 13, 415-424. (1995)
- [3] Rodríguez Cáceres E. Improve Medium for Isolation of Azospirillum spp. *Environment Microbiology* 44: 1, 990-991 (1982)
- [4] Rao N. S, *Soil Microbiology* (fourth edition of soil microorganisms and plant growth). Ed. Science Publishers, Inc.USA 407 (1999)
- [5] Rao, N.S. Biofertilizers in agriculture. Oxford an IBH Publisng. Nueva Delhi rhizobacteria from the Bacillus genus to stimulate the plant growth of micropropagated banana. *Fruits*. 59: 83–90. (1982)
- [6] Speidel K. L. AndWollum A. G. Evaluation of leguminous inoculants quality. Technical Bulletin N° 266.North Caroline Agricultural Research Servicie Raleigh. (1980)
- [7] Diario oficial de la federación publicando el día 7 de diciembre de 2001 la Norma oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.75 p
- [8] Matos Cuzcano Giselle y Zúñiga Dávila Doris. Viabilidad de cepas de rizobios en inoculantes basados en soportes no estériles, *Ecología aplicada*, 2: 81-85 (2003):
- [9] Hartmann, A., Haiyan Fu and R. H. Burris. Influence of amino acids on nitrogen fixation ability and growth of Azospirillum spp. *In soils*, 29, 246-256 (2005)

Capítulo IV

Catálisis

Preparación de fosfuros de níquel/óxido de silicio

García Alamilla R.¹, Lumbreras P. J. A.², Hernández Ventura J.²,
García P.³, Alonso Núñez G.⁴ y Paraguay D. F.⁵

¹Depto. de Ingeniería Química del ITCM, J. Rosas y J. Urueta s/n, Col. Los mangos,
Cd. Madero, Tamaulipas rgalamilla@yahoo.com.mx

²Universidad del Istmo, Carr. Chihuitan Ixtepec S/N Ixtepec, Oaxaca, México C.P. 70110

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad s/n, Zona Cultura,
Col. Magisterial, Vhsa, Centro, Tabasco, México C.P. 86040

⁴Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México,
Av. Universidad s/n. Col. Chamilpa, C.P. 62210, Cuernavaca, Morelos, México.

⁵Centro de Investigación en Materiales Avanzados (Cimav)

Introducción

El fósforo al reaccionar con la mayoría de los elementos de la tabla periódica forma una gran cantidad de compuestos químicos denominados fosfuros. Los fosfuros presentan propiedades similares a todos los compuestos metálicos ordinarios como los carburos, nitruros, boruros y siliciuros, los cuales son buenos conductores de la electricidad y tienen excelentes propiedades térmicas y químicas; estas características permiten su uso en diversas aplicaciones. Estos materiales han mostrado buena actividad catalítica en reacciones de hidrodesulfuración (HDS) e hidrodesnitrogenación (HDN) de moléculas modelo [1]. Oyama y cols., en el año 2004 [2] evaluaron la actividad catalítica de fosfuros de níquel ($\text{Ni}_2\text{P}/\text{SiO}_2$) en un sistema de reacción de tres fases operando a 3.1 MPa y 643 K. La alimentación estaba constituida por 2000 ppm de nitrógeno (quinoleína), 3000 ppm de azufre (dibenzotiofeno), 500 ppm de oxígeno (benzofurano), 20% de compuestos aromáticos (tetralina), todo disuelto en tetradecano. Los resultados indicaron un 99% en HDS, 91% de HDN y 80% HDO, los cuales indican la importancia de estos materiales convirtiéndolos en una importante alternativa frente a los problemas que presentan las cargas que actualmente se procesan en las refinerías.

Síntesis de Fosfuros de Níquel

Un método de síntesis usado en la obtención de fosfuros de níquel es el de reducción a temperatura programada (TPR). Inicialmente el soporte se seca a 393 K durante 12 horas y el compuesto de níquel se integra al soporte por el método de impregnación a humedad incipiente. Como fuente de níquel y fósforo se emplean soluciones de $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, respectivamente. Una vez impregnado el níquel y el fósforo, el sólido se seca a 393 K durante 12 horas, seguidamente el material se calcina a 773 K por 6 horas en aire. Finalmente, los materiales se reducen en hidrógeno (223 micromoles/g/s) desde temperatura ambiente hasta 623 K empleando una rampa de calentamiento de 0.0583 K/s). Posteriormente la temperatura se incrementa hasta 858 K con una rampa de calentamiento de 0.0166 K/s permaneciendo a esta última temperatura por 30 minutos; una vez finalizada la reducción de los materiales, se comienza a enfriar el horno permaneciendo el sistema en atmósfera inerte. Debido al carácter pirofórico de los materiales, éstos se pasivan a temperatura ambiente en presencia de una mezcla de 1% de oxígeno en nitrógeno por 1 hora [3].

Análisis Cristalográfico de los Fosfuros de Níquel

Los materiales $\text{Ni}_2\text{P}/\text{SiO}_2$ son estudiados por difracción de rayos X mediante el método de polvos empleando radiación $\text{CuK}\alpha$, 35 Kv y 25 mA. En la Figura 1 se presenta el patrón de difracción de rayos X (DRX) del fosfuro de níquel con la relación Ni:P de 1.0 depositado en óxido de silicio. En el catalizador fresco como en el catalizador usado en la reacción de HDS de dibenzotiofeno, para ambos catalizadores se identifica un amplio pico correspondiente al óxido de silicio (Tridymite-M, syn) fase monoclinica mediante la tarjeta 18-1170 JCPDS-ICDD; por otra parte, los picos de difracción localizados a 40.7, 44.6, 47.3, 54.2, 66.2 y 74.6 de la escala 2θ identifican la fase hexagonal del Ni_2P de acuerdo con la tarjeta 3-953 del JCPDS, misma fase cristalina identificada por Oyama y Cols.[2]

En la Figura 2 se muestran los patrones de difracción de rayos X de los fosfuros de níquel con relación Ni:P de 1:1.5 depositado en SiO_2 , al igual que en el catalizador con la relación Ni:P de 1:1 se observa una señal de óxido de silicio que constituye el soporte así como la presencia de la fase Ni_2P para el catalizador antes y después de la reacción, lo cual implica que el incremento en el contenido de fósforo no influye sobre el tipo de estructura cristalina formada y que las condiciones de operación prevalecientes en el medio de reacción no alteran la fase cristalina del catalizador.

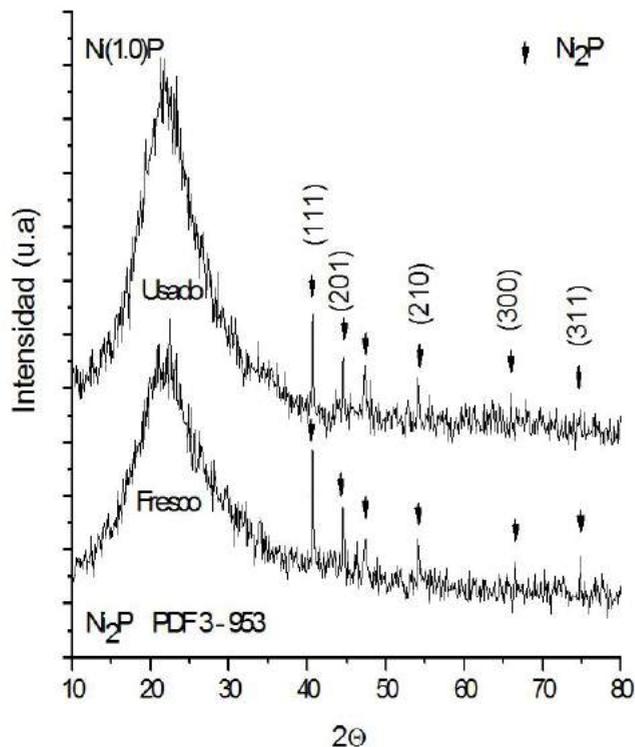


Figura 1. Patrón de difracción de fosforo de níquel/SiO₂ fresco y usado con relación Ni:P 1:1

El tamaño de cristal para ambos catalizadores se determina con base en los picos de difracción de mayor intensidad, los cuales presentan su señal a 40.8° (hkl = 111) y 44.6° (hkl = 201) mediante la ecuación de Scherrer:

$$D_c = K\lambda / b \cos\theta \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde K es una constante con valor de 0.9, λ es la radiación emitida por la longitud de onda de los rayos X, β es el ancho medio del pico de máxima intensidad y θ es el correspondiente ángulo de Bragg. La Tabla 1 resume los valores de área específica y tamaño de cristal para ambos catalizadores antes y después de la reacción de HDS de dibenzotiofeno.

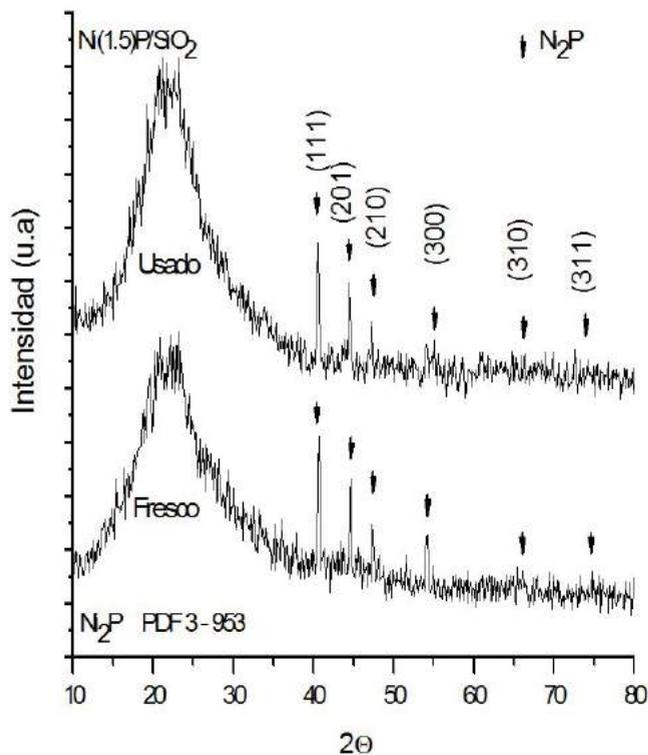


Figura 2. Patrón de difracción de fosforo de níquel/SiO₂ fresco y usado con relación Ni:P 1.5

Tabla 1.

Área específica, tamaño de cristal en fosforos de níquel/SiO₂

Catalizador	Área específica (m ² /g)		Tamaño de cristal (nm)	
	Fresco	usado	Fresco	Usado
Ni(1.0)P	345	340	37	28
Ni(1.5)P	330	320	28	27

Propiedades Texturales de Fosforos de Níquel

El área específica BET y las propiedades texturales se determinan en un equipo Quantachrome Nova 1000 a temperatura de nitrógeno líquido; previo a la determinación las muestras son desgasificadas a 250°C por 4 horas. En la Figura 3 se observa que el soporte (SiO₂) presenta una isoterma del tipo IV característica de sólidos mesoporosos (2–50 nm, IUPAC), con una histéresis del tipo A que corresponde a capilares de forma tubular abiertos en ambos extremos. La SiO₂ presenta un área específica de 340 m²/g.

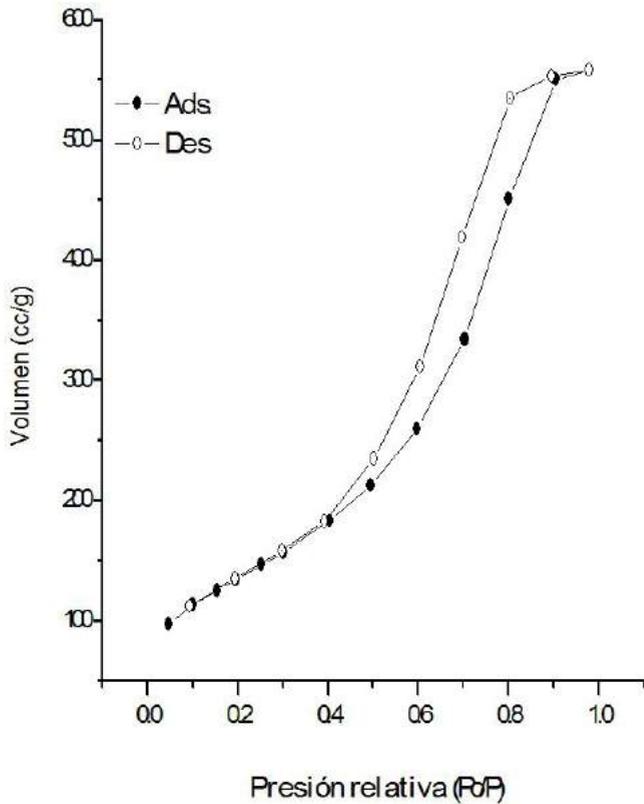


Figura 3. Isoterma adsorción-desorción del SiO₂

En la Figura 4 se presenta la distribución de tamaño-volumen de poro de la SiO₂, en donde se puede observar que el tamaño de diámetro de poro abarca desde 22 hasta 150 Å, de donde se identifica el tamaño de poro promedio en el intervalo de 46 – 60 Å con un volumen de poro de 0.0153 cc/g.

El área específica de los fosfuros soportados en el óxido de silicio no difieren en gran magnitud del área de la sílice pura, 340 contra 345 m²/g, lo cual indica que las condiciones de síntesis de los fosfuros no tiene una influencia marcada sobre el área específica resultante; en este caso, se puede considerar que el flujo de hidrógeno usado para la reducción del óxido permite una buena difusión del agua generada durante la reducción, por lo cual no se presentan problemas de sinterización que afecten la estructura porosa del soporte. En todo caso, el diámetro de poro en ambos catalizadores se encuentra alrededor de 50-100 Å lo cual está de acuerdo al tipo de isoterma en cuestión. La principal modificación se presenta en el

tamaño de cristal en el fosforo con la relación Ni:P de 1:1.0, en la cual el tamaño del cristal varía de 37 antes de reacción a 27 nm después de la reacción de HDS.

En la Figura 5 se observan las isotermas de adsorción-desorción de nitrógeno para ambos fosfuros de níquel/SiO₂. Las isotermas son del tipo IV en ambos casos, características de materiales mesoporosos con histéresis tipo I típicas de sólidos con canales cilíndricos con poros uniformes en tamaño y forma o aglomerados de partículas esferoidales [4].

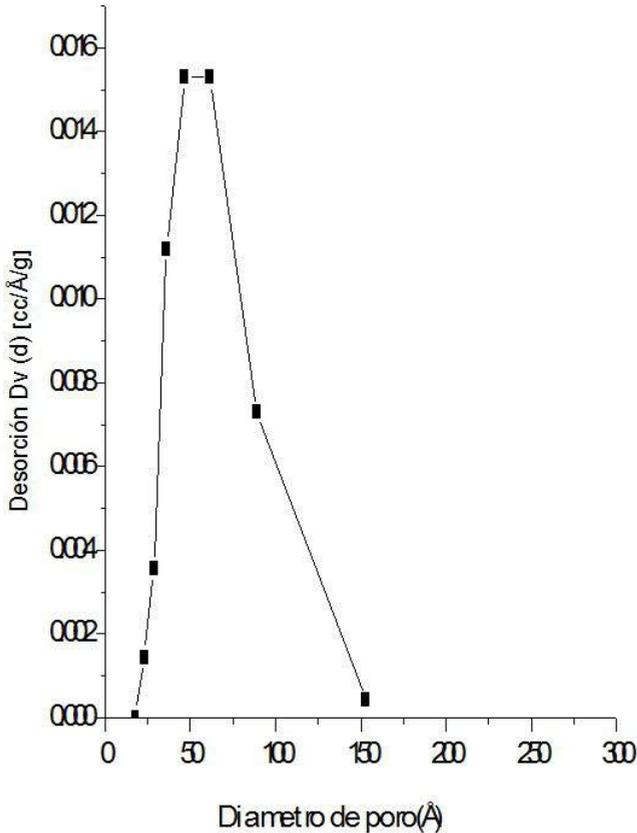


Figura 4. Distribución tamaño y volumen de poros de SiO₂

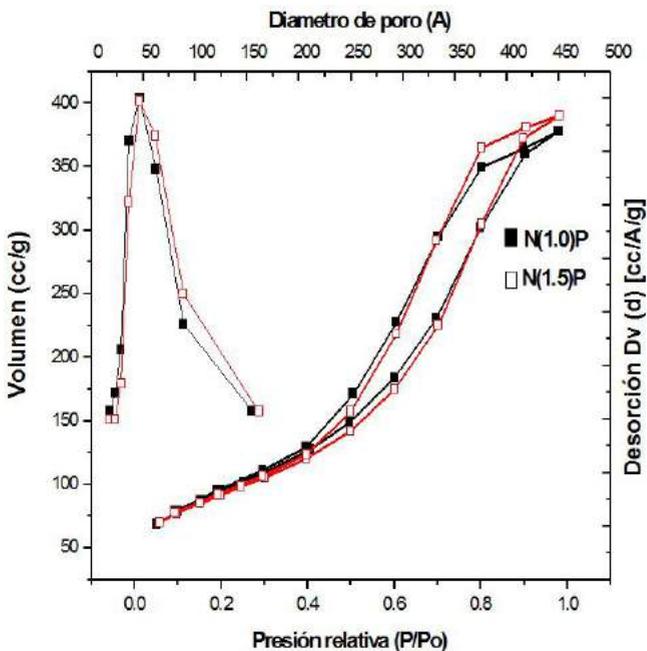


Figura 5. Diámetro y volumen de poro de fosfuros de níquel soportado en SiO₂

Composición Superficial de los Fosfuros de Níquel

La composición superficial se determina por medio de un microscopio electrónico de barrido (MEB) acoplado con un detector EDS (JSM-5800, 15 kV, 51 VA, 85X, cps 750). La Tabla 2 reporta la relación teórica y real del contenido de níquel-fósforo en los catalizadores de fosfuros de níquel con relación de 1:1.0 y 1:1.5, en la cual se observa que las relaciones Ni:P reales son diferentes a los valores teóricos usados en la síntesis; las estequiometrías experimentales obtenidas en ambos catalizadores fueron el NiP_{0.6} y NiP_{0.87}, respectivamente, lo que indica una diferencia de alrededor del 50% respecto al contenido de fósforo teórico. Lo anterior puede ser originado por migración del fósforo en forma de PH₃ durante la etapa de reducción. Oyama y cols [5], han reportado un fenómeno similar en este tipo de materiales.

Tabla 2.

Relación teórica y experimental Ni:P determinada por MEB-EDS

Catalizador	Relación teórica	Relación real
Ni(1.0)P	1:1.0	1:0.6
Ni(1.5)P	1:1.5	1:0.8

Actividad Catalítica de Catalizadores de Fosforo de Níquel

Una de las aplicaciones de los catalizadores de fosforo de níquel es en la reacción de hidrodesulfuración de dibenzotiofeno (HDS de DBT), la cual se realiza en un reactor discontinuo operando a 623 K, 33 Kg/cm² y 600 rpm durante 5 horas. El avance de la reacción se realiza mediante el análisis de muestras cada 30 minutos en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer Autosystem XL provisto de una columna empacada de OV-17. La Tabla 3 resume los resultados de la actividad catalítica con ambos fosfuros en la reacción de hidrodesulfuración de benzotiofeno. La conversión del DBT utilizando el fosforo de níquel como catalizador es de alrededor del 9%. El principal producto de la reacción es el bifenilo (BF) y menores proporciones de ciclohexilbenceno (CHB) y tetrahidrodibenzotiofeno (THDBT). El índice HID/DSD de 0.5 y 0.56 respectivamente, favorece las reacciones de desulfuración directa sobre las reacciones de hidrogenación. La relación HID/DSD se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$HID / DSD = \frac{THDBT + CHB}{BF} \quad \text{Ecuación 2}$$

Tabla 3.

Distribución de productos obtenidos en la HDS de dibenzotiofeno con los fosfuros de níquel/SiO₂

Catalizador	THDBT	BF	CHB
Ni(1.0)P	21	66.7	12.3
Ni(1.5)P	23	64.3	12.5

La actividad mostrada por los fosfuros está condicionada por el tipo de sistema de reacción usado ya que no permite la evacuación del azufre removido de las moléculas reaccionantes. Esto ocasiona que el H₂S que se genera durante las etapas iniciales de la HDS de dibenzotiofeno entre en competencia por los sitios activos del catalizador con el DBT ocasionando un bajo resultado en la remoción de azufre. Por otra parte, se ha reportado recientemente que el tamaño de partículas de fosfuros alrededor de 6 nm le confieren a los fosfuros depositados en sílica mayor actividad y mejor resistencia a las condiciones de reacción [5,6]. En los fosfuros de níquel soportados en sílice con una relación atómica Ni:P de 1.1 y 1.1.5 el tamaño del cristal de los fosfuros se encuentra alrededor de 27 nm lo cual podría contribuir a la baja eficiencia del sistema catalítico.

Conclusiones

La fase cristalina Ni_2P se genera por reducción a temperatura programada con hidrógeno a partir del óxido de níquel-fósforo. Las relaciones estequiométricas Ni:P 1:0.6 y 1:0.8 resultantes indican la pérdida de iones fósforo debido a la migración del fósforo en forma de PH_3 , debido probablemente a las condiciones de temperatura prevalecientes en el medio de síntesis. La migración del fósforo de la estructura final del catalizador así como el tipo de reactor usado afectan probablemente las propiedades catalíticas del mismo, llevando a una baja eliminación de azufre en la reacción de hidrodesulfuración del dibenzotiofeno con un predominio de la reacción de desulfuración respecto a las de hidrogenación. Las propiedades texturales del soporte no se alteran por la presencia de los fosfuros depositados en su superficie indicando que no existe bloqueo de su estructura porosa por las partículas de la fase activa.

Referencias

- [1] V. Zuzaniuk; C. Stinner; R. Prins; *Stud. Surf. Sci. Catal*, 143, 247. (2002)
- [2] S. T. Oyama; Clark P; V.L.S. Texeira da Silva; E.J. Ledesma; F.G. Requejo; *J. Phys. Chem.*, 105, 4961. (2001)
- [3] C. Stinner R. Prins; Th Weber; *J. Of Catal.*, 202, 187. (2001)
- [4] G. Leofanti; M. Padovali; B. Venturilli; *Catalysis Today*, 41, 209. (1998)
- [5] S. T. Oyama; X. Wang; Y. K. Lee; W.J. Cheng; *J. of Catal.*, 221, 263. (2004)
- [6] Shaofen Yang; Changhai Liang, R. Prins; *J. of Catal.*, 237, 118. (2006)

Preparación hidrotérmica de TiO_2 Efecto del ión sulfato

García Alamilla R.¹, Benito H. E.¹, Moctezuma E.², Paraguay F.³, Sandoval G.¹, Rivera Hernández L. A.¹, Del Angel Sánchez T. de J.¹ y García P.¹

¹Depto. de Ingeniería Química del ITCM, J. Rosas y J. Urueta s/n, Col. Los mangos, Cd. Madero, Tamaulipas. Correo electrónico: rgalamilla@yahoo.com.mx

²Facultad de Ciencias Químicas de la UASLP

³Centro de Investigación en Materiales Avanzados (Cimav) Alianza Norte 202
Parque de Investigación e Innovación Tecnológica. C.P. 66628, Apodaca, Nuevo León, México

Introducción

El dióxido de titanio (TiO_2) es un óxido metálico ampliamente estudiado cuya aplicación está determinada por sus propiedades fisicoquímicas como son: tipo de estructura cristalina, tamaño de partícula, área superficial, porosidad y estabilidad térmica [1], dependiendo de estas propiedades el material se puede utilizar como soporte catalítico en reacciones fotocatalíticas y en hidrot ratamiento [2].

El óxido de titanio presenta tres fases cristalográficas, anatasa, rutilo y broquita, el desarrollo de éstas depende de la forma de preparación y condiciones de preparación [3]. La modificación de las propiedades intrínsecas puede ser mediante la adición de dopantes catiónicos o aniónicos, en el caso de aplicaciones fotocatalíticas su uso depende de la capacidad que este tenga para generar un par electrón-hueco, para generar el par electrónico puede ser introducido en su estructura un dopante metálico, sin embargo se tiene el inconveniente de que se presente inestabilidad térmica y que los centros metálicos actúen como trampas de electrones reduciendo la eficiencia del proceso.

En la literatura se ha reportado que la modificación de la titania con aniones como SO_4^{2-} , PO_4^{3-} y WO_4^{2-} aumenta la acidez, estabilidad térmica y mesoporosidad [4]. En particular, la sulfatación del TiO_2 es de gran interés por su aplicación en el tratamiento de contaminantes orgánicos que afectan el medio ambiente. Otras investigaciones han reportado la preparación de la titania sulfatada y no sulfatada por el método sol-gel estudiando el efecto de la temperatura de calcinación sobre

sus propiedades fisicoquímicas y en la degradación fotocatalítica del fenol. En los materiales sulfatados la única estructura cristalina observada fue la anatasa y el área específica se incrementa respecto al material puro [5].

Por otro lado, se han realizado estudios del efecto de la sulfatación sobre la fotoactividad del TiO_2 preparado por sol-gel. El hidróxido precursor puro y modificado con sulfato se calcinaron a 600°C , observando de igual forma que los materiales sulfatados tienen mayor área específica y son más activos en la degradación de 2,4-dinitroanilina que el TiO_2 puro, lo cual fue atribuido a que los materiales sulfatados solo presentan la fase anatasa, mientras los no sulfatados están constituidos por una mezcla de fase anatasa-rutilo (81%-19%) [6].

A continuación se describe la preparación del dióxido de titanio de acuerdo al método hidrotérmico propuesto por Sung y col. [7], con la finalidad de observar el efecto del ion sulfato sobre las propiedades texturales y estructurales del óxido de titanio.

Preparación Hidrotérmica de TiO_2

El $\text{Ti}(\text{OH})_4$ se prepara en un reactor de vidrio, se mezcla hidroxipropil celulosa (75-150 cP, peso molecular 100,000), con agua destilada y 2-propanol, mediante agitación magnética. La mezcla se enfría a 4°C añadiendo lentamente tetracloruro de titanio 3M. La solución acuosa resultante se calienta a 70°C durante 1h. Finalmente, se adiciona hidróxido de amonio para neutralizar y obtener el precipitado, agitando por 1 h a 70°C , posteriormente se añeja a temperatura ambiente por 24 h. El material se recupera por filtración a vacío y se lava con agua destilada y acetona. El secado se realiza a 120°C durante 24 h para posteriormente calcinar a 400°C por 3 h.

La adición del ión sulfato en el $\text{Ti}(\text{OH})_4$ se efectúa después de la etapa del secado, agregando la cantidad necesaria de H_2SO_4 (1 M) para obtener materiales con 3 y 7% en peso de teórico de sulfato [8], la pasta obtenida se seca a 120° por 24 h, finalmente el material se calcina a 400°C por 3h.

Efecto del Ion Sulfato

La máxima fuerza ácida (MFA) de los sitios catalíticos es determinada mediante titulación potenciométrica con n-butilamina (n-BTA). Dicha técnica da como resultado mediciones de neutralización, como se reporta en la Figura 1 y Figura

2. La MFA corresponde al primer punto de la neutralización de los sitios ácidos superficiales, para el $\text{TiO}_2\text{-Hi}$ es de +100 mV lo que indica la existencia de sitios ácidos fuertes. Sin embargo, la concentración de éstos es muy bajo, la mayoría de los sitios ácidos neutralizados con la n-butilamina son débiles ya que se encuentran entre 0 y -70 mV [9].

En los perfiles de neutralización de los sitios ácidos del $\text{TiO}_2/\text{SO}_4^{-2}$ modificado con 7% peso se obtienen valores en MFA superiores a +540 mV que corresponden a sitios ácidos muy fuertes [9]. La adición del ión sulfato causa la modificación en la fuerza de los sitios ácidos superficiales del dióxido de titanio, los cuales pasan de 100 a 540 mV.

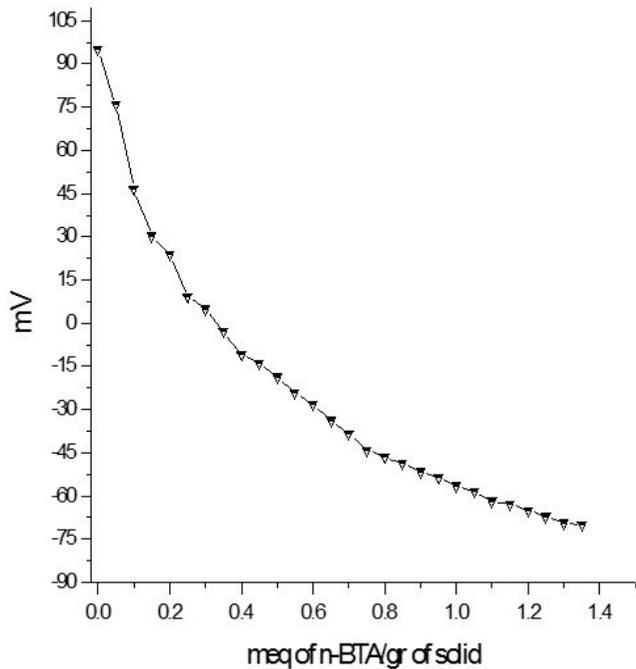


Figura 1. Perfil de neutralización de sitios ácidos en TiO_2 puro

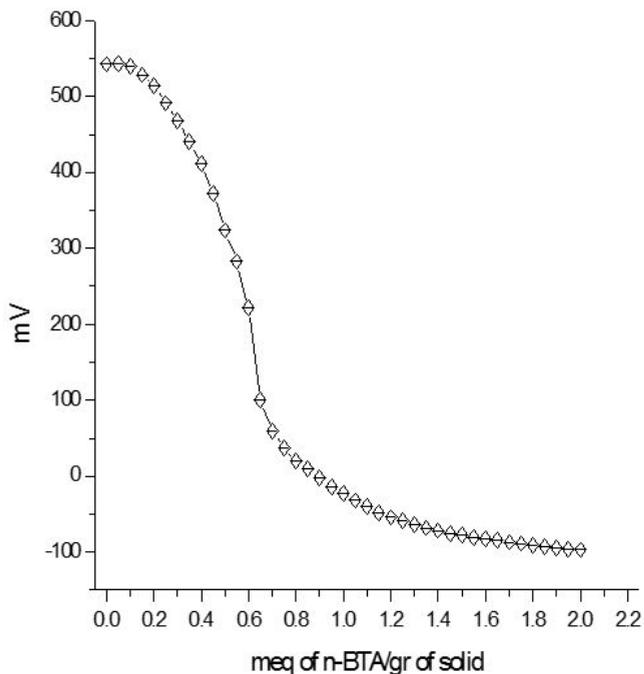


Figura 2. Perfil de neutralización de sitios ácidos en TiO_2 -7% SO_4

Efecto del Ion Sulfato Sobre las Propiedades Estructurales del Óxido de Titanio

Los patrones de difracción de rayos X de TiO_2 puro y los materiales $\text{TiO}_2/\text{SO}_4^{-2}$ se observan en la Figura 3. Mediante el difractómetro de rayos X D5000 SIMENS se determina la estructura cristalina del TiO_2 . El dióxido de titanio puro está constituido de una mezcla de fase anatasa-rutilo y trazas de broquita. La fase broquita está presente en los tres materiales, la estructura broquita es resultado de la alta acidez del medio de síntesis. Por el contrario en los catalizadores sulfatados se obtiene la fase anatasa en alta proporción y trazas de la estructura broquita. El ión sulfato causa la estabilización de la fase anatasa sobre la rutilo a esta temperatura de síntesis.

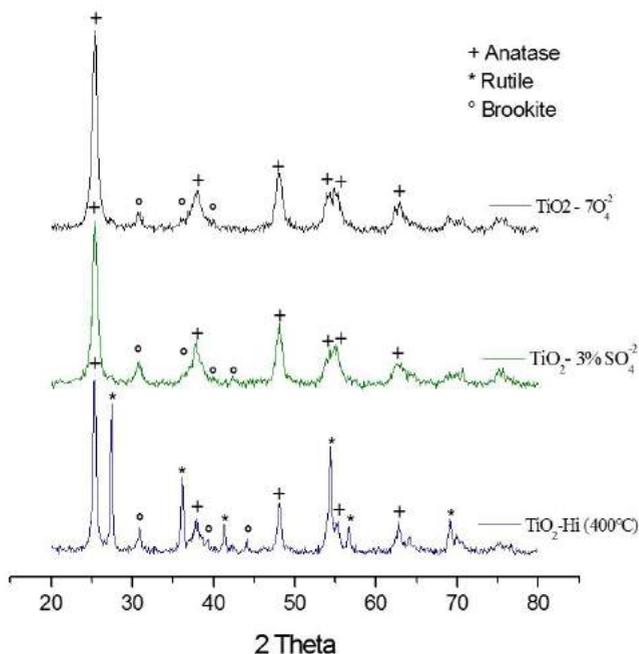


Figura 3. Patrón de difracción de rayos X de los materiales preparados

Otra técnica utilizada para la determinación de propiedades estructurales de TiO_2 es mediante espectroscopía infrarroja (FT-IR). En los espectros de FT-IR (Figura 4) se muestran las señales características del TiO_2 -Hi, TiO_2 -3% SO_4 y TiO_2 -7% SO_4 correspondientes a vibraciones de los enlaces Ti-O en 643 - 550 cm^{-1} [4,13], y a 3298 - 3493 cm^{-1} , 3639 cm^{-1} , 3798 cm^{-1} correspondientes a grupos OH superficiales, mientras que a 1623 cm^{-1} se registran las señales asignadas a los grupos OH de moléculas de agua adsorbidas en la superficie [7], adicionalmente en los catalizadores sulfatados (TiO_2 -3% SO_4 y TiO_2 -7% SO_4) se muestran señales a 1271 - 1027 cm^{-1} atribuidas a las vibraciones del tipo S-O y S=O [4].

En la Figura 5 se reporta el análisis cualitativo del material TiO_2 7% SO_4 . El espectro EDX se obtiene mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido e indica que la muestra está constituida esencialmente de titanio, oxígeno y azufre.

En la Figura 6(a) se muestran los espectros UV-vis del TiO_2 3% SO_4 , TiO_2 7% SO_4 y TiO_2 Hi. Para los materiales sulfatados la energía de banda prohibida es de $E_g = 3.11\text{ eV}$ y $E_g = 3.10\text{ eV}$, respectivamente, estos materiales están constituidos de una mezcla de fases anatasa y broquita. Por otra parte, en la Figura 6(b) se observa el espectro Uv-vis del material TiO_2 -Hi el cual tiene una E_g de 3.0 eV , valor inferior al de los materiales sulfatados lo que indica que están constituidos por una mezcla

de fase anatasa-rutilo (62%-38%), respectivamente, con este material la E_g se corre a valores de longitud de onda de 413 nm, lo cual abre la posibilidad de aplicarse en reacciones fotocatalíticas empleando luz visible.

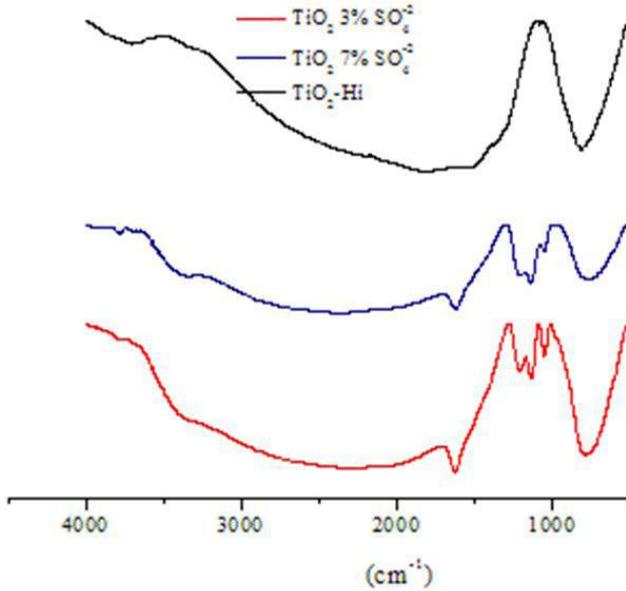


Figura 4. FT-IR de materiales TiO_2 3% SO_4 , TiO_2 7% SO_4 y TiO_2 -Hi

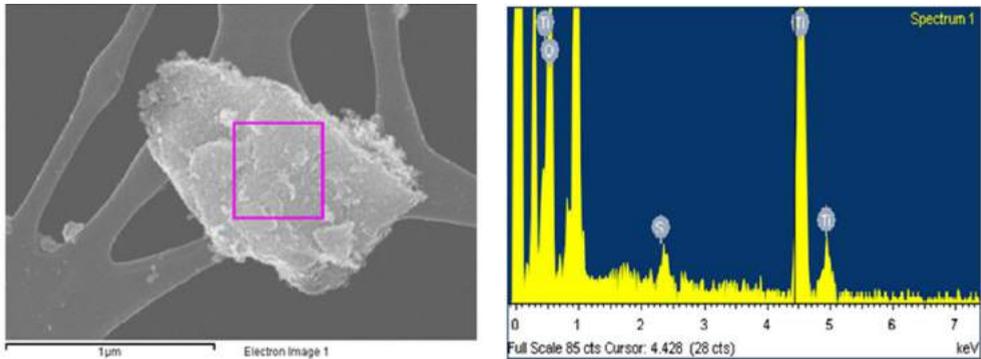


Figura 5. Espectro EDX de TiO_2 -7% SO_4

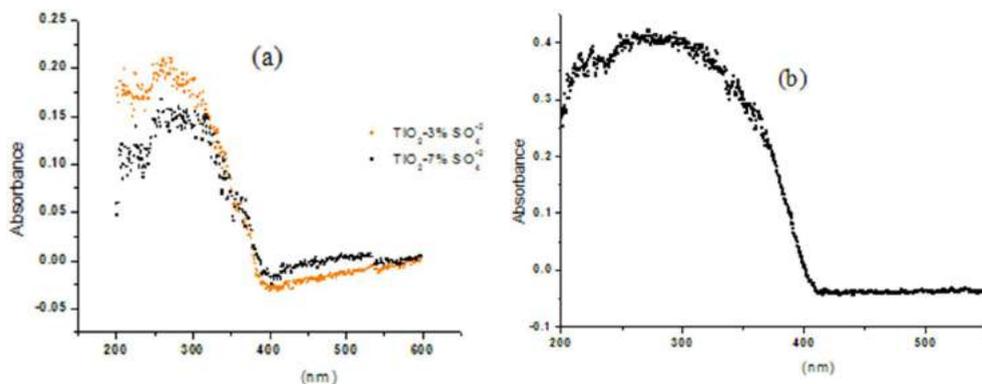


Figura 6a y 6b. Espectros de reflectancia difusa de TiO₂-3% SO₄, TiO₂ 7% SO₄ y TiO₂-Hi

Efecto del Ion Sulfato Sobre las Propiedades Texturales del Óxido de Titanio

El ion sulfato modifica ligeramente las propiedades texturales del dióxido de titanio. La técnica utilizada para determinar el área específica es mediante la fisisorción de N₂ en el equipo Autosorb-1, marca Quantachrome. El área específica del TiO₂ puro es de 62 m²/g mientras que con la adición de 3% peso de TiO₂/SO₄⁻² incrementa hasta 70 m²/g (Tabla 1). El incremento del área específica de los materiales se debe al efecto estabilizante del ión sulfato, sin embargo, a mayor porcentaje del sulfato la estructura porosa se modifica, incrementando el volumen total de poros [10-11]. El método hidrotérmico con base a estos resultados produce dióxido de titanio con área específica similar a la reportada para el TiO₂ Degussa P25 (50±15 m²/g) [12].

Tabla 1.

Valores reportados de área y tamaño de cristal de los catalizadores.

Catalizador	Temperatura de calcinación (°C)	Área (m ² /g)	Fase	Tamaño de cristal (nm)
TiO ₂ -Hi	400	62	Anatasa	12
			Rutilo	16
TiO ₂ -3% SO ₄		70	Anatasa	10
TiO ₂ -7% SO ₄		65	Anatasa	9

Conclusiones

La fase anatasa del dióxido de titanio policristalino preparado hidrotérmicamente se estabiliza con la introducción en la fase hidróxido de 3 y 7% de iones sulfato aunque no causa cambios muy importantes en el área específica de los materiales sulfatados respecto del puro, sin embargo existe un incremento notable en la fuerza ácida de los sitios catalíticos.

Referencias

- [1] Yanting Li, Xiuguo Sun, Huiwan Li, Shaohui Wang, YuWei; Powder Technology 194, 149-152 (2009)
- [2] Rongbo Zheng, Xianwei Meng, Fangqiong Tang; Applied Surface Science 255, 5989-5994 (2009)
- [3] M. Addamos, V. Augugliaro, A. Di Paola, E. García López, V. Loddo, G. Marci, L. Palmisano, Colloids and Surfaces A: 265, 23-31. (2005)
- [4] K.M. Parida, N. Sahu, N.R. Biswal, B. Naik, A.C. Pradhan; Journal of Colloid and Interface Science 318, 231–237 (2008)
- [5] G. Colón, M.C. Hidalgo, J.A. Navío; Applied Catalysis B: Environmental 45, 39-50 (2003)
- [6] R. Gómez, T. López, E. Ortiz-Islas, J. Navarrete, E. Sánchez, F. Tzompanztzi, X. Bokhimi; Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 193, 217–226 (2003)
- [7] Sung-Yeon Kim, Tae-Ho Lim, Tae-Sun Chang, Chae-Ho Shin; Catalysis Letters: 117, 112-118(2007)
- [8] G. Colón, M.C. Hidalgo, G. Munuera, I. Ferino, M.G. Cutrufello, J.A. Navío; Applied Catalysis B: Environmental 63, 45–59 (2006)
- [9] Vázquez, P., Concepción, P., Thomas, H., López Nieto, J. M., 4th Internacional Symposium on Group five Compounds, Book of Abstracts, p 111-112 (2002)
- [10] B. Neppolian, Q. Wang, H. Jung, H. Choi; Ultrasonics Sonochemistry 15, 649–658 (2008)
- [11] Santosh Kumar Samantaray, Priyabrat Mohapatra, Kulamani Parida; Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 198, 277–287 (2003)
- [12] Leda Maria Saragiotto Colpini, Helton José Alves, Onélia Aparecida Andreo dos Santos, Creusa Maieru Macedo Costa; Dyes and Pigments 76, 525-529 (2008)
- [13] Jian-hua Xu, Wei-Lin Dai, Jingxia Li, Yong Cao, Hexing Li, Heyong He, Kangnian Fan; Catalysis Communications 9, 146–152 (2008)

Caracterización del complejo de inclusión β -ciclodextrina monoclorotriazinilizada–blanqueador óptico mediante espectrofluorometría en solución

Ramírez Barragán C. A.¹, Ruiz Dueñas M.¹,
Andrade Ortega J. A.¹ y Delgado Fornué E.²

¹Centro de Investigación en Biomateriales, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, Apartado postal 52-93 C.P. 45020, Zapopan, Jalisco, México. Teléfono: (33) 3682 0110 Ext. 127, Fax: (33) 3682 0643
Correo electrónico: carlos.ramirez@dmcyp.cucei.udg.mx

²Licenciatura en Biología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Autopista Guadalajara-Nogales Km. 15.5, predio “Las Agujas” Nextipac C.P. 45110, Zapopan, Jalisco, México

Introducción

El estudio de la química supramolecular ha tenido gran interés en los últimos años debido a que permite la mejor comprensión de diversos procesos, entre ellos los biológicos, donde muchas de las asociaciones entre moléculas no son del tipo covalente, sino más bien de tipo “interacciones débiles”. Estas interacciones, a pesar de su carácter débil, son capaces de producir grandes cambios a nivel de propiedades físicas y químicas de las moléculas involucradas [1,2].

La química supramolecular, a menudo llamada “la química más allá de las moléculas” estudia estructuras altamente organizadas que involucran dos o más moléculas individuales agrupadas únicamente mediante fuerzas intermoleculares. Las principales interacciones involucradas son: puentes de hidrógeno, interacciones metal-ligando, interacciones hidrofóbicas, fuerzas electrostáticas y fuerzas capilares. La química supramolecular tiene una gran importancia en diversas áreas como: control y catálisis de reacciones químicas, síntesis orgánica, reconocimiento molecular, diseño de materiales a escala molecular para la industria electrónica, separación química, química bio-orgánica, encapsulamiento de sustancias activas para la industria farmacéutica, etc.[3]

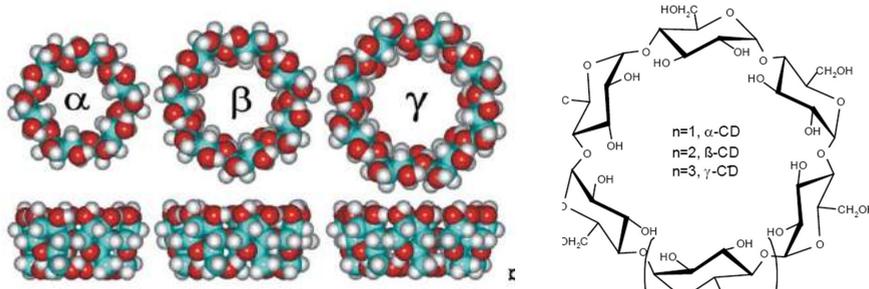
A menudo cuando se estudian estructuras supramoleculares se habla de auto-ensamblado (“self-assembly”), proceso por medio del cual las moléculas se organizan en agregados supramoleculares estables de forma espontánea mediante

fuerzas no covalentes, este es un proceso altamente conveniente y simple que facilita la síntesis de nuevos materiales y que ocurre no solo en este tipo de reacciones de síntesis en el laboratorio, si no que es una constante en los procesos biológicos [3].

Una de las asociaciones supramoleculares de especial interés en el encapsulamiento molecular es el sistema denominado anfitrión-huésped, en el cual para que esta interacción ocurra se deben cumplir ciertos requisitos: el anfitrión debe tener una serie de sitios bien definidos susceptibles de asociación con la molécula huésped y además no deben existir impedimentos geométricos o histéricos que requieran cambios conformacionales importantes por parte de ambas moléculas para que ocurra la asociación de forma estable. [4]

Dentro de las moléculas que pueden formar estructuras macromoleculares mediante el proceso de auto-ensamblado y el modelo de anfitrión-huésped se encuentran las ciclodextrinas (CDs); que son oligosacáridos cíclicos compuestos principalmente por 6, 7 y 8 unidades de glucosa (α -, β - γ -ciclodextrina). Estas moléculas tienen una característica particular que las hace especialmente interesantes en la formación de estructuras supramoleculares mediante la asociación con compuestos orgánicos, principalmente hidrofóbicos, debido a que poseen una estructura geométrica espacial de sus átomos similar a una sección cónica (Figura 1) donde la disposición de sus grupos OH primarios orientados hacia el interior formando junto con los enlaces glucosídicos una cavidad interior relativamente más hidrofóbica mientras que los grupos OH secundarios se encuentran orientados hacia el exterior formando una capa externa hidrofílica. (Figura 2) [5,6].

Esta capacidad única de las ciclodextrinas de alojar en su interior moléculas orgánicas hidrofóbicas, para formar compuestos llamados complejos de inclusión, los convierte en medios ideales para aumentar la solubilidad de compuestos insolubles en agua, cuando éstos deben ser usados en medios acuosos, ésta ventaja es utilizada comúnmente en la industria farmacéutica [7,8].



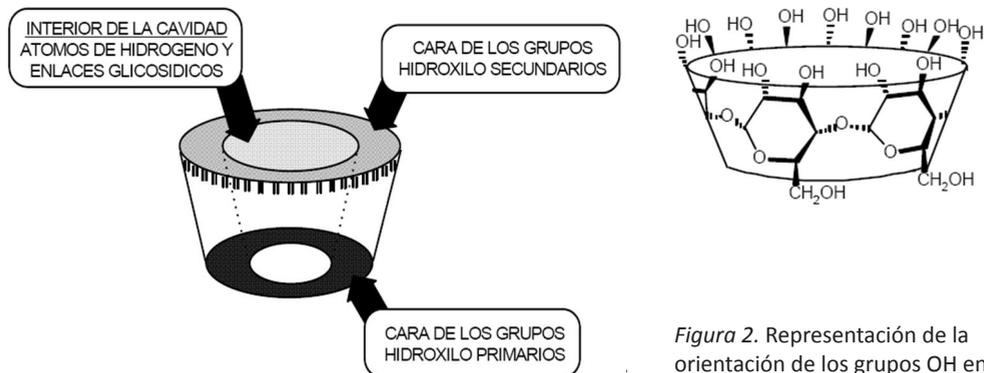


Figura 2. Representación de la orientación de los grupos OH en las ciclodextrinas

En muchas ocasiones es necesario fijar estos complejos de inclusión a sustratos poliméricos y para ello se utilizan ciclodextrinas modificadas que posean grupos reactivos capaces de fijarse covalentemente a dichos sustratos. La β -ciclodextrina monoclorotriazinilada (β -CDMCT) fue la primera en ser modificada y producida a nivel industrial y es ampliamente usada en la modificación de textiles donde se utiliza para, una vez fija covalentemente a las fibras, encapsular aromas, fungicidas, bactericidas, blanqueadores ópticos, etc. [9]

Cuando se utilizan ciclodextrinas para formar complejos de inclusión es de vital importancia conocer los parámetros termodinámicos de dicha asociación, ya que de éstos depende la espontaneidad, cantidad de complejo formado y su estabilidad. Existen varios métodos analíticos para analizar esta interacción, pero cuando se trata de compuestos que presentan la propiedad de fluorescencia molecular, es de especial utilidad el uso de la espectrofluorimetría como herramienta analítica para la determinación de la factibilidad de formación, estequiometría y estabilidad del complejo formado.[10]

La formación en solución de un complejo de inclusión se lleva a cabo entre β -CDMCT (Figura 3) y el blanqueador óptico 2,5-tiofenedil bis(5-ter-butil-1,3-benzoxazola) (UVBNB) (Figura 4), éste último es utilizado comercialmente para incrementar la blancura de fibras de celulosa en la fabricación de papel. Es importante mencionar que el UVBNB es un compuesto altamente hidrofóbico, lo cual dificulta su aplicación directa en sistemas acuosos; actualmente para su uso es necesario el empleo de varios solventes orgánicos y tensoactivos para lograr aumentar su solubilidad en agua.

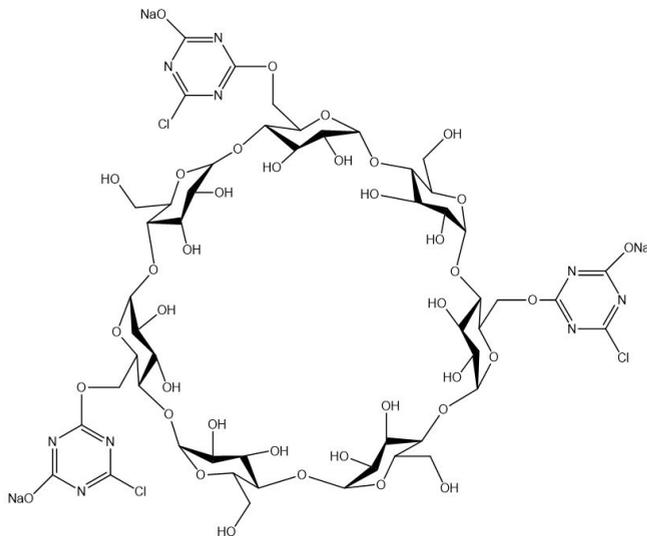


Figura 3. β -ciclodextrina monoclortriazinilizada (β -CDMCT)

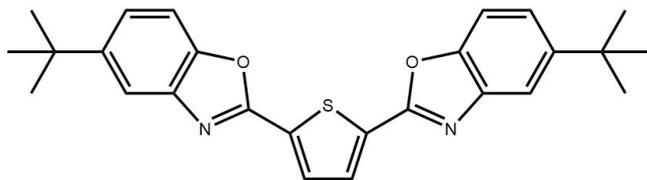


Figura 4. 2,5-tiofenil bis(5-ter-butil-1,3-benzoxazola), (UVBNB)

Estabilidad del Complejo de Inclusión

Los parámetros que indican la espontaneidad y estabilidad de la formación del complejo de inclusión, incluyen la determinación de la constante de equilibrio (K_s), así como el cambio en la energía libre de Gibbs (ΔG^\ominus).

El método para estimar la constante de equilibrio (K_s) consiste en medir, a pH y temperatura constante, los cambios en la intensidad de fluorescencia de soluciones de concentración conocida del fluoróforo y del complejo de inclusión como función de la concentración de CD manteniendo la concentración de fluoróforo constante. Se grafica la recíproca de la concentración de CD ($1/[CD]$) contra la recíproca del cambio en la intensidad de fluorescencia ($1/\Delta F$). La curva se ajusta a la ecuación de Benesi-Hildebrand [11] y se calcula la constante de equilibrio para el complejo de inclusión, de acuerdo con la ecuación:

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{1 + K_{11} F_{11}^n} + \frac{1}{1 + K_{11} F_{11}^n}$$

Ecuación 1

Donde n está relacionada con la estequiometría en la formación del complejo.

Las mediciones de fluorescencia se obtienen en un espectrofluorómetro Ocean Optics USB-2000 FL en modo continuo, como fuente de luz una lámpara de xenón PX-2. La temperatura se mantiene a 25 ± 0.1 °C, y se utiliza una solución buffer de fosfato para mantener constante el pH en 10.5.

En la Figura 5 se presentan los espectros de fluorescencia del UVBNB solo y en presencia de diferentes concentraciones de β -CDMCT. Se observa el máximo de la intensidad de fluorescencia para el blanqueador solo a 493 nm, mientras que en presencia de β -CDMCT existe un desplazamiento del máximo hasta 443 nm por efecto de la inclusión. El aumento en la intensidad de fluorescencia de todos los tratamientos con β CD-MCT es una evidencia de la asociación entre las dos moléculas, ya que la intensidad de fluorescencia se ve beneficiada cuando la molécula de UVBNB se encuentra en la nanocavidad de la CD donde existe un ambiente relativamente más hidrofóbico que en la solución acuosa.

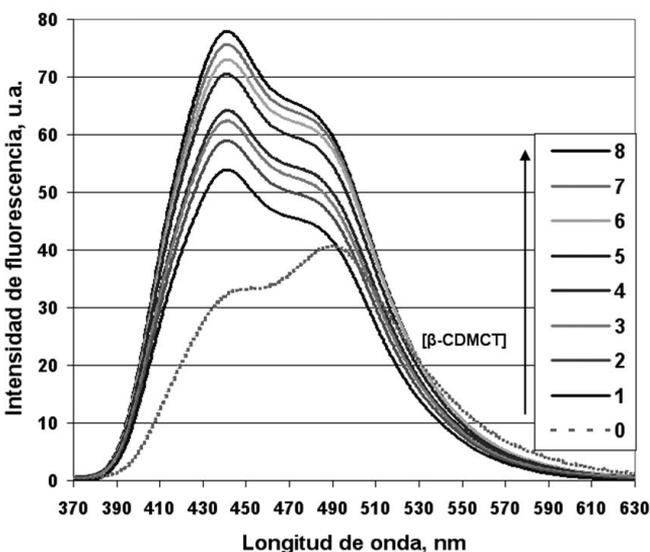


Figura 5. Espectros de fluorescencia de UVBNB 0.5 mM y β -CDMCT concentración de: 0mM (0), 1.0mM (1), 3.0mM (2), 4.0mM (3), 5.0mM (4), 7.0mM (5), 8.0mM (6), 9.0mM (7) y 10.0 mM (8)

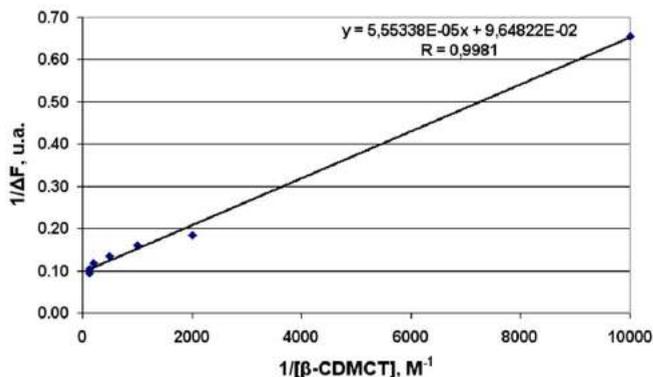


Figura 6. Gráfica de la recíproca de la concentración de β -CDMCT y del cambio en la intensidad de fluorescencia, de acuerdo a la correlación de Benesi-Hildebrand.

En la Figura 6 se presentan los resultados de los cambios en la intensidad de fluorescencia manteniendo constante la concentración de UVBNB en 0.5 mM mientras que la concentración de β -CDMCT se varía desde 0 hasta 10.0 mM, los datos se grafican de acuerdo a la correlación propuesta por Benesi-Hildebrand [11]. De la gráfica anterior se calcula la constante de equilibrio resultando un valor de 1787.08 M^{-3} y una ΔG° de -18.55 kJ/mol, estos datos indican una formación espontánea y estable del complejo de inclusión en solución. Adicionalmente, como se observa en la Figura 5 todos los tratamientos donde se encuentra presente la β -CDMCT aumentaron su intensidad de fluorescencia como resultado de la complejación, por lo que es evidente que este proceso permite potenciar la propiedad de fluorescencia de este blanqueador óptico.

Conclusiones

Es posible la formación de un complejo de inclusión entre CD-MCT y UVBNB de forma espontánea y estable con una constante de equilibrio de 1787.08 M^{-3} y una ΔG° de -18.55 KJ/mol, mediciones realizadas a $25^\circ\text{C} \pm 0.1$ y un pH de 10.5.

Además el proceso de complejación permite aumentar la intensidad de fluorescencia en solución acuosa del UVBNB en comparación con el uso del blanqueador solo.

Referencias

- [1] G. Wenz, Inclusion Polymers. Advances in Polymer Science 222, Chap. 1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, (2009)
- [2] L. F. Lindoy, I. M. Atkinson, Self-assembly in Supramolecular Systems. The Royal Society of Chemistry, London, United Kingdom, (2000)
- [3] B. D. Wagner, P. J. MacDonald, and M. Wagner, Journal of Chemical Education. 77, 178-181. (2000)
- [4] J. W. Steed, D. R. Turner, K. J. Wallace, Core Concepts in Supramolecular Chemistry and Nanochemistry, John Wiley & Sons, USA, (2007)
- [5] J. Szejtli, Chemical Review. 98, 1743-1753 (1998)
- [6] H. Dodziuk, Cyclodextrins and their complexes, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, (2006)
- [7] J. Szejtli, Cyclodextrins and their inclusion complexes, Editorial Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary, (1982)
- [8] E.M. Martin del Valle, Process Biochemistry. 39, 1033–1046. (2004)
- [9] J. Szejtli, Journal of Materials Chemistry. 7, 575-587. (1997)
- [10] K. Hirose, Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry. 39, 193-209. (2001)
- [11] H. A. Benesi and J. H. Hildebrand, Journal of the American Chemical Society. 71, 2703-2707. (1949)

Recubrimiento de monolitos metálicos a partir de suspensiones de fases tamiz molecular octaédrico de manganeso para la eliminación de COVS

Frías Marques D. M.¹, Ángel Meraz E. A.¹, Martínez L. M.²,
Centeno M. A.² y Montes M.³

¹Ingeniería Química. DAIA-UJAT. Ave. Universidad s/n Col. Magisterial. C.P. 86000. Villahermosa Tabasco, México. Correo electrónico: dora.frias@daia.ujat.mx

²Departamento de Ingeniería Química. Universidad del País Vasco (UPV-EHU), Apdo. 1072, 20080 San Sebastián, España.

³Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (Centro Mixto US-CSIC) Avda. Américo Vespucio s/n, 41092 Sevilla, España.

Introducción

Los monolitos metálicos están formados por estructuras rígidas tridimensionales con grandes poros o canales que aseguran el paso de fluidos con bajas pérdidas de carga, se pueden fabricar con paredes finas y presentan conductividad térmica y eléctrica más altas que la de los monolitos cerámicos [1], otra ventaja es que pueden ser utilizados como resistencia eléctrica para el calentamiento del sistema de reacción. Aunque dentro de sus desventajas podemos mencionar el efecto telescópico bajo condiciones de tensión dinámica o de altas temperaturas y que frente a los monolitos cerámicos la adhesión del recubrimiento que actúa como soporte de la fase activa es baja. Este problema puede solucionarse por combinación de modificaciones químicas en la preparación del recubrimiento o el uso de aleaciones con la capacidad de formar capas de óxidos adherentes y estables que actúen como anclaje. Diferentes aleaciones se han utilizado para preparar monolitos metálicos aunque la más usada es el FeCralloy, aleación ferrífica [2]. El recubrimiento por inmersión o “whascoating”, es un proceso simple que consiste en introducir la estructura monolítica en una suspensión del sólido que se quiera depositar, aunque lo complejo es preparar suspensiones que permitan depositar grandes cantidades de material de manera homogénea para evitar problemas difusionales que podrían ocasionarse si el material se aglomera dentro de los canales del monolito. A continuación se describe el método de síntesis de los monolitos metálicos.

Preparación de Monolitos Metálicos

Los monolitos se construyen de la aleación Fecralloy□ (MF) y la aleación AISI 304 (MA) (acero inoxidable austenítico, Goodfellow), enrollando una placa lisa y otra rizada de 50 micras de espesor ($L= 30\text{mm}$, $d= 16\text{ mm}$, $V= 6\text{ cm}^3$ y densidad de la celdas 55 celdas/cm²). Una vez construido el monolito se realiza un tratamiento térmico a 900°C durante 22 horas para la segregación de la alúmina de la aleación a la superficie, fenómeno frecuentemente reportado en la bibliografía [3-5].

Descripción del Método del Reflujo para Obtener el Criptomelano

El criptomelano es preparado por el método del reflujo [6], a partir de la reducción del acetato de manganeso. Una vez terminada la síntesis con el total de la suspensión obtenida se procede a preparar las suspensiones. Se toman 25 ml de la suspensión para posteriormente preparar diferentes alícuotas a las cuales se les adiciona 1, 2, 3 y 6 ml de alúmina coloidal al 20% (Nyacol) sometiéndose a agitación por 24 horas.

Inmersión de los Monolitos

Posteriormente los monolitos se introducen en las suspensiones a una velocidad de 3 cm/min, manteniéndose así por un minuto y retirándose a la misma velocidad, el exceso de la suspensión se retira por centrifugación. Los monolitos se secan por 1 h y se procede a realizar ensayos variando el número de inmersiones (1, 3, 5 y 7 veces). La calcinación posterior se realiza a diferentes temperaturas (450°C, 550°C y 650°C).

Medición de la Viscosidad

La viscosidad de las suspensiones son medidas en un reómetro (Viscotester VT 500) En la Figura 1 se presenta la viscosidad de la suspensión tras una síntesis estándar cuando son añadidos 1ml, 2ml, 3ml y 6 ml de alúmina coloidal al 20% sobre un volumen de 25 ml de la suspensión obtenida en la síntesis y que contiene alrededor de 1.2 g de criptomelano en los 25 ml. La viscosidad tiende a valores entre 0.48 a 22.6 cP. Por observación directa de las suspensiones se aprecia que con la adición de 3 y 6 ml de alúmina coloidal, la suspensión es estable por 24 horas. Se selecciona por tanto la suspensión estabilizada con 3 ml de alúmina coloidal, debido a que es más fluida que cuando se adiciona 6 ml. Una vez seleccionada la suspensión con 3 ml de alúmina coloidal se recubrieron monolitos, realizando 1, 3, 5 y 7 inmersiones.

La masa cargada sobre monolitos obteniendo para el FeCralloy con 1 y 3 veces cerca de 100 mg y con 5 y 7 el incremento es ya mucho menor. Para los monolitos de AISI 304 la masa adherida es ligeramente mayor llegando hasta 140 mg.

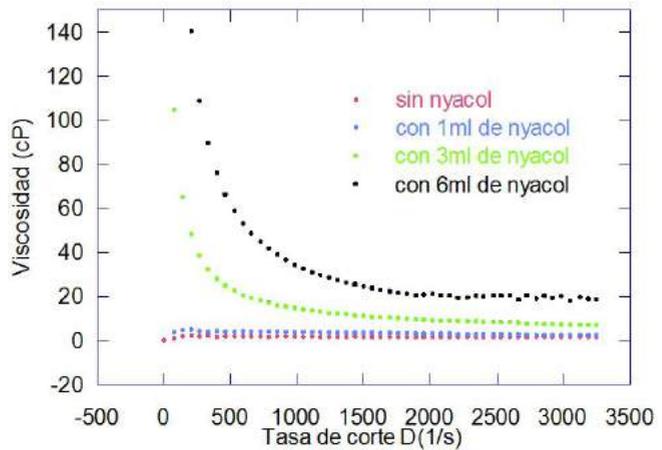


Figura 1. Influencia del nyacol sobre la viscosidad de la suspensión

Morfología de los Monolitos Metálicos

La morfología de los sólidos se estudia con un microscopio electrónico de barrido marca HITACHI, modelo S-2700. En el caso de FeCralloy, el tratamiento térmico permite obtener alúmina superficial en forma de agujas orientados al azar (Figura 2a). Para el caso de AISI 304 con el tratamiento térmico en aire sintético se generan cristales (Figura 2b) de fases ricas en Cr y Mn. En las Figuras 1a y 1b se presenta la morfología correspondiente a ambos metales adecuada para fijar sobre ella los recubrimientos de catalizador. La Figura 1a revela la estructura formada por agujas que tienen entre 3 y 6 μm . La Figura 1b muestra para el acero AISI 304 cristales octaédricos con espesor entre 1 y 5 micras.

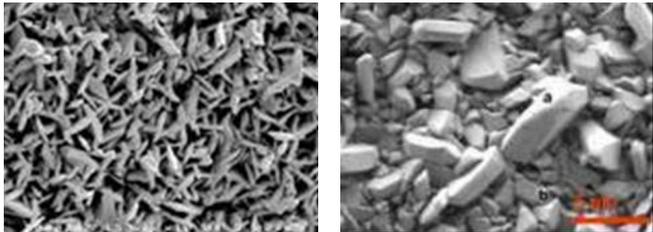


Figura 2. Morfología del FeCralloy pretratado(a) y del AISI 304 pretratado (b)

Medición del Potencial Z en la Suspensión del Criptomelano

Una vez que es realizada la suspensión de MnOx, se mide el potencial Z de la suspensión del criptomelano con un equipo Malvern Zetasizer Nano-ZS, estos datos indican que la suspensión será estable a pH por debajo de 4 y por encima de 10. El punto isoeléctrico es 5.6, cercano al reportado para este tipo de compuesto en el cual se indica un valor en el potencial Z < 6 para un criptomelano sintético con fórmula $K_{1.3-1.5}M_8O_{16}$, analizado con una sal de KNO_3 por el método electrocinética.

Adherencia de los Monolitos

La adherencia es evaluada por las medidas de pérdida de peso de los monolitos tras sumergirlos en éter del petróleo en un baño de ultrasonido [7]. Las pruebas de adherencia por ultrasonidos se llevan a cabo con monolitos de FeCralloy calcinados a 450, 550 y 650°C tras realizarse 1, 3, 5 y 7 inmersiones. Las curvas de ignición son obtenidas a 2.5°C/min hasta 400°C, con una corriente de aire de 510 ml/min conteniendo 467 ppm de acetato de etilo (1.000 mgC/m³).

La prueba de adherencia presentada en la Figura 3, evidencia que la adhesión es muy buena tanto entre el metal y el sólido (1 deposición) como sobre las sucesivas capas de sólido depositadas (3, 5 y 7 inmersiones). En la calcinación a 450 y 550°C la pérdida del material depositado no supera el 2.3 %. Tras la calcinación a 650°C la adhesión es también muy buena aunque la cantidad de material perdida aumenta hasta el 9%. Las pruebas de adherencia de los monolitos de AISI 304 calcinados a 450°C producen pérdidas menores al 2%.

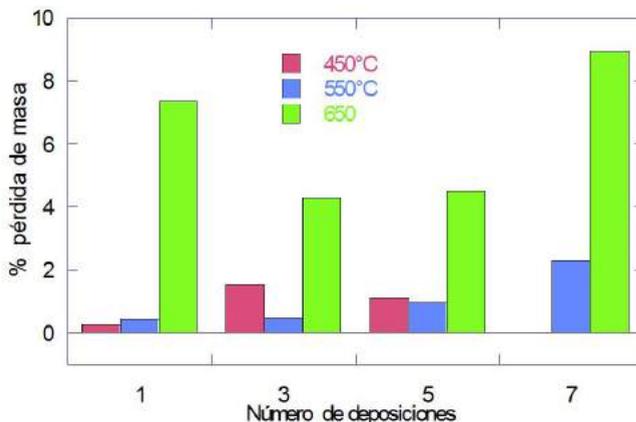


Figura 3. Prueba de adherencia a monolitos a diferentes temperaturas de calcinación.

El área específica de los monolitos preparados (Tabla 1) es proporcional a la cantidad de masa depositada, aunque se puede observar que para los monolitos AISI 304 el área es más elevada sobre los de Fedralloy.

Tabla 1.

Área específica y volumen de poros para monolitos con diferentes números de inmersiones en suspensión MnOx.

Monolito	Masa depositada (mg)	A _{BET}	Vp
		m ² /monolito	cm ³ /monolito
MF-1	48	*	*
MF-3	92	3.02	0.011
MF-5	100	5.02	0.014
MF-7	112	6.9	0.017
MA-3	110	9.9	0.034
MA-5	135	14.0	0.047
MA-7	142	17.6	0.055

Los monolitos Fedralloy (MF) presentan una distribución de poros con un máximo en 70 Å y se aprecia un ligero hombro a 150 Å atribuyéndose el primero a la alúmina coloidal y el segundo a las fases MnOx. Para los monolitos de acero AISI 304 la porosidad es mucho mayor observándose el máximo a 85 Å pero podemos también ver más marcado el segundo máximo correspondiente a las fases MnOx entre 150 y 200 Å.

Las fases criptomelano se ven depositadas sobre ambos sustratos, en la Figura 4a se aprecian picos característicos a 2θ igual a 12.6, 18.5 y 38.1° y observamos el pico característico del acero AISI 304 pretratado en 43.7°, correspondiente a la fase austenita. En tanto que cuando depositamos los compuestos de manganeso, sobre el acero ferrítico, los resultados obtenidos por DRX sugieren la presencia de birnesita (JCPDS 80-1089) además del criptomelano, como puede verse cuando se compara con el sólido no soportado obtenido en la misma síntesis másico en la Figura 4b.

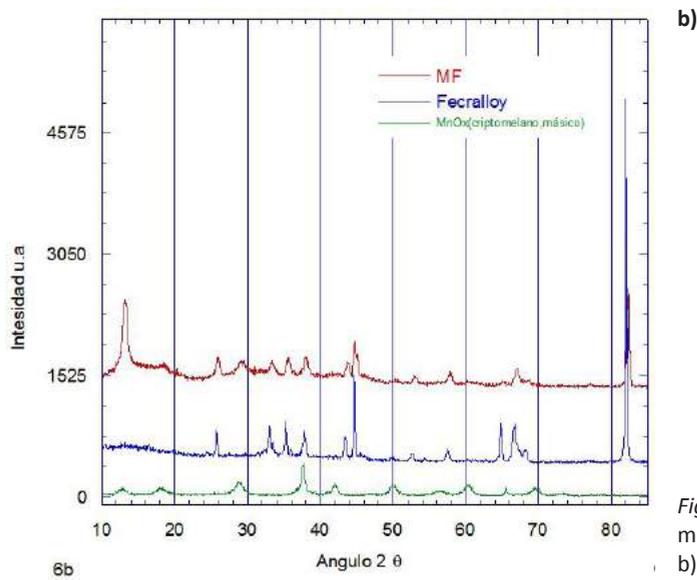
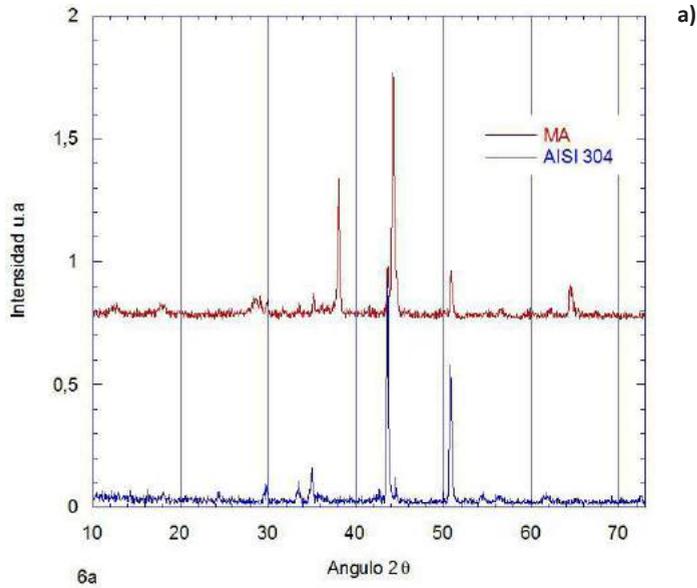


Figura 4. DRX de las muestras de a) AISI 304 y b) FeCrAlloy pretratados y cubiertos con MnOx.

Actividad de los Monolitos

La Actividad de los monolitos es medida en la oxidación total de acetato de etilo en aire. La evaluación de la actividad en combustión total de acetato de etilo cuando son comparados los monolitos MF y MA, recubiertos con siete inmersiones en suspensiones de criptomelano, la actividad del monolito de AISI 304 es superior al de FeCralloy ($T_{50\%}$ igual a 161°C para MA frente a 195 para el MF). Dado que la diferencia en cantidad de sólido depositado no parece muy importante, habría que pensar para explicar esto en posibles diferencias en las fases que se forman. En el caso del monolito MF aparece claramente la birnesita además del criptomelano, mientras que para el MA solo se detecta el criptomelano.

Conclusiones

Las suspensiones de fases octaédricas tipo criptomelano producidas por reflujo se logran estabilizar. Se utilizaron para recubrir monolitos de acero FeCralloy y AISI 304. Existe mayor actividad en la oxidación total del acetato de etilo, cuando se depositan monolitos de AISI 304. En las calcinaciones a diferentes temperaturas de los monolitos de acero no se observaron diferencias significativas en la actividad catalítica.

Referencias

- [1] M.V. Twigg and D.E. Webster, "Structured Catalysts and Reactors", A. Cybulski and J.A. Moulijn. Marcel Dekker Inc., New York, p. 59. (1998)
- [2] P. Ávila, M. Montes, E. Miró. Chemical Engineering Journal 109, 11. (2005)
- [3] M. Valentín, G. Groppi, C. Cristiani, M. Levi, E. Tronconi, P. Forzatti. Catálisis Today 69, 307. (2001)
- [4] C. Agrafiotis, A. Tsetekou, I. Leon. Journal of American Ceramic Society 83 (5) 1033. (2000)
- [5] X. Xu, J.A. Moulijn. Elsevier Science B. Delmon et al. Editors, 845. (1998)
- [6] J. Luo, Q. Zhang, A. Huang, S.L. Siob, Microporous and Mesoporous Materials, 35, 209. (2000)
- [7] S. Yasaki, Y. Yoshino, K. Ohkubo, US patent No. 5 (may 4, 1993).

Capítulo V

Materiales

Análisis morfológico de materiales cerámicos, metálicos y poliméricos utilizando el microscopio metalográfico METAM PB-21-1

**Alberto Romero S. M., Lara Hernández E., Domínguez de los Santos R.,
López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Hernández Rivera M. A. y Díaz Flores L. L.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DAIA,
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1 Col. La Esmeralda, C.P. 86690. Correo electrónico:
lara_4785@hotmail.com

Introducción

La capacidad del ser humano para fabricar y utilizar herramientas es quizá la razón más importante del notable progreso que ha dado por resultado la actual era tecnológica. Las características morfológicas se pueden considerar como un apoyo para la inspección visual de un estudio más detallado de los materiales. Al reemplazar el ojo humano con otros detectores de radiación se puede estudiar y realizar experimentos en forma automática. De estas técnicas de análisis morfológico, la metalografía es la ciencia que estudia las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas [1]. Para comprender la metalografía se requieren repasar algunos términos que se utilizan para efectuar el control de superficie y el análisis óptico de los recubrimientos. Para el estudio de dicha ciencia se requiere un microscopio metalográfico. De acuerdo al propósito de uso, existen variedades de microscopios, dependiendo del tipo de objetivos, oculares, aumento máximo permitido, enfoque, etc. Este tipo de microscopio difiere de los biológicos en que el objeto a estudiar se ilumina con luz reflejada, ya que las muestras cristalográficas son opacas a la luz.

Su funcionamiento está basado en la reflexión de un haz de luz horizontal que proviene de la fuente, dicha reflexión se produce, por medio de un reflector de vidrio plano, hacia abajo a través del objetivo del microscopio sobre la superficie de la muestra. Y la información que se obtiene incluye desde el aspecto morfológico superficial hasta la determinación de número y tamaño de gránulos [2].

Las series de microscopios mecanográficos modulares EC METAM PB están diseñados para el análisis visual de estructuras microscópicas de metales, aleaciones y otros objetos opacos por reflexión de iluminación directa contra un brillante y fondo oscuro. Así como también para caracterización de objetos por luz polarizada y sobre el método de contraste diferencial de interferencia.

Diversas versiones del equipo completo de unidades modulares dan la oportunidad de elegir un microscopio dependiendo de las especies de trabajo.

El microscopio EC METAM PB-21 está hecho para trabajar en regiones con altas temperaturas, con temperaturas climáticas del laboratorio, con aires de temperatura de 15 a 35°C [3].

Instalación del Microscopio y Preparación de Muestras

Se realiza la instalación del microscopio metalográfico instalando el software para el análisis de imágenes MOTIC, y luego se preparan diferentes tipos de muestras en estado sólido

Muestras Metálicas.- Son muestras de acero, cobre, aluminio, sin y con tratamiento térmico, cada una de estas muestras fueron preparadas con las soluciones de Mital®, acetona y ácido clorhídrico respectivamente para la eliminación de óxidos superficiales. Las áreas de medición son de 1 μ m y se observaron con los diferentes objetivos (F=4.0, F=6.3, F=16, F=25) para evaluar su microestructura interna.

Muestras Cerámicas.- Son óxidos de SnO₂, V₂O₅, In₂O₃, se obtienen mediante el proceso de solgel y se analizan tanto en forma de monolitos, como de recubrimientos; dichas muestras se estudian con y sin tratamiento térmico a diferentes objetivos (F=4.0, F=6.3, F=16, F=25) para analizar el arreglo morfológico de las especies depositadas en cada uno de los diferentes recubrimientos.

Muestras Poliméricas.- Son comúnmente conocidos como plásticos y en esta ocasión se usaron acrílicos y nylon 6 obtenidas mediante la reacción de policondensación *in situ* y se analizan con respecto a la cantidad de arcilla adicionada a las fibras.

Análisis de las Imágenes

Las micrografías de la Figura 1, se presentan con un área de medición de 1 X1 μ m. Y se trata de 4 muestras diferentes, en la que corresponde al fierro se observa la

presencia de dendritas características del acero, además de las perlitas con un tamaño de aproximado de $8 \times 10^{-5} \mu\text{m}$. Para la muestra del aluminio, se observan dos fases, dendritas de fase α y, en los espacios interdendríticos, el eutéctico ($\alpha + \text{CuAl}_2$) y de acuerdo con la regla de la palanca, prácticamente la fase mayoritaria corresponde a la fase α de aluminio. En comparación, las micrografías de los cerámicos donde se observa en ambas (c y d) una morfología superficial homogénea y se hace evidente que por efecto del tratamiento térmico a la misma muestra (c) se le disminuye el tamaño de poro (d).

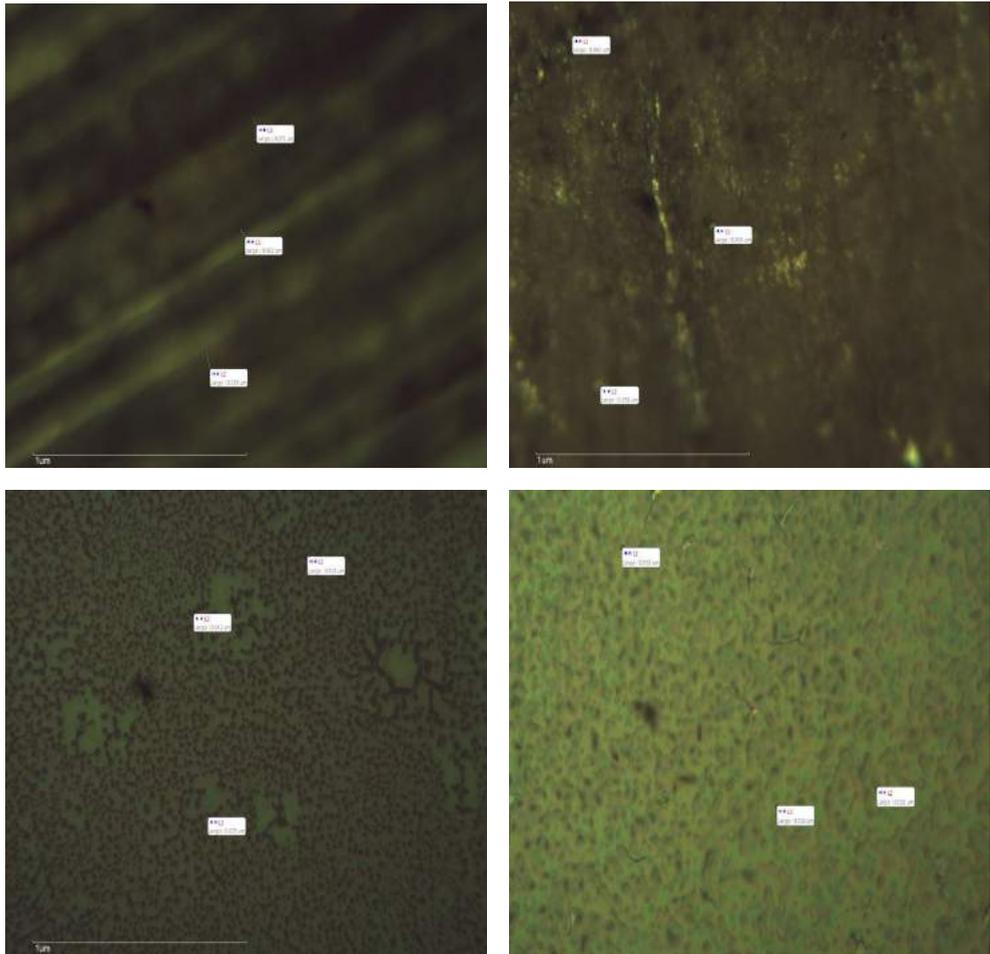


Figura 1. Micrografías ópticas de muestras: (a) Hierro 30-60, (b) Aluminio, (c) Óxido de indio con tratamiento y (d) Óxido de indio sin tratamiento

Conclusiones

El estudio de las características morfológicas de los materiales, obtenidos con diferentes técnicas es en la actualidad una línea de investigación prometedora para una inspección visual más detallada de las superficies y estructuras de los mismos. Se recomienda el análisis de imágenes de diferentes materiales metálicos, cerámicos y poliméricos con fines didácticos para que apoyen el proceso de enseñanza y aprendizaje en las materias relacionadas con ciencias de los materiales. Los materiales cerámicos se obtienen vía proceso solgel y los poliméricos vía condensación *in situ* incorporando arcilla, para incrementar sus propiedades mecánicas; con respecto a los materiales metálicos, estos se analizan antes y después de someterlos a tratamientos térmicos.

Referencias

- [1] Edward S. Dana y William E. Ford. Tratado de mineralogía. Editorial continental. Cuarta Edición. (1975)
- [2] Juan Carlos Pérez Montiel. "Síntesis y caracterización de fibras de nanocompuestos estructurados de nylon 6-arcilla". Tesis de Ingeniería Química. (2010)
- [3] Yuridiana Isidro Ovando. Obtención y caracterización de recubrimientos semiconductores transparentes por la hidrólisis de sales de estaño". Tesis de Ingeniería Química. (2009)

permite la introducción de moléculas orgánicas dentro de una red inorgánica. Los componentes orgánicos e inorgánicos pueden ser mezclados a escala nanométrica, en cualquier razón molar alcanzando con esto los nanocompuestos híbridos orgánico-inorgánico. Estos híbridos son extremadamente versátiles en su composición, procesamiento, así como en sus propiedades ópticas y mecánicas [3-4].

Procedimiento de Preparación Muestras

Primero se preparan las muestras y luego se analizan como se explica a continuación.

Preparación Muestras de SiO₂

Se mezclan en un vaso de precipitado de 400 ml inicialmente el ETOH con el TEOS en diversas relaciones molares TEOS/AGUA con una agitación constante durante 10 min. para este fin se utiliza un Termoagitador marca Felisa, Modelo FE-311. Posteriormente, se incorpora la porción del agua destilada, manteniendo la agitación constante durante 10 min. Finalmente se adicionan 0.3 mL de ácido nítrico al 5% en volumen como catalizador. Se continúa la agitación durante 15 minutos, hasta observar el proceso exotérmico de la solución al calentarse las paredes del vaso de precipitado y cierto desprendimiento de vapor, indicando el inicio de la reacción de hidrólisis, por lo que se mantiene otros 5 minutos adicionales para dar por terminada la preparación de la solución. Esta solución se deja en reposo durante 72 horas para dar lugar a la formación de la cadena de dióxido de silicio (SiO₂).

Preparación del PMMA

Los reactivos para la preparación del PMMA son: Metil Metacrilato, Hidróxido de Sodio, Peróxido de Benzoilo y Agua Destilada. Se calientan 200 ml de agua destilada en un baño María, en seguida se vierten 20 ml de Metil Metacrilato en un vaso de 50 ml, se adicionan 0.4 g de Hidróxido de Sodio, y se agita durante 10 minutos, para este fin se utiliza un termoagitador Marca Felisa, Modelo FE-311. Después se filtra la solución con papel filtro medio, luego se le agregan 0.2 g de Peróxido de Benzoilo a la mezcla y se agita nuevamente durante otros 5 min. Finalmente, la mezcla se sumerge en el baño maría hasta que la mezcla se polimeriza, observándose una apariencia de gelatina de consistencia espesa.

Análisis de Materiales

Mediante los análisis por FTIR, se obtienen diversos espectros de cada una de las muestras para observar los cambios en la composición química de los materiales. En esta espectroscopía de adsorción infrarrojas de las muestras se grafican en el eje de las abscisas el número de onda [cm^{-1}] y en el eje de las ordenadas la absorbancia [V.A].

En la Figura 1 se presenta el espectro correspondiente a la muestra de SiO_2 puro sin la incorporación de PMMA, en esta, se aprecia el rango de 400 a 4000 cm^{-1} en número de onda *versus* las unidades absolutas (u.a) de absorbancia.

Con respecto al material híbrido de PMMA/ SiO_2 , solamente se realiza la medición de una de las muestras y es la correspondiente a la que tiene la proporción LRX10

En este espectro se pueden observar tres bandas principales, la de mayor intensidad alrededor de los 1070 cm^{-1} correspondiente al modo vibracional de estiramiento (ν) del SiO_2 , y a 800 y 540 cm^{-1} el de balanceo (δ) y flexión (ρ) respectivamente. Así mismo, también se aprecian dos bandas adicionales, una más ancha alrededor de los 3200 cm^{-1} , correspondiente al modo de estiramiento de O-H y la otra en 920 cm^{-1} del modo de Si-OH.

También se obtuvo el espectro infrarrojo del MMA, el cual se presenta en la Figura 2. En esta Figura se aprecian bandas de absorción correspondientes a los diferentes modos de absorción de los grupos funcionales C=O, C=C, C-H y solo se enunciarán, los más importantes [4].

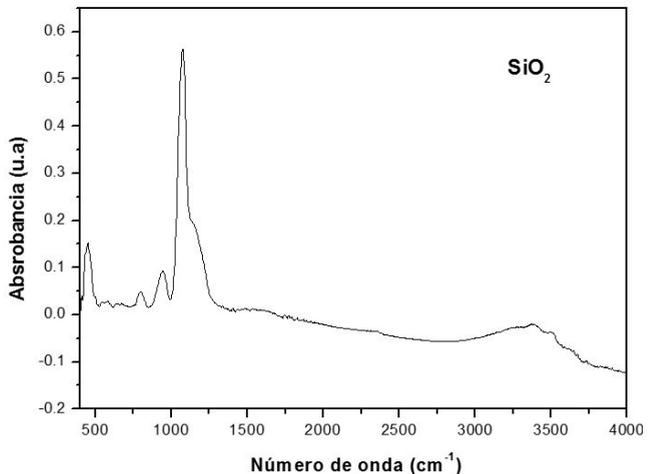


Figura 1. Espectro infrarrojo de la muestra de SiO_2 puro

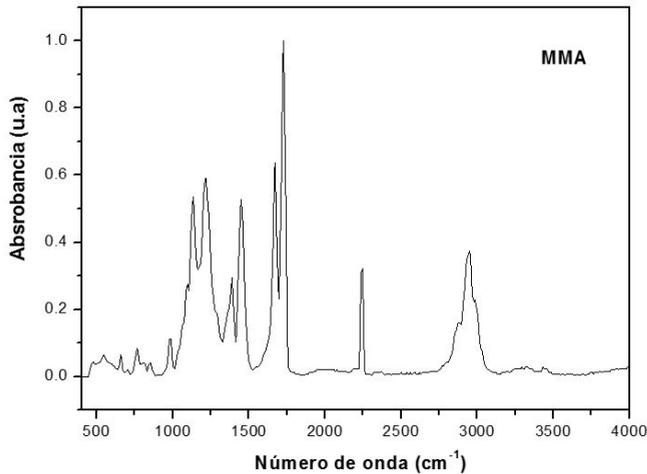


Figura 2. Espectro infrarrojo de la muestra de MMA

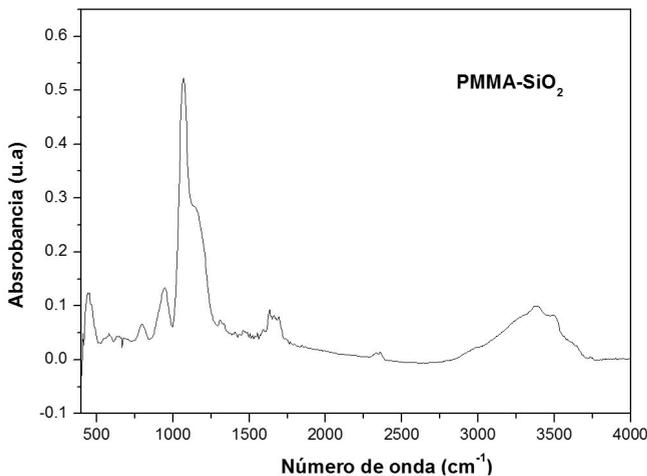


Figura 3. Espectro infrarrojo de la muestra híbrida de SiO₂-PMMA

También se obtuvo el espectro infrarrojo del MMA, el cual se presenta en la Figura 2. En esta Figura se aprecian mayores bandas de absorción correspondientes a los diferentes modos de absorción de los grupos funcionales C=O, C=C, C-H y solo se enuncian, los más importantes. Tal espectro se presenta en la Figura 3, donde se aprecian diversas bandas de absorción siendo las de mayor intensidad las correspondientes a las de SiO₂, sin embargo, las bandas asociadas al material hidrocarbonado del PMMA, están presentes en el rango de 1250 hasta 1750 cm⁻¹ aproximadamente.

Las muestras por calorimetría diferencial de barrido permiten observar que la muestra correspondiente al PMMA, se observa un pico endotérmico a 150 °C, el cual sufre un corrimiento a más altas temperaturas (275 °C) con la adición de la sílice, tal y como se presenta en la Figura de SiO₂/PMMA. Así mismo, en este Termograma se aprecia otra transición a 200 °C, que corresponde al contenido de óxido de silicio [5].

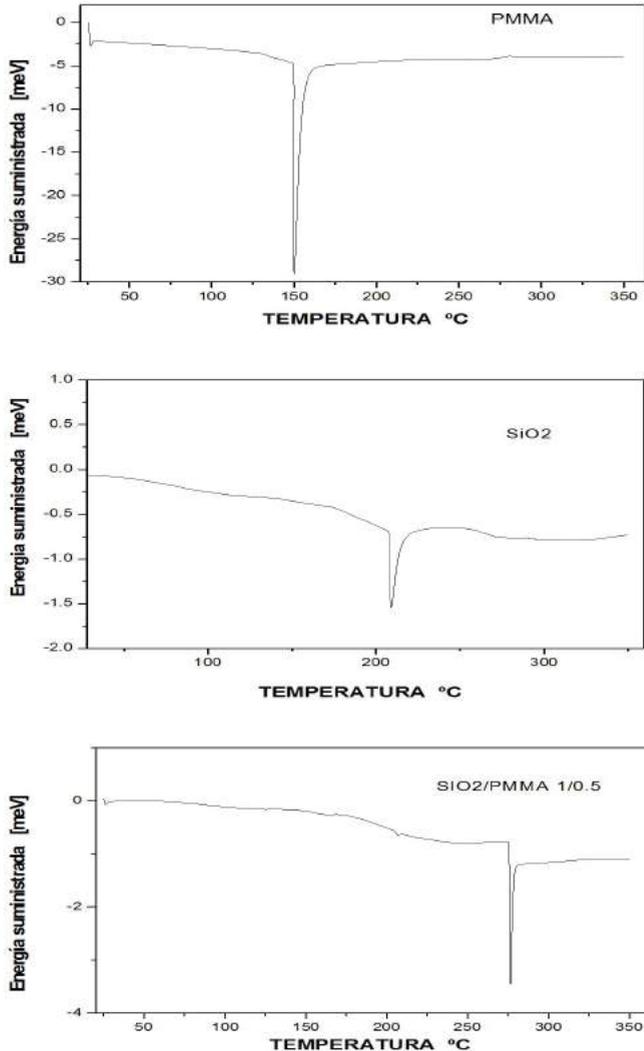


Figura 4. Termogramas de DSC de los materiales precursores y de la mezcla de PMMA/SiO₂

Conclusiones

Utilizando el proceso de sol-gel a temperatura ambiente, se obtienen monolitos híbridos de SiO_2/PMMA . Mediante la caracterización de FTIR, se encuentra que existe compatibilidad entre los compuestos orgánico e inorgánico participantes en la obtención de los monolitos. Adicional a las redes de óxido de silicio y de PMMA observadas, también se observa la presencia de enlaces Si-O-C, que evidencian la formación de redes que contribuyen a la estabilidad del PMMA incrementando sus propiedades térmicas de resistencia a la degradación a más altas temperaturas.

Referencias

- [1] Brinker and Sherer. The Sol-Gel Technol. Ed. Prentice Hall. New York (1995)
- [2] Díaz Flores, L. L., Pérez-Bueno. J. J., Espinoza-Beltrán, Vorobiev, Y., and González-Hernández, J., Microelec. Engineering, 51, p.659-665. (2000)
- [3] Díaz Flores, L. L., Pérez-Bueno, J. J., Martínez, F. J., Ruiz, F., Vorobiev, Y. and González-Hernández, J. Mater. Lett., 43, p.25. (2000)
- [4] Avnir, D., Braun, S., Levy, D., and Ottoienghi, M. Chem. Mater, 6, p.1605. (1994)
- [5] Zhi Hun Huang y Kon Yuan Qio. Polymer. Vol. 38, No. 3, p. 521-526. (1997)

Transferencia de esfuerzo en materiales compuestos usando tres diferentes geometrías de análisis fotoelástico

**Vázquez Rodríguez J. M., Hernández Rivera M. A., Sifuentes Gallardo P.,
López Rodríguez A. S. y Díaz Flores L. L.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ingeniería y Arquitectura
Km. 1 Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Col. La florida, Cunduacán, C.P. 86690
Teléfono, (993) 358 15 00 ext. 6754 y 6755 Correo electrónico: jose.vazquez@daia.ujat.mx

Introducción

Uno de los parámetros más importantes en el diseño de materiales compuestos es el nivel de adherencia entre los componentes que lo constituyen. El análisis de la adherencia en materiales compuestos se realiza de manera tradicional usando técnicas de análisis micromecánico en las cuales se mide el esfuerzo necesario para extraer o para fracturar una fibra embebida en una matriz polimérica [1-3].

La distribución de esfuerzos puede ser analizada también por medio de sistemas ópticos que generan patrones de franjas de interferencia. Una técnica de análisis y diseño mecánico es la fotoelasticidad, en la que dos haces luminosos con polarización lineal interfieren entre sí al propagarse a través de un material sometido a una carga. La interferencia de estos haces produce imágenes con patrones de franjas que muestran la distribución y el nivel de los esfuerzos generados en el material [4]. De esta manera se correlaciona la distribución de esfuerzos obtenida aplicando la técnica de fotoelasticidad y la distribución equivalente obtenida a partir de las teorías de transferencia de esfuerzo cortante para tres geometrías de desprendimiento a tensión. Las geometrías empleadas fueron: Pull-out, Single Fiber Composite (SFC) y Crack Bridging[5].

Obtención de Probetas y Curado

En este proceso se obtienen las probetas y posteriormente se realiza un sistema de curado.

Obtención de las Probetas

Se utiliza una fibra de poliéster de la marca KIRSCHBAUM con un diámetro de 1,3 mm mientras que para la fabricación de las probetas fueron fabricadas utilizada una resina epóxica a base de un tipo de bisfenol-A denominado DER 331 de Dow Chemical. Para realizar la reacción de entrecruzamiento se usa una diamina alifática de Air Products and Chemicals, Inc, llamada comercialmente ANCAMINE 1784. La relación molar entre la resina epoxi y el agente de curado es de 0,6 (g resina epoxi mol/g diamina alifática mol) [7].

Para obtener las probetas se emplea un molde rectangular con un puente removible. Las probetas tienen las dimensiones siguientes: el bloque de resina es de 4 cm de ancho, 6 cm de largo y 1,1 cm de espesor. La fibra es longitudinalmente embebida en el centro de la probeta; la longitud libre de la fibra es de 3 cm de largo para las probetas de Pull-out, de 2 cm para las de Single Fiber Composite (SFC) y embebida longitudinal para las de Crack Bridging.

Proceso de Curado

El proceso de curación se realiza en ocho días en condiciones controladas de humedad a temperatura ambiente. El instrumento de polarización se dispone para conformar un polariscopio plano, con dos elementos de polarización cruzados 90° y una fuente de luz blanca. La carga es transmitida a la muestra utilizando un marco de carga con un sistema cantilever. Las imágenes de todos los patrones obtenidos se graban con una cámara.

Propiedades Mecánicas de las Fibras y de la Resina Epóxica

La fibra de poliéster tiene las propiedades mecánicas mostradas en la Tabla 1 mientras que el análisis a tensión de la resina epóxica es presentado en la Tabla 2.

Tabla 1.*Propiedades mecánicas de la fibra poliéster*

Probeta	Módulo Elástico (MPa)	Esfuerzo Max. (MPa)	Deformación Max. %	Esfuerzo de Ruptura (Pa)
Promedio	6003	0.58	46.6	0.57
Desviación Estandar	252.4	0.06	2.6	0.017

Tabla 2.*Propiedades mecánicas de la resina epóxica*

Probeta	Módulo Elástico (MPa)	Esfuerzo Max. (MPa)	Deformación Max. %	Relación de Poisson
Promedio	1032.05	22.80	9.24	0.38
Desviación estándar	50.85	1.84	0.43	0.01

El módulo de Young para la fibra es en promedio 6 veces más alto en comparación con el módulo en la matriz lo que asegura que la fibra tenga deformaciones bajas o nulas y que se mantenga en su región elástica al realizar ensayos.

Esfuerzos en la Probeta *Pull-out*

La distribución de los esfuerzos en una probeta de *Pull-out* varía a lo largo de la fibra embebida y en dirección radial como se puede observar en la Figura 1a. El proceso de falla de la interfase se monitorea al mismo tiempo que la carga aplicada se incrementa. Se identifican tres fases del proceso de falla iniciando con una probeta libre de carga. La primera fase muestra una respuesta fotoelástica incipiente, obtenida cuando el espécimen es cargado por debajo de 24.5 N.

En la segunda fase se produce un aumento notable en la actividad fotoelástica al multiplicarse las franjas isocromáticas. Durante este proceso y antes de la falla de la interfase, se desarrollan tres franjas isocromáticas. La fase final es advertida después del desprendimiento de la fibra debido a que los patrones fotoelásticos cambian a causa de la falla interfacial. Los patrones muestran la actividad fotoelástica generada por la extracción de la fibra en el extremo embebido de ésta.

La Figura 1b muestra la distribución de la relación entre el esfuerzo cortante interfacial y el esfuerzo aplicado (τ_i / σ_n), para los valores experimentales que se obtienen por fotoelasticidad para cuatro grupos de 5 probetas y empleando la teoría *Shear-lag* [6,7]. La distribución del esfuerzo cortante experimental alcanza su valor máximo (τ_{iMAX}) en un punto que se ubica a 2.5 veces el diámetro de la fibra a partir del borde de la probeta (Figura 2).

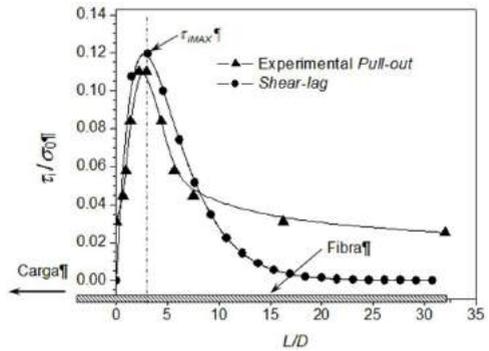
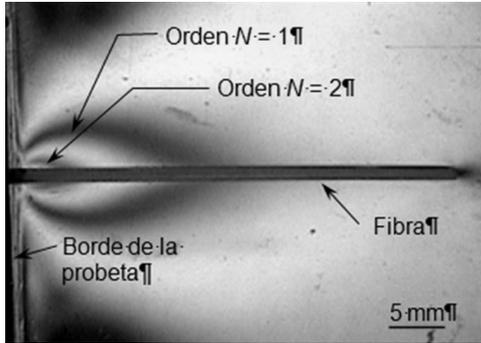


Figura 1. Patrón fotoelástico para la geometría de *Pull-out* obtenida en un polaroscopio circular de campo oscuro (1a). Distribuciones de la relación (τ_i / σ_n) , empleando la teoría de transferencia de esfuerzo cortante *Shear-lag* y para los valores experimentales (1b)

El detalle más importante de la geometría de *Crack-bridging* es el frente de fractura entre la fibra y el bloque de resina generado durante la fractura de esta probeta. La forma de este frente se considera recta y en un plano en dirección transversal a la fibra. Sin embargo, el frente de fractura obtenido fue irregular (Figura 2). Por consiguiente, al ejercer una carga sobre las probetas los patrones fotoelásticos generados fueron asimétricos[1].

La diferencia substancial de los ensayos para la geometría de *Crack-bridging* respecto a los de la geometría de *Pull-out* es el comportamiento de falla de esta geometría que permite observar el proceso de desprendimiento interfacial en el momento de la falla. Esto permite establecer el mecanismo de falla y calcular el esfuerzo cortante interfacial en el proceso de desprendimiento.

El proceso de falla finaliza con la extracción de la fibra generando en el extremo embebido patrones fotoelásticos simétricos producidos por la fricción con la cavidad vacía de la resina.

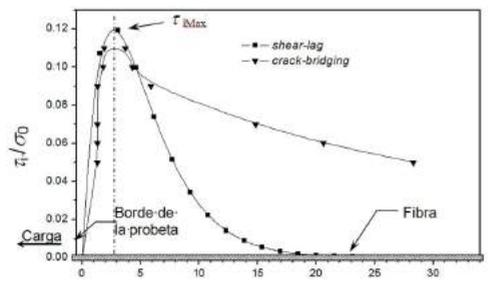
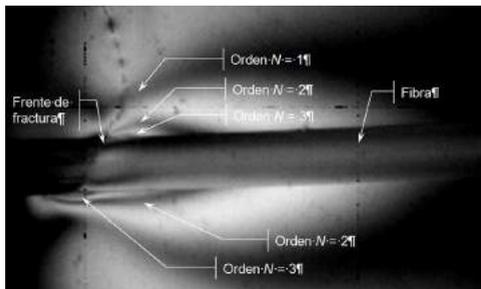


Figura 2. Conteo de bandas isocromáticas en una probeta de *Crack-bridging* (2a). Comportamiento del esfuerzo cortante interfacial para una probeta de *Crack-bridging* antes de propagarse la fractura (2b)

La técnica del SFC, aunque más comúnmente utilizado para medir la fibra/matriz de resistencia a la rotura de la interfase, es una excelente manera para determinar las longitudes de la falla de la fibra y el estrés sobre el terreno el fracaso de fibra en cada lugar de la fractura así, en una prueba de SFC, la fibra embebida se fractura en varias ocasiones a lo largo de su longitud en los sucesivos puntos débiles que están situados al azar[2-5].

El modelo SFC empleado no divide en pequeñas secciones de la misma longitud a la fibra embebida, de forma contraria, la fibra al ser un termoplástico se deforma en una magnitud muy cercana a la de la matriz que circunda a este (Figura 3). En otras palabras, la teoría que sigue es la descrita por Cox (1952) que constituye lo que hoy se conoce como el modelo de transferencia de esfuerzo cortante el conocido como el modelo de *Shear-lag* [4,5-8].

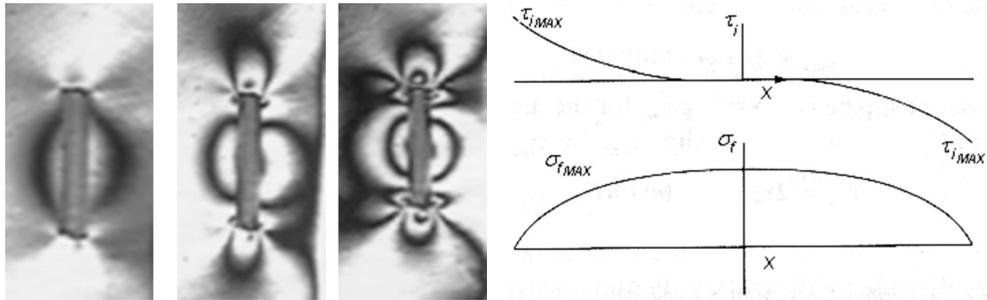


Figura 3. Patrón fotoelástico para la geometría de Pull-out obtenida en un polaroscopio circular de campo oscuro (1a). Distribuciones de τ y σ empleando la teoría de transferencia de esfuerzo cortante *Shear-lag* (1b)

Conclusiones

La técnica de fotoelasticidad se emplea como base para diseñar una metodología para medir la distribución del esfuerzo cortante interfacial en un sistema de fibra termoplástica y matriz termofija. También por medio de esta técnica se definen los modos de falla en base a las direcciones de los esfuerzos principales en modelos de *Pull-out*, *SFC* y *Crack-bridging*.

La predicción hecha por medio de la teoría de *Shear-lag* y los resultados experimentales tienen tendencias similares en el rango comprendido entre $L/D = 0$ y $L/D = 10$ y son reproducibles para todas las pruebas realizadas. Los órdenes fotoelásticos $N = \frac{1}{2}$ y $N = 1$ (0.27 y 0.33 MPa respectivamente), se desvían de la

predicción hecha por medio de la teoría de *Shear-lag*, obteniéndose valores experimentales de esfuerzo interfacial más altos que los predichos teóricamente para distancias mayores a 15 veces el diámetro de la fibra

Las franjas fotoelásticas en las probetas de *Crack-bridging* presentan un comportamiento similar al observado en las probetas de *Pull-out*. Los ensayos de *Crack-bridging* muestran franjas correspondientes a la fricción en la parte desprendida del filamento al generar un doble lóbulo fotoelástico simétrico.

En el caso de la geometría de *Crack-bridging*, al igual que en el caso de la geometría de *Pull-out*, se presentan los modos de falla del tipo I por apertura y de tipo II por deslizamiento. En el proceso de propagación del frente de fractura interfacial, la carga aplicada a la fibra es balanceada en la superficie de fractura. En este punto, la superficie de la fibra se separa del bloque de resina (modo de falla tipo I) provocando que el frente de fractura avance en la interfase entre la superficie de la fibra y del bloque de matriz. El proceso de propagación del frente de fractura es iniciado cuando el valor de esfuerzo cortante interfacial tiene un valor de $\tau_i = 0.62$ MPa, generando dos órdenes fotoelásticos.

Referencias

- [1] J.M. Vázquez-Rodríguez, P.J. Herrera-Franco y P.I. González-Chi. "Analysis of the interface between a thermoplastic fiber and a thermosetting matrix using photoelasticity". *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 38, 3 819-827 (2007)
- [2] Herrera-Franco P. J. and Drzal L.T. "Comparison of methods for the measurement of fibre/matrix adhesion in composites". *Composites*. 23, 2-27. (1992)
- [3] Piggott Michael R. "Load bearing fibre composites". Cap 5. First edition. Pergamon Press (1980)
- [4] Piggott M. R. "Debonding and friction at fibre polymer interfaces I: criteria for failure and sliding". *Composites Science and technology*. 30, 295- 306. (1987)
- [5] Kelly A, Tyson W. R. "Tensile properties of fibre-reinforced metals-copper/tungsten and copper/molybdenum". *J. Mech. Phys. Solids*. 13, 29-50. (1965)
- [6] González-Chi P. I., R. J. Young "Crack Bridging and fibre Pull Out in polyethylene fibre reinforced epoxy resins" *Journal of Materials Science*. 33, 5715-5729. (1998)
- [7] Vázquez-Rodríguez J. M. Herrera-Franco P. J., González-Chi P. I. "Micromechanical Analysis of Thermoplastic-Thermoset Interphase". *Macromol. Symp*. 216, 117-129. (2004)

- [8] Broutman L. "Measurement of fiber-polymer matrix interfacial strength". *In: Interfaces Composites STP-452*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 27-41. (1969)

Influencia de los factores poscosecha en la viscosidad del látex de hule (*Hevea brasiliensis*)

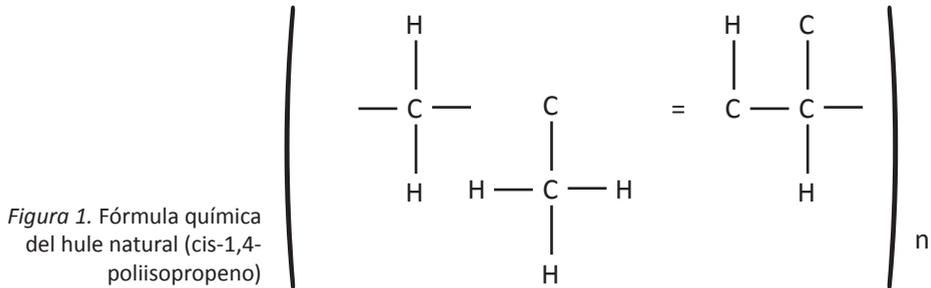
Madrigal Mendoza M.¹, Urrieta Saltijeral J. M.¹, Sifuentes Gallardo P.², Obeso Granados V.¹, López Rodríguez A. S.² y Vázquez Rodríguez J. M.²

¹Instituto Tecnológico de Villahermosa. Carretera a Frontera Km. 3.5
Cd. Industrial, C.P. 86010, Villahermosa, Tabasco, México.
Correo electrónico: mm_magui@hotmail.com

²División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km. 1
Col. La Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México

Introducción

El látex de *Hevea brasiliensis*, está constituido por el citoplasma de las células laticíferas encontradas en la corteza interna del árbol de caucho [1]. El caucho o hule es una sustancia obtenida de forma natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica, cuya molécula isopreno (C₅H₈), se muestra en la Figura 1 [2].



La producción primaria de hule depende, en cuanto a cantidad, del volumen de látex extraída por pica, de la duración del derrame y del porcentaje de hule contenido en el látex. En cuanto a calidad, el factor determinante es el porcentaje de Hidrógeno, pH, cuyo valor se relaciona directamente con la actividad metabólica, pero se ha observado que el látex extraído en temporada de lluvias es más inestable que el extraído en el estío. La calidad también es afectada por la eficacia del preservador utilizado para permitir la

precoagulación al fluidificar el látex a la vez que neutraliza la acidificación natural. Un buen preservante también actúa como antiséptico y detiene los procesos enzimáticos que se producen en medios neutros o ácidos. El preservante más utilizado es el amoníaco [3].

La viscosidad, o resistencia a fluir de las sustancias, es una propiedad importante del látex. En el ámbito industrial, su estudio es un tópico de gran interés principalmente porque el comportamiento de los fluidos que contienen látex es heterogéneo. Las suspensiones que contienen látex, tienen un comportamiento peculiar y se ha observado, ya sea por la presencia de partículas coloidales, macromoléculas o agregado, que la viscosidad depende de la velocidad de agitación de la suspensión. Sin embargo, la humedad presente en el momento de la extracción, es un factor que impacta en la viscosidad del látex natural (*Hevea basilienses*). Por esto aquí se describen técnicas que permiten cuantificar dicho impacto. Dichas técnicas han sido probadas en la Ranchería Lerdo de Tejada 1ra. Sección ubicada en el municipio de Macuspana localizado en la región de la sierra al sur del Estado de Tabasco, entre los paralelos 17°45' y 92°32' de latitud oeste.

Técnicas para Evaluar la Influencia de los Factores Poscosecha

Para evaluar la influencia de los factores poscosecha, es necesario un control cuidadoso desde el momento de la extracción. El procedimiento empieza con la pica o sangrado del árbol de hule. El látex se recoge en tazones especiales que se sujetan al árbol. El látex recolectado se transfiere a botellas PET de 1 litro, en las que previamente se agrega hidróxido de amonio (NH_4OH) como preservante. Una vez hecha la transferencia las botellas PET se cierran herméticamente para evitar la volatilidad y de conservar líquido el látex.

El impacto de los efectos ambientales se califica aplicando diferentes concentraciones de preservante a un mismo volumen base de látex. Por ejemplo, para una base de 400 ml de látex se pueden diseñar varios tratamientos, digamos 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, rotulando los envases de PET de acuerdo a la cantidad de preservante, por decir: 5/400, 6/400, 7/400 y 8/400. Para descartar otros factores, el muestreo se realiza de manera aleatoria para lograr una muestra representativa del plantío, con sus diferentes variedades. Los tratamientos se distribuyen en un diseño aleatorio por bloques completos. Un tamaño de muestra adecuado de la unidad experimental, por citar alguno, es de 40 árboles ubicados en la parte central y vértices del terreno para una población de 2,000 árboles, distribuidos en una superficie de 45,000 m².

Las muestras se analizan montándolas en un porta-muestras de vidrio, cada una con 230 ml de látex a 27 °C con las diferentes concentraciones de preservante utilizado, en un viscosímetro utilizando una gama de velocidades conveniente, como son, corridas a 7 velocidades de corte con un mínimo de tres repeticiones por corrida. Para establecer la influencia de los factores de la temporada de la cosecha es necesario repetir el experimento con muestras colectadas en la temporada de sequía (Diciembre–Enero), por ejemplo, para el Estado de Tabasco) y muestras obtenidas durante la temporada de lluvias (Agosto– Noviembre).

Las características a observar, se relacionan con la calidad de la preservación y son: el color, el pH, el tiempo de coagulación y consistencia. El látex se conserva en botellas PET selladas herméticamente con empaques de papel parafilm almacenadas en una atmósfera controlada con temperatura de 26 °C (BS) y una humedad relativa de 94%.

Comparación Cuantitativa

La Figura 2 muestra una comparación del comportamiento del látex natural para diferentes concentraciones de preservador y dos temporadas de cosecha. Se observa que la viscosidad no sólo varía de una concentración a otra sino también depende de la velocidad de corte y cambia notablemente de una temporada a otra. La viscosidad es menor en las muestras obtenidas en la temporada de lluvias y, en general, es notable la disminución de la viscosidad al pasar de una temporada a otra.

Considerando el efecto de la velocidad de corte se observa que para la concentración más baja 5/400 existe una disminución de la viscosidad desde 16 a 10.88 cP. Para la concentración 6/400 la variación de viscosidad es aproximadamente de 18 a 11.05 cP, muy similar con la concentración de 7/400 que pasa de 18 a 11.13 cP. Las disminuciones de la viscosidad se deben probablemente a que las partículas de caucho permanecen aglomeradas entre ellas y al aumentar las velocidades de corte disminuye la cantidad de partículas suspendidas en el líquido, orientándose longitudinalmente en la dirección del fluido [4]. El menor cambio en la viscosidad ocurre para las muestras con concentración 8/400. En estas se observa que la viscosidad disminuye de 13.33 a 10.83 cP. Esto se atribuye a que la mayor adición de preservante, permite un mayor aislamiento entre las partículas y por consiguiente una mayor dispersión.

Viscosidad del látex natural

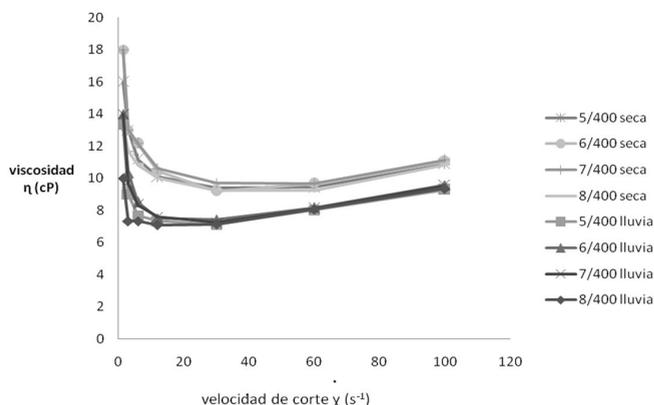


Figura 2. Curvas de viscosidades del látex natural a diferentes concentraciones de (NH_4OH) en dos temporadas del año (seca y lluvia) en función de la velocidad de corte a 27 °C.

Con respecto a la temporada de muestreo se observa a simple vista que el látex obtenido en tiempo de seca presenta una mayor viscosidad comparada con la obtenida en tiempo de lluvia. Sin embargo, el comportamiento de la viscosidad con la velocidad es bastante similar para las dos estaciones.

La viscosidad del látex varía de acuerdo a la temporada de cosecha, porque influye el contenido de caucho en el látex fresco. En temporada de seca se obtiene un látex con 38.15% de caucho, esto se debe a que en tiempo de seca la variación estacional de la disponibilidad en agua y sol se traduce a nivel del látex por una variación estacional del DRC (contenido de hule seco) [Error! Marcador no definido.]. En esta temporada, los DRC y los extractos secos (TSC) son los más elevados; un DRC elevado conduce lógicamente a una viscosidad mayor del látex, aunque limita el derrame y la producción. En temporada de lluvia, el contenido de caucho es alrededor de un 33%. Este valor hace referencia a la baja viscosidad obtenida, debido a que se obtiene mayor cantidad de látex pero una concentración menor de caucho, posiblemente por el aporte de una nueva molécula de agua (y de disolución) en los vasos laticíferos, esencialmente en el momento de la fase lenta del derrame.

Los valores anteriores corresponden a una zona específica del Estado de Tabasco pero tienen gran similitud con valores reportados en la bibliografía. Friedenthal (2000), señala que la viscosidad de un látex fresco al 35% de contenido de caucho en el látex está comprendida entre 12 y 15 cP mientras que la de un látex concentrado a 60% se sitúa entre 40 y 120 cP [5].

En la Tabla 1 se muestran los datos de preservación del látex con sus diferentes concentraciones de preservante, en la cual se observa que la concentración más baja con tan solo 5 ml de NH_4OH fue la primera en coagularse a los 20 días, seguida de

la concentración de 6 ml de NH_4OH la cual se coaguló a los 28 días posteriores a su recolección; sin embargo, las concentraciones con 7 y 8 ml de NH_4OH no se coagularon.

El pH inicial muestra valores altos que presentan la estabilidad del látex debida a la repulsión de sus partículas, pero al transcurrir los días se observa que el pH disminuye colocándose en valores críticos que pueden perjudicar su calidad. En la concentración 5/400 se observa que el pH final es de 7.25 lo cual muestra que se encuentra en una zona de inestabilidad para el látex, ya que es muy cercano al pH del látex recién colectado (casi neutro) susceptible a la acción enzimática y a la proliferación de microorganismos que llevaron a su degradación total, lo volvieron ácido provocando su coagulación y el cambio de un color blanco a un gris oscuro (ver Figura 3), esto debido a que la cantidad de preservante es poca, además de su volatilización.



Figura 3. Degradación del látex con respecto a la concentración de NH_4OH

La muestra 3 con una concentración de 7 ml de preservante aún se encontraba líquida con una consistencia muy buena y conservando el color blanco, al igual la muestra 4 la cual presenta un pH final bastante elevado lo que no permite la acción enzimática ni microorganismos que puedan degradarlo, aunque esta última se presenta muy diluida siendo eficaz para procesarla en un rango mayor de tiempo.

Tabla 1.

Preservación del látex

No. de muestra	Cantidad de NH_4OH (ml)	pH		Tiempo de coagulado (días)	Color	Consistencia
		Inicial	final			
1	5	9.77	7.25	20	Gris oscuro	Coagulado descompuesto
2	6	10.27	8.55	28	Blanco con manchas gris	Descompuesto
3	7	10.34	8.94	-----	blanco	Muy buena
4	8	11.11	9.45	-----	blanco	Muy diluido

Conclusiones

La gráfica de viscosidad del látex natural con sus diferentes concentraciones de preservante, muestra la diferencia que existe entre una concentración y otra, además, de la diferencia entre la temporada de lluvia y seca con la finalidad de determinar cómo afectan cada uno de los factores en su calidad.

Las viscosidades obtenidas se encuentran entre un rango de 18 a 13 cP y de 14 a 10 cP en temporada de seca y lluvia respectivamente, variando por la concentración del preservante. Con estos comportamientos se explica la plasticidad que tiene el látex natural, ya que la curva obtenida muestra un punto de fluidez en el que la viscosidad disminuye al aumentar el gradiente de velocidad, esto debido a que los cambios de las condiciones de contorno (esfuerzos o velocidades) cambian la disposición de las partículas y sus energías de interacción.

Referencias

- [1] Kongsawadworakul P.; et al. The leaf, inner bark and latex cyanide potential of *Hevea brasiliensis*: Evidence for involvement of cyanogenic glucosides in rubber yield. *Phytochemistry* (70) 730–739. (2009)
- [2] Corral Macías Carlos Eduardo. Formulación y vulcanización de hules. CIATEC, A. C. 1-10 p. (2006)
- [3] P. Compagnon. El caucho natural. Biología-cultivo-producción. Consejo Mexicano del hule y CIRAD. México p. 249-254. (1998)
- [4] Schramm, Gebhard. A practical approach to rheology and rheometry. HAAKE. Federal Republic of Germany. 14 p. (1994)
- [5] Friedenthal, Esteban. Tecnología básica del caucho. Sociedad latinoamericana de tecnología del caucho. Buenos Aires, Argentina. 19-20 p. (2000)

Análisis de la corrosión de vigas de concreto armado expuestas al ambiente de Cunduacán, Tabasco

Del Ángel M. E., García J. L., Falconi C. L., Frías M. D.M. y Flores G. M

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ingeniería y Arquitectura.
Km 1 Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, C.P. 86690,
Cunduacán, Tabasco, México. Correo electrónico: ebelia.delangel@daia.ujat.mx

Introducción

En vista de la problemática mundial de la durabilidad de las estructuras de concreto armado, varios grupos de investigación de países de Ibero América, interesados en aportar soluciones, diseñaron el proyecto denominado “Influencia de la acción del medio ambiente en la durabilidad de las estructuras de concreto armado” DURACON, con el objeto de caracterizar la durabilidad del concreto expuesto a las condiciones ambientales en Iberoamérica [1].

La corrosión del acero de refuerzo es una de las mayores causas de deterioro prematuro de las estructuras de concreto reforzado. El mecanismo es el resultado del ingreso de especies químicas a través de la red de poros que tiene el concreto que provocan inestabilidad del relativo estado de reposo electroquímico en el sistema acero-concreto. El fenómeno tiene como origen principalmente la penetración de cloruros y la carbonatación de la matriz cementante [2].

Los estudios en México han orientado la investigación de la corrosión en concreto de acuerdo a la Red Ibero América conocida como DURACON, estos estudios se han realizado en Xalapa Veracruz, México y en otros países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España, México, Perú, Portugal, Uruguay y Venezuela [3].

Sin embargo, los estudios de concreto no se han realizado en Tabasco, por lo que se pretende evaluar el proceso de corrosión de vigas de concreto armado en condiciones naturales en un ambiente de Cunduacán, además estudiar el efecto

de los contaminantes (cloruros y carbonatos) en la durabilidad del concreto. Este estudio es importante para que los constructores tomen en cuenta la importancia de los factores climáticos y de contaminación a la hora de realizar una construcción y con esto hacer más duradera la misma.

Fabricación de Vigas de Concreto

Los especímenes bajo estudio son fabricados tomando en cuenta las siguientes especificaciones: cemento portland, agregado silíceo grueso (grava), arena cuarzosa, (polvo de piedra), varilla de acero 3/8 plg, agua potable.

Preparación y Colocación de las Vigas

Se preparan 9 vigas de concreto de 15 x 15 x 30 cm, de concreto reforzado con varillas de acero del # 3 (9.5 mm de diámetro). Las varillas se colocan dentro de las vigas, a 3 diferentes espesores de recubrimiento de concreto: 15, 20 y 30 mm [4].



Figura 1. Vigas de concreto armado expuestas en Cunduacán

Potencial de Corrosión

Los potenciales se miden utilizando un electrodo de cobre-sulfato de cobre de acuerdo a la norma ASTM C876-91. El potencial electroquímico de corrosión (*ECORR*) del acero en el hormigón es un parámetro que indica el estado de avance de la corrosión de la armadura (pasivo o activo). La medición de *ECORR* se realiza

empleando un electrodo de referencia estándar de Cobre/Sulfato de Cobre (Cu/CuSO₄) saturado (CSE), conectado a un multímetro de alta impedancia [5].

Los valores de potencial de corrosión indican la probabilidad de que exista o no corrosión en el acero estructural (varilla). En la Tabla 1, se muestran los criterios de evaluación de potenciales del acero de refuerzo en el concreto empleando electrodo de referencia de Cu/CuSO₄ (norma ASTM C 876).

Tabla 1.

Criterios de evaluación para potenciales de corrosión [5]

Potencial E_{corr} (mV)	Riesgo de Daño
< -200	10 % de probabilidad de corrosión
-200 a -350	Cierta incertidumbre
> -350	90 % de probabilidad de corrosión

La Tabla 2, muestra los resultados de potencial de corrosión del acero estructural (varillas) expuestas en Cunduacán. Se observa al comparar los los resultados de la Tabla 2 con los criterios de potencial de corrosión de la Tabla 1, que se tiene valores en el rango de 57.4 a 108.9 mV, lo que indica 90% la probabilidad de corrosión del acero.

Tabla 2.

Valores de potencial de corrosión (mV) en las vigas expuestas al ambiente de Cunduacán

Muestras	Fecha	Potencial (mV)	Resistencia (mΩ)
1	27-may-09	108.9	40
2	11-jun-09	90.5	42
3	24-ago-09	106.1	42
4	24-sep-09	57.4	-19.58
5	20-nov-09	60.1	-18.26

El potencial de corrosión da valores altos debido a la oxidación que tiene la varilla. La caracterización con Rayos X (Figura 1), muestra que contiene magnetita y óxido de Fe (Fe₂O₃), lo cual hace que se acelere la corrosión de la varilla en el concreto aumentando su resistividad, en la Tabla 2 se muestran los resultados de Resistencia de la varilla. Se observa que el comportamiento está en el rango de -18.26 a 42 mΩ, lo que indica una velocidad de corrosión con tendencia moderada o alta, debido a que el acero está activo.

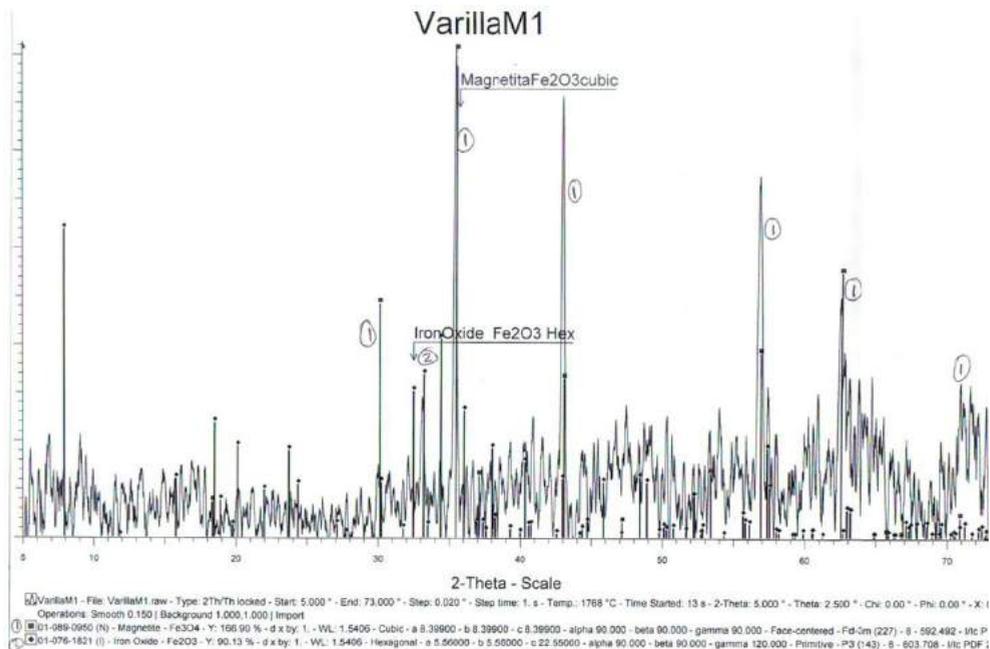


Figura 2. Difractograma de Rayos X de la varilla antes de ser expuesta al ambiente

Penetración de los Iones Cloruros y Contenido de Carbonatos en el Concreto

La extracción de cloruros totales se realiza utilizando el procedimiento recomendado por las normas ASTM D1411 [6]. El contenido de carbonatos se determina en base a la Norma RILEM CPC-18. Esta norma indica la profundidad de carbonatación en una estructura de hormigón [7].

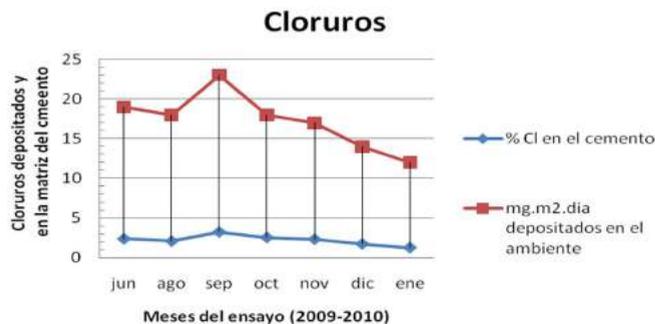


Figura 3. Cloruros en el interior del cemento y depositados en el ambiente

En la Figura 2 se muestra el comportamiento en % de cloruros que penetran en las vigas de concreto armado a diferentes tiempos, así como las velocidades de deposición de los cloruros en el ambiente de Cunduacán. La velocidad de deposición de cloruros presentes en la atmósfera se efectúa siguiendo la metodología descrita en la norma ISO 9225:1992 [8], con los dispositivos de la candela húmeda.

Se observa en la Figura 2, que el % de cloruros en el cemento varía poco con respecto al tiempo de exposición de las vigas de concreto en el ambiente e influye por la cantidad de cloruros depositados, estos cloruros provienen de fuentes naturales, son emitidos por el mar, ya que Cunduacán se encuentra a 50 km de la Costa del Golfo de México.

El contenido de carbonatos se muestra en la Tabla 3, resultando que las muestras tienen carbonatación que aumenta con la profundidad e influye en el tiempo de exposición de las muestras de cemento.

Tabla 3.

Profundidad de carbonatación de las vigas de concreto expuestas en Cunduacán

<i>Muestras</i>	<i>fecha</i>	<i>Profundidad carbonatación (cm)</i>	<i>Observación</i>	<i>Fotografías</i>
1	27-may-09	3	Muestra muy sólida no carbonatada	
2	11-jun-09	6	Muestra muy sólida carbonatada	
3	24-ago-09	6.5	Muestra porosa carbonatada	
4	24-sep-09	7	Muestra porosa carbonatada	
5	20-nov-09	7.9	Presencia de armadura corroída muy carbonatada	

Nota: El fushia indica la parte no carbonatada, donde no existe color se indica la carbonatación.

Conclusiones

Debido al clima tropical de Cunduacán y a la influencia de factores como; la humedad relativa, cloruros, CO_2 , la degradación del acero de refuerzo es alta a los seis meses de estar expuesto al ambiente, igualmente en la red del cemento penetran los cloruros y el CO_2 como consecuencia se acelera la velocidad de corrosión de la varilla. La carbonatación del cemento, genera una disminución del pH en el cemento, debido a la reacción del CO_2 atmosférico con las sustancias alcalinas de la solución de poros y los productos de hidratación de la pasta de cemento.

Referencias Bibliográficas

- [1] P. Castro, R. Castillo, J. J. Carpio, “Corrosión en estructuras de concreto armado”, Teoría, Inspección, Diagnóstico, Vida Útil y Reparaciones, 1ª edición IMCYC, México (1998)
- [2] Oladis Troconis de Rincón, “Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de corrosión en estructura de Hormigón Armado”. CYTED.ISBN980-296-541-3 Maracaibo, Venezuela. 1997(1era. Edición).(1998)
- [3] D. Dal Molin, “Fisuras en Estructuras de Concreto Armado: Analices de las Manifestaciones Típicas en Levantamiento de Casos Ocurridos en el Estado de Rio grande. Universidad Federal de Rio Grande de Sur. Puerto Alegre, Brazil. (1988)
- [4] ASTM C192-98: “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory”. American Society for Testing and Materials, USA (1991)
- [5] American Society for Testing and Materials, ASTM C 876-91: Standard examination Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, Philadelphia, USA, (1991)
- [6] American Society for Testing and Materials, ASTM D 1411 – 99, Standard Test Methods for Water-Soluble Chlorides Present as Admixtures in Graded Aggregate Road Mixes,(1999)
- [7] RILEM, concrete permanent committee CPC 18, Measurement of hardened concrete carbonation depth. (1998)
- [8] Norm ISO 9225:1992 “Corrosion of metals and alloys, Classification Agressivity of Atmospheres, Methods of Measurements of Pollution Data”.

Caracterización de pintura para pavimento obtenida del reciclado de PTE entrecruzada con glicerol

**Segura Arcos, R., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P.,
Díaz Flores L. L., Hernández Rivera M. A., García Marín M. J. y Lunagómez Rocha M. A.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km. 1 Col. La Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México
Tel.: (933) 123 5912 Correo electrónico:segura0106@hotmail.com

Introducción

El plástico que constituye a los envases de bebidas, posee un amplio potencial de reciclaje que, hasta la fecha, no ha sido aprovechado ampliamente y sabemos que muchos de los materiales que utilizamos y desechamos en la vida cotidiana son plásticos. La descomposición de los desechos plásticos es un proceso que tarda muchos años, lo que trae como consecuencia la acumulación de los desperdicios en lugares como alcantarillas, provocando muchas veces inundaciones. Además, cuando se degradan, dejan como residuo elementos tóxicos que al filtrarse a las aguas subterráneas las contaminan.

El reciclaje químico constituye una alternativa para transformar estos desechos en materias primas para la fabricación de diferentes productos útiles a la sociedad. El reciclado de plásticos se realiza frecuentemente, pero en la actualidad no se ha desarrollado el estudio para fabricar pinturas que sirvan en las pavimentaciones, reduciendo así los costos de estos productos y la contaminación por desechos de botellas [1].

La finalidad es utilizar las botellas desechadas de PTE para obtener pinturas que puedan ser usadas sobre el pavimento y que tengan una gran resistencia. Para lo anterior se utilizan reactivos como el etilenglicol, glicerol, dióxido de titanio y trióxido de antimonio y finalmente se analiza el producto final.

Proceso de Reciclado y Análisis de Laboratorio

Es necesario realizar reacciones para transformar las sustancias hasta obtener productos a los cuales se les analiza su calidad.

Depolimerización del PTE

Se recolectan las botellas transparentes de PTE, se cortan, lavan, secan y posteriormente se adiciona 100 g de PTE reciclado y 40 g de etilenglicol en un matraz de 250 ml, aplicando agitación, llevándose a cabo la reacción a una temperatura de 220 °C en un tiempo de 1 hora y 45 minutos. La reacción se efectúa con atmósfera inerte aplicando nitrógeno gaseoso para evitar la reacción de degradación.

Reacción de Oligomerización del PTE y PTE/Arcilla

Para la obtención del oligómero se adiciona 50 g de (BHET), 50 g de glicerol, 0.5 g de Sb_2O_3 y 0.5 g de TiO_2 en un matraz 250 ml, la reacción se lleva a cabo a una temperatura de 250 °C durante un tiempo de 1 hora. Posteriormente se aplica vacío durante 25 minutos con la finalidad de extraer el exceso de etilenglicol y obtener el oligómero de PTE, posteriormente se varía la concentración de arcilla en la reacción de oligomerización, empezando la primera reacción con 1%, posteriormente con 10%, 20%, 30%, y 40% masa de arcilla, para la obtención de compuestos de PTE/arcilla.

Entrecruzamiento del Oligómero y Compuestos PTE/Arcilla

El oligómero se entrecruza en un reactor tipo batch, a una temperatura de calentamiento de 180 °C durante 4 horas y aplicando vacío. Esto con la finalidad de extraer humedad y exceso de etilenglicol. Posteriormente se incrementa la temperatura hasta 270°C para la reacción de entrecruzamiento por 30 minutos. Una vez terminadas las reacciones de entrecruzamiento de las pinturas con diferente contenido de carga (arcilla), se procede a la caracterización, como es detallado en el siguiente apartado.

Análisis de la Pintura Entrecruzada

Las muestras obtenidas durante la reacción de entrecruzamiento son analizadas por la técnica de extracción sólido-líquido, dureza Shore D, color y microscopía óptica.

Extracción sólido-líquido

Se toma 0.1g de la pintura entrecruzada de las diferentes reacciones y es colocada en los cartuchos de celulosa, previamente pesados. Los dedales se colocan en un matraz que contiene el disolvente fenol-tetracloroetano en la cual el PTE lineal es completamente soluble en esta solución. Mediante esta se realiza la extracción, la cual es una operación unitaria [1]. Posteriormente se pesan y se determina el porcentaje de entrecruzamiento de la pintura, utilizando la fórmula de la ecuación 1.

$$\%Ent = \frac{M_{ENT}}{M_I - F_a M_i} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$\% Ent$ = Porcentaje de entrecruzamiento

M_{ENT} = Masa de entrecruzamiento

M_i = Masa inicial

F_a = Fracción de arcilla

Y la masa de entrecruzamiento se determina por diferencia, de acuerdo con la ecuación 2.

$$M_{ENT} = M_{final} - F_a M_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

M_{final} = Masa total retenida en el dedal y considerada como arcilla y PTE-G/arcilla.

Dureza Shore D

La dureza se determina utilizando el durómetro Shore D [2]. El cual tiene una pequeña aguja que se insertó repetidas veces sobre la superficie de la muestra, la dureza se leyó directamente en la carátula del durómetro.

Colorimetría

Se obtiene la medición de color utilizando un colorímetro CIELab el cual se coloca por encima de la muestra y se realiza la medición.

Microscopía óptica

Se prepara una película delgada del polímero de cada muestra con diferentes porcentajes de arcilla, sobre un portaobjetos. El portaobjetos con la muestra es colocado en el lente del microscopio para observar la dispersión de las partículas de arcilla en la pintura, utilizando el microscopio óptico.

Calidad del Producto

Caracterización de Compuestos PTE Entrecruzado/Arcilla

En esta sección se describe la caracterización de los compuestos de PTE entrecruzado con glicerol y con diferente contenido de arcilla. Las técnicas que se utilizan son extracción sólido-líquido, colorimetría, microscopía y dureza Shore D.

Extracción Sólido-Líquido

Con este análisis se determina la cantidad de material entrecruzado en el PTE y en los compuestos de PTE/arcilla obtenidos al final del proceso de entrecruzamiento, observando que al incrementar el contenido de arcilla, disminuye el porcentaje de entrecruzamiento (Figura 1), ocurriendo lo contrario solamente en la muestra con 10% de arcilla, alcanzando un valor de 77%. Este comportamiento puede ser debido a que la muestra analizada no tiene la arcilla homogéneamente dispersa, provocando un alto contenido de entrecruzamiento.

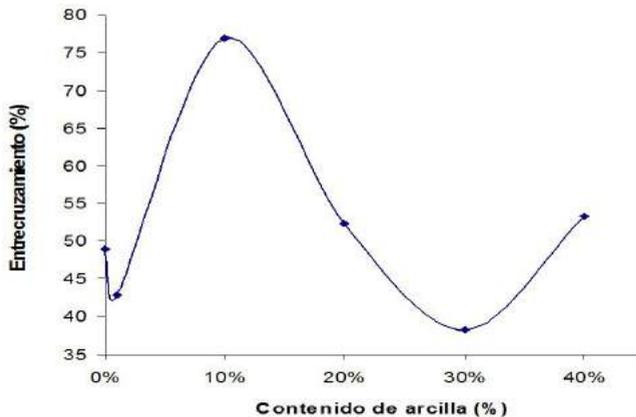


Figura 1. Gráfica de porcentaje de entrecruzamiento con respecto al contenido de arcilla

Colorimetría

Por esta técnica se determina el color que presenta cada una de las muestras de PTE/arcilla entrecruzadas. Los resultados principales de ésta técnica son el índice de amarillamiento (Y_i) y el índice de blancura (W_i). Se encuentra reportado que los valores de índice de amarillamiento se asocian con la degradación de un material por efecto de la luz [3]. Como se puede observar en la Figura 2, el Y_i se incrementa en la muestra con 40% de arcilla. Este comportamiento puede ser debido a que un alto contenido de material cerámico permite la transferencia de calor hacia el material polimérico, en el índice de blancura, ocurre lo contrario a Y_i , en la muestra con 40% de arcilla se obtiene un valor menor comparado a las muestras con menor porcentaje de arcilla.

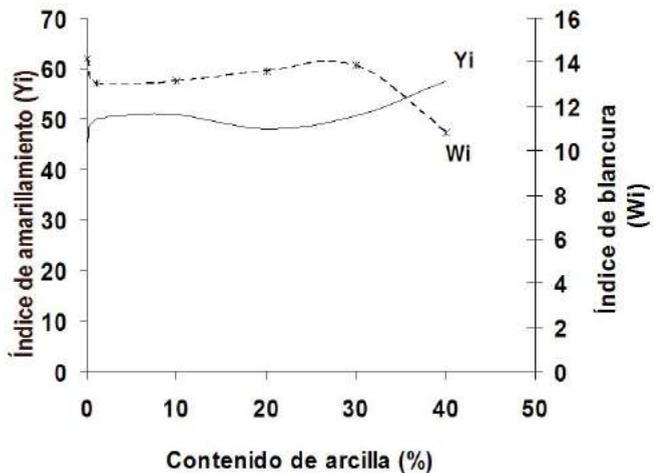


Figura 2. Índice de amarillamiento y de blancura de las muestras entrecruzadas

Dureza Shore D

La dureza incrementa conforme se adiciona una mayor concentración de arcilla, llegando a un valor de 84.7 para el compuesto de PTE/arcilla con 40% de montmorilonita (Ver Figura 3). El PTE entrecruzado y sin arcilla tiene una dureza de 37.1, siendo un valor mucho menor al obtenido con 40% de arcilla. La presencia del material cerámico en el polímero incrementa la dureza del homopolímero. También ha sido reportado que el incremento en la dureza del PTE con algún material cerámico puede ser por un cambio en la estructura del polímero [4].

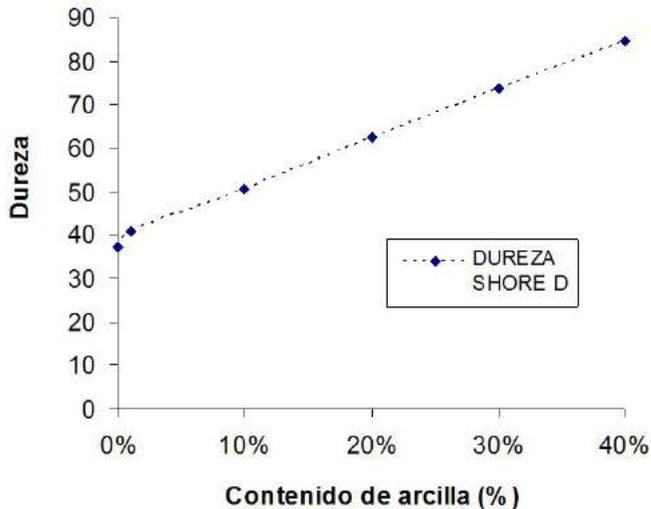


Figura 3. Gráfica de Porcentaje de dureza Shore D

Microscopía óptica

En la Figura 4 se muestran las micrografías de los compuestos de PTE/arcilla entrecruzados, con diferente contenido de arcilla [5]. Como se mencionó anteriormente, la fase oscura indica la presencia de arcilla, por lo que la muestra PTE-G corresponde a la muestra con 0% de arcilla. Conforme se aumenta el contenido de arcilla, se incrementa la fase oscura, indicando la presencia de un mayor contenido de montmorilonita. También se puede observar que en las muestras con mayor contenido de arcilla, existen algunas aglomeraciones de partículas, que pueden ser las causantes del incremento en la dureza, como se determinó en la sección anterior.

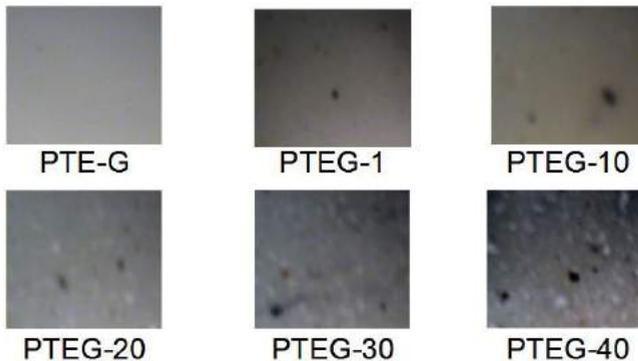


Figura 4. Micrografías de las muestras de PTE entrecruzado con diferente contenido de arcilla

Conclusiones

1. Se obtiene PTE entrecruzado con aplicación en pinturas para pavimento a partir de PTE reciclado, glicerol y dióxido de titanio a una temperatura de 270 °C y 30 minutos de reacción.
2. Mediante la técnica de microscopía óptica se determina que al incrementar el contenido de arcilla existen aglomeraciones de partículas, lo que permite la formación de un material con mayor dureza.
3. La dureza de los materiales entrecruzados y con arcilla incrementa de acuerdo con el aumento en el contenido de arcilla, debido a la presencia del material cerámico y a las aglomeraciones de partículas.
4. Se tiene un material que puede ser utilizado como impermeabilizante, por su fácil adhesión a superficies de concreto y por ser un material entrecruzado no permite el paso de agua.
5. Al utilizar los envases de PTE se tiene mejor destino de las botellas y se reduce considerablemente la contaminación al medio ambiente.
6. Se obtiene un material con un índice de amarillamiento máximo de 57.64, pero que al aumentar el porcentaje de TiO_2 se puede incrementar la pigmentación blanca.

Referencias

- [1] A. S. Goje, S. A. Thakur, y Col, Chemical Recycling, Kinetics, and Thermodynamics of Hydrolysis of Poly(Ethylene Terephthalate) Waste with Nonaqueous Potassium Hydroxide Solution, Polymer-plastics Technology and Engineering, Vol. 43, No. 2, pp. 369–388, (2004)
- [2] Cheremisinoff Nicholas R., Polymer Characterization, 1a. Edición, Editorial Noyes Publications, (1996)
- [3] Scheirs Jhon, Long Timothy E., Modern Polyesters: Chemistry and Techology of Polyesters and Copolyesters, 1a. Edición, Editorial Wiley Series in polymer Science, (2003)
- [4] Wu Yuguang, Zhang Tonghe y Liu Andoni, The modification behaviour for si implanted PET, Science in China (Series E), Vol. 46 no. 2, 125-130, (2003)
- [5] Ojeda Sahún, J. Método de microscopia electrónica de barrido en biología, 1ª. Edición, Editorial Univ. de Cantabria, (1997)

Síntesis y caracterización de fibras de nanocompuestos estructurados de nylon 6/arcilla

Pérez Montiel J. C., López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P.,
Díaz Flores L. L., Hernández Rivera M. Á. y Falconi Calderón R.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez Km.1
Col. La Esmeralda, C.P. 86690 Cunduacán, Tabasco, México.
Tel.: (993) 336 0342 Correo electrónico: Juank_beta@hotmail.com

Introducción

El nylon 6 también conocido como policaprolactama es un polímero el cual se obtiene calentando caprolactama a unos 250°C en presencia de aproximadamente 5-10% de agua [1]. El nylon 6 pertenece a la familia de las poliamidas, debido a los grupos amida en la cadena principal y se utilizan comúnmente como fibras. Algunas de las aplicaciones de las fibras de nylon 6 son la fabricación de botellas de cerveza y otras bebidas alcohólicas, se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc. [2]. En la Figura 1 es mostrado el esquema de la reacción de nylon 6.

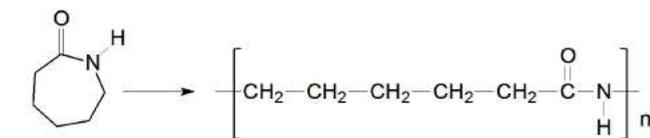


Figura 1. Esquema de la reacción de síntesis de nylon 6

ϵ -caprolactama

Nylon 6

Síntesis de Fibras de Nanocompuestos Nylon 6/Arcilla

La reacción de polimerización se realiza en un reactor de acero inoxidable tipo batch, adicionando la caprolactama y ácido aminocaproico, a una temperatura

de 260 °C durante 8 horas de reacción, con atmósfera inerte de nitrógeno. En la Figura 2 es mostrado el esquema del equipo que es utilizado en la síntesis de los nanocompuestos. Una vez obtenidos los nanocompuestos, se procede a la extrusión de las fibras.

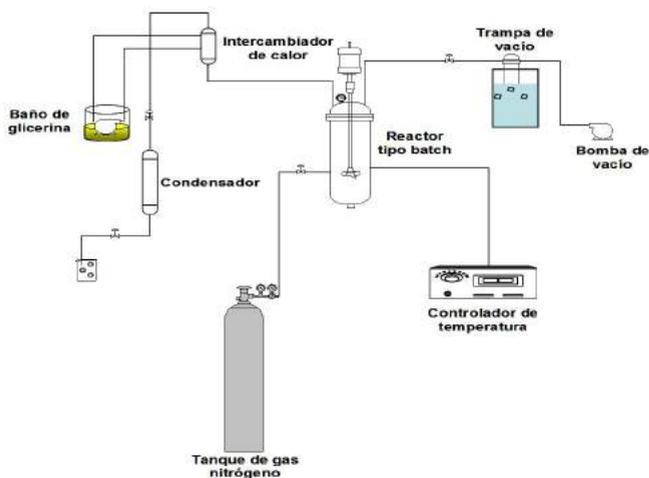


Figura 2. Equipo utilizado en la obtención de nylon 6

Se obtienen reacciones con diferentes concentraciones de arcilla montmorillonita (MMT) y/o arcilla Cloisite 10A (CL), considerando un porcentaje masa fijo de 1%. Además se realizan las reacciones de los materiales puros: nylon 6 sin arcilla, nylon 6 con 1% masa de montmorillonita y nylon 6 con 1% masa de cloisite 10A.

Caracterización de Fibras de Nylon 6

Se clasifican las fibras de acuerdo al diámetro para realizar posteriormente la caracterización mediante el uso de las técnicas de fusiometría, espectroscopía infrarroja, viscosidad de soluciones, módulo de tensión, esfuerzo a la ruptura y difracción de Rayos X.

A continuación se muestran los resultados de la caracterización de las fibras de nylon 6. Durante la síntesis de las fibras de nylon 6 se realiza el registro de datos de la temperatura (°C), presión (psi) y velocidad del agitador (rpm) con respecto al tiempo de reacción. En la Figura 3 se muestra el perfil de temperatura, presión y velocidad de agitación para la muestra de nylon 6.

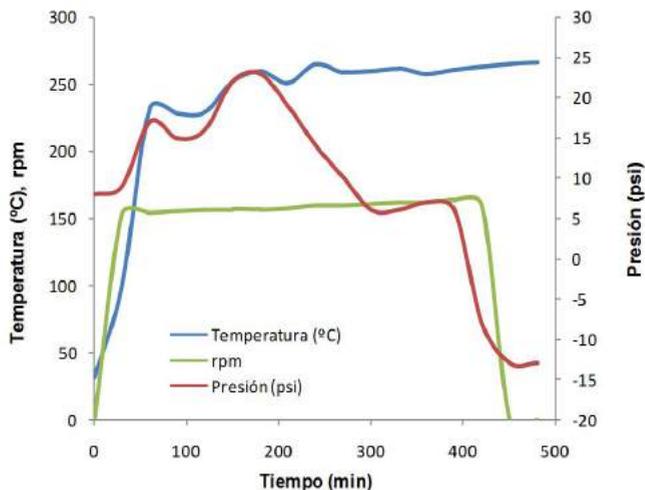


Figura 3. Temperatura, presión, rpm y tiempo en la síntesis de nylon 6

Análisis estructural

La polimerización de la caprolactama es confirmada mediante el análisis de espectroscopía infrarroja, como se muestra en la Figura 4. Esta técnica es utilizada para determinar los principales grupos funcionales de un material. En el caso del nylon 6, las principales bandas del infrarrojo corresponden al grupo amida, el cual está formado por un grupo amina (N-H) y carbonilo (C=O). Estas bandas fueron encontradas en 3500 cm^{-1} para el grupo amina (N-H), y en 1710 cm^{-1} para el carbonilo (C=O) [3].

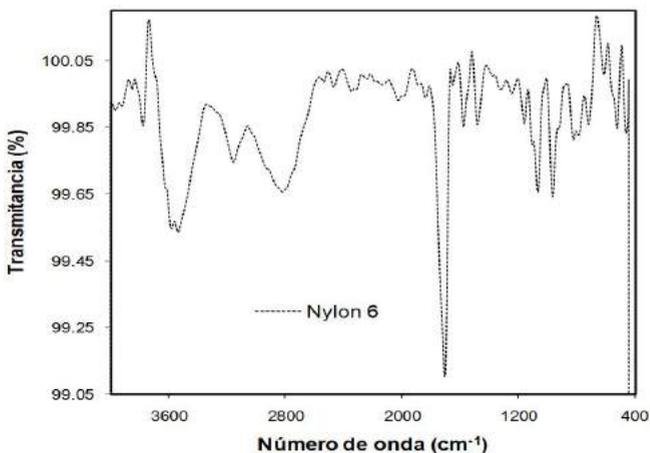


Figura 4. Espectroscopía infrarroja para la síntesis de nylon 6

Análisis térmico

En la gráfica de la Figura 5 se puede observar que la fusión del nylon 6 es de 246°C para este tipo de nanocompuesto. Este valor es más alto que la temperatura de fusión reportada para el nylon 6 homopolímero que es de 230°C [4].

En el caso de las muestras que tienen arcilla, la del orden micrométrico (MMT) provoca una disminución en la temperatura de fusión, todo lo contrario a la arcilla nanométrica (Cloisite 10A).

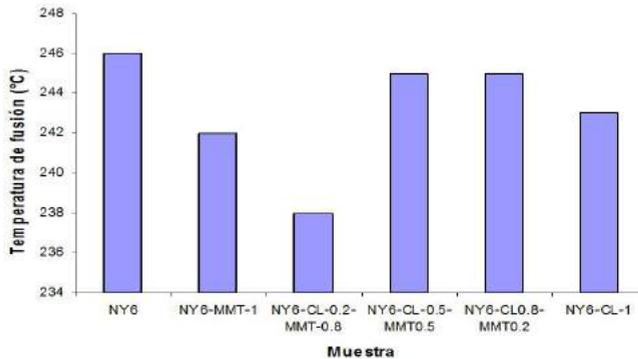


Figura 5. Puntos de fusión de las muestras de nylon 6

Determinación de la masa molecular

Se obtiene una masa molecular del nylon 6 de 24,417 g/mol mayor que la reportada [5] (Figura 6). En el caso de las fibras que tienen solamente la arcilla micrométrica o nanométrica (NY6-MMT-1 y NY6-CL-1) se obtienen valores mayores al nylon 6 sin arcilla. Este comportamiento no ocurre cuando se mezcla una cierta cantidad de arcilla micrométrica y nanométrica, ya que la masa molecular disminuye.

Análisis por difracción de Rayos X

La Figura 7 muestra los patrones de difracción de Rayos X de los dos tipos de arcilla utilizadas en los nanocompuestos. La montmorillonita inorgánica MMT presenta un pico de difracción en $2\theta=6.5^\circ$ y la Cloisite10A en $2\theta=4.64^\circ$. En el caso del nanocompuesto con 0.8% de MMT (CL0.2-MMT0.8) muestra un pico de difracción alrededor de $2\theta=4^\circ$. Este resultado se atribuye a que se tiene una mayor concentración de MMT que es una arcilla de tamaño milimétrico, por lo que la dispersión de la arcilla está distribuida de forma intercalada en vez de exfoliada, debido a una débil interacción de las cadenas de nylon 6 y la arcilla MMT [5].

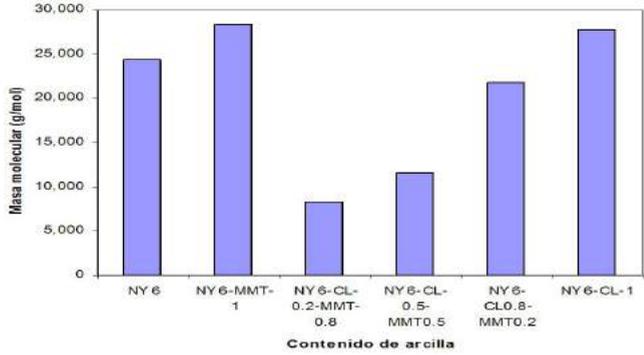


Figura 6. Masas moleculares obtenidas por viscosidad de soluciones

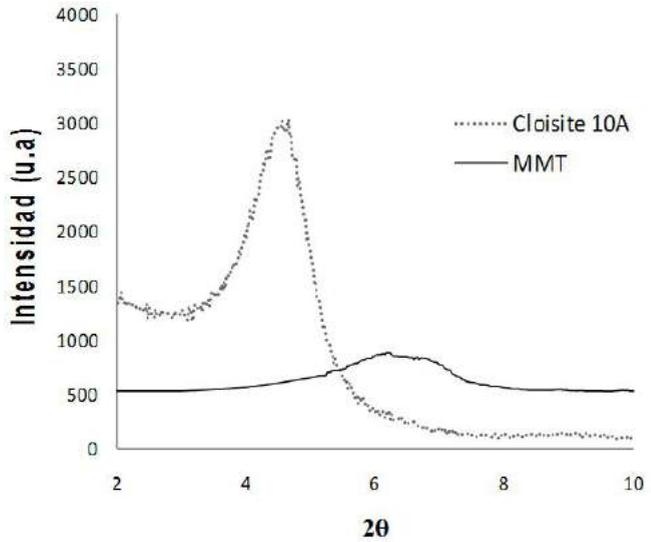


Figura 7. Rayos X de las arcillas puras

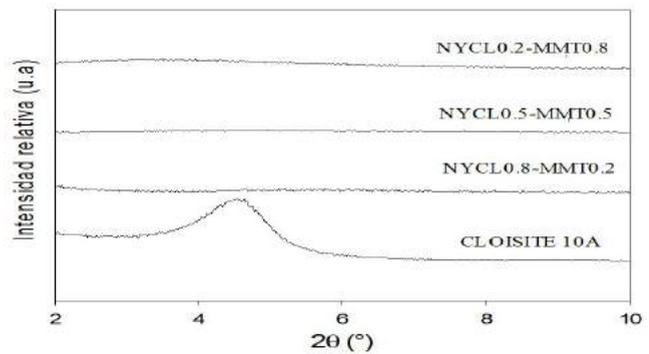


Figura 8. Rayos X para la síntesis de nylon 6

Conclusiones

1. Se obtienen fibras de nylon 6 a 260°C en 8 horas de reacción con 1 % masa de arcilla micrométrica y/o nanométrica.
2. Por la técnica de fusiometría las fibras de nylon 6 sintetizadas tuvieron una temperatura promedio de 246 °C, la cual es mayor que la temperatura de fusión reportada para el nylon 6.
3. En la técnica de viscosimetría de soluciones se obtiene una masa molecular de 24,470 g/mol mayor a la del nylon 6 utilizando la arcilla MMT o la cloisite 10A.
4. En la técnica de Rayos X la arcilla micrométrica inorgánica (MMT) presenta un pico de difracción en $2\theta=6.5^\circ$ y la arcilla nanométrica orgánica (Cloisite10A) en $2\theta=4.64^\circ$. La ausencia de estos picos característicos es una fuerte evidencia de que se tiene un nanocompuesto.

Referencias

- [1] Seymour R. B y Carraher, C. E. Introducción a la química de los polímeros, 1ª. Edición, Editorial Reverté. 34-48, (2005)
- [2] A.K. van der Vegt, From polymers to plastics, 1a. edición, Editorial DUP blue Print,130-132, (2002)
- [3] Silverstein Robert M. y Webster Francis X., Spectrometric identification of organic compounds, Editorial John Wiley and Sons, 6a. edición, 88-90, (1998)
- [4] Agnieszka Leszczynska y Krzysztof Pielichowski, Application of thermal analysis methods for characterization of polymer/montmorillonite nanocomposites, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 93, No. 3, 677–687, (2008)
- [5] M. Alexandre y Ph. Dubois, Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials, Mater. Sci. Eng, 28, 1-63, (2000)

Obtención y caracterización de nanofibras de celulosa a partir de raquis y pseudotallo de *Musa cavendish*

Bolio López G. I.¹, Valadez González A.¹, Veleva L.² y Andreeva A.³

¹Unidad de Materiales del CICY, Calle. 43 No.130. Chuburná de Hidalgo, 97200 Mérida, Yuc, Correo electrónico: ivettebl@cicy.mx y avaladez@cicy.mx

²CINVESTAV-Mérida, Física Aplicada, Carr. Ant. a Progreso, Km.6, Cordemex, 97310 Mérida, Yucatán, Correo electrónico: veleva@mda.cinvestav.mx

³SOFIA UNIVERSITY, Faculty of Physics, Department of Physics of Semiconductors, 5 James Boucher Blvd., Sofia 1164, Bulgaria

Introducción

Actualmente una de las principales problemáticas ambientales en nuestro medio es la alta generación de residuos agroindustriales, los cuales, en la mayoría de los casos son quemados o se quedan en las plantaciones sin ningún tratamiento y contribuyen de esta manera a la degradación del ecosistema [1]. La industria bananera produce grandes cantidades de residuos vegetales, ya que de la planta solamente se aprovecha el fruto y todo lo demás es desechado. Estudios previos han mostrado que es factible obtener fibras lignocelulósicas de los desechos de la planta del plátano [2], por lo tanto, estos desechos agrícolas son una atractiva fuente potencial para la obtención de nanofibras de celulosa (NFC). Estas NFC, también llamadas *whiskers* de celulosa, son monocristales muy delgados que tienen una relación longitud/diámetro mayor a 100. Como consecuencia tienen alto grado de perfección cristalina y están prácticamente libres de defectos, y por ello tienen resistencias excepcionalmente elevadas. Las nanofibras de celulosa (NFC) se pueden emplear en la elaboración de nanocompuestos de base polimérica [3].

Así con el uso de estas nanofibras se explora la posibilidad de darle un valor agregado a los desechos agrícolas del banano, específicamente al raquis y al seudotallo, mediante su conversión a nanofibras de celulosa para ser utilizadas como materiales de refuerzo en nanobiomateriales.

Preparación de las Nanofibras

Las nanofibras se obtienen aplicando tres procedimientos: la preparación de fibras, obtención de celulosa y finalmente la producción de nanofibras. A continuación se describe cada uno de ellos.

Preparación de Fibras

El material biológico se recolecta en una finca bananera de la Chontalpa, Tabasco y se trata con una solución acuosa de NaOH al 10% con el objetivo de eliminar ceras, pectinas y resinas. Para obtener las fibras, los raquis y seudotallos son cortados a una longitud de 30 cm y posteriormente se les realizan 4 cortes longitudinales, para que la solución de NaOH al 10% penetre perfectamente y la solución se calienta hasta ebullición. Las muestras se mantienen en la solución durante 20 minutos, después de alcanzar la temperatura de ebullición. Posteriormente los raquis y seudotallos se sacan de la solución de NaOH, se dejan enfriar y se lavan con agua corriente, para comenzar a desfibrarlo manualmente, luego se cortan las fibras con una medida de 2 cm de largo y se secan en una estufa a una temperatura de 60°C durante 12 horas.

Obtención de Celulosa

Para la obtención de la celulosa se realiza la técnica de pulpeo [4], que consta de cuatro pasos:

1. Se aplica una hidrólisis ácida suave con H_2SO_4 al 0.4% por una hora, con el objetivo de eliminar ceras y un lavado posterior;
2. Luego una cloración con NaClO al 3.5%, homogenizando la solución en un baño de agua a 30°C, una vez que alcance pH 9.2, se lava con agua destilada por 4 ocasiones, para desincrustar y facilitar la penetración de reactivos;
3. Es necesaria una extracción alcalina con NaOH al 20% en agitación por 1 hora seguido por un proceso de lavado;
4. Se efectúa un blanqueo con una solución de NaClO al 0.5%, agitando continuamente por 1 hora y un lavado nuevamente. Finalmente, el material desmenuzado se coloca en una charola de aluminio, durante 1 día a temperatura ambiente y posteriormente, en una estufa durante 24 horas a 60°C. El material se pesa, para determinar el rendimiento y por último, la celulosa se pulveriza por medio de un molino Brabender, tamaño de malla 0.67 mm.

Producción de Nanofibras

Se obtiene una suspensión coloidal de nanocristales de celulosa preparada de la siguiente manera:

1. La obtención de microfibrillas de celulosa (MFC), por hidrólisis ácida se realiza utilizando una solución de HCl 4N, es decir, a 10 g de celulosa se adicionan 350 ml de una solución de HCl 4N, agitando continuamente a 80°C por 225 min. Posteriormente se somete a lavados repetidos por centrifugación aplicando una velocidad de 3800 rpm durante 5 min a 4°C, hasta obtener un pH ≥ 4 [5].
2. Las NFC se obtienen por hidrólisis ácida con H₂SO₄ al 64%: A 100 g de solución de MFC se le añade, gota a gota, 500 ml de ácido al 64%, en un proceso de sonificación de 5 ciclos de 3 min y en baño de hielo, para evitar que la temperatura no rebase 50°C. Con la finalidad de detener la reacción la suspensión es diluida en una proporción 1:10.
3. La suspensión se lava repetidamente con agua destilada y desionizada, a una velocidad de centrifugación de 12,500 rpm a 4°C por 5 min, hasta obtener un sobrenadante turbio blanquecino, que se almacena y posteriormente es concentrado en un rotavapor, hasta alcanzar una suspensión coloidal. La suspensión es colocada en una cama de resina (Sigma) por 48 h y filtrada a través de papel filtro (Whatman 541) con tamaño de poro de 0.45µm y almacenada en refrigeración [6]. Ahora es necesario analizar las NFC por algunos métodos que se describen a continuación.

Análisis de NFC

Se emplean algunas técnicas para conocer las características de las NFC como espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y en esta ocasión se utiliza un espectrómetro de infrarrojo FTIR Nicolet Magna Protegé 460 en el modo de transmisión, con una resolución de 4 cm⁻¹ y 100 barridos. Las pastillas de las muestras se preparan con 1 mg de sustancia en 100 mg de KBr utilizado como aglomerante y que es transparente a los rayos X.

Otra de las técnicas utilizadas es Difracción de Rayos-X (XRD) que sirve para la determinación de la cristalinidad y es realizada usando Difracción de Rayos X por el método de polvos conocido como PXRD por sus siglas en inglés. Lo importante es investigar la cristalinidad antes y después del tratamiento de hidrólisis ácida de las

NFC, obtenidas por liofilización de la suspensión de nanofibras, para esto se utiliza un equipo Siemens D 5000 Difractometer, donde se obtiene un difractograma utilizando un electrodo de CuK α con longitud de onda $\alpha = 1.5418 \text{ \AA}$ y energía de 8.047 keV.

Para conocer el tamaño de las NFC se puede utilizar microscopía, en esta ocasión de Fuerza Atómica (AFM), con el equipo Anfattec Instruments AG, Germany, que tiene una resolución de 0.45 nm en X,Y y 0.078 nm con un área de escaneo de 30x30 μm . Se usa una sonda de una punta con un radio de la curvatura de 10 nm recubierta con nitrito de silicio. Las muestras son escaneadas en alrededor de 512 puntos en los ejes X e Y, en cada área de interés.

Las Nanofibras y sus Características

¿Qué se encontró en las fibras?, ¿Cómo son sus características a este tamaño tan diminuto? En la Figura 1 se presentan fotografías tomadas en un polariscopio lineal para las NFC. En ellas se puede observar los patrones típicos de birrefringencia que se forman por agitación en suspensiones coloidales [6]. En las Figuras 2 y 3 se muestran los patrones de difracción de rayos X para la celulosa nativa y las NFC, respectivamente. El porcentaje de cristalinidad de estas muestras es calculado basado en el análisis de rayos X por la ecuación 1.

$$\%C = \frac{I_{cristalina}}{I_{cristalina} + I_{amorfa}}$$

Ecuación 1

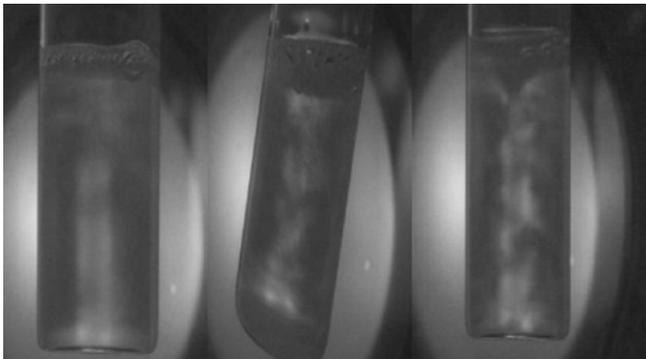


Figura 1. Imagen de polariscopio de la suspensión de las NFC

Recuerde que ésta es la parte ordenada de los materiales, y que está formada por unidades pequeñas denominadas cristales, y que el resultado es un espectro de difracción de rayos X, como los mostrados en esta sección.

La principal intensidad de difracción para la muestra natural fue de $2\theta = 22.6^\circ$ y para esta muestra la cristalinidad es aproximadamente del 72%. Es posible que estas fibras contengan algunos residuos de lignina y hemicelulosa, que contribuyen ligeramente a la más baja cristalinidad. El tamaño de los cristales es de 31.2 nm (3.12 \AA) (Figura 2). Las fibras tratadas con hidrólisis ácida (Figura 3) muestran una alta cristalinidad de 87.1%, aproximadamente con un pico de $2\theta = 22.8^\circ$.

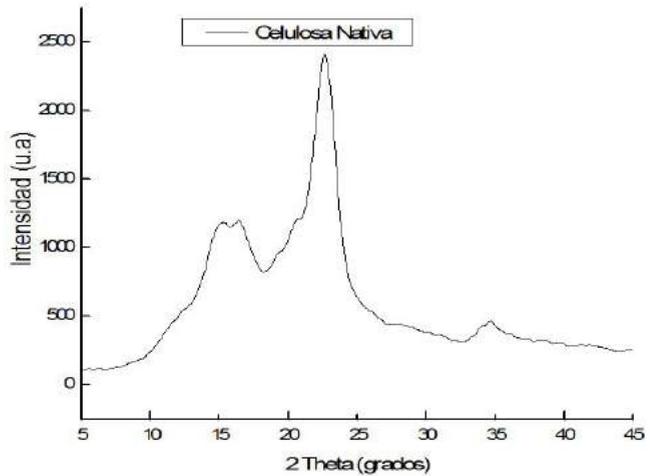


Figura 2. Difractograma de celulosa nativa

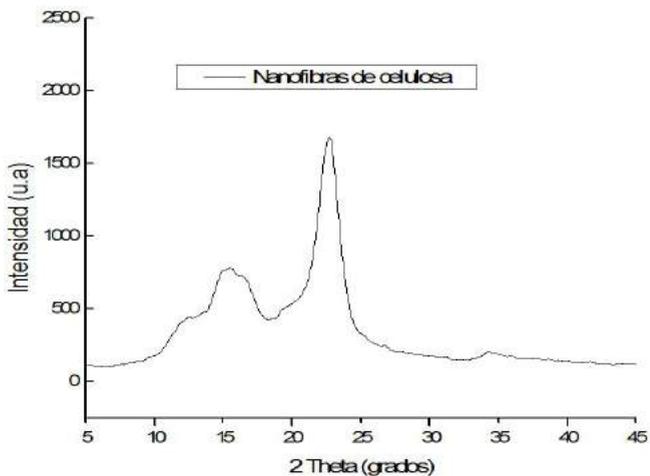


Figura 3. Difractograma de NFC

Como se puede apreciar, la cristalinidad relativa de las muestras se incrementa después del tratamiento con hidrólisis ácida. El tamaño de los cristales es de 35.9 nm (3.59 Å). En la Figura 4 se presentan los espectros de infrarrojo de la celulosa nativa y las NFC, la curva correspondiente a la celulosa nativa presenta picos en 3384 cm^{-1} , que corresponden a los grupos O-H de compuestos de ácidos y metanol. La banda de 2890 cm^{-1} es típica para el grupo H-C-H de compuestos alquil y alifáticos. El pico de 1731 cm^{-1} se relaciona con los enlaces C=O de cetonas no conjugadas, presentes en la *hemicelulosa* [7-9], mientras los picos en 1633 cm^{-1} y 1434 cm^{-1} se asignan a enlaces C=C de los anillos de benceno, presentes en la *lignina* [8-9]. En lo que respecta a las NFC se puede observar una disminución en los picos 1633 cm^{-1} y 1434 cm^{-1} , asignados a enlaces C=C de los anillos de benceno, correspondientes a la lignina. Así mismo, el pico en 1731 cm^{-1} , correspondiente a hemicelulosa, desaparece totalmente en dicha curva de NFC (Whiskers), demostrando así que se ha eliminado la mayor cantidad de lignina y hemicelulosa (celulosa amorfa). En la Figura 5 se muestran las micrografías de AFM de las NFC en suspensión. En ellas se puede apreciar que los diámetros de las fibras se encuentran entre 7 y 70 nm mientras que el rango de longitudes va de 200 nm a 400nm. Estas dimensiones son típicas de muestras de celulosa tratadas con ácidos fuertes [10-12].

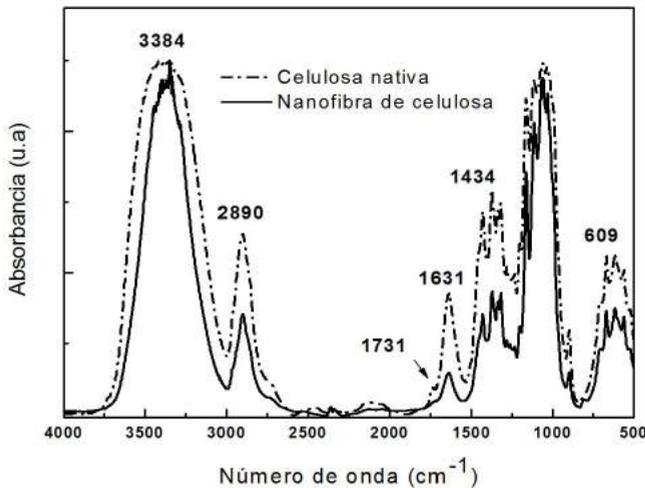


Figura 4. Espectro de FTIR de celulosa nativa e hidrolizada

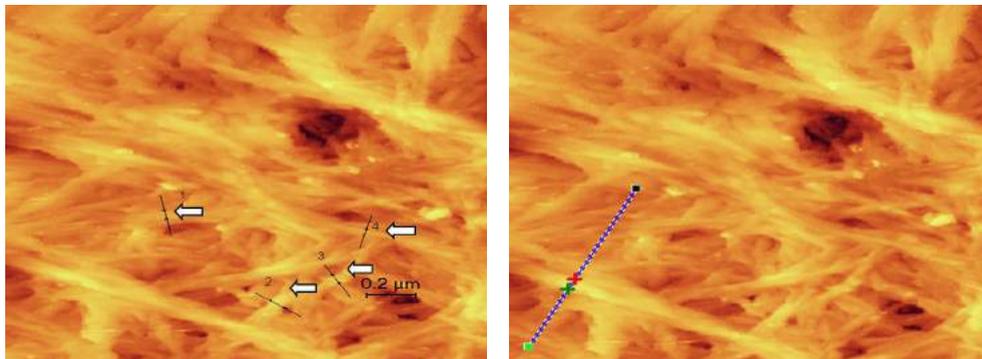


Figura 5. Micrografía AFM de NFC con diferentes diámetros: (1) 47 nm, (2) 70 nm, (3) 40 nm y (4) 7-8 nm

Conclusiones

Esta sección describe cómo se extraen las nanofibras de celulosa del raquis y seudotallo de banano (*Musa cavendish*), usando tratamiento químico de doble hidrólisis ácida (clorhídrica y sulfúrica). El blanqueamiento y subsecuente tratamiento de las fibras permiten que los agregados (atados) de celulosa liberen a las NFC (Whiskers de celulosa). Los patrones de difracción de rayos X sugieren una alta cristalinidad, debida a la manera eficiente de disolución de las regiones amorfas por los tratamientos ácidos. Estas afirmaciones se confirman por FTIR, en cuyos espectros observamos que el incremento de la cristalinidad podría ser asociada a la desaparición de bandas típicas de la lignina y la extracción parcial de hemicelulosas no cristalinas.

Las micrografías de AFM permiten evaluar las dimensiones características de las NFC: diámetros de las fibras entre 7 y 70 nm; longitud de 200 a 400 nm. Los análisis confirman el potencial de los desechos agroindustriales del banano, como una fuente para la obtención de nanofibras de celulosa (NFC).

Referencias

- [1] G. Iñiguez-Covarrubias, S.E. Lange, y R. M. Rowell, Utilization of byproducts from the tequila industry: part 1: agave bagasse as a raw material for animal feeding and fiberboard production, *Bioresource Technology*. Vol. 77, 1: 25-32. (2001)

- [2] G. Canché, J. M. De los Santos; S. Andrade, R. Gómez. Production of Cellulose from Banana Plant Agricultural Waste. *Información Tecnológica* Vol. 16 1: 83-88. (2005)
- [3] Bondenson D.; A. Mathew y K. Oksman. Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis. *Cellulose*. 13:171-180 (2006)
- [4] M. Cazaurang, S. Peraza, C. A. Cruz R. Dissolving grade pulps from henequen fiber. *Cellulose Chemistry and Technology* 24: 629-638 (1990)
- [5] J. Araki, M. Wada; S. Kuga; T. Okano. Flow properties of microcrystalline suspension prepared by acid treatment of native cellulose. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 142:75-82. (1998)
- [6] C. D. Edgar and D. G. Gray. Smooth model cellulose I surfaces from nanocrystal suspensions. *Cellulose* 10:299-306. (2003)
- [7] J. I. Morán, A. Vera, V.P. Cyras y A. Vázquez. Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose* 15: 149-159. (2008)
- [8] N.I. Asfanás'ev, G. F. Prokshin , T. F. Lichutina, M. A. Gusakova, A. P: Vishnyakova, D. A. Surkhov, and O. Yu. Derkacheva Effect of Residual Lignin on the Supramolecular Structure of sulfate Hardwood Cellulose: a fourier IR Study. Vol.80 10:1695-1698. (2007)
- [9] K. K. Pandey. A Study of Chemical Structure of Soft and Hardwood and Wood and Polymers by FTIR Spectroscopy. *J. Appl. Pol. Sci.* 71: 1969-1975. (1999)
- [10] R. Zuluaga, J-L. Putaux, A. Restrepo, I. Mondragón y P. Gañán. Cellulose microfibrils from banana residues: isolation and characterization. *Cellulose Springer Science + Bussines Media B.V.* (2007)
- [11] Azizi Samir MAS, F. Alloin F. A. Dufresne. Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules* 37: 4313-4313. (2005)
- [12] Lai-Kee-Him, Chanzy H. Muller M, Putaux JL, Imai T, Bulone V In vitro versus in vitro cellulose microfibrils front plant primary wall synthases: structural differences. *J. Biol Chem* 40: 36931-36939. (2002)

Síntesis y caracterización de nanocompuestos magnetizables en solución de Cis-1,4-poliisopreno/tetraóxido férrico

**Arias Cortázar M. A., Sifuentes Gallardo P., López Rodríguez A. S.,
Vázquez Rodríguez J. M., Falconi Calderón R. y Hernández Rivera M. Á.**

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Cunduacán-Jalpa de Méndez, Km. 1
Col. La Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México
Correo electrónico: ariascortazar@yahoo.com

Introducción

Los nanocompuestos son materiales formados por dos o más componentes en los cuales al que se encuentra en mayor porcentaje se le denomina matriz y al de menor porcentaje carga, la cual debe estar en tamaño nanométrico. La matriz, así como la carga, pueden ser de diversos materiales, esto permite obtener nanocompuestos de matriz-carga, metal-metal, metal-inorgánico o inorgánico-metal, orgánico-metal, orgánico-inorgánico, entre otras [1].

El conjunto de investigaciones que abordan el uso potencial de nanopartículas de tipo magnético, encapsulados en materiales poliméricos, resultan interesantes hoy en el campo de la biomedicina. Estos polímeros magnéticos pueden utilizarse tanto en tratamientos de hipertermia magnética como para el transporte de medicamentos. El uso de estos materiales híbridos está relacionado con el tipo de partículas encapsuladas en el interior de la corteza polimérica, cuya magnetización así mismo, está en función del campo aplicado.

Existe el interés en la necesidad de que los polímeros magnéticos sean biocompatibles, no tóxicos, y en ocasiones, también biodegradables. Sin embargo, lo esencial es que su núcleo esté formado por un material magnético y el material híbrido esté compuesto por partículas inorgánico-poliméricas muy pequeñas, a fin de poder ser utilizadas en biomedicina. A tamaño nanométrico las partículas muestran una mayor estabilidad; facilitándose su circulación por el cuerpo humano y su degradación o eliminación, a través de los procesos digestivos [2].

Método de Síntesis de Partículas de Magnetita Líquida

Un método de síntesis de nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4) es la coprecipitación química utilizando cloruro ferroso tetrahidratado ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) y cloruro férrico hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), además de hidróxido de amonio (NH_4OH) al 10 % v/v para precipitar las partículas de Fe_3O_4 . La reacción se realiza a 70 °C, 1000 rpm y concentración de 0.10 M para los cloruros y 0.1 M para la solución de NH_4OH , durante 20 min. Posteriormente las partículas de Fe_3O_4 son sedimentadas y lavadas con agua [3].

Análisis Estructural de Nanopartículas de Magnetita

La técnica utilizada para determinar las propiedades estructurales de las nanopartículas es la difracción de rayos X en un rango de medición de 2θ desde 10 hasta 50. Un difractograma de rayos X de nanopartículas de magnetita es mostrado en la Figura 1. El difractograma de rayos X muestra los picos característicos de la Ferrita, que concuerda con resultados de otros autores, como es el reportado por Aldama y Arévalo [4]. En las reflexiones del difractograma de rayos X se aprecia un cierto ensanchamiento de las bandas, lo que puede ser debido al carácter nanocristalino de la muestra obtenida.

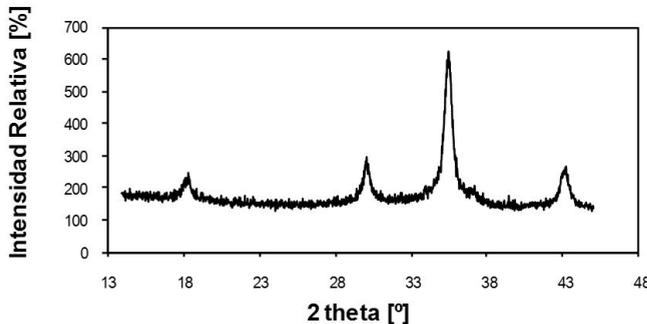


Figura 1. Diagrama de difracción de rayos X para la magnetita

Análisis Morfológico de las Nanopartículas de Magnetita

El microscopio óptico es un equipo utilizado para determinar la morfología de partículas. En la micrografía de la Figura 2 se presenta una muestra de magnetita sólida, se pueden observar diversos campos formados por partículas muy finas de color oscuro. Esto es indicado por la aglomeración de partículas, las cuáles son afines unas a otras, por lo que tienden a unirse.



Figura 2. Micrografía de la magnetita en estado sólido

Síntesis de Nanocompuestos Cis-1,4-poliisopreno/magnetita

A continuación se describen dos métodos de síntesis para nanocompuestos de Cis-1,4-poliisopreno/magnetita.

- Método 1. Mezclar 100 ml de la magnetita en solución en 100 ml de látex previamente concentrado. Calentar a 70 °C, con 1000 rpm de agitación durante 20 minutos.
- Método 2. A 50 ml de una solución acuosa de cloruro férrico hexahidratado 0.1 M se adicionan 50 ml de cloruro Ferroso tetrahidratado ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 0.10 M, cuya solución es calentada hasta 70°C y con una agitación mecánica de 1000 rpm por 20 minutos, seguidamente se agregan 50 ml del látex previamente concentrado. La nueva mezcla formada se agita por 20 minutos más a las mismas condiciones de temperatura.

Análisis Morfológico de los Nanocompuestos

Para el análisis de la morfología de las partículas se utiliza un microscopio óptico marca Zeigen, modelo ZB-300. La preparación de la muestra es en forma de película delgada de cada uno de los nanocompuestos sintetizados. La película es formada

vertiendo 1 ml en un vidrio de reloj, posteriormente se deja secar por un periodo de 24 horas a temperatura ambiente. La película formada es desprendida y colocada sobre un portaobjetos para su análisis en el microscopio.

En las Figuras 3 y 4 existe una tendencia de las partículas en los nanocompuestos de cis-1,4-Poliisopreno/Magnetita a formar aglomerados, debido a su tamaño nanométrico. Estos mismos aglomerados son también observados a través de un microscopio metalográfico lográndose apreciar partículas independientes, cuyo tamaño medio, tras evaluar al menos 5 partículas de la muestra, resulta ser de 0.00003μ .

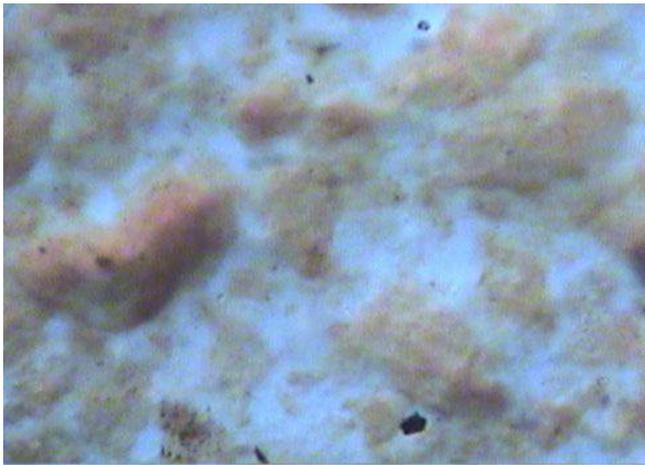


Figura 3. Micrografía del nanocompuesto por el Método 1



Figura 4. Micrografía del nanocompuesto por el Método 2

Viscosidad de Nanocompuestos

Para la medición de la viscosidad se utiliza el viscosímetro marca Brookfield DV-II +Pro, usando el rotor S-61 y con velocidades de corte de 1.5, 3, 6, 12, 30, 60 y 100 rpm a 30 °C.

Las gráficas de la Figura 5 muestran el efecto de la velocidad de corte sobre la viscosidad en los nanocompuestos de cis-1,4-poliisopreno/tetraóxido férrico. Existe una disminución de la viscosidad según se incrementa la velocidad de corte. Esto debido a que al inicio de la adición de reactivos, las partículas se encuentran aglomeradas y tienen mayor resistencia a fluir, y conforme se incrementa el tiempo, existe una homogeneidad en la dispersión de las partículas presentes en el látex, la magnetita y el nanocompuesto [5]. En la misma gráfica se logra observar que el nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/Magnetita sintetizado por el método 1 obtiene mayor viscosidad con respecto al método 2, esto debido a una aglomeración entre partículas de magnetita y látex o entre partícula y partícula. En el segundo caso la viscosidad del nanocompuesto fue un 50 % menor ya que el proceso se realiza *in situ* mezclando soluciones de cloruros y látex cuyas características de viscosidad son muy bajas comparadas a la viscosidad de la magnetita en solución.

Dureza Shore A de los Nanocompuestos

Para determinar propiedades mecánicas de dureza de las películas obtenidas a temperatura ambiente se usa el Durómetro Shore A marca Pacific Transducer Corp. SER-36026, modelo 306 L usando muestras de aproximadamente 30 mm de lado y 5 mm de espesor. En la Tabla 1 se muestran los resultados de la dureza Shore A para el látex concentrado secado a temperatura ambiente y mediante una estufa de vacío, esta no representó cambios significativos lo que indica que el látex no presenta un cambio en la conformación química aun siendo secado por diferentes procesos. Estas mismas características se observan en los dos procesos de secado para el nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/Tetraóxido Férrico. Al comparar la dureza del nanocompuesto con respecto a la del látex puro preservado se logra observar como hay una disminución, esto se debe a que el látex concentrado contiene pocas partículas de NH_4OH y al ser aplicado calor las partículas se unen unas con otras aglomerándose y produciendo una dureza mayor con respecto a la del nanocompuesto que contiene las partículas de ferrita posiblemente con una mayor cantidad de NH_4OH .

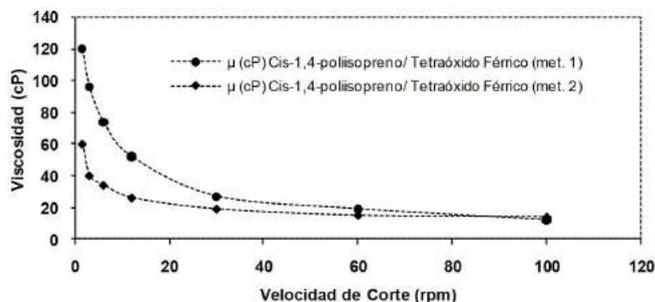


Figura 5. Gráficas de viscosidades para el nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/Tetraóxido Férrico

Tabla 1.

Dureza del látex puro y del nanocompuesto

Muestra	Dureza Shore A
Látex concentrado secado a T ambiente	77
Látex concentrado Vulcanizado a 60 °C	82
Nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/Tetraóxido Férrico (método 1)	50
Nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/Tetraóxido Férrico (método 1)	55

Medición de Color de los Nanocompuestos

El color es determinado usando el colorímetro marca Color Tec PCM/PSM utilizando muestras de 20 mm de lado y 5mm de espesor. Para ello cada película es colocada en una caja de 60 cm de largo por 80 cm de ancho teniendo una luz uniforme emitida por un foco de 100 W. En la Tabla 2 son presentados los valores reportados de color para los nanocompuestos con diferente método de síntesis. El parámetro L* es similar en el látex y en los nanocompuestos con coloración poco oscura debido a la aplicación de calor y a la pérdida de sustancias naturales que propician la aglomeración de partículas dentro del látex.

Los resultados del índice de blancura y de amarillamiento se asocian con la degradación de un material por efecto de la luz, exposición química o procesamiento, indicando que el método 1 presenta mejores resultados que para el método 2. Para el caso del látex secado por los dos procesos, los mejores resultados son para el proceso de secado a temperatura ambiente, esto debido a la poca interacción de las partículas a que el látex posiblemente conserva su composición química en comparación con el mismo látex secado con aplicación de calor.

Tabla 2.

Datos obtenidos durante la determinación de color para las muestras de Cis-1,4-Poliisopreno/Tetraóxido Férrico y látex puro concentrado

Muestra	L*	A*	B*	WI	YI
Látex Vulcanizado	2601.75	0.01144	1244.66	-1355.58	4689.16
Látex Secado a T ambiente	2706.54	0.03533	1597.81	-1734.18	5602.72
Nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/ Tetraóxido Férrico (Método 1)	2253.90	0.02439	1210.18	-1491.54	5010.90
Nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/ Tetraóxido Férrico (Método 2)	2157.41	-0.0078	827.50	-1127.77	3965.83

Conclusiones

1. Las nanopartículas de magnetita, Fe_3O_4 son sintetizadas utilizando un método de coprecipitación de cloruros en medio amoniacal. Los estudios realizados por Microscopía metalográfica ponen de manifiesto el tamaño nanométrico debido a los resultados en micras, 0.00003μ , de las nanopartículas, así como la formación de aglomerados con una distribución uniforme.
2. El espectro de rayos X y las imágenes obtenidas por medio de microscopía metalográfica confirman la presencia de Fe_3O_4 en la película del nanocompuesto magnetizable.
3. A partir de las diferentes caracterizaciones utilizadas para el estudio del nanocompuesto Cis-1,4-Poliisopreno/ Fe_3O_4 se evidencia que el proceso de obtención de este no interfiere de manera significativa en la naturaleza de la magnetita ya que no se presentan variaciones en los parámetros hiperfinos o cristalográficos del óxido.
4. Se determina que la viscosidad para las diferentes muestras disminuye en función de la velocidad de corte. Entre las posibles aplicaciones de este nanocompuesto está su uso en medicina como liberadores de medicamentos y para su uso en la descontaminación de aguas.

Referencias

- [1] Mijangos Carmen, Seraffín Moya José, Nuevos Materiales en la sociedad del siglo XX1, pp. 56, (2007)
- [2] Tomitaka, A.; Hirukawa, A.; Yamada, T.; Morishita, S. y Takemura, Y, Biocompatibility of various ferrite nanoparticles evaluated by in Vitro cytotoxicity assays using HeLa cells. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 21: 1482-1484, julio (2009)
- [3] García-Cerda, L.A., Rodríguez Fernández Oliverio Santiago, Betancourt-Galindo R., Saldívar-Guerrero R., Síntesis y propiedades de ferrofluidos de magnetita, Centro de Investigación en Química Aplicada, marzo (2003)
- [4] Iván Aldama, Pablo Arévalo, Ágata Cubero, Marta Pérez, Marta Castelaín, Jose Antonio Molina, Josefa Isasi, Preparación y estudio de materiales nanoparticulados de óxido de hierro, Departamento de Química Inorgánica, Uniersidad Complutense de Madrid, (2009)
- [5] Gebhard Schramm, A practical Approach to rheology and rheometry, Haake Rheometers, (1994)

Síntesis de poli(*p*-fenileno tereftalamida) utilizando el proceso de policondensación en solución

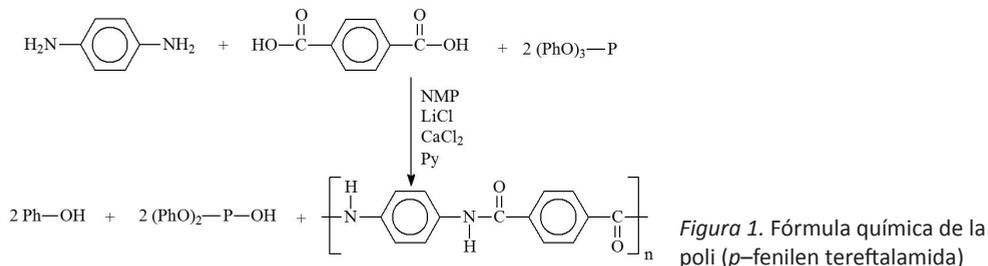
López Rodríguez A. S., Sifuentes Gallardo P., Díaz Flores L. L., Hernández Rivera M. A., Lunagómez Rocha M. A. y Suárez Cerino V.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carr. Cunduacán-Jalpa de Méndez Km. 1
Col. La Esmeralda, C.P. 86690, Cunduacán, Tabasco, México.
Tel.: (993) 336 0342, Correo electrónico: angiesilvestre925@yahoo.com

Introducción

Los polímeros o macromoléculas, conocidos comúnmente como plásticos, se constituyen a partir del enlace de un gran número de pequeñas moléculas, llamadas monómeros. Hay muchos tipos de polímeros, uno de ellos son las poliaramidas que se obtienen por reacciones de condensación. Se denominan así porque se obtiene un subproducto que es retirado del medio de reacción y posteriormente condensado. Existe una diferencia entre las dos poliaramidas más importantes. La poli (*m*-fenileno isoftalamida) se utiliza para hacer ropas resistentes a la flama. Este polímero tiene grupos *meta*-fenilo, es decir, los grupos amida se unen al anillo fenilo en las posiciones 1 y 3. Esta estructura permite un buen empaquetamiento en el espacio, y por consecuencia rigidez del polímero.

La poli(*p*-fenileno tereftalamida) se empaqueta mejor que la poli (*m*-fenileno isoftalamida). Esto permite utilizarlo para hacer chalecos anti-balas y neumáticos resistentes, cascos anti-balas, cordones para escalar, entre otros objetos que requieren propiedades de gran resistencia al impacto. La poli(*p*-fenileno tereftalamida) es una poliaramida, en la cual todos los grupos amida se unen al anillo fenilo en posiciones opuestas entre sí, en los carbonos 1 y 4, como se muestra en la Figura 1.



Proceso de Fosforilación en Solución

La síntesis de poli (*p*-fenilen tereftalamida) se realiza mediante el proceso de fosforilación en solución, utilizando ácido tereftálico y parafenilendiamina como reactivos principales, un catalizador y un agente desecante. Los reactivos son colocados en un reactor de vidrio de 100 mL, al cual se le aplica agitación magnética y suministro de nitrógeno para mantener atmósfera dinámica inerte. Las condiciones de reacción para la síntesis de poli (*p*-fenilen tereftalamida) se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.

*Condiciones de reacción utilizadas en la síntesis de poli (*p*-fenilen tereftalamida)*

Reacción No.	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
1	115	5
2	115	8
3	115	11
4	145	8
5	175	8
6	210	8

Análisis del Producto de Reacción

Los resultados del análisis de solubilidad de cada uno de los reactivos utilizados y los productos obtenidos en la síntesis de poli (*p*-fenilen tereftalamida) son mostrados en la Tabla 2.

La Tabla 2 muestra que la acetona y el metanol que son las sustancias utilizadas para purificar el producto obtenido, disuelven todos los reactivos involucrados con excepción del ácido tereftálico y la poli (*p*-fenilen tereftalamida). Esto significa que durante el lavado solo podría haber quedado la poli (*p*-fenilen tereftalamida) y el ácido tereftálico. De estas dos sustancias es fácil determinar si hay ácido tereftálico

sin reaccionar mezclado con el polímero, para lo cual se agrega ácido sulfúrico que es el solvente reportado para el polímero, pero que no disuelve el ácido tereftálico, y por consecuencia se observaría directamente en forma de partículas o polvo fino. Esto no ocurre y por lo tanto puede indicar que no permanece ácido tereftálico contaminando la muestra. Es importante mencionar que el ácido tereftálico no se dissolve en los solventes utilizados aún usando un tiempo de 30 minutos y 60°C de temperatura.

Tabla 2.

Solubilidad de solventes y reactivos

Reactivos	Solventes				
	Agua	Acetona	Metanol	Etanol	Ácido Sulfúrico
Cloruro de calcio	X	X	√	√	X
Cloruro de litio	√	X	√	√	√
Piridina	√	X	√	√	√
Trifenil fosfito	√	√	√	√	√
Parafenilendiamina	X	√	X	√	√
1 Metil 2 Pirrolidina	X	X	√	√	√
Ácido Tereftálico	X	X	X	X	X
Poli (<i>p</i> -fenilen tereftalamida)	X	X	X	X	√

√ Buen disolvente X No disolvente

La técnica de espectroscopía infrarroja mediante la transformada de Fourier (FTIR) es utilizada para identificar los grupos funcionales característicos de la poli (*p*-fenilen tereftalamida). En la Figura 2 es mostrado el espectro de FTIR para la reacción 3 (115 °C por 11 horas). En la Tabla 3 son sintetizadas las principales bandas características de la poli (*p*-fenilen tereftalamida).

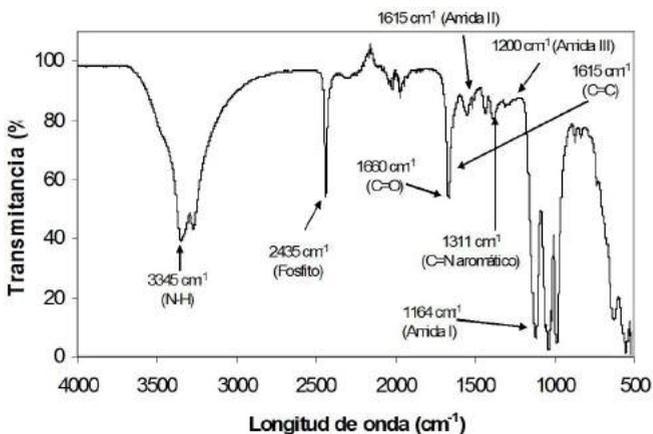


Figura 2. Espectro infrarrojo del polímero obtenido aplicando 115 °C por 11 h

Se pueden realizar dos análisis mediante FTIR, uno considerando el efecto de la temperatura y otro considerando el efecto del tiempo de reacción. Para analizar el efecto del tiempo de reacción sobre la masa molecular se consideran los espectros correspondientes a las reacciones con diferentes tiempos de reacción, manteniendo la temperatura constante. Los resultados son mostrados en la Figura 3 para las reacciones con duración de 5, 8 y 11 horas y temperatura constante de 115 °C. Las señales se hacen más intensas a medida que transcurre la reacción debido posiblemente a la aglomeración de un mayor número de grupos funcionales como consecuencia de una mayor masa molecular del polímero.

Tabla 3.

Asignación de bandas obtenidas por FTIR

Rango de absorción (cm ⁻¹)	Enlace	Tipo de movimiento
3300	N-H	Estiramiento
1660	C=O Amida I	Estiramiento hidrógenos unidos al grupo amida)
1500	N-H C-N Identificación del Grupo C-N-H o Amida II	Doblamiento en el plano y estiramiento acoplados
1311	C-N, N-H y C-C Amida III	Estiramiento, doblamiento en el plano y estiramiento Aromático
1615	C=C	Vibración de estiramiento de anillo aromático
2435	P-O-H	Estiramiento

En la Figura 4 se muestran las bandas de la poli (*p*-fenilén tereftalamida) para las reacciones realizadas a tiempo constante de 8 horas y temperatura de 115, 145 y 175 °C. Al comparar la reacción a 115 y 145 °C, las bandas características de la poliaramida se incrementan con el aumento de la temperatura. Este comportamiento sugiere que existen mayor número de grupos funcionales de la poliaramida, lo cual ocasiona una mayor masa molecular, como fue comprobado mediante la técnica de viscosimetría de soluciones (Tabla 4).

Figura 3. Espectro de infrarrojo para las reacciones con duración de 5, 8 y 11 horas a 115°C

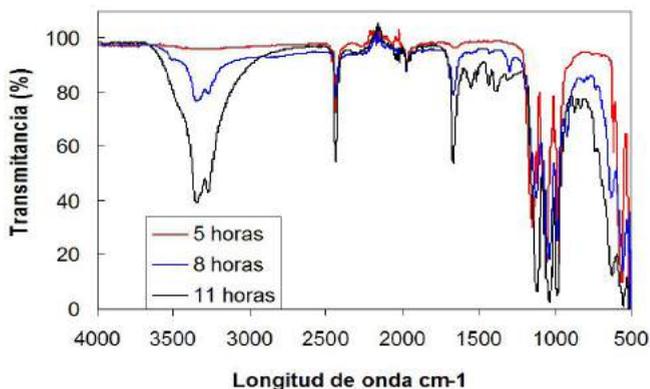
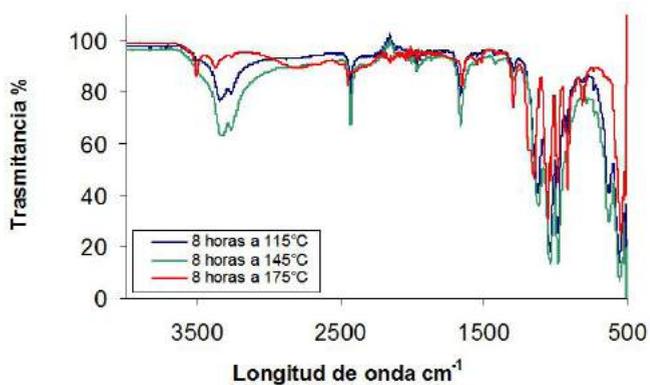


Figura 4. Espectro de infrarrojo para las reacciones con temperaturas de 115, 145 y 175 °C



En el caso de la muestra a 175 °C, la intensidad de las bandas características de la poliaramida disminuyen, comparándolas con las reacciones a 115 y 145 °C. Esto sugiere que entre 145 °C y 175°C se encuentra la mejor temperatura de la síntesis de la poli (*p*-fenileno tereftalamida). Esto se comprueba por viscosimetría de soluciones, como es mostrado en la Tabla 4 y 5. En la Tabla 4 son mostrados los resultados correspondientes a las reacciones a 115 °C y variando el tiempo de reacción. Se observa que conforme se incrementa el tiempo de reacción, se obtiene una masa molecular mayor.

Tabla 4.

Masa molecular para las reacciones a 115°C y diferente tiempo de reacción

Tiempo de reacción (h)	Masa molecular (g/mol)
5	1094
8	4225
11	5734

En la Tabla 5 se puede observar que la masa molecular se incrementa conforme aumenta la temperatura de la reacción, pero en contraste con el parámetro de tiempo, en este caso el incremento sí fue sustancial.

Tabla 5.

Masa molecular para reacciones realizadas a diferente temperatura y un tiempo de reacción constante de 8 h

Temperatura de reacción T (°C)	Masa molecular M (g/mol)
115	4225
145	12110
175	11602
210	5902

Conclusiones

Mediante las técnicas de caracterización se determina que el polímero sintetizado fue poli (*p*-fenilen tereftalamida) y que la mayor masa molecular es a la temperatura de 145°C y en un tiempo de 8 horas utilizando la reacción de fosforilación. Es importante mencionar que se podría analizar la temperatura de reacción entre 145°C y 200°C para identificar si es posible obtener una mayor masa molecular.

Referencias

- [1] R. B. Seymour; Ch. E. Carraher, *Introducción a la química de los polímeros*, Ed. Reverté, Cd. de México, (1998)
- [2] G. Odian, *Principles of polymerization*, Ed. Wiley-Interscience, New York, 2004.
- [3] F. H. Walton; J. Reyes, *Análisis químico e instrumental moderno*, Ed. Reverté, Cd. de México, (1938)
- [4] K. E. Perepelkin; I. V. Andreeva; E. A. Pakshver; I. Y. Morgoeva *Fibre Chemistry*, 35, 4. (2003)
- [5] ASTM D446, Standard specifications and operating instructions for glass capillary kinematic viscometers, (2000)

Obtencion de opalos sinteticos dopados con vanadio mediante el proceso Solgel

Torres de la Cruz A., Domínguez Gallegos L. J., López Rodríguez A.S., Sifuentes Gallardo P., Pulido Téllez A. R., Hernández Rivera M. A. y Díaz Flores L. L.

División Académica de Ingeniería y Arquitectura Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Km 1 Carr. Cunduacán-Jalpa de Méndez Col. La Esmeralda, C.P. 86690 Cunduacán Tabasco Correo electrónico:laura.diaz@daia.ujat.mx.

Introducción

El término ópalo se asigna a diversos tipos de sílice amorfa hidratada, desde los depósitos naturales dentro del bambú tabasheer y cuerpos microscópicos de sílice, dentro de tejidos vivos, hasta depósitos minerales masivos alrededor de fuentes de calor. Es amorfa debido a que no da un claro patrón de difracción de rayos X, pero en algunas variedades, se ha demostrado que consisten de cristalitas submicroscópicas de cristobalita con agua entre los cristales. Sin embargo, el ópalo que muestra colores brillantes e iridiscentes es casi completamente amorfo y se identifica como “ópalo A” o “sílice hidratada” [1]. Éste muestra una banda de difracción difusa que corresponde a un espaciamiento de 4.1 Å y no muestra la endoterma en la curva de análisis térmico diferencial a 150°C que son sílices opalinas [2].

Cuando partículas coloidales tienen la misma forma y tamaño, pueden acomodarse en un estado uniformemente compacto, así como las moléculas pueden arreglarse en una red cristalina. En realidad el resultado es un acomodo compacto hecho de partículas coloidales. Sin embargo, debido a que el espaciamiento reticular es muy grande, las leyes de Bragg de interferencia aplican, no para rayos X, sino para ondas de luz, que son más grandes. El resultado es que los agregados ordenados presentan color cuando se ven desde ciertos ángulos de luz reflejada. Estructuras de este tipo formadas con partículas uniformes de sílice coloidal de 100-500 nm de diámetro se encuentran en la naturaleza en forma de ópalos. En investigaciones recientes [3-4], se han intentado obtener ópalos sintéticos que

tengan las propiedades de los cristales fotónicos., que presenten características de opalescencia o juego de colores (fenómeno de difracción), que de forma natural pueden difractar la luz de una manera análoga.

Se han obtenido partículas con diámetros mayores a $\sim 2\mu\text{m}$ usando tetrapentilortosilicato, adicionando más alcóxido después de que las partículas se han formado, o realizando la reacción a baja temperatura [5,6], técnica conocida como SBF. A estas suspensiones coloidales, Coenen y colaboradores [7], introdujeron Ludox® como nucleador en la mezcla de reacción para producir partículas pequeñas (de radio $\sim 20\text{-}35\text{ nm}$) con tamaño uniforme.

Adachi y colaboradores [8], lograron obtener partículas de sílice monodispersas en el rango de 0.2 a 8 micrómetros con la adición de TEOS después de la hidrólisis aplicando calor, para controlar el espesor de capas de cristales líquidos en sustratos de vidrio.

Bardosova y Tredgold [9], hicieron suspensiones coloidales orgánicas e inorgánicas con partículas de tamaños del orden de algunos cientos de nanómetros de diámetro, pero además, colocaron algunos metales en los intersticios formados por las esferas, obteniendo mejores ordenamientos. Luego utilizaron la misma técnica de preparación de suspensiones coloidales en medios orgánicos, pero lograron hidrofobicidad con la adición de 3-(trimetoxisilil) propilmetacrilato, obteniendo tamaños de partícula y arreglos bidimensionales más uniformes (método Langmuir-Blodgett) [10]. Li y colaboradores [11], desarrollaron una técnica para separar agregados (clusters), de las partículas monodispersas.

Síntesis de Monolitos de Sílice (SiO_2) Dopados con Vanadio

Los monolitos de sílice (SiO_2) dopados con vanadio se denominan así por la característica de tomar las formas tridimensionales en volumen perceptibles a nivel macroscópico el proceso sol gel de síntesis por la vía húmeda de formación de coloides, se esquematiza en la Figura 1.

Caracterización Óptica por Espectroscopía de Infrarrojo de Monolitos de Sílice

El espectro de absorción infrarroja proporciona información del tipo de enlaces químicos involucrados en la estructura del SiO_2 . Además, la espectroscopia IR permite, de acuerdo a la posición y ancho de las bandas, interpretar la estructura del material así como su composición. En la Figura 2, se presentan los espectros de

absorción IR de las muestras de estudio, en este caso es una muestra de $\text{SiO}_2 - \text{VCl}_3$. En ésta se exhibe la caracterización de IR de los monolitos, en la cual se muestran 5 espectros correspondientes a la evaluación, sin tratamiento térmico(S/T), y con tratamiento térmico, con un incremento de 300 a 800 °C. Como puede observarse, a medida que se incrementa la temperatura, la posición de los picos y ancho de la banda sufren cambios, debido a un mejor acomodo homogéneo de las partículas y disminución de los aglomerados.

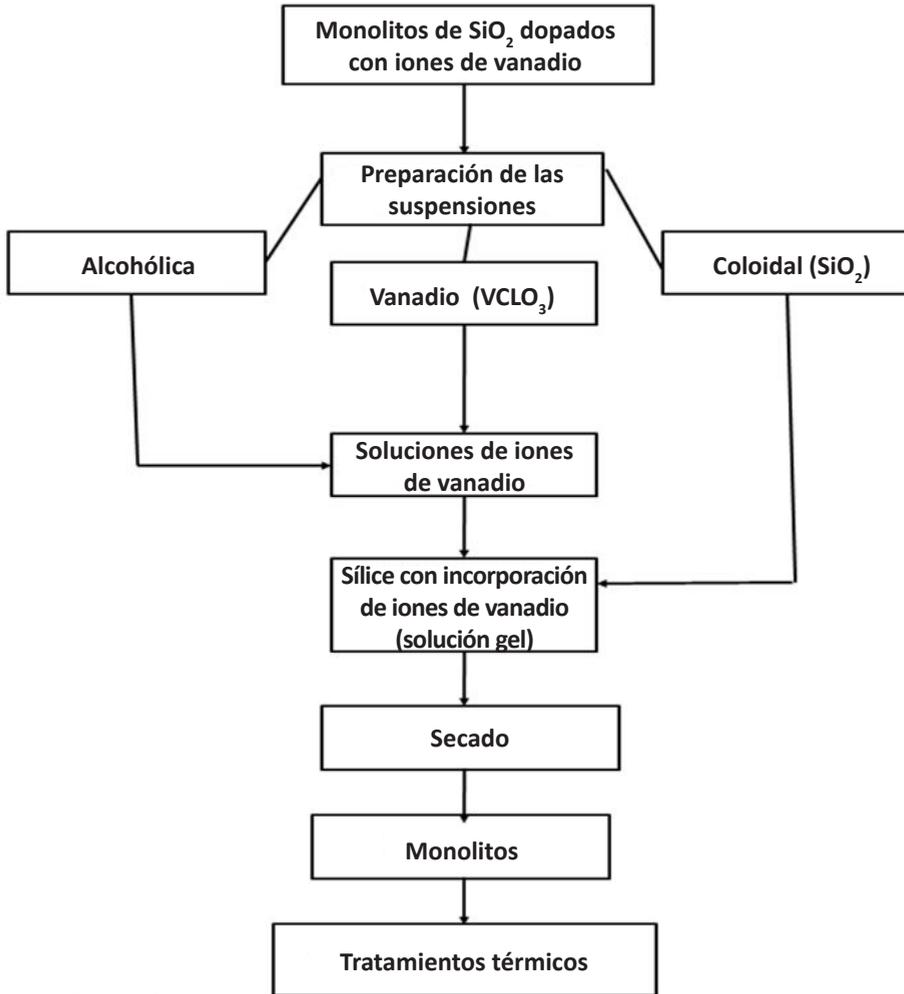


Figura 1. Procedimiento de preparación de los monolitos de sílice

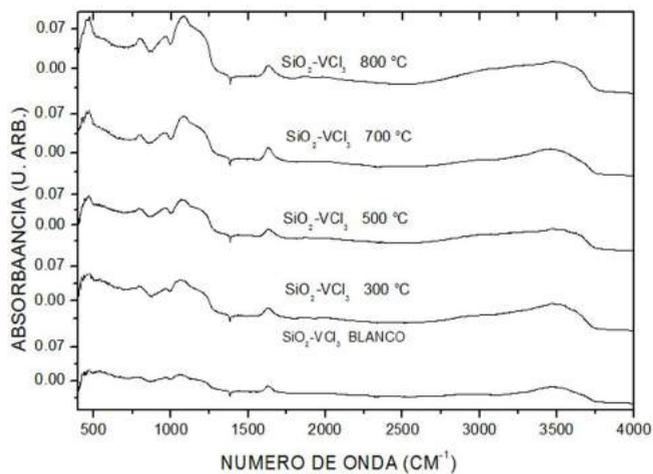
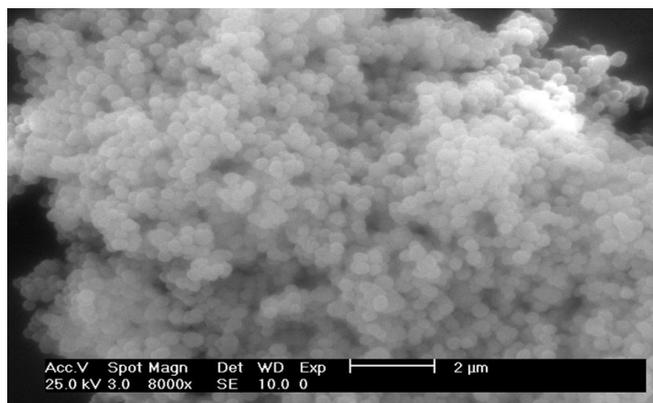
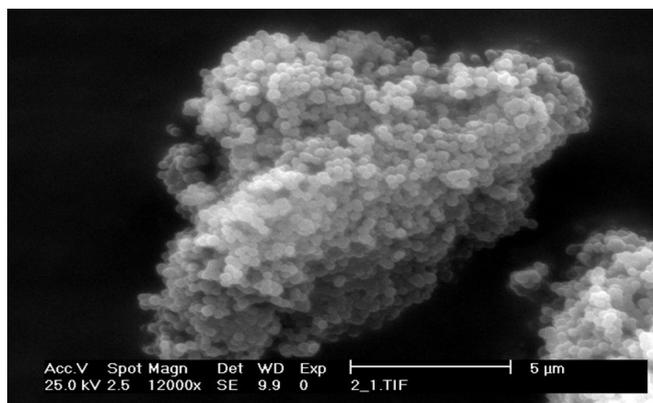


Figura 2. Espectros de Infrarrojo de las monolitos (ópalos sintéticos) sometidas a tratamiento térmico



a)



b)

Figura 3. Micrografías de SEM de monolitos tratados a 500 °C

Análisis Morfológico de los Monolitos Mediante Microscopía Electrónica de Barrido

Las micrográficas SEM que se muestran en las micrográficas de la Figura 3 corresponden a una muestra de los monolitos tratados térmicamente a 500°C, con un aumento de 8000x (a) y 12000x (b), en esta se distinguen aglomerados, con apariencias uniformes esféricas, con tamaño de 0.5-1 μm . Esta microestructura en la que se aprecia con regularidad homogénea en el acomodo de las partículas, con la porosidad que se asocia a la estructura amorfa de la sílice.

Conclusiones

Es posible la síntesis de soluciones precursoras de monolitos utilizando la modificación del método SBF [5], para la producción de esferas submicrométricas de sílice de tamaño controlado, con la utilización de hidróxido de amonio como fuente de amoniaco y etanol como disolvente, para obtener mayor control de la evaporación del disolvente y posteriormente doparlo con iones de vanadio.

Se han sintetizado monolitos de SiO_2 con bajas concentraciones de agentes impurificantes. Los cuales dieron lugar a materiales semitransparentes a la radiación visible, utilizando una ruta adecuada de secado y tratamientos térmicos. Los tiempos de procesamiento de estos monolitos son aproximadamente de 12 días y 17 horas, tiempos relativamente cortos comparados con los reportados en la literatura [5].

En el análisis por espectroscopía IR de las muestras dopadas con iones de vanadio, se concluye que la introducción del agente dopante no produce modificación alguna en los modos vibracionales del SiO_2 amorfo, por lo cual se deduce que estos agentes se encuentran diluidos en la matriz en posiciones intersticiales sin formar parte de la red de SiO_2 . Adicionalmente los espectros IR muestran que todas las muestras obtenidas contienen alta concentración de humedad y grupos OH.

Mediante la espectroscopía Ultravioleta-Visible, se identifican dos estados de oxidación del V en el sistema $\text{SiO}_2\text{-VCl}_3$, el $\text{V}^{4+} / \text{V}^{5+}$. Este último estado de oxidación fue promovido debido a los tratamientos térmicos utilizados. Concluyendo que la mayor parte de iones V^{4+} y ciertas cantidades de VO^{2+} , son oxidados a iones V^{5+} , induciendo el cambio de color de la muestra, este cambio de color depende de la concentración de vanadio y del tratamiento térmico que se le asigne.

Mediante los resultados del Microscopio electrónico de barrido (SEM), se deduce que los tratamientos térmicos aplicados a los monolitos a 800 °C, disminuyen el tamaño de las partículas de los aglomerados propiciando el aumento de color de

los monolitos. El tamaño de los aglomerados es de unos cuantos nanómetros con lo cual se concluye que el aspecto traslucido y coloreado final de los monolitos, se debe a especies nanométricas del V, uniformemente dispersas en la matriz de sílice.

Referencias

- [1] Segnit E. R., Stevens T. J. y Jones J. B., "The role of water in opal", *J. Geol. Soc. Aust.*, 12 (2), 211 (1965)
- [2] Jones J. B., Biddle J. y Segnit E. R., "Opal genesis", *Nature*, 210, 1353 (1966).
- [3]. Helden A. K. V., Jansen J. W., Vrij A., "Preparation and characterization of Spherical monodisperse silica dispersions in nonaqueous solvents", *J. of Colloid and Interface Sci.*, 81, 354 (1981)
- [4]. Palacios-Lidón E., Blanco A., Ibisate M., Meseguer F., López C. and Sánchez-Dehesa J., "Optical Study of the Full Photonic Bandgap in Silicon Inverse Opals", *Appl. Phys. Lett.*, 81 (26), 4925 (2002)
- [5]. Stöber W., Fink A., Bohn E., "Controlled Growth of Monodisperse Silica Spheres in the Micron Size Range", *J. Of Colloid & I. Sc.*, 26, 62 (1968)
- [6] C. G. Tan, B. D. Bowen, N. Epstein, *J. of Colloid and Interface Sci.*, 118, 290 (1987)
- [7] Coenen, S., De Kruijff, C. G., *J. of Colloid and Interface Sci.*, 124, 104 (1988)
- [8]. Adachi T., Kawashima J., Shoshi M., Matsubara M., Sakai K. y Nakasone T., "Sol Gel Production of Silica Microparticles", *Key Engineering Materials*, 150, 1 (1998)
- [9] Bardosova, Tredgold, *J. Mater. Chem.*, 12, 2835, (2002)
- [10] Bardosova, Hodge, Pach, Pemble, Smatko, Tredgold, Whitehead, *Thin Solid Films*, 437, 276, (2003)
- [11] Li QY, Dong P, Guo XC, Cheng BY, Ni PG, Zhang DZ, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 216 (1-3), 123 (2003)

Recubrimientos conductores transparentes de SnO₂ dopados con indio por el metodo de centrifugado

**Madrigal Díaz S. del C.¹, Javier Trinidad A. P.¹, León Goquis. M. E.²,
Rodríguez Lozoya R.J.³, Ramírez Hernández J. C.³. y Díaz Flores L.L.³.**

¹Estudiante de Ingeniería Química de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

²Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

³División Académica de Ingeniería y Arquitectura Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Km 1
Carr. Cunduacán-Jalpa de Méndez Col. La Esmeralda, C.P. 86690 Cunduacán, Tabasco, México
Correo electrónico: laura.diaz@daia.ujat.mx

Introducción

A nivel industrial el uso de los recubrimientos es ampliamente utilizado debido a que una gran variedad de artículos y/o objetos son tratados por diferentes métodos de recubrimientos para conferir propiedades distintas a las del sustrato que las contiene. Algunos ejemplos del empleo de las películas y recubrimientos comestibles se pueden mencionar los utilizados en la industria alimenticia, principalmente en el campo de frutas y hortalizas, que permite mantener en ellas el aspecto de producto fresco y alargar su periodo de conservación. Del mismo modo los recubrimientos son la tecnología más importante en la protección moderna contra la corrosión de estructuras metálicas ya que las demandas de una larga vida útil en la protección contra la corrosión están en constante crecimiento.

El dióxido de estaño dopado con indio, es un buen conductor además de la excelente transparencia (en la región del visible) con estas propiedades las películas tienen una gran aplicación en el campo de la industria y tecnología opto eléctrica incluyendo ventanas inteligentes, celdas solares, cristales líquidos, sensores y pantallas LCD entre otros. Estas películas pueden ser preparadas a través de varias técnicas, como pulverización catódica, deposición por evaporación química (CVD), reacciones térmicas, spray pirolisis, ablación laser y el más reciente por el proceso sol-gel. Este último, conviene para la preparación de In₂SnO₃, tipo (ITO) mediante las reacciones de hidrólisis y condensación, ya que además de ser una técnica versátil para la síntesis química de diversos tipos de materiales no requiere de

equipos sofisticados y permite hacer deposiciones sobre grandes sustratos, en gran escala y especialmente a bajo costos. Las bases físicas de los sistema ITO son similares a los óxidos semiconductores tipo-n con una brecha de energía de 4 eV, y band-gap indirecta de 2.6 eV. Siendo la principal atracción de este tipo de material su obtención a partir de la hidrólisis de sales de estaño a temperatura ambiente y una vez sintetizado su fácil manejo en el depósito de películas delgadas [1, 2,3].

Método de Síntesis del ITO

El precursor de SnO_2 se obtiene a partir de la hidrólisis de reflujo de los cloruros de Sn disolviendo las sales en concentraciones adecuadas en etanol absoluto en reflujo durante cierto tiempo. Concluido este procedimiento se deja envejecer la solución para la adecuada condensación de la formación de cadenas más grande de SnO_2 . Al finalizar este proceso denominado “condensación” se toman 10 ml de la solución de SnO_2 , para disolver hasta completa disolución 1g de InCl_3 , el cual para posteriormente ser depositadas sobre un sustrato. El método de centrifugación (spin coating), es una de las técnicas de depositación de películas delgadas sobre sustratos planos, y se establecen parámetros de tiempo y velocidad (rpm) para el depósito sobre los vidrios. Se procede a secar las muestras a una temperatura de 180°C por 20 min. Una vez secos los recubrimientos, se someten a tratamientos térmicos de 450°C a 550°C, proporcional al número de capas de cada sustrato, durante una hora para favorecer la formación del ITO ($\text{In}_2\text{O}_3\text{Sn}$).

Análisis Morfológico, Óptico y Eléctrico de Recubrimientos ITO

Al depositarse sobre sustratos planos, los recubrimientos pueden analizarse por técnicas no destructivas que van desde el morfológico, óptico, estructural y eléctrico. Morfológicamente las muestras deben de ser uniformes (ver inserto Figura 1), bien adheridas al sustrato y ópticamente transparente a la radiación visible. La espectrometría ultravioleta-visible o espectrofotometría UV-Vis implica la espectroscopia de fotones en la región de radiación ultravioleta-visible. Utiliza la luz en los rangos visible y adyacentes (el ultravioleta (UV) cercano y el infrarrojo (IR) cercano. En esta región del espectro electromagnético, las moléculas se someten a transiciones electrónicas. Esta técnica es complementaria de la espectrometría de fluorescencia, que trata con transiciones desde el estado excitado al estado basal, mientras que la espectrometría de absorción mide transiciones desde el estado

basal al estado excitado. De ahí que en la Figura 1 se presentan algunos espectros de transmitancia de recubrimientos ITO obtenidas en pruebas experimentales de laboratorio y tomando como referencia el material de vidrio, cuarzo y el aire.

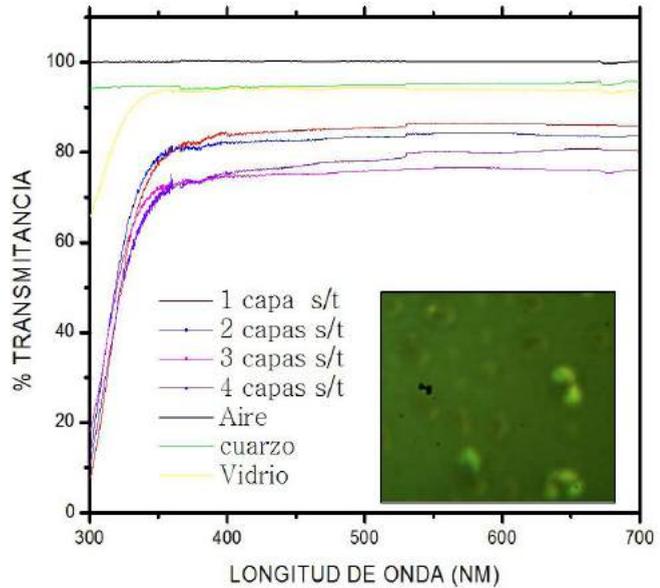


Figura 1. Mediciones de transmitancia de la luz visible de los recubrimientos de In_2SnO_3 desde 1 hasta 4 capas, como referencias de aire, cuarzo y vidrio

Tabla 1.

Análisis del porcentaje de transmitancia de recubrimientos de InSnO_2 depositados sobre vidrio desde 1 hasta 4 capas de depósito

Capas	$\lambda(\text{nm})$	Absorbancia	% T
1	550	359	83.22
2	550	362	80.74
3	550	397	70.55
4	550	397.82	75.24

Para mejor apreciación en la Tabla 1, se presentan de manera comparativa los porcentajes de transmitancia (%T) de los recubrimientos ITO con una longitud de onda fija ($\lambda=550 \text{ nm}$) en función del número de capas depositadas sobre el sustrato. Como puede observarse, el número de capas, al incrementar el espesor del recubrimiento, disminuye el %T, sin embargo con 4 capas, debido a los tratamientos de solidificación con los tratamientos térmicos sucesivos del recubrimiento y ya con la red formada, el recubrimiento mejora la calidad óptica aumentando el %T.

Dado que el número de capas depositadas, es un parámetro importante a considerar en la calidad óptica y morfológica de los recubrimientos, la caracterización eléctrica, es posible llevarla a cabo exponiendo el recubrimiento en un campo de excitación entre 0.1 a 1 V. La conductividad en mA se incrementa, en función del espesor o número de capas depositadas sobre el recubrimiento. La resistencia depende fuertemente de la concentración de dopado, esta aumenta al incrementar el número de capas, obteniendo una mayor conductividad. La tabla 2. Indica los valores obtenidos de resistencia (R) y capacitancia (Cp) de un recubrimiento de 4 capas a un tratamiento térmico de 550 °C expuesto a diferente voltaje y frecuencia.

Tabla 2.

Valores de capacitancia y resistencia de una película de 4 capas 550°C

Voltaje	Parámetro	Frecuencia 100 Hz
100 mV	Cp	5.1410 nF
	R	3.3558 KΩ
250 mV	Cp	4.5521 nF
	R	5.2550 KΩ
500 mV	Cp	3.6048 nF
	R	10.093 KΩ
1000 mV	Cp	2.6906 nF
	R	29.374 KΩ

Con estos valores se obtienen los datos de impedancia utilizando la ecuación 1.

$$\frac{V(s)}{I(s)} = \frac{R_s}{1 + R_s C_p(s)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Con el resultado se obtienen los diagramas de Bode (Figura 2) y Nyquist (Figura 3) utilizando el valor de resistencia y de impedancia.

Conclusión

El proceso de hidrólisis de sales de estaño y el método de depositación de películas delgadas por la técnica de centrifugado es eficiente para la fabricación de películas de óxidos conductores transparentes de ITO sobre sustratos de vidrio. El método permite depositar hasta 4 capas sobre el sustrato, sin fractura ni desprendimiento

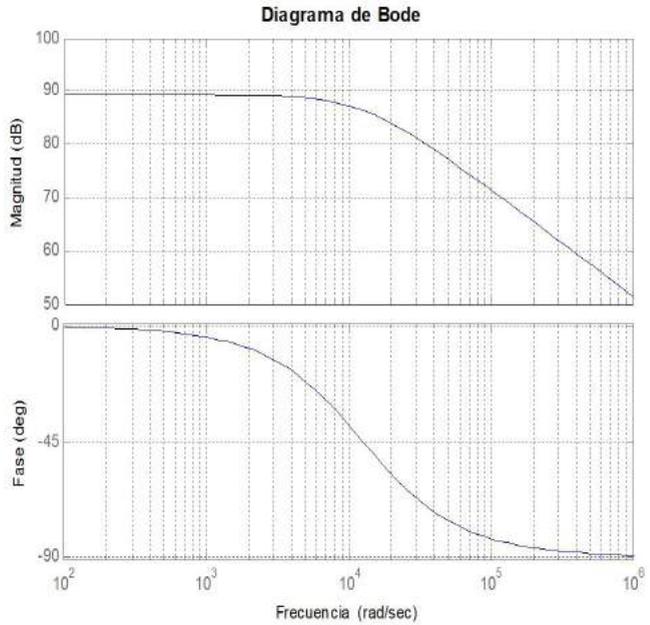


Figura 3. Diagrama de Nyquist a diferentes frecuencias del recubrimiento de 4 capas

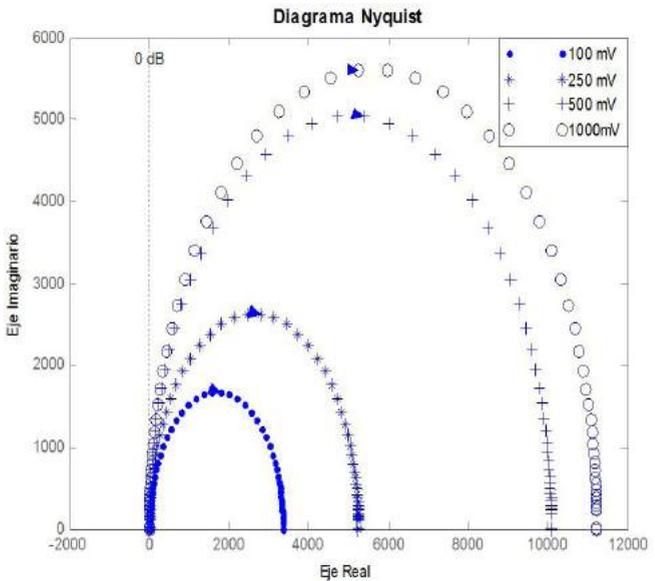
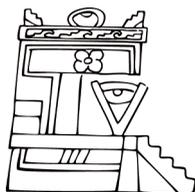


Figura 2. Diagrama de bode del recubrimiento de 4 capas

con apariencia uniforme. Con las mediciones eléctricas, se determina que los recubrimientos tienen respuesta eléctrica cuando son excitadas con una fuente externa. Además, con la caracterización espectrofotométrica, es posible determinar la capacidad de transmitancia y absorbancia de cada placa y a diferentes capas, así mismo, los resultados indican que con recubrimientos de espesores nanométricos, se consigue incrementar la calidad óptica de los recubrimientos.

Referencias

- [1] E. Desurvire. "Erbium-Doped Fiber Amplifiers". (1996)
- [2] Diaz. L, Ramirez R, Mendoza. A, Prokhorov. E, González J, Impedance Spectroscopy Studies on SnO₂ Films Prepared by the Sol-gel Process. Journal of Physics and Chemistry of Solids.64 1037-1042 (2003)
- [3] Martínez.J.R.F., J.A. de la Cruz Mendoza Villaseñor-González Formación y Caracterización de Materiales Preparados por la Técnica de Sol-gel en Revista Mexicana de Física 45 (5), 472-479. (1999)



Difusión y Divulgación
Científica y Tecnológica

José Manuel Piña Gutiérrez

Rector

Wilfrido Miguel Contreras Sánchez

Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Fabián Chablé Falcón

Director de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica

Francisco Morales Hoil

Jefe del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas

Esta obra se terminó de imprimir el 22 de enero de 2013, con un tiraje de 500 ejemplares en los Talleres de Morari Formas Continuas, S. A. de C. V.; Calle Heroico Colegio Militar #116; Colonia Atasta; Villahermosa, Tabasco, México. El cuidado estuvo a cargo de los autores y del Departamento Editorial de Publicaciones No Periódicas de la Dirección de Difusión y Divulgación Científica y Tecnológica de la UJAT.