



POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS

Foro en Ciencias Químicas y Bioquímicas 2013

Libro de Resúmenes

17 de mayo de 2013
Hotel El Conquistador, Mérida, Yucatán

Foro en Ciencias Químicas y Bioquímicas 2013

POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS

17 de mayo de 2013
Hotel El Conquistador, Mérida, Yucatán

Libro de Resúmenes

Comité Organizador

Coordinador

Dr. Julio C. Sacramento Rivero

Miembros del Comité Académico del PICQB

Dr. Gonzalo J. Mena Rejón

Dr. Cristian Carrera Figueiras

Dr. David A. Betancur Ancona

Dr. Gumersindo Mirón López

Disponible en:

www.picqb.uady.mx

picqb@uady.mx

FORO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS 2013

17 de mayo de 2013
Hotel El Conquistador, Mérida, Yucatán

PROGRAMA

Horario	Salón Quetzalcóatl	Salón Zamná
08:30 – 09:20	Inauguración	
09:20 – 10:20	Conferencia Magistral	
10:20 – 12:20	Sesiones orales	Sesiones orales
12:20 – 12:40	Receso	
12:40 – 13:20	Sesión de carteles	
13:20 – 14:20	Sesiones orales	Sesiones orales

Conferencia Magistral

“El agua a través del tiempo en el estado de Yucatán”

Dra. Julia Pacheco Ávila
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Yucatán

CONTENIDO

SESIONES ORALES

Estudiante	Título del Trabajo	Página
Asteria Narváez García	Análisis del método corto para el modelado de la destilación discontinua.	6
Carlos Iván Barrera Peraza	Estudio de los factores de influencia en la vida útil de cubiertas biológicas de oxidación de metano en sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos.	8
Lorena Espitia Villanueva	Contribución al conocimiento fitoquímico de las hojas de <i>Morinda panamensis</i> seem.	10
Jesus Alfonso Patrón Vázquez	Síntesis asistida por microondas de derivados 2-amino-4-aryl-oxazólicos potencialmente activos contra células tumorales.	12
Ulises Gracida Álvarez	Optimización de la productividad de lípidos en microalgas mediante modificaciones a las condiciones de cultivo.	14
Juan Carlos Robles Heredia	Evaluación de la productividad de lípidos en <i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus obliquus</i> cultivadas en condiciones autótrofas bajo el efecto de distintos sistemas de cultivo y métodos de extracción de lípidos.	16
Jasmin Salazar Mendoza	Actividad antifúngica de metabolitos aislados de la pared corporal de <i>Holothuria floridana</i> .	18
Kati Beatriz Medina Dzul	Desarrollo de métodos analíticos para determinar residuos de plaguicidas y antibióticos en ceras y propóleos utilizando adsorbentes basados en silicio.	20
Liliana San Pedro Cedillo	Tratamiento de lixiviados mediante Fenton- filtración-adsorción.	22
Karla del C. García Uitz	Inmovilización de un consorcio microbiano en soportes de quitina para la degradación de fenantreno en agua de mar.	24
Alma Cecilia Morales Juárez	Comportamiento de hidrocarburos aromáticos policíclicos dentro del proceso de tratamiento de lodos activados en aguas residuales.	26
Jorge Alonzo Cortés Esquivel	Comparación de dos sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales porcinas.	28
Mariana Quesadas Rojas	Estudio teórico del mecanismo de reacción de la formación de dímeros de triterpenoquinonas.	30

Estudiante	Título del Trabajo	Página
Lía Sarahi Valencia Chan	Estudio fitoquímico de las partes aéreas de <i>Crossopetalum puberulum</i> y evaluación de la actividad inhibitoria sobre protozoarios intestinales patógenos.	32
Juan A. Moo Puc	Búsqueda de moléculas con actividad antiprotozoaria en celastráceas. Aislamiento de metabolitos bioactivos de <i>Maytenus phyllanthoides</i> Benth.	34
Lilian Dolores Chel Guerrero	Metabolitos secundarios de dos especies del Género <i>Crossopetalum</i> (Celastraceae).	36
Luis Jorge Corzo Rios	Evaluación de las propiedades de superficie y mecánicas de sistemas mixtos de goma carboximetilada de flamboyán (<i>Delonix regia</i>) con hidrolizados proteínicos de <i>Phaseolus lunatus</i> .	38
Rocío Toraya Avilés	Maltodextrinas enzimáticamente resistentes obtenidas a partir de almidón de yuca (<i>Manihot esculenta</i>).	40
Sandra Elena Hernández Solís	Determinación de la enzima aspartil proteinasa secretoria en cepas de <i>Candida albicans</i> aisladas en la cavidad bucal de diferentes grupos de pacientes.	42
Michel de la Cruz Canul Chan	Estudio dinámico y metabólico de un consorcio microbiano degradador de hidrocarburos del petróleo.	44

SESIÓN DE CARTELES

Estudiante	Título del Trabajo	Página
Valentino Mukthar Sandoval Peraza	Microencapsulación de hidrolizados de <i>Phaseolus lunatus</i> con gomas de flamboyán (<i>Delonix regia</i>) y chía (<i>Salvia hispánica</i>).	46
Wilbert J. Rodríguez Canto	Evaluación de la bioactividad antitrombótica y anticariogénica, de sistemas hidrocoloides mixtos elaborados con hidrolizados proteínicos de <i>Phaseolus lunatus</i> y <i>Vigna unguiculata</i> en goma de flamboyán (<i>Delonix regia</i>).	48
Hanai G. Franco Miranda	Incorporación de hidrolizados proteicos de <i>Phaseolus lunatus</i> y <i>Vigna unguiculata</i> en productos de panadería y extrudidos.	50
Francisco Herrera Chalé	Actividad biológica de derivados proteínicos de <i>Mucuna pruriens</i> con potencial en la prevención y /o tratamiento de enfermedades crónicas asociadas al sobrepeso y la obesidad.	52

Estudiante	Título del Trabajo	Página
Irma Isela Aranda González	Comparación de los mecanismos de acción involucrados en el efecto hipoglucemiante de las hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> criolla y con material mejorado, en un modelo animal con Diabetes inducida.	54
Jimmy J. Ceballos Cruz	Modificación estructural de antraquinonas aisladas de la raíz de <i>Morinda panamensis</i> .	56
Jorge Xool Tamayo	Análisis transcripcional de la raíz de <i>Argemone mexicana</i> (<i>Papaveraceae</i>) y su relación con el contenido de alcaloides.	58
Carolina Roca Mezquita	Estudio fitoquímico y biológico de <i>Elaeodendron xylocarpum</i> (Vent.) DC.	60
Esteban Rojas Velázquez	Modificación estructural de triterpenos a través de la introducción de heterociclos.	62
Juan M. González Vásquez	Aislamiento de metabolitos bioactivos de <i>Holothuria mexicana</i> .	64
Enrique Manuel Alejo Molina	Síntesis y caracterización fisicoquímica de partículas híbridas de SiO ₂ .TiO ₂ modificadas superficialmente con polímeros sintéticos para extracción en fase sólida.	66
Martha J. Burgos Tan	Desarrollo y evaluación de un recubrimiento polimérico para su aplicación potencial en la extracción por SBSE.	68
Jesús A. Araujo León	Desarrollo y validación de un método por HPLC para la determinación de metabolitos bioactivos en especies de Celastráceas.	70
Avel A. González Sánchez	Comparación de la biodisponibilidad enteral y parental de la quercitina y la relación con su efecto farmacológico.	72

ANÁLISIS DEL MÉTODO CORTO PARA LA DESTILACIÓN DISCONTINUA

Narváez García, A^a; Rocha Uribe, JA^a; Zavala Loria, JdC^b.

^a Facultad de Ingeniería Química. Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán. narvaez1410@hotmail.com antonio.rocha@uady.mx

^b Facultad de Química. Universidad Autónoma del Carmen. C. 56 #4 por Av. Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24180. jzavala@delfin.unacar.mx

Introducción. Las principales ventajas que tiene este proceso de separación son su gran flexibilidad, bajos costos de operación y obtención de componentes relativamente puros. Una columna de destilación discontinua puede operar en cualquiera de los dos modos de operación básicos: 1) Reflujo constante y 2) reflujo variable, conocidos también como políticas de operación. Cuando la columna opera a reflujo constante la composición del producto es variable y la columna se opera hasta alcanzar una composición promedio. Cuando la columna se opera a reflujo variable la composición del producto permanece constante durante todo el tiempo de operación [1].

Se desarrolló un caso de estudio para trabajar con reflujo constante y reflujo variable, se terminó el análisis de reflujo constante.

En esta etapa:

1. Se está trabajando con reflujo variable,
2. Se reportaran los resultados, y
3. Se realizara una comparación con los resultados obtenidos de reflujo constante.
4. Proponer modificaciones al método si así lo requiere.

Objetivo del trabajo: Analizar la operación de Destilación Discontinua utilizando una derivación del Método Corto de Fenske Underwood Gilliland (FUG).

Metodología. Se está trabajando con una mezcla de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, con una alimentación de 400 kmol, flujo de vapor de 100 kmol/h, se desea obtener una pureza de .97 para cada componente, la columna de destilación se trabaja con diferentes números de etapas (20, 30,40, y 50) se determinan varios parámetros para establecer cuál es la mejor corrida, los parámetros que se utilizan son CAP (*Factor de Luyben*), este establece la cantidad de producto obtenido en cada corte, CTA Costo Total Anual, con este parámetro se obtienen los gastos de equipo y de operación en la columna, efectuados en un año y Utilidades Anuales, este indica las ganancias que se obtienen durante el año. Los software utilizados para realizar las corridas, y determinar los parámetros fueron programados en Visual Basic, Excel, y Mathcat, para la validación de los resultados obtenidos se utiliza el MultiBachDS.

Resultados y Discusión. Actualmente se ha efectuado la separación de los cuatro componentes de la mezcla, en estas separaciones se observó que al trabajar con una cantidad pequeña de etapas, esta no es suficiente para efectuar la separación de los dos últimos componentes, los tiempos de producción en esta última separación son grandes así como también los reflujos que se necesitan, se obtuvo el CAP (*Factor de Luyben*), el Costo Total Anual y las Utilidades Anuales, de cada uno de las separaciones, se está desarrollando el estudio global de todas las corridas, para realizar las comparaciones con reflujo constante, y de esta manera determinar cual de los dos políticas de operación es mejor y poder aportar alguna mejora al método.

Conclusiones. En las corridas efectuadas se observó que al realizar la separación de los dos últimos componentes (etilbenceno-xileno) los perfiles de la relación de reflujo que se necesitan son altos, los

tiempos de producción que se requieren son grandes y el número de etapas que la columna requiere es mayor, todo esto conlleva a un incremento en el CTA, y un decremento en las Utilidades Anuales.

Referencias.

1. Diwekar, Urmila M. (1988), “*Simulation, Design, Optimization and Optimal Control of Multicomponent Batch Distillation Columns*”, Ph. D. Thesis, Indian Institute of Technology, Bombay, India.

OXIDACIÓN DE METANO EN COMPOSTA OBTENIDA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Barrera Peraza C.I.^a, Sauri Riancho M.R.^a, Cabañas Vargas D.D.^b, Ramírez Zamora M.R.^c

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Industrias no contaminantes por anillo periférico norte, Mérida, Yucatán, CP 97310., carbar75@live.com.

^b Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico norte Km. 33.5 Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, C.P 97203.

^c Instituto de Ingeniería. Coordinación de Ingeniería Ambiental. Edificio 5 primer piso, Ciudad Universitaria., México DF., C.P 04510.

Introducción. Los sitios de disposición final de residuos sólidos, y en particular los rellenos sanitarios, constituyen la segunda fuente antropogénica de emisión de metano, gas que tiene un efecto importante en el cambio climático [1]. Una alternativa para controlar las emisiones de metano, tanto en la operación como en el cierre de estos sitios es su oxidación mediante biocubiertas que permitan el crecimiento de bacterias metanótrofas, siendo las compostas un material adecuado para dicho fin [2,3]. Se evaluó la remoción de metano durante 7 meses de composta obtenida a partir de residuos sólidos municipales utilizando columnas de oxidación a escala piloto.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la capacidad de remoción de metano de una composta elaborada a partir de residuos sólidos urbanos (RSU) así como un método que permite estudiar los cambios en el sustrato a diferentes profundidades.

Metodología. Se diseñaron y construyeron tres columnas de oxidación de metano a escala piloto (50 cm de diámetro) las cuales fueron llenadas hasta una altura de 80 cm con una mezcla de composta y virutas de madera, en relación 9:1 v/v. En cada una de ellas se registraron los perfiles de concentración de gases (CH_4 , CO_2 y N_2) y temperatura a diferentes profundidades (5, 20, 35 y 50 cm). La concentración de los gases fue medida utilizando un analizador de gases de campo modelo GEM 2000 Plus. Se realizaron pruebas de oxidación de metano inyectando una mezcla 70% CH_4 - 30% CO_2 a razón de 40 ml/min (148.2 g de $\text{CH}_4/\text{m}^2/\text{d}$ a TPN) durante 7 meses. Se utilizó el método de la cámara de flujo cerrado [4] para estimar las emisiones de gases en la superficie del sustrato, determinando a partir de ellas los porcentajes de remoción de metano. Se evaluó un método para estudiar los cambios en el sustrato tomando muestras laterales y bajo el supuesto de que las tres columnas se comportan de manera similar al estar sometidas a las mismas condiciones de operación. El sustrato fue analizado cada mes a diferentes profundidades para determinar los cambios en el nitrógeno (NTK, amoniacal y nitratos), pH y humedad.

Resultados y Discusión. Los perfiles de concentración de metano en las columnas presentaron una disminución de su concentración a menores profundidades que concuerdan con su dilución en el aire que ingresa por la superficie y su oxidación (Fig 1a). Las remociones obtenidas estuvieron de entre un 60 a un 100% y la tendencia es a que disminuyan con el tiempo (Fig 1b). Las remociones obtenidas en las tres columnas no mostraron diferencia significativa al analizar sus varianzas (ANDEVA $p < 0.05$), lo cual indica que tuvieron una eficiencia similar. Se realizó el muestreo lateral del sustrato a diferentes profundidades utilizando una columna diferente cada mes. Debido a los perfiles de concentración de gases presentados en las columnas el sustrato estuvo sometido a condiciones que van desde aerobias en la parte superior a anaerobias a partir de profundidades mayores a 20 cm, lo cual se vio reflejado en una variación de los parámetros fisicoquímicos en función de la profundidad y en la presencia de

compuestos como el H_2S . Las perforaciones laterales en las columnas no afectaron los perfiles de concentración de gases, la muestra tomada fue sustituida con el mismo material.

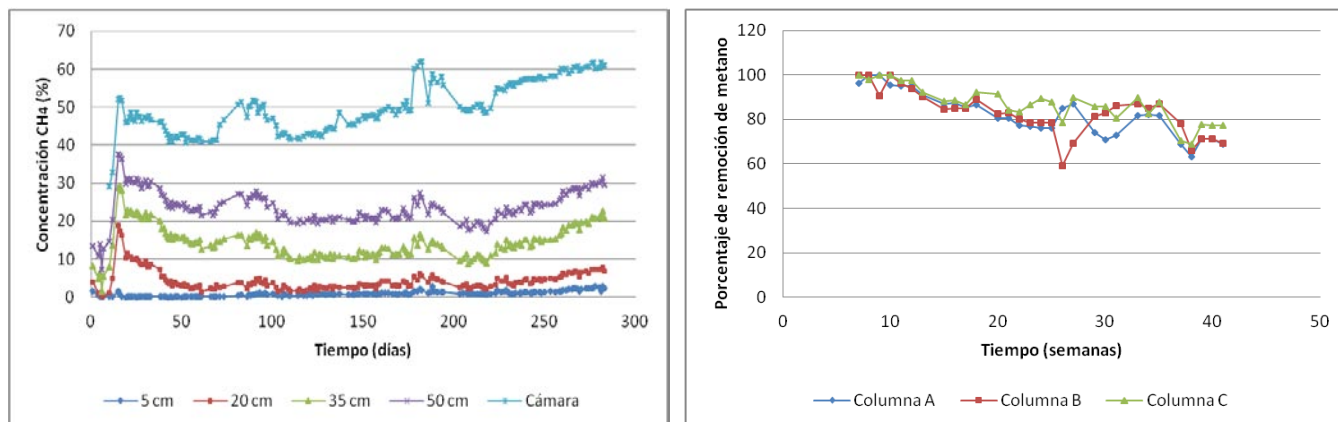


Fig. 1. a) Concentración de metano a diferentes profundidades, b) Porcentaje de remoción de metano en las columnas.

Conclusiones. La composta de RSU es un medio capaz de brindar las condiciones necesarias para lograr la oxidación biológica del metano dando porcentajes de remoción mayores al 60% al suministrarles un flujo de $148.2 \text{ g CH}_2/\text{m}^2/\text{día}$ y utilizando una capa de 80 cm del material. El uso de columnas a escala piloto de 50 cm de diámetro permitió el muestreo del sustrato de manera lateral sin presentar afectaciones en los perfiles de concentración de gases y temperatura. Las remociones de metano obtenidas en las columnas no presentaron diferencia significativa por lo cual fue valido el supuesto de que las tres tendrían comportamientos similares a lo largo del tiempo. Lo anterior permitió seguir la evolución de los cambios en el sustrato muestreando una columna a la vez para poder extender el tiempo del experimento afectando lo menor posible su desarrollo. La capa superior (13 cm de profundidad) estudiada presentó una nitrificación marcada en comparación con el resto de las capas, el aumento en la conductividad y el pH sugieren que además de las reacciones metanotróficas continuaron las reacciones de maduración de la composta.

Agradecimiento. Se agradece a la UPI de la Facultad de Ingeniería de la UADY y en especial al Laboratorio de Ingeniería Ambiental por los recursos gestionados para la compra de reactivos y suministros utilizados en este trabajo. Así mismo, al CONACYT por la beca número 273513 otorgada para la realización de los estudios doctorales.

Referencias.

1. USEPA, United States Environmental Protection Agency, (2009). EPA 430-R-09-004. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990 – 2007. United States Environmental Protection Agency. Manual. Washington, DC.
2. Röben E. (2002). Emisiones del relleno sanitario. En: Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica, Ilustre Municipalidad de la Loja, Loja, Ecuador, pp. 58-60.
3. Einola J., Karhu A., Rintala J. (2007). Mechanically – biologically treated municipal solid waste as a support medium for microbial methane oxidation to mitigate landfill greenhouse emissions. *Waste manage.* 28, pp. 97–111.
4. Abichou T., Powelson D., Chanton J., Escoriza S., Stern J. (2006). Characterization of Methane Flux and Oxidation at a Solid Waste Landfill. *J. Environ. Eng.* 132:2, 220-228.

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO FITOQUÍMICO DE LAS HOJAS DE *Morinda panamensis* Seem.

Espitia Villanueva L., Mirón López, G.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Calle 41, No. 421, Col. Industrial, Mérida, Yuc. C.P. 97150, lore_espitia@hotmail.com

Introducción.

Los productos naturales son conocidos por su amplia diversidad tanto en estructura química como en actividad biológica, lo que los convierte en un área de investigación de gran interés en la química farmacéutica. En la actualidad, los productos naturales continúan siendo usados por una gran proporción de la población mundial para el tratamiento de diversas enfermedades [1]. Entre las especies más utilizadas se encuentra el noni (*Morinda citrifolia*), el cual ha adquirido una creciente importancia a nivel mundial como agente para el tratamiento del cáncer [2], la diabetes e hipertensión [3]. Al igual que en muchas regiones de México, en el estado de Yucatán las plantas medicinales continúan siendo un elemento importante en el cuidado de la salud. Una de las especies utilizadas por la población yucateca es *Morinda panamensis* Seem. Esto se debe principalmente a la similitud morfológica que presenta con *M. citrifolia*, lo que ocasiona que le sean atribuidas las propiedades curativas conocidas para el noni [4], y es por ello que es utilizada para el tratamiento de padecimientos como la diabetes y el cáncer. Debido a lo anterior y considerando la escasa información química sobre esta especie, es necesario continuar con el estudio fitoquímico y de esta forma, proporcionar información sobre el contenido de metabolitos secundarios en las hojas de *Morinda panamensis*.

En el presente trabajo se planteó como objetivo general contribuir al conocimiento de los componentes químicos de *Morinda panamensis* Seem. mediante el estudio fitoquímico de extractos orgánicos de las hojas.

Metodología.

Se realizó el aislamiento y purificación de los metabolitos secundarios presentes en los extractos de diclorometano y acetato de etilo de las hojas por métodos cromatográficos. Posteriormente se determinó la estructura química de los metabolitos aislados mediante técnicas espectroscópicas y espectrométricas. El aislamiento y purificación de los metabolitos se realizó mediante diferentes técnicas cromatográficas como cromatografía en capa delgada, cromatografía en capa delgada de alta eficiencia, cromatografía en columna utilizando columnas de vidrio empacadas con gel de sílice u octadecilsilano (C₁₈) y cromatografía de permeación en gel, para la cual se utilizó como fase estacionaria Sephadex lipofílico LH20. La identificación y elucidación estructural de los metabolitos aislados se realizó mediante espectroscopia de resonancia magnética nuclear de ¹H y ¹³C, incluidos experimentos en una y dos dimensiones, homo y heteronucleares (tales como DEPT 90 y 135°, COSY, NOESY, HSQC y HMBC) realizados en un equipo Bruker Avance 400 y Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM).

Resultados y Discusión. A partir del estudio fitoquímico de las hojas se logró indentificar la presencia de diversos compuestos en los extractos. A partir del extracto de diclorometano se aislaron siete compuestos, los cuales se mencionan en el Cuadro 1. Tanto el ácido ursólico como el rotungénico han sido previamente aislados de las hojas de *Morinda citrifolia* [5], sin embargo, el vomifoliol y el dehidrovomifoliol son reportados por primera vez en el género *Morinda*. Cabe resaltar el aislamiento del iridoide nombrado 1-oxo-3,4,4a,7a-tetrahidro-1H-espiro[ciclopenta[c]piran-7,2'oxirano]-4-carboxilato de metilo (Figura 1), el cual no ha sido descrito previamente en la literatura.

Fig. 1. Estructura química del 1-oxo-3,4,4a,7a-tetrahidro-1H-espiro[1,5]cicloocta[2,3]piran-7,2'-oxirano]-4-carboxilato de metilo.

A partir del extracto de acetato de etilo (AcOEt) se lograron identificar ocho compuestos, los cuales se presentan en el Cuadro 1. Algunos de ellos se encontraron también en el extracto de diclorometano, como el ácido ursólico, la escopoletina el loliólido y el vomifoliol. Mediante CG-EM se identificaron los esteroides campesterol, estigmasterol y gamma-sitosterol por comparación de su espectro con la base de datos. También se identificó el iridoide borreriagenina, el cual ha sido aislado previamente de los frutos de *Morinda citrifolia* [6], sin embargo, es identificada por primera vez en hojas de una especie de este género.

Cuadro 1. Metabolitos aislados de los extracto de diclorometano y AcOEt de las hojas de *M. panamensis*.

Extracto de Diclorometano	Extracto de AcoEt
Fitol e hidrocarburos	Ácido ursólico
Ácidos grasos	Escopoletina
Ácido Ursólico	Loliólido
deshidrovomifoliol	Vomifoliol
Vomifoliol	Campesterol
Ácido rotungénico	Estigmasterol
Iridoide	Gamma-sitosterol
	Borreriagenina

Conclusiones. Se concluyó el estudio del extracto de diclorometano, identificando la presencia de hidrocarburos y ácidos grasos en las fracciones menos polares, diferentes derivados de terpenoides, un iridoide novedoso y el ácido ursólico como componente mayoritario. En el extracto de AcOEt se identificaron ocho compuestos, entre ellos tres esteroides y la borreriagenina, previamente aislada de *Morinda Citrifolia*.

Agradecimiento. Al CONACYT por el financiamiento del proyecto “Estudio Fitoquímico y de Actividad Biológica de *Morinda panamensis* Seem” (No. 84784) y el otorgamiento de la beca número 326386.

Referencias.

1. World Health Organization, Traditional Medicine. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/en/> (consultado en Mayo de 2013).
2. The EFSA journal, (2008), European food safety authority. Safety of leaves from *Morinda citrifolia* L. Scientific opinion of the panel on dietetic products, nutrition and allergies. 769: 1-17.
3. McClatchey, W. (2002), From polynesian healers to health food stores: Changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae). *Integrative Cancer Therapies* 2: 110-120.
4. Flores Guido, J. S., (2009), comunicación personal, Mérida, Yucatán, México.
5. Takashima, J.; Ikeda, Y.; Komiyama, K.; Hayashi, M.; Kishida, A.; Ohsaki, A., (2007), New constituents from the leaves of *Morinda citrifolia*. *Chem. Pharm. Bull.* 55, 2, 343-345.
6. Bao-Ning, Su, B-N.; Pawlus, A. D.; Jung, H.; Keller, W. J. McLaughlin, J. L.; Kinghorn, A. D., (2005), Chemical Constituents of the Fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) and Their Antioxidant Activity. *J. Nat. Prod.* 68, 592-595

SÍNTESIS ASISTIDA POR MICROONDAS DE DERIVADOS 2-AMINO-4-ARIL-OXAZÓLICOS POTENCIALMENTE ACTIVOS CONTRA CÉLULAS TUMORALES

Patrón Vázquez J. A., Marrero Carballo R.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 x 26 y 28 Ex-Terrenos del Fénix. Mérida, Yucatán, C.P. 97150, qjpatron@gmail.com

Introducción. Los oxazoles son compuestos que presentan una gran variedad de bioactividades [1] y pueden ser sintetizados por diversos métodos, como por ejemplo: El método de Wipf *et al.* [2] (modificación de la síntesis de Robinson-Gabriel) [3], a partir de β -hidroxiamidas, por la oxidación de 2-oxazolininas [2] y por el método de Moody *et al.* [4] quienes sintetizaron oxazoles en un solo paso usando tetraacetato de dirodio catalítico. No obstante, estas síntesis son poco eficientes, necesitan varios pasos de reacción o parten de compuestos de difícil acceso. Uno de los métodos clásicos para sintetizar oxazoles en un solo paso es la reacción de Gomper y Christmann [5] (GyC), la cual resulta atractiva por los materiales de partida y por su procedimiento experimental sencillo. No obstante, este método no es muy utilizado en la actualidad debido a los largos tiempos de reacción (52 h), a la baja conversión, la formación de subproductos y el bajo rendimiento (2%) [6]. La implementación de las microondas en la síntesis de oxazoles por el método GyC puede mejorar los aspectos antes mencionados.

Tomando en consideración lo anterior, el objetivo de este trabajo es sintetizar una serie de derivados 2-aminoxazol-4-*p*-fenilsustituidos bajo la reacción GyC activada por microondas.

Metodología. Síntesis de los derivados oxazólicos: Una mezcla de 5 mmol de 2-bromoacetofenona 4'-sustituida, 35 mmol de urea y un mililitro de DMF se irradió con microondas a 35 W con una temperatura de 138° C por 20 minutos. El producto puro se obtuvo por cromatografía en columna usando gel de sílice. Cuantificación por CG-DIF: Se preparó una curva de calibración con estándares de 20, 40, 80, 100, 120 y 143 ppm del correspondiente oxazol. Se preparó un crudo de reacción y todo el contenido se aforó a 50 mL, se tomó una alícuota de 0.05 mL, se aforó a 10 mL y se midieron tanto los estándares como el crudo. El análisis se realizó por triplicado.

Resultados y Discusión. La reacción entre las distintas 2-bromoacetofenonas 4'-sustituidas **1a-f** y urea condujo a la síntesis de los derivados 2-amino-4-(*p*-fenil)oxazólicos **2a-f** utilizando la metodología de GyC activada por microondas. En las reacciones se pudieron observar los subproductos **3a-f** esperados en este tipo de reacción (Fig. 1a). El uso de microondas provocó el aumento del rendimiento (Cuadro 1) así como la disminución del tiempo de reacción con respecto al compuesto base (2-amino-4-feniloxazol). Los productos fueron confirmados por experimentos de RMN-¹H en donde **2a** presentó señales aromáticas del tipo AA'BB'C, mientras que los derivados **2b-f** mostraron un patrón del tipo AA'BB' (Fig. 2a). El análisis de los desplazamientos de RMN-¹H reveló que cuando el anillo fenílico presenta grupos electrodonadores la señal del NH₂ se desplaza a campo alto, mientras que para grupos electroextractores la misma señal se desplaza a campo bajo. Este comportamiento probablemente se deba a efectos inductivos y de resonancia del grupo fenilo sobre el anillo de oxazol y siendo esto es muy posible que el anillo de benceno se encuentre coplanar al anillo de oxazol.

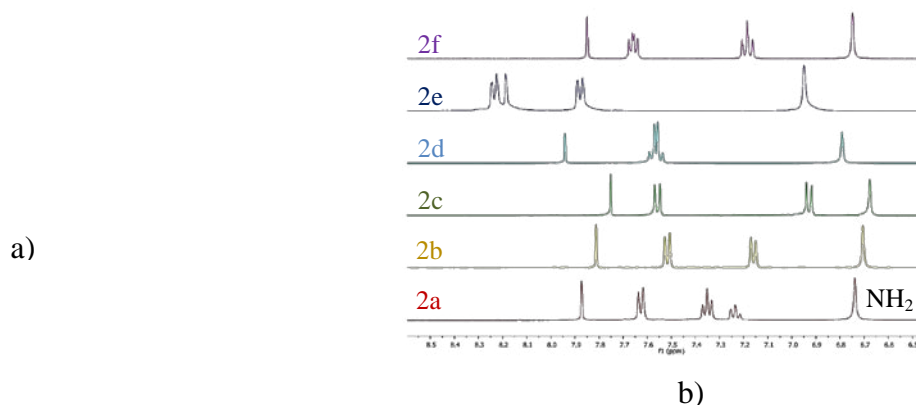


Fig. 1. a) Productos de la reacción GyC activada por microondas y b) Espectro de RMN-¹H de los derivados oxazólicos.

Cuadro 1. Rendimiento de la síntesis de los derivados 2-amino-4-aril-oxazólicos.

Compuesto	Sustituyente (X)	Rendimiento por Columna (%)
2a	-H	28.3
2b	-Me	20.4
2c	-OMe	12.7
2d	-Br	29.7
2e	-NO ₂	35.6
2f	-F	28.1

Conclusiones. Una serie de derivados 2-aminoxazol 4-*p*-fenílicos fueron sintetizados a través de la reacción GyC. La reacción activada por microondas resultó incrementar el rendimiento y disminuyó el tiempo de reacción.

Agradecimiento. Al CONACYT por otorgar una beca con número 423472 para la realización de la Maestría en el Posgrado Institucional en Ciencias Químicas y Bioquímicas de la UADY.

Referencias.

- Liu X., Cheng P., Xue J., Song B., Zhu H. (2009) Novel 2,4,5-trisubstituted oxazoles derivatives: Synthesis and antiproliferative activity. *Eur. J. Med. Chem.* **44** (10):3930-3935.
- Wipf P., Miller C. (1993) A new synthesis of highly functionalized oxazoles. *J. Org. Chem.* **58** (14): 3604-3606.
- Li J. (2009) Robinson-Gabriel Synthesis. En: *Name reaction, a collection of detailed mechanism and synthetic application*. Li J. Springer, Alemania, 472.
- Shi B., Blake A., Lewis W., Campbell I., Judkins B, Moody C. (2010) Rhodium carbene routes to oxazoles and thiazoles. Catalyst effects in the synthesis of oxazole and thiazole carboxylates, phosphonates, and sulfones. *J. Org. Chem.* **75** (1): 152-161.
- Gomper R., Christmann O. (1959) Untersuchungen in der azolrihe, XII. 2-amino-oxazole. *Chem. Ber.* **92** (8): 1944-1949.
- Wiley R. (1945) The chemistry of the oxazoles. *Chem. Rev.* **37** (3): 401-442.

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LÍPIDOS EN MICROALGAS MEDIANTE MODIFICACIONES A LAS CONDICIONES DE CULTIVO

Gracida Álvarez U.R., Corona Cruz A.I., Sacramento Rivero J.C.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, C.P. 97203, ulises.gracida@gmail.com.

Introducción. Las microalgas son microorganismos fotosintéticos que poseen la habilidad de sintetizar lípidos. La principal ventaja que presentan como fuente de lípidos para la producción de biodiesel es su alta capacidad de producción de aceite por área la cual supera hasta por 20 veces la de otros cultivos energéticos [1]. Sin embargo, este proceso aun no es económicamente viable debido a los altos costos de producción asociados a las diferentes etapas del proceso y a los bajos niveles de concentración de lípidos obtenidos en los cultivos. La limitación de nutrientes es una alternativa para incrementar el contenido de lípidos en las microalgas; sin embargo, este procedimiento disminuye la velocidad de crecimiento celular. Por lo tanto, para optimizar el proceso de cultivo es necesario considerar la productividad de lípidos, que representa los efectos combinados del contenido de lípidos y la producción de biomasa [2]. Los tres nutrientes más importantes para el cultivo de microalgas en condiciones autótrofas son el carbono, el nitrógeno y el fósforo. Para obtener altas tasas de crecimiento es esencial el abastecimiento de fuentes inorgánicas de carbono como el dióxido de carbono y el bicarbonato de sodio. El nitrógeno también es un contribuyente principal de la producción de biomasa y se suministra en forma de nitrato, amonio y urea. El fósforo también influye en el crecimiento de las microalgas, y es proporcionado comúnmente en forma de ortofosfato [3]. Una relación óptima de carbono, nitrógeno y fósforo es crucial para la obtención de una alta productividad de lípidos. La metodología de superficie de respuesta es una técnica de optimización que posee la ventaja de analizar la relación entre variables que se consideran importantes en el desarrollo de un proceso y localiza la condición más apropiada para obtener el valor óptimo de la variable de interés [4]. Por consiguiente, el objetivo del presente proyecto es optimizar la productividad de lípidos en microalgas bajo condiciones de cultivo fotoautótrofas modificando la fuente de carbono y nitrógeno y la concentración de los principales nutrientes empleados en un medio de cultivo de referencia, utilizando un modelo de superficie de respuesta.

Metodología. En este estudio se analizó la productividad de lípidos en la microalga *Chlamydomonas reinhardtii* (cepa CC-124), utilizando como referencia el medio Sueoka de alta salinidad [5].

Para evaluar el efecto de los nutrientes se siguió un diseño factorial 2^2 (2 factores con 2 niveles), variando las fuentes de carbono y de nitrógeno. Se evaluaron dos fuentes de nitrógeno: cloruro de amonio (NH_4Cl) y urea. De igual modo se probó el efecto de dos fuentes de carbono inorgánico: bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y dióxido de carbono (CO_2). Se tomó una muestra de cultivo cada 24 h, a la cual se le determinó peso seco de biomasa [6], pH y contenido de lípidos [7].

Para determinar las concentraciones de nutrientes que optimicen la productividad de lípidos se aplicó la metodología de superficie de respuesta a un diseño factorial 2^3 con puntos centrales. Los factores analizados fueron la concentración de carbono, nitrógeno y fósforo, con dos niveles cada uno. Se realizaron 12 combinaciones con 1 réplica de cada una y 3 réplicas del punto central. Con los datos obtenidos de las experimentaciones se obtiene un modelo de segundo orden que permite encontrar el conjunto óptimo de condiciones de operación.

Resultados y Discusión. Durante la experimentación se observó que los medios que emplearon CO_2 como fuente de carbono presentaron una mayor producción de biomasa. La adición de NaHCO_3 presento efectos significativos en el pH de los medios, obteniéndose valores entre 8 y 9.6. A estas condiciones de

pH el carbono inorgánico disuelto se encuentra principalmente en forma de carbonato (CO_3^-). Esta especie de carbono no es asimilada inmediatamente por las microalgas, debido a lo cual la velocidad de crecimiento disminuye [8]. El efecto de las diferentes fuentes de nitrógeno en los cultivos no fue significativo en la generación de biomasa. La variación de las fuentes de nitrógeno y carbono no presentó un efecto significativo en el contenido de lípidos, puesto que es en condiciones de limitación de nutrientes que el metabolismo favorece la acumulación de lípidos [2].

La concentración de lípidos durante el tiempo de experimentación, se calculó con el producto de la concentración de biomasa por el contenido de lípidos. Los cultivos alimentados con CO_2 exhibieron una mayor concentración de lípidos a lo largo del tiempo, esto debido a que las microalgas crecidas con esta fuente de carbono presentan una mayor producción de biomasa. Cuando se compara la variación de la concentración de lípidos con el crecimiento celular se observa que el punto de máxima concentración coincide con el fin de la etapa de crecimiento exponencial de las microalgas.

La productividad de lípidos fue calculada para determinar el periodo de tiempo en el que se obtiene la mayor tasa de producción de este metabolito. Para evaluar la productividad de lípidos se calcula la diferencia de concentración de lípidos dividida entre el intervalo de tiempo transcurrido. La tasa de mayor producción de lípidos se alcanzó en el medio compuesto por NH_4Cl y CO_2 , con un valor de 104.8 ± 52 mg/L/d. Estas fuentes de nutrientes están siendo utilizadas en la prueba de optimización de productividad de lípidos.

Conclusiones. En la presente investigación, se evaluó el efecto de dos fuentes de nitrógeno y de carbono inorgánico en la productividad de lípidos en microalgas de la especie *C. reinhardtii*. El suministro de CO_2 en el medio de cultivo favoreció el aumento de la productividad de lípidos en las microalgas. Por otra parte, la variación de la fuente de nitrógeno en el cultivo no exhibió un efecto significativo en la productividad de lípidos. La tasa de mayor producción de lípidos se alcanzó en el medio compuesto por NH_4Cl y CO_2 , con un valor de 104.8 ± 52 mg/L/d.

Agradecimiento. Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de los estudios de maestría (No. de registro: 423453).

Referencias.

1. Griffiths M., Harrison S. (2009) Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production. *J Appl Phycol.* **21** (5): 493-507.
2. Chen C.Y., Yeh K.L., Aisyah R., Lee D.J., Chang J.S. (2011) Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: a critical review. *Bioresour Technol.* **102** (1): 71-81.
3. Grobbelar J.U. (2004) Algal nutrition: Mineral nutrition. En: *Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology*. Richmond A. (Ed). Blackwell Publishing, Gran Bretaña, 97-115.
4. Sayyad S.A., Panda B.P., Javed S., Ali M. (2007) Optimization of nutrient parameters for lovastatin production by *Monascus purpureus* MTCC 369 under submerged fermentation using response surface methodology. *Appl Microbiol Biotechnol.* **73** (5): 1054-1058.
5. Sueoka N. (1959) Mitotic replication of deoxyribonucleic acid in *Chlamydomonas reinhardtii*. *PNAS.* **46** (1): 83-91.
6. Escalante R.A. (2010) Evaluación del crecimiento de microalgas de la especie *Chlamydomonas reinhardtii* en fotobiorreactores tubulares verticales al aire libre. Tesis de licenciatura. UADY-CINVESTAV.
7. Pande S.V., Khan R.P., Venkatasubramanian T.A. (1963) Microdetermination of lipids and serum total fatty acids. *Anal Biochem.* **6** (5): 415-423.
8. White D.A., Pagarette A., Rooks P. (2013) The effect of sodium bicarbonate supplementation on growth and biochemical composition of marine microalgae cultures. *J Appl Phycol.* **25** (1): 153-165.

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LÍPIDOS EN *CHLORELLA VULGARIS* Y *SCENEDESMUS OBLIQUUS* CULTIVADAS EN CONDICIONES AUTOTRÓFAS BAJO EL EFECTO DE DISTINTOS SISTEMAS DE CULTIVO

Robles Heredia JC^a, Sacramento Rivero JC^a, Ruiz Marín A^b

^aFacultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilometro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, C.P. 97203, juancaroh@hotmail.com.

^bFacultad de Química, Universidad Autónoma del Carmen. C. 56 #4 por Av. Concordia, Col. Benito Juárez, Ciudad del Carmen, Campeche, C.P. 24180.

Introducción.

Los biocombustibles líquidos son una importante fuente de energía alternativa que apoya en la reducción de contaminantes a la atmósfera, por esta cualidad radica su importancia para su aprovechamiento en el área de transporte principalmente. Las microalgas son una alternativa para la obtención de biodiesel, dado que son organismos fotosintéticos, transforman el CO₂ y la luz solar en biomasa, aunado a que contribuyen a reducir el efecto invernadero [1]. La producción de biodiesel a partir de microalgas ha sido un área que ha recibido un interés considerable, algunas especies pueden acumular grandes cantidades de triglicéridos, siendo la principal materia prima para producir biodiesel [2]. Se ha reportado que la limitación de nitrógeno en medios de cultivo algal favorece al incremento de lípidos, pero disminuye la velocidad de crecimiento celular [3]; es por ello que un mejor proceso de cultivo será aquel en donde exista la mayor productividad de lípidos. Los puntos relevantes del proyecto son: 1) evaluación de las condiciones de cultivo, reduciendo la concentración de nitrógeno en el medio de dos maneras: en dos etapas y secuencial. Se seleccionaron las microalgas *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus obliquus*, por su capacidad de desarrollarse en condiciones de limitación de nutrientes; con la finalidad de determinar el modo de cultivo que favoreciera las mayores productividades de biomasa y lípidos; 2) analizar la productividad de lípidos en una escala de cultivo de 10 L en dos tipos de fotobiorreactores (*airlift* y columna de burbujeo). Adicionalmente se determinaron las mejores condiciones para cosechar la biomasa mediante floculación utilizando quitosano como agente floculante.

El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la productividad de lípidos en *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus obliquus* cultivadas en condiciones autótrofas bajo el efecto de distintos sistemas de cultivo de diferentes arreglos.

Metodología.

Los dos modos de cultivo se realizaron de la siguiente manera: para el modo en dos etapas, ambas microalgas (*C. vulgaris* y *S. obliquus*) se cultivaron inicialmente en medio con 90 mg l⁻¹ de nitrógeno (N-NH₄) y al término de la fase exponencial se procedió a realizar diluciones en forma independiente a concentraciones de N-NH₄ de 30, 20 y 10 mg l⁻¹, mientras que para el modo gradual se inició con una concentración de 90 mg l⁻¹ y al final del periodo de crecimiento exponencial el cultivo se diluyó a 60 mg l⁻¹, al término del crecimiento se volvió a diluir a 40 mg l⁻¹ y posteriormente a 20 mg l⁻¹. Esto para verificar si los decrementos graduales en la concentración de N-NH₄ se traducen en incrementos de la productividad de lípidos, en ambos modos de cultivo se usaron biorreactores de polietilentereftalato (PET), lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio diluido al 5%, considerando volumen de trabajo de 2 L; cada 12 y 24 horas se determinaron densidad celular, consumo de nitrógeno y cantidad de biomasa mediante pruebas de laboratorio por triplicado. La biomasa se liofilizó para extraer lípidos, transesterificarlos y realizar determinación de contenido de lípidos, perfil de ácidos grasos y productividad. Las mejores condiciones de cultivo se replicarán en biorreactores con capacidad de 10 L y se realizarán comparaciones de rendimientos en base a la productividad de lípidos

Resultados y Discusión.

Chlorella vulgaris presentó mayores productividades y rendimientos de lípidos en ambos modos de cultivo, así como mayor tolerancia y adaptabilidad a las condiciones de reducción de nitrógeno abruptas del modo en dos etapas para desarrollo celular, como se observa en las figuras (1 y 2) de crecimiento celular de ambas cepas y ambos modos y la tabla de cuadro 1, aquí se reportan los datos con mayores resultados de productividad de todo el proceso. Se obtuvieron altas productividades en el modo en dos etapas (194.9 y 133.5 mg L⁻¹ d⁻¹), para *S. obliquus* y *C. vulgaris*, respectivamente

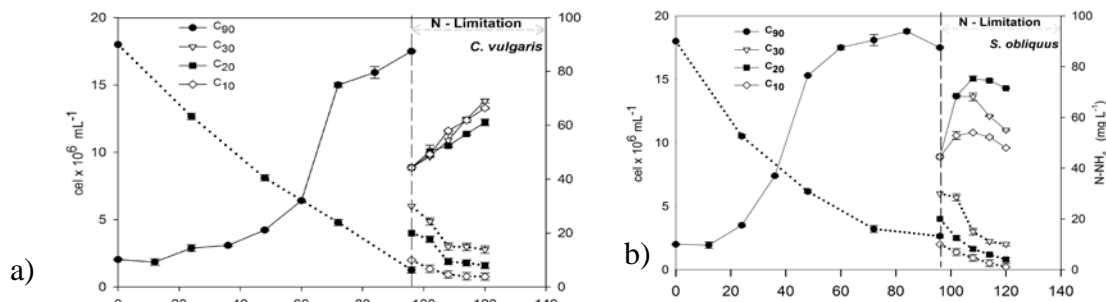


Fig. 1. Curvas de crecimiento (líneas continuas) vs. curvas de concentración de nitrógeno (líneas punteadas) en horas de *C. vulgaris*(a) y *S. obliquus* (b) en el modo en dos etapas

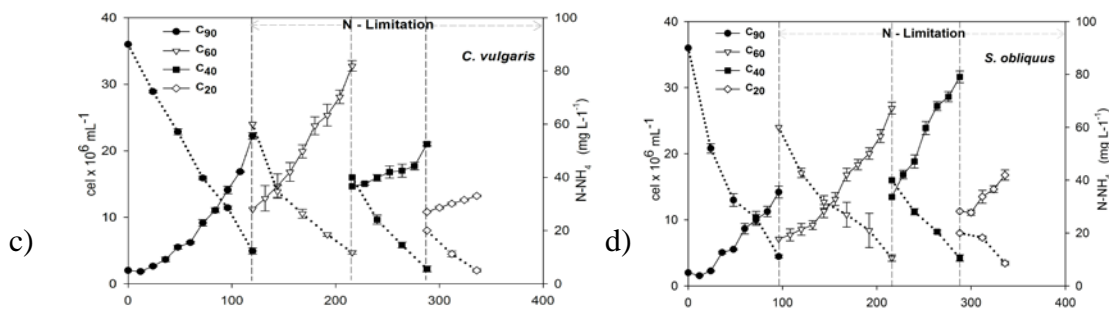


Fig. 2. Curvas de crecimiento (líneas continuas) vs. curvas de concentración de nitrógeno (líneas punteadas) en horas de *C. vulgaris* (c) y *S. obliquus* (d) en el modo de limitación secuencial.

Cuadro 1. Mayor contenido de lípidos w y productividad de lípidos P_L en el modo en dos etapas.

Cepa	Concentración		
		w (% w/w)	P_L (mg L ⁻¹ d ⁻¹)
<i>C. vulgaris</i>	C ₉₀	42.8 ± 6.1	67.24
	C ₂₀	67.8 ± 1.2	194.92

Cepa	Concentración		
		w (% w/w)	P_L (mg L ⁻¹ d ⁻¹)
<i>S. obliquus</i>	C ₉₀	37.4 ± 3.2	79.67
	C ₃₀	60.0 ± 1.4	133.48

Conclusiones.

Los resultados obtenidos hasta el momento indican que *Chlorella vulgaris* presentó mayores productividades y rendimientos de lípidos en ambos modos de cultivo, así como mayor tolerancia y adaptabilidad a las condiciones de reducción de nitrógeno abruptas del modo en dos etapas para desarrollo celular, a diferencia de *Scenedesmus obliquus* que fue menos tolerante a las condiciones abruptas de limitación de nitrógeno, sin desarrollo celular satisfactorio, sin embargo, se adaptó mejor al modo de limitación secuencial. Los perfiles de ácidos grasos en los lípidos de ambas especies, mostraron un excelente potencial para la producción de biodiesel. Las condiciones del modo de limitación de nitrógeno en dos etapas son las idóneas para continuar con la investigación.

Agradecimiento.

Este proyecto se financia por el Consejo Mexicano de Ciencia y Tecnología (CONACyT) Proyecto 145521, y la Secretaría de Educación Pública de México (SEP) del proyecto PROMEP 103.5/09/7341.

Referencias

- Bozbas, K. (2008), Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12: 542-552.
- Mata, T. M.; Martins, A. A.; Caetano, N. S., (2010), Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 217-232.
- Illman, A. M.; Scragg, A. H.; Shales, S. W. (2000), Increase in *Chlorella* strains calorific values when grown in low nitrogen medium. *Enzyme Microb. Technol.* 27: 631-635.

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE METABOLITOS AISLADOS DE LA PARED CORPORAL DE *Holothuria floridana*

Salazar-Mendoza J.^a, Padilla-Montaña N.^a, León-Deniz L. V.^b, Mena-Rejón G. J.^a, Quijano L.^c

^a Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41, No. 421, Col. Industrial, Mérida, Yuc., C.P. 97150, jassmn_bm@yahoo.com.mx

^b Campus de ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil s/n, C.P. 97100, Mérida, Yuc.

^c Instituto de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria. Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F.

Introducción. Los pepinos de mar que representan una fuente potencial de nuevos agentes terapéuticos contra enfermedades fúngicas, debido a la presencia de una gran variedad de compuestos (principalmente saponinas) [1]. *Holothuria floridana* es un representante de la familia Holothuriidae que a diferencia de otros miembros su diversidad química no ha sido estudiada de manera exhaustiva, así mismo debido al posible interés comercial que se podría generar por sus características de abundancia en el litoral yucateco y a la utilización como remedio tradicional en el continente asiático [2,3], es de suma importancia conocer los metabolitos que pudieran ser los posibles responsables de los efectos biológicos que le son atribuidos a esta especie marina.

El presente trabajo pretende determinar el potencial de *Holothuria floridana* como fuente de compuestos con actividad contra cepas de hongos patógenos humanos: *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Candida tropicalis*, *Epidermophyton stockdaleae* y *Trichophyton rubrum*.

Metodología. La extracción y el proceso de reparto líquido-líquido de la pared corporal (10.37 Kg) se realizó de acuerdo a Riguera [4] y Bandaranayake y Des Rocher [5], el fraccionamiento primario se llevó a cabo según Murillo *et al.* [6]. Del proceso de fraccionamiento primario se obtuvieron 10 fracciones (CP1-CP10). La fracción insoluble en acetona de CP5 (193.1 mg) fue sometida a fraccionamiento por cromatografía en columna (CC) empacada en C₁₈, utilizando mezclas de MeOH:H₂O en gradiente (5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1) y MeOH, obteniéndose un total de cinco fracciones (C2.1-C2.5) que fueron reunidas por similitud en cromatografía en capa delgada de fase reversa (FR-CCD) al revelar con óleum. En la fracción C2.2 (7.5 mg) se identificó el compuesto Holothurina B₂. Para la elucidación estructural del compuesto en piridina-d₅ se realizaron experimentos de resonancia magnética nuclear mono y bidimensionales, así como homo y heteronucleares, en un espectrómetro Bruker Avance Ultrashield 400 con una sonda dual 5 mm.

Resultados y Discusión. La comparación de los datos de RMN de ¹H y ¹³C obtenidos en este estudio y con los reportados por Silchenko *et al.* [7] para la aglicona y la cadena glicosilada, permitió identificar el compuesto como Holothurina B₂, previamente aislada de *Holothuria polii*, *Holothuria tubulosa* y *Holothuria sp.*, especies distribuidas en el mar mediterráneo. En el presente estudio se obtuvo 7.5 mg del compuesto, el cual se observó como un sólido blanco. Holothurina B₂ se caracteriza por presentar una aglicona con doble enlace entre los carbonos 9 y 11, siete metilos, una γ -lactona en C18- C20, y tres grupos hidroxilo en la posición C12, C17 y C22, además presenta una cadena glicosilada de dos azúcares, compuesta por β -D-xilosa-(1 \rightarrow 2)- β -D-quinovosa.

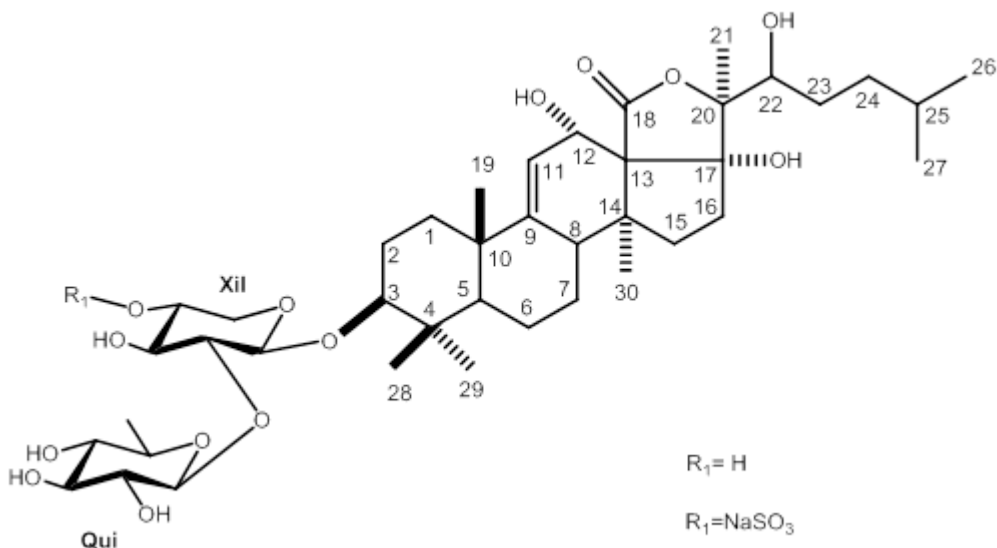


Fig. 1. Triterpeno con esqueleto tipo holostano con doble enlace entre 9 y 11, dos glicósidos (Xilosa y Quinovosa) unidos al carbono 3 de la aglicona de Holothurina B₂.

Conclusión. Se logró la purificación y elucidación del triterpeno glicosilado Holothurina B₂, a partir de la pared corporal de *Holothuria floridana*.

Agradecimientos.

A CONACYT por el financiamiento del proyecto “Estudio químico y determinación del potencial como fuente de compuestos antineoplásicos y/o antifúngicos de especies de Holotúridos (pepinos de mar) de la costa del Estado de Yucatán”, (Ref. 101641). Así mismo, por otorgamiento de la beca de posgrado (número de becario 275444).

Referencias

1. Stonik, V. A. (1986) Some terpenoid and steroid derivates from echinoderms and sponges. *Pure Appl Chem.* **58** (3):423-436.
2. Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L., Kier, P. M. (1995) Echinoderms of Florida and the Caribbean: Sea stars, sea urchins, and allies. Smithsonian Institution Press, Washington, 285, 286.
3. Zetina-Moguel, C., Ríos-Lara, G., Hernández-Herrera, I., Guevara-Ortiz, M., Ortiz-Avilés, E., Pool-Gómez, J. (2002) Catálogo de especies de pepino de mar comercializables del estado de Yucatán. Eds. de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, 81-88.
4. Riguera, R. (1997) Isolating biactive compounds from marine organisms. *J Mar Biotechnol.* **5**: 187-193.
5. Bandaranayake, W. M., Des Rocher, A. (1999) Role of secondary metabolites and pigments in the epidermal tissues, ripe ovaries, viscera, gut contents and diet of the sea cucumber *Holothuria atra*. *Mar Biol.* **133** (1): 163-169.
6. Murillo, A. J. I. (1996) Aislamiento purificación y caracterización química de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana del pepino de mar *Neothyone gibbosa* (Deichmann). Tesis. Instituto tecnológico de la paz, México, 47 pp.
7. Silchenko, A. S., Stonik, V. A., Avilov, S. A., Kalinin, V. I., Kalinovskiy, A. I., Zaharenko, A. M., Smirnov, A. V., Mollo, E., Cimino, G. (2005). Holothurins B₂, B₃, and B₄, new triterpene glycosides from Mediterranean sea cucumbers of the genus *Holothuria*. *J Nat Pro.* **68** (4): 564-567.

DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN PROPÓLEOS MEDIANTE MSPD Y GC/MS

Medina-Dzul K. , Carrera-Figueiras C. , Muñoz-Rodríguez D .

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, periférico norte Km. 33.5, tablaje catastral 13615, col. Chuburna de Hidalgo inn, Mérida, Yucatán, 97000, kati.medina@uady.mx

Introducción. Los propóleos son una sustancia resinosa hecha por las abejas, de interés económico debido a sus propiedades biológicas (antioxidantes, anestésicas y antimicrobianas). Por lo cual son utilizados como materia prima en las industrias de los alimentos y farmacéutica. A pesar de su origen natural pueden contaminarse con residuos de plaguicidas por la aplicación de estas sustancias en la agricultura. Otra fuente de contaminación es el tratamiento químico aplicado a las colmenas para proteger a las larvas de plagas como el *varroa destructor*. Considerando que los propóleos son un producto natural deben de estar libres de contaminantes para proteger la salud del consumidor, sin embargo hay pocos reportes científicos acerca de análisis de plaguicidas en propóleos [1-3]. Debido a la complejidad de la muestra resulta difícil, ya que generalmente se trata de compuestos presentes en muy bajas concentraciones y para determinar su presencia primero se deben concentrar las muestras para luego analizarlas. La determinación de plaguicidas en dichos productos requiere de métodos de análisis confiables (sensibles y selectivos). En este sentido, la técnica de dispersión de matriz en fase sólida (MSPD, por sus siglas en inglés) permite la preparación de muestras sólidas, semisólidas, viscosas y líquidas, además de que se puede realizar en un solo paso la extracción y limpieza del analito. El procedimiento de extracción por MSPD es simple y evita los pasos de disolución de las muestras sólidas o semisólidas, necesarios para extraer analitos por extracción en fase sólida [4].

En este contexto el objetivo de este estudio fue desarrollar una metodología analítica para análisis de rutina de plaguicidas organofosforados (diclorvos, diazinon, metilparatión, malatión y cumafos) en propóleos por MSPD en combinación con cromatografía de gases (GC/MS).

Metodología. Un gramo de propóleos fue fortificado por la adición de 1000 μL de una solución madre que contenía los cinco plaguicidas organofosforados ($1.0 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$). Las muestras fortificadas se mantuvieron en reposo por (40 min) antes de la extracción para incorporar los plaguicidas a la matriz. *Soluciones estándar.* Las soluciones estándar (0.0, 0.025, 0.05, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, $\mu\text{g}/\text{mL}$) fueron preparadas por una disolución apropiada de la solución de trabajo con extractos del blanco del propóleos. El propóleos fortificado o no (1g) fue disuelto con 10 mL de hexano y 1 mL del extracto fue añadido junto con 1g de C18 en un mortero y la mezcla fue homogeneizada con el pistilo. Posteriormente, la mezcla se empacó en una columna de polipropileno y los plaguicidas de la matriz se eluyeron con 8 mL de la mezcla de disolventes. El extracto fue reconstituido con isooctano (1mL) y congelado ($<10^{\circ}\text{C}$) durante 2 h. Posteriormente se centrifugó (45 s and 10,000 rpm) y el sobrenadante se analizó mediante GC/MS-SIM. Se usó un equipo Agilent Technologies 6890N GC acoplado a un detector de masas MSD (5973N) con una columna Equity-5TM (5% fenil y 95% polidimetilsiloxano; 30 m \times 0.25 mm ID, 0.25 μm) se empleó He (pureza 99.999%) como gas acarreador (flujo 1.0 mL/min) El programa del horno fue 120°C por 3 min se incrementó directamente a 280°C con $20^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ y se mantuvo por 5 min. El retraso del disolvente fue por 3 min. El inyector se mantuvo en 250°C y se inyectó 1 μL del extracto en el modo *splitless* (1.5 min). La ionización se llevó a cabo por impacto de electrones (70eV), la temperatura de la fuente de ionización fue 250°C y la del cuadrupolo 150°C .

Resultados y Discusión. Para eluir los plaguicidas se probaron cuatro mezclas de disolventes basadas en ACN y disolventes de menor polaridad (metilisobutilcetona, acetona, diclorometano, y acetato de etilo) a diferentes proporciones (100-25% y 0-75%) respectivamente. Las interferencias de los cromatogramas incrementaron conforme incrementó el disolvente menos polar (Fig.1). Con la mezcla ACN/Acetona (70/30%) un gran número de compuestos interferentes fueron extraídos del propóleo en contraste con la mezcla ACN/MIBC (85/15%) con la cual se obtuvo la menor cantidad de interferencias en los cromatogramas, Sin embargo, la respuesta relativa para la elución de los plaguicidas fue muy baja en ambas mezclas. Los cromatogramas para los extractos obtenidos con ACN/EtOAc (85/15) y ACN/DCM/ (25/75) mostraron menos picos de compuestos interferentes y una alta respuesta relativa para los analitos. Por lo tanto, las recuperaciones se evaluaron con dichas mezclas.

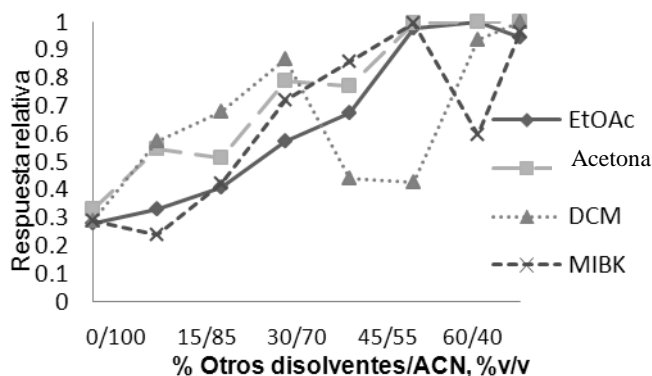


Fig. 1. Comportamiento de la limpieza del extracto, obtenida del perfil de mezclas

Experimentos de recuperación con la mezcla ACN/EtOAc (85/15) y ACN/DCM (75/25) se obtuvieron recuperaciones de los plaguicidas entre 41 y 65% (RSD<30%) y 55-96% (RSD<10%) respectivamente, se encontró diferencia estadística entre mezclas a un nivel de confianza de 95%. La precisión fue evaluada entre días en donde se obtuvieron para el primer día recuperaciones entre 63-124% (RSD, 3-12%) y para el segundo día recuperaciones entre 55-96% (RSD, 1-8%). Los resultados del análisis estadístico (ANOVA) a un nivel de confianza de 95% mostraron que las recuperaciones difieren estadísticamente entre días, lo que puede deberse a la composición compleja de los propóleos

Conclusiones. Se desarrolló un nuevo método analítico (MSPD) para la extracción de cinco plaguicidas organofosforados en propóleos. Las condiciones finales de extracción fueron 1 g de C18 como dispersante y 8 mL de la mezcla ACN/DCM/ (25/75) como sistema de elución. Las recuperaciones obtenidas por GC/MS fueron de 55 a 96% con una buena precisión (RSD<15%).

Agradecimientos. Se agradece a CONACyT la beca otorgada No. De becario: 264513

Referencias.

- Romaniuk K, Spodniewska A, Kur B (2003) Chlorinated hydrocarbons in honey from the Warmia and Mazury voivodship. *Med Weter.* **Vol** (59):1023–1026.
- Santana T, Aquino A, Silveira H, Navickiene S (2008) MSPD procedure for determining buprofezin, tetradifon, vinclozolin, and bifenthrin residues in propolis by gas chromatography–mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem.* **Vol** (390): 1425–1430.
- Chen F, Chen L, Wang Q, Zhou J, Xue X, Zhao (2009) Determination of organochlorine pesticides in propolis by gas chromatography–electron capture detection using double column series solid-phase extraction. *Anal Bioanal Chem.* **Vol** (393): 1073–1079.
- Barker, S.A (2000) Matrix solid-phase dispersion (MSPD). *J. Biochem. Biophys. Methods.* 70:151.

PRESENCIA DE BISFENOL-A EN LIXIVIADOS TRATADOS CON FENTON

San Pedro Cedillo L.^a, Méndez Novelo R. I.^a, Barceló Quintal M.^b, Rojas Valencia M. N.^c

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Industrias no Contaminantes por Periférico Norte, Apdo. Postal 150, Mérida, Yucatán, lilia_83@hotmail.com

^b Facultad of Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 Ex-Terrenos del Fénix. Mérida, Yucatán, México.

^c Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, México D.F., C.P. 04510

Introducción. Los lixiviados de rellenos sanitarios son el resultado de la percolación de líquidos a través de los desechos en proceso de estabilización [1]. Hay muchos factores que afectan la calidad y la cantidad de los lixiviados [2] y su composición depende en gran medida de la edad del relleno. Frecuentemente no es posible llevar a cabo evaluaciones sobre toxicidad, bioacumulación o persistencia de compuestos o grupos de compuestos orgánicos en los lixiviados [3]. Sin embargo, más de 200 compuestos orgánicos han sido identificados en los lixiviados de los rellenos sanitarios municipales. De estos, el bisfenol-A -BPA- (materia prima para la manufactura de plásticos de policarbonato y resinas epoxi), es capaz de ser liberado al medio ambiente a través de los los lixividos de rellenos sanitarios (por la hidrólisis del BPA de los plásticos), de los efluentes plantas de tratamiento de aguas residuales y de la degradación natural de plásticos.[4] Aunque no es tóxico para el ambiente, algunos estudios han reportado que el bisfenol A presenta estrogenicidad [5] y por lo tanto es un contaminante indeseable para la salud humana. En la presente investigación se evaluó un tren de tratamiento (Fenton-adsorción) para la remoción de contaminantes en lixiviados de relleno sanitario, siendo el de principal interés el BPA (con la finalidad de conocer si el efluente final puede ser depositado en el ambiente sin causar los efectos de este disruptor endócrino en organismos vivos).

El objetivo de este trabajo es cuantificar el compuesto BPA presente en el lixiviado crudo y en los efluentes del tratamiento, así como en los residuos sólidos generados a partir de este y estimar en base a lo reportado en la literatura si el efluente final puede ser dispuesto en el ambiente sin repercusiones.

Metodología. Para el tratamiento del lixiviado se utilizó la metodología propuesta por Méndez et al. [6]. Se cuantificó el BPA en tres muestras líquidas (lixiviado crudo, efluente Fenton y efluente adsorción) y dos sólidas (lodos del Fenton y carbón activado saturado). El tratamiento se realizó 4 veces. Para la extracción de compuestos orgánicos (en general) en las muestras líquidas, se llevó una alícuota de 500mL a pH 12 usando NaOH 10N y se agregó un volumen de 50 mL de CH₂Cl₂ y se extrajo. Esto se repitió dos veces más. Posteriormente, se ajustó el pH 2 con H₂SO₄ 10N y se hizo lo mismo que con la muestra basificada. El líquido recuperado de las extracciones se llevó a un rotavapor para evaporar hasta 20 mL y luego, con una corriente suave de N₂ se concentró a 1mL. Para las muestras sólidas, se pesaron 5g de la muestra y se colocaron en un tubo de teflón con 25 mL de CH₂Cl₂ y se llevó al microondas (potencia 400W, 70° C durante 15 min, rampa de 2 min). Se filtró la muestra extraída y se concentró a 1 mL utilizando una corriente de N₂.

El análisis cualitativo se llevó a cabo con un CG-EM y el cuantitativo con un CG-DIF.

Para la validación del método de extracción del compuesto se preparó una matriz con las siguientes proporciones: 50% agua pura, 16.6% lixiviado crudo, 16.6% efluente Fenton y 16.6% efluente adsorción. El blanco se realizó con agua pura. Asimismo se prepararon muestras sólidas (con un blanco para el lodo y otro para el carbón). Se agregó el compuesto BPA, pureza 99.9%, en las siguientes concentraciones: 6000, 2750 y 800 ppm. Los análisis se hicieron por sextuplicado.

Resultados y Discusión.

Cuadro 1. Resultados de la cuantificación de BPA en las muestras analizadas

MUESTREO	TIPO DE MUESTRA	PPM
1	Lixiviado crudo	7214.69
2	Lixiviado crudo	19214.27
3	Lixiviado crudo	18217.18
4	Lixiviado crudo	5985.24
1	Efluente Fenton	2709.92
2	Efluente Fenton	3969.51
3	Efluente Fenton	8779.52
4	Efluente Fenton	2492.45
1	Lodo	1284.74
2	Lodo	963.19
3	Lodo	1624.31
4	Lodo	216.97
1	Carbón	266.06
2	Carbón	360.49
3	Carbón	168.54
4	Carbón	30.96
1	Efluente adsorción	0.14
2	Efluente adsorción	1.58
3	Efluente adsorción	0.70
4	Efluente adsorción	0.02

La composición del lixiviado y por lo tanto la concentración del compuesto de interés varía de un muestreo a otro [2]. El promedio de BPA en el lixiviado crudo es de 12657.85 ppm y en el efluente final es de 0.61 ppm. Esto significa una remoción de más del 99% de este compuesto. Aunque no es posible realizar un balance de materia, se puede suponer que el BPA se haya degradado en otras sustancias. Las concentraciones encontradas en el lixiviado crudo coinciden con las reportadas por otros autores [4].

Conclusiones. El tren de tratamiento para lixiviados de relleno sanitario Fenton-adsorción es eficiente para la remoción del BPA. La concentración del BPA en el efluente final (0.61 ppm) no sobrepasa las concentraciones normales reportadas para aguas claras (21 ppm [4]).

Agradecimiento. A CONACYT, 236223.

Referencias.

1. Abbas A., Jungsong G., Ping L., Ya P. y Al-Rekabi W. (2009) Review on landfill leachate treatments. *J. of App. Sci. Res.*, **5** (5), 534-545.
2. López A., Pagano M., Volpe A. y Di Pinto A. C. (2004) Fenton's pre-treatment of mature landfill leachate. *Chem.*, **54**, 1005-1010.
3. Wu Y., Zhou S., Qin F., Peng H., Lai Y. y Lin Y. (2010). Removal of humic substances from landfill leachate by Fenton oxidation and coagulation. *P. Saf. and Env. Prot.*, **88**, 276-284.
4. Crain D., Eriksen M., Iguchi T., Jobling S., Laufer H., LeBlanc G.A. y Guillette Jr. L. (2007) An ecological assessment of bisfenol-A: evidence from comparative biology. *Rep. Tox.* **24**, 225-239
5. Markey C., Luque E., Munoz de Toro M., Sonnenschein C. y Soto A. (2001) In utero exposure to bisphenol-A alters the development and tissue organization of mouse mammary gland. *Biol. of rep.* **65**, 4, 1215-1223.
6. Méndez R., Castillo E., Sauri M., Barceló I. y Ramírez R., (2010) Desarrollo de una tecnología para el tratamiento de lixiviados. En *Memorias del 3er Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos*, México D.F., ISBN: 978-607-477-305-7

AISLAMIENTO DE CEPAS PURAS DE AGUA DE MAR Y SEDIMENTOS MARINOS PARA LA DEGRADACION DE FENANTRENO.

García-Uitz K^a, Ponce-Caballero C^a, Moreno-Andrade I^b, Corona-Cruz A^a.

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Nte. Km 33.5, Col Chuburná. Mérida, Yucatán, C.P.97203, e-mail: garciauk@hotmail.com.

^b Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería, Unidad Académica-Campus Juriquilla.

Introducción. El fenantreno es el hidrocarburo poliaromático (HAPs), que más se encuentra distribuido en la naturaleza, ya que es un componente de combustibles fósiles y se forma de la combustión incompleta de materia orgánica[1]. Este componente ha sido utilizado como modelo para estudios de degradación por bacterias. La degradación de este contaminante es necesario para preservar el medio ambiente y la salud humana debido a que provoca daños en la piel por su prolongada exposición. Diferentes bacterias como *Sphingomonas sp.* *Nocardioides sp.*, entre otras, son conocidas como degradadoras de fenantreno. Las bacterias son esenciales en la cadena alimentaria, ya que debido a su interacción con otros organismos, dan lugar a cambios en su entorno y son capaces de crecer en ambientes contaminados [2-4]. El objetivo de este trabajo es el aislamiento de cepas puras, a partir de consorcios aislados de agua y de sedimentos marinos.

Metodología. Se aislaron cepas puras de 4 consorcios, 2 de agua de mar y 2 de sedimentos marinos, los aislamientos se realizaron agar mineral con fenantreno como única fuente de carbono y en agar TSA (para comprobar la pureza de las cepas), a las bacterias aisladas en TSA, se les caracterizo bioquímicamente (morfológicas macro y micro y pruebas API), al mismo tiempo se le realizó la extracción de ADN metagenómico [5] y la amplificación por PCR del gen ribosomal 16S para bacterias, para su secuenciación. A partir del agar mineral las cepas fueron trasladadas a medio líquido para su crecimiento y evaluar la capacidad degradadora de fenantreno de cada una. Para la determinación de degradación de fenantreno, se realizó una cinética, en matraces estériles de 50 ml, a partir de una solución de fenantreno diluido en acetona ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), la cual fue volatilizada, se añadió 14.5 mL de agua de mar estéril y 0.5 mL de inóculo de cada cepa, Finalmente se incubó a temperatura ambiente y se agito a 150 rpm. Las muestras fueron analizadas los días 1, 3, 5, 7 y 10 días. Para realizar el conteo microbiano se realizó a partir de una alícuota de 1 mL, el cual fue diluido en 9 mL de una solución salina al 0.85%. Se realizaron diluciones, de ahí se tomó una alícuota de 100 μL , la cual fue sembrada en agar TSA e incubada 3 días a temperatura ambiente. Para conocer los nombres de las bacterias aisladas se utilizó la plataforma *Ribosomal Database Project*.

Resultados y Discusión. Se aislaron 5 cepas, 3 fueron de agua de mar (A2a, A4, B3b) y 2 de sedimentos (C3c y D2a). Todas las cepas obtenidas se utilizaron para evaluar su capacidad para degradar fenantreno a concentraciones de 100 mg/L en agua de mar sintética. Los rangos de degradación fueron de 30 y 34% para las cepas A2a y C3c, respectivamente y entre 43 y 44% para las cepas A4, B3b y D2a (Figura 1a). En el control sin inóculo se observó una disminución de fenantreno de un 12%, esto debido probablemente a la pérdida de sustrato por volatilización o degradación química. Se determinó la tasa de degradación dada por mg de fenantreno consumido por UFC, la cual para la cepa D2a se mantuvo constante durante el muestreo (6.29×10^{-8}), la B3b la tasa era mayor el 1er día (4.62×10^{-6}) y luego disminuyó hasta 1.55×10^{-7} , para las cepas A4, A2a Y C3c presentaron un comportamiento similar ya que los primeros 5 días se mantuvieron constantes, sin embargo el 7 día disminuyeron su tasa de degradación. Los nombres de las bacterias aisladas a nivel genero son: *Salinicola* (A2a), *Halomona* (A4), *Aeromicrobium* (B3b), *Erythrobacter* (C3c) y *Microbacterium* (D2a).

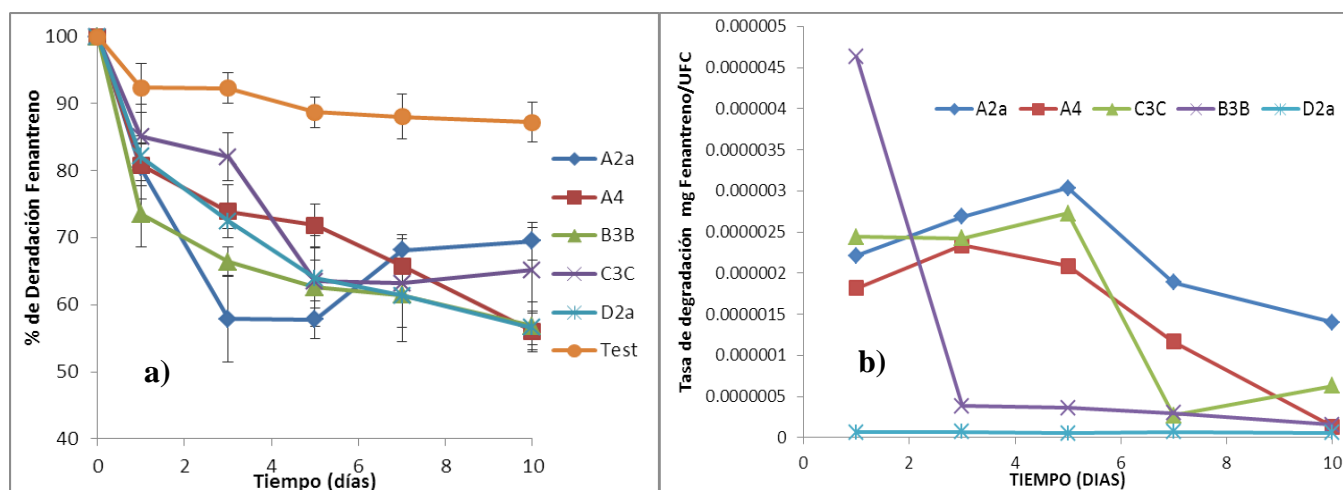


Fig. 1. a) Porcentaje de degradación de fenantreno por cepas puras, b) Tasa de degradación (mg de fenantreno consumido por UFC)

Conclusiones. Se aislaron 6 cepas puras degradadoras de fenantreno, el porcentaje de degradación después de 10 días, fue de 30 y 34% para la cepas A2a y C3c respectivamente y entre 43 y 44% para B3b, D2a y A4. Los nombres de las bacterias aisladas a nivel genero son: *Salinicola* (A2a), *Halomona* (A4), *Aeromicrobium* (B3b), *Erythrobacter* (C3c) y *Microbacterium* (D2a).

Agradecimiento. Este estudio fue financiado por el proyecto denominado “Inmovilización de un consorcio microbiano en soportes de quitina para la degradación de fenantreno en agua de mar”. (Proyecto: CB-2011-01 169868). Al CONACYT por la beca otorgada (Becario 273198)

Referencias.

- Juhasz A.L., Naidu R. (2000). Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: a review of the microbial degradation of benzo[a]pyrene. *Int. Biodeterioration Biodegradation*. 45 (2): 57-88.
- Tao, X.Q., Lu, G.N., Dang, Z., Yang, C., Yi, X.Y. (2007). A phenanthrene-degrading strain *Sphingomonas* sp. GY2B isolated from contaminated soils. *Process Biochem*. 42 (3) 401-408.
- Saito, A., Iwabuchi, T., Harayama, S. (2000). A Novel Phenanthrene Dioxygenase from *Nocardioides* sp. Strain KP7: Expression in *Escherichia coli*. *J. Bacteriol*. 182 (8):2134-2141.
- Boschker, H.T.S., de Graaf, W., KÅster, M., Meyer-Reil, L.A., Cappenberg, T.E. (2001). Bacterial populations and processes involved in acetate and propionate consumption in anoxic brackish sediment. *FEMS Microbiol.Ecology*, 35 (1): 97-100.
- Rojas-Herrera R, Narváez-Zapata J, Zamudio-Maya M, Mena Martínez M. (2008). A simple silica-based method for metagenomic DNA extraction from soil and sediments. *Mol Biotechnol*. 40 (1):13-17.

ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN MUESTRAS AMBIENTALES DE AGUA Y LODO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS MEDIANTE CROMATOGRAFÍA DE GASES-ESPECTROMETRÍA DE MASAS

Morales-Juárez A^a, Ponce-Caballero C^a, Giácoman-Vallejos G^a, Quintal-Franco C^a,
Muñoz-Rodríguez D^b

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Industrias no Contaminantes por Periférico Norte. Cordemex, Mérida, Yucatán, México. A.P. 150., al_cocy1204@yahoo.com.mx

^b Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn., Mérida, Yucatán, México. C.P. 97203.

Introducción. Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) son microcontaminantes orgánicos que por sus características fisicoquímicas y como consecuencia de su naturaleza lipofílica e hidrofóbica pueden entrar a los sistemas de tratamiento de aguas residuales asociado a la materia orgánica particulada, como parte de una descarga industrial, como un componente de un efluente doméstico, por escorrentías urbanas, por derrames de combustible fósil y/o por deposición atmosférica [1]. La presencia de HAPs en el tratamiento de aguas residuales y lodos, al igual que otros contaminantes orgánicos como los PCBs, tensioactivos, COPs, etc pueden generar problemas potenciales a la salud y al ambiente si llegan a entrar a la cadena trófica, debido a que algunos pueden presentar efectos tóxicos, teratogénicos, carcinogénicos y/o mutagénicos; aun encontrándose a concentraciones muy bajas [2, 3, 4]. El objetivo de este estudio es analizar el tipo de HAPs presentes en las aguas residuales y conocer si sus concentraciones pueden ser causa de riesgo para la salud o el ambiente.

Metodología. Se realizaron muestreos en dos plantas de tratamiento de lodos activados de la ciudad de Mérida, Yucatán; una de ellas es del tipo convencional (PTAR1) y la segunda es de aireación extendida (PTAR2). Las muestras de agua y lodo (material particulado), fueron tomadas en tres puntos diferentes del proceso de tratamiento (influyente, reactor biológico y efluente). Para la determinación de 16 HAPs (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno, indeno (1,2,3-cd)pireno), se filtraron las muestras de agua y después fueron extraídas mediante la técnica de fase sólida (SPE) con cartuchos de C18 activados previamente. El exceso de agua de los lodos, fue retirado mediante una prensa mecánica y fueron extraídos mediante ultrasonido en modo discreto. El análisis de las muestras se llevó a cabo mediante una técnica de cromatografía de gases con espectrometría de masas (CG/EM) de acuerdo al método EPA 625 modificado.

Resultados y Discusión. Los HAPs encontrados en las aguas residuales fueron el antraceno < acenaftileno < pireno < fluoranteno < criseno < naftaleno < benzo(a)antraceno < acenafteno < fluoreno < fenantreno, cuyas concentraciones estuvieron entre 1 y 8.9 µg/L. En lodos se encontraron acenaftileno < acenafteno < antraceno < fluoranteno < fluoreno < criseno < fenantreno < naftaleno < benzo(a)antraceno < pireno < benzo(g,h,i)perileno en concentraciones desde 4.3 a 62.9 µg/ Kg. En los tres diferentes tipos de agua del proceso de lodos activados de las dos PTARs estudiadas, se observó que los HAPs de bajo peso molecular (bPM) (Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, fluoreno, fenantreno y antraceno) se encuentran en mayor proporción (52-64%) en comparación a los HAPs de alto peso molecular (aPM) (Fluoranteno, Pireno, Benzo(a)antraceno, Criseno, Benzo(g,h,i)perileno) encontrados en un rango del 36-48%. En las muestras de lodo o material particulado, se observó que en el influyente de la PTAR 1 hay mayor presencia de HAPs de bajo peso molecular, caso contrario en la PTAR 2. Debido a que los HAPs de alto peso molecular presentan una elevada hidrofobicidad, son recalcitrantes a la degradación

biológica y afines a las partículas sólidas (sólidos, materia orgánica, etc.), en las muestras de lodos provenientes del reactor biológico se pudo observar que en la PTAR 1 hay un incremento de los HAPs de alto peso molecular [5]. En la PTAR 2 los HAPs tanto de bajo como alto peso molecular se encuentran en porcentajes semejantes.

Conclusiones. Las mayores concentraciones de HAPs corresponden a las muestras sólidas en comparación a las muestras líquidas. Se observó que existe un aporte de HAPs de la fase sólida a la líquida, especialmente en el tratamiento biológico como consecuencia de la aireación. Los HAPs de elevado peso molecular se encontraron en mayor porcentaje en la fase sólida que en la líquida, lo cual puede ser debido a la menor solubilidad que presentan los HAPs al aumentar su peso molecular. Los HAPs encontrados tanto en muestras de agua como en lodos, no representan un riesgo a la salud ni al ambiente, debido a que cumplen con las Normas de Calidad Ambiental de la Directiva 200/60/CE y con los límites permisibles de la OMS, EPA y UE.

Agradecimiento. Este proyecto fue realizado como parte de los estudios de doctorado financiado por la beca 171720 proporcionada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2010-2013). A la facultad de Ingeniería Civil e Ingeniería Química de la UADY por las instalaciones y equipos facilitados para el desarrollo del proyecto de investigación.

Referencias.

1. Cai Q, Mo C, Wu Q, Zeng Q, Katsoyiannis A (2007) Occurrence of organic contaminants in sewage sludges from eleven wastewater treatment plants, China. *Chemosphere*. **vol** (68):1751-1762.
2. International Agency for Research on Cancer (IARC) (1991) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France. 45-53.
3. Stevens J, Northcott G, Stern G, Tomy G, Jones K (2003) PAHs, PCBs, PCNs, organochlorine pesticides, synthetic musks, and polychlorinated n-alkanes in UK sewage sludge: survey results and implications. *Environ. Sci. Technol.* **vol** (37): 462-467.
4. Villar P, Callejon M, Alonso E, Jimenez, J, Guiraum A (2006) Temporal evolution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sludge from wastewater treatment plants: Comparison between PAHs and heavy metals. *Chemosphere*. **vol** (64): 535-541.
5. Manoli E, Samara C (2007) The removal of polycyclic aromatic hydrocarbons in the wastewater treatment process: Experimental calculations and model predictions. *Environ. Pollut* .**vol** 151(3): 477-485.

INFLUENCIA DE LA RECIRCULACIÓN INTERMITENTE EN UN ASBR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PORCINAS

Cortes-Esquivel J.A.^a, Giácoman-Vallejos G.^a, Sanginés-García R.^b, Barceló-Quintal I.D.^c, Méndez-Novelo R.^a

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Av. Industrias no Contaminantes x Anillo Periférico Norte s/n, C.P. 97310 Mérida. e-mail: j.a_cortes@hotmail.com.

^b División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal, km. 16.3 Antigua Carretera Mérida Motul, C.P. 97345 Conkal, Yucatán.

^c Área de Química y Fisicoquímica Ambiental, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, UAM-Azcapotzalco, México, D.F.

Introducción. Diferentes tecnologías se han aplicado a nivel global para atenuar la afectación de los contaminantes que son desechados en las granjas porcinas. En los últimos años se han implementado los reactores anaerobios discontinuos secuenciales (ASBR), estos pueden desempeñarse en cargas orgánicas volumétricas (COV) elevadas y se han aplicado para tratar aguas residuales agrícolas: porcícola (Ndegwa et al. 2008) y rastro (matadero) (Masse y Massé 2005). Actualmente hay varios avances en los ASBR que se han alcanzado debido a que se ha investigado acerca de los factores que afectan el rendimiento: condiciones de mezcla o agitación (Pinho et al. 2004) y la influencia de las cargas orgánicas volumétricas (Ndon y dague 1997).

En esta investigación, se evaluó el efecto de la recirculación intermitente de un ASBR, bajo diferentes configuraciones de operación, estas se evaluaron en un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 27.5 y 5.5 días.

Metodología. La unidad experimental está localizada en el área de producción e investigación agropecuaria del Instituto Tecnológico de Conkal, ubicado en Conkal, Yucatán, México (N21° 5'7.52", W89°32'17.99"). En la Figura 1, se muestra el esquema implementado de la unidad experimental. En esta investigación, únicamente se presentan los resultados obtenidos de la evaluación del ASBR.

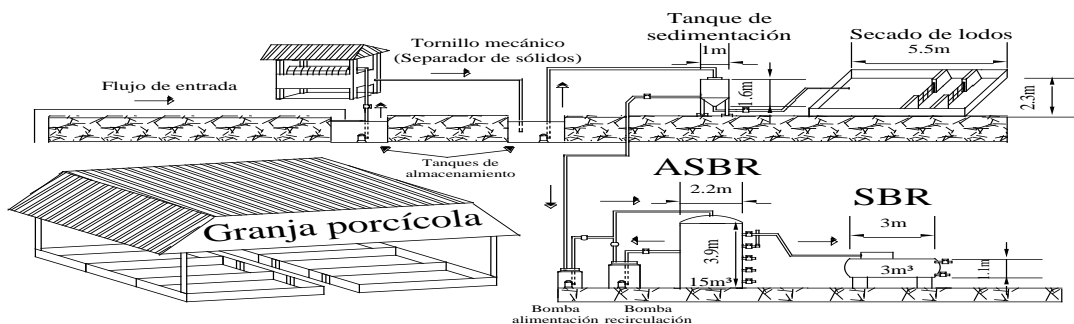


Fig. 1. Esquema del sistema de tratamiento combinado (ASBR-SBR) y pretratamiento.

Las condiciones de operación evaluadas en el ASBR se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de operación de la recirculación intermitente del ASBR durante los TRH empleados.

C ^a	ASBR				ASBR			
	TRH ^b (d)	COVs ^c	TCR ^d (h)	TSR ^e (h)	TRH ^b (d)	COVs ^c	TCR ^d (h)	TSR ^e (h)
1	27.5	0.98	1	1	5.5	1.56	1	1
2	27.5	1.29	1	3	5.5	1.97	1	3
3	27.5	0.53	1	2	5.5	1.51	1	2
4	27.5	0.99	0	24	5.5	1.25	0	24

^a Configuración, ^b Tiempo de retención hidráulico, ^c Carga orgánica volumétrica (kg DQO m⁻³d⁻¹),

^d Tiempo con recirculación, ^e Tiempo sin recirculación.

Resultados y Discusión. En la configuración que consistía en alternar 3 h en reposo y 1 h con recirculación empleando un TRH de 27.5 días, se obtuvieron los mejores porcentajes de remoción: $95 \pm 1\%$ de demanda química de oxígeno total (DQOT), $79 \pm 3\%$ de demanda química de oxígeno soluble (DQOS), $86 \pm 3\%$ de fósforo total (PT) y $41 \pm 5\%$ de nitrógeno total (NT). De igual forma, se obtuvieron los mejores porcentajes de remoción en dicha configuración cuando se evaluó el ASBR en un TRH de 5.5 días, es decir, con una COV mayor. Estos porcentajes de remoción obtenidos fueron: $93 \pm 0.2\%$ de DQOT, $73 \pm 5\%$ de DQOS, $80 \pm 1\%$ de PT y $59 \pm 0.4\%$ de NKT. En la figura 2, se muestra una comparación de los porcentajes de remoción obtenidos en el ASBR empleando un TRH de 27.5 y 5.5 días. En esta investigación, se alcanzaron altos porcentajes de remoción del PT, en comparación con lo reportado por otros autores (e.g. Field et al., 1985; Prior et al., 1986).

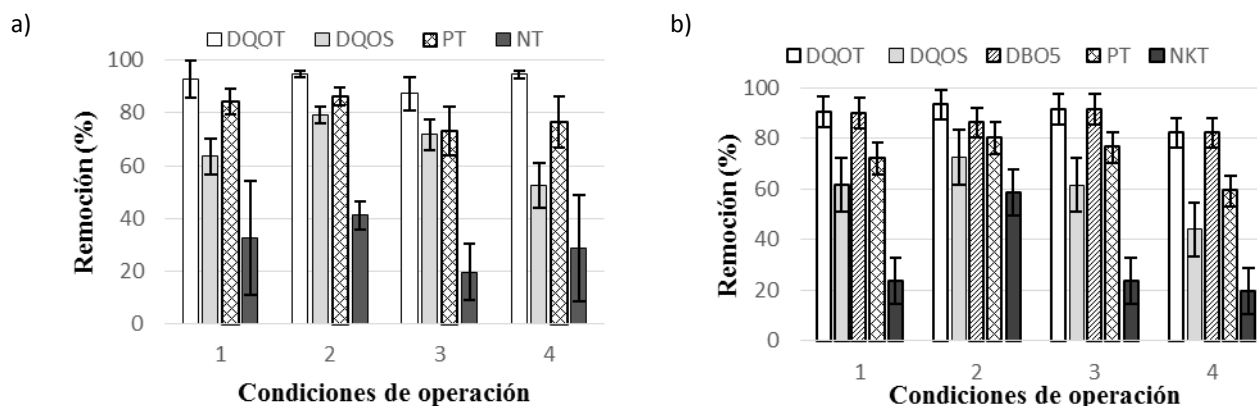


Fig. 2. a) Evaluación del ASBR en un TRH de 27.5 días, b) Evaluación del ASBR en un TRH de 5.5 días

Conclusiones. El efecto de recirculación intermitente por pulsos se examinó en el ASBR y las mejores condiciones de operación consistieron en ciclos de alternar 1 hora de recirculación y 3 horas sin recirculación. Los resultados indicaron que hubo una diferencia significativa entre los rendimientos de eliminación para el PT y DQOS en ambos TRH empleados, considerando las diferentes configuraciones estudiadas. Por último, los resultados demostraron que al emplear un TRH menor de 5.5 días, permitirá el tratamiento de mayor cantidad de agua residual. Los sistemas discontinuos secuenciales representan una importante alternativa para el tratamiento de aguas residuales porcina.

Agradecimiento. Al Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACYT) y Fondos Mixtos Yucatán por el financiamiento otorgado para llevar a cabo esta investigación.

Referencias.

- Field, J.A., Reneau Jr., R.B., Kroontje, W., Caldwell, J.S., (1985). Nutrient recoveries from plug-flow anaerobic digestion of poultry manure. *Agr. Wastes* 13: 207-216.
- Masse, L., Massé, D.I., (2005). Effect of soluble organic, particulate organic, and hydraulic shock loads on anaerobic sequencing batch reactors treating slaughterhouse wastewater at 20°C. *Process. Biochem.* 40: 1225-1232.
- Ndegwa, P.M., Hamilton, D.W., Lalman, J.A., Cumba, H.J., (2008). Effects of cycle-frequency and temperature on the performance of anaerobic sequencing batch reactors (ASBRs) treating swine waste. *Bioresource Technol.* 99: 1972-1980.
- Ndon, U.J., Dague, R.R., (1997). Effects of temperature and hydraulic retention time on anaerobic sequencing batch reactor treatment of low-strength wastewater. *Water Res.* 31: 2455-2466.
- Pinho S.C., Ratusznei S.M., Domingues J.A., Foresti E., Zaiat M., (2004). Influence of the agitation rate on the treatment of partially soluble wastewater in anaerobic sequencing batch biofilm reactor. *Water Res.* 38: 4117-4124.
- Prior, R.L., Hashimoto, A.G., Britton, R.A., (1986). Nutritional value of anaerobically fermented beef cattle wastes as a feed ingredient for livestock. Chemical composition and in vitro and in vivo digestibility of fermentor biomass. *Agr. Wastes* 13: 265-293.

ESTUDIO TEÓRICO DEL MECANISMO DE REACCIÓN DE LA FORMACIÓN DE DÍMEROS DE TRITERPENOS

Quesadas Rojas M, Quijano Quiñones RF, Mena Rejón GJ.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, calle 41 No. 421 entre 26 y 28 Col. Industrial, Mérida, Yucatán, C.P. 97150, mariana_quesadas@yahoo.com.mx

Introducción. Hasta la fecha, se han aislado más de 60 dímeros triterpénicos, los cuales están constituidos por dos unidades triterpénicas enlazadas a través de un puente diéter, pudiendo ser de dos clases: dímeros A-A y dímeros B-A. Los primeros están unidos mediante los anillos A de ambas unidades, encontrándose una de ellas en forma quinónica y la otra en forma aromática. Los segundos están constituidos por dos unidades fenólicas, presentando la unión entre el anillo B de una de las estructuras y el anillo A de la otra. Shirota *et al.* [1] postularon una ruta para la formación de estos dímeros, basada en las reacciones Diels-Alder de una ortoquinona triterpénica con una triterpenoquinona para dar el correspondiente dímero triterpénico del tipo A-A, o con un triterpenofenol para producir el correspondiente dímero B-A. La evidencia experimental encontrada para la obtención de estos dímeros sugiere que el mecanismo de Diels-Alder es factible para su formación, aunque también se han propuesto mecanismos alternos [2]. Hasta donde sabemos, no se han realizado estudios computacionales encaminados a corroborar la ruta de formación propuesta, los cuales podrían proporcionar evidencia que respalde o rechace la factibilidad del mecanismo y permitirían conocer más acerca de sus características.

Metodología. Se estudió el proceso de formación de ocho dímeros triterpénicos: (Xuxuarinas $A\alpha$ y $A\beta$, isoxuxuarinas $A\alpha$ y $A\beta$, cangorosines A y $A\beta$ e isocangorosines A y $A\beta$), a través de la reacción de Diels-Alder de sus correspondientes monómeros, los cuales pueden formarse a través de dos estados de transición (ET) distintos: *endo* y *exo*. Para esto, se obtuvieron los puntos estacionarios en la hipersuperficie de energía potencial molecular, calculada con el nivel de teoría M06-2X/6-31G(d), utilizando el código Gaussian'09 [3]. El carácter de tales puntos estacionarios se verificó a través de las frecuencias de vibración, mismas que fueron reales en todos los reactivos y productos; en tanto que en los ET, se obtuvo una única frecuencia imaginaria correspondiente a la coordenada de reacción. Posteriormente, se calcularon las correcciones de punto cero a la energía y se empleó la energía corregida para hallar las barreras energéticas de la reacción, las cuales se obtuvieron como la diferencia energética entre el estado de transición y la suma de las energías de los reactivos. De igual forma, se calcularon la asincronía de la reacción y la transferencia de carga [4], empleando el esquema de partición de Mulliken.

Resultados y Discusión. Se encontraron todos los estados de transición, lo que provee un sustento teórico a la propuesta de Shirota [1] para la formación de los dímeros triterpénicos. Algunos parámetros geométricos, electrónicos y energéticos se presentan en el Cuadro 1, de donde puede verse que los grados de asincronía varían entre 0.02 y 0.21 por lo que podemos clasificar a todos los procesos como concertados, que van de lo altamente sincrónico a lo moderadamente asincrónico. Adicionalmente, se encontró una importante transferencia de carga (0.3-0.4e) en los estados de transición, siendo ésta mayor en los dímeros A-A que en los B-A, lo que concuerda con un mayor valor de electrofilicidad de la ortoquinona que genera a los primeros, respecto a la de los segundos. Esto también sugiere un mayor carácter electrodonador del hidroxilo en la metilénquinona, respecto al anillo fenólico en el isoprimerol. En cuanto a las barreras energéticas de la reacción, en los dímeros A-A, la vía *exo* fue más energética que la *endo* en todos los casos; mientras que en los dímeros B-A, la vía *exo* fue más energética solo en las estructuras con estereoquímica alfa, siendo la de menor energía en la formación de dímeros con estereoquímica beta. Se encontró que las diferencias energéticas entre los estados de

transición de distintas vías pueden explicarse con base en las interacciones intermoleculares no covalentes que existen en los estados de transición. Es importante mencionar que la selectividad encontrada para los dímeros A-A no corresponde con la reportada experimentalmente [1,5], lo que sugiere la presencia de catálisis enzimática en la reacción. Por su parte, la selectividad hallada para los dímeros B-A sí concuerda con la reportada experimentalmente [6], por lo que se sugiere que dicha reacción puede ocurrir sin la necesidad de catálisis enzimática o, en caso de existir, se espera que ésta no afecte la selectividad intrínseca de la reacción.

Cuadro 1. Asincronía (Asn), transferencia de carga en el estado de transición (TC, en e), y barreras energéticas de la reacción (ΔE). Los subíndices n y x hacen referencia a los estados de transición endo y exo, respectivamente.

Molécula	Asn _x	Asn _n	TC _x ^c	TC _n ^c	ΔE_n (kJ/mol)	ΔE_x (kJ/mol)
Xuxuarina A α	0.19	0.06	0.397	0.357	40.59	63.24
Xuxuarina A β	0.21	0.07	0.404	0.366	49.80	61.10
Isoxuxuarina A α	0.10	0.15	0.382	0.418	26.27	63.61
Isoxuxuarina A β	0.09	0.07	0.381	0.378	52.93	57.84
Cangorosin A	0.16	0.02	0.319	0.307	74.37	98.99
Cangorosin A β	0.16	0.03	0.297	0.317	106.14	93.91
Isocangorosin A	0.06	0.16	0.310	0.329	82.22	99.09
Isocangorosin A β	0.19	0.03	0.300	0.308	97.20	90.97

Conclusiones. El mecanismo Diels-Alder es una vía factible para la formación de los dímeros triterpénicos. La selectividad calculada en la reacción puede explicarse con base en las interacciones no covalentes. La selectividad encontrada para los dímeros A-A no concuerda con las cantidades aisladas de estos, en tanto que sí existe acuerdo para los dímeros B-A.

Agradecimiento. Agradecemos a la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, por el apoyo financiero recibido para la realización del proyecto, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca recibida durante la realización de este trabajo (número de becario 264651).

Referencias.

- Shirota O, Morita H, Takeya K, Itokawa H (1995) Structures of Xuxuarines, Stereoisomeric Triterpene Dimers from *Maytenus chuchuhuasca*. *Tetrahedron*. **51** (4): 1107-1120.
- Jacobsen NE, Wijeratne EMK, Corsino J, Furlan M, Bolzani VdS, Gunatilaka AAL (2008) Biomimetic synthesis of xuxuarines Ea and E β : Structure revision of *Rzedowskia bisterpenoids*. *Bioorg. Med. Chem.* **16** (4): 1884-1889.
- Gaussian 09, Revision **A.1**, Frisch, M. J.; Trucks, G. W.; Schlegel, H. B. et al. (2009).
- Contini A, Leone S, Menichetti S, Viglianisi C, Trimarco P (2006) [2+4] and [4+2] cycloadditions of *o*-Thioquinones with 1,3-Dienes: A Computational Study. *J. Org. Chem.* **71** (15): 5507-5514.
- Shirota O, Morita H, Takeya K, Itokawa H (1997) Five New Triterpene Dimers from *Maytenus chuchuhuasca*. *J. Nat. Prod.* **60** (11): 1100-1104.
- Shirota O, Morita H, Takeya K, Itokawa H (1997) Revised Structures of Cangorosins, Triterpene Dimers from *Maytenus ilicifolia*. *J. Nat. Prod.* **60** (2): 111-115.

ESTUDIO FITOQUÍMICO DE LAS PARTES AÉREAS DE *Crossopetalum puberulum* Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INHIBITORIA SOBRE PROTOZOARIOS PATÓGENOS

Valencia Chan, L., Mena Rejón, G.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, C. 41 N. 421 x 26 y 28 Col. Industrial. Mérida, Yucatán, C. P. 97150, quimica_valencia@hotmail.com

Introducción. El interés por el estudio químico de las especies pertenecientes a la familia Celastraceae es grande debido a que se ha encontrado que su metabolismo secundario presenta un alto grado de especificidad en la biosíntesis de metabolitos y muchos de ellos han resultado ser bioactivos. En general se caracteriza por ser productora de triterpenos, diterpenos, sesquiterpenos y flavonoides [1]. Dentro esta familia se encuentra el género *Crossopetalum* de las cuales pocas especies han sido estudiadas desde el punto de vista químico. Hasta el momento las búsquedas realizadas en diversas bases de datos no han mostrado información con respecto a su composición química o biológica respecto a la especie *C. puberulum*. Sin embargo, en un estudio preliminar efectuado en el Laboratorio de Química Farmacéutica de la UADY, se evaluaron los extractos de diclorometano y metanol, de las partes aéreas contra *T. vaginalis*, encontrándose concentraciones inhibitorias que puede clasificarse entre muy buena y moderada [2]. Por lo tanto con base en lo anteriormente expuesto se propone el estudio fitoquímico con el fin de hallar metabolitos secundarios, que pudieran presentar dicha actividad.

Metodología. En el presente trabajo se analizaron las fracciones del extracto diclorometánico de las hojas. De la fracción NO, se obtuvo el compuesto 1; de la fracción QR se obtuvo un precipitado al cual se determinó compuesto 2; por su parte, la muestra nombrada QR.7 fue purificada hasta obtener el compuesto 3; por último la fracción primaria ST, fue separada sucesivamente hasta obtener el Compuesto 4. Adicionalmente el compuesto 2, fue sometido a acetilación [3] del cual se obtuvieron los compuestos 5 y 6. Del extracto metanólico de hojas, se obtuvo un precipitado al cual se nombró como compuesto 7. Al extracto metanólico se le realizó una partición con AcOEt, el extracto obtenido fue separado, obteniendo así 13 fracciones (A-M). La fracción F fue purificada para obtener los compuestos 8, 9 y 10; la fracción I fue separada para obtener de esta manera del compuesto 11. Por su parte los tallos fueron secados, molidos y extraídos por Soxhlet utilizando como disolvente diclorometano; fue separado el extracto y se obtuvieron 16 fracciones (A-O). La fracción JK fue purificada hasta obtener los compuestos 12, 13, 14 y 15; de la fracción MN se obtuvieron los compuestos 16, 17 y 18. Por último el compuesto 18 fue sometido a una transesterificación [4], para poder ser identificado.

Para la obtención de estos compuestos se realizaron fraccionamientos sucesivos por medio de diferentes técnicas cromatográficas.

Resultados y Discusión. A partir del extracto diclorometánico de las hojas se logró el aislamiento e identificación de los compuestos loliolido, 3 β ,24-dihidroxifriedelano, 3 β -hidroxiurs-11-en-28,13 β -olido y 3 β -friedelinol. Se realizó la derivatización del 3 β ,24-dihidroxifriedelano, obteniéndose dos compuestos: 3 β , 24-diacetilfriedelano y 3 β -hidroxi-24-acetilfriedelano, del cual este último resultó ser novedoso. Del extracto metanólico de hojas se logró la identificación de dulcitol, el cual es un marcador quimiotaxonómico de la familia Celastraceae. De la partición de acetato de etilo del extracto metanólico de hojas, se obtuvieron los flavonoides kaempferol 3,7-di-*O*- α -ramnopiranosido, kaempferol 7-*O*- α -ramnopiranosido, kaempferol 3-*O*- β -glucopiranosil-7-*O*- α -ramnopiranosido y la saponina β -sitosterol-3-*O*- β -D-glucopiranosido. Por su parte del extracto diclorometánico de tallos se purificaron los triterpenos: 2 α -hidroxilupeol, 29-(*trans-p*-cumaroil)oxi-friedelan-3-ona y el 3-epiglochidiol. Así como también dos fenoles: vainillina y 4-hidroxibenzaldehído; un esterol: 3 β -hidroxi-stigmast-5-en-7-ona y una mezcla de

monoglicéridos compuesto por los ácidos grasos docosanoico, tricosanoico, tetracosanoico, pentacosanoico y hexacosanoico.

Los compuestos obtenidos fueron evaluados frente a *T. vaginalis*, obteniendo los siguientes resultados (Cuadro 1):

Cuadro 1. Actividad frente *Trichomona vaginalis* de los metabolitos aislados

Compuestos	CI ₅₀ μM
Loliolido	72.55
3β,24-hidroxifriedelano	88.38
3β-hidroxiurs-11-en-28,13β-olido	32.44
3β-friedelinol	53.29
3β,24-diacetilfriedelano	39.20
3β-hidroxi-24-acetilfriedelano	80.87
Kaempferol-3,7-di-O-α-ramnopiranosido	57.52
Kaempferol-7-O-α-ramnopiranosido	39.17
Kaempferol-3-O-β-glucopiranosil-7-O-α-ramnopiranosido	9.11
Vainillina	ND
4-hidroxibenzaldehído	ND
3β-hidroxi-stigmast-5-en-7-ona	7.77

ND: No disponible

Conclusiones. El aislamiento de seis triterpenos, tres de ellos friedelanos, dos lupanos y un ursano, permite corroborar que el metabolismo secundario de *C. puberulum* presenta el mismo perfil que otras especies de la familia Celastraceae. Con base a lo observado en la ruta de los celastroloides [5], es posible sugerir que el 3β,24-dihidroxifriedelano es un precursor del ácido salaspérmico. El 3β-hidroxi-24-acetilfriedelano, obtenido por derivatización, resultó ser novedoso. Por último, de todos los compuestos evaluados, solamente el Kaempferol-3-O-β-glucopiranosil-7-O-α-ramnopiranosido y el 3β-hidroxi-stigmast-5-en-7-ona mostraron actividad moderada frente a *T. vaginalis*.

Agradecimiento. El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Química Farmacéutica de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, en conjunto con la Unidad de Investigación del Hospital General Regional No. 1 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) “Lic. Ignacio García Téllez, como parte del proyecto de investigación “Estrategia multidisciplinar en la búsqueda de nuevos agentes antiparasitarios de origen vegetal. Aislamiento, caracterización y modificación de moléculas obtenidas de celastráceas” financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Convenio No. 101265) y con el apoyo de una beca otorgada por el mismo consejo. El número de becario 423469/264649.

Referencias.

- Muñoz, O., Pelanoza, A., González, A. G.; Ravelo, A. G., Bazzocchi, I. L., Alvarenga, N. L. (1995) The Celastraceae from Latin American Chemistry and biological activity. *Stud. Nat. Prod. Chem.* **18** (11): 739-783.
- Porras Suarez, L. E. (2010) Determinación de perfiles cromatográficos de los extractos crudos con actividad antiprotozoaria de *Crossopetalum puberulum*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.
- Da Costa, P. M., De Carvalho, G. M. (2003) New triterpene isolated from *Eschweilera longipes* (Lecythidaceae). *Anis da Academia Brasileira de Ciencias.* **75** (1): 21-25.
- Grael Sabido, M. J. (2012) Estudio de la diversidad química de la Holoturia *Astichopus multifidus*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.
- Zhou, Q. (2009) Natural Diterpene and Triterpene Quinone Methides: Structures, Synthesis, and Biological Potentials. En *Quinone Methides*, Rokita, S. E. Ed.; Wiley: Canada, 2009; Vol. 1, pp 280-287.

BÚSQUEDA DE MOLÉCULAS CON ACTIVIDAD ANTIPROTOZOARIA EN CEÑASTRÁCEAS. AISLAMIENTO DE METABOLITOS BIOACTIVOS DE *Maytenus phyllanthoides Benth.*

Moo Puc J. A.^a, Mena Rejon G. J.^a, Quijano L.^b

^a Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Merida, Yucatán, C.P. 97150.,
jamoo@itescam.edu.mx

^b Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., C.P. 04510

Introducción.

A pesar del gran avance y desarrollo de la medicina en la actualidad, las enfermedades infecciosas continúan siendo una gran amenaza para la salud pública mundial, el desarrollo de fármacos en esta área ha sido muy escaso[1], entre los fármacos disponibles algunos presentan efectos secundarios, son mutagénicos en bacterias y carcinógeno en ratas y se ha detectado la aparición de resistencia hacia estas moléculas [2,3]. La búsqueda y el desarrollo de sustancias para ser utilizadas en el tratamiento de las enfermedades causadas por protozoarios patógenos debe de ser una tarea continua que involucre el aislamiento e identificación de un número considerable de compuestos que lleven al descubrimiento de una molécula “líder”, cuya actividad biológica pueda ser modulada a través de transformaciones químicas.

La familia de las Celastráceas constituye un importante grupo botánico en el área de los Productos Naturales, esto debido a que en su metabolismo produce una gran diversidad de metabolitos secundarios[4], el género *Maytenus* es el más representativo con 225 especies, de las diferentes especies que han sido estudiadas, se han aislado una gran diversidad de metabolitos secundarios, de entre los que podemos citar, monoterpenos, diterpenos y sesquiterpenos con esqueleto de dehidroagarofurano, así como metabolitos secundarios no terpenicos tales como fenil-alkilaminas, maytansinoides como maytansina y maytamprina y flavonoides[5].

El objetivo del presente trabajo es obtener moléculas con actividad contra los protozoarios patógenos, *Giardia lamblia*, *Trichomona vaginalis* y *Trypanosoma cruzi*, a través del aislamiento y modificación estructural de metabolitos secundarios de *Maytenus phyllanthoides*.

Metodología.

De las hojas y las raíces, de la especie *Maytenus phyllanthoide Benth* fueron obtenidos los extractos diclorometánico y metanólico por el método Soxhlet. El extracto diclorometánico fue fraccionado sucesivamente por métodos cromatográficos iniciando con una separación tomando como base las diferencias en polaridades de las moléculas usando gel de sílice 60 (60-230), y una mezcla de solventes orgánicos como eluentes formado por hexanos y acetato de etilo en forma de gradiente ascendente. Continuando con una separación de exclusión molecular usando sephadex lipofílico LH-20 y una mezcla de solventes formada por hexanos-cloroformo-metanol en proporción 2:1:1 como eluyente, que toma como base la diferencia entre los tamaños moleculares de los compuestos a separar, posteriormente se aislaron y purificaron los compuestos mediante cromatografías flash usando sílica gel 60 (200-400) y sílica gel grado TLC y finalmente se obtuvieron los compuestos puros mediante cromatografía de capa delgada preparativa CCDP o por cromatografía líquida de alta resolución CLAE.

A los compuestos obtenidos se les realizó resonancia magnética nuclear protónica RMN ¹H para su identificación, y experimentos 1D y 2D que incluyeron DEPT 90, DEPT 135, ¹³C, COSY, HSQC, HMBC y NOESY en los casos meritorios, los análisis se complementaron con experimentos de espectroscopia de masas, rotación óptica e IR. y para evaluar la actividad biológica de los compuestos, estos se probaron contra el protozoario *Trichomona vaginalis*.

Resultados y Discusión.

Se ha realizado la extracción, aislamiento e identificación de nueve compuestos del extracto diclorometánico y metanólico de las hojas de *M. phyllanthoides*. Del extracto de diclorometano de las hojas se identificaron compuestos conocidos entre los cuales se encuentran cinco triterpenos pentacíclicos identificados como, α y β -amirina, 3 β -hydroxy-urs-11-en-28,13 β -olide, el ácido oleanólico y lupeol, además del generalizado β -sitosterol.

Del extracto metanólico de las hojas que se separó en dos fracciones la de acetato de etilo y la butanol, se aislaron, purificaron e identificaron tres compuestos, dos compuestos de tipo simple fenoles, el ácido vanílico, el cual es un compuesto que se encuentra en casi todas las plantas y el ácido veratrico que esta más restringido a ciertas plantas y alimentos. Un tercer compuesto se aisló de esta fracción y fue identificado como un lignano simple aril tetraril, el (+)-Lyoniresinol, compuesto que ha cobrado importancia debido a su diversidad de propiedades biológicas [6], igualmente se aisló una mezcla de dos flavonoides glucosidados que no se han identificado hasta el momento.

El ácido vanílico, el veratrico, el (+)-lyoniresino y el derivado tetraacetilado de este último, se probaron contra *Trichomona vaginalis*, los resultados de la IC₅₀ obtenidos para el tetraacetilado (IC₅₀, 68.69 μ M), el ácido vanílico (IC₅₀, 99.39 μ M) y el ácido veratrico (IC₅₀, 62.08 μ M) indican que estos compuestos son poco activos, mientras que el (+)-lyoniresinol (IC₅₀, 17.57 μ M) presenta una actividad moderada frente a este protozooario.

De las raíces de *M. phyllanthoides* se obtuvieron hasta el momento seis compuestos, del análisis de los RMN ¹H se pueden observar las señales que son características para dos metilenquinonas, un triterpeno pentacíclico, una saponina y dos cafeatos triterpénicos, los cuales fueron preparados para la realización de los análisis mono y bidimensionales correspondientes para su identificación y elucidación

Conclusiones.

Las hojas de *Maytenus phyllanthoides Benth* son ricas en metabolitos secundarios del tipo triterpenos pentacíclicos y de compuestos fenólicos simples y complejos, el (+)-lyoniresinol presento un actividad biológica moderada con una IC₅₀ de 17.57 μ M, lo que podría suponer que parte de la actividad presentada por los extractos de las hojas se puede deber a la presencia de este compuesto.

Agradecimiento. Agradecemos al consejo nacional de ciencia y tecnología CONACYT, al programa de mejoramiento al profesorado PROMEP del Instituto Tecnológico Superior de Calkini, a la Facultad de química de la Universidad Autónoma de Yucatán y al Posgrado Institucional en Ciencias químicas y Bioquímicas, ya que sin su apoyo no hubiese sido posible este estudio

Referencias.

1. Okeke, Laxminarayan, Bhutta, Duse, Jenkins, O'Brian, Pablos-Mendez. (2005), Antimicrobial resistance in developing countries. Part I: recent trends and current status. *Lancet Infect. Dis.* 5, 481-493.
2. Roe. (1983). Toxicologic evaluation of metronidazole with particular reference to carcinogenic, mutagenic, and teratogenic potential. *Surgery.* 93, 158-164.
3. Bendesky, Menendez, Ostrosky-Wegman. (2002). Is metronidazole carcinogenic? *Mutat. Res.* 511, 133-144.
4. Spivey, Weston, Woodhead. (2001), Celastraceae sesquiterpenoids: biological activity and synthesis. *Chem. Rev.* 31: 43-59.
5. Escandell, Recio, Giner, Máñez, Cerdá, Merfort, Ríos. (2005), Inhibition of Delayed-Type Hypersensitivity by Cucurbitacin R through the Curbing of Lymphocyte Proliferation and Cytokine Expression by Means of Nuclear Factor AT Translocation to the Nucleus. *J. Pharmacol. Expe. Ther.* 332(2): 352-363.
6. Morikawa, Kishi, Pongpiriyadacha, Matsuda, Yoshikawa. (2003). Structures of New Friedelane-Type Triterpenes and Eudesmane-Type, Sesquiterpene and Aldose Reductase Inhibitors from *Salacia chinensis*. A.C.S.

TERPENOIDES DE DOS ESPECIES DEL GÉNERO *CROSSOPETALUM* (CELASTRACEAE)

Chel Guerrero, L. D.; Pérez Espadas, A. R.; Cantillo Ciau, Z.

Laboratorio de Química Farmacéutica. Facultad de Química. Posgrado Institucional en Ciencias Químicas y Bioquímicas. Universidad Autónoma de Yucatán. Calle 41 No. 421 x 26 y 28 Col. Industrial, Mérida, Yucatán, C.P. 97150. ldch.guerrero7@gmail.com.

Introducción. México es uno de los países megadiversos con alrededor de 30,000 especies de plantas superiores, éstas producen metabolitos secundarios, los cuales tienen valor medicinal y económico. La familia Celastraceae es de gran interés mundial debido a la diversidad estructural de sus metabolitos, entre los que se encuentran compuestos terpenoides, alcaloides, flavonoides y otros compuestos fenólicos y por las propiedades detectadas tales como actividad antimicrobiana, anticancerígena, retroviral y disuasora de la alimentación [1]. El género *Crossopetalum* perteneciente a esta familia, cuenta con tres especies en la Península de Yucatán, *C. parviflorum*, *C. gaumeri* (endémica) y *C. rhacoma*. Estas especies son usadas en la medicina tradicional para tratar la diarrea, la nefritis y como antiviperino y han sido poco estudiadas desde el punto de vista fitoquímico [2-3], es por eso, que este trabajo tiene como objetivo contribuir a la química del género *Crossopetalum* mediante el estudio fitoquímico de las especies *C. gaumeri* (Loes.) Lundell y *C. rhacoma* Crantz.

Metodología. Cromatografías sucesivas utilizando sephadex lipofílico LH-20, octadecilsilano y gel de sílice. Las estructuras se determinaron mediante espectrometría de masas y espectroscopía de RMN (^1H y ^{13}C) y RMN-2D.

Resultados y Discusión. Del extracto hexánico de la corteza de las raíces de *C. rhacoma*, se logró el aislamiento e identificación de seis compuestos terpenoides, un aducto de diterpeno conocido como maytenona (**I**) [4], un dinor seco triterpeno, conocido como dzununcanona (**II**) [4], tres triterpenos de tipo fenólico conocidos como zylasterona (**III**) [5], 6-oxopristimerol (**IV**) y 23-nor-6-oxopristimerol (**V**) [6] y un diterpeno conocido como 14, 18 α -dihidroxi-8,11,13 abietatrieno (**VI**) [3]; del extracto hexánico-éter etílico de la corteza de las raíces de *C. gaumeri*, se aislaron e identificaron cuatro compuestos, los cuáles se aislaron también de la especie mencionada anteriormente: **I**, **III**, **IV** y **V** y un diterpeno de tipo abietano conocido como 12,16, dihidroxi-8,11,13-abietatrien-7-ona (**VII**) [3].

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE SUPERFICIE Y MECÁNICAS DE SISTEMAS MIXTOS DE GOMA CARBOXIMETILADA DE FLAMBOYÁN (*Delonix regia*) CON HIDROLIZADOS PROTEÍNICOS DE *Phaseolus lunatus*.

Corzo Rios L. J.^{a, b}, Bentancur Ancona D.A.^a, Chel Guerrero L.A.^a

^a Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilometro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97203. cguerrer@uady.mx

^b Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Barrio La Laguna, Col. Ticomán, México, DF, C.P. 07340.

Introducción. Los hidrocoloides, gomas y proteínas, son ampliamente usados en la formulación de muchos alimentos para mejora los atributos de calidad y su vida de anaquel. Se utilizan principalmente como agentes espesantes y gelificantes. Como agentes espesantes se utilizan en sopas, gravies, aderezos, y salsas, mientras que como gelificantes son ampliamente usados en productos como mermeladas, jaleas, alimentos tipo geles reestructurados y bajos en calorías (1).

La goma de flamboyán es un galactomanano constituido por una cadena principal de D-manosas (β -1,4) y con ramificaciones (α , 1-6) de D-galactosas en una relación manosa:galactosa de 4:1, con un peso molecular de 2.5×10^5 (2). Por su parte, se ha reportado la mejora en algunas propiedades funcionales de las proteínas de *Phaseolus lunatus* cuando son hidrolizadas (3), por lo que pueden cumplir un papel funcional en los alimentos debido a la mayor solubilidad, así como a la exposición de los residuos hidrofóbicos presentes en el interior de la proteína intacta.

Es conveniente desde el punto de vista tecnológico y económico, encontrar fuentes alternativas de carácter regional o autóctono que puedan tener potencialmente buenos atributos funcionales y nutrimentales. Como es el caso de la goma obtenida de las semillas de flamboyán, cuando se encuentran en un sistema acuoso y sus mezclas con proteínas hidrolizadas de la leguminosa *Phaseolus lunatus*. Por lo anterior se planteó el objetivo de evaluar la influencia de algunas condiciones intrínsecas y extrínsecas sobre las propiedades reológicas y texturales de sistemas hidrocoloides mixtos formados a partir de hidrolizados proteicos de *Phaseolus lunatus* y goma modificada (GMF) de flamboyán (*Delonix regia*).

Metodología.

El concentrado proteico de *Phaseolus lunatus* fue hidrolizado por tratamiento secuencial con las enzimas pepsina-pancreatina para la obtención de dos hidrolizados proteicos (HPP) (2.0 y 8.3% de grado de hidrólisis), la goma nativa de flamboyán se modificó por carboximetilación (GMF) hasta obtener un grado de sustitución (GS) 0.53 (3). Posteriormente, se formaron sistemas hidrocoloides mixtos (SHM) con cada uno de los dos hidrolizados en diferentes proporciones HPP:GMF. Además, a los hidrolizados proteicos, la goma modificada y a los SHM, se le realizarán pruebas reológicas (viscoelasticidad y propiedades de flujo) y dureza de geles. Para la evaluación de estas propiedades se utilizó un diseño factorial 2^3 con 4 réplicas al punto central, teniendo las siguientes variables de estudio: pH del medio (3 y 9), fuerza iónica (0 y 0.05M) y concentración de sólidos del sistema (HPPs, GMF y SHMs).

Resultados y Discusión.

El comportamiento reológico de dispersiones de la goma carboximetilada y de los 2 SHM, a las distintas concentraciones, fuerza iónica y valores de pH se ajustaron al modelo de la Ley de la potencia. En el caso de la GMF los valores del índice de flujo (n) se vieron afectados por el pH, a concentraciones de goma al 4% , mientras que a concentraciones de 2% permaneció constante a los 2 valores de pH y fuerza iónica un valor de 0.8, estos valores de n indica un comportamiento reo-fluidizante o pseudoplástico. Para los valores del índice de consistencia (k) se encontró una mayor dispersión de los

datos pues éstos variaron de 0.2 a 2.85, siendo los mayores valores presentados a pH 9 en las condiciones estudiadas. Los valores de k para las dispersiones de los SHM se vieron afectados por el pH y la fuerza iónica, así como por la relación H:G, siendo mayores los valores de k a pH alcalinos y mayor relación H:G

Para la GMF, en todos los casos estudiados a 4%, se obtuvieron geles débiles que no mostraron una clara ruptura de la estructura del gel, sin que se haya observado una separación de fases. Para los HPP a pH ácidos la formación de geles fue mínima o en algunos casos no se dio. Por otro lado, al formar los geles con los SHM la dureza de los geles se incrementó en algunos casos hasta en 10 veces el valor obtenido para los geles formados con GMF o HPP individualmente, como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Dureza de los geles formados con los sistemas hidrocoloides Hidrolizado de *P. lunatus*: Goma carboximetilada de flamboyán (kgf x10⁻³)

Condiciones experimentales		GMF		H1		H1:GMF		H2		H2:GMF	
pH	NaCl (M)	(%)	D	%	D	H:G %	D	%	D	H:G %	D
3	0	4	0.65	10	0.64	4:2	6.27	10	0.68	4:2	7.33
3	0.05	4	0.42	10	0.00	4:2	5.90	10	0.00	4:2	6.33
9	0	4	0.67	10	1.23	4:2	9.10	10	1.19	4:2	8.53
9	0.05	4	0.24	10	0.10	4:2	8.80	10	0.08	4:2	8.00
3	0	6	1.93	15	1.20	6:2	7.00	15	1.20	6:2	8.25
3	0.05	6	1.77	15	0.60	6:2	6.90	15	0.53	6:2	7.50
9	0	6	2.71	15	5.00	6:2	9.75	15	4.97	6:2	9.33
9	0.05	6	2.64	15	2.50	6:2	9.70	15	1.32	6:2	8.50
6	0.025	5	0.79*	12.5	1.10*	5:2	7.50*	12.5	1.10*	5:2	7.40*

*Promedio de 4 réplicas

Conclusiones. Las dispersiones de la GMF y los SHM tienen un comportamiento reológico que se ajusta al modelo de la Ley de la potencia, además de tener un comportamiento tipo reo-fluidizante. Bajo las condiciones del presente estudio, el incremento del índice de consistencia así como la fuerza del gel se vio favorecido con el incremento del pH y la relación H:G

Agradecimiento. El presente trabajo es financiado por el CONACYT mediante el apoyo al proyecto "Bioactividad y propiedades fisicoquímicas de SHM integrados por proteínas hidrolizadas de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y goma modificada de flamboyán (*Delonix regia*)" con no. de convenio 106605. El autor principal cuenta con Beca CONACYT No. 88354

Referencias.

1. Saha D, Bhattacharya S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: A critical review. *J. Food Sci. Technol.* 47(6):587–597.
2. Tamaki Y, Teruya T, Tako M (2010) The Chemical Structure of Galactomannan Isolated from Seeds of *Delonix regia*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 74 (5):1110–1112
3. Medina-Dzul K (2011) Funcionalidad tecnológica de sistemas hidrocoloides mixtos de hidrolizado de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) con goma modificada de flamboyán (*Delonix regia*). Tesis Maestría. FIQ-UADY. Mérida Yucatán, México.

“MALTODEXTRINAS ENZIMÁTICAMENTE RESISTENTES OBTENIDAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)”

Toraya Avilés, R. ; Segura Campos, M. ; Betancur Ancona, D.

Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte, Km. 33.5, Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, C.P. 97288, chitoraya@prodigy.net.mx.

Introducción. El almidón es la principal fuente de energía para los seres humanos y se encuentra en diversas fuentes; entre ellas, las raíces de Yuca (*Manihot esculenta*), donde es utilizado principalmente en forma nativa. Sin embargo, la industria prefiere almidones con propiedades funcionales y nutrimentales versátiles para satisfacer necesidades específicas. Para ello, estos pueden ser modificados a través de métodos químicos, físicos y bioquímicos, entre ellos se encuentran la piroconversión y la hidrólisis enzimática, que al aplicarse secuencialmente sobre moléculas de almidón nativo permiten la obtención de compuestos conocidos como maltodextrinas enzimáticamente resistentes (MER) [1-2]. Éstas tienen un gran potencial como ingrediente alimentario por sus propiedades funcionales (alta solubilidad, baja viscosidad, resistencia a temperaturas elevadas, formación de soluciones claras y estables) pero principalmente por ser indigeribles o de baja digestibilidad, por lo cual poseen un aporte calórico bajo en relación con el almidón nativo y propiedades fisiológicas similares a las de la fibra soluble [3].

Con base en lo antes mencionado, este proyecto pretende evaluar las propiedades fisicoquímicas y nutrimentales de pirodextrinas y MER obtenidas por piroconversión e hidrólisis enzimática de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) e incorporación de las MER en la formulación de pan blanco.

Metodología. Se inició con la extracción del almidón nativo de Yuca; el cual fue sometido posteriormente a diferentes tratamientos de piroconversión que se realizaron de acuerdo a un diseño factorial 2^3 con 4 réplicas del tratamiento central. Los factores y sus niveles fueron: relación almidón/HCl 2.2 M (80:1 y 160:1, w/v), temperatura (90 °C y 110 °C) y tiempo (1 h y 3 h), como variable respuesta se utilizó la cantidad de almidón indigerible (AI). Se eligió como el mejor tratamiento a las pirodextrinas con mayor contenido de AI y menor diferencia de color (ΔE) con respecto al almidón nativo de *M. esculenta*. Éstas se sometieron a hidrólisis enzimática de acuerdo a un diseño factorial 2^2 con 4 réplicas del tratamiento central. Los factores y sus niveles fueron: concentración enzima-sustrato (0.01 y 0.05 %, v/v) y tiempo de reacción (5 min y 15 min), como variable respuesta se utilizó el número de equivalentes de dextrosa (ED). Siendo el mejor tratamiento aquel donde se consiguieron las MER con el número de ED más bajo. A las pirodextrinas y MER obtenidas en los mejores tratamientos se les evaluaron propiedades funcionales (gelatinización, solubilidad, poder de hinchamiento, absorción de agua) y propiedades nutrimentales (almidón disponible, indigerible y fibra dietética total). Actualmente, se está trabajando en la determinación del índice glicémico de las MER. Éstas serán incorporadas en la formulación de 2 prototipos de pan blanco, donde sustituirán al azúcar en un 50 y 100 %, respectivamente. A estos panes se les realizará una evaluación sensorial mediante una escala hedónica estructurada de siete puntos descriptores.

Resultados y discusión. Las pirodextrinas de *M. esculenta* presentaron valores de AI en un rango de 30.16 % a 48.76 %. El análisis de varianza de los datos indicó que tanto la interacción temperatura-tiempo como la de almidón/HCl-temperatura- tiempo tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) para obtener la mayor cantidad de AI. Los tratamientos 2, 4 y 7 fueron los que registraron los mayores valores de almidón indigerible; 42.51 %, 48.76 % y 45.98 %, respectivamente. Estos fueron estadísticamente diferentes a los presentados por los demás tratamientos ($p < 0.05$). Los valores de ΔE

presentados por dichos tratamientos fueron de 10.25, 4.71 y 1.89, respectivamente. Por lo tanto, se eligió como mejor tratamiento al número 7, que implicó usar una relación baja de almidón/HCl (160:1), temperatura baja (90 °C) y tiempo prolongado de reacción (3 h). Las pirodextrinas del tratamiento 7 se sometieron a hidrólisis enzimática obteniendo MER con valores de ED en un rango de 24.45 % a 39.23 %. El análisis de varianza de los datos indicó que únicamente el factor de concentración de la enzima tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el número de ED obtenidos. El tratamiento 3 fue el que registró el menor porcentaje de ED (24.45 %); éste fue significativamente diferente al resto de los tratamientos ($p < 0.05$). En relación a las propiedades funcionales de los mejores tratamientos, el almidón pirodextrinizado presentó valores de absorción de agua entre 0.16 y 1.47 g de agua/g de gel, lo cual indica una leve capacidad al compararlo con el almidón nativo de yuca (42-71 g de agua/g de gel) [4]. Las MER no mostraron esta capacidad en ninguna de las temperaturas evaluadas. Con respecto a la solubilidad, las MER presentaron valores elevados (99.8-100 %) en todas las temperaturas empleadas (25 °C – 90 °C), alcanzando su máximo a partir de los 60°C. Las pirodextrinas mostraron una solubilidad más baja que las MER a 25 °C y 60 °C (56 y 93 %, respectivamente), a las demás temperaturas se encontraron valores de 100 % de solubilidad. En lo referente al poder de hinchamiento, las pirodextrinas mostraron cierta capacidad a temperaturas bajas (25 °C y 60 °C) a diferencia de las MER, cuya capacidad fue nula. A partir de los 70 °C, las pirodextrinas no reportaron esta propiedad y continuó ausente en las MER. Por otra parte, no se observaron picos de gelatinización o de transición en los termogramas realizados a las pirodextrinas y MER, lo cual fue un indicativo de la pérdida de la estructura cristalina nativa.

Conclusiones. La interacción temperatura-tiempo así como la de almidón/HCl-temperatura- tiempo fueron los factores que más afectaron la obtención de almidón indigerible en las pirodextrinas de *M. esculenta*. Las mejores condiciones de piroconversión fueron: almidón/HCl (160:1), temperatura (90 °C) y tiempo de reacción (3 h), ya que se obtuvo un buen contenido de almidón indigerible (45.98 %) y la menor diferencia de color ($\Delta E = 1.89$). El factor concentración de enzima tuvo el mayor efecto en los ED obtenidos en la hidrólisis enzimática. El menor porcentaje de ED conseguido fue 24.45 %. Se observó que las reacciones de piroconversión e hidrólisis enzimática además de tener un efecto importante sobre las características nutrimentales del almidón nativo de yuca también afectaron sus propiedades funcionales. En comparación con el almidón nativo, las pirodextrinas obtuvieron una leve capacidad de absorción de agua (0.16-1.47 g de agua/g de gel). Las MER no presentaron esta propiedad en ninguna de las temperaturas evaluadas. La solubilidad aumentó en las pirodextrinas (56-100%) pero fue aún mejor en las MER (99.8-100 %). Con respecto al poder de hinchamiento, las pirodextrinas mostraron cierta capacidad a temperaturas bajas (25 y 60 °C) y fue nula al aumentar la temperatura. Las MER no presentaron esta propiedad. Tampoco fue posible encontrar ningún pico endotérmico que identifique la transición de gelatinización en los termogramas realizados a las pirodextrinas y a las MER.

Agradecimiento. Se agradece especialmente al CONACYT (CVU 417311) por la beca otorgada durante la realización de este proyecto, así también a la UADY y a todo su personal por el apoyo brindado a lo largo de estos últimos 2 años.

Referencias.

1. Aristizabal J., Sánchez T., & Mejía D. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma.
2. Balagopalan, C. (2002). Cassava utilization in food, feed and industry. En: *Cassava: Biology, Production and Utilization*. Hillocks, R. J., Thresh J. M. & Bellotti A. (Edits.). C. International, New York, 301-318.
3. Prosky L. & McCleary B. V. (2001). *Advanced Dietary Fiber Technology*. Blackwell Science, U.S.A.
4. Moorthy S. N. (2002). Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches: A review. *Starch/Stärke*. 54: 559-592.

DETERMINACIÓN DE LA ENZIMA ASPARTIL PROTEINASA SECRETORIA EN CEPAS DE *Candida albicans* AISLADAS DE LA CAVIDAD BUCAL DE DIFERENTES GRUPOS DE PACIENTES.

Hernández Solís S. E.^a, Rojas Herrera R.^a, Rueda Gordillo F.^b

^a Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn. Mérida, Yucatán, C.P. 97203. hsolis @uady.mx.

^b Facultad de Odontología. Universidad Autónoma de Yucatán. Calle 61-A #492A Costado sur parque "De la Paz", Centro. Mérida, Yucatán, C.P. 97000.

Introducción. Las especies del género *Candida* son patógenos oportunistas que viven como comensales en la cavidad oral en una proporción significativa de sujetos sanos. Ciertos factores favorecen la colonización oral de estas especies y el desarrollo de la infección oportunista llamada candidiasis oral, siendo *C. albicans* la especie más prevalente de todas (1). Entre los factores predisponentes para la colonización por *Candida* se encuentran: disfunciones metabólicas, SIDA, cáncer, diabetes, leucemia, extremos de la edad (niños y ancianos), utilización de antibióticos de amplio espectro, quimioterapias, entre otros. Estos factores contribuyen al incremento de las infecciones por este microorganismo a nivel mundial, facilitando la conversión de *Candida* de la forma comensal a patógena (2,3,4). Por otro lado, también se ha visto que diversos factores de virulencia de *Candida* spp., contribuyen a su patogenicidad, siendo el más importante la producción de enzimas hidrolíticas extracelulares como las Aspartil proteinasas secretorias (Saps) (5,20). Las Saps son una familia de enzimas capaces de degradar diversos tipos de sustratos fisiológicamente importantes, entre los que se encuentran componentes celulares de las mucosas y elementos del sistema inmune (5,6). Estudios experimentales han sugerido que la elevada producción de Saps por *C. albicans* mejora la capacidad del microorganismo para colonizar y penetrar tejidos y evadir el sistema inmune del huésped (7,5).

Objetivo: El propósito de este estudio fue determinar la actividad de la Aspartil proteinasa secretoria de cepas de *C. albicans* aisladas de la cavidad oral de pacientes inmunodeprimidos con cáncer, diabéticos y seropositivos a VIH, con candidiasis oral y sujetos

Metodología. Se analizaron 250 cepas de *C. albicans* aisladas mediante un hisopado de la mucosa bucal de cinco grupos diferentes: pacientes con cáncer, diabéticos, seropositivos a VIH, con candidiasis oral y sujetos sanos. La identificación presuntiva de las cepas de *C. albicans* se realizó mediante cultivos en Agar Dextrosa Sabouraud y CHROMagar Candida (BBL, Becton, Dickinson and Company) y la confirmación mediante la técnica de la Racción en Candena de la Polimerasa (PCR), empleando oligonucleótidos específicos para el género *Candida* y la especie *albicans*. Para determinar la actividad proteolítica, se llevó a cabo la técnica descrita por Ozkan y colaboradores [8].

Resultados y Discusión. El 46% de las cepas provenientes de pacientes con cáncer, el 54% de VIH, el 60% de diabéticos, el 70% de candidiasis oral y el 42% de sujetos sanos presentaron actividad proteolítica. Las cepas de los pacientes inmunodeprimidos y con candidiasis oral presentaron una mayor actividad proteolítica que las de los sujetos sanos. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de candidiasis-sanos, candidiasis-VIH y diabéticos-sanos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las cepas de los pacientes con candidiasis oral, diabéticos y con cáncer; tampoco entre los pacientes diabéticos y con VIH; ni entre los pacientes con cáncer, VIH y sujetos sanos.

Conclusiones. Con estos hallazgos se puede inferir que a pesar de que las Saps juegan un papel importante en la patogénesis de *C. albicans*, su actividad depende de las condiciones del huésped.

Referencias.

1. Sanchez-Vargas LO, Ortiz-Lopez NG, Villar M, Moragues MD, Aguirre JM, Cashat-Cruz M, Lopez-Ribot JL, Gaitan-Cepeda LA, Quindos G. (2005). *Oral Candida* isolates colonizing or infecting human immunodeficiency virus-infected and healthy persons in Mexico. *J Clin Microbiol.* **43**:4159-62.
2. Boriollo MF, Bassi RC, dos Santos Nascimento CM, Feliciano LM, Francisco SB, Barros LM, Spolidorio LC, Palomari Spolidorio DM. (2009). Distribution and hydrolytic enzyme characteristics of *Candida albicans* strains isolated from diabetic patients and their non-diabetic consorts. *Oral Microbiol Immunol.* **24**:437-50.
3. Patel M, Shackleton JT, Coogan MM. (2006). Effect of antifungal treatment on the prevalence of yeasts in HIV-infected subjects. *J Med Microbiol.* **55**:1279-84.
4. Pfaller MA, Diekema DJ. (2007). Epidemiology of invasive candidiasis: a persistent public health problem. *Clin Microbiol Rev.* **20**:133-63.
5. da Costa KR, Ferreira JC, Komesu MC, Candido RC. (2009). *Candida albicans* and *Candida tropicalis* in oral candidosis: quantitative analysis, exoenzyme activity, and antifungal drug sensitivity. *Mycopathologia.* **167**:73-9.
6. Noumi E, Snoussi M, Hentati H, Mahdouani K, del Castillo L, Valentin E, Sentandreu R, Bakhrouf A. (2010). Adhesive properties and hydrolytic enzymes of oral *Candida albicans* strains. *Mycopathologia.* **169**:269-78.
7. Costa CR, Jesuino RS, de Aquino Lemos J, de Fatima Lisboa Fernandes O, Hasimoto e Souza LK, Passos XS, do Rosario Rodrigues Silva M. (2010). Effects of antifungal agents in sap activity of *Candida albicans* isolates. *Mycopathologia.* **169**:91-8.
8. Ozkan S, Kaynak F, Kalkanci A, Abbasoglu U, Kustimur S. (2005). Slime production and proteinase activity of *Candida* species isolated from blood samples and the comparison of these activities with minimum inhibitory concentration values of antifungal agents. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* **100**:319-23.

ESTUDIO DINÁMICO Y METABÓLICO DE UN CONSORCIO MICROBIANO DEGRADADOR DE HIDROCARBUROS DEL PETRÓLEO

Canul Chan M.*, Zepeda Pedreguera A., Rojas Herrera R.

Facultad de Ingeniería Química, Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán, México.
michelcanul@hotmail.com*

Introducción. En la actualidad uno de los principales problemas a nivel mundial es la contaminación del agua y del suelo ocasionada por malas prácticas y derrames de hidrocarburos. Tan solo en México, para el año 2000 se reportaron un total de 1,518 derrames [1]. Una solución propuesta a estos problemas es la biodegradación, la cual hace uso de los consorcios microbianos para tratar el agua y el suelo contaminados con diversos compuestos tóxicos [2]. Los estudios de biodegradación de contaminantes se pueden realizar mediante técnicas de cuantificación y detección de las poblaciones microbianas [3]. Las cuales permiten obtener información de los cambios poblacionales de una comunidad microbiana como respuesta a la presencia de compuestos tóxicos, así como su capacidad de resistir frente a los disturbios generados por los contaminantes antropogénicos [4]. Lo anterior ha sido posible a los avances en las metodologías de la biología molecular han ayudado a mejorar nuestro entendimiento de las funciones microbianas, sus interacciones con otros microorganismos y sus hábitats [5]. El objetivo de este trabajo es estudiar la dinámica poblacional y la actividad metabólica de un consorcio microbiano en un proceso de biodegradación de hidrocarburos del petróleo.

Metodología. La biodegradación de hidrocarburos del petróleo se llevó a cabo en sistemas de microcosmos con un volumen de operación de 100 mL. Se emplearon petróleo crudo y combustóleo 0.5% (v/v) como fuentes de carbono, 5% (v/v) inóculo y el medio mineral de Bushnell-Haas [6]. Los microcosmos fueron incubados a 37°C y 150 rpm. El crecimiento microbiano fue evaluado por medio de la evaluación de la cantidad de proteína celular, medida por el método de Peterson [7]. La cantidad de hidrocarburos removidos se evaluó mediante extracción con hexano y cromatografía de gases con detector de masas. Muestras de ADN y ARN fueron obtenidas en cada tiempo de muestreo. El ADN fue empleado para determinar la dinámica poblacional mediante el análisis de la variación de la región V3 del gen 16S usando electroforesis en gel con gradiente de desnaturalización (DGGE), así mismo se envió a un servicio externo muestras de ADN para su pirosecuenciación, los datos de las secuencias obtenidas se analizaron usando un servidor de análisis metagenómico (MG-RAST) [8]. Finalmente el ARN se empleó para el análisis de la expresión de los genes catabólicos involucrados en el proceso de biodegradación de hidrocarburos.

Resultados y Discusión. El consorcio microbiano fue capaz de crecer en ambos sustratos. Se evaluó el crecimiento microbiano, se graficaron los resultados y finalmente se evaluaron los modelos cinéticos de Gompertz, logístico y de Monod con el fin de explicar y predecir el comportamiento del mismo frente a los sustratos empleados en este estudio. El modelo de Gompertz fue capaz de predecir el comportamiento y permitió obtener las velocidades de crecimiento obteniendo 0.6801 h^{-1} y 0.1442 h^{-1} , con lo cual se observó un mayor crecimiento en el petróleo crudo en comparación con el combustóleo (Fig 1). El tiempo de exposición al petróleo crudo y al combustóleo fue de 44 y 130 días respectivamente. La evaluación de la degradación de los hidrocarburos presentes en el petróleo crudo y en el combustóleo los cuales presentaron una degradación del 59 % y 34 % respectivamente (Fig 2). Durante el análisis de la dinámica poblacional por medio de DGGE se determinó una mayor diversidad en el número de unidades taxonómicas operacionales (OTU) durante la degradación del combustóleo en comparación con el petróleo crudo. En el análisis metagenómico de las secuencias obtenidas de la pirosecuenciación se encontraron 25 géneros bacterianos durante la degradación del combustóleo y 17

durante la degradación del petróleo crudo. Así mismo, 9 de estos generos son compartidos, con lo cual se puede determinar a 33 generos conformando el consorcio microbiano. La identificación de los genes catabólicos involucrados en el proceso de la biodegradación de hidrocarburos. La presencia de los genes de catecol 2,3 dioxigenasa y alcanos monooxigenasa fue detectada durante la exposición del consorcio microbiano al petróleo crudo y al combustóleo.

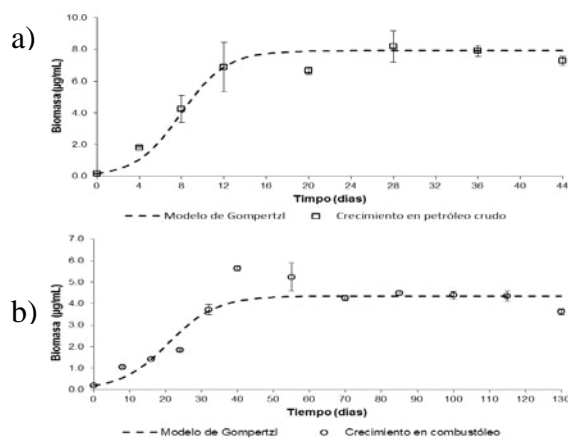


Fig. 1 Evaluación del crecimiento microbiano mediante análisis cinético con el modelo de Gompertz. (a) Petróleo crudo, (b) combustóleo.

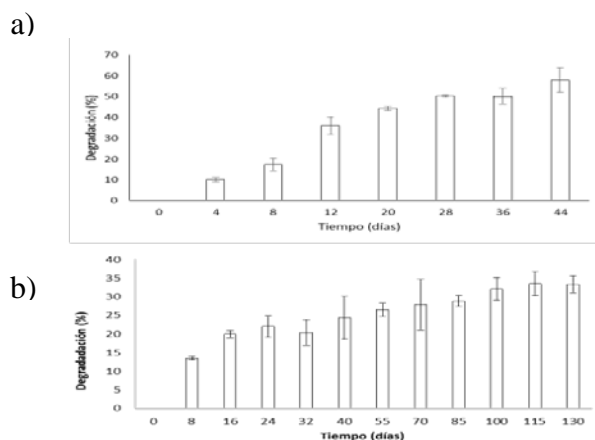


Fig. 2 Evaluación de la degradación de los hidrocarburos presentes en los sustratos. (a) Petróleo crudo, (b) combustóleo.

Conclusiones. El consorcio microbiano fue capaz de degradar el 59% de los hidrocarburos presentes en el petróleo crudo y el 34% de los presentes en el combustóleo, observándose una mayor velocidad de crecimiento cuando se usó petróleo crudo como fuente de carbono. Un total de 25 géneros bacterianos son responsables del proceso de biodegradación de los hidrocarburos presentes en el combustóleo y 17 géneros se encuentran relacionados a la biodegradación del petróleo crudo y sus componentes. Sin embargo, existen 9 géneros que se encuentran en ambos procesos de biodegradación. La actividad de catecol 2,3 dioxigenasa y alcanos monooxigenasa fueron detectados durante la degradación de los hidrocarburos presentes tanto en el petróleo crudo como en el combustóleo.

Referencias.

1. Iturbe, R.; Flores, C.; Torres, L. G. (2007), Operation of a 27-m³ biopile for the treatment of petroleum-contaminated soil. *Remediation* 17 (2), 97-108.
2. Röling, W. F.; Ferrer, M.; Golyshin, P. N. (2010), Systems approaches to microbial communities and their functioning. *Current Opinion in Biotechnology* 21 (4), 532-538.
3. Malik, S.; Beer, M.; Megharaj, M.; Naidu, R. (2008), The use of molecular techniques to characterize the microbial communities in contaminated soil and water. *Environment International* 34 (2), 265-276.
4. Desai, C.; Pathak, H.; Madamwar, D. (2010), Advances in molecular and "-omics" technologies to gauge microbial communities and bioremediation at xenobiotic/anthropogen contaminated sites. *Bioresource Technology* 101 (6), 1558-1569.
5. Saleh-Lakha, S.; Miller, M.; Campbell, R. G.; Schneider, K.; Elahimanes, P.; Hart, M. M.; Trevors, J. T. (2005), Microbial gene expression in soil: methods, applications and challenges. *Journal of Microbiological Methods* 63 (1), 1-19.
6. Bushnell, L. D.; Haas, H. F. (1941), The Utilization of Certain Hydrocarbons by Microorganisms. *Journal of Bacteriology* 41 (5), 653-673.
7. Peterson, G.L. (1983). Determination of total protein. *Methods Enzymol* 91, 95-119.
8. Meyer, F.; Paarmann, D.; D'Souza, M.; Olson, R.; Glass, E. M.; Kubal, M.; Paczian, T.; Rodriguez, A.; Stevens, R.; Wilke, A.; Wilkening, J.; Edwards, R. A. (2008), The metagenomics RAST server - a public resource for the automatic phylogenetic and functional analysis of metagenomes. *BMC Bioinformatics* 9 (1), 386

MICROENCAPSULACIÓN DE HIDROLIZADOS DE *Phaseolus lunatus* CON GOMAS DE FLAMBOYÁN (*Delonix regia*) Y CHÍA (*Salvia hispanica*)

Sandoval Peraza, M., Chel Guerrero, L., Betancur Ancona, D.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías. Periférico norte km 33.5, Tablaje catastral 13615 Col Chuburná de Hidalgo Inn. Mérida, Yucatán, C.P. 97203, vamusa_peraza@hotmail.com

Introducción. La hidrólisis enzimática de proteínas produce péptidos que pueden presentar una actividad biológica benéfica frente a enfermedades crónico-degenerativas. Sin embargo, las condiciones gastrointestinales propician su degradación [1]. Para garantizar su absorción en el tracto digestivo se pueden utilizar técnicas de encapsulación proporcionándoles una cubierta que los proteja. Dentro las coberturas usadas se encuentran las gomas, de la cuales una fuente potencial serían las semillas de flamboyán y chía las cuales pueden usarse en la encapsulación de agentes bioactivos [2,3]. El *Phaseolus lunatus* a su vez, sería una buena fuente de péptidos, debido a su alto contenido de proteína [4].

El objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad encapsulante de la goma nativa de chía (*Salvia hispanica*) y la goma modificada de flamboyán (*Delonix regia*) sobre ciertas fracciones peptídicas obtenidas de la hidrólisis de la proteína de *Phaseolus lunatus*.

Metodología. Se desarrolló en 3 etapas, la primera consistió en la obtención de los péptidos bioactivos, así como la determinación de su actividad biológica. Para esto se obtuvo la harina de *Phaseolus lunatus*, de esta se extrajo por precipitación el concentrado proteínico, al cual se le realizó una hidrólisis enzimática con el sistema secuencial Pepsina-Pancreatina. Posteriormente se determinó el grado de hidrólisis. El hidrolizado se sometió a ultrafiltración para obtener las fracciones peptídicas; a éstas se les determinó la cantidad de proteína presente en cada fracción y por último se determinó la actividad antioxidante y actividad antihipertensiva [4, 5]. La segunda etapa consistió en la obtención del mucílago de chía [3] y por último la tercera etapa consistió en la obtención de la goma nativa de flamboyán a la cual se le realizó el proceso de carboximetilación y determinación del grado de sustitución [2].

Resultados y Discusión. Los resultados de la composición proximal de la harina de *Phaseolus lunatus*, el concentrado proteínico, semillas y goma nativa de chía así como las semillas y goma nativa de flamboyán, se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición proximal de la harina de *P. lunatus*, concentrado proteínico, y gomas nativas de chía y flamboyán.

Componente (%)	Harina de <i>P. lunatus</i>	Concentrado Proteínico	Semillas de chía	Goma de chía	Semillas de flamboyán	Goma de flamboyán
Humedad	12.71 ± 0.09	2.80 ± 0.15	7.95 ± 0.003	6.94 ± 0.18	10.57 ± 0.14	7.67 ± 0.04
Proteína	21.98 ± 0.01	70.68 ± 0.27	28.16 ± 0.45	6.51 ± 0.01	20.74 ± 0.20	1.05 ± 0.02
Fibra Cruda	4.44 ± 0.25	0.35 ± 0.02	24.97 ± 0.40	16.46 ± 0.41	17.61 ± 0.18	0.53 ± 0.09
Grasa	3.23 ± 0.20	3.63 ± 0.18	25.06 ± 0.43	0.83 ± 0.06	2.73 ± 0.05	0.28 ± 0.02
Cenizas	4.04 ± 0.02	4.15 ± 0.09	4.35 ± 0.08	8.07 ± 0.22	4.09 ± 0.14	0.30 ± 0.005
E. L. N.	66.29 ± 0.49	18.68 ± 0.35	17.44 ± 0.58	68.18 ± 0.55	54.81 ± 0.42	97.82 ± 0.10

Como puede observarse en el Cuadro 1, se obtuvo una cantidad aceptable de proteína, tanto en la harina como en el concentrado proteínico; sin embargo, estos valores son menores a los reportados por Torruco [5]. Con respecto al extracto libre de nitrógeno (E.L.N.), el tener un mayor porcentaje permite tener una mayor cantidad de materia disponible y a la vez, se limita la interacción de los diferentes compuestos presentes en la goma con el polisacárido. Con respecto al grado de hidrólisis en el concentrado proteínico se obtuvo un valor de 21.5%, este valor fue superior al reportado por Betancur [4] para hidrolizados de *P. lunatus* obtenidos mediante la hidrólisis con el sistema secuencial Alcalasa-

Flavourzima. Después de la obtención de las fracciones peptídicas se determinó la cantidad de proteína presente en cada fracción, así como su actividad antihipertensiva y antioxidante, los valores obtenidos se muestran en la Figura 1.

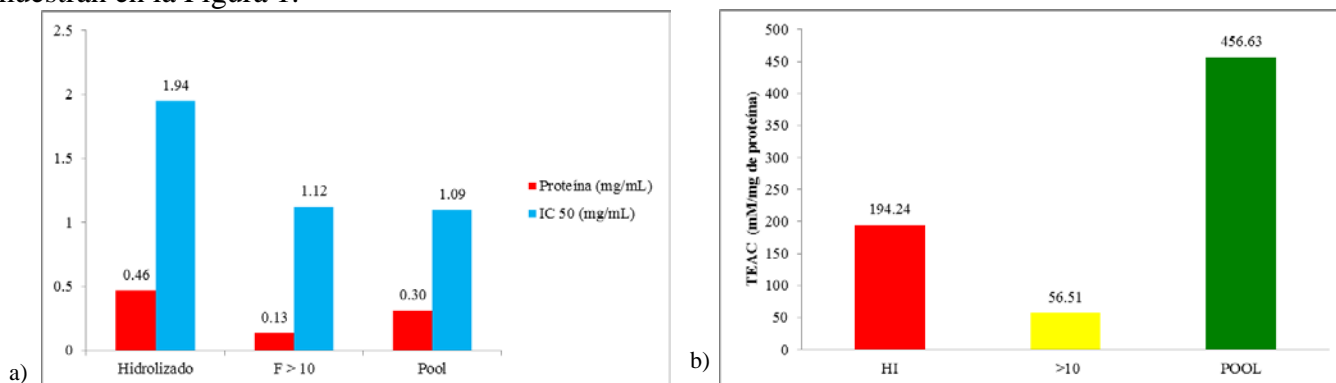


Fig. 1. a) Cantidad de proteína en las fracciones peptídicas y actividad antihipertensiva, b) TEAC de las fracciones peptídicas. Como puede observarse en la figura 1, los valores de proteína del hidrolizado, fracción mayor a 10 kDa y menor a 10kDa fueron de 0.46, 0.13 y 0.30 mg/mL respectivamente. Con respecto a la actividad antihipertensiva, se observó que el fraccionamiento enzimático aumenta la actividad en las fracciones. Este mismo comportamiento fue observado en la actividad antioxidante, viéndose un aumento notable en la fracción menor a 10 kDa. Con respecto a la carboximetilación de la goma de flamboyán se obtuvo un valor de 0.226, el cual corresponde a un grado de sustitución del 7.54%, este valor de carboximetilación es menor al reportado por Pacheco [2] el cual reporta un valor de 0.33 equivalente al 11%.

Conclusiones. Se obtuvo un grado de sustitución del 7.54% para la goma de flamboyán. Con respecto al concentrado proteínico se obtuvo un grado de hidrólisis del 21.5% con el sistema secuencial Pepsina-Pancreatina. En la actividad antioxidante y antihipertensivas se observó que el fraccionamiento propició el aumento en los valores de TEAC e IC50, mostrando que la hidrólisis enzimática permite la obtención de fracciones peptídicas con actividad biológica.

Agradecimiento. A CONACYT por la beca 335317.

Referencias.

1. Segura, Chel, Betancur, Hernández (2011). Bioavailability of bioactive peptides. *Food reviews international*. 1-18. Posted online 23 de Febrero de 2011.
2. Pacheco (2010). Evaluación de una matriz hidrocoloide obtenida a partir de la semilla de flamboyán (*Delonix regia*) para encapsular papaína como modelo de sustancia nutraceutica. Tesis en opción al grado de: Doctor en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.
3. Marín, Acevedo, Tamez, Nevero (2008). Proceso de obtención del mucílago de *Salvia hispanica* L. Patente WO 2008/044908 A2. pp. 1-32.
4. Betancur, Martínez, Corona, Castellanos, Jaramillo, Chel (2009). Functional properties of hydrolysates from *Phaseolus lunatus* seeds. *International Journal of Food Science and Technology*. 44: 128-137.
5. Torruco, Chel, Martínez, Dávila, Betancur (2009). Angiotensin-I converting enzyme inhibitory and antioxidant activities of protein hydrolysates from *Phaseolus lunatus* and *Phaseolus vulgaris* seeds. *Food Science and Technology*. 1597-1604.

FUNCIONALIDAD DE DOS SISTEMAS HIDROCOLOIDES MIXTOS, DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE *Phaseolus lunatus* Y *Vigna unguiculata* CON GOMA DE FLAMBOYÁN (*Delonix regia*)

Rodríguez Canto W. J. , Chel Guerrero L. A., Betancur Ancona D.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán, México, wiler88@gmail.com

Introducción

En la actualidad se ha incrementado la demanda de alimentos, ingredientes funcionales y productos que satisfagan las necesidades y gustos del consumidor moderno, teniendo como gran reto por parte de la industria elaborar productos que tengan una amplia aceptación por los consumidores; por lo cual se están utilizando aditivos alimentarios como gomas, las cuales son hidrocoloides que brindan las características requeridas a los productos por ejemplo, mayor viscosidad, textura, y pueden interactuar con otras moléculas como péptidos o proteínas para aumentar o añadir otras funcionalidades. En México se tiene una alta prevalencia en problemas relacionados con la formación de trombos en la sangre, la cual representa una de las primeras causas de mortalidad, pudiendo existir entre 400,000 y 500,000 casos de trombosis por año [1]. Otro padecimiento con un elevado nivel de prevalencia es la caries dental ya que en México la población adulta presenta una prevalencia del 95.7% de esta [2]. En la península de Yucatán se cultivan las leguminosas *Phaseolus lunatus* y el *Vigna unguiculata* conocidos como Ib y X'pelon respectivamente, los cuales tienen una considerable cantidad de proteína, el hidrolizado proteínico del *Phaseolus lunatus* ha demostrado tener funcionalidades antitrombótica y anticariogénica en pruebas *in vitro* [3]. Otra leguminosa que se encuentra en la región es la semilla del *Delonix regia* mejor conocido como flamboyán, en la cual su endospermo contiene goma de galactomanano, este tipo de hidrocoloide presenta propiedades como aditivo en alimentos.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la funcionalidad tecnológica de los sistemas hidrocoloides mixtos en diversas condiciones fisicoquímicas, formulados a partir de goma de flamboyán (*Delonix regia*) e hidrolizados proteínicos extensivos de *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata*, así como su actividad antitrombótica y anticariogénica.

Metodología.

Se extrajo la goma de la semilla de flamboyán utilizando una modificación de la técnica descrita por Pacheco [4]. Posteriormente se trabajó con la semilla del *Phaseolus lunatus* de la cual se obtuvo un concentrado proteínico que se hidrolizó con pepsina y pancreatina secuencialmente por 5 min para cada enzima. El concentrado proteínico de la *Vigna unguiculata* se extraerá por precipitación isoeléctrica y se hidrolizará secuencialmente de la misma manera que con el del *Phaseolus lunatus* [5]. A la goma, harinas, concentrados e hidrolizados se les realizarán sus análisis proximales. A los hidrolizados se les determinará su grado de hidrólisis por el método de OPA y determinación aminoacídica. Teniendo las materias primas se procederá a realizar los análisis funcionales a los 2 sistemas hidrocoloides (goma de flamboyán con hidrolizado de *Phaseolus lunatus* y goma de flamboyán con hidrolizado de *Vigna unguiculata*) manteniendo en los sistemas la concentración de hidrolizado a 5% p/v; se trabajará a dos niveles de pH (3 y 7), dos de temperatura (30 °C y 70 °C) y dos de concentración de la goma (0.5% y 1% p/v). Las propiedades tecnofuncionales que se analizarán serán su comportamiento reológico midiendo sus componentes plásticos y viscosos, capacidad emulsificante y estabilizante por medio de espectrometría [6]. Con los resultados obtenidos, se seleccionarán los sistemas hidrocoloides que presenten las mejores características tecnofuncionales, para ser sometidas a las pruebas biofuncionales *in vitro*. Primeramente se determinará la actividad antitrombótica de los sistemas hidrocoloides, por medio del a inducción de trombos en muestra de sangre con difosfato de adenosina [7]. La prueba de actividad

anticariogénica se evaluará según la técnica reportada por Warner [8] donde se determinará la liberación de fosfato a partir de hidroxapatita en un medio con un pH similar al de la boca.

Resultados y Discusión.

Se espera que los sistemas hidrocoloides presenten buenos resultados para poder ser utilizados como aditivos alimentarios, pudiendo presentar sinergia entre los péptidos y la goma, así mismo que las actividades bioactivas (antitrombótica y anticariogénica) dadas por los péptidos de los hidrolizados se mantengan, ya que se espera que las interacciones entre los galactomananos y los péptidos sean por enlaces no covalentes, evitando así, la pérdida de la funcionalidad de los péptidos.

Conclusiones

En el cuadro 1 se muestra el cronograma a seguir para la obtención de los resultados y objetivos del presente trabajo.

Cuadro 1. Cronograma de actividades a realizar durante los 2 años de maestría.

MESES	2012			2013							2014											
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
ACTIVIDAD																						
Revisión de literatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Adquisición de materiales y reactivos	X	X	X																			
Obtención de goma de flamboyán				X	X																	
Obtención de harina <i>Phaseolus lunatus</i>						X	X															
Obtención de hidrolizado de <i>Phaseolus lunatus</i>								X	X													
Obtención de harina <i>Vigna unguiculata</i>							X	X														
Obtención de hidrolizado de <i>Vigna unguiculata</i>									X	X												
Determinación de composición Proximal			X	X	X	X	X	X	X	X												
Determinación aminoácidos											X											
Realización de pruebas reológicas y funcionales											X	X	X	X	X							
Pruebas bioactivas															X	X	X	X				
Redacción de Tesis			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Presentación de reportes	X	X						X						X								X

Agradecimiento.

Primeramente agradecer al CONACYT por el apoyo a través de la beca nacional con el número de CVU 483674, al igual que a mis directores de tesis los doctores Luis Chel y David Betancur.

Referencias

1. Secretaría de Salud (2010). *Guía de Práctica Clínica Diagnóstico y Tratamiento de la Enfermedad Tromboembólica Venosa* México: Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud.
2. Secretaría de Salud (2011). *Resultados del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Patologías Bucles SIVEPAB 2010* México.
3. Córdova A. J., Ruiz J. C., Chel, L. A., Betancur D. A. & Segura M. R. (2012). Actividad antitrombótica y anticariogénica de hidrolizados proteínicos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*). *R.F.I.Q.*, vol (52): 25-31.
4. Pacheco J., Rosado G., Betancur D. & Chel L. (2010). Physicochemical properties of carboxymethylated flamboyant (*Delonix regia*) seed gum. *CyTA J. of F.*, vol (8): 169-176.
5. Ruiz J. (2011). *Actividad biológica de péptidos obtenidos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) endurecido*. Tesis de Doctorado I.P.N. E.N.C.B., México.
6. Webb M., Naeem H. & Schmidt K. (2002). Food Protein Functionality in a Liquid System: A Comparison of Deamidated Wheat Protein with Dairy and Soy Proteins. *J.F.S.*, vol (67), 2896-2902.
7. Chim, Y. (2011). *Obtención de hidrolizados enzimáticos de pepino de mar (*Isostichopusbadionotus*) y evaluación de su bioactividad*. Maestría Tesis, F.I.Q. UADY.
8. Warner, E. A., Kanekanian, A. D. & Andrews, A. T. (2001). Bioactivity of milk proteins: Anticariogenicity of whey proteins. *I.J.D.T.*, vol (54), 151-153.

INCORPORACIÓN DE HIDROLIZADOS PROTEICOS DE *PHASEOLUS LUNATUS* Y *VIGNA UNGUICULATA* EN PRODUCTOS DE PANADERÍA Y EXTRUDIDOS

Franco Miranda, H. G., Chel Guerrero, L., Betancur Ancona, D.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilometro 33.5, Tablaje Catastral de 13615, Chuburna de Hidalgo, Mérida, Yucatán, 97203., hanai.franco.miranda@live.com.mx

Introducción

Las leguminosas han cobrado gran importancia en la alimentación humana, debido a sus propiedades nutritivas, bajo costo y por los efectos fisiológicos asociados a su ingesta, cualidades que las convierten en un producto básico; tanto el *Phaseolus lunatus* como la *Vigna unguiculata*, son una fuente apreciable de proteínas de gran calidad, razón por la cual se convierten en productos con óptimas propiedades nutrimentales y funcionales para consumo humano. En los últimos años se ha hecho énfasis en la importancia que tiene el consumo de alimentos que además de aportar un valor nutrimental contengan elementos con efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo; estos alimentos son conocidos como alimentos funcionales[1]; con base en ello, se tiene que los hidrolizados proteicos pueden ser importantes ingredientes alimentarios y se presentan como una alternativa a la necesidad de desarrollar nuevos productos que cumplan con adecuadas propiedades nutrimentales y funcionales, como es el caso de la producción de proteína hidrolizada de las proteínas de *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata*.

En el presente trabajo, se adicionarán hidrolizados proteicos de estas leguminosas a un extrudido tipo pasta y a un producto de panadería; a los cuales, se les evaluarán las propiedades fisicoquímicas y de textura, para la obtención de un alimento funcional, presentando una alternativa interesante en la elaboración de productos saludables y funcionales que sean aceptados sensorialmente por el consumidor.

Metodología

Para la realización del proyecto, se emplearon como materia prima semillas de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y frijol x'pelón (*Vigna unguiculata*), las cuales fueron procesadas para la obtención de la harina de ambas leguminosas [2], y se emplearon en la preparación del concentrado proteico [3]. Se llevará a cabo la hidrólisis y la determinación del grado de la misma según la metodología previamente reportada [4,5], y posteriormente incorporar estos hidrolizados en la elaboración de un pan y un extrudido tipo pasta según Del Nobile y colaboradores [6], a los cuales se les determinará su composición proximal, así como un análisis fisicoquímico para poder someterlos a una evaluación sensorial.

Resultados y Discusión

Lo que se espera de este proyecto, es poder obtener hidrolizados proteicos con un grado de hidrólisis mínimo del 10% para garantizar una mejoría en cuanto a las propiedades funcionales de los productos a desarrollar, de igual manera, se espera que el efecto de la incorporación de estos hidrolizados muestren diferencias significativas sobre las características fisicoquímicas y la textura respecto de un control; y sean productos de agrado para el consumidor.

ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE DERIVADOS PROTEÍNICOS DE *Mucuna pruriens* CON POTENCIAL EN LA PREVENCIÓN Y/O TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES CRÓNICAS ASOCIADAS AL SOBREPESO Y LA OBESIDAD

Herrera Chalé, F; Betancur Ancona, D; Segura Campos, M

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Nte. Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, México. C. P. 97203. E-mail: fcoherrera73@yahoo.com

Introducción

Numerosos estudios relacionados con la fisiología de las proteínas en la dieta señalan que fragmentos de éstas pueden poseer actividades biológicas al ser liberadas a través de una hidrólisis de tipo *in vivo* mediante enzimas gastrointestinales, *in vitro* utilizando enzimas específicas, o durante los procesos de elaboración de determinados alimentos. Actualmente, la sociedad así como las industrias alimentarias están mucho más relacionadas con los alimentos funcionales debido a que estos aportan beneficios más allá de sus valores nutricionales tradicionales, ya sea mejorando una función del organismo o reduciendo el riesgo de padecer una enfermedad asociadas al sobrepeso y la obesidad, como el cáncer, diabetes mellitus, enfermedades del corazón y vasculares. México tiene una amplia biodiversidad de plantas y alimentos incluyendo granos de leguminosas, que pueden ser factibles de emplear como materia prima para la generación de biopéptidos.

Objetivo general: Evaluar el potencial antihipertensivo, antioxidante y antitrombótico de derivados proteínicos obtenidos por hidrólisis enzimática del concentrado proteínico de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*).

Metodología

El desarrollo experimental del presente estudio se efectuó con granos de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) obtenidos de ejidos productores del estado de Yucatán [1]. El concentrado proteínico obtenido por fraccionamiento en húmedo de los componentes de la harina de la leguminosa se hidrolizó enzimáticamente con Alcalase[®]-Flavourzyme[®] (AF) y Pepsina-Pancreatina (PP); al producto resultante se le determinó el grado de hidrólisis (GH) [2]. Dichos hidrolizados fueron fraccionados por ultrafiltración [3], utilizando membranas de 1, 3, 5 y 10 kDa. Finalmente, se determinó la actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina (ECA)[4], el efecto antioxidante [5] y la actividad antitrombótica[6] a los hidrolizados y sus respectivas fracciones ultrafiltradas.

Resultados y discusión

Los hidrolizados obtenidos con el tratamiento secuencial AF y PP registraron valores de GH del 20.23 y 40.15 %, respectivamente. Las fracciones peptídicas obtenidas del hidrolizado con AF presentaron un contenido proteínico entre 0.348 y 0.986 mg/ml. El contenido de proteína de las fracciones obtenidas con PP disminuyó de manera proporcional al peso molecular de las membranas empleadas en la separación de las fracciones, observándose la mayor cantidad de proteína (1.813 mg/ml) en la fracción >10 kDa y la menor (0.088 mg/ml) en la fracción <1 kDa. Los valores de IC₅₀, de los hidrolizados obtenidos con los sistemas secuenciales AF y PP fueron de 76.1 y 19.5 µg/mL, respectivamente. En las fracciones peptídicas, los valores de IC₅₀ para el sistema secuencial AF oscilaron entre 70.7 y 31.3 µg/ml, mientras que para las fracciones obtenidas del sistema PP los valores se registraron entre 65.7 y 10.2 µg/ml; el mejor IC₅₀, se presentó en las fracciones menores de 1kDa y en particular en el sistema PP. El coeficiente antioxidante equivalente de trolox (TEAC) de los hidrolizados fue de 49.02 y 102.77 mM/mg de proteína para el sistema AF y PP, respectivamente. Los valores de TEAC para las fracciones peptídicas obtenidas del hidrolizado AF oscilaron entre 29.95 y 162.86 mM/mg de proteína, mientras

que para las fracciones peptídicas obtenidas del sistema PP los valores se encontraron en un rango de 10.12 y 709.81 mM/mg de proteína. La fracción < 1 kDa del sistema PP presentó la mayor actividad antioxidante. Los hidrolizados obtenidos con los sistemas enzimáticos AF y PP tuvieron una inhibición de agregación plaquetaria del 22.58 y 5.38 %, respectivamente. La inhibición de agregación plaquetaria de las fracciones peptídicas obtenidas con el sistema AF fluctuó entre un 2.15 y 33.33 %, mientras que para el sistema PP los valores obtenidos fueron entre 0.54 y 31.72 %. En ambos sistemas las fracciones > 10 kDa presentan el mayor porcentaje de inhibición de agregación plaquetaria (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de IC₅₀, de TEAC y porcentaje de inhibición de agregación plaquetaria en hidrolizados y fracciones ultrafiltradas obtenidas con los sistemas Alcalase® - Flavourzyme® (AF) y Pepsina-Pancreatina (PP).

	Valores de IC ₅₀ (µg/ml)		Valores de TEAC (mM/mg)		% de inhibición de agregación plaquetaria	
	AF	PP	AF	PP	AF	PP
Hidrolizado	76.1 ^a	19.5 ^d	49.02 ^e	102.77 ^e	22.58 ^b	5.38 ^b
> 10 KDa	54.6 ^c	65.7 ^a	29.95 ^f	10.12 ^f	33.33 ^a	31.72 ^a
10 – 5 KDa	53.2 ^d	47.2 ^b	92.13 ^c	222.26 ^d	2.15 ^f	0.54 ^e
5 – 3 KDa	70.7 ^b	22.3 ^c	55.57 ^d	375.69 ^c	3.76 ^d	1.08 ^d
3 – 1 KDa	44.5 ^e	11.6 ^e	102 ^b	537.91 ^b	4.84 ^c	5.38 ^b
< 1 KDa	31.3 ^f	10.2 ^f	162.86 ^a	709.81 ^a	3.23 ^e	2.15 ^c

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa (p < 0.05)

Conclusiones

Los hidrolizados obtenidos son considerados como extensivos por presentar un grado de hidrólisis mayor de 10. La ultrafiltración de los hidrolizados obtenidos generó fracciones peptídicas con una mayor actividad inhibitoria de la ECA en comparación con los hidrolizados totales, obteniéndose el mejor IC₅₀ en la fracción menor de < 1kDa del sistema PP. Los valores de TEAC tuvieron un incremento con respecto al contenido de proteína, siendo la fracción < 1 kDa del sistema PP la de mayor actividad antioxidante. Las fracciones > 10 KDa presentaron el mayor porcentaje de la inhibición de agregación plaquetaria, y en particular, el sistema AF mostró el mayor potencial biológico.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por el consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACYT) con número de becario 326580 y forma parte del proyecto 154307 “investigación científica dirigida al desarrollo de derivados proteínicos de *Mucuna pruriens* con potencial actividad biológica para la prevención y/o tratamiento de enfermedades crónicas asociadas al sobrepeso y obesidad”, CONACYT - México.

Referencias

1. Betancur- Ancona, D., Gallegos-Tintoré, S., y Chel-Guerrero, L. (2004). Wet-fractionation of *Phaseolus lunatus* seeds: partial characterization of starch and protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(10): 1193-1201.
2. Nielsen, P., Petersen, D. y Dammann, C. (2001). Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. *Journal of food science*. 66: 642.
3. Cho, M.J., Unklesbay, N., Hsieh, F., y Clarke, A.D. (2004). Hydrophobicity of bitter peptides from soy protein hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52 (19): 5895-5901.
4. Hayakari, M., Kondo, Y., y Izumi, H. (1978). A rapid and simple spectrophotometric assay of Angiotensin-Converting Enzyme. *Analytical Biochemistry*. 84: 361-369.
5. Pukalskas, A., Van Beek, T., Venskutonis, R., Linssen, J., Van Veldhuizen, A. y Groot, A. (2002). Identification of radical scavengers in sweet grass (*Hierochloa odorata*). *Journal Agricultural Food Chemistry*. 50: 2914-2919.
6. Miyashita, M., Akamatsu, M., Ueno, H., Nakagawa, Y., Nishimura, K., Hayashi, Y., Sato, Y. y Ueno, T. (1999). Structure-activity relationships of RGD mimetics as fibrinogen-receptor antagonists. *Bioscience biotechnology biochemistry*, 63(10): 1684-1690.

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS HIPOGLUCEMIANTE Y ANTIHIPERGLUCEMIANTE DE COMPUESTOS MINORITARIOS DERIVADOS DE ESTEVIOL PRESENTES EN LAS HOJAS DE *Stevia rebaudiana* Bertoni

Aranda-González I^{a*}, Betancur-Ancona D^a, Moguel-Ordoñez Y^b

^a Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn. Mérida, Yucatán, C.P. 97203, *mitocondri@yahoo.com

^b Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo experimental Mocochoá, Carretera Mérida-Motul, Km. 25, C.P. 97454, Mocochoá, Yucatan

Introducción. *Stevia rebaudiana* Bertoni es una planta que posee glucósidos derivados de esteviol con alto poder edulcorante, sin contenido calórico y con algunos efectos biológicos reportados. Entre los efectos biológicos de la planta, los más abundantes y consistentes en la literatura científica son los de su efecto hipotensivo [1,2] y antihiperglucemiante [3,4]. Respecto al efecto hipoglucemiante y antihiperglucemiante, los estudios existentes sólo se han centrado en los dos derivados de esteviol más abundantes en las hojas de *Stevia rebaudiana* generalmente cultivadas: esteviósido y rebaudiósido A, donde el esteviósido es el que ha demostrado dicho efecto, pero no así el Rebaudiósido A. Sin embargo, a la fecha no hay estudios que evalúen esta capacidad hipoglucemiante y antihiperglucemiante en los otros glucósidos derivados de esteviol y que se encuentran igualmente presentes en las hojas de *Stevia*, aunque en menor proporción. Por lo anterior, el presente proyecto tiene como objetivo general: Evaluar el efecto hipoglucemiante y antihiperglucemiante de los compuestos minoritarios derivados de esteviol presentes en el extracto de hojas de *Stevia rebaudiana* Bertoni.

Metodología. Se divide en 2 etapas: En la primera, se validará el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) recomendado por JECFA (2010) [5] calculando los parámetros: sensibilidad, linealidad, exactitud, límite de detección (LDD), límite de cuantificación (LDC) y precisión, de acuerdo a las guías de validación ICH para 5 glucósidos minoritarios derivados de steviol (Esteviolbiósido, Dulcósido A, Rebaudiósido D, Rebaudiósido C y Rebaudiosido B). Posteriormente, se cuantificarán estos glucósidos en las hojas de 2 variedades de *Stevia rebaudiana* B., criolla y morita. En la segunda etapa, se evaluará el efecto hipoglucémico de los compuestos minoritarios derivados de esteviol en ratas sanas Wistar machos. El efecto antihiperglucémico de los glucósidos minoritarios se evaluará en ratas con diabetes inducida, mediante inyección de streptozotocina-nicotinamida i.p. Los fármacos (controles) o los esteviósidos se proporcionarán vía oral en el alimento de los animales durante 4 semanas. Antes de iniciar el experimento y en las próximas 4 semanas se recolectará sangre de la vena lateral de la cola de los animales para determinar glucosa, insulina y péptido C plasmáticos. Los resultados de los grupos experimentales se analizarán utilizando el paquete estadístico SPSS ver 15.0, por medio análisis de varianza (ANOVA). Las diferencias se considerarán significativas con un valor de $p < 0.05$

Resultados y Discusión. Para elaborar el extracto, se pesó 0.5 g de hojas de *Stevia* y se hicieron 3 extracciones con 5 mL de agua a una temperatura de 100°C durante 30 minutos; después de cada extracción se dejó enfriar a temperatura ambiente y se centrifugó 10 minutos a 2,500 x g. La fase acuosa se transfirió a un matraz volumétrico de 25 mL, se aforó a su capacidad y se filtró con filtro de 0.45 µm para inyectarse al equipo de HPLC. Se evaluó la linealidad del método para cada uno de los glucósidos minoritarios, a través de la elaboración de una gráfica de la señal como función de la concentración del analito, de una curva de 5 concentraciones (25-150 µg/mL) por triplicado; posteriormente se calculó la regresión lineal por el método de mínimos cuadrados. Se calculó el coeficiente de correlación, el intercepto en y, la pendiente de la regresión lineal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis del análisis de regresión del modelo lineal

Glucósido	Tiempo de retención (Media ± D.E.)	Ordenada	Pendiente	Coefficiente de correlación	R cuadrado
Rebaudiósido D	3.20 ± 0.002	21.553	2.31243	0.993994	98.8024
Rebaudiósido A	6.36 ± 0.030	-22.5912	4.71995	0.999375	99.8751
Esteviósido	6.74 ± 0.015	-49.8428	6.3345	0.999391	99.8782
Rebaudiósido C	8.71 ± 0.021	-5.14293	4.42574	0.995711	99.1439
Dulcósido A	9.61 ± 0.058	-30.1352	6.04861	0.997511	99.5028
Rebaudiósido B	18.78 ± 0.170	-6.5448	2.10449	0.996731	99.3473
Esteviolbiónido	20.42 ± 0.495	-2.40338	0.993744	0.994023	98.8082

Con la fórmula del modelo lineal ($y = a + bx$) se determinó la concentración de algunos glucósidos presentes en la hoja seca de dos variedades de *Stevia rebaudiana* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de glucósidos en dos variedades de *S. rebaudiana*

Glucósido	Contenido en g/100 g hoja seca (promedio ± D.E.)	
	Criolla	Morita
Esteviósido	ND	2.187 ± 0.187
Rebaudiósido C	2.443 ± 0.089	2.659 ± 0.463
Dulcósido A	ND	0.471 ± 0.047
Rebaudiósido B	0.112 ± 0.011	0.460 ± 0.001
Esteviolbiónido	0.699 ± 0.017	0.581 ± 0.047

ND: No determinado

DISCUSIÓN. Las concentraciones de Rebaudiósido B y Esteviósido son similares a lo que se ha reportado anteriormente [6,7]; sin embargo, la concentración de Rebaudiósido C en ambas variedades es mayor a lo reportado [6,8].

Conclusiones. Los resultados aquí presentados son parciales y el grado de avance alcanzado al momento es acorde a lo programado en el cronograma de trabajo.

Agradecimiento. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para el financiamiento de este proyecto. CVU 266197

Referencias.

- Chan, Tomlinson, Chen, Liu, Hsieh, Cheng. (2000), A double-blind placebo-controlled study of the effectiveness and tolerability of oral stevioside in human hypertension. *Br J Clin Pharmacol.*;50(3):215-20.
- Chan, Xu, Liu, Chen, Tomlinson, Huang, Cheng. (1998), The effect of stevioside on blood pressure and plasma catecholamines in spontaneously hypertensive rats. *Life Sci.*;63(19):1679-84.
- Jeppesen, Gregersen, Alstrup, Hermansen. (2002), Stevioside induces antihyperglycaemic, insulinotropic and glucagonostatic effects in vivo: studies in the diabetic Goto-Kakizaki (GK) rats. *Phytomedicine.*;9(1):9-14.
- Raskovic, Gavrilovic, Jakovljevic, Sabo. (2004), Glucose concentration in the blood of intact and alloxan-treated mice after pretreatment with commercial preparations of *Stevia rebaudiana* (Bertoni). *Eur J Drug Metab Pharmacokinet.*;29(2):87-90.
- JECFA (2010). Steviol glycosides. En: *Compendium of food additive specifications*. FAO/WHO (Ed). FAO, Roma, Italia, 17-21
- Jackson, Tata, Wu, Perry, Haas, West L, Cooks. (2009), Direct analysis of *Stevia* leaves for diterpene glycosides by desorption electrospray ionization mass spectrometry. *Analyst.*;134(5):867-74.
- Moguel, Ruiz, Ramírez, Avilés, García (2011). Glycosides content in leaves of four genotypes of *Stevia rebaudiana* Bertoni in plantations established in Quintana Roo, México. En: VI Reunión Nacional de Innovación Agrícola; León, Gto.. p. 268.
- Goyal, Samsher, Goyal. (2009), *Stevia* (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *Int J Food Sci Nutr.*61(1):1-10.

MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE ANTRAQUINONAS AISLADAS DE LA RAÍZ DE *Morinda panamensis*

Ceballos Cruz J. J., Mirón López G.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No.421 por 26 y 28 Colonia Industrial. Mérida, Yucatán, C.P. 97150, james_ekro@hotmail.com

Introducción. Los reportes del género *Morinda* han revelado la presencia de una amplia variedad de metabolitos, de entre estos, las raíces de estas plantas son usualmente ricas en antraquinonas, presentándose generalmente como agliconas [1-2]. Las antraquinonas han demostrado poseer actividades antimicrobianas y antiparasitarias, la posibilidad de modulación de dichas actividades ha sido explorada por medio de la preparación de análogos de las mismas, así como por la introducción de sistemas heterocíclicos, los cuales son por excelencia estructuras privilegiadas presentando un amplio rango de actividades biológicas [3]. Debido a esto se propone el estudio de las raíces de la especie *Morinda panamensis*, en busca de metabolitos de tipo 9,10-antracenediona, con la finalidad de ampliar su diversidad química y modular su actividad antiparasitaria, contra el protozooario *Giardia lamblia*.

Metodología. La recolección de raíces de la especie se llevó a cabo en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (UADY). 1 244 g de material vegetal seco y molido se sometieron a extracción continua en un equipo soxhlet de forma sucesiva con los disolventes hexano y diclorometano, obteniendo los extractos correspondientes. El extracto diclorometánico fue fraccionado por cromatografía en columna (CC) obteniendo 11 fracciones (A-K). A partir de la fracción A, a través de procesos cromatográficos sucesivos se obtuvieron los **compuestos 1** y **2**, como las fracciones **A.7.4.3.2b+.3** (17.0 mg) y **A.7.10.2a** (10.7 mg). Por otro lado, para la obtención del análogo de antraquinona con anillo heterocíclico, se procedió para la formación del anillo de bencimidazol haciendo reaccionar 5.6 mg de la fracción **A7.8** (compuesto 2) con 2.2 mg de o-fenilendiamina, separando posteriormente los productos del crudo de reacción, por cromatografía en capa delgada (CCD), obteniendo la fracción **A7.8-RB-b**. El análisis por RMN-¹H de los productos obtenidos se realizó en un espectrómetro Bruker Avance Ultrashield 400 con sonda dual de 5 mm empleando como disolvente CDCl₃, proporcionando los desplazamientos químicos en partes por millón y referenciados con el disolvente deuterado.

Resultados y Discusión. Se obtuvieron los extractos hexánico y diclorometánico de las raíces, resultando en cantidades de 13.7734 g y 33.0516 g respectivamente. Las fracciones etiquetadas como compuestos 1 y 2, así como el crudo de reacción y la fracción aislada de éste, se analizaron por RMN-¹H, a partir de dicho análisis y por comparación con la literatura fue posible identificar el compuesto 1 como alizarina 2-metil éter y el compuesto 2 como damnacantal [4] (Fig. 1).

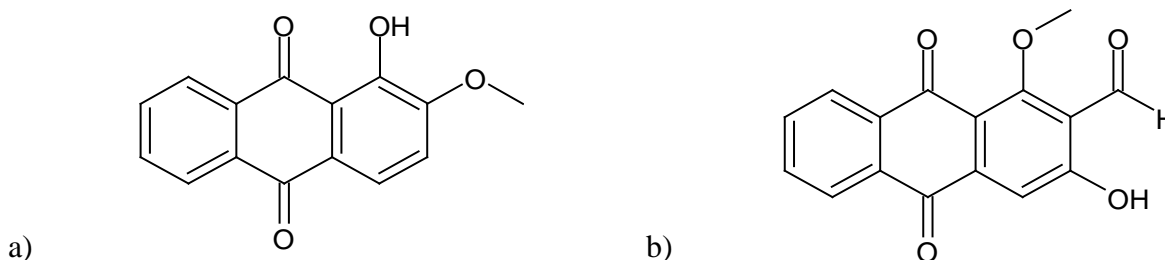


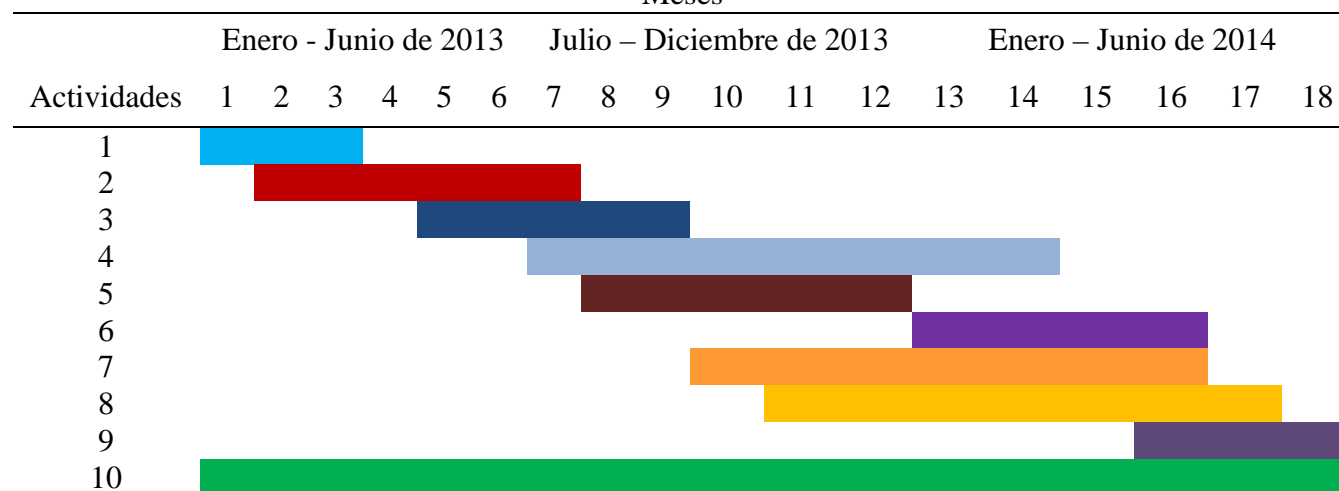
Fig. 1. Estructura de las antraquinonas aisladas e identificadas. a) alizarina 2-metil éter, b) damnacantal.

Por otro lado, en el análisis del crudo de reacción y la fracción aislada, fue posible observar la desaparición de dos señales características del sustrato, a 12.30 y 10.47 ppm, lo cual es un indicativo de la posible formación del producto deseado.

Conclusiones.

El aislamiento de las antraquinonas alizarina 2-metil éter y damnacantal concuerda con el perfil fitoquímico de las especies del género y específicamente con lo reportado para las raíces de las mismas, asimismo, la presencia de un grupo aldehído en una de las antraquinonas aisladas, vuelve factible la introducción de un sistema heterocíclico de bencimidazol en dicha molécula.

Cronograma de Trabajo
Meses



Actividades: 1. Obtención de los extractos hexánico, diclorometánico y metanólico 2. Fraccionamiento y aislamiento de metabolitos a partir de los extractos obtenidos 3. Elucidación estructural de los compuestos aislados 4. Establecimiento de condiciones adecuadas para las derivatizaciones y modificación estructural 5. Modificación estructural de los compuestos seleccionados 6. Derivatización de los compuestos seleccionados 7. Elucidación de los productos de derivatización y modificación 8. Análisis y discusión de los resultados 9. Redacción final de la tesis 10. Revisión bibliográfica.

Agradecimiento. Este trabajo es realizado como parte del proyecto “Estudio Fitoquímico y Actividad Biológica de *Morinda panamenis* Seem.” financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) bajo el convenio 84784Q, y con el otorgamiento de una beca por parte del mismo organismo, con número de CVU/becario 289434/275151.

Referencias.

1. Ruksilp T., Sicaem J., Khumkratok S., Siripong P., Tip-pyang S. (2011) Anthraquinones and an iridoid glycoside from the roots of *Morinda pandurifolia*. *Biochem. Syst. Ecol.* **39**: 888-892.
2. Nordin J., Lajis H., Mooi L., Abdullah M., Sukari M., Ali A. (2003) Antitumor promoting and antioxidant activities of anthraquinones isolated from the cell suspension culture of *Morinda elliptica*. *Asia-Pac. J. Mol. Biol. Biotechnol.* **11** (1): 3-7.
3. Horton D., Bourne G., Smythe M. (2003) The Combinatorial Synthesis of Bicyclic Privileged Structures or Privileged Substructures. *Chem. Rev.* **103**: 893-930.
4. Lin F., Hsu J., Chou C., Wu W., Chang C., Liu H. (2011) Activation of p38 MAPK by damnacanthol mediates apoptosis in SKHep 1 cells through the DR5/TRAIL and TNFR1/TNF- α and p53 pathways. *Eur. J. Pharmacol.* **650**: 120-129.

ESTUDIO DEL TRANSCRIPTOMA DE *ARGEMONE MEXICANA* Y SU RELACIÓN CON LA BIOSÍNTESIS DE ALCALOIDES BENCILISOQUINOLÍNICOS

Xool-Tamayo JF^{a,b}, Mirón-López G^a, Vázquez-Flota F^b

^{a)} Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 x 26 y 28. Colonia Industrial. Mérida, Yucatán, C.P. 97150. gmiron@uady.mx

^{b)} Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130. Colonia Chuburná de Hidalgo. Mérida, Yucatán, C.P. 97200. xool14@hotmail.com^{a,b}, felipe@cicy.mx.

Introducción. Trabajos de integración de los perfiles de transcripción y acumulación de alcaloides bencilisoquinolínicos (ABIs) en plantas medicinales son escasos y *Argemone mexicana* (Papaveraceae) no es la excepción. Por ello, nos hemos dado a la tarea de analizar el perfil de los ABIs en los diferentes tejidos de esta planta. Los datos generados hasta ahora muestran perfiles diferentes entre la raíz y la parte aérea. Con base en lo anterior se ha iniciado el análisis de los perfiles transcripcionales en tejidos de raíz y parte aérea en plántulas en desarrollo de *A. mexicana*. Los resultados finales de estos análisis permitirán identificar los tejidos donde se sintetizan los ABIs y establecer posibles mecanismos de flujo a través de los diferentes tejidos. Por otro lado, se dispondrá de los genes de las rutas biosintéticas más completas de algunos ABIs lo que a futuro será esencial para el área de la biología sintética. La necesidad de concluir este trabajo se debe a que el perfil de los ABIs de *A. mexicana* es diferente al de otras especies vegetales y además, tienen efectos contra el cáncer, diabetes, malaria, bacterias y hongos [1,2].

Objetivo. Establecer, mediante el análisis de los perfiles de acumulación de alcaloides y los transcripcionales, los tejidos involucrados en la síntesis de los diferentes tipos de alcaloides bencilisoquinolínicos que se producen en plántulas de *Argemone mexicana*.

Metodología. El desarrollo del proyecto consistirá en tres etapas principalmente, se va a emplear como material biológico los tejidos aéreos y subterráneos de plántulas de *A. mexicana*. En la primera etapa se realizarán los extractos de los diferentes tejidos [3,4]. Estos extractos serán analizados cualitativamente por HPLC [5]. En la segunda etapa se obtendrán los transcriptomas de los mismos tejidos [6]. En la tercera etapa, se van a seleccionar los genes ABIs para realizar los análisis de expresión correspondientes y finalmente correlacionarlo con la acumulación de los alcaloides.

Resultados y discusión. Hasta el momento se ha implementado el método de HPLC para el análisis de los perfiles de ABIs en los tejidos de *A. mexicana*. Se ha encontrado que la distribución de sanguinarina, berberina y queleritrina ocurre de manera diferencial entre la raíz y la parte aérea. Por ejemplo, la sanguinarina es exclusiva de los tejidos de raíz, flor y semilla. Ahora bien, la berberina se observa su presencia en la raíz, tallo-hoja, flor y semilla. Finalmente, la queleritrina es específica de los tejidos de raíz y tallo-hoja. En paralelo se observó que plántulas en desarrollo, tanto germinadas *in vitro* como en condiciones de campo, tienen una mayor acumulación de ABIs (sanguinarina, berberina y queleritrina) que en plantas maduras. Por otro lado, para las plántulas de campo, se notó que en la raíz presenta un perfil más complejo que las germinadas *in vitro*. Con base a lo anterior, se ha montado el sistema de purificación del ARN total en estas plántulas para que posteriormente se genere la colección de ADNcs del transcriptoma.

Conclusiones

- 1.-*A. mexicana* presenta una distribución diferencial de los ABIs en sus diferentes tejidos.
- 2.-La presencia de los ABIs es mayor en los tejidos jóvenes en comparación con los maduros.
- 3.-Las plántulas germinadas a condiciones ambientales presentan más número de ABIs.
- 4.-El material vegetal más adecuado para la generación de su transcriptoma es la plántula de campo.

Agradecimientos

- M.C. Manlio J. Graniel Sabido, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán.
- M.C. Miriam Monforte González, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Dr. Gonzalo Mena Rejón, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, No becario: 203178.

Referencias

- 1.-Rajvaidhya, S., Nagori, B.P., Singh, G.K., Dubey, B.K., Desai, P., Jain, S., (2012). A review on *Argemone mexicana* linn.- an indian medicinal plant. *Int J Pharm Sci Rev Res*, 3:2494-2501.
- 2.-Nechepurenko, I.V., Salakhutdinov, N.F., Tolstikov G.A., (2010). Berberine: Chemistry and Biological Activity. *Chem Sust Develop*, 18:1-23.
- 3.-Guízar-González, C., Trujillo-Villanueva, K., Monforte-González, M., Vázquez-Flota, F., (2012). Sanguinarine and Dihydrosanguinarine Accumulation in *Argemone mexicana* (L) Cell Suspension Cultures Exposed to Yeast Extract. *J Mex Chem Soc*, 56:19-22.
- 4.-Salim, A.A., Garson, M.J., Craik, D.J., (2004). New Alkaloids from *Pandanus amaryllifolius*. *J Nat Prod*, 67:54-57.
- 5.-Liu, Q., Zhou, B., Wang, X., Ke, Y., Jin, Y., Yin, L., Liang, X., (2012). Establishment of a search library about benzyloquinoline alkaloids based on selective separation on the binaphthyl column and standard analysis on C18 column. *J Sep Sci*, 00:1-9.
- 6.-Góngora-Castillo, E., Fedewa, G., Yeo, Y., Chappell, J., DellaPenna, D., Robin Buell, C.R., (2012). Genomic Approaches for Interrogating the Biochemistry of Medicinal Plant. *Meth Enzym*, 517:140-158.

ESTUDIO FITOQUÍMICO Y BIOLÓGICO DE *Elaeodendron trichotomum* (Turcz.) Lundell

Roca-Mézquita C., Mirón-López G., Mena-Rejón G. J.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 21, No. 421, Ex terrenos de El Fenix, Mérida, Yucatán, C.P. 97150, roquita04@hotmail.com

Introducción. En México, más de 150 mil personas son hospitalizadas cada año a causa de enfermedades provocadas por parásitos. Aunque existe tratamiento para dichas enfermedades, muchos fármacos se introdujeron hace más de 40 años, por lo que algunos han desarrollado resistencia, otros son tóxicos y otros más tienen que ser administrados por largos períodos de tiempo, por lo que el retomar la búsqueda de nuevos fármacos en plantas, es una buena alternativa [1-2].

En la familia Celastraceae son numerosas las especies con una gran diversidad de metabolitos secundarios que han presentado interesantes propiedades biológicas, sin embargo, en lo que se refiere a *Elaeodendron trichotomum* (Turcz.) Lundell., hasta ahora, no existe reporte alguno sobre ella [3].

El objetivo de este trabajo es determinar el potencial antiprotozoario *in vitro* de compuestos obtenidos de raíces, tallos y hojas de *Elaeodendron trichotomum* (Turcz.) Lundell.

Metodología. La colecta del material vegetal se llevó a cabo en el mes de febrero (2012) en Carretera a Chucchucmil (N 20° 51.032, W 90° 11.488) donde se colectaron raíces, tallos y hojas de *Elaeodendron trichotomum* (Turcz.) Lundell. Las muestras ya secas y molidas se pesaron, obteniendo así, 1604.6g de raíz, 2165g de tallo y 1725g de hojas; el material se extrajo secuencialmente con CH₂Cl₂ y metanol (MeOH), mediante un equipo soxhlet.

Se evaluó la actividad biológica contra *Giardia lamblia* (IMSS:0989:1), *Trichomonas vaginalis* (GT3) y *Entamoeba histolytica* (HM1-IMSS) utilizando el método de subcultivos [4].

Para el aislamiento de los compuestos del extracto diclorometánico (DCM) (82.68g), se llevó a cabo una cromatografía en columna (CC) utilizando sephadex LH-20 eluyendo con hexano (Hx): CHCl₃: MeOH (2:1:1), obteniendo de esta manera 54 fracciones que por similitud mediante cromatografía en capa delgada (CCD) fueron reunidas en 6 (A-F). Se fraccionó C por CC con gel de sílice 40-63µm, eluyendo con Hx: acetato de etilo (AcOEt) (90:10, 85:15, 80:20, 70:30, 60:40, 1:1, 25:75, AcOEt 100% y AcOEt y MeOH 85:15) obteniendo 12 fracciones. C9 se fraccionó mediante CC con gel de sílice 40-63µm, eluyendo con Hx: AcOEt: MeOH (85: 10: 5) consiguiendo 7 fracciones. C9.3 y C9.4 se reunieron y fraccionaron por CC utilizando gel de sílice 2-25µm y Hx: acetona (Me₂CO) (90:10, 85:15, 80:20, 75:35, 70:30, Me₂CO 100% y MeOH 100%) rindiendo 11 fracciones (A-K). Se fraccionó C9.3F mediante CC gel de sílice 40-63 µm y Hx: CH₂Cl₂: MeOH (72:23:5) dando como resultado 7 fracciones.

La detección de pristimerina se realizó por cromatografía de líquidos de alta eficiencia (CLAE) utilizando un equipo Thermo Scientific, Finnigan Suveryor, con bomba cuaternaria y detector UV-vis (columna C-18 Waters Nova Pack, metanol/agua 85:15, flujo de 1.2 mL/min, tiempo de corrida 12 minutos, detectándose a 245nm) [4]. La identificación de los metabolitos aislados se efectuó mediante co-cromatografía utilizando estándares de referencia y por resonancia magnética nuclear (RMN) de ¹H y ¹³C utilizando un equipo Bruker Avance 400, CDCl₃ y como estándar interno TMS.

Resultados y Discusión. Se evaluó la actividad biológica contra *G. lamblia*, *T. vaginalis* y *E. histolytica* de los seis extractos obtenidos de la raíz, tallo y hoja de *E. trichotomum*. Primero se realizó un estudio de prueba utilizando una concentración de extracto de 10 µg/mL. El extracto que resultó activo para todos los protozoarios fue el DCM de la raíz. Para obtener la concentración inhibitoria de crecimiento 50 (CI₅₀), se llevó a cabo un análisis Probit, en el programa Graphpad Prism 5, dando como resultado 0.46

$\mu\text{g/mL}$, $0.44 \mu\text{g/mL}$ y $0.80 \mu\text{g/mL}$ para *T. vaginalis*, *G. lamblia*, y *E. histolytica* respectivamente, con un 95% de confianza.

Aunque se sabe que la pristimerina, compuesto generalmente hallado en plantas de la familia Celastraceae, tiene una fuerte actividad biológica, el extracto de raíz de *E. trichotomum* no la contiene, ya que se evaluó, mediante CLAE junto con un estándar de este compuesto y no se percibió ninguna señal (Fig. 1). Lo anterior nos permite excluir a la pristimerina como causante de dicha actividad. Como el único extracto que tuvo actividad contra los protozoarios fue el DCM de raíz, se procedió a purificar e identificar los compuestos.

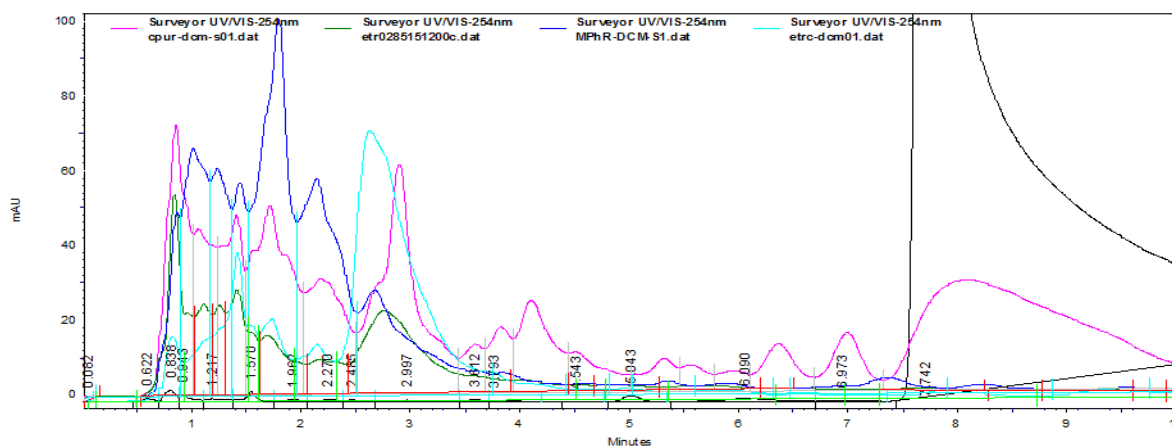


Fig. 1. Perfiles cromatográficos de extractos DCM de raíz de *Crossopetalum puberulum* (rosa), *E. trichotomum* (verde y azul cielo), *Maytenus phyllantoides* (azul oscuro) y estándar de pristimerina (negro).

Posterior a los fraccionamientos mencionados en la metodología, se determinó por co-cromatografía con sustancias patrones, que las fracciones C9.3C y C9.3D contenían betulina. A la fracción C9.3F3 se le realizaron estudios de RMN tanto de ^1H como de ^{13}C y por comparación de estos datos con los de la literatura se pudo identificar el compuesto como tingenona.

Conclusiones. Se determinó la CI_{50} de extracto DCM de raíz $0.46 \mu\text{g/mL}$, $0.44 \mu\text{g/mL}$ y $0.80 \mu\text{g/mL}$ para *T. vaginalis*, *G. lamblia*, y *E. histolytica* respectivamente, con un 95% de confianza. Se encontró que dicho extracto no contiene pristimerina. Se pudo identificar dos compuestos: betulina y tingenona.

Agradecimientos. A CONACYT por la beca otorgada (228269).

Referencias.

1. Sistema Nacional de Información en Salud. Egresos hospitalarios: publicaciones. (<http://www.sinais.salud.gob.mx/egresoshospitalarios/publicaciones.html> noviembre de 2011).
2. Aparicio, P., Rodríguez E., Gárate T., Molina R., Soto A., Alvar J. (2003) Terapéutica antiparasitaria. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.* 21 (10) 579-94.
3. Rodríguez-Pérez F. M. ((2010)), Estudio fitoquímico de especies de la familia Celastraceae (Flora Panameña): *Maytenus blepharodes* y *Crossopetalum lobatum*. Tesis de doctorado, Instituto Universitario de Bio-Organica "Antonio González", Universidad de La Laguna, España.
4. Porras-Suárez L. E. (2010), Determinación por cromatografía de líquidos de alta eficiencia (CLAE) de los perfiles cromatográficos de extractos crudos con actividad antiprotozoaria de *Crossopetalum puberulum* Tesis de licenciatura, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán.

MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE TRITERPENOS A TRAVÉS DE LA INTRODUCCIÓN DE HETEROCICLOS.

Rojas Velázquez E. de J., Mena Rejón G.J., Marrero Carballo R.

^a Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 x 26 y 28. Ex - Terrenos del Fénix. Mérida, Yucatán, México. C.P. 97150, esteban.rojas@uady.mx

Introducción. Se estima que alrededor del 40 % de los fármacos tienen su origen en productos naturales,[1] estos y sus derivados semisintéticos, juegan un papel importante en el descubrimiento de nuevas entidades químicas usadas para el desarrollo de nuevos tratamientos. En los últimos años el porcentaje de estas nuevas entidades se ha mantenido alrededor del 28 %, poniendo de manifiesto la importancia que tienen como base para cualquier estudio con enfoque farmacéutico.[2] Los triterpenos y sus derivados son el grupo más grande de compuestos naturales que han sido encontrados en numerosos organismos vivos. Son particularmente prevalentes en plantas y suelen tener una gran variedad de actividades biológicas.[3] Al ser de los metabolitos más abundantes y uno de los grupos estructuralmente más diversos, es que son considerados moléculas químicas importantes para el desarrollo de nuevos medicamentos para el futuro.[4] La modificación de los triterpenos mediante la introducción de heterociclos conocidos por su amplia gama de propiedades farmacológicas, es una prometedora vía de síntesis para el desarrollo de nuevos fármacos, la introducción de heterociclos oxazólicos y la obtención de derivados tiazólicos son ejemplos de derivados que han sido evaluados y han presentado cambios importantes en sus actividades biológicas.[5]

La síntesis de derivados triterpénicos con anillos tiazólicos fusionados en el anillo A, provenientes de triterpenos pentacíclicos que no hayan sido usados con anterioridad, nos brindaría una gama de nuevas moléculas con posibles mejoras en sus actividades biológicas.

Metodología. Se usaran como sustratos triterpenos de tipo ursano y lupano (α , β , amirina, lupeol y betulina), estos tres primeros se obtendrán a partir del extracto diclorometánico de la cascara de *Chrysophyllum cainito* y únicamente la betulina será adquirida comercialmente. Los triterpenos serán oxidados mediante oxidación exhaustiva con CrO_3 , para obtener sus derivados cetónicos enolizables[6], posteriormente serán funcionalizados en posición α mediante una hidroxitosilación con HTIB (hidroxitosil-yodobenceno) [7], los derivados cetónicos α -funcionalizados se harán reaccionar mediante la síntesis de Hantzsch, para obtener los derivados 2-amino tiazólicos [8].

Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	MESES																		
	ENERO-JUNIO 2013						JULIO-DICIEMBRE 2013						ENERO-JUNIO 2014						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2	Oxidación de betulina	X	X																
3	Esterificación del ácido betulónico		X	X															
4	Tosiloxilación del metil betulonato			X	X	X	X												
5	Caracterización del derivado tosiloilado						X												
6	Introducción del anillo tiazólico							X	X	X	X								
7	Caracterización del derivado tiazólico											X							
8	Reducción del éster a alcohol											X	X						
9	Caracterización del derivado tiazólico												X	X					
10	Obtención de material de partida (α , β -amirina y lupeol)													X	X				
11	Modificación de α , β -amirina y lupeol														X	X	X		
12	Separación de la mezcla de derivados tiazólicos de α , β -amirina y lupeol																X	X	X
13	Redacción de resultados y discusión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Agradecimiento. A la UADY, a los cuerpos de investigación por colaborar en mi formación y al CONACYT por el financiamiento.

Referencias.

- James, J. T.; Dubery, I. A. (2009). Pentacyclic Triterpenoids from the Medicinal Herb, *Centella asiatica* (L.) Urban. *Molecules*, 14, 3922-3941.
- Newman, D. J.; Cragg, G. M. (2007). Natural Products as Sources of New Drugs over the Last 25 Years. *J. Nat. Prod.*, 70, 461-477.
- Urban, M.; Vlk, M.; Dzubak, P.; Hajduch, M.; Sarek, J. (2012). Cytotoxic heterocyclic triterpenoids derived from betulin and betulinic acid. *Bioorg. & Med. Chem.* 20. 3666–3674.
- Kushiro, T.; Shibuya, M.; Masuda, K.; Ebizuka, Y. (2000). Mutational Studies on Triterpene Synthases: Engineering Lupeol Synthase into β -Amyrin Synthase. *J. Am. Chem. Soc.* 122, 6816-6824.
- Aneja, D. K.; Prakash, O. (2012). Synthesis of derivatives of 8H-indeno[1,2-D]thiazol- 2-amines via α - bromo, α,α -dibromo and α -tosyloxy carbonyl compounds. *Heterocycl. Lett.* 2: iss.-2, 192-197.
- Kim DSHL, Chen Z.; Nguyen V.T.; Pezzuto J.M.; Qui S.; Lu Z-Z. (1997). A concise semi-synthetic approach to betulinic acid from betulin. *Synth Commun*; 27:1607–1612.
- Prakash O.; Pannu K.; Prakash R.; Batra A. (2006). [Hydroxy(tosyloxy)iodo]benzene Mediated α -Azidation of Ketones. *Molecules*, 11, 523-527.
- Urban, M.; Vlk, M.; Dzubak, P.; Hajduch, M.; Sarek, J. (2012). Cytotoxic heterocyclic triterpenoids derived from betulin and betulinic acid. *Bioorg. & Med. Chem.* 20. 3666–3674.

OBTENCIÓN DE SAPONINAS TRITERPÉNICAS POTENCIALMENTE CITOTÓXICAS A PARTIR DE LA PARED CORPORAL DE *Holothuria mexicana*

González Vásquez J. M.^a, Mena Rejón G. J.^a, Quijano L.^b

^a Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 x 26 y 28 Col. Industrial, Mérida, Yucatán, C.P. 97150, martin_magno@live.com

^b Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, México D.F., C.P. 04510., quijano@unam.mx

Introducción. Los organismos marinos son reconocidos como una fuente excepcional de metabolitos, estructuralmente únicos y biológicamente activos [1]; debido a que dentro de nuestro país son muy pocas las especies marinas que han sido estudiadas desde el punto de vista químico, hace que el mar mexicano sea una fuente de gran potencial poco explorada y explotada al día de hoy en lo que se refiere a nuevos compuestos bioactivos [2]. Dentro de estas especies encontramos a los pepinos de mar (*Holothuroidea*), los cuales poseen compuestos con actividad citotóxica fuerte, identificados como glicósidos triterpénicos (saponinas), siendo principalmente esta clase de metabolitos tóxicos desarrollados en la pared corporal y vísceras para disuadir los ataques de los depredadores [3].

En la costa de la península de Yucatán, encontramos a la *Holothuria mexicana* perteneciente a la familia *Holothuroidea*, la cual es una fuente de compuestos de tipo glicósidos triterpénicos con propiedades citotóxicas útiles para la búsqueda de nuevos agentes antineoplásicos selectivos, contra el cáncer de mama, enfermedad que en las últimas décadas se ha considerado como una de las principales causas de mortalidad en México [4].

Objetivo general: Aislar e identificar de *Holothuria mexicana* saponinas triterpénicas con actividad potencialmente citotóxica sobre dos líneas celulares de adenocarcinoma de mama.

Metodología. El procedimiento de extracción y purificación será adaptado de Riguera [5] y Garneau [6]. El material animal será eviscerado, separando la pared corporal de las vísceras. La pared corporal de los especímenes se cortará en pequeños trozos, procediendo luego con su maceración en acetona y secado a temperatura ambiente; el material seco se triturará, siguiendo con maceraciones en hexano y metanol, todos los extractos obtenidos se concentran a sequedad. El extracto a trabajar es el metanólico, al cual se le practica una separación de las sales inorgánicas propias del pepino. El fraccionamiento y purificación de los metabolitos se lleva a cabo en columnas cromatográficas de octadecilsilano (C_{18}) y por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE). Los metabolitos aislados serán elucidados mediante resonancia magnética nuclear (RMN) de 1H y ^{13}C y los respectivos experimentos.

El análisis de la actividad citotóxica de las saponinas aisladas, será realizado de acuerdo con Rahman *et al* [7], frente a las líneas celulares de adenocarcinoma de glándula mamaria MDA-MB-231 (ATCC No. HTB-26) y MCF-7 (ATCC No. HTB-22) y la línea celular normal de mama.

Cronograma de Actividades: El presente cronograma del proyecto está diseñado a partir del mes de agosto de 2012 con una culminación en el mes de julio 2014.

Actividad	Semestres																							
	1°	2°							3°					4°										
	1-5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
I																								
II																								
III																								
IV																								
V																								
VI																								
VII																								
VIII																								
IX																								
X																								
XI																								
XII																								

Actividades: I.- Elaboración del proyecto; II.- Revisión bibliográfica; III.- Secado y triturado del pepino; IV.- Maceración en hexano y metanol; V.- Eliminación de las sales; VI.- Separación de fracciones (Sephadex); VII.- Purificación por CC; VIII.- Purificación por CLAE; IX.- Elucidación estructural; X.- Crecimiento de las líneas celulares; XI.- Pruebas de citotoxicidad; XII.- Redacción del reporte final

Agradecimiento. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento del proyecto “Estudio químico y determinación del potencial como fuente de compuestos antineoplásicos y/o antifúngicos de especies de holothurias (Pepino de mar) de la costa del estado de Yucatán” (101641), del cual esta investigación forma parte, y por el apoyo de la beca número 277982 otorgada por dicha institución.

Referencias.

- Blunt, J. W., B. R. Copp, W. P. Hu, M. H. G. Munro, P. T. Northcote, and M. R. Prinsep. (2007), Marine natural products. *Natural Products Report* 24: 31-86.
- Garateix Anoland. (2005), El mar: fuente de nuevos fármacos. *Ciencia y cultura, elementos*. Universidad Autónoma de Puebla, 12: 39-47.
- Van Dyck, S., P. Gerbaux, and P. Flammang. (2010), Qualitative saponin contents in five sea cucumber from the Indian Ocean. *Marine Drugs*, 6: 173-189.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/vitales/mortalidad/tabulados/ConsultaMortalidad.asp>. Consultado septiembre 2012.
- Riguera, Ricardo. (1997), Isolating bioactive compounds from marine organisms. *Journal of Marine Biotechnology* 5: 187-193.
- Garneau, F., Simard, J., and Harvey O. (1983), The structure of psoluthirin A, the major triterpene glycoside of the sea cucumber *Psolus fabricii*. *J. Chem* 61: 1465-1471.
- Rahman A, Choudhary M. I., Thomsen W. J. (2001). *Bioassay Techniques for Drug Development. In: Manual of Bioassay Techniques for Natural Products Research*, Harwood Academic Publishers, Printed in Singapore, pp. 25-34.

SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ADSORBENTES HÍBRIDOS DE TiO_2 MODIFICADOS SUPERFICIALMENTE PARA EXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA

Alejo Molina, E.; Carrera Figueiras, C.; Muñoz Rodríguez, D.

Laboratorio de Química de Materiales. Facultad de Ingeniería Química, Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas. Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Norte Kilometro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán, México. em_alejo@hotmail.com

Introducción. En los últimos años las partículas híbridas se han vuelto muy importantes en diversas áreas, debido a sus propiedades de adsorción se han utilizado en diferentes técnicas de extracción en fase sólida, las cuales han surgido como una alternativa a las extracciones líquido-líquido.

En este trabajo se sintetizaron y caracterizaron partículas de TiO_2 modificadas superficialmente con tres diferentes monómeros vinílicos: estireno (S), metilmetacrilato (MMA) y 1-vinil-imidazol (VI), se experimentarán fases orgánicas enlazadas con baja polaridad como el estireno hasta alta polaridad como el 1-ivinil-imidazol, lo que cambiará las características superficiales de los soportes sólidos y por lo tanto sus propiedades de adsorción.

En conjunto este estudio contribuye a la generación de conocimiento sobre la viabilidad y eficiencia de nuevos materiales híbridos orgánico-inorgánicos para su aplicación en el pretratamiento analítico de muestras líquidas por extracción en fase sólida (SPE).

Metodología. Empleando el método sol-gel, se llevó a cabo la síntesis de las partículas de TiO_2 funcionalizadas con grupos vinilo, seguido de una polimerización por radicales libres utilizando, estireno (TiO_2 -S), metilmetacrilado (TiO_2 -MMA) y vinilimidazol (TiO_2 -VI). [1-3].

La determinación de las propiedades químicas y físicas de los soportes sólidos obtenidos se llevaron a cabo mediante una serie de técnicas: espectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X de ángulo amplio (DRX), calorimetría diferencial de barrido (DSC), análisis termogravimétrico (TGA), microscopio electrónico de barrido equipado con espectroscopía de dispersión de rayos X (SEM-EDS). Se aplicarán los materiales híbridos en extracción en fase sólida (SPE) en muestras de jugo de fruta contaminadas con plaguicidas, utilizando como técnica de detección polarografía diferencial de impulsos (PDI).

Resultados y Discusión. Las partículas obtenidas tuvieron la apariencia de polvos finos de colores amarillo ocre, por medio de FTIR se pudieron identificar los grupos funcionales pertenecientes a las moléculas sintetizadas, se comprobó que las partículas son amorfas utilizando DRX. Los termogramas (TGA) presentaron las temperaturas de descomposición de los polímeros estudiados, se calculó el porcentaje de materia orgánica e inorgánica presente en las partículas y utilizando SEM-EDS se obtuvieron las fórmulas empíricas (**Cuadro 1**). En la **Fig. 1** se presentan las micrografías de las partículas sintetizadas.

Cuadro 1. Porcentaje de la materia orgánica-inorgánica y fórmula empírica de las partículas sintetizadas.

Partícula	% Inorgánico	% Orgánico	Fórmula empírica
TiO ₂ -S	88.08	11.92	Ti _{4.6} SiO _{20.6} C _{18.8}
TiO ₂ -MMA	88.90	11.10	Ti _{4.8} SiO _{22.4} C _{37.7}
TiO ₂ -VI	93.18	6.82	Ti _{5.2} SiO _{18.1} C _{13.3}

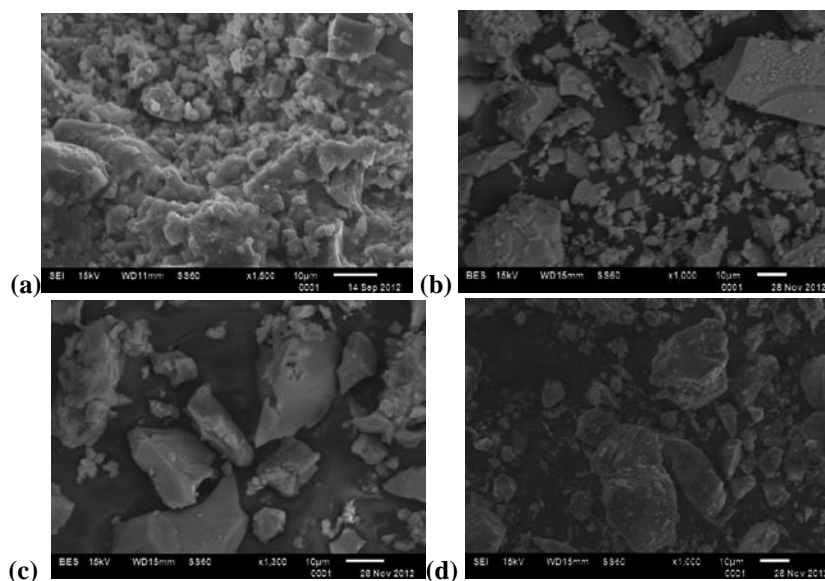


Fig 1. Micrografía de TiO₂ (a), TiO₂-S (b), TiO₂-MMA (c) y TiO₂-VI (d).

Para llevar a cabo la evaluación de las partículas en extracción por SPE mediante PDI, se determinó el dominio de electroactividad del electrolito soporte, así como las señales electroactivas de los plaguicidas a evaluar (metilparation, diclorvos y dimetoato).

Conclusiones. Los estudios de caracterización han confirmado que los grupos poliméricos quedaron anclados al núcleo de TiO₂ de las partículas sintetizadas y que estas tienen la morfología y composición esperada. Los tres plaguicidas a evaluar presentaron señales electroactivas, por lo que es viable cuantificarlos mediante PDI.

Referencias.

1. Torres Miranda, S. (2011). Síntesis y caracterización fisicoquímica de partículas híbridas de SiO₂ y TiO₂ modificadas superficialmente con poliestireno para extracción en fase sólida. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México
2. An, F.; (2009), et al. Adsorption mechanism and property of a novel adsorption material PAM/SiO₂ towards 2,4,6-trinitrotoluene. *J. Hazard. Mater.*, 168, 352–357.
3. An, F. (2009); et al. Adsorption mechanism and property of novel composite material PMAA/SiO₂ towards phenol. *J. Hazard. Mater.*, 153, 108–113.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO POLIMÉRICO PARA SU APLICACIÓN POTENCIAL EN LA EXTRACCIÓN POR SORCIÓN EN BARRA DE AGITACIÓN SBSE

Burgos Tan, M.J., Muñoz Rodríguez, D., Carrera Figueiras, C.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km. 33.5, Colonia Chuburná de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán, C.P., 97203. A99002752@alumnos.uady.mx

Introducción. Actualmente, con la creciente preocupación por el medio ambiente, en la química analítica existe la tendencia de reducir el consumo de disolventes orgánicos al utilizar técnicas de microextracción para la extracción y concentración de trazas en matrices sólidas y acuosas. Un ejemplo de ello es la extracción por sorción en barra de agitación (SBSE por sus siglas en inglés) [1]. La cual se basa en la extracción por sorción sin el uso de disolventes (o con volúmenes menores a 1 mL) donde los analitos son extraídos desde una matriz líquida hacia una fase no miscible para posteriormente ser desorbidos y analizados. Sin embargo, la mayor limitación de esta técnica, es la disponibilidad y polaridad selectiva de los recubrimientos que existen de manera comercial. Siendo el polidimetilsiloxano (PDMS) selectivo para compuestos no polares y el poli(acrilato) (PA) selectivo para compuestos polares [1-3]. Es por ello que aún existe la necesidad de un material versátil que permita una mejor recuperación de compuestos tanto polares como no polares, ampliando así las aplicaciones de la SBSE. Para ello, la tecnología de sol-gel ofrece una interesante opción para la obtención de estos recubrimientos debido a que es un método sencillo donde se pueden obtener una gran cantidad de estructuras diferentes, se realiza a bajas temperaturas y los materiales obtenidos tienen una alta repetitividad [3].

En el presente trabajo se desarrollará y caracterizará un nuevo recubrimiento polimérico polar para barras de agitación magnética. Finalmente se evaluará el potencial de dichas barras para extraer analitos polares de soluciones acuosas por SBSE.

Metodología. Se prepararán y recubrirán barras de agitación magnética para SBSE de acuerdo a Liu [4] e Ibrahim [5] con modificaciones. Éstas se prepararán a partir de fragmentos de acero inoxidable encapsulados en tubos de vidrio, y posteriormente se someterán a un pre tratamiento con soluciones de NaOH (1M) y HCl (0.1M). Seguido se recubrirán con la solución sol que se preparará a partir de polidimetilsiloxano con hidroxilos terminales (PDMS-OH) y 3-cianopropiltrietoxisilano (CNPrTEOS) en proporciones molares 1:3 y se colocarán en una estufa con vacío (2 h) para permitir el recubrimiento por gelación. Finalmente, se caracterizarán las propiedades físicas, químicas y térmicas del recubrimiento así como sus características morfológicas y la estructura química obtenida. Finalmente, se evaluará la capacidad del recubrimiento para extraer analitos polares mediante SBSE.

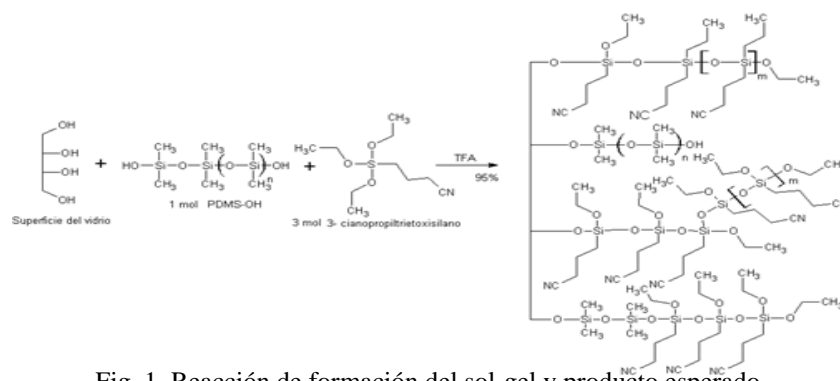


Fig. 1. Reacción de formación del sol-gel y producto esperado.

Cronograma de actividades: El presente cronograma de actividades está proyectado a partir del mes de enero de 2013 hasta julio de 2014.

Mes	Semestre																	
	2						3						4					
Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
B	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
C	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
D			x	x	x													
E				x	x	x												
F					x	x	x											
G				x	x	x												
H							x	x	x	x								
I									x	x	x	x	x	x	x	x		
J	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

A)Revisión bibliográfica, B)Preparación de las barras de agitación, C)Síntesis de la fase polimérica y recubrimiento de las barras de agitación, D)Determinación de la masa y/o espesor de los recubrimientos, E)Evaluación de la estabilidad química del recubrimiento, F) Evaluación de las propiedades térmicas de los recubrimientos, G) Caracterización de la estructura química de los recubrimientos por FTIR, H)Caracterización de la morfología y composición elemental de los recubrimientos por SEM-EDX, I) Optimización de las condiciones de extracción de analitos por SBSE con el nuevo recubrimiento polimérico, J) Redacción de tesis.

Agradecimiento. A CONACYT por la beca 288673 otorgada para la realización de los estudios y por los recursos económicos para llevar a cabo el proyecto.

Referencias.

1. Prieto A., Rodil R., Usobiaga A., Fernández L.A., Etxebarria, N. Zuloaga, O (2010) Stir-bar sorptive extraction: A view on method optimisation, novel applications, limitations and potential solutions. *J Chromatogr A* . 1217: 2642 - 2666.
2. Kawaguchi M., Saito K., Nakazawa H. (2006) Novel stir bar sorptive extraction methods for environmental and biomedical analysis. *J Pharm Biomed Anal.* 4: 500-508.
3. David F.S. (2007) Stir bar sorptive extraction for trace analysis. *J Chromatogr A*. 1152: 54-69.
4. Liu W., Guan, Y. (2004) Preparation of stir bars for sorptive extraction using sol-gel technology. *J Chromatogr A*. 1045: 15-22.
5. Ibrahim W., Prastomo N., Matsuda A. (2011) Synthesis and characterization of polydimethylsiloxane cyanopropyltriethoxysilane-derived hybrid coating for stir barsorptive extraction. *J Sol-Gel Sci Technol.* 59: 128-134.

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MÉTODO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE PRISTIMERINA EN ESPECIES DE CELASTRACEAS DEL ESTADO DE YUCATÁN

Araujo-León, J.A., Coral-Martínez, T.I., Cantillo-Ciau, Z.

Laboratorio de Cromatografía, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 entre 26 y 28 Col. Industrial. Mérida, Yucatán, C.P. 97150, jalfredoaraujo@gmail.com

Introducción.

Las plantas superiores se caracterizan por su habilidad para producir una vasta diversidad de metabolitos, con diferente complejidad tanto química como biológica, que hasta ahora han servido como modelos para el desarrollo de agentes terapéuticos. El apoyo en conjunto con la medicina folclórica ha generado el interés de la búsqueda de nuevos compuestos con potencial farmacológico, debido a que en las últimas décadas la biodiversidad vegetal ha disminuido aceleradamente, desconociendo la composición química de muchas especies, que pudiesen tener en un futuro una alternativa en la terapéutica moderna, por lo cual las plantas están emergiendo como un recurso esencial de nuevos fármacos. [1-2]

La familia *Celastraceae* es una extensa familia de 98 géneros y alrededor de 1211 especies de árboles y arbustos, de los cuales la mayoría son trepadores, arbóreos o enredaderas. La flora de la península de Yucatán comprende seis géneros: *Crossopetalum*, *Elaeodendron*, *Maytenus*, *Schaefferia*, *Wimmeria* e *Hippocratea*, de los cuales diversos estudios han concluido que las especies de dichos géneros son productoras de diversos terpenoides, de los que sobresalen las triterpenos metilenquinonas, en especial la pristimerina, la cual es considerada un marcador quimiotaxonómico de la especie y presenta actividad farmacológica frente a diversas patologías y desórdenes metabólicos, tales como: reguladoras de la fertilidad, citotóxicos, antimicrobianos, antiparasitarios y anticancerígenos. [3-6]

Bazzocchi y colaboradores [7], describen diversas especies pertenecientes al género *Celastraceae* y sus usos etnobotánicos, sin embargo se desconoce la cantidad de metabolitos presentes en estas plantas. Este estudio pretende desarrollar una metodología de separación y cuantificación de pristimerina en raíces de especies de Celastraceas utilizando cromatografía de líquidos de alta eficiencia. Para poder asegurar de forma fiable el contenido de ese metabolito, se realizará la validación de los métodos analíticos, el cual proporcionará un método analítico selectivo y robusto que hasta el día de hoy no se encuentra descrito y así poder estudiar la variación de la concentración de ese compuesto en diferentes épocas del año y una vez identificada la especie o especies que poseen la mayor concentración de dicho triterpeno, extraerlo y realizar modificaciones químicas a la estructura con el fin de incrementar determinada actividad biológica.

El objetivo general de este proyecto es desarrollar y optimizar un método de extracción selectivo a las triterpeno metilenquinonas y cuantificar la cantidad de pristimerina presente en las diversas especies de *Celastraceas* mediante un método optimizado y validado por CLAE.

Metodología.

Las especies a estudiar serán las siguientes: *Crossopetalum rhacoma*, *C. gaumeri*, *C. puberulum*, *Hippocratea excelsa* y *Maytenus phyllanthoides*. Cada una de las especies se extraerán bajo tres técnicas: *soxhlet*, *maceración* y *ultrasonido*, con la finalidad de evaluar el rendimiento de extracción de cada una de las técnicas, posteriormente se optimizará y validará la técnica con mayor rendimiento, probando diferentes polaridades de disolventes así como diferentes tiempos de extracción. Se desarrollará y validará un método por CLAE, basándose en los estudios reportados para la identificación y cuantificación de metilenquinonas en las cinco especies de Celastraceas. Con el método validado y optimizado se determinara cuál de las especies tiene una mayor y menor producción de Pristimerina.

Cronograma de actividades

Actividades	Semestre	Semestre		
		Ene-Jun	Jul-Dic	Ene-Jun
Colecta de las especies de celastráceas		X		
Búsqueda del sistema de elución de la pristimerina.		X		
Desarrollo y elección del método de extracción para la pristimerina			X	
Optimización del método de extracción			X	
Validación del método de extracción			X	X
Validación del método instrumental				X
Cuantificación de pristimerina en especies de Celastraceas				X
Análisis de resultados y entrega del documento final				X
Revisión bibliográfica		X	X	X

Agradecimiento.

Este trabajo es financiado por el CONACyT dentro del proyecto denominado: “Estrategia multidisciplinar en la búsqueda de nuevos agentes antiparasitarios de origen vegetal a través del aislamiento, caracterización y modificación de moléculas obtenidas de celastráceas de la Península de Yucatán”, convenio No. 101265, con el apoyo de la beca otorgada para la realización del proyecto (CVU: 492588)

Referencias.

1. Caamal-Fuentes, E.; Torres-Tapia, L. W.; Simá-Polanco, P.; Peraza-Sánchez, S. R.; Moo-Puc, R. (2011) Screening of plants used in Mayan traditional medicine to treat cancer-like symptoms. *J Ethnopharmacol.*, 135, 719-724.
2. Martínez-Ballesté, A.; Martorell, C.; Caballero, J. (2008) The effect of Mayan traditional harvesting on the leaf production, and demographic parameter of *Sabal* palm in the Yucatán Peninsula, México. *Forest Eco Manag*, 256, 1320-1324.
3. Hammel, B. E. (1996) Three new species of Celastraceae from Costa Rica, one disjunct from México. *J Novon.*, 7, 147-155.
4. Cáceres-Castillo, D., Mena-Rejón, G., Cedillo-Rivera, R., Quijano, L. (2008) 21 β -Hydroxy-oleanane-type triterpenes from *Hippocratea excelsa*. *Phytochem*, 69, 1057-1064.
5. Chang, R., Hayashi, K., Liaw, C., Bastow, Y., Nozaki, H., Cragg, M., Wu, Y., Lee, K. (2003) Antitumor Agents. 228. Five new agarofurans, Reissantis A-E, and cytotoxic principles from *Reissantia buchananii*. *J. Nat. Prod.*, 66, 1416-1420
6. Zhang, J., Yin, C., Xu, M., Wu, T., Chu, J., Liu, S., Wen-Zhe, J. (2012) Oral bioavailability and gender-related pharmacokinetics of celastrol following administration of pure celastrol and its related tablets in rats. *J Ethnopharmacol*, 144, 195-200.
7. González, A. G.; Bazzocchi, I. L.; Moujir, L.; Jiménez, I. A. (2000) Ethnobotanical uses of Celastraceae. Bioactive metabolites. *Studies in Natural Products Chemistry*, 23, 649-738.

COMPARACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD ENTERAL Y PARENTERAL DE QUERCETINA Y LA RELACIÓN CON SU EFECTO FARMACOLÓGICO

González Sánchez Avel, Coral Martínez Tania, Ortiz Andrade Rolffy

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 entre 26 y 28 Col. Industrial. Mérida, Yucatán, C.P. 97150

Introducción: La quercetina es metabolito secundario de naturaleza polifenólica presente en vegetales, frutas y plantas medicinales, ampliamente distribuido en el reino vegetal, [1-2]. Recientemente ha surgido un gran interés por este flavonoide debido a sus propiedades biológicas y farmacológicas descritas en la literatura científica, destacándose sus efectos antidiabéticos e hipoglucemiantes, así como su potencial utilidad en el tratamiento de las complicaciones de la DM [3]. Sin embargo, los estudio farmacocinéticos de quercetina han demostrado una amplia variedad en cuanto a las metodologías analíticas empleadas, lo que hace que los resultados obtenidos provoquen incertidumbre en su adecuada utilización [4-5]. Por otro lado, los procesos metabólicos a los que son sometidos los flavonoides durante su paso por el organismo y como éstos repercuten en su actividad farmacológica, aún se encuentran lejos de esclarecerse [4].

Es por ello que el presente proyecto tiene como objetivo determinar la biodisponibilidad absoluta de quercetina, así como explicar cómo repercuten las concentraciones plasmáticas de este flavonoide con sus efectos hipoglucemiantes y antidiabéticos.

Metodología: Se determinará la biodisponibilidad oral (ig) e intravenosa (iv) de quercetina en ratas normoglucémicas y con diabetes experimental inducida por el agente diabetogénico estreptozotocina. Para ello, grupos de 3 roedores machos de la cepa Wistar serán administrados a diferentes tiempos (0, 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 240, 360, 420 y 480 minutos para la vía ig y 0, 5, 15, 20, 25, 30, 50, 70, 90, 120, 180, 200, 220, 260 y 320 para la iv), utilizando dosis de 75 y 38 mg/Kg respectivamente. Posteriormente, transcurridos los diferentes tiempos de administración, se colectarán las muestras sanguíneas por punción cardíaca. A partir de estas muestras, se cuantificará la concentración de quercetina por tiempo, utilizando un método por CLAE-Uv/vis previamente validado de acuerdo a los lineamientos de la FDA. De esta manera se obtendrá la biodisponibilidad absoluta, así como los correspondientes parámetros farmacocinéticos C_{max} , T_{max} y ABC.

Finalmente, se determinarán los efectos hipoglucemiantes y antidiabéticos mediante un modelo agudo en ratas normoglucémicas y diabetizadas, monitoreándose la variación de glucemia a los tiempos establecidos en los modelos de biodisponibilidad, lo que en conjunto, permitirá establecer la posible existencia de una correlación entre las concentraciones plasmáticas de quercetina y su efecto sobre la homeostasis de glucosa.

Resultados y Discusiones:

Según la evidencia obtenida en el modelo de ratas normoglucémicas, la forma libre de quercetina no mantiene correlación con los efectos hipoglucemiantes ejercidos, ya que no se observan disminuciones de los porcentajes de variación de glucemia (%VG) proporcionales al aumento de las concentraciones plasmáticas de quercetina en el plasma de las ratas administradas con una dosis de 38 mg/Kg por vía iv (Figura 1a). Además, los efectos hipoglucemiantes ejercidos por la dosis administrada comienzan a observarse a los 90 minutos post administración y las concentraciones plasmáticas más elevadas de éste flavonoide comienzan a aparecer entre los 5 y 15 min (Fig 1b).

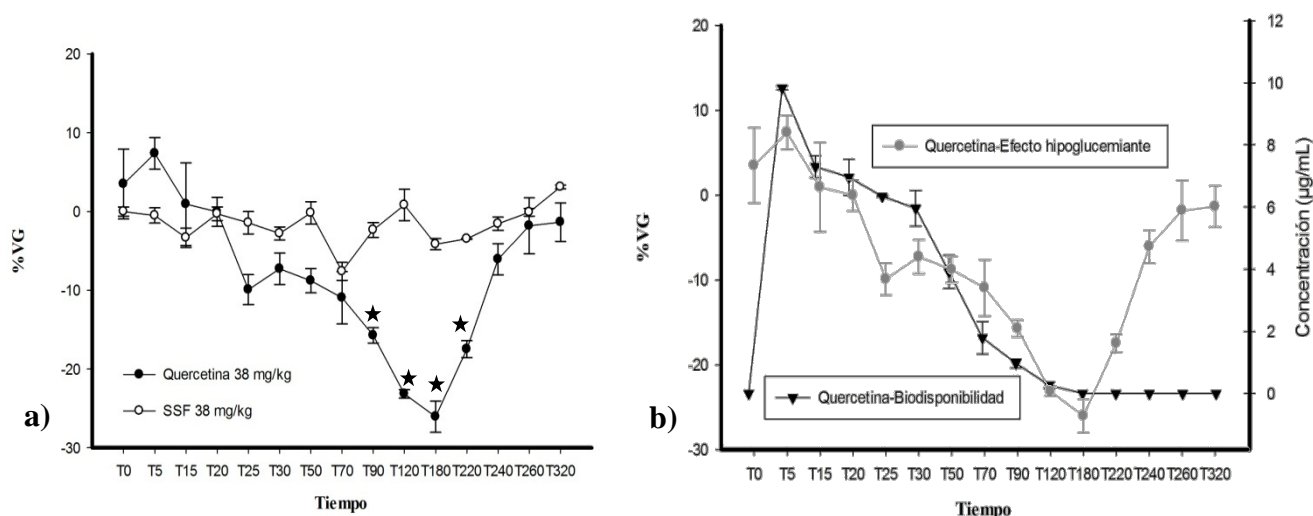


Fig 1. a) Determinación del efecto de la administración de quercetina por vía iv sobre el % VG b) Correlación entre los efectos hipoglucemiantes de quercetina y sus concentraciones plasmáticas.

Esto nos hace pensar que los efectos sobre la homeostasis de la glucosa ocasionados por quercetina se encuentran relacionados a los productos del metabolismo de éste flavonoide (glucurónidos y sulfatos, en su mayoría) teniendo un comportamiento análogo a un profármaco. Sin embargo, para corroborar dicha aseveración será necesario concluir la presente propuesta.

Conclusiones: Con los hallazgos a la fecha obtenidos, podemos concluir que las concentraciones plasmáticas de la forma libre de quercetina no se encuentran directamente relacionadas con sus efectos hipoglucemiantes, lo cual parece evidenciar que dicha molécula necesita ser metabolizada para poder ejercer los efectos farmacológicos evaluados.

Agradecimientos: Agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado la beca (491118) para el cumplimiento del programa de maestría y al proyecto con registro SISTPROY No. FQUI-2011-001 por el financiamiento dado para desarrollar el proyecto de tesis.

1. Martínez, González, Culebras (2002) Los Flavonoides: Propiedades y Acciones Antioxidantes. *Rev. Nutrición Hosp.* **17** (6): 271-278.
2. Gattuso, Becerra, Gargiulli, Leuzzi, Caristi (2007) Flavonoids Composition of *Citrus Juice*: Review. *Molecules.* **12** (2): 1641-1663.
3. Vessal, Hemmati, Vasei (2003) Antidiabetic Effects of Quercetin in Streptozotocin Induced Diabetic Rats. *Comp. Biochem. Physiol.* **135** (34): 357-364.
4. Yang, Hsui, Wen, Lin, Tsai (2005) Bioavailability and Metabolic Pharmacokinetics of Rutin and Quercetin in Rats. *J. Food Drug Ana.* **13** (3): 244-250.
5. Erlund (2004) Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability and epidemiology. *Nutrition Res.* **24** (7): 851-874.