



PCTI

Revista Científica de Divulgación, Publicación cuatrimestral



Existen líneas completas, de bajo costo y calidad aceptable, para promover la producción de alimentos en México?

Hidroponía: una tecnología inevitable para la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas.

Material híbrido súper-absorbente de tolueno y hexano en efluentes contaminados.

Líneas de producción de alimentos para acuicultura con tecnología de extrusión y de bajo costo.

Efecto de la salinidad sobre el crecimiento del langostino de río *Macrobrachium tenellum*.



CONVOCATORIA DE ADMISIÓN 2015

DIRECTORIO

DIRECTOR GENERAL Y EDITOR

Dr. Héctor Nolasco Soria
 hnolasco@pcti.mx
 hnolasco2008@hotmail.com
 pctihnolasco@gmail.com

SUSCRIPCIONES Y CIRCULACIÓN

M.en C. Laura Patricia Alzaga Mayagoitia
 lauraalzaga@hotmail.com

COMITÉ REVISOR

Dr. Fernando Vega Villasante
 Universidad de Guadalajara

Dra. Olimpia Carrillo Farnés
 Universidad de La Habana

M.enC. Laura Alzaga Mayagoitia
 INTERCACTI

M.en C. Miguel Ánges Salas Marrón
 ASICADES

OFICINAS

Guasinapí No. 180, Esq. Aquiles Serdán
 Col. Guaycura
 La Paz, Baja California Sur
 México, 23090
 Tel: (612) 124 02 45

La Academia Mexicana de Ciencia, Tecnología e Innovación, A.C. (AMECTIAC) es una organización integrada por mexicanos comprometidos, de todo el territorio nacional, que aportan su experiencia académica, científica, tecnológica y de gestión, para la propuesta de políticas públicas nacionales, regionales y estatales orientadas al fortalecimiento de los sistemas de ciencia, tecnología e innovación, que impulsen la generación y aplicación de conocimiento para el desarrollo sustentable de México y sus regiones, con una visión de largo aliento.

En cumplimiento con la Cláusula Quinta inciso A y Cláusula Sexta, de sus Estatutos, la AMECTIAC

Convoca

A empresarios, académicos, investigadores, divulgadores y gestores científicos y tecnológicos que trabajen o hayan trabajado en el sector educativo, científico, tecnológico, industrial y de innovación en México, a presentar solicitud de admisión para ser miembros Regulares de la AMECTIAC.

De acuerdo a la Cláusula Sexta, inciso b:

Para ser candidato a miembro regular de la AMECTIAC se requiere:

- Que la candidatura sea propuesta por escrito al Secretario de la AMECTIAC.
- Que indique las razones por las cuáles considera su ingreso a la AMECTIAC.
- Que la solicitud sea acompañada del curriculum vitae del candidato y documentos principales que avalen su CV (en formato electrónico) y de una carta del candidato en que éste manifieste su anuencia de ser candidato, especialidad y disposición para el cumplimiento del objeto de la AMECTIAC.

Para la presentación de solicitudes, los candidatos deberán requisitar los formatos 1. Carta de candidatura, 2. Descripción de la especialidad, y enviarlos junto con el CV y Documentos selectos de su CV a la Dra. Amy Arellano Huacuja, Secretaria de la AMECTIAC y al Dr. Hiram Medrano Roldán, Director de Admisión y Membresía, a los correos: hiramdurango@yahoo.com.mx, amy@prodigy.net.mx.

Durango, Durango, 30 de Abril de 2015

Atentamente,

Dr. Hiram Medrano Roldán
 Director de Admisión y Membresía

CONTENIDO

Página

Hidroponía: una tecnología inevitable para la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas.	1
Material híbrido súper-absorbente de tolueno y hexano en efluentes contaminados.	5
Líneas de producción de alimentos para acuicultura con tecnología de extrusión y de bajo costo.	9
Efecto de la salinidad sobre el crecimiento del langostino de río <i>Macrobrachium tenellum</i> .	13

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO, es una publicación cuatrimestral editada por Héctor Gerardo Nolasco Soria, Director General del Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México, Guasinapí No. 180, esq. Aquiles Serdán, Col. Guaycura, La Paz, Baja California Sur, 23090, México, Tel. 612 124 02 45, <http://pcti.mx>, hnolasco2008@hotmail.com, Editor Responsable: Héctor Nolasco Soria. Reserva de Derechos al uso exclusivo No. 04-2010-052411265700-102, ISSN 2007-1310. Responsable de la última actualización de este número, Dr. Héctor Nolasco Soria, Guasinapí No. 180, esq. Aquiles Serdán, Col. Guaycura, La Paz, Baja California Sur, 23090, México, Tel. 612 124 02 45, fecha de la última modificación 30 de abril de 2015. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Editor de la Publicación. La información, imágenes, opinión y análisis contenidos en esta publicación son responsabilidad de los autores.



Hidroponía: una tecnología inevitable para la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas

Raúl López, Enrique Troyo, Arturo Naranjo, Guadalupe Rodríguez y Armando Lucero
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)

raulrovirosa@gmail.com

Abstract

CIBNOR has been studying hydroponic techniques, for more than 10 years, to adapt and disseminate them in northwest Mexico. Currently, figs and grapes of high quality and greater weight have been produced by hydroponics. In net-covered greenhouse with intermediate technology level, that includes hydroponics, it is possible to produce between 180 to 240 t ha⁻¹ of tomato and 240 to 300 t ha⁻¹ of cucumber. The yields of hydroponic fodder are similar to those of the main fodder species, but on cultivated in a surface 100 times smaller, without use of agrochemicals and using 30-50 times less quantity of water.

Keywords: hydroponics, water saving, yield.

Resumen

El CIBNOR ha estado estudiando técnicas hidropónicas, por más de 10 años, para adaptarlas y difundirlas en el Noroeste de México. Mediante hidroponía se están produciendo higos y uvas de alta calidad y mayor peso. En casas-sombras con nivel tecnológico intermedio, que incluyen hidroponía, es posible producir de 180 a 240 t ha⁻¹ de tomate y 240 a 300 t ha⁻¹ de pepino. La producción de forraje en hidroponía utiliza 30-50 veces menos agua para producir los mismos rendimientos que las de los principales especies forrajeras cultivadas en suelo, pero en una superficie 100 veces menor y sin utilización de agroquímicos.

Palabras clave: hidroponía, ahorro de agua, rendimiento.

Área temática: Área 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

Problemática

En los últimos 50 años el uso de agua se ha triplicado debido al incremento de la población, expansión de los sistemas de suministro de agua, mayor crecimiento económico, cambios en estilos de vida, tecnologías y comercio internacional. En este mismo periodo, la agricultura aumentó significativamente su superficie, principalmente en países en desarrollo y actualmente se utiliza el 70% del agua total para el riego de cultivos (Shaffer et al., 2012). Aproximadamente 450 millones de personas están siendo afectadas severamente por la escasez de agua (Vörösmarty et al., 2005), y las Naciones Unidas estiman que para el 2025, 1.8 billones de personas que viven y dependen sus actividades de cuencas hidrológicas enfrentarán casi una total escasez de agua. Por lo tanto, un uso más productivo de los limitados, altamente demandados e inseguros recursos hídricos es indispensable. En la mayoría de los debates, el incremento en la productividad del agua es asociado con sistemas de riego y técnicas agronómicas más eficientes, principalmente en zonas áridas y semiáridas, donde la recarga de los acuíferos no es suficiente para satisfacer las necesidades de las ciudades, industria, turismo y mantenimiento de los ecosistemas.

Usuarios

Los usuarios potenciales son empresas agrícolas y dependencias federales como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, de

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Economía (SE), Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), quienes a través de sus programas de apoyo al campo, innovación y protección del ambiente, pueden impulsar este tipo de técnicas de producción agrícola.

Proyecto

La hidroponía es una técnica ancestral de la que se tiene conocimiento desde hace siglos. Arano (2007) menciona que los aztecas cultivaban maíz en barcasas con un entramado de pajas y lodo composteado que funcionaba como sustrato y que los mayas también empleaban esta técnica para producir vegetales. Además sugiere que los Jardines Colgantes de Babilonia eran hidropónicos porque las plantas se alimentaban del agua enriquecida con nutrientes aportado por estiércoles y que fluía por el sistema de canales. Aunque este sistema de producción agrícola es muy antiguo, actualmente, ya como hidroponía, se ha convertido en una técnica valiosa para cultivar de forma intensiva flores, hortalizas, frutales y forrajes utilizando de 30 a 50 veces menos agua que cuando estos son cultivados directamente en suelo (Sheikh 2006). La definición de hidroponía corresponde literalmente a “cultivo en agua”, pero esta técnica ha evolucionado y también se consideran cultivos hidropónicos a aquellos que se desarrollan en un medio inerte como grava, arena, fibra de coco, lana de roca, vermiculita, perlita, piedra pómez, entre otros, y sobre los cuales se suministra una solución nutritiva para el desarrollo óptimo de las plantas. En México, es una técnica que recientemente empieza a implementarse en diferentes modalidades, como hidroponía a cielo abierto y bajo invernadero o casa-sombra. El programa de agricultura de zonas áridas del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), mediante apoyos otorgados por FUNDACION PRODUCE, B.C.S., EXPORTADORA DE SAL, S.A., COMPAÑÍA OCCIDENTAL MEXICANA, S.A., Y CONACYT lleva alrededor de 10 años estudiando técnicas hidropónicas para adaptarlas y difundirlas en zonas áridas y semiáridas,

principalmente las localizadas en el Noroeste de México. Además de la alta productividad del agua en los sistemas hidropónicos, también se debe resaltar la menor utilización de agroquímicos, y en algunos casos, el uso nulo de productos altamente contaminantes como herbicidas y nematicidas (Bradley y Marulanda 2001). Mediante hidroponía se está logrando un crecimiento y desarrollo óptimo de plantas de higuera variedad White Kadota en el Ejido Presidente Díaz Ordaz, Valle de Vizcaíno, en donde las raíces de las plantas son fuertemente dañadas por el ataque de nematodos cuando se cultivan directamente en el suelo. Una nave hidropónica para cultivar higuera puede tener una densidad de población 10 veces mayor que a cielo abierto con el uso de la misma cantidad de agua y fertilizantes, produciendo frutos de mejor calidad y mayor peso (Figura 1).

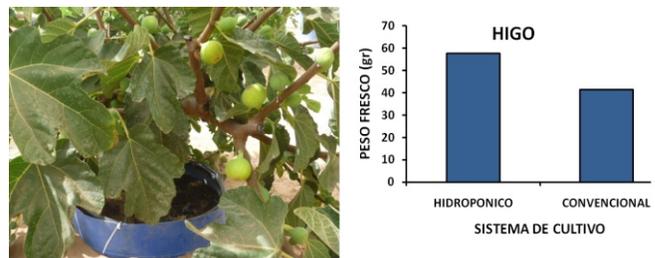


Figura 1. Producción de higo en hidroponía en el Valle de Vizcaíno, B.C.S. (Proyecto FUNDACION PRODUCE, BCS “Paquete tecnológico para producción de higo en el Ejido Presidente Díaz Ordaz”..).

El objetivo fue desarrollar sistemas hidropónicos altamente eficientes en el uso de agua, con sustratos de bajo costo y de disponibilidad local que puedan ser difundidos en las zonas áridas y semiáridas para producción de hortalizas, frutas, forrajes y ornamentales con mínimo impacto sobre el ambiente.

La metodología aplicada consiste en cultivar en hidroponía de forma intensiva bajo condiciones protegidas diversas especies de plantas para incrementar rendimientos y calidad de los productos, a la vez de reducir significativamente el uso de agua de riego y agroquímicos. Las condiciones protegidas se logran utilizando invernaderos de plástico o casa-sombras y las plantas desarrolladas en

contenedores de 100 o 200 litros para frutales y de 8 a 18 litros para hortalizas y ornamentales. Los contenedores son llenados con arena o sustrato producido de los desechos de oasis. Las soluciones nutritivas para frutales, hortalizas y ornamentales son aplicadas de manera automática empleando dispositivos de bajo costo y su concentración varía de acuerdo a la especie y etapa fenológica del cultivo. Los forrajes hidropónicos son producidos en bandejas de plástico (30 X 60 X 10 cm) empleando semillas de maíz y trigo, principalmente, las cuales son humedecidas con agua potable continuamente a través de un sistema automático hasta su cosecha a los 12-14 días después de la siembra en bandejas para ser suministrado a diferentes tipos de ganado.

Algunos resultados de los estudios que se están llevando a cabo indican que en higueras a cielo abierto se requieren de 5000 a 6000 litros de agua para producir 1 kg de higo, mientras que en el sistema hidropónico solo se necesitan de 500 a 600 litros de agua para producir 1 kg de higo. De igual forma, las higueras en hidroponía reciben de 10 a 15 veces menos fertilizantes en comparación a las cultivadas directamente en el suelo. Otra especie frutal que se ha estado evaluando para cultivarse en hidroponía en el Valle de Vizcaíno es la vid (Figura 2).



Figura 2. Producción de uva en hidroponía en el Valle de Vizcaíno, B.C.S. (Proyecto financiado por Exportadora de Sal, S.A. "Evaluación de un sistema hidropónico para cultivar vid en suelos altamente infestados con nematodos").

Las ventajas de cultivar vid en hidroponía son similares a las descritas para la higuera: ahorro de agua, evasión de plagas del suelo (como nematodos) y elevados rendimientos en espacios más reducidos. La hidroponía también se está proponiendo para producir alimento para el ganado. El forraje verde hidropónico (FVH) es una técnica que utiliza 30-50

veces menos agua para producir los mismos rendimientos que las de los principales especies forrajeras cultivadas en suelo, pero en una superficie 100 veces menor y sin utilización de agroquímicos (Figura 3).



Figura 3. Producción y alimentación de cabras con Forraje Verde Hidropónico (FVH) (Proyecto FUNDACION PRODUCE, BCS "Estrategias genéticas, nutricionales y sanitarias para incrementar los indicadores de rendimiento y calidad de la cadena productiva de caprinos en BCS").

Este forraje tiene el suficiente valor nutricional para considerarlo como un suplemento ideal para mantener al ganado vivo en temporadas de sequía severa como las que se presentan continuamente en el Noroeste de México. En dietas que incluyen FVH, se han registrado cabras que aumentaron de 130 a 145 g/día (López-Aguilar et al., 2009). El cultivo hidropónico de hortalizas a escala comercial se ha incrementado extraordinariamente a nivel mundial. En México esta actividad es una de las formas más exitosas de producir hortalizas para mercados internacionales en los estados de Jalisco, Sinaloa, Sonora, Baja California y Puebla; con cultivos de tomate, pepino, pimiento y fresa, principalmente. Para el año 2010 la superficie utilizada para este tipo de cultivos asciende a 15 mil hectáreas en todo México (SAGARPA, 2010). Sin embargo, en Baja California Sur el crecimiento de la superficie dedicada a la producción de hortalizas en hidroponía ha sido muy lento no obstante de ser considerado uno de los estados con menor disponibilidad de agua y en el cual existe una elevada competencia por este recurso entre los sectores urbano, turístico, industrial y agrícola. El CIBNOR ha evaluado el cultivo de hortalizas en sistemas hidropónicos, tanto bajo condiciones protegidas como a cielo abierto, en diversos sitios de Baja California Sur empleando

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

diferentes sustratos disponibles localmente (Figura 4). Los resultados indican que es posible producir 9-12 kg de tomate por planta (180 a 240 t ha^{-1}) y 12-15 kg de pepino por planta (240 a 300 t ha^{-1}) empleando hidroponía y casa sombra con nivel tecnológico intermedio. En México, el rendimiento de tomate varía de acuerdo al nivel tecnológico del sistema de producción; en el nivel bajo se produce aproximadamente 120 t ha^{-1} , en el intermedio de 200 a 250 t ha^{-1} , y en el de tecnología alta se llega a obtener hasta 600 t ha^{-1} (SAGARPA, 2010). No obstante de que la hidroponía se ha perfilado como una tecnología inevitable para la producción de plantas con fines alimenticios, ornamentales y forrajes en zonas con baja disponibilidad de agua, su expansión se ha limitado por los elevados costos iniciales de establecimiento y falta de estrategias de capacitación hacia los productores sobre fisiología vegetal, química y prevención de enfermedades ocasionadas por *Fusarium* y *Verticilium* (Resh, 2001) y plagas como las ocasionadas por nematodos fitopatógenos.



Figura 4. Cultivo hidropónico de pepino utilizando arena como sustrato (Izquierda: Proyecto CIBNOR "Agua, Suelo y Clima") y cultivo hidropónico de tomate usando desechos de palmares como sustrato (Derecha: Proyecto PROINNOVA COMSA-CIBNOR).

Impacto socioeconómico

Los sistemas hidropónicos necesitan aproximadamente 75% menos superficie para producir los mismos rendimientos en la mayoría de los cultivos de elevada importancia económica y utilizan hasta 50% menos agua en comparación con los sistemas convencionales de cultivo. Es indispensable aprovechar y difundir los

conocimientos generados por instituciones sobre técnicas hidropónicas para mejorar y solucionar problemas que actualmente enfrentan muchos productores y empresas agrícolas como salinidad y alcalinidad en el suelo, plagas que habitan en el suelo, entre otros. La difusión de tecnologías, como la hidroponía, que reduzcan el uso de agua, contaminación de mantos acuíferos y eleve rendimientos contribuyen significativamente a la conservación de los ecosistemas y desarrollo económico de las comunidades. Por otro lado, la promoción de sistemas hidropónicos simplificados ofrece el potencial de mejorar la calidad de vida de habitantes de zonas rurales, principalmente en aquellos sitios aislados por condiciones geográficas con dificultad para acceder a frutas y verduras frescas que puedan ser incluidas en sus dietas alimenticias. El Noroeste de México es una de las regiones con menor disponibilidad de agua a nivel mundial, y en donde es inevitable el uso de técnicas hidropónicas para desarrollar cultivos que contribuyan al desarrollo socioeconómico y conservación del medioambiente.

Referencias

- Arano, C., 2007. Hidroponía: algunas páginas de su historia. *Horticultura Internacional*. 58, 24-32.
- Bradley, P. y Marulanda, C., 2001. Simplified hydroponics to reduce global hunger. *Acta Hort*. 554, 289-296.
- López-Aguilar R., Murillo-Amador B. y Rodríguez-Quezada G., 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*. 34(2), 121-126.
- Resh, H.M., 2001. *Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de producción*. 5ª. Edición. Ediciones Mundí Prensa. 558 pp.
- SAGARPA, 2010. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Consulta Abril 26, 2013).
- Sheikh, B.A., 2006. Hydroponics: key to sustain agriculture in water stressed and urban environment. *Pak. J. Agril., Agril. Eng., Vet. Sc.* 22 (2), 53-57.
- Shaffer, D.L., Yip, N.Y., Giron, J., y Elimelech, M., 2012. Seawater desalination for agriculture by integrated forward and reverse osmosis: Improved product water quality for potentially less energy. *Journal of Membrane Science*, 415-416, 1-8.
- Vörösmarty, C. J., Leveque, C., y Revenga, C., 2005. Fresh Water, In: R. Hassan, R. Scholes, N. Ash (Eds.), *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*, Island Press, Washington, DC. pp. 165-207.



Material híbrido súper-absorbente de tolueno y hexano en efluentes contaminados

Omar Gutiérrez Arriaga¹, Daniel Álvarez Barrera¹, Edgar Barajas Ledesma²

¹UMSNH, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química.

²UCM, Ingeniería en Nanotecnología. omar_ga_79@hotmail.com

Abstract

This article focuses on preparing a hybrid material of silicon dioxide/hydroxyl-terminated poly(ethyl acrylate) (SiO₂/PAEOH) to absorb and desorb toluene and hexane produced during the refining of crude oil, and act as contaminants of fish and plant in water effluents. Thus PAEOH was prepared by free radical solution polymerization to incorporate silanol groups formed during the sol-gel process. SiO₂/PAEOH hybrid material, dry, was placed in a glass tube to simulate a column extractor of toluene and hexane, both in pure, individually. The hybrid material absorbed toluene and hexane at 2.8 and 1.7 times their initial weight, respectively. By optical microscopy, the retention of the organic compound, by the organic polymer, in the hybrid material was observed.

Keywords: SiO₂/PAEOH hybrid material, super-absorbent, contaminants effluents.

Resumen

El presente artículo se enfoca en la preparación de un material híbrido de dióxido de silicio/poli(acrilato de etilo) con terminación hidroxilo (SiO₂/PAEOH) para absorber y desorber tolueno y hexano producidos durante la refinación del petróleo crudo, y que actúan como contaminantes de peces y plantas en efluentes de agua. De esta manera se preparó el PAEOH, mediante polimerización en solución por radicales libres, para incorporarlo a los grupos silanoles formados durante el proceso sol-gel. El material híbrido de SiO₂/PAEOH, seco, fue depositado en un tubo de vidrio para simular una columna extractora de tolueno y hexano, en estado puro, de manera individual. Por tanto, el material híbrido absorbió 2.8 veces más el tolueno y 1.7 veces más el hexano, con respecto a su peso inicial. Por microscopía

óptica se observó como el compuesto orgánico es retenido por el polímero orgánico, en el material híbrido.

Palabras clave: material híbrido de SiO₂/PAEOH, súper-absorbente, efluentes contaminados.

Área temática: Área 7. Ingenierías

Problemática

A pesar de la exploración y uso de otras energías alternativas, la principal fuente de energía en la sociedad moderna proviene principalmente de la combustión del petróleo refinado (Figura 1). El tolueno y el hexano son subproductos generados durante la refinación del petróleo crudo (Fingas y Fieldhouse 2009), los cuales generalmente son liberados inconscientemente al mar, como contaminantes, acumulándose en suelos, plantas y peces (Figura 1). Los efectos nocivos del tolueno y hexano, en la salud humana, pueden ocasionar debilidad muscular, vértigo, e inclusive cáncer. Por tanto, la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido una concentración de 200 y 300 partes de tolueno y hexano, respectivamente, por cada 1000 partes de aire en áreas de trabajo (Zamir et al 2012). Los sitios de refinación de petróleo crudo en México son principalmente: Minatitlán (Veracruz), Salina Cruz (Oaxaca), Tula (Hidalgo), Salamanca (Guanajuato), Ciudad Madero (Tamaulipas) y Cadereyta (Nuevo León). Las zonas o localidades contaminadas por subproductos de refinación del petróleo se

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

encuentran principalmente en: Santa Alejandrina (Municipio de Minatitlán), playas de los municipios de Salina Cruz y Santo Domingo Tehuantepec (Oaxaca), y playas de Miramar y Bagdag (Tamaulipas). En contraste, las playas más limpias en México, certificadas por SEMARNAT son: San Isidro (Veracruz), Chileno (Baja California Sur), Palmares (Jalisco), entre otras. Sin embargo, para atacar esta problemática se propone emplear un material híbrido de SiO_2 /PAEOH, dentro de una columna, para extraer, separar y eliminar estos compuestos orgánicos de efluentes de agua contaminada, de manera fácil y económica, reutilizando nuevamente el material híbrido.



Figura 1. Refinería de petróleo crudo en Minatitlán, Veracruz (imagen izquierda) y efluentes de agua contaminada en Santa Alejandrina (Municipio de Minatitlán) (imagen derecha).

Usuarios

Para la empresa de Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Salud (SS) y población en general interesados en fabricar o emplear el material híbrido SiO_2 /PAEOH para extraer tolueno y hexano de efluentes contaminados y, asimismo, beneficiar el ambiente protegiendo al mar, su flora y fauna.

Proyecto

El PAEOH suele tener afinidad con el tolueno y hexano, debido a la buena atracción química y solubilidad de estos compuestos cuando se permean o filtran en el polímero orgánico (Más et al 2007). El SiO_2 es un polímero inorgánico muy estable

químicamente y anti-corrosivo que cuando es incorporado al polímero orgánico evita el movimiento térmico de las cadenas de este último para interaccionar con compuestos orgánicos (García et al 2004). El proceso sol-gel es un método eficiente para preparar materiales híbridos muy puros con baja temperatura.

El objetivo del presente trabajo fue lograr la preparación de un material híbrido de SiO_2 /PAEOH para analizar su capacidad en absorber compuestos contaminantes que se producen durante la refinación del petróleo crudo.

El 2-2' azobisisobutironitrilo, 2-mercaptano etanol al 98%, tolueno puro, hexano puro, acrilato de etilo al 99%, benceno puro, tetraetil ortosilicato al 99%, agua destilada, etanol puro, ácido fluorhídrico concentrado al 98% y tetrahidrofurano fueron adquiridos por la Compañía SIGMA-ALDRICH. El PAEOH se preparó en forma de cadenas (hilos microscópicos) adicionando 2-2' azobisisobutironitrilo, 2-mercaptano etanol, tolueno y acrilato de etilo dentro de un reactor de vidrio con medio de calentamiento y agitación. La cantidad de 2-2' azobisisobutironitrilo/2-mercaptano etanol/tolueno/acrilato de etilo fue una relación en peso de 0.03/0.39/20.82/10.41 respectivamente (Vásquez et al 2004). La preparación de las cadenas de PAEOH se realizó mediante polimerización en solución por radicales libres a 70°C , 300 rpm, durante 5 horas. Al PAEOH en solución obtenido se le separó, en benceno puro, restos de acrilato de etilo y 2-mercaptano etanol que no reaccionaron para hacerlo más puro en forma sólida y rígida (Gutiérrez et al 2012). El SiO_2 se preparó, inicialmente, mezclando tetraetil ortosilicato, agua y etanol a 35°C y 300 rpm, durante 15 minutos, para abrir paso a la reacción de hidrólisis durante el proceso sol-gel. La reacción de hidrólisis permite la formación de los grupos silanoles ($\text{Si}(\text{OH})_4$) en el sistema. La cantidad de tetraetil ortosilicato/agua/etanol fue una relación en volumen de 1/12/4, respectivamente. Posteriormente, se mezcló agua y ácido fluorhídrico concentrado, a condiciones ambientales, para adicionarlos a la mezcla anterior al término de los 15 minutos y abrir paso al proceso rápido en la reacción de hidrólisis en

esta solución inorgánica. Esta solución se dejó agitando durante 10 minutos a 35°C. La cantidad de agua/ácido fluorhídrico fue una relación en volumen de 1/0.1 respectivamente. El ácido fluorhídrico tiene la función de agilizar la ruptura de enlaces de las moléculas de agua para permitir su reacción instantánea con la molécula del tetraetil ortosilicato (Klein 1985). Además de la reacción de hidrólisis se lleva a cabo simultáneamente la reacción de condensación, donde los grupos Si-(OH)₄ reaccionan entre sí para formar una red de O-Si-O o polímero inorgánico (SiO₂). Finalmente se mezcló el PAEOH con tetrahidrofurano, a condiciones ambientales, para adicionarlos a la solución inorgánica al término de los 10 minutos y abrir paso a la incorporación de las cadenas del polímero orgánico, mediante el hidroxilo al final de sus cadenas, con la red de SiO₂ por condensación en esta solución híbrida (Espiard y Guyot 1995). La cantidad de PAEOH/tetrahidrofurano fue una relación en peso de 1/3 respectivamente. La solución híbrida se dejó agitando durante 40 minutos a 35°C y al término de este tiempo se secó a 65°C durante 24 horas (Figura 2) y se pulverizó finamente para generar el material híbrido de SiO₂/PAEOH. El porcentaje en peso del polímero inorgánico (%SiO₂) en el material híbrido fue de 38%. Este material se depositó en un tubo de vidrio, de 10 cm de longitud y 1.2 cm de diámetro, y se cubrió con papel filtro en sus extremos para sumergirlo verticalmente en el tolueno y hexano individualmente, y permitir la filtración de estos por la parte inferior del tubo, a condiciones ambientales (Figura 2). El volumen de tolueno y hexano fueron 500 mililitros cada uno. El peso inicial del material híbrido seco fue 3 gramos y 11.4 gramos con tolueno a los 18 minutos de permanecer en contacto con este; por lo que el material lo absorbió en 380% de su peso inicial ó 2.8 veces más su peso. El peso del material híbrido con hexano fue 8.1, durante el mismo tiempo de contacto con este; por lo que el material lo absorbió en 270% de su peso inicial ó 1.7 veces más su peso. La mayor absorción de tolueno, por el PAEOH, se debe principalmente a la interacción química del átomo de oxígeno, del polímero orgánico, con el anillo aromático, del tolueno (Wohlfarth 2009), además de la inmovilidad

de las cadenas del PAEOH que retienen las moléculas de tolueno; mientras que la menor absorción de hexano por este polímero orgánico se debe solamente a la retención de las moléculas de hexano por sus cadenas inmóviles. Sin embargo, el material híbrido de SiO₂/PAEOH desorbió el tolueno y hexano en 280 y 200% de su peso inicial, respectivamente, a 18 minutos de permanecer bajo condiciones ambientales, debido a la cantidad mayor de las cadenas orgánicas del PAEOH que retardan la desorción de ambos compuestos orgánicos. Asimismo, el material híbrido de SiO₂/PAEOH puede ser reutilizable después de la desorción del compuesto orgánico, en comparación con los procesos de destilación azeotrópica y extractiva que emplean equipamiento costoso, utilizan altas temperaturas y extraen estos compuestos orgánicos en mayor tiempo (Rodríguez et al 2003). Por tanto, el material híbrido de SiO₂/PAEOH posee alta estabilidad y durabilidad, resistencia a ambientes corrosivos y alta filtración.

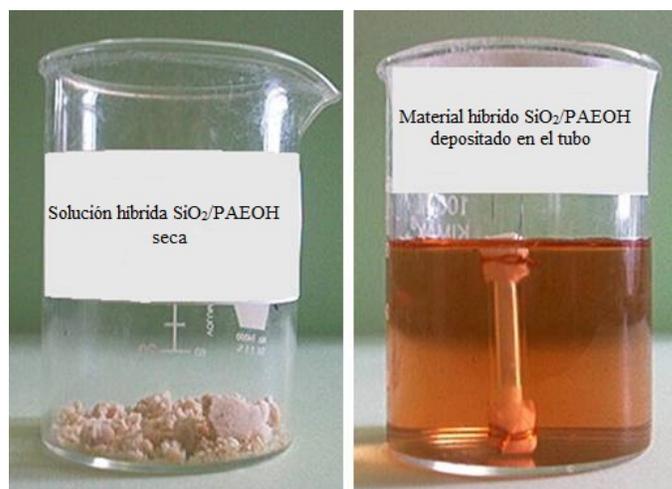


Figura 2. Material híbrido de SiO₂/PAEOH seco (imagen izquierda) y material híbrido SiO₂/PAEOH absorbiendo tolueno (imagen derecha).

Por microscopía óptica se observó el material híbrido de SiO₂/PAEOH seco donde su estructura es estable, y el material híbrido con el tolueno absorbido (Figura 3), donde su estructura es blanca y porosa debido a la retención del compuesto orgánico por las cadenas o hilos orgánicos provenientes del PAEOH. Asimismo, la estructura negra permanece intacta debido a la

buena estabilidad química correspondiente al SiO_2 o polímero inorgánico, en el material híbrido.

Impacto socioeconómico

El empleo del material híbrido de SiO_2 /PAEOH como extractor de los subproductos tolueno y hexano originados durante la refinación del petróleo crudo o encontrados en efluentes de agua contaminada, es una alternativa económicamente viable que puede representar una disminución significativa del 75% del consumo de costos respecto a los procesos de destilación azeotrópica y extractiva empleados con el mismo propósito por la empresa de PEMEX.

Referencias

AEspiard Ph., Guyot A., 1995, "Poly(ethyl acrylate) latexes encapsulating nanoparticles of silica: 2. Grafting process onto silica", *Polymer*, 36-23, 4391-4395

Fingas Mer, Fieldhouse Ben, 2009, "Studies on crude oil and petroleum product emulsions: Water resolution and rheology", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 333-1, 67-81

García Monserrat, Barsema Jonathan, Galindo Ramon E, Cangialosi Daniele, García-Turiel, Zyl van Werner E., Verweij Henk, Blank Dave H.A., 2004, "Hybrid organic inorganic nylon-6/SiO₂ nanocomposites: transport properties", *Polymer Engineering and Science*, 44-7, 1240-1246

Gutiérrez-Arriaga O., Vásquez-García S. R., Flores-Ramírez N., Luna-Bárceñas G., Barrera-Cardiel G., & León-Patiño C. A., 2012, "A film of polystyrene hydroxyl end group supported on SiO₂ monoliths: Thermal conductivity and micro-indentation", *Global Journal of Science Frontier Research Chemistry*, 12-6, 1-9, ISSN:0975-5896

Klein L. C., 1985, "Sol-gel processing of silicates", *Annual Review of Materials Science*, 15, 227-248, DOI: 10.1146/annurev.ms.15.080185.001303

Más Estellés J., Krakovsky I., Rodríguez Hernández J. C., Piotrowska A. M., Monleón Pradas M., 2007, "Mechanical properties of porous crosslinked poly(ethyl acrylate) for tissue engineering", *Journal of Materials Science*, 44-20, 8629-8635

Rodríguez-Donis I., Acosta-Esquivarosa J., Gerbaud V., Joulia, X., 2003, "Heterogeneous batch extractive distillation of minimum boiling azeotropic mixtures", *AIChE Journal*, 4-12, 3074-3083, ISSN:0001-1541

Vásquez-García S. R., Salgado-Delgado R., Trejo-O'Reilly J. A., Martínez E., Castaño V. M., 2004, "Síntesis and characterization of ethyl acrylate-methyl acrylate oligomers with a hydroxyl end group", *International Journal of Polymer Materials*, 53, 735-748, ISSN:0091-4037

Wohlfarth Ch., 2009, "Vapor-liquid equilibrium data of poly(ethyl acrylate) in toluene", *Polymer Solutions*, 6D1, 2009, 916-920

Zamir Morteza, Halladj Rouein, Sadraei Mohammad, Nasernejad Bahram, 2012, "Biofiltration of gas-phase hexane and toluene mixture under intermittent loading conditions", *Process Safety and Environmental Protection*, 90-4, 326-332



Figura. 3. Micrografía del material híbrido SiO_2 /PAEOH seco (imagen izquierda) y con tolueno absorbido (imagen derecha); con un acercamiento de 10 veces



Líneas de producción de alimentos para acuicultura con tecnología de extrusión y de bajo costo

¹Héctor Nolasco Soria, ⁴Fernando Vega-Villasante, ¹Roberto Civera-Cerecedo, ³Carlos Alfonso Álvarez-Gonzalez,

¹Dariel Tovar-Ramírez, ¹Ernesto Goytortua-Bores y ²Daniel Espinosa-Chaurand

¹Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., ²UdeG, Centro Universitario de la Costa,

³Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-DACBIOL, hnlasco2008@hotmail.com

Abstract

The aim of this study was to explore the potential of aquafeed production using low cost technology. We identified food production lines for fish and crustaceans with extrusion equipment which capacity to produce 150 kg / h to 300 kg / h. In comparison with conventional extrusion equipment, that have high efficiency, advanced technology, but a very high cost, we propose the use of alternative equipment of emerging brands, with acceptable technology and affordable. Particularly for the installation of small social and private enterprises for food production for aquaculture species, using the local ingredients available in the region, in order to reduce the costs of feed production and consequently feed costs in aquacultural systems.

Keywords: food, aquaculture, extrusion, low cost, Jinan Eagle Food Machinery Co.

Resumen

El objetivo fue explorar el potencial de producción de alimentos para acuicultura utilizando tecnología de punta de costo relativamente bajo. Se identificaron líneas de producción de alimentos para peces y crustáceos con equipos de extrusión con capacidad para producir de 150 Kg/h a 300 Kg/h. En comparación con equipos de extrusión convencionales, de alta eficiencia, tecnología de punta, pero de muy alto costo, se propone el uso de equipos alternativos de marcas emergentes, de tecnología aceptable y de precio accesible. Se realizó un análisis, particularmente para la instalación de pequeñas empresas sociales y privadas con el propósito de producir alimentos para especies acuícolas utilizando los ingredientes disponibles en la

región, con el fin de abaratar los costos de producción de alimentos y en consecuencia la de alimentación en los sistemas acuiculturales.

Palabras clave: alimentos, acuicultura, extrusión, bajo costo, Jinan Eagle Food Machinery Co.

Área temática: Área 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Problemática

Para que el cultivo de crustáceos y peces sea rentable y sostenible es necesario el desarrollo de “alimentos amigables al ambiente” de alto valor nutricional con ingredientes de bajo precio. Debe considerarse que en los sistemas intensivos de producción, el alimento artificial es la fuente principal de nutrientes y representa el mayor costo de operación en las granjas (Galicia et al 2010). El uso de ingredientes alternativos en la formulación de alimentos es limitado debido a que los estudios se han realizado básicamente a nivel experimental y se requiere de estudios de escalamiento pre-comercial o comercial. Lo anterior, a su vez ha sido poco desarrollado por la falta de plantas de producción de alimentos de mediana escala, debido principalmente a su alto costo en el mercado. La mayoría de los productores de organismos en cultivo dependen del alimento comercial y no tienen infraestructura para producir sus propios alimentos con ingredientes locales de bajo costo.

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

Usuarios

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, de Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Economía (SE), quienes a través de sus programas de apoyo al sector pesquero, acuícola y productivo, pueden impulsar el desarrollo de unidades de producción de alimentos para animales en cultivo, con impactos positivos a nivel ecológico, social y económico.

Proyecto

El continente americano posee un amplio litoral costero, que les ha permitido a los países del Atlántico y del Pacífico, además de sus actividades de pesca, realizar proyectos de acuicultura, como la única alternativa del incremento de producción de alimentos marinos y dulce-acuícolas para las necesidades del mercado y de la población. En el caso particular de México, posee más de 11 mil kilómetros de costas, de los cuales 8,475.06 corresponden al litoral del Pacífico (76%) y 3,117.71 al del golfo de México y mar Caribe (23%). La Plataforma continental incluyendo islas, es de aproximadamente 394 mil km², siendo más amplia en el golfo de México. México también cuenta con 12,500 km² de lagunas costeras y esteros así como de 6, 500 km² de aguas interiores, como lagos, lagunas, represas y ríos (SAGARPA 2008), lo que le da un alto potencial de desarrollo acuícola. Se calcula que para la próxima década, más del 40% de los productos marinos para consumo vendrán de la acuicultura, que ha mantenido un ritmo de crecimiento del 9% anual (Gravningen 2007).

El objetivo del proyecto fue identificar líneas de producción de alimentos de tecnología de punta y de bajo costo para proponerse como alternativa para su instalación en comunidades acuícolas sociales y privadas. El soporte que las universidades, instituciones de educación superior y centros de investigación pueden ofrecer a estas unidades de producción de alimentos está garantizado, ya que se

cuenta con un acervo y experiencia que permitirán realizar los proyectos de escalamiento en colaboración con los productores locales.

Se tomó como base el costo de un equipo de alta calidad, de marca reconocida y de capacidad de producción media-baja, seleccionando como referencia un extrusor modelo E325 (WENGER), de 159-363 kg/h de capacidad de producción, cuyo precio cotizado en septiembre de 2012 fue de \$248,400.00 dólares (sin empaque, en planta, Sabetha, Kansas, USA). Esta compañía ofrece un tiempo de entrega de 4-6 meses. Se diseñó una línea de producción de alimentos para acuicultura de capacidad media-baja con mayor aplicación en investigación, desarrollo tecnológico, escalamiento y aplicación comercial de pequeña a mediana escala (Tabla 1). Mediante búsqueda, consulta, y solicitud vía internet, se identificó la oferta de las líneas completas de extrusión de alimentos para peces y crustáceos de acuerdo al listado de equipos establecido en la Tabla 1. Se contactaron empresas en América, Europa y Asia. De las empresas que atendieron la solicitud se seleccionaron a las empresas con menor costo de sus líneas de producción y que aceptaron la visita a sus fábricas. Con el fin de evaluar *In situ* la capacidad de los extrusores para producir alimento sedimentable y alimento flotante, en una de las fábricas se realizó una prueba de producción de alimento para peces, utilizando harina de pescado, harina de trigo, harina de soya (31% c/u, aprox.) y aceite de pescado (4%), como materias primas base y una premezcla de vitaminas y minerales. No se utilizó ligante en la formulación. Para el caso del alimento flotante se incrementó el porcentaje de harina de trigo a un 50%, ajustando la pasta de soya. En cada caso se utilizaron 20 kg de la mezcla, dado que es la cantidad mínima propuesta por el fabricante para la operación del extrusor. Se utilizó un extrusor de doble tornillo con capacidad de producción de 250 kg/h (DP70 Twin Screw Extruder, Jinan Eagle Food Machinery Co, LTD, Jinan, China). Las condiciones de extrusión fueron T1: 60 oC, T2: 150oC, y T3: 120°C, que corresponde a las temperaturas en la zonas del extrusor para el pre-acondicionamiento, cocción y

salida de extrusión, ubicadas en la parte inicial, media y final de los tornillos del extrusor, respectivamente. Los alimentos extruidos se dejaron enfriar a temperatura ambiente (1 h, 25 oC) y se les realizó la prueba de flotabilidad en agua destilada.

Tabla 1. Línea de extrusión de alimentos para animales	
Preparación de materias primas	
1	Molino de granos
2	Silo de almacenamiento
3	Molino de carne
4	Cuarto de congelación 3x3x3m
5	Balanza 0-150 kg
Sistema de Cocción Extrusión	
6	Mezcladora
7	Elevador de tornillo
8	Extrusor de doble tornillo
9	Moldes (4)
Sistema de secado	
10	Elevador de aire (extrusor a secador)
11	Secadora
Sistema saborizador y de recubierta	
12	Elevador de aire (secador a saborizador)
13	Tambor de saborización
14	Spay de aceite
15	Banda de enfriamiento con ventiladores
Sistema de empaque	
16	Elevador de aire (a la empacadora)
17	Silo de producto
18	Empacadora (pesaje, cierre por sellado o cierre por cocido con hilo)
19	Cambio de Voltage a 220 V 60 Hz
20	Empaque y transporte a Quindao, China

Como parte de los resultados se encontró que las propuestas más económicas con tecnología de extrusión se localizaron en la República de China. De este país se tomaron en cuenta las propuestas de tres de las siete empresas que aceptaron la visita a sus fábricas para su comparación económica con el extrusor de referencia. La propuesta comparativa de las tres empresas seleccionadas se muestra en la Tabla 2. En esta tabla se resume el costo de la línea completa, que incluye los equipos listados en la Tabla 1 (con capacidad de producción entre 150 a 300 kg). Al considerar la inversión inicial respecto a la capacidad de producción de la línea, se encontró que la Empresa 1, tiene el mejor precio, respecto a la capacidad del extrusor ofertado. Sin embargo, las tres empresas tienen precios significativamente bajos respecto a equipos similares en capacidad de producción, como el utilizado como referencia. Si se toma, no la línea completa sino el precio del extrusor de referencia (WENGER modelo E325) el costo es de 683 dólares/kg de producción por hora, considerablemente superior a lo mostrado en la Tabla 2. Aún equipos de mayor capacidad (800-1000 kg/h) como el DP90, con pre-acondicionador e inyección de vapor, tiene un costo aproximado de \$28,500.00 (FOB Quindao China), casi 10 veces más económico que el extrusor de referencia, además que ofrecen un tiempo de entrega máximo de 2 meses (para la línea DP70 el tiempo de entrega promedio es de solo 40 días). Debe quedar claro que no se está comparando la calidad de los equipos. Solo se está comparando equipos de tecnología y capacidad de producción similar, que son más accesibles para países en desarrollo, lo que

Tabla 2. Datos comparativos de costos de las líneas de extrusión de alimentos			
Empresa	1	2	3
Capacidad del Extrusor	250Kg/h	220 kg/h	160 Kg/h
Costo de la Línea completa FOB Quindao	\$63,920.00	\$66,240.00	\$65,120.00
Costo/Capacidad (Dólares/por Kg*h-1)	\$255.68	\$301.09	\$407.00
El costo FOB puerto de Quindao, China, incluye todos los equipos listados en la Tabla 1, incluyendo empaque y transporte a Quindao			

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México

permitiría generar unidades de producción a pequeña y mediana escala, para investigación, desarrollo tecnológico, innovación, desarrollo de nuevos productos, producción de autoconsumo, con el objeto de reducir los costos en la producción acuícola.

Impacto socioeconómico

El acceso a tecnología de punta a bajo costo permitirá generar un mayor número de unidades experimentales, de desarrollo tecnológico y pruebas de escalamiento pre-comercial y comercial, para apoyar el desarrollo de las empresas acuícolas sociales y privadas, así mismo estimular la generación de nuevas empresas de base tecnológica para la producción de alimentos para acuicultura utilizando materias primas disponibles en la región y de menor costo. Ingredientes alternativos como las pasta de cártamo y langostilla en el Noroeste de México (Galicia et al 2010) o la pasta de coco en el sureste mexicano (González-Garduño et al 2011, Mundo Pecuario, 2013), son solo algunos ejemplos de alternativas de nuevos ingredientes para la acuicultura en México. El sector científico y tecnológico nacional podrá apoyar estas unidades de

Investigación y Desarrollo y producción para fortalecer el sector acuícola nacional y actividades económicas relacionadas. Este mismo modelo tiene alto potencial de desarrollo en Centroamérica y Sudamérica.

Referencias.

- CONAPESCA. 2008. Diagnóstico y Planificación Regional de la Pesca y Acuicultura en México. SAGARPA.
- Galicia Alfonso, Héctor Nolasco y Roberto Civera-Cerecedo. 2010. Uso del cártamo en alimentos para acuicultura en México. Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México. PCTI 57. Revista del Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México (PCTI). <http://pcti.mx/articulos/item/uso-del-cartamo-en-alimentos-para-acuicultura-en-mexico>.
- González-Garduño, R. Torres-Hernández, G. y Arece-García, J. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína Daily weight gain sheep feeding with Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) supplemented with diverse protein sources. Avances en Investigación Agropecuaria, 15(3): 3-20, Issn 0188789-0
- Gravningen 2007, Dirven forces for aquaculture-different scenarios towards 2030, p 19-26 En Arthur R y J. Nierens (Ed). Global Trade Conference on Aquaculture. FAO Fishery Proceedings 9, FAO, Roma.
- Mundo Pecuario. 2013. Composición nutricional del Coco (torta). http://mundo-pecuario.com/tema60/nutrientes_para_monogasticos/coco_torta-298.html.

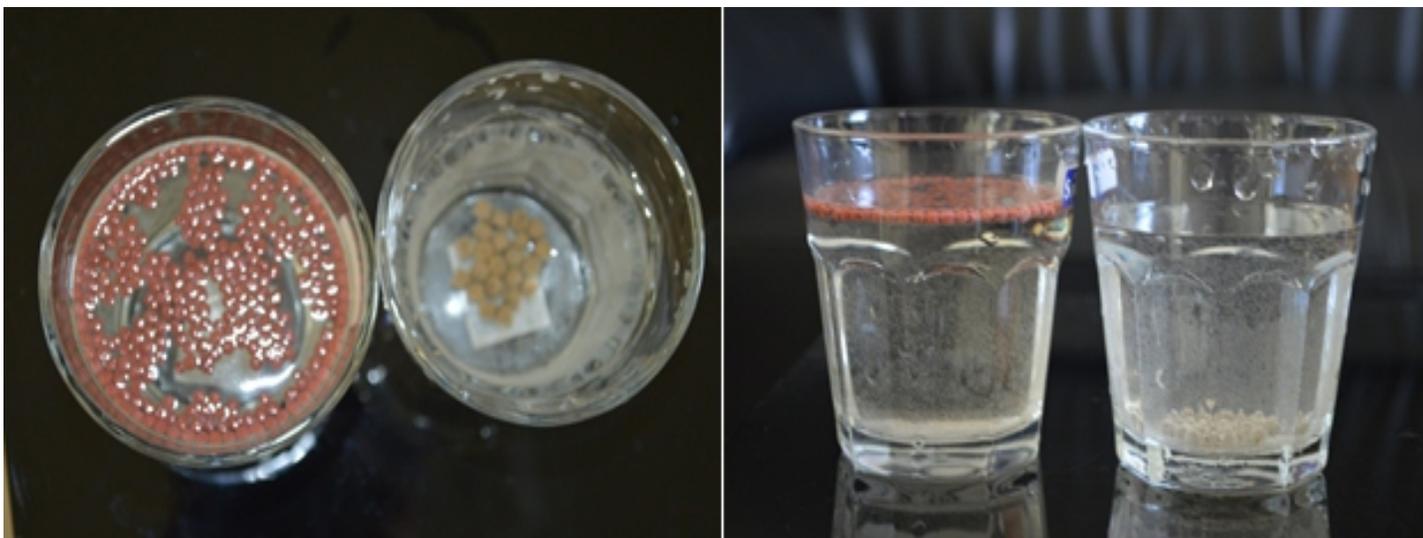


Figura 1. Alimentos extruidos con un equipo DP70 (extrusor de doble tornillo, Jinan Eagle Food Machinery, CO. LTD, Jinan China). En color rojo es alimento flotante y en color café alimento sedimentable

Efecto de la salinidad sobre el crecimiento del langostino de río

Macrobrachium tenellum



¹Daniel Espinosa-Chaurand, ¹Fernando Vega-Villasante y ²Manuel Guzmán-Arroyo.

¹Universidad de Guadalajara, ¹Laboratorio de Acuicultura Experimental, CUCosta, ²Instituto de Limnología, CUCBA.

mcespinosachaurand@gmail.com

Abstract

The objective was to evaluate the growth and survival of juvenile of *Macrobrachium tenellum* with 9 levels of salinity (0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 psu) for 40 days. Organisms fed marine shrimp feed (Purina®, 35% protein) at a rate of 10% of the total biomass alive. The treatments with 0.5 and 10 ups had 100% survival. Organisms in the treatment to 10 ups had higher growth parameters compared to other treatments. A decrease in the value of these parameters as salinity increased. The potential isosmotic point for juvenile *M. tenellum*, under the conditions stated, is about 10 ups.

Keywords: *Macrobrachium*, salinity, isosmotic point, specific growth rate.

Resumen

El objetivo fue evaluar el crecimiento y sobrevivencia de juveniles del langostino *Macrobrachium tenellum* con 9 niveles de salinidad (0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ups) durante 40 días. Los organismos se alimentaron con alimento para camarón marino (Purina®, 35% proteína) a una tasa de 10% de la biomasa total viva. Los tratamientos con 0.5 y 10 ups presentaron el 100% de sobrevivencia. Los organismos en el tratamiento a 10 ups tuvieron los parámetros de crecimiento mayores respecto a los otros tratamientos. Se observó una disminución en el valor de éstos parámetros conforme se incrementó la salinidad. El punto isosmótico potencial para juveniles de *M. tenellum*, bajo las condiciones establecidas, se encontró en torno a 10 ups.

Palabras clave: *Macrobrachium*, salinidad, punto isosmótico, tasa de crecimiento específica.

Área temática: Área 6. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Problemática

La falta de conocimiento biológico y ecológico de especies nativas es uno de los principales obstáculos para su conservación y aprovechamiento sustentable. Se conoce que *Macrobrachium tenellum* es un crustáceo decápodo (Figura 1) cuyo ciclo de vida transita entre las aguas dulces y salobres (Signoret y Soto 1997), encontrándoseles tanto en esteros, ríos y lagunas costeras, posee una buena capacidad de osmorregulación para adaptarse a salinidades altas durante el periodo de sequía (Chung 2001). La mayor parte de la información existente que relacionan a *M. tenellum* con las condiciones de salinidad del agua se ha generado de estudios de ecología poblacional de la especie y evaluaciones de parámetros fisicoquímicos de los cuerpos de agua en que habita. Algunos autores han reportado datos relacionados con la capacidad de osmoregulación de adultos de esta especie bajo condiciones controladas de laboratorio, pero poco es lo que se sabe sobre el efecto de diferentes concentraciones salinas en su crecimiento y sobrevivencia, así como sobre el intervalo preferido y óptimo para el desarrollo de los juveniles de esta especie.

Usuarios

Las dependencias federales como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Productores, grupos comunitarios, empresas y dependencias estatales y municipales interesados en

desarrollar la acuicultura de esta especie, así como biólogos e investigadores interesados en la biología y ecofisiología de crustáceos.



Figura 1. . Adulto de *Macrobrachium tenellum*
(Crustacea:Decapoda:Palaemonidae).

Proyecto

El objetivo del presente trabajo fue aportar información adicional sobre el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de *M. tenellum* sometidos a diferentes salinidades.

Se utilizaron juveniles de *M. tenellum* (0.28 ± 0.02 g) obtenidos del medio natural y distribuidos aleatoriamente en 27 unidades experimentales (UE) de 30 L (10 org/UE). Se alimentaron con una dieta con 35% de proteína cruda (PC). Todas las UE se mantuvieron en aguas claras y bajo condiciones controladas de oxígeno (5.95 ± 0.41 ppm), temperatura (28.0 ± 1.5 °C), pH (7.8 ± 0.4) y fotoperiodo (12 horas luz:12 horas oscuridad). Los tratamientos correspondieron a nueve concentraciones de salinidad (0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 ups) por triplicado. La salinidad del agua se ajustó con sales comerciales (Red Sea ®) para producir agua de mar artificial, la cual se midió con un medidor portátil de salinidad y temperatura (YSI® 30). Durante los 40 días que duró el experimento, los langostinos fueron alimentados diariamente a las 14:00 h con el 10% de su peso vivo. Los parámetros

de crecimiento calculados fueron el incremento total de peso (ITP=Peso final – Peso inicial; g), incremento de talla (mm/día), Porcentaje de Incremento de Peso (IP= [(Peso final – Peso inicial) / Peso inicial] * 100; %) y tasa de crecimiento específico (TCE= [(Ln Peso final – Ln Peso inicial) / días bioensayo] X 100). Para lo cual se pesaron (balanza digital Scout pro OHAUS®) todos los organismos al inicio y final del bioensayo. La sobrevivencia se evaluó con el registro diario de los organismos muertos ($S = 100 - (\text{org. inicio} - \text{org. final} / \text{org. inicio}) \times 100$; %). A los datos generados de S, ITP, IP y TCE se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para cada caso, con pruebas previas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $\alpha = 0.05$) y homocedasticidad (Bartlett, $\alpha = 0.05$). Las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron por medio del método de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0.05$). Todas las pruebas se realizaron mediante el software estadístico Sigmastat V3.1 (2004). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los porcentajes promedio de sobrevivencia de los juveniles de la especie bajo las diferentes salinidades a las que fueron expuestos, los tratamientos con 0.5 y 10 ups presentaron el 100% de sobrevivencia (Figura 2). Resultados similares han sido encontrados en *M. idae* y *M. carcinus* en los que se menciona que la mayor sobrevivencia se da en salinidades entre los 5 y 15 ups (Chung 2001). Para este último se ha mencionado que la preferencia de salinidades entre 5 y 15 ups se da en las etapas larvales, para después migrar como juveniles a zonas con concentraciones entre 0.5 y 5 ups (Chung, 2001). Este fenómeno también ocurre dentro del ciclo de vida de *M. tenellum*, el cual puede ubicarse en su etapa juvenil en esteros y bocas de ríos a punto de migrar a sus zonas habituales en los cuerpos dulceacuícolas costeros donde terminar su desarrollo y reclutamiento (Espinosa-Chaurand et al. 2011). La mortalidad del 50% de los organismos se encontró en el tratamiento de 30 ups y la mortalidad total a partir de 35 ups. La salinidad máxima tolerada ha sido reportada por otros autores para *M. tenellum* a los 28 ups (Signoret y Soto 1997), mientras que para *M. acanthurus* ocurre a los 25 ups y *M. carcinus* a los 30

ups (Signoret y Brailovsky 2004).

El valor promedio mayor de incremento total de peso (ITP) y la correspondiente tasa más elevada de crecimiento específico de peso (TCE) se observaron en los organismos del tratamiento de 10 ups, que fueron significativamente mayores a los demás tratamientos ($p < 0.05$; 0.229 ± 0.001 g y 1.54 ± 0.01 , respectivamente) (Tabla 1). Los valores de estos parámetros disminuyeron conforme se incrementaba la salinidad. Yen y Bart (2008) mencionaron en hembras reproductoras de *M. rosenbergii* un comportamiento similar al encontrado en el presente estudio, en el cual observaron una disminución en el crecimiento y producción de larvas conforme se aumenta la salinidad del medio. Estas observaciones coinciden con lo establecido para *M. tenellum* por Román (1979), quien indica que el tamaño de los organismos está relacionado con el gradiente de salinidad. El mejor crecimiento se debería observar en el intervalo óptimo de salinidad,

ya que en condiciones de salinidad extrema se origina un gasto energético elevado para la osmoregulación a expensas de otros procesos, como el crecimiento (Vijayan y Diwan 1995). Se ha mencionado que el trabajo osmótico de un organismo es mínimo cuando el medio externo y los fluidos corporales están en equilibrio, operando en su óptimo fisiológico y acumulando el máximo de energía que se canalizará en crecimiento (Valdez et al. 2008).

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede sugerir que el punto isosmótico para juveniles de *M. tenellum*, en donde se presenta la mayor sobrevivencia y el mayor crecimiento, es cuando estos se encuentran a 10 ups. Existe evidencia en la que se menciona que *M. tenellum* presenta un comportamiento hiperosmoregulador en bajas salinidades (0-20 ups) (Signoret y Soto, 1997) e hiposmoconformador a mayores valores de esta (Aguilar, 1995; Signoret y Soto, 1997), lo cual corresponde al comportamiento de un organismo

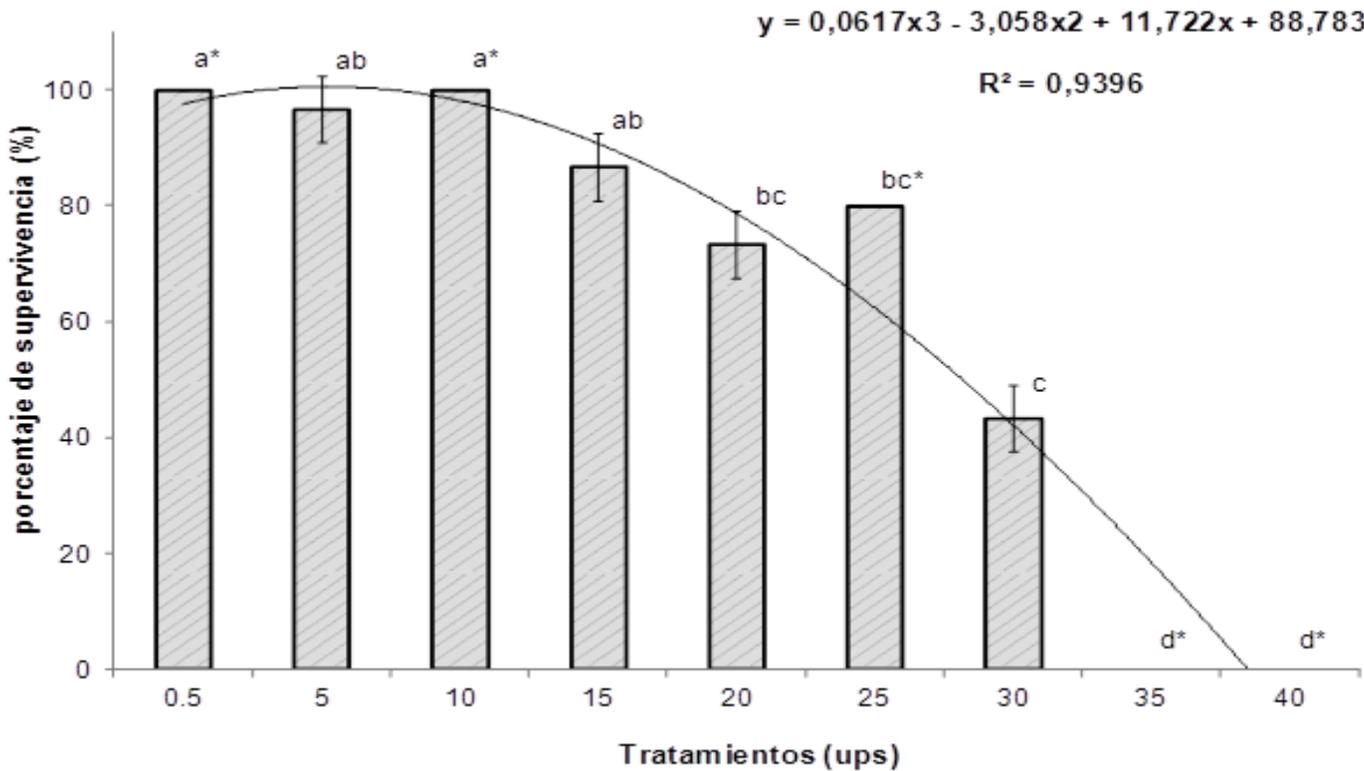


Figura 2. Sobrevivencia de juveniles de *Macrobrachium tenellum* expuestos a salinidades de 0.5 a 40 ups durante 40 días. Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar. Los superíndices diferentes entre las columnas muestran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). *La desviación estándar es igual a 0.00%. (Ajuste polinomial de 3er orden).

eurihalino que recientemente invadió el ambiente dulceacuícola (Aguilar, 1995). Existen varias especies de *Macrobrachium* que cumplen con esta premisa de ser consideradas como hiperosmóticas en bajas salinidades (de 0 a 20 ups) e hiposmóticas a altas salinidades como en *M. tenellum*.

Conocer el intervalo preferido y óptimo de los organismos para algún factor físico-químico que afecte directamente su crecimiento y sobrevivencia, es dar un paso importante para su conservación y aprovechamiento sostenible, así como para elevar el éxito de su cultivo. Los resultados de la presente investigación aportan datos relevantes de la tolerancia a la salinidad del camarón continental *M. tenellum*, los cuales son necesarios para comprender mejor su ciclo de vida y mejorar las técnicas de aprovechamiento de la especie.

Impacto socioeconómico

La generación de conocimientos biológicos y ecológicos básicos permite el manejo adecuado y sustentable de las especies en los ecosistemas a los que pertenecen, así como la elaboración de técnicas de manejo adecuadas para su aprovechamiento en confinamiento. Conocer los

rangos salinos de distribución y/o las concentraciones de preferencia por etapa en los langostinos de río podría permitir adecuar las normas de aprovechamiento de la especie y mejorar las técnicas de conservación, por consiguiente la protección ecológica del recurso y su garantía de presencia para aprovechamiento en el futuro mediante la protección de su reclutamiento.

Referencias

- Aguilar J.M. 1995. Efecto de la salinidad sobre el metabolismo respiratorio, excreción nitrogenada y osmoregulación en *Macrobrachium tenellum* de Mulegé, Baja California Sur, México. Tesis de M. Sc. Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada. Departamento de Acuicultura, División de Oceanología, Ensenada, México. 46 pp.
- Aguilar M., F. Díaz y F.L. Bückle. 1998. The effect of salinity on oxygen consumption and osmoregulation of *Macrobrachium tenellum*. *Mar Freshw Behav Physiol*, 31: 105-113.
- Chung K.S. 2001. Adaptabilidad ecofisiológica de organismos acuáticos tropicales a cambios de salinidad. *Rev. Biol. Trop.*, 49: 9-13.
- Espinosa-Chaurand L. D., M. Vargas-Ceballos, M. Guzmán-Arroyo, H. Nolasco-Soria, O. Carrillo-Farnés, O. Chong-Carrillo y F. Vega-Villasante. 2011. Biología y cultivo de *Macrobrachium tenellum*: Estado del arte. *Hidrobiológica*, 21: 99-117.
- Román C.R. 1979. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Macrobrachium tenellum* (Smith) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Ann. Inst. Cienc. Mar. Limnol.*, 6: 137-160.
- Signoret P.B.G. y G.E. Soto. 1997. Comportamiento osmoregulador de *Macrobrachium tenellum* y *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda: Palaemonidae) en diferentes salinidades. *Rev. Biol. Trop.*, 45: 1085-1091.
- Signoret P.B.G. y S.D. Brailovsky. 2004. Adaptive osmotic responses of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann) and *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus) (Decapoda, Palaemonidae) from the Southern Gulf of México. *Crustaceana*, 77: 455-465.
- Valdez G., F. Díaz, A.D. Re y E. Sierra. 2008. Efecto de la salinidad sobre la fisiología energética del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Bone). *Hidrobiológica*, 18: 105-115.
- Vijayan K.K. y A.D. Diwan. 1995. Influence of temperature, salinity, pH and light on molting and growth in the Indian white prawn *Penaeus indicus* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) under laboratory conditions. *Asian Fish Sci*, 8: 63-72.
- Yen P.T. y A.N. Bart. 2008. Salinity effects on reproduction of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 280: 124-128.

Tabla 1. Valores promedio \pm desviación estándar de variables de biomasa y sobrevivencia en juveniles de *M. tenellum* sometidos a diferentes salinidades durante 40 días.

Parámetro	I TP	IP	TCE
Tratamiento	(g)	(%)	
0.5 ups	0.194 \pm 0.011 ^c	77.78 \pm 4.44 ^a	1.44 \pm 0.06 ^b
5 ups	0.213 \pm 0.006 ^b	77.93 \pm 0.59 ^a	1.44 \pm 0.01 ^b
10 ups	0.229 \pm 0.001 ^a	84.98 \pm 0.36 ^a	1.54 \pm 0.01 ^a
15 ups	0.110 \pm 0.009 ^d	36.86 \pm 3.21 ^b	0.78 \pm 0.06 ^c
20 ups	0.053 \pm 0.002 ^e	18.82 \pm 0.45 ^b	0.43 \pm 0.01 ^d
25 ups	0.052 \pm 0.003 ^e	20.67 \pm 1.16 ^b	0.47 \pm 0.02 ^d
30 ups	0.001 \pm 0.001 ^f	0.20 \pm 0.35 ^c	0.01 \pm 0.01 ^e
35 ups	ND	ND	ND
40 ups	ND	ND	ND

I TP= Incremento total de peso; IP= Incremento porcentual de peso; TCE= Tasa de crecimiento específico. Los superíndices diferentes en las columnas muestran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). ND = No determinado

Instrucciones de autor

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Revista científica de divulgación, NÚMERO ISSN 2007-1310, Indizada al LATINDEX

Los artículos científicos, de divulgación, que se publican deben estar basados en cualquiera de los siguientes casos:

- Propuesta de proyecto científico, tecnológico o de innovación, para resolver una problemática con impacto socioeconómico en México.
- Proyecto científico, tecnológico o de innovación, ya ejecutado y exitoso que haya resuelto una problemática con impacto socioeconómico en México
- Propuestas de política pública para fortalecer el desarrollo sustentable de México, basado en el conocimiento.

Aunque el artículo trate una temática local debe presentarse en el contexto nacional o al menos regional.

Los artículos pueden derivarse de los siguientes tipos de proyecto: 1. Investigación; 2. Desarrollo tecnológico; 3. Innovación; 4. Formación de recursos humanos; 5. Infraestructura científica y tecnológica; 6. Divulgación científica y tecnológica; 7. Políticas públicas para el desarrollo de México, basado en el conocimiento.

Los artículos deberán tener como máximo 5-6 cuartillas (24 líneas, 260 palabras por cuartilla, aproximadamente) de texto, Times New Roman de 12 puntos, con interlínea doble y con márgenes de 2.5 cm. Sin demérito de su calidad científica, los textos deben ser escritos en lenguaje para todo público. Los documentos deben contener las referencias científicas más importantes (mínimo 5, máximo 10), referidas en el texto y listadas en la bibliografía. En un archivo anexo enviar tres figuras a color (gráficos, fotografías, esquemas, dibujos y como última opción tablas cortas). Las figuras o tablas deben estar referenciadas en el texto y deben tener un pie de figura o tabla explicativo, descrito de forma breve y de fácil comprensión.

Los documentos deben tener siguientes secciones y orden:

Título

Autor/Institución

Resumen (objetivos, métodos, resultados relevantes, conclusiones en 6-10 líneas).

Palabras clave

Abstract (6-10 líneas).

Key Words.

Área temática.

Problemática que atiende.

Usuarios/beneficiarios.

Proyecto (objetivos, métodos, resultados relevantes, discusión, conclusiones).

Impacto socioeconómico. Hasta esta sección, MÁXIMO 5 CUARTILLAS

Elementos adicionales a considerar en los artículos sometidos para publicación

Ilustraciones

Las ilustraciones —incluye fotografías— se entregarán digitalizadas en 427 x 640 pixeles, con un tamaño mínimo de 15cm en su lado mayor. El material gráfico —dibujos o esquemas—, deberán ser elaborados en Corel Draw u otro programa similar y en cualquiera de los siguientes formatos: tif o jpg. No se aceptan imágenes que provienen de Internet, sin la autorización expresa del autor de la imagen, y sin que tengan la calidad requerida. En total las imágenes, gráficos y tablas referidas en el texto no deben ser mayores a tres.

Nota: se recomienda enviar una ilustración de alta definición 683 x 1024 pixeles, para usarse como portada en la versión electrónica en el portal del PCTI. La fotografía o imagen debe ser llamativa y sobre la temática del artículo.

Tablas

Se recomienda usarlas de manera excepcional. De haberlas, deberán ser referidas en el texto, tener únicamente los datos imprescindibles, con el propósito de que el lector las comprenda con facilidad. Cada una de las tablas deberá contener un número de identificación, numeradas en forma consecutiva, con un título descriptivo. De ser necesario, se incluirá al pie una nota explicativa. Las tablas deben enviarse además en archivo Excel.

Referencias bibliográficas

Las referencias generales, destinadas a ampliar en su conjunto la información que se proporciona al lector, no requieren ser citadas en el texto. Las específicas, que destacan algún punto de particular importancia, deberán ser únicamente las 10 más importantes y citadas en el texto por el primer apellido del autor y del coautor (de existir) seguido(s) por el año de publicación escrito entre paréntesis, como en: Martínez (2009), o en López y Martínez (2009). Si hubiera más de dos autores, la referencia se hará como en el caso anterior, pero señalando únicamente el apellido del primer autor, seguido de la expresión y cols., como en Martínez y cols. (2010) ó et al. dentro de paréntesis (Martínez et al., 2010). Si es necesario diferenciar dos o más trabajos del mismo autor publicados en un mismo año, se utilizarán letras minúsculas consecutivas al lado del año, en letra cursiva, como en: Martínez (2010a), Martínez (2010b). El número de referencias no deberá ser mayor a 10. Las fichas bibliográficas correspondientes a las referencias generales y específicas se agruparán al final del artículo, en orden alfabético y de acuerdo con el apellido del primer autor. El texto del artículo hasta la bibliografía no debe ser mayor a 6 cuartillas a doble espaciado.

Los artículos y anexos deberán ser enviados (en el formato electrónico requerido) al Editor de la revista, acompañados de una carta (en formato electrónico) del autor de correspondencia solicitando su publicación. Con el objeto de facilitar la labor de corrección y la comunicación con el autor, las páginas del artículo deberán estar numeradas. Las propuestas de artículo deben de enviarse exclusivamente por vía electrónica a: hnoasco2008@hotmail.com

ÁREAS TEMÁTICAS: todas las áreas temáticas, usar la clasificación del SNI.

Los artículos son sometidos a arbitraje por pares académicos de reconocido prestigio.



PCTI

Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de México.



La ciencia, la tecnología e la Innovación al servicio de la sociedad mexicana

Órgano Oficial de Divulgación
de la AMECTIAC



Contacto: hno lasco2008@hotmail.com, hno lasco@pcti.mx