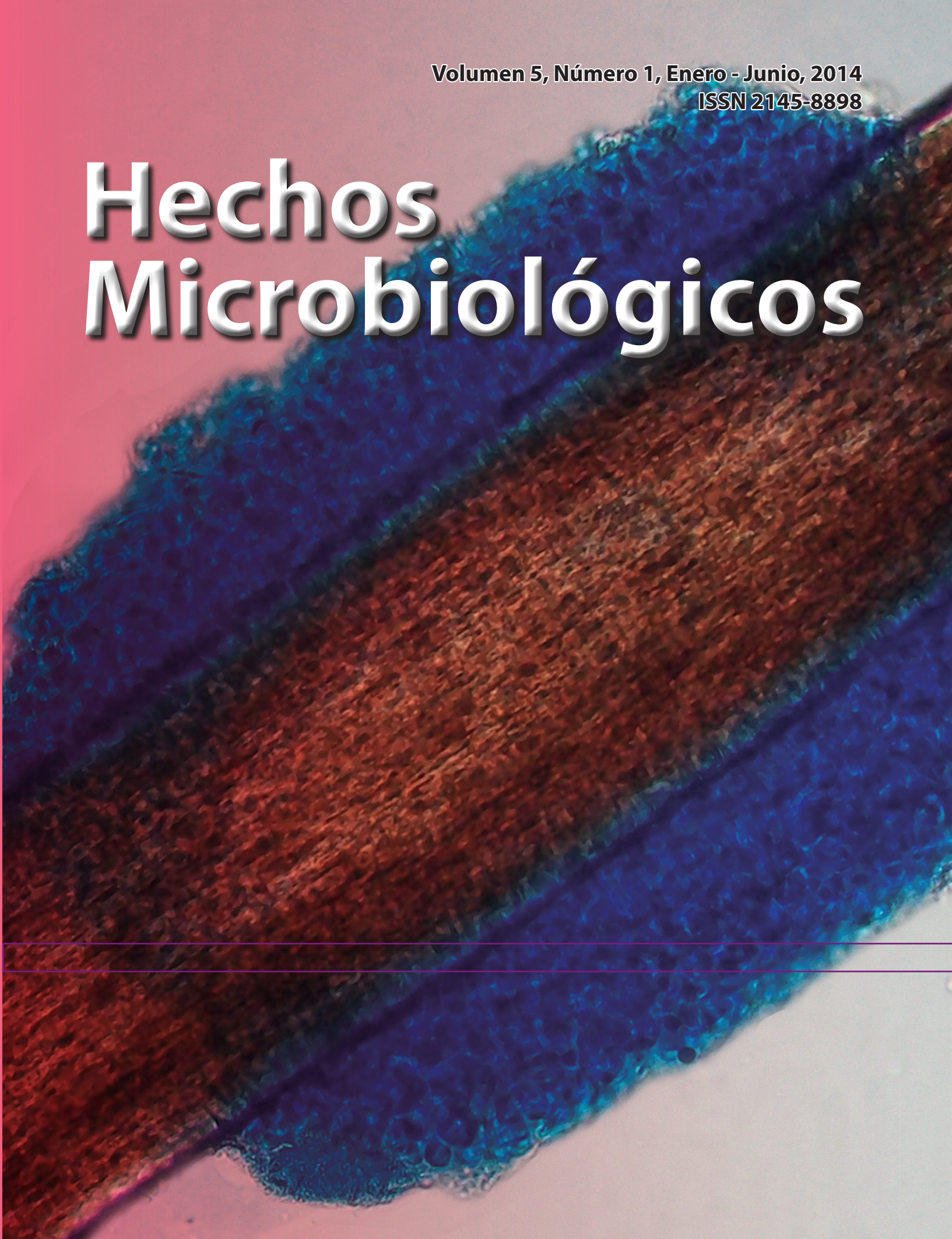


Volumen 5, Número 1, Enero - Junio, 2014

ISSN 2145-8898

Hechos Microbiológicos



Revista **HECHOS** **Microbiológicos**

Publicación Científica Oficial
Universidad de Antioquia - Escuela de Microbiología
Volumen 5 - Número 1 - Enero - Junio - 2014
<http://www.udea.edu.co/hm>



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Escuela de Microbiología

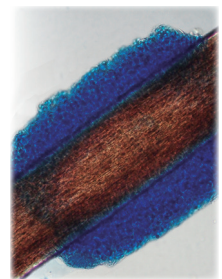


IMAGEN ORIGINAL DE LA PORTADA

Piedra blanca: micosis superficial causada por *Trichosporon* spp. Examen directo de nódulo de pelo. KOH al 10% con tinta (aumento 40x). Fotografía tomada de la colección de placas del Laboratorio Docente de Microbiología. Escuela de Microbiología. Universidad de Antioquia.

CORTESÍA

Diana Marcela González Gil, Microbióloga y Bioanalista MSc (e). Grupo de Investigación en Microbiología Básica y Aplicada - MICROBA. Coordinadora del Laboratorio Docente de Microbiología. Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia.

IMÁGENES DE LA PORTADA INTERNA

RESPALDO DE LA PORTADA INICIAL

“NASA-Funded Research Discovers Life Built With Toxic Chemical”, publicada el día 2 de diciembre del año 2010 en la página del Departamento de Astrobiología de la NASA (<http://astrobiology.nasa.gov>).

RESPALDO DE LA CONTRA PORTADA

Imagen de archivo, Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



RECTOR

Mauricio Alviar Ramírez

VICERRECTOR GENERAL

Carlos Vásquez Tamayo

VICERRECTORA DE DOCENCIA

Luz Stella Isaza Mesa

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Fernando Tobón Bernal

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

María Patricia Arbeláez

VICERRECTOR DE EXTENSIÓN

José Edinson Aedo Cobo

SECRETARIO GENERAL

Robert August Uribe Álvarez



DIRECTORA

Liliana Marcela Ochoa Galeano

SUBDIRECTOR

Ricardo Velasco Vélez

JEFE DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

Ángel González Marín

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN ACADÉMICA

Lida Arias Marín

COORDINADOR DE EXTENSIÓN

María Eugenia Mejía Mejía

COORDINADORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

María Esperanza Arenas Hernández

COORDINADOR DEL LABORATORIO DOCENTE ASISTENCIAL E INVESTIGATIVO

Julio César Fernández Chica

COORDINADOR DEL LABORATORIO CLÍNICO SEDE CLÍNICA LEÓN XIII

Óscar Omar Gaviria Cortés

COORDINADORA DEL BANCO DE SANGRE SEDE CLÍNICA LEÓN XIII

María Elena Toro Montoya

COORDINADOR DE POSGRADOS

Juan Álvaro López Quintero

COORDINADORA DE BIENESTAR UNIVERSITARIO

Paula Andrea Ríos Munera

COORDINADOR DE RELACIONES INTERNACIONALES

Gustavo Adolfo Gámez de Armas

COORDINADORA DE PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA Y BIOANÁLISIS

Victoria Eugenia González Cárdenas

COORDINADORA DE PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Yamilet Arcos Arango

COORDINADORA DE LA OFICINA ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y DE APOYO LOGÍSTICO

Eliana María Ocampo Lopera

PROFESORA ENLACE DEL PROGRAMA DE EGRESADOS

Paola Andrea Acevedo Toro

Revista **HECHOS** **Microbiológicos**

DIRECTOR

Ángel González Marín, BSc., MSc., PhD.

ASESOR EDITORIAL

Alfonso Javier Rodríguez-Morales, MD, MSc., PhD(c).

ASISTENTE EDITORIAL Y DISEÑADOR GRÁFICO

Yulian Gaviria Sierra.

COMITÉ EDITORIAL

Liliana Marcela Ochoa Galeano, BSc., MSc.

Luz Elena Cano Restrepo, BSc., PhD.

Orville Hernández Ruiz, PhD.

Judy Natalia Jiménez, MSc., PhD.

Leonardo Alberto Ríos, PhD.

Beatriz Helena Aristizábal Bernal, MSc., PhD.

Beatriz Lucía Gómez, BSc., PhD.

Jhon Carlos Castaño Osorio, MD, MSc., PhD.

Luis Miguel Gómez Osorio, MV, MSc.

Zulma Rueda, MD, PhD.

COMITÉ CIENTÍFICO

Agostinho Joao Romalho de Almeida, PhD. (Portugal)

Leonardo Martín Pérez, MSc., PhD. (Argentina)

Jordi Morató Farreras, PhD. (España)

Gabriel Antonio Trueba, MV, MSc., PhD. (Ecuador)

Fidel Ángel Nuñez Fernández, Esp., PhD. (Cuba)

Luis Raymond Sarmiento Pérez, MSc., PhD. (Cuba)

Ana María García Cepero, MSc., PhD. (Colombia)

ASESORA CIENTÍFICA

Ángela Restrepo Moreno, PhD.

COMUNICADOR SOCIAL

Diego León Morales Flórez

©2016 por la Universidad de Antioquia. Reservados todos los derechos. Los conceptos y las opiniones expresadas en cada artículo son responsabilidad exclusiva del autor. Ni la Universidad de Antioquia, ni el equipo editorial, se hacen responsables del uso de la información aquí publicada, ni de los resultados que se obtenga con ella.

La revista Hechos Microbiológicos es la publicación científica oficial de la Escuela de Microbiología de la Universidad de Antioquia. Se publica en formato digital e impreso con periodicidad semestral. Su misión es difundir los conocimientos científicos relacionados con la práctica y los procesos en Microbiología y Bioanálisis, y de otras disciplinas afines con las áreas de la salud, la industria, el ambiente y la educación en Microbiología. Busca mantener una vía de intercambio de conocimientos y experiencias con disciplinas que tengan su centro de acción en la investigación básica y aplicada.

PÚBLICO OBJETIVO

Esta publicación está dirigida a todos los profesionales de la salud con interés en la Microbiología, el bioanálisis y sus aplicaciones básicas, clínicas, ambientales e industriales. Adicionalmente, sirve a los estudiantes y profesionales de la salud cuya formación involucre, directa o indirectamente, conceptos de la Microbiología.

OBTENCIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN HECHOS MICROBIOLÓGICOS

Los artículos pueden obtenerse mediante la suscripción a la versión impresa o de manera gratuita, con previo registro, a través de la versión digital en: <http://www.udea.edu.co/hm/>

REVISTA HECHOS MICROBIOLÓGICOS

Publicación semestral

Escuela de Microbiología

Universidad de Antioquia

Volumen 5 - Número 1 - Enero - Junio - 2014

ISSN

2145-8898

NOMBRE ABREVIADO

Hechos Microbiol.

IMPRESIÓN Y TERMINACIÓN

Legis S.A.

CANJES

Universidad de Antioquia, Biblioteca Central

Calle 67 #53-108, Bloque 8, Teléfono +57(4) 2195992

Selección y adquisición, canje y donación

Contacto: Nubia Valencia Álvarez

nubia.valencia@udea.edu.co

canjeydonacionbiblioteca@udea.edu.co

CORRESPONDENCIA

Universidad de Antioquia, Escuela de Microbiología

Calle 70 #52-72, Piso 6, Oficina 607, Teléfono: 2198490

Centro de Investigación y Extensión

revistahechosmicrobiologicos@udea.edu.co

<http://www.udea.edu.co/hm>

Medellín, Colombia

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

GRUPO DE INVESTIGACIÓN BACTERIAS ANAEROBIAS DE IMPORTANCIA CLÍNICA (GIBA)

Líder: Clara Lina Salazar González
Clasificación: Colciencias
Categoría: Reconocido 2015
Contacto: clarlin27@gmail.com

BIOPROCESOS MICROBIANOS (BIOMICRO)

Líder: Lida Arias Marín
Clasificación: Colciencias
Categoría: C
Contacto: lidarias@gmail.com

HEMATOPATOLOGÍA MOLECULAR

Líder: Paola Andrea Acevedo Toro
Clasificación: Colciencias
Categoría: B
Contacto: micropao@gmail.com

MICROBIOLOGÍA BÁSICA Y APLICADA (MICROBA)

Líder: Judy Natalia Jiménez Quiceno
Clasificación: Colciencias
Categoría: C
Contacto: nataliajiudea@gmail.com

MICROBIOLOGÍA MOLECULAR

Líder: Margarita María Correa Ochoa
Clasificación: Colciencias
Categoría: A1
Contacto: margaritcorrea@gmail.com

SALUD SEXUAL Y CÁNCER

Líder: Lucía Stella Tamayo Acevedo
Clasificación: Colciencias
Categoría: B
Contacto: lucia.tamayo@udea.edu.co

BIOTRANSFORMACIÓN

Líder: Alejandro Acosta Cárdenas
Clasificación: Colciencias
Categoría: B
Contacto: alejandro.acosta@udea.edu.co

MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL

Líder: Ana Luz Galván Díaz
Clasificación: Colciencias
Categoría: C
Contacto: ana.galvan@udea.edu.co

MICOLOGÍA MÉDICA Y EXPERIMENTAL

Líder: Luz Elena Cano Restrepo
Clasificación: Colciencias
Categoría: A1
Contacto: lula.cano@hotmail.com

MICROBIOLOGÍA VETERINARIA

Líder: Diana Polanco Echeverry
Clasificación: Colciencias
Categoría: B
Contacto: diana.polanco@udea.edu.co

SALUD Y SOSTENIBILIDAD

Líder: Leonardo Alberto Ríos Osorio
Clasificación: Colciencias
Categoría: A
Contacto: leonardo.rios@udea.edu.co

CONTENIDO

VOLUMEN 5 - NÚMERO 1 - ENERO - JUNIO - 2014

EDITORIAL

Fiebre Amarilla: De nuevo, una preocupación global	1
--	---

Alfonso J. Rodríguez-Morales, Wilmer E. Villamil-Gómez.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Evaluación del potencial de las cáscaras de frutas en la obtención de bioetanol	4
---	---

Lesly Tejeda B., Wilfredo Marimón, Mauricio Medina

Comparación del uso del ácido amsónico y Blanco de Calcofluor para colorear hongos sobre bloques de agar	10
--	----

Marcela Gómez G., Jeannette León E., Alex Alexis Florez, Gina Quiñones V., Katherine Gómez V., Lizeth Espinosa G., Claudia Ávila R., Paola Fernández M.

Evaluación de la bioestimulación de un consorcio microbiano para la degradación de PCBs en suelo	16
--	----

Nancy J Pino R., Luisa Munera., Gustavo Peñuela

Conocimientos y prácticas en salud sexual de los estudiantes de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.	25
--	----

Liliana Patricia Álvarez Osorio; Lucía Stella Tamayo Acevedo, Mónica Andrea Moreno Ruíz.

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Potenciadores en el proceso de remoción biológica de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PHAs)	36
---	----

Estefany Quiceno, Leonardo Alberto Ríos.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES	51
--------------------------------	----

Comité Editorial

ANEXOS

Formato de suscripción	63
------------------------	----

Comité Editorial

CONTENTS

VOLUME 5 - NUMBER 1 - JANUARY - JUNE - 2014

EDITORIAL

Yellow fever: Again, a global concern	1
---------------------------------------	---

Alfonso J. Rodríguez-Morales, Wilmer E. Villamil-Gómez.

ORIGINAL RESEARCH ARTICLES

Evaluation of the potential of fruit peels in obtaining bioethanol	4
--	---

Lesly Tejeda B., Wilfredo Marimón, Mauricio Medina

Comparison between the use of amsonic acid and Calcofluor White for staining fungi on agar blocks	10
---	----

Marcela Gómez G., Jeannette León E., Alex Alexis Florez, Gina Quiñones V., Katherine Gómez V., Lizeth Espinosa G., Claudia Ávila R., Paola Fernández M.

Evaluation of bioestimulation using a microbial consortium to PCB degradation in soil	16
---	----

Nancy J Pino R., Luisa Munera, Gustavo Peñuela

Knowledge and practices in sexual health of the students of the University of Antioquia, Medellín, Colombia, 2014	25
---	----

Liliana Patricia Álvarez Osorio; Lucia Stella Tamayo Acevedo, Mónica Andrea Moreno Ruíz.

REVIEW ARTICLES

Enhancers in the biological removing process of polycyclic aromatic hydrocarbons (PHAs)	36
---	----

Estefany Quiceno, Leonardo Alberto Ríos.

Instructions for authors	51
--------------------------	----

Editorial Board

ANNEXES

Subscription forms	63
--------------------	----

Editorial Board

Fiebre Amarilla: De nuevo, una preocupación global

Yellow fever: Again, a global concern

Alfonso J. Rodríguez-Morales^{*†‡}, Wilmer E. Villamil-Gómez^{†§}.

La fiebre amarilla es una enfermedad infecciosa tropical viral, del grupo de las patologías causadas por virus transmitidos por vectores (arbovirosis) y zoonóticas, la cual, a pesar de tener una baja incidencia, ha implicado una alta tasa de letalidad cuando ocurren los brotes epidémicos causados por ella. Por fortuna la misma, en zonas endémicas, se asocia a brotes esporádicos que ocurren cada cierto tiempo, como consecuencia de las epizootias y la eventual exposición en el ciclo selvático, de seres humanos.¹

Sin embargo, especialmente en los últimos años, los viajeros han servido para movilizar el virus, y retornar de zonas donde hay epidemias, a zonas no endémicas o a zonas donde hay una alta presencia del vector urbano *Aedes*,² donde ocurre generalmente en forma concurrente con dengue. Sin embargo en los actuales momentos, en Colombia en adición a ello, chikungunya y Zika, como se reporta en una amplia distribución geográfica nacional.³⁻⁵

Recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha planteado⁶ que la epidemia de fiebre amarilla urbana en Angola, 2015-2016, ha puesto de manifiesto dos importantes cuestiones sobre el control de la fiebre amarilla que se están enfrentando: (i) el riesgo de la extensión nacional / internacional del brote, y (ii) el suministro de vacunas de fiebre amarilla

a nivel mundial. Lo primero debido a la globalización, los viajes y la migración. Y lo segundo debido a que la producción, en un escenario de epidemia, no sería la suficiente para cubrir las demandas.⁶ Más aún, existen casos importados que han sido notificados en 4 países hasta el momento: 9 casos en China, 3 en la República Democrática del Congo, 2 en Kenia y 1 en Marruecos.⁶ Teniendo en cuenta que Luanda es la capital de Angola y tiene un aeropuerto internacional con 17 compañías aéreas internacionales, el riesgo de una mayor extensión es una posibilidad real si la transmisión del virus no puede ser interrumpida y si la amplificación de la enfermedad sigue.⁶

De hecho es de importancia mencionar que entre Luanda y ciudades como Río de Janeiro y Sao Paul, Brasil, existen líneas que ofrecen vuelos con tan solo una conexión (en Johannesburgo, Sudáfrica). Y de Brasil a Colombia, existe un alto movimiento de viajeros, que de hecho se ha asociado a la llegada de Zika al país en septiembre 2015. Durante los años 2014-2016, Colombia ha sido impactada por otras dos nuevas arbovirosis para el país, chikungunya y Zika, ambas ingresaron al país por el departamento de Bolívar, incluyendo a Cartagena entre los lugares más afectados.^{7,8} En el caso de Zika, proveniente de Brasil. La fiebre amarilla es una enfermedad que se ha

* Grupo de Investigación Salud Pública e Infección, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda, Colombia. † Comité de Zoonosis y Fiebres Hemorrágicas, Asociación Colombiana de Infectología. ‡ Grupo de Investigación Enfermedades Infecciosas y Control de Infecciones, Hospital Universitario de Sincelejo, Sincelejo, Sucre, Colombia y SUE Caribe, Programa del Doctorado de Medicina Tropical, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia. § Contacto: arodriguezm@utp.edu.co

reportado en el país desde hace muchos años.⁹ Entre 1998 y 2009 se registraron en Colombia 52 muertes por fiebre amarilla.⁹ Ocurriendo en el año 2003 27 casos.⁹ Más aún, en 2013, de acuerdo a la OMS, se reportó 1 caso fatal de fiebre amarilla en Colombia.¹⁰ El 6 de julio de 2013, Colombia reportó un caso confirmado de fiebre amarilla selvática.¹⁰ El caso era un varón de 35 años de edad de la ciudad de Pajuil (Vereda el Recreo, Departamento del Caquetá), que es una zona de riesgo para la fiebre amarilla. El paciente falleció 8 días después de la aparición de los síntomas. Sobre su historia de vacunación contra la fiebre amarilla se desconoce. La cobertura de vacunación para fiebre amarilla en niños menores de un año de edad del municipio Pajuil era de 25,4%.¹⁰ Las bajas coberturas de vacunación, en zonas con condiciones epidemiológicas, entomológicas y ecológicas apropiadas, es un factor de riesgo para la ocurrencia de la fiebre amarilla. Teniendo en cuenta que, hasta el 30 de abril de 2016, Angola ha reportado 2023 casos sospechosos y 650 confirmados por laboratorio, incluyendo 258 muertes (tasa de letalidad de 12,7%), con la mayoría de los casos reportados en la provincia de Luanda (la capital del país), los países del mundo, especialmente donde hay *Aedes* spp., deben tomar medidas de prevención, control y vigilancia ante la posible llegada de casos importados.⁶ Más aún en aquellas zonas donde existen las condiciones de mayor riesgo, lo cual incluye la mayor parte del territorio colombiano, incluido allí la región Caribe y en especial el departamento de Bolívar, donde ha ocurrido el ingreso de chikungunya y Zika, por su intensa actividad turística receptora internacional. Por ello se requiere que el personal de salud conozca acerca de la enfermedad y sus características no solo epidemiológicas sino también clínicas. La enfermedad clínicamente se caracteriza por cursar desde una sintomatología no específica hasta una enfermedad hemorrágica mortal, cuya principal característica es la fiebre. El período de incubación después de la picadura de un mosquito infectado es de 3-6 días. El inicio de la enfermedad suele ser brusco, con fiebre, escalofríos, malestar general, dolor de cabeza, dolor de espalda, mialgia generalizada, náuseas y mareos. Al examen físico del paciente, este se encuentra febril y aparece gravemente enfermo, con congestión de la conjuntiva y bradicardia relativa con respecto a la temperatura, conocido como disociación pulso-temperatura (signo

de Faget). El virus está presente en la sangre en títulos de hasta >100 partículas infecciosas / mL. El paciente puede por lo tanto servir como una fuente de infección para los mosquitos (durante su viremia). La temperatura media es de 39°C y la fiebre tiene una duración de 3 días. Los niños pequeños pueden experimentar fiebre con convulsiones.

Las anormalidades de laboratorio incluyen leucopenia con una neutropenia relativa. Entre 48 y 72 horas después del inicio y antes de la aparición de ictericia, los niveles de transaminasas séricas pueden aumentar considerablemente. Este llamado “período de la infección” dura varios días y puede ser seguida de una “período de remisión”, con la desaparición de la fiebre y síntomas que duran hasta 24 horas. Durante el período de la remisión, el virus se elimina por anticuerpos y la respuesta inmune es celular.¹¹ En América del Sur, las tasas de transmisión de la fiebre amarilla son más bajas que en África, en parte debido a una alta cobertura de la vacuna. Esta se produce principalmente como parte de las campañas de inmunización masiva ante los brotes de la enfermedad. El mayor brote de la fiebre amarilla en América del Sur desde la década de 1950 se produjo en Perú en 1995, y se reportaron casos en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú de 1985 a 1994. El resurgimiento de la enfermedad en Brasil durante la década de 1990 y principios de 2000 propició más campañas de vacunación. Los factores que se relacionan con el resurgimiento de la fiebre amarilla en América del Sur incluyeron una cobertura de vacunación relativamente baja en las zonas donde se produjeron brotes de la enfermedad, la migración de individuos susceptibles a las regiones forestales donde se transmite la enfermedad y el aumento de la urbanización en zonas de riesgo para la enfermedad. Los datos precisos acerca de la carga de la fiebre amarilla son difíciles de obtener debido al subregistro de la enfermedad (especialmente de zonas aisladas). Las limitaciones de la vigilancia pasiva, la falta de capacidad de diagnóstico en muchas regiones donde la fiebre amarilla es endémica, y la aparición de casos asintomáticos, son factores de importancia. Dichos desafíos plantean la necesidad de reforzar el apoyo a los programas de inmunización como pilar fundamental de la prevención de la enfermedad.¹²

Por todo lo anterior, es de gran importancia la preparación y actualización del personal de salud en lo concerniente a la apropiada identificación, sospecha,

vigilancia, diagnóstico y manejo de pacientes con fiebre amarilla, para lo cual, deben llevarse a cabo capacitaciones que permitan lograr ello, con los fines de incrementar la prevención y su control, tanto en la atención primaria como especializada. Esto entonces se constituye de nuevo en una preocupación global.

PALABRAS CLAVE

Fiebre Amarilla, Arbovirus, *Aedes*, Colombia, América Latina.

KEY WORDS

Yellow Fever, Arbovirus, *Aedes*, Colombia, Latin America.

REFERENCIAS

1. **Rifakis PM, Benitez JA, De-la-Paz-Pineda J, Rodríguez-Morales AJ.** Epizootics of yellow fever in Venezuela (2004-2005): an emerging zoonotic disease. *Ann NY Acad Sci.* 2006;1081:57-60.
2. **Risquez A, Marrero A, Naranjo N, Palacios Y, Ros-somando MT, Rodríguez-Morales AJ.** Diseases and injuries associated with travel among students, employees and teachers of the Central University of Venezuela during the national summer vacations. *Travel Med Infect Dis.* 2010;8:41-6.
3. **Rodríguez-Morales AJ, García-Loaiza CJ, Galindo-Marquez ML, Sabogal-Roman JA, Marin-Loaiza S, Lozada-Riascos CO, et al.** Zika infection GIS-based mapping suggest high transmission activity in the border area of La Guajira, Colombia, a northeastern coast Caribbean department, 2015-2016: implications for public health, migration and travel. *Travel Med Infect Dis.* 2016. doi: 10.1016/j.tmaid.2016.03.018.
4. **Villamil-Gómez WE, González-Camargo O, Rodríguez-Ayubi J, Zapata-Serpa D, Rodríguez-Morales AJ.** Dengue, Chikungunya and Zika co-infection in a patient from Colombia. *J Infect Public Health.* 2016. doi: 10.1016/j.jiph.2015.12.002.
5. **Rodríguez-Morales AJ, Cárdenas-Giraldo EV, Montoya-Arias CP, Guerrero-Matituy EA, Bedoya-Arias JE, Ramírez-Jaramillo V, et al.** Mapping chikungunya fever in municipalities of one coastal department of Colombia (Sucre) using Geographic information system (GIS) during 2014 outbreak: implications for travel advice. *Travel Med Infect Dis.* 2015; 13:256-258.
6. **Carmelo Dueñas Castell.** WHO. Yellow fever urban outbreak in Angola and the risk of extension. *Wkly Epidemiol Rec.* 2016;91:186-92.
7. **Rodríguez-Morales AJ.** Chikungunya Virus Infection: Ecoepidemiological considerations of a new threat for

Latin America. *One Health Newsletter* 2015; 8:7-9.

8. **Alfaro-Toloza P, Clouet-Huerta DE, Rodríguez-Morales AJ.** Chikungunya, the emerging migratory rheumatism. *Lancet Infect Dis.* 2015; 15:510-512.
9. **Segura ÁM, Cardona D, Garzón MO.** Tendencias de la mortalidad por fiebre amarilla, Colombia, 1998-2009. *Biomedica.* 2013;33 Suppl 1:52-62.
10. WHO. Yellow fever in Africa and South America, 2013. *Wkly Epidemiol Rec.* 2014;89:297-306.
11. **Monath TP.** Yellow fever: an update. *Lancet Infect Dis.* 2001;1:11-20.
12. **Barnett ED.** Yellow fever: epidemiology and prevention. *Clin Infect Dis.* 2007;44:850-6.

Evaluación del potencial de las cáscaras de frutas en la obtención de bioetanol

Evaluation of the potential of fruit peels in obtaining bioethanol

Lesly Tejada B.*†, Wilfredo Marimón*, Mauricio Medina*

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Los biocombustibles de primera generación han sido cuestionados por el uso del suelo y el cultivo de productos que ponen en peligro la seguridad alimentaria. Las cáscaras de frutas son un desecho agroindustrial de elevada producción en todo el país, lo que las constituye en una fuente importante de biomasa lignocelulósica que puede ser usada para la obtención de etanol de tercera generación.

OBJETIVO

En el presente trabajo se evaluó el potencial de tres frutas cítricas de la región Caribe Colombiana: limón (*Citrus limón* CPW L.), naranja común (*Citrus sinensis*) y mandarina común (*Citrus nobilis*), en la producción de etanol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo la fermentación alcohólica de los jarabes glucosados obtenidos a partir de la hidrólisis ácida de sus cáscaras previa reducción de tamaño y eliminación de lignina.

RESULTADOS

Los resultados mostraron que el tiempo de fermentación óptimo en todos los casos fue de 24 horas. Las cáscaras de mandarina presentaron el mejor rendimiento con 15,95 mg de etanol por gramo de cáscara, seguido de la naranja con 13,98 mg/g. El rendimiento menos favorecido fue para la cáscara de limón con 9,32 mg/g.

CONCLUSIONES

La eficiencia del proceso a escala de laboratorio fue muy baja, sin embargo es susceptible de optimizar a nivel industrial.

PALABRAS CLAVE

Bioetanol, cáscaras de frutas, biomasa lignocelulósica, hidrólisis ácida, naranja, limón, mandarina.

ABSTRACT

INTRODUCTION

First generation biofuels have been controversial because of land use and cultivation of products that endanger food security. Fruit peels are a high production agro-industrial waste across the country, which consti-

tutes an important source of lignocellulosic biomass that can be used to obtain third-generation ethanol.

OBJECTIVE

In the present study, we evaluated the potential for the production of ethanol of three citrus fruits from the Colombian Caribbean region: lemon (*Citrus limon*

*Grupo de Investigación IDAB - Universidad de Cartagena, Colombia. †Contacto: lptbenitez@gmail.com Recepción: 10-10-2013. Aceptación: 02-11-2015.

CPW L.), common orange (*Citrus sinensis*) and common tangerine (*Citrus nobilis*).

MATERIALS AND METHODS

Alcoholic fermentation of sugar syrup, obtained from acid hydrolysis of peels, was carried out after size reduction and lignin removal.

RESULTS

Results showed that the optimal fermentation time in all cases was 24 hours. Tangerine peels showed the best levels with 15.95 mg of ethanol per gram, followed by orange with 13.98 mg/g. The lemon peel showed the lowest levels with 9.32 mg/g.

CONCLUSIONS

The efficiency of the laboratory-scale process was very low, yet capable of optimization at industrial level.

KEY WORDS

Bioethanol, fruit peel, lignocellulosic biomass, acid hydrolysis, orange, lemon, tangerine.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, como consecuencia del aumento de los precios del petróleo y las exigencias ecológicas, ha crecido el interés por la producción de bioetanol como combustible de vehículos. Es un combustible líquido que se puede adaptar a los sistemas de suministro de combustible existentes. Sin embargo su producción a base de azúcares y almidón ha sido controversial porque se derivan de cultivos alimenticios. Debido a esto se requieren fuentes de biomasa alternativas para la producción de bioetanol, como subproductos agrícolas, residuos forestales o cultivos energéticos, es decir biomasa lignocelulósica.^{1,2}

En la mayoría de las investigaciones se sigue en esencia el mismo proceso; primero la recolección y adecuación de la materia prima, luego se elimina la lignina, después se procede con la hidrólisis y la fermentación para finalmente realizar la destilación.

El método más empleado para la obtención de los jarabes glucosados de las cáscaras de frutas es la hidrólisis ácida con ácido sulfúrico (H_2SO_4) dilui-

do, junto a un pretratamiento previo de trituración mecánica para así degradar la sólida estructura de lignina celulosa-hemicelulosa a azúcares mono y disacáridos sin producir inhibidores, además de aspectos de interés económico y ambiental como bajo consumo energético, bajos costos de inversión, empleo de reactivos baratos, eficientes, reciclables y aplicables e igualmente efectivos en diferentes clases de sustrato.³

Se han propuesto *Zymomonas mobilis* y *Saccharomyces cerevisiae* como las cepas de microorganismos más eficientes para la producción de bioetanol a partir de materias primas lignocelulósicas debido a sus altas tasas de conversión de azúcares en etanol y dióxido de carbono.⁴

Por otro lado, la creciente preocupación por la contaminación que se produce a partir de la agricultura y los residuos industriales ha estimulado el interés de convertir estos residuos en productos con valor comercial. La mayoría de los países ya sean económicamente avanzados o en desarrollo, están enfrentados al problema de la disposición y el tratamiento de residuos. Estos residuos podrían ser tratados de varias formas, reduciendo su volumen o reprocesarlos para transformarlos en sustancias útiles.⁵

Se han realizado numerosos estudios dentro de los que se destaca el uso de las cáscaras de piña, banano y plátano en la obtención de etanol. Este trabajo mostró que después de 7 días de fermentación, las cáscaras de piña tuvieron el rendimiento más alto seguido por el banano y luego el plátano, pero de igual manera con los 3 residuos se obtuvo una sustancia con muy buena utilidad con lo cual se sugiere que los restos de frutas no tienen que ser dispuestos en nuestro ambiente sino que deberían ser convertidos en productos útiles como el caso del bioetanol el cual sirve como fuente de energía alternativa.⁶

El cítrico es uno de los cultivos más abundantes del mundo, con una producción anual aproximada de 102 millones de toneladas métricas, el limón es la tercera especie cítrica más importante en cuanto a su cultivo solo después de la naranja y la mandarina, con una producción de 4'200.000 toneladas métricas. Las cáscaras de frutas son una potencial materia prima para la producción de bioetanol debido a su alto contenido de carbohidratos. Investigaciones han demostrado que las cáscaras de limón son una potencial materia prima para la producción de etanol ya que se

obtuvieron en un estudio más de 60 litros a partir de 1000 kg de cáscaras de limón.⁷

Las cáscaras de frutas cítricas son adecuadas para la obtención de etanol porque contienen baja lignina y altas concentraciones de azúcares solubles. Son ricas en azúcares fermentables como la glucosa, fructosa y la sacarosa. A partir de estudios a nivel mundial en países como Korea se producen en promedio 70.000 toneladas de cáscaras de mandarina anuales y aproximadamente el 30% es bien utilizado, el 70% restante es dispuesto a los océanos lo cual trae mucha contaminación.¹

Se ha reportado el efecto de tiempo, pH y temperatura con el fin de mejorar el rendimiento en la obtención de etanol a partir de cáscaras de frutas. Los resultados mostraron que la fermentación sumergida es la que mejor aplica en la obtención de etanol y el rango de pH óptimo y la temperatura para el mejor rendimiento del etanol fueron entre 3,5-8,5 y 78°C respectivamente.⁸

La obtención de etanol a partir de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) y piña (*Ananás sativus*) fue realizada removiendo la lignina con hidróxido de sodio y sulfato de calcio, realizando la hidrólisis ácida con ácido sulfúrico al 5% a 125°C y 15 psi y la fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* en un reactor con agitación durante 7 horas. Se encontró que con las cáscaras de naranja se obtuvo mayor contenido de etanol, 8,4 mg/g, que con las cáscaras de piña, 1,0 mg/g.⁹ De igual forma se reportó el uso de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) y papaya (*Carica papaya*), donde el mejor resultado se obtuvo con el mango.¹⁰

En otro estudio se obtuvo etanol a partir de residuos de cáscaras de frutas lignocelulósicas como lo son las naranjas, usando dos pretratamientos para luego compararlos; los dos pretratamientos usados fueron hidrólisis ácida con ácido sulfúrico y peróxido alcalino para remover la lignina, obteniendo un alto grado de etanol para los medios ácidos y alcalinos pero con un rendimiento mucho más alto para el medio ácido.¹¹

Se ha obtenido etanol a partir de cáscaras de banana y almidón de yuca mediante hidrólisis ácida con ácido sulfúrico y fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* y *Zymomonas mobilis*. Se obtuvieron concentraciones cercanas al 8% de etanol.¹²

Se ha reportado la hidrólisis ácida y enzimática a residuos del mango común, se obtuvieron mejores resultados con la hidrólisis ácida usando ácido sulfúrico en proporción de 0,5%.¹³

Este trabajo fue realizado con el objetivo de evaluar el rendimiento en la obtención de bioetanol a partir de los jarabes glucosados producidos de la hidrólisis ácida de cáscaras de naranja, limón y mandarina con el fin de aprovechar integralmente estos productos agrícolas de alto consumo por el sector de hoteles y restaurantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las biomásas utilizadas fueron cáscaras de limón (*Citrus limón* CPW L.), mandarina (*Citrus nobilis*) y naranja (*Citrus sinensis*) recogidas de residuos hoteleros de la ciudad de Cartagena. Una muestra de 50 g de cada biomasa fue lavada con agua destilada a 60°C y alcohol etílico al 70%. Se determinó humedad, azúcares reductores por el método de Fehling, celulosa y hemicelulosa por espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS), y lignina por espectroscopía UV. Se realizó la reducción de tamaño en un molino de cuchillas y la eliminación de lignina en solución de NaOH 0.1N durante 15 minutos y sulfato de calcio en reposo por 3 horas. El material particulado se separó de la solución por decantación. La lignina soluble en ácido se determinó en el filtrado por espectroscopía UV.

El material deslignificado se sometió a hidrólisis ácida con 25 mL de ácido sulfúrico al 5% por cada 50 gramos de cáscara de fruta a 125°C y 15 psi durante 15 minutos. Los jarabes obtenidos se separaron por centrifugación y se determinó el contenido de azúcares.

La fermentación anaerobia se realizó ajustando a un valor de pH 4,5 a 5,0 con NaOH 5 N y usando como nutriente 0,25% de fosfato $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ e inoculando con 0,1% de *Saccharomyces cerevisiae*. La reacción biológica se llevó a cabo a una temperatura ambiente de 30°C y con agitación constante de 200 rpm en orbitales Nouva II durante 24 horas, controlando pH y temperatura cada hora. Se tomaron muestras cada 90 minutos durante 7 horas y a las 24 horas. Finalmente se realizó la destilación. El contenido de etanol se determinó por cromatografía de gases. Cada experimento se realizó por triplicado. Las variables involucradas se relacionan en la **Tabla 1**.

Para el análisis estadístico de los datos se calculó la media + error estándar (SEM) de las tres determi-

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variable independiente	Proceso	Variables respuesta	Variables calculadas
Tipo de cáscara: • Limón. • Mandarina. • Naranja.	Caracterización inicial.	• Humedad. • Contenido de azúcares. • Celulosa. • Hemicelulosa. • Lignina.	
	Remoción de lignina.	• Lignina.	Rendimiento de la deslignificación.
	Hidrólisis ácida.	• Contenido de azúcares. • Volumen de jarabe glucosado.	Rendimiento de la hidrólisis.
	Fermentación.	• Tiempo de fermentación. • Producción de alcohol. • Volumen de jarabe fermentado.	Rendimiento de la fermentación.

naciones. Las comparaciones entre medias para diferentes concentraciones evaluadas fueron realizadas usando ANOVA, por consiguiente, los test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y el test de homogeneidad de varianza de Bartlett fueron empleados para validar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, respectivamente. El criterio de significancia fue establecido a $p < 0,05$.

RESULTADOS

La caracterización de las cáscaras dio como resultado un mayor contenido de humedad para las cáscaras de limón y un mayor contenido de azúcares reductores, celulosa, hemicelulosa y lignina en las cáscaras de mandarina, como se observa en la [Tabla 2](#). En esta tabla se comparan los resultados de este trabajo con los reportados en otras investigaciones en las que se

trabajó con cáscaras de limón, naranja y mandarina.^{7,14}

El proceso de remoción de lignina alcanzó eficiencias entre el 45,5% y el 70,1%, como se muestra en la [Tabla 3](#).

La [Tabla 4](#) presenta los rendimientos obtenidos en la producción de azúcares reductores, que estuvieron entre 13,88 y 21,10 g/100 g de biomasa seca, siendo mayor el de las cáscaras de mandarina.

El tiempo de fermentación óptimo en todos los casos fue de 24 horas. Las concentraciones máximas de concentración de etanol alcanzadas fueron 9,32, 15,96 y 13,90 mg/L para las cáscaras de limón, naranja y mandarina respectivamente. Estos resultados se presentan en la [Figura 1](#). Realizando el balance de masa se obtiene que las cáscaras de mandarina mostraron el mejor rendimiento con 24,6 mg de etanol por gramo de cáscara seca, seguido del limón y la naranja con 14,8 y 14,0 mg/g respectivamente.

Tabla 2. Caracterización de las cáscaras de frutas.

Biomasa	Humedad (%)	Azúcares reductores (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)
Limón	79,0	1,8	21,6 (23,1 ^a ; 22,8 ^b)	6,0 (8,1 ^a ; 22,4 ^b)	8,9 (7,6 ^a ; 8,3 ^b)
Mandarina	77,5	3,4	20,2 (22,5 ^a ; 20,8 ^b)	7,8 (6,0 ^a ; 17,2 ^b)	9,1 (8,6 ^a ; 8,9 ^b)
Naranja	69,4	2,8	23,5 (37,1 ^a ; 22,0 ^b)	10,4 (11,0 ^a ; 19,9 ^b)	7,6 (7,5 ^a ; 8,4 ^b)

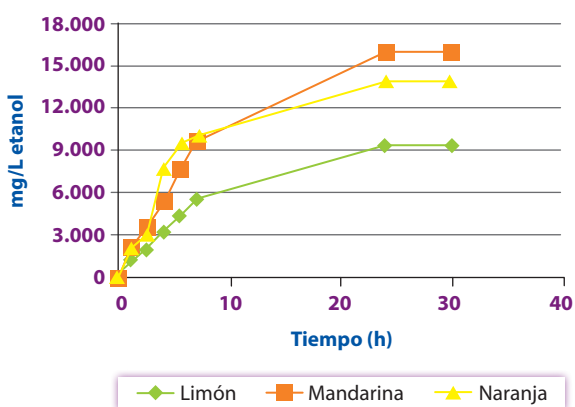
a. Marín et al., 2007. b. Boluda et al., 2013.

Tabla 3. Caracterización de la biomasa deslignificada.

Biomasa	Lignina (%)	Rendimiento (%)
Limón	4,87	45,5
Mandarina	2,72	70,1
Naranja	3,50	53,7

Tabla 4. Caracterización de los jarabes glucosados.

Biomasa	Azúcares reductores (g/L)	Volumen de jarabe glucosado (mL)	Rendimiento (g/100 g)
Limón	84,5	21,5	17,29
Mandarina	93,7	25,3	21,11
Naranja	89,4	23,8	13,88

**Figura 1.** Avance de la fermentación.

DISCUSIÓN

La producción de bioetanol a partir de cáscaras de frutas presenta los mismos retos que otras biomásas lignocelulósicas. Por un lado baja conversión, debido a que durante el proceso de hidrólisis ácida, no sólo se obtiene glucosa sino también azúcares del tipo pentosa provenientes de la hemicelulosa. Por otro lado la matriz compacta compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, requiere de un exigente proceso de pretratamiento para eliminar la lignina y descomponer la celulosa y la hemicelulosa, aumentándose los costos de producción y el consumo energético global

del proceso, causando un desequilibrio en el balance global de energía.

Coherentes con lo anterior, en este estudio se obtuvieron rendimientos de producción bajos, sin embargo, relativamente parecidos a los reportados por otros autores que han trabajado con cáscaras de limón (entre 22 y 35 mg de etanol por g de cáscara seca),⁷ cáscaras de naranja (8,4 mg por g de cáscara) y piña (1 mg por g de cáscara),⁹ cáscaras de mango (5,1 mg por g de cáscara) y papaya (4,3 mg por g de cáscara),¹⁰ y cáscaras de mandarina (entre 42 y 46 mg por g de cáscara seca).¹⁵

Pese a estos resultados, es necesario, continuar optimizando estos procesos para que a escala industrial sean económica y energéticamente viables, debido a que con el aprovechamiento de estos residuos se resuelven simultáneamente dos problemas: la disposición de los mismos y la sustitución de materias primas para la producción de bioetanol que no amenacen la seguridad alimentaria.

CONCLUSIONES

Es posible el aprovechamiento de residuos desechados como las cáscaras de limón, mandarina y naranja en la obtención de jarabes glucosados y su posterior fermentación a etanol. Sin embargo, este proceso debe ser optimizado con el fin de aumentar la eficien-

cia y estimular la disminución del uso de otras materias primas que compiten por el uso del suelo con los cultivos alimenticios.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan no haber conflicto de intereses en la publicación de este artículo, y que este artículo es original y no se ha sometido a otras revistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Choi IS, Kim J, Wi SG, Kim KH, Bae H.** Bioethanol production from mandarin (*Citrus unshiu*) peel waste using popping pretreatment. *Applied energy*. 2013; 102, 204-10.
2. **Meier G, Ponte D, Vázquez E.** Contenido de acetaldehído y etanol en naranjas y mandarina durante la postcosecha. *RIA*. 2004; 135-50.
3. **Sánchez M, Gutiérrez I, Muñoz A, Rivera A.** Producción de bioetanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. *Tumbaga*. 2010; 61-91.
4. **Ernandes G, Pagane F, Boscolo M, García H.** Influência da composição do meio para a produção de etanol, por *Zymomonas mobilis*. *Acta Scientiarum*. 2010; 21-2.
5. **Kandari V, Gupta S.** Bioconversion of vegetable and fruit peel wastes in viable product. *Journal of Microbiology and biotechnology research*. 2012; 2 (2), 308-12.
6. **Itelima J, Onwuliri F, Onwuliri E, Onyimba I, Oforji S.** Bioethanol production from banana, plantain and pineapple peels by simultaneous saccharification and fermentation process. *International journal of environmental science and development*. 2013; 4 (2), 213-6.
7. **Boluda-Aguilar M, López-Gómez A.** Production of bioethanol by fermentation of lemon (*Citrus limón* L.) peel wastes pretreated with steam explosion. *Industrial crops and products*. 2013; 41, 188-97.
8. **Mishra J, Deepesh K, Sumeru S, Manoj KV.** A comparative study of ethanol production from various agro residues by using *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida albicans*. *Journal of Yeast and fungal research*. 2012; 3 (2), 12-7.
9. **Tejeda L, Alvear M, Henao D, Castillo C, Marimon W, Tejeda C, Villabona A.** Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. *Revista Educación en Ingeniería*. 2010; 10. 120-5.
10. **Tejeda L, Alvear M, Henao D, Castillo C, Marimon W, Tejeda C, Villabona A.** Producción de etanol carburante a partir de las cáscaras de mango (*Mangifera indica*) y papaya (*Carica papaya*). *Revista Ciencias e Ingeniería Al Día de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena*. 2010; 4 (1) 41-6.
11. **Lalitha G, Sivaraj R.** Use of fruit biomass peel residue for ethanol. *Bio Technology*. 2011; 15-23.
12. **Monsalve J, Medina V, Ruíz A.** Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *Dyna Revista Facultad de Minas*. 2006; 73, (150), pp. 21-7.
13. **Mejía LF, Martínez HA, Betancourt JE, Castrillón CE.** Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*. 2007; 3, (6), pp. 41-62.
14. **Marín F, Soler-Rivas C, Benavente-García O, Castillo J, Pérez-Álvarez J.** By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*. 2007; 100, pp. 736-41.
15. **Boluda-Aguilar M, López-Gómez A, García-Vidal L, González-Castañeda F.** Mandarin peel wastes production. *Bioresource Technology*. 2010; 101, pp. 3506-13.

Comparación del uso del ácido amsónico y Blanco de Calcofluor para colorear hongos sobre bloques de agar

Comparison between the use of amsonic acid and Calcofluor White for staining fungi on agar blocks

Marcela Gómez G.^{*†||}, Jeannette León E.[‡], Alex Alexis Florez[‡], Gina Quiñones V.[‡], Katherine Gómez V.[‡], Lizeth Espinosa G.[§], Claudia Ávila R.[§], Paola Fernández M.[§]

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

El diagnóstico temprano y veraz de las micosis invasivas es fundamental para mejorar la calidad de vida de pacientes inmunocomprometidos al disminuir las complicaciones fatales. Aunque las coloraciones que se están aplicando son útiles, tienen baja especificidad y valor predictivo positivo que disminuyen su eficacia en el diagnóstico. Es por esto que es necesario explorar nuevos colorantes como los derivados del estilbeno que son capaces de emitir fluorescencia al unirse a enlaces presentes en la pared celular fúngica.

OBJETIVO

Identificar las características operativas de la técnica de coloración ácido amsónico y compararlas con la coloración Blanco de Calcofluor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de pruebas diagnósticas, en el que se evaluaron 186 láminas parafinadas para cada coloración con hongos o bacterias.

RESULTADOS

La especificidad de la microscopía fue mayor con ácido amsónico que con Blanco de Calcofluor (100% y 49,4%, respectivamente). La sensibilidad fue del 96,7% con Blanco de Calcofluor y 93,5% con ácido amsónico.

CONCLUSIONES

El ácido amsónico es una técnica más específica que el Blanco de Calcofluor y las dos coloraciones requieren entrenamiento previo para la detección microscópica de hongos.

PALABRAS CLAVE

Ácido amsónico, Blanco de Calcofluor, estilbenos.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Early and accurate diagnosis of invasive fungal infections is critical to improving the quality of life of

immunocompromised patients and to reduce fatal complications. Although staining procedures that are currently implemented are useful, their low specificity and low positive predictive value diminish their effectiveness in diagnosis. This is why it is necessary to ex-

*Facultad de Medicina, Fundación Universitaria Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia. †Cátedra Micología, Facultad de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá, Colombia. ‡Facultad de Citohistología, Fundación Universitaria Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia. §Facultad de Bacteriología y Laboratorio Clínico, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá, Colombia. || Contacto: mgomez@fucsad.edu.co
Recepción: 09-14-2014. Aceptación: 03-02-2015.

plore new staining agents, such as stilbene derivatives that are able to emit fluorescence by joining bonds present in the fungal cell wall.

OBJECTIVE

To identify the operational characteristics of the staining technique with amsonic acid and compare them with those of Calcofluor White.

MATERIALS AND METHODS

A diagnostic test study was performed, in which 186 paraffin-embedded fungal or bacterial slides were evaluated for each staining.

RESULTS

Specificity of the microscopy analysis was higher with Amsonic acid than with Calcofluor White (100% and 49.4% respectively). The sensitivity was 96.7% with Calcofluor White and 93.5% with amsonic acid.

CONCLUSIONS

Amsonic acid is a more specific technique than Calcofluor White and both staining procedures require previous training for the microscopic detection of fungi.

KEY WORDS

Amsonic acid, Calcofluor White, stilbenes.

INTRODUCCIÓN

Los blanqueadores ópticos son compuestos químicos no tóxicos derivados en su mayoría de diaminoestilbenos, sustancias que se comenzaron a utilizar en la industria desde 1940 como materia prima en diferentes procesos químicos, se utilizan en la industria textil principalmente en la producción de telas, papel, detergentes, aditivos y productos cosméticos.¹

Los blanqueadores ópticos tienen utilidad en la identificación de estructuras de los microorganismos debido a su unión no covalente a la pared celular, característica conocida en 1962 y publicada por Holländer en 1984.^{2,3} Se unen a polisacáridos ligados por enlaces glucosídicos que se encuentran ubicados en la pared celular fúngica, especialmente a los enlaces β -1,3-glucano y β -1,4-glucano presentes en la quitina de los hongos y a la celulosa en plantas. Esta unión permite visualizar la morfolo-

gía de las estructuras al usar microscopía de fluorescencia.²

Los compuestos diaminoestilbenos tienen la capacidad de emitir fluorescencia conferida por la absorción de luz ultravioleta emitida al ocurrir un estímulo, que en este caso es luz ultravioleta cuya longitud de onda es de aproximadamente 347 nm, permitiendo a su vez la emisión de una longitud de onda de 450 nm, evidenciándose un alto contraste.⁴

Para diagnosticar micosis oportunistas se requieren muestras invasivas tipo biopsias, que son evaluadas bajo coloraciones especiales, útiles especialmente en aquellos casos en que el paciente está recibiendo terapia antifúngica y por lo tanto no crecerán los hongos en los medios de cultivo debido a inhibición directa.⁵ Evidenciar la presencia de una micosis invasiva en muestras histológicas se realiza convencionalmente con la coloración de hematoxilina y eosina, pero esta técnica de coloración requiere mucho tiempo en el montaje y experiencia en su lectura. Las dificultades se incrementan si la muestra presenta pocas estructuras fúngicas, porque el patólogo necesitará revisar un mayor número de láminas para llegar al diagnóstico. Algunos laboratorios de patología realizan la coloración de Grocott, técnica más específica, pero que requiere mayor tiempo y las soluciones de trabajo deben estar recién preparadas para lograr buenos resultados.⁶

Los procedimientos de diagnóstico de laboratorio de micología se basan en la microscopía directa y el cultivo del material clínico. El método más utilizado implica una preparación húmeda con hidróxido de potasio al 10% (KOH) para disolver los compuestos celulares más fácilmente, sin afectar a la pared celular de los hongos.⁷ Sin embargo, en las preparaciones de KOH a menudo se generan artefactos que son difíciles de distinguir de los elementos fúngicos, limitando así su interpretación.

Las tinciones fluorescentes, como Blankophor y Blanco de Calcofluor, han sido utilizadas por su baja toxicidad, se genera una tinción fluorescente rápida y útil en todo tipo de muestras, incluyendo escamas y tejidos.⁸

La coloración ácido amsonico puede ser una alternativa económica para el diagnóstico presuntivo y oportuno de la presencia de hongos en muestras parafinadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y comparativo.

ORGANISMOS

Se utilizaron los hongos *Fusarium* sp., *Candida albicans*, *Mucor* sp., *Epizocum* sp. y las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

Se sembró cada microorganismo en medio RMPI -1640 suplementado con 2% de glucosa. Las muestras se incubaron a 37°C durante 7 días. Los cultivos fueron mezclados con vortex y divididos en 2 tubos cónicos de 10 mL para centrifugar 10 minutos a 5000 rpm, el sedimento se mezcló en vortex con el objetivo de liberar las estructuras fúngicas.

Con cada microorganismo se crearon bloques de agarosa y se realizó inclusión en parafina.⁹ Se colorearon 186 láminas con el colorante ácido amsónico y con Blanco de Calcofluor, de las cuales 93 correspondían a hongos y 93 a bacterias como controles negativos. Se agregó el colorante y se dejó actuar por seis minutos a temperatura ambiente. Se lavaron los portaobjetos con agua y se dejaron secar al aire.

Las láminas fueron evaluadas por el lector experto y un microscopio Leica filtro UV (Exc: 340-380/EspDic: 400/Bar: 430) en aumento de 20X, el lector determinó la presencia de hifas septadas, hifas cenocíticas y levaduras o la ausencia de estructuras fúngicas.

Cada coloración se valoró por tres tipos de lectores: lector medio definido como estudiante de bacteriología que había realizado el curso de micología y conocían la técnica de fluorescencia, por un lector inexperto definido como estudiante de citohistología, sin conocimientos de micología y lector experto definido como profesor de micología clínica.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos por el lector experto se incorporaron a una hoja de Excel 2010. Se utilizó Stata10 para

determinar las características operativas (sensibilidad, especificidad, eficiencia y valores predictivos) y se calculó el grado de concordancia entre los diferentes tipos de lectores para cada coloración.

RESULTADOS

Se determinaron las características operativas de la coloración ácido amsónico con una sensibilidad de 93,5% (87/93) y especificidad de 100% (93/93), el valor predictivo positivo fue de 100% (87/87), el valor predictivo negativo del 93,9% (93/99) y la eficiencia del 96,7%.

Para Blanco de Calcofluor la sensibilidad fue de 96,7% (90/93) y la especificidad de 49,4% (46/93), el valor predictivo positivo es en este caso del 65,6% (90/137), el valor predictivo negativo del 93,8% (46/49) y la eficiencia del 73,1%.

Se observa que existe diferencia estadísticamente significativa en los valores de especificidad al comparar las dos coloraciones ácido amsónico y Blanco de Calcofluor ($p=0,0000$). No se observa significancia estadística en los valores de sensibilidad al presentar un valor de $p=0,8355$ lo que nos indica que la diferencia encontrada es producto del azar.

La concordancia entre las lecturas de los tres lectores es presentada en la [Tabla 1](#).

La calidad de la fluorescencia fue adecuada para las dos coloraciones y permitió fácilmente la visualización de los elementos fúngicos en los cortes de los bloques de agarosa ([Figura 1](#)). Se observó fluorescencia en las láminas de *Staphylococcus aureus* para las dos coloraciones que generó falsos positivos en las lecturas ([Figura 2](#)).

DISCUSIÓN

La coloración de Blanco de Calcofluor ha sido reportada en varios estudios en que evalúan su papel en el

Tabla 1. Concordancia de resultados de los lectores.

Lectores	Ácido amsónico		Blanco de Calcofluor	
	Intermedio	Inexperto	Intermedio	Inexperto
Experto	-0,036 ($p=0,5314$)	0,0856 ($p=0,0822$)	-0,0418 ($p=0,2666$)	-0,3129 ($p=1,000$)
Intermedio		0,1786 ($p=0,0037$)		0,1747 ($p=0,0081$)

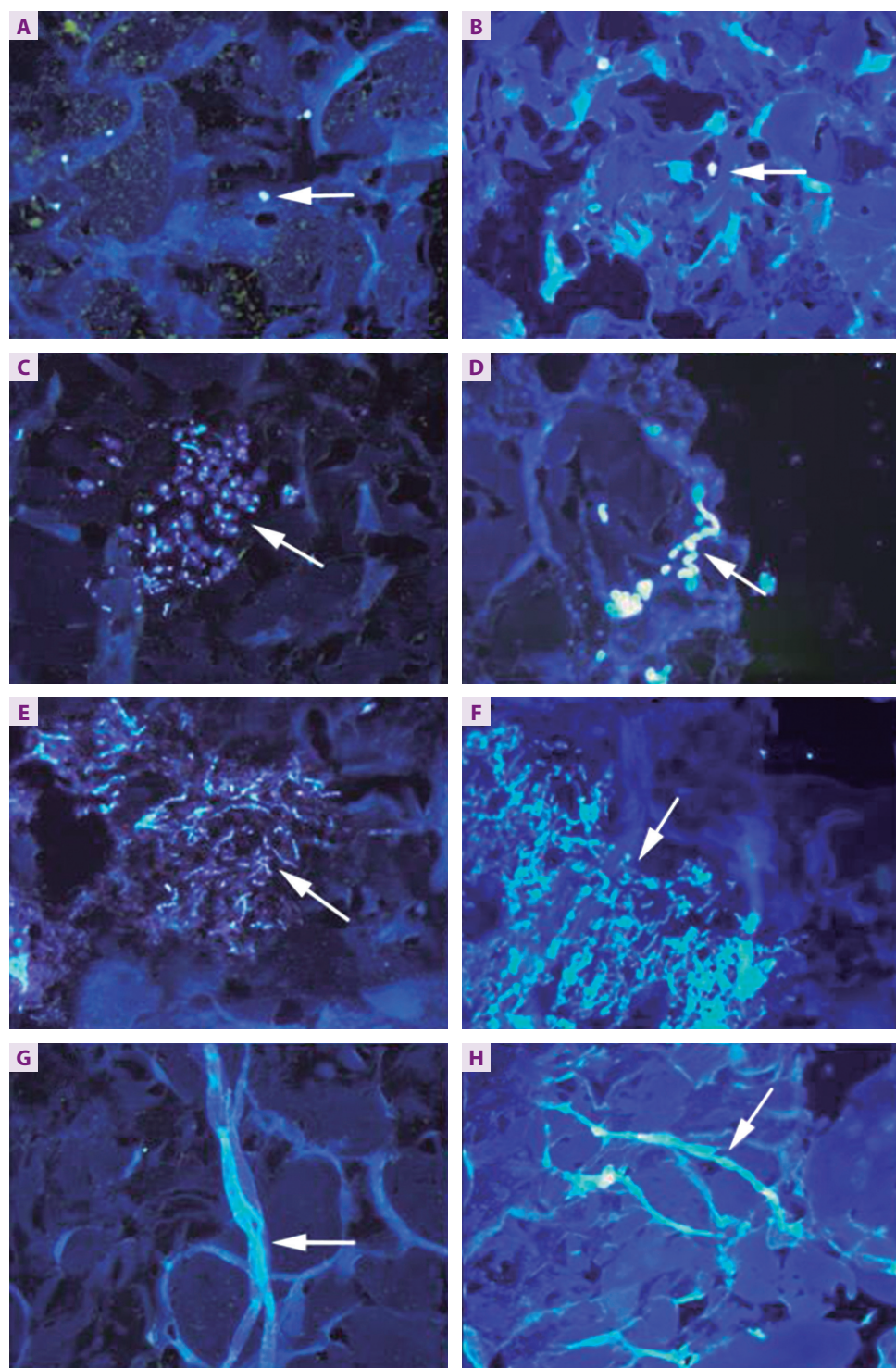


Figura 1. Comparación de las coloraciones ácido amsonico y Blanco de Calcofluor. Las flechas indican las estructuras fúngicas. **A.** Ácido amsonico levadura *Candida albicans*. **B.** Blanco de Calcofluor levadura *Candida albicans*. **C.** Ácido amsonico micelio septado *Epicoccum* sp. **D.** Blanco de Calcofluor micelio septado *Epicoccum* sp. **E.** Ácido amsonico micelio septado *Fusarium* sp. **F.** Blanco de Calcofluor micelio septado *Fusarium* sp. **G.** Ácido amsonico micelio cenocítico *Mucor* sp. **H.** Blanco de Calcofluor micelio cenocítico *Mucor* sp.

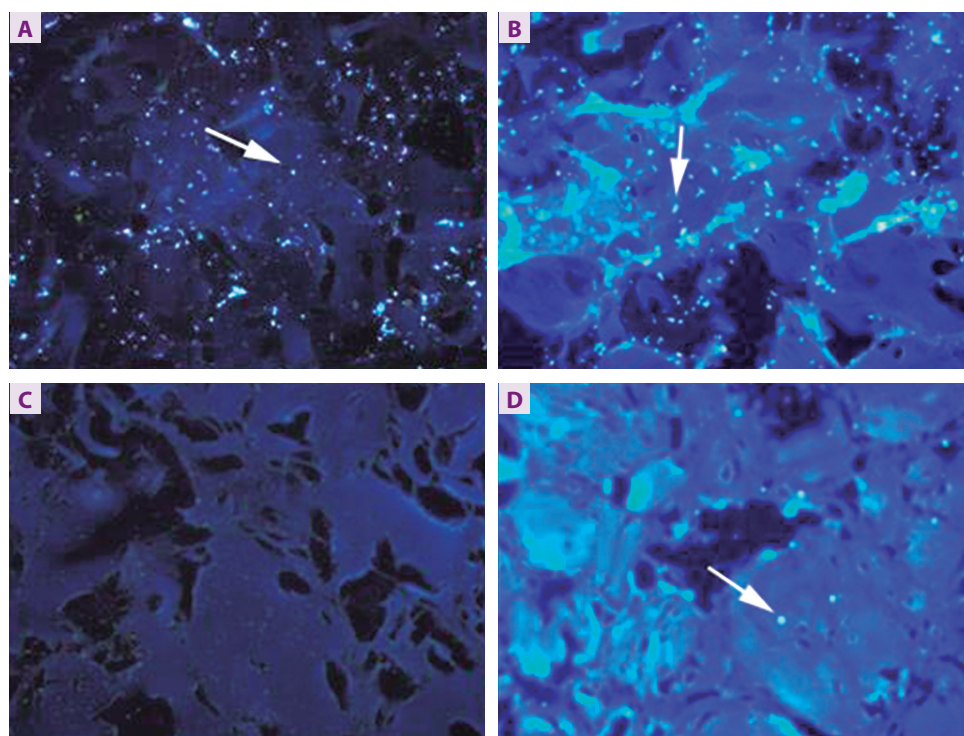


Figura 2. Comparación de las coloraciones ácido amónico y Blanco de Calcofluor. Las flechas indican fluorescencia generada por bacterias. **A.** *Staphylococcus aureus* con ácido amónico. **B.** *Staphylococcus aureus* con Blanco de Calcofluor. **C.** *Escherichia coli* con ácido amónico. **D.** *Escherichia coli* con Blanco de Calcofluor.

diagnóstico de onicomicosis, presentando el estudio de *Haldane y col.* una sensibilidad del 92% y especificidad del 95% que contrasta con la positividad determinada por *Gupta y col.* del 31,3% o *Bonifaz y col.* con un 57%.^{8,10,11} Los dos agentes blanqueadores ópticos probados en el estudio presentaron alta sensibilidad, 93,5% para ácido amónico y 96,7% para Blanco de Calcofluor, pero la especificidad fue mejor para ácido amónico (100%) que para Blanco de Calcofluor (49,4%), debido a que las láminas de bacterias también generaron patrones de fluorescencia similares a los observados en las láminas de *Candida albicans* (Figura 2).

Kumar y col. realizaron la comparación de dos métodos de coloración diagnóstica, Blanco de Calcofluor (derivado de diaminoestilbenos) frente a la tinción especial (PAS) para la detección de *Candida*,¹² ellos estudiaron tejidos que fueron incluidos en parafina, cortados a 5 µm de grosor, y finalmente se desparafinaron. Las características operativas mostraron que la sensibilidad era menor y la especificidad mayor en PAS, con respecto a las de

Blanco de Calcofluor, similar a los resultados obtenidos en este trabajo, donde solo la sensibilidad de Blanco de Calcofluor fue superior a la coloración ácido amónico.

Son pocos los estudios en que se han evaluado colorantes ópticos sobre tejidos, *Rachel y col.* aplicaron Blankophor sobre secciones de tejido antes de aplicar inmunofluorescencia, observando elementos fúngicos fáciles de identificar.¹³ Nosotros logramos distinguir rápidamente los diferentes elementos fúngicos como los micelios septados y cenocíticos, las macroconidias y las levaduras.

No existió concordancia entre los tres tipos de lectores, evidenciando que se requiere entrenamiento previo para evitar falsos positivos y la necesidad de usar controles para conocer y comparar los patrones de fluorescencia.

Si bien las dos coloraciones poseen el mismo principio activo por ser compuestos 4,4'-diaminoestilbeno, la utilización del ácido amónico es más económico para el laboratorio, al calcular el costo de 1 mL necesario para la coloración de los cortes, se determinó en

\$24 pesos colombianos para ácido amsónico frente a \$1700 pesos para la coloración Blanco de Calcofluor.

Muchos consideran que una desventaja del uso de blanqueadores ópticos es la pérdida de la fluorescencia que no permitiría revisiones posteriores. Las láminas que se evaluaron han conservado su fluorescencia constante durante 6 meses al ser almacenadas en oscuridad a temperatura ambiente.

CONCLUSIONES

La implementación de la coloración ácido amsónico es una alternativa interesante, fácil y rápida para el diagnóstico microscópico de micosis invasivas. Puede utilizarse en conjunto con otras metodologías que permitan realizar un diagnóstico multidisciplinar, con el fin de detectar el agente causal del paciente.

En este estudio se demostró una eficiencia mayor con la coloración ácido amsónico frente al Blanco de Calcofluor, mostrando una mayor probabilidad de acertar en un diagnóstico con ácido amsónico que con Blanco de Calcofluor, para la detección microscópica de hongos en cortes incluidos en parafina.

FINANCIACIÓN

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto DI-I-0476-12 financiado por Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Colombia.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos que no existe conflicto de intereses o responsabilidades compartidas.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los integrantes de los grupos GRIMIC y C&T por sus valiosos consejos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Riva A, Algaba I, Prieto R.** Influencia de la estructura química y concentración de dos blanqueadores

ópticos en la mejora del UPF de tejidos de algodón. Boletín Intexter del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial, 2008.

2. **Schroeder J, Schaffrinski M, Ruchel R.** [Optical brighteners in fungal diagnostics]. Mycoses. 2006;49 Suppl 2:14-7. Epub 2006/10/07. Optische Aufheller in der Pilzdiagnostik.
3. **Holländer H, Keilig W, Bauer J, Rothmund E.** A reliable fluorescent stain for fungi in tissue sections and clinical specimens. Mycopathologia. 1984; 88(2-3):131-4.
4. **Hoch HC, Galvani CD, Szarowski DH, Turner JN.** Two new fluorescent dyes applicable for visualization of fungal cell walls. Mycologia. 2005;97(3):580-8. Epub 2006/01/06.
5. **Ayats J, Martín-Mazuelos E, Pemán J, Quindós G, Sánchez F, García R, Julio, et al.** Recomendaciones sobre el diagnóstico de la enfermedad fúngica invasora de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). Actualización 2010. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2011;29(01):39.
6. **Marr KA, Carter RA, Crippa F, Wald A, Corey L.** Epidemiology and Outcome of Mould Infections in Hematopoietic Stem Cell Transplant Recipients. Clinical Infectious Diseases. 2002;34(7):909-17.
7. **Chamilos G, Kontoyiannis DP.** Defining the diagnosis of invasive aspergillosis. Medical Mycology. 2006;44(s1):163-72.
8. **Bonifaz A, Rios-Yuil JM, Arenas R, Araiza J, Fernández R, Mercadillo-Pérez P, et al.** Comparison of direct microscopy, culture and calcofluor white for the diagnosis of onychomycosis. Rev Iberoam Micol. 2013;30(2):109-11. Epub 2012/07/24.
9. **Gómez M, Munar T, Suárez C, León J, Flórez A.** Producción de bloques de agarosa para visualización de hongos. Repertmedcir. 2014;23(1):42-6.
10. **Haldane DJ, Robart E.** A comparison of Calcofluor White, potassium hydroxide, and culture for the laboratory diagnosis of superficial fungal infection. Diagnostic microbiology and infectious disease. 1990;13(4):337-9. Epub 1990/07/01.
11. **Gupta AK, Zaman M, Singh J.** Diagnosis of *Trichophyton rubrum* from onychomycotic nail samples using polymerase chain reaction and calcofluor white microscopy. Journal of the American Podiatric Medical Association. 2008;98(3):224-8. Epub 2008/05/20.
12. **Kumar RS, Ganvir S, Hazarey V.** *Candida* and Calcofluor White: Study in precancer and cancer. Journal of oral and maxillofacial pathology : JOMFP. 2009;13(1):2-8. Epub 2009/01/01.
13. **Ruchel R, Schaffrinski M.** Versatile fluorescent staining of fungi in clinical specimens by using the optical brightener Blankophor. Journal of clinical microbiology. 1999;37(8):2694-6. Epub 1999/07/16.

Evaluación de la bioestimulación de un consorcio microbiano para la degradación de PCB en suelo

Evaluation of bioestimulation using a microbial consortium to PCB degradation in soil

Nancy Johanna Pino R.*†, Luisa Munera.*, Gustavo Peñuela †

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aislaron dos microorganismos con capacidad de degradar “capacidad de degradar policlorobifenilos (PCB)”, a partir de suelo contaminado y se evaluó su efecto como inóculo para realizar bioaumentación con el fin de recuperar suelos contaminados con PCB. Los microorganismos fueron identificados como *Pseudomonas* spp. y *Stenotrophomonas* spp. Se determinó su capacidad de degradar PCB usando los congéneres 44, 66, 118, 138, 153, 170 y 180. En medio líquido usando los PCB como fuente de carbono, se obtuvo porcentajes de degradación de 37%, 32,6% y 15% para los PCB 44, 66 y 118. En los ensayos de bioaumentación se utilizó suelo estéril y suelo no estéril, obteniéndose mayores porcentajes de degradación para todos los congéneres en el suelo estéril, lo cual demostró el efecto negativo de la microbiota autóctona sobre el inóculo adicionado.

PALABRAS CLAVE

Biorremediación, PCB, bioaumentación, biodegradación.

ABSTRACT

In this work two microorganisms able to degrade polychlorinated biphenyl (PCB) were isolated from contaminated soil. The isolated microorganisms were identified as *Pseudomonas* spp. and *Stenotrophomonas* spp. In order to evaluate the efficiency of a bioaugmentation strategy for PCB contamination, PCB degrading microorganisms were inoculated into soil microcosms. PCB congeners 44, 66, 118, 138, 153, 170 and 180 were monitored during the bioremediation assay. In liquid culture using PCB as sole carbon source, removal percentages of 37%, 32,6%, and 15% were obtained for PCB 44, 66 and 118 respectively. Bioaugmentation assays were carried out using sterilized and non-sterilized soil, the highest removal percentages for all congeners were observed in sterilized soil, demonstrating the effect of native microorganism on the added inoculum.

KEY WORDS

Bioremediation, PCB, biostimulation, biodegradation

INTRODUCTION

Los bifenilos policlorobifenilos (PCB) son un grupo de 209 compuestos orgánicos clorados llamados congéneres,¹ ampliamente utilizados en el ámbito industrial hasta 1986,² cuando fueron prohibidos debido a su persistencia y toxicidad.^{3,4} En la actualidad diferentes matrices ambientales están contaminadas con residuos de PCB en altas concentraciones, especialmente suelos y sedimentos debido a la afinidad de estos compuestos por la materia orgánica.^{5,6} La contaminación por PCB se considera una problemática ambiental de gran preocupación mundial, por esta razón, los PCB han sido incluidos como compuestos prioritarios en la convención de Estocolmo sobre compuestos orgánicos persistentes.^{7,8}

* Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia, calle 70 # 52-21, Medellín, Colombia † Grupo Diagnóstico y Control de la Contaminación, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigación Universitaria, Universidad de Antioquia, calle 70 # 52-21, Medellín, Colombia. Contacto: nancyjohanna@gmail.com Recepción: 5-5-2015. Aceptación: 10-08-2015.

Las características de los PCB que permitieron que fueran ampliamente utilizados en la industria, también los convirtieron en un peligro para el ambiente. Su alta estabilidad hace que sean resistentes a la degradación, por lo cual pueden permanecer en el ambiente por muchos años y por su carácter lipofílico se depositan en los tejidos de los organismos, acumulándose a través de las cadenas alimenticias.⁹

La DL50 de los PCB en animales, puede ir de 0,5 g/kg a 11,3 g/Kg de peso corporal.¹⁰ La absorción de PCB en humanos y animales se da a través de la piel, la respiración y el tracto gastrointestinal. Una vez ingeridos, los PCB son transportados por el torrente sanguíneo al hígado, para acumularse en el tejido adiposo.¹¹ Los efectos adversos de los PCB en la salud dependen de la edad, el sexo, la vía de exposición y la parte del cuerpo donde estén concentrados. Estudios en animales han evidenciado la toxicidad de PCB para aves, peces y mamíferos causándoles daño hepático y la muerte a través de la ingesta de alimento contaminado.¹² En aves, se ha demostrado, que los PCB tienen un efecto anti estrogénico, lo que impide una adecuada calcificación de la cascara de los huevos y produce una pérdida del embrión.¹³ Este efecto anti estrogénico también puede tener un efecto sobre la capacidad de reproducción de otras especies de animales. En ecosistemas marinos se ha comprobado que afectan la productividad y la composición de las comunidades de fitoplancton, que es la fuente primaria de la cadena alimenticia marina y uno de los mayores productores de oxígeno del planeta.¹⁴

Estudios epidemiológicos realizados en trabajadores expuestos a PCB, han reportado que en estos hay un incremento en el desarrollo de casos raros de cáncer hepático y melanoma maligno, además de otros efectos como lesiones en la piel, hepatitis, pérdida de peso, compromiso inmunológico, daños en el sistema nervioso central y cambios de comportamiento.¹⁵

El uso de microorganismos para la degradación de compuestos contaminantes o biorremediación es una alternativa eficiente y económica para la recuperación de suelos contaminados con PCB.¹⁶ La bioestimulación, es una de las estrategias que se usa durante la biorremediación y se basa en la adición de microorganismos metabólicamente activos al suelo, con el fin de aumentar la velocidad de degradación de compuestos.¹⁷ El éxito de la bioaumentación depende de factores bióticos y abióticos, siendo uno de los más importantes la adecuada selección de las cepas microbianas a inocular.¹⁸ Las ce-

pas utilizadas deben tener ciertas características como alta capacidad de degradación, capacidad de adaptación y resistencia al ataque de las comunidades microbianas autóctonas.^{19,20}

Existen varios reportes de microorganismos degradadores de PCB,²¹ sin embargo estos no pueden ser utilizados en todos los suelos debido a las características antes mencionadas.¹⁹ El objetivo de este trabajo fue identificar un consorcio microbiano con capacidad de degradar PCB y evaluar su uso en un proceso de bioaumentación para la recuperación de suelos contaminados con PCB.

MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo usado en todos los ensayos fue obtenido de un vivero y fue contaminado artificialmente con aceite de transformador contaminado con la mezcla de PCB conocida como Aroclor 1260, ya que es una de las mezclas comerciales más comúnmente encontradas en los transformadores en Colombia.²² Siete kilogramos de suelo fueron depositados en un recipiente de aluminio y el aceite fue agregado en porciones de 50 mL para un volumen final de 600 mL. Durante cada adición de aceite, el suelo se mezcló fuertemente durante 10 min para homogenizar la distribución del aceite, se dejó reposar por otros 10 min y luego se le agregaron otros 50 mL de aceite. El proceso se repitió hasta alcanzar el volumen final. Después de este proceso el suelo fue guardado por 6 meses para su estabilización y posterior uso en los ensayos.

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS

Diez gramos de suelo contaminado se adicionaron a 90 mL de tampón fosfato con esferas de vidrio (1 mm), estas soluciones se incubaron en agitación por 1 h a 28°C y 120 rpm. Después del tiempo de incubación, la suspensión obtenida se diluyó de manera seriada hasta 10⁶, se sembraron 100 µL de la dilución en medio mínimo mineral M9²³ solidificado con agar bacteriológico y suplementado con cristales de bifenil (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) como única fuente de carbono.²⁴ Las cajas se incubaron a 28°C por 5 días, después de este tiempo se hizo el recuento y se purificaron las colonias por siembras

sucesivas en medio mineral con bifenil. Para seleccionar los aislamientos con mayor capacidad de degradación se llevó a cabo un ensayo en concentración mínima inhibitoria, usando concentraciones entre 500 mg/L y 2500 mg/L de bifenil. Los aislamientos que mostraron crecimiento a mayor concentración fueron seleccionadas para los ensayos posteriores.

DEGRADACIÓN DE PCB

Para evaluar la capacidad de degradación de PCB de los aislamientos seleccionados, se utilizaron estándares de los congéneres de PCB (Dr. Ehrenstorfer, Augsburg, Alemania) que se muestran en la **Tabla 1**. La remoción de PCB fue monitoreada mediante el análisis de estos 7 congéneres de PCB que son los más representativos en el Aroclor 1260.²⁵ Se preparó un inóculo con los microorganismos seleccionados, cultivándolas en un erlenmeyer con 200 mL de medio M9 suplementado con 100 mg/L de bifenilo.²³ Todos los cultivos fueron incubados en agitación a 30°C y 120 rpm por 48 h, luego se lavaron tres veces con tampón fosfato, centrifugando la biomasa a 5000 rpm por 10 min. El sedimento fue diluido en medio M9 hasta una DO600nm de 1. Los ensayos de biodegradación se realizaron en tubos de vidrio con tapón de caucho, con 1 mL de la suspensión bacteriana y una concentración final de cada uno de los congéneres de 10 mg/L, los cultivos fueron incubados a 30°C por 48 h en agitación a 120 rpm. Todos los ensayos fueron hechos por triplicado y como control se utilizó medio M9 con PCB pero sin inocular. Después del tiempo de incubación, se determinó la concentración residual de PCB por cromatografía de gases.

IDENTIFICACIÓN DE LOS AISLAMIENTOS

Los microorganismos aislados se caracterizaron por coloración de Gram, producción de catalasa, oxidasa y descripción de características macroscópicas. La identificación se realizó mediante la amplificación por PCR del gen 16S rDNA usando los cebadores 27F y 1942R. La reacción se llevó a cabo en un volumen final de 50 µL, conteniendo Buffer 1X, MgCl₂ 2,5 mM, dNTPs 0,2 mM, cebadores 0,25 µM, taq polimerasa (Bioline, MA, USA) 0,1 U y 10 ng/µL de ADN. La amplificación se realizó con el siguiente protocolo: 1 ciclo a 94°C por 5 min, 35 ciclos de 94°C por 1 min,

48°C por 30 s y 72°C por 1 min, y un ciclo final a 72°C por 5 min. Los productos de la PCR fueron visualizados por electroforesis en un gel de agarosa al 1% (P/V). Los amplicones fueron secuenciados por Macrogen (Korea). Las secuencias obtenidas fueron editadas usando el software Genius®²⁶ y la presencia de secuencias quimeras se evaluó mediante el software CHIMERA CHECK. Las secuencias editadas fueron comparadas con otras secuencias en el GenBank usando BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).

Los microorganismos también fueron evaluados para detectar la presencia del gen bphA1, el cual codifica la subunidad grande de la bifenil dioxigenasa, que es la primera enzima de la vía catabólica del bifenil.²³ La amplificación del gen se realizó usando los cebadores A13-(5'-ATGTTTCGGCCAGCACATGACG-3') y A1r (5'-GTCAAGAGCGGCAGCAGGAC-3') y un protocolo de amplificación descrito previamente.²⁷

Tabla 1. Congéneres de PCB utilizados y su concentración

Congéneres de PCB	Concentración mg/L
44 (2,2', 3,5' - Tetraclorobifenil)	0,53 mg/L
66 (2,3', 4,4' - Tetraclorobifenil)	1,1 mg/L
118 (2,3', 4,4',5- Pentaclorobifenil)	21,8 mg/L
138 (2,2',3, 4,4',5' - Hexaclorobifenil)	38,7 mg/L
153 (2,4,5, 2',4',5' - hexaclorobifenil)	6,2 mg/L
170 (2,2',3,3',4,4',5-Heptaclorobifenil)	2,4 mg/L
180 (2,2',3,4,4',5,5'-Heptaclorobifenil)	17 mg/L

ENSAYO DE BIOAUMENTACIÓN PARA LA DEGRADACIÓN DE PCB EN SUELO

El ensayo se llevó a cabo en un experimento tipo batch. Se depositaron 100 g de suelo en recipientes plásticos, a los cuales se les añadieron 25 mL de la mezcla de bacterias suspendidas en tampón fosfato para alcanzar una concentración final de 10⁶ UFC/g suelo. Los ensayos realizados son descritos en la **Tabla 2**. La esterilización del suelo fue llevada en una autoclave a 121°C a 1.1 atm por 1 h, para comprobar la efectividad de la esterilización, las muestras del suelo fueron cultivadas en caldo LB e incubadas a 30°C por 48 h. Se consideró estéril aquel suelo que no

Tabla 2. Ensayos de degradación en suelos

Ensayo	Descripción
1	Suelo estéril, con PCB mas mezcla de bacterias
2	Suelo estéril, con PCB sin adición de bacterias
3	Suelo sin esterilizar, con PCB, mas mezcla de bacterias
4	Suelo sin esterilizar, con PCB sin mezcla de bacterias
5	Suelo sin PCB mas adición de mezcla de bacterias

mostrara turbidez después del tiempo de incubación. Los recipientes se incubaron a 28°C por 45 días. Se tomaron muestras al iniciar el ensayo y al final para determinar la concentración de PCB y cuantificación del gen BphA1.

CUANTIFICACIÓN DEL GEN BPHA1 EN SUELO POR PCR EN TIEMPO REAL.

El ADN del suelo fue extraído usando el kit Power-soil® (Mo Bio, CA, USA) de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Para la cuantificación del gen BphA1 se utilizaron los cebadores descritos anteriormente. La reacción de PCR se llevó a cabo en un termociclador LightCycler 1.5 (Roche, Bogotá, Colombia). El volumen final de reacción fue 20 µl que contenía 10 µl del FastStart SYBR Green Master (Roche, Bogotá Colombia), 0.5 mM de cada primer y 10 µl de ADN o agua grado PCR como control negativo. El protocolo de amplificación fue: 1 ciclo a 95°C por 10 min, seguido por 45 ciclos a 95°C por 30 s, 55°C por 30s y 72°C por 1 min.

CUANTIFICACIÓN DE PCB

La extracción de PCB del medio de cultivo se llevó a cabo mediante una extracción líquido-líquido con hexano; las muestras fueron mantenidas a 4°C durante el proceso para evitar la pérdida por volatilización. Para la extracción se adicionó un volumen de hexano a los tubos con cultivo y se agitaron en vórtex por 1 min y se transfirió la fase superior a otro tubo, este proceso se repitió y al final se unieron las dos extracciones. Cada muestra se evaporó con nitrógeno hasta un volumen de 500 µl aproximadamente y después se reconstituyó hasta 5 mL con hexano.

Para la extracción de PCB del suelo se tomaron 10 g de suelo previamente secado a temperatu-

ra ambiente. La extracción se llevó a cabo con 20 mL de una mezcla de acetona:hexano 1:1 (Merck, Darmstadt, Alemania), luego se sonico por 20 min y se filtró a través de acrodisco de 0.22 µm de nylon Whatman®. Este proceso se repitió tres veces. El extracto fue secado con nitrógeno hasta 1 mL y se reconstituyó a 5 mL con hexano. Para la limpieza del extracto se utilizó ácido sulfúrico al 50%. El proceso de limpieza fue repetido las veces que fue necesario.

La cuantificación de los congéneres de PCB se realizó por cromatografía GC-MS. El procedimiento se llevó a cabo en un cromatógrafo modelo 7890A (Agilent Technologies, CA, USA) acoplado a un espectrómetro de masas MSD modelo 5975C, con energía de ionización por impacto electrónico de 70eV y un automuestreador 7693 de Agilent. Se usó una columna capilar HP-5MS UI (Agilent) de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película. Para el análisis de datos se utilizó el software Chemstation® de la misma casa comercial. Como estándar interno se utilizó el PCB 209. Las condiciones cromatográficas para GC-MS utilizadas fueron las siguientes: Gas de arrastre: Helio a 1,5 mL/min. Programa del horno: Comenzó a 40°C durante 2,0 min, luego aumentó hasta 150°C a una rata de 30°C/min por 1 min, posteriormente aumentó hasta 250°C a una rata de 3°C/min, tiempo en el cual permaneció 1.0 min, volvió aumentar hasta 310°C a una rata de 25°C/min, tiempo en el cual permaneció 10.0 min. El programa de temperatura también incluyó un ciclo posterior de 5 min a 310°C. Volumen de inyección: 2 µL. Tipo adquisición: SIM/SCAN. Tiempo total corrido: 53,4 minutos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados a través del programa estadístico "R" empleando técnicas de exploración de datos, elaboración de modelos lineales, verificación de supuestos y pruebas de contraste entre medias para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IDENTIFICACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Durante el proceso de aislamiento de microorganismos degradadores de PCB, se obtuvieron 15 aisla-

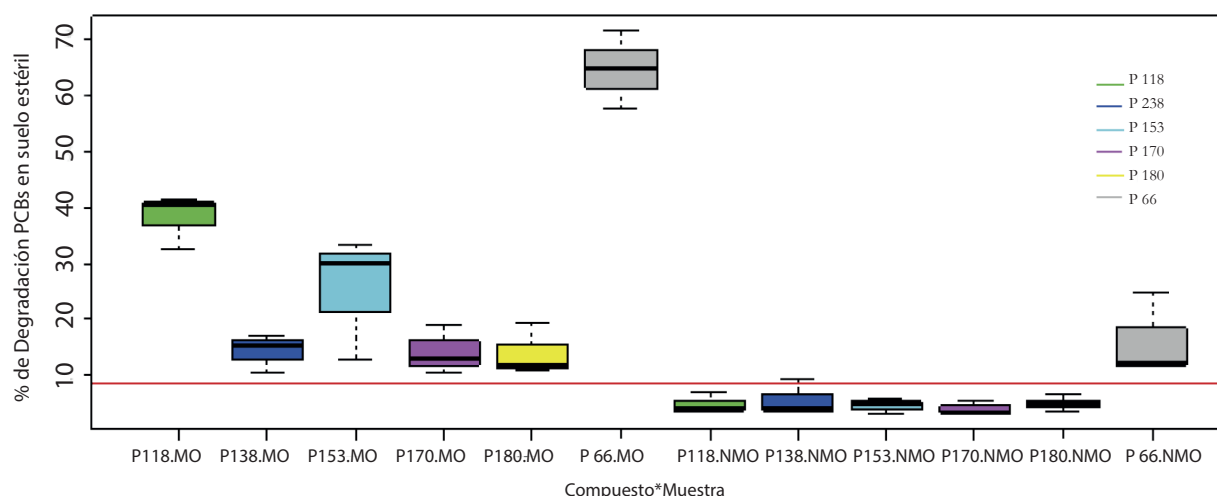


Figura 1. Degradación de congéneres de PCB en suelo estéril con adición y sin adición de microorganismos. MO (adición de microorganismos), NMO (sin adición de microorganismos).

mientos de las cuales fueron seleccionadas dos por su capacidad para crecer a altas concentraciones de bifenil. Las cepas se identificaron como *Stenotrophomonas* spp. y *Pseudomonas* spp. En ambos microorganismos también se detectó el gen *bphA1*, lo cual confirmó su habilidad para degradar PCB (Figura 1). *Pseudomonas* es un género bacteriano caracterizado por su versatilidad para utilizar una gran variedad de compuestos como fuente de carbono, por lo cual se ha aislado con frecuencia de ambientes contaminados con PCB y se ha demostrado su capacidad para degradar dichos compuestos.²⁸ Así mismo varias especies del género *Stenotrophomonas* también han sido reportadas previamente como degradadoras de varios congéneres de PCB.²⁹

DEGRADACIÓN DE PCBs POR LOS MICROORGANISMOS AISLADOS

En la Tabla 3 se muestran los porcentajes de degradación de los congéneres por los microorganismos en medio líquido. La degradación de los PCB por bacterias se puede dar mediante dos procesos: degradación oxidativa por microorganismos aerobios y de cloración reductiva por microorganismos anaerobios. El mecanismo descrito con más frecuencia para la degradación aeróbica es la 2,3 y 3,4 dioxigenación,³⁰ sin embargo la cantidad y la posición de los átomos de cloro afectan esta reacción, por lo cual muchas especies de microorganismos tienen un ataque preferencial y

diferente con cada molécula de PCB.³¹ Durante este ensayo se observó que las cepas tuvieron la capacidad de degradar 3 congéneres de los 7 que fueron evaluados inicialmente. Los congéneres monoclorados son utilizados por las bacterias como sustrato para el crecimiento, pero la degradación de congéneres más clorados se da por procesos de cometabolismo,^{29,31} donde muchas veces es necesaria la inducción de los genes de la vía metabólica por moléculas análogas,²³ esto podría explicar porque solamente tres congéneres fueron degradados. Los PCB son moléculas muy estables, que resisten la degradación química y biológica, sin embargo los microorganismos aislados lograron degradar un congener pentaclorado, lo cual demuestra su capacidad metabólica para la degradación de PCB.

Tabla 3. Degradación de congéneres de PCB por los microorganismos aislados

PCB	% Degradación
44	37,00±9.5
66	32,67±6.5
118	15,00±8.1

DEGRADACIÓN DE PCB DURANTE LA BIOAUMENTACIÓN EN SUELO

En este trabajo se evaluó la disminución de la concentración de PCB, relacionada con la adición de los microorganismos al suelo. En la [Figura 1](#) se muestran los resultados de remoción de los diferentes congéneres de PCB en los ensayos con suelo estéril. El PCB 44 fue detectado al iniciar los ensayos, sin embargo al final de los experimentos, no fue posible determinar su concentración ya que estuvo por debajo del límite de cuantificación del método. Se ha reportado que los congéneres menos clorados se volatilizan rápidamente después de un vertimiento,³¹ por lo que posiblemente la pérdida del PCB 44 estuvo relacionada con procesos de volatilización y no con procesos biológicos.

En el suelo estéril con adición de microorganismos, el PCB 66 fue el congénere en el que se observó mayor remoción (64,6%). La cantidad de cloros en la molécula de PCB, es uno de los factores que influyen en su biodegradación, siendo los PCB menos clorados los que son biodegradados fácilmente,³¹ esto podría explicar el mayor porcentaje de remoción del PCB 66 ya que era uno de los compuestos menos clorados evaluados en el ensayo.

A diferencia de los resultados de remoción obtenidos en los ensayos con medio líquido, en estos ensayos se observó disminución en la concentración de todos los congéneres de PCB analizados. Estos resultados están relacionados con el metabolismo de los PCB por los microorganismos, los cuales utilizan la vía catabólica del bifenil para degradar los PCB, sin embargo como estos compuestos no son el sustrato natural de la vía, su metabolismo produce rendimientos energéticos negativos, lo cual es más evidente al aumentar el número de cloros en la molécula, por lo que usualmente los microorganismos utilizan otros compuestos menos complejos como cosustrato o como inductores de la vía durante su metabolismo.

En el suelo se pueden encontrar diferentes tipos de compuestos derivados de la materia orgánica, que pueden ser utilizados por los microorganismos como sustrato cometabólico para la degradación de PCB caso contrario del medio de cultivo, en donde la única fuente de carbono y energía que se proporcionó provenía de los PCBs. Esto podría explicar por qué en los ensayos en suelo se obtuvo degradación de todos los congéneres y en el medio líquido no, ya que en este

último la única fuente de carbono y energía eran los 7 congéneres de PCB.

En la [Figura 2](#) se muestran los porcentajes de biodegradación de los diferentes congéneres en suelo no estéril. En este tratamiento PCB 66 también fue el que tuvo mayor porcentaje de biodegradación: 39% con la adición de microorganismos y 11,8% sin la adición de microorganismos. Sin embargo, estos porcentajes fueron menores a los obtenidos con el suelo estéril con adición de microorganismos. Un comportamiento similar fue observado con el PCB 118, cuyo porcentaje de biodegradación en el suelo estéril más microorganismos fue 34,7% y en el suelo no estéril con adición de microorganismos fue 22,8%, y sin adición de microorganismos el porcentaje de biodegradación fue 7,8%. Al comparar los porcentajes de degradación de los congéneres con los diferentes tratamientos, se puede concluir que los microorganismos aislados, aumentaron la degradación de los PCB, ya que tanto en el suelo estéril como en el suelo no estéril, cuando se hizo adición de microorganismos aumentó el porcentaje de biodegradación, sin embargo, en el suelo estéril este porcentaje fue mayor, lo cual indica que los microorganismos presentes en el suelo afectaron la actividad metabólica de los microorganismos adicionados. Este efecto en la bioaumentación ha sido reportado previamente¹⁹ y es una de las causas por la que los microorganismos que degradan compuestos tóxicos en laboratorio, en campo no muestran la misma actividad.

En este ensayo también se observó que el porcentaje de remoción para cada congénere fue diferente, lo cual como se mencionó anteriormente, está relacionado con la cantidad de cloro de las moléculas.³¹ Esto se pudo observar especialmente con los PCB 170 y 180, que eran los más clorados en el ensayo y tuvieron los porcentajes de biodegradación más bajos. Sin embargo teniendo en cuenta los porcentajes degradación obtenidos para los otros PCB, se puede afirmar que la bioaumentación con estas bacterias favoreció la degradación de PCB, pero igualmente fueron inhibidas por la microbiota nativa, por lo que para poder mantener su actividad metabólica, muy posiblemente sea necesario hacer varias adiciones de microorganismos en el tiempo.

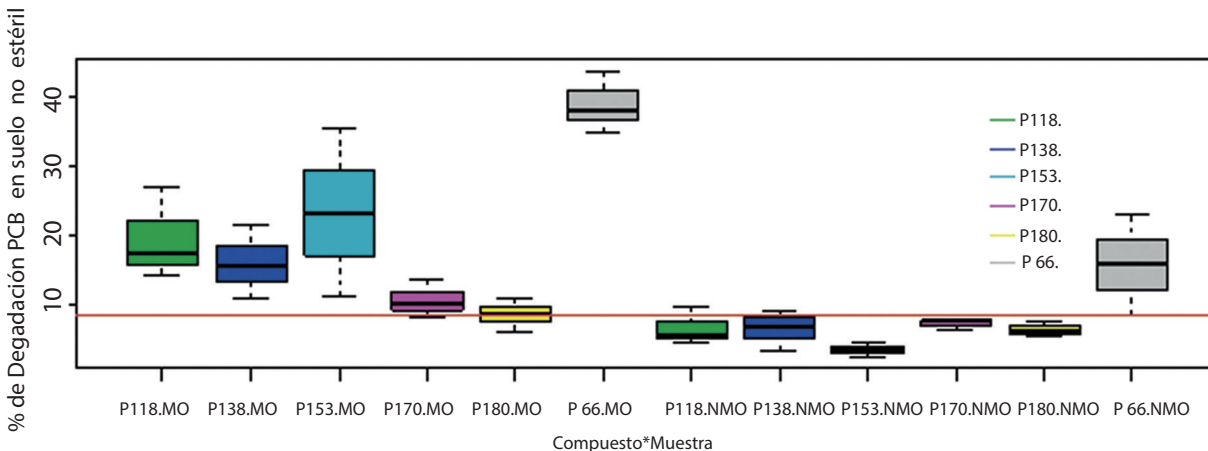


Figura 2. Degradación de congéneres de PCB en suelo no estéril con aditn y sin adición de microorganismos. MO (adición de microorganismos), NMO (sin adición de microorganismos)

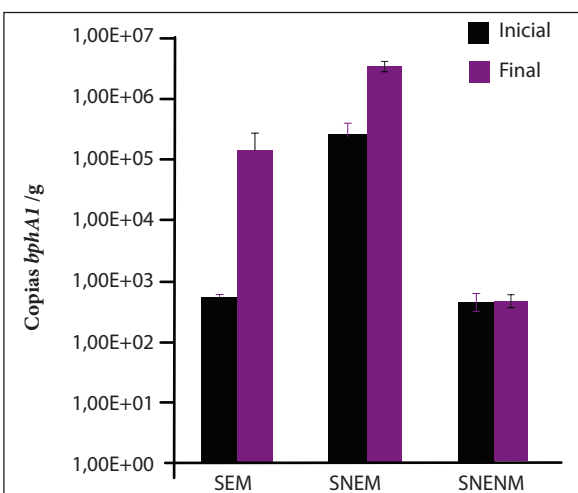


Figura 3 Concentración del gen BphA1 en los ensayos de bioaumentación SEM (suelo estéril + microorganismos), SNEM (Suelo no estéril más microorganismos) y SNENM (suelo no estéril sin microorganismos).

CONCENTRACIÓN DE GEN BPH A1 DURANTE LA BIOAUMENTACIÓN EN SUELO

En la **Figura 3** se muestran los resultados de concentración del gen BphA1 en los ensayos de bioestimulación. Al comparar los diferentes resultados se encontró que la mayor concentración del gen BphA1 se obtuvo en el tratamiento con suelo no esterilizado al que se le adicionaron microorganismos, esto puede estar relacionado con la presencia en el suelo de microorganismos nativos con capacidad de degradar PCB y al realizar la bioaumentación, hubo un in-

cremento en el número de microorganismos degradadores. Sin embargo, esta mayor concentración de microorganismos no estuvo relacionada con la degradación de PCB, ya que en el con suelo esterilizado con bioaumentación, el porcentaje de degradación de los diferentes congéneres fue mayor, lo cual sugiere que en el otro tratamiento, pudo afectar el metabolismo de los PCB por los microorganismos degradadores adicionados. Este resultado también indica que un alto número de microorganismos degradadores no es suficiente para lograr altos porcentajes de biodegradación, sino que también hay que tener en cuenta otros factores relacionados con la ecología microbiana.

CONCLUSIONES

Aunque se lograron aislar microorganismos con capacidad de crecer en medio con bifenil como una fuente de carbono, la degradación de PCB se vio limitada a solo tres congéneres, lo cual demuestra la necesidad de compuestos inductores de la vía catabólica para aumentar la capacidad de degradación en microorganismos. La bioaumentación, agregando microorganismos con capacidad de degradar PCB, mostró ser una buena estrategia para aumentar la degradación en suelo, sin embargo este proceso estuvo influenciado por la presencia de la comunidad microbiana autóctona, obteniéndose menores porcentajes de degradación en el suelo no estéril.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Vasilyeva G, Strijakova E.** Bioremediation of Soils and Sediments Contaminated by Polychlorinated Biphenyls. *Microbiology* 2007; 76 :639-53
- Gomes H, Dias-Ferreira C, Ribeiro A.** Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application. *Sci Total Environ* 2013; 445-6:237-60
- Aken BV, Correa PA, Schnoor JL.** Phytoremediation of polychlorinated biphenyls: new trends and promises. *Environ Sci Technol* 2009; 44: 2767-76
- Hornbuckle K, Robertson L.** Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Sources, Exposures, Toxicities. *Environ Sci Technol* 2010; 44:2749-51
- Wolska L, Mechlińska A, Rogowska J, Namieśnik J.** Polychlorinated biphenyls (PCBs) in bottom sediments: Identification of sources. *Chemosphere* 2014; 111:151-6
- Xu L, Teng Y, Li Z, Norton J, Luo Y.** Enhanced removal of polychlorinated biphenyls from alfalfa rhizosphere soil in a field study: The impact of a rhizobial inoculum. *Sci Total Environ* 2010; 408:1007-13
- Fiedler H, Abad E, Van Bavel B, De Boer J, Bogdal C, Malisch R.** The need for capacity building and first results for the Stockholm Convention Global Monitoring Plan. *Trend Anal Chem* 2013; 46:72-84
- Passatore L, Rossetti S, Juwarkar A, Massacci A.** Phytoremediation and bioremediation of polychlorinated biphenyls (PCBs): State of knowledge and research perspectives. *J Hazard Mater* 2014; 278:189-202
- Hornbuckle K, Robertson L.** Polychlorinated Biphenyls (PCBs): Sources, Exposures, Toxicities. *Environ Sci Technol* 2010; 44:2749-2751
- Giesy J, Kannan K.** Dioxin-like and non-dioxin like effects of polychlorinated biphenyls: Implications for risk assessment. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 2002; 7:139-181
- Pu X, Lee L, Galinsky R, Carlson G.** Bioavailability of 2,3' pentachlorobiphenyl (PCB118) and 2,2' model and a physiologically based extraction test. *Toxicology* 2006; 217:14-21
- Dorneles P, Sanz P, Gauthier E, Alexandre F, Carolina A, Bertozzi P, Martínez M, et al.** High accumulation of PCDD, PCDF, and PCB congeners in marine mammals from Brazil: A serious PCB problem. *Sci Total Environ* 2013; 463-464:309-18
- Rajaei F, Bahramifar N, Esmaili Sari A, Ghasempouri M, Savabieasfahani M.** PCBs and Organochlorine Pesticides in Ducks of Fereydoon-kenar Wildlife. *Bull Environ Contam Toxicol* 2010; 84:577-81
- Brown T, Kuzyk Z, Stow J, Burgess N, Solomon S, Sheldon T, et al.** Effects-based marine ecological risk assessment at a polychlorinated biphenyl-contaminated site in Saglek, Labrador, Canada. *Environ Toxicol Chem* 2013; 32:453-467
- Vasilyeva G, Strijakova E.** Bioremediation of Soils and Sediments Contaminated by Polychlorinated Biphenyls. *Microbiology* 2007; 76:639-653
- Tandlich R, Brezná B, Dercová K.** The effect of terpenes on the biodegradation of polychlorinated biphenyls by *Pseudomonas stutzeri*. *Chemosphere* 2001; 44:1547-55
- Dudášová H, Lukáčová L, Murínová S, Puškárová A, Pangallo D, Dercová K.** Bacterial strains isolated from PCB-contaminated sediments and their use for bioaugmentation strategy in microcosms. *J Basic Microbiol* 2014; 54:253-60
- Fagervold SK, Watts JEM, May HD, Sowers KR.** Effects of bioaugmentation on indigenous PCB dechlorinating activity in sediment microcosms. *Water Res* 2011; 45:3899-907
- Mrozik A, Miga S, Piotrowska-Seget Z.** Enhancement of phenol degradation by a soil bioaugmentation with *Pseudomonas* spp. JS150. *J Appl Microbiol* 2011; 111:1357-70
- Guimarães BCM, Arends JBA, van der Ha D, Van de Wiele T.** Microbial services and their management: recent progresses in soil bioremediation technology. *Appl Soil Ecol* 2010; 46:157-67
- Ionescu M, Beranova K, Dudkova V, Kochankovac L, Demnerova K, Macekb T, et al.** Isolation and characterization of different plant associated bacteria and their potential to degrade polychlorinated biphenyls. *Int Biodeterior Biodegradation* 2009; 63:667-72
- MAVDT.** Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Inventario preliminar de Compuestos Bifenilos Policlorados- PCB existentes en Colombia, Informe final; 2006.
- Pham T, Tu Y, Sylvestre M.** Remarkable abilities of *Pandoraea pnomenusa* B356 biphenyl dioxygenase to metabolize simple flavonoids. *Appl Environ Microb* 2012; 78:35-60
- Dercova K, Cicmanova J, Lovecka P, Demnerova K, Mackova M, Hucko P, et al.** Isolation and identification of PCB-degrading microorganisms from contaminated sediments. *Int Biodeterior Biodegradation* 2008; 62:219-25
- EPA.** Method 8082A Polychlorinated Biphenyls (PCBs)

- by Gas Chromatography 2007
26. **Randall J, Goldberg N, Kemp J, Radionenko M, French M, Olsen M, et al.** SGenetic Analysis of a Novel *Xylella fastidiosa* Subspecies Found in the Southwestern United States. *Appl Environ Microb* 2009; 75: 5631-8
 27. **Li Y, Liang F, Zhu Y, Wang F.** Phytoremediation of a PCB-contaminated soil by alfalfa and tall fescue single and mixed plants cultivation. *J Soil Sci* 2013;13:925-31
 28. **Salihoglu G, Salihoglu N, Aksoy E, Tasdemir Y.** Spatial and temporal distribution of polychlorinated biphenyl (PCB) concentrations in soils of an industrialized city in Turkey. *J Environ Manage* 2011; 92:724-32
 29. **Fairey J, Wahman D, Lowry G.** Effects of natural organic matter on PCB-activated carbon sorption kinetics: implications for sediment capping applications. *J Environ Qual* 2010; 39:1359-68
 30. **Backe C, Cousins IT, Larsson P.** PCB in soils and estimated soil-air exchange fluxes of selected PCB congeners in the south of Sweden. *Environ Pollut* 2004; 128: 59-72
 31. **Furukawa K, Fujihara H.** Microbial degradation of polychlorinated biphenyls: Biochemical and molecular features. *J Biosci Bioeng* 2008;105:433-49

Conocimientos y prácticas en salud sexual de los estudiantes de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

Knowledge and practices in sexual health of the students of the University of Antioquia, Medellín, Colombia, 2014

Liliana Patricia Álvarez Osorio^{||}, Lucia Stella Tamayo Acevedo^{*}, Mónica Andrea Moreno Ruíz^{||}

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

La sexualidad es inherente a la humanidad; su vivencia acompaña la cotidianidad y tiene efectos sobre la salud sexual. La educación sexual se realiza durante las etapas de la vida, incluyendo la universitaria. Objetivo: determinar el nivel de conocimientos y prácticas en salud sexual de estudiantes de pregrado de la Universidad de Antioquia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo transversal en el periodo 2012-2014, en una muestra representativa de 2126 estudiantes de todas las sedes de la Universidad; se aplicó una encuesta virtual, incluyó un cuestionario sobre conocimientos en salud sexual, se calificó en cuatro niveles: excelente, bueno, aceptable y deficiente.

RESULTADOS

Se encontró alta frecuencia de prácticas de riesgo: 79,8% no usó o recurría irregularmente al condón, el 52,5% no utilizó condón en la última relación sexual, el 23,6% sostenía relaciones sexuales con personas diferentes a la pareja y el 21,8% tuvo más de tres parejas en el último año; con marcada diferencia de género. En la valoración de conocimiento primaron los niveles aceptable y deficiente, principalmente en hombres, estudiantes de las regiones y de las áreas de ciencias sociales, ingeniería y ciencias exactas y naturales, y en adolescentes.

CONCLUSIONES

Este estudio encontró alta frecuencia en las prácticas de riesgo para la salud sexual y deficientes conocimientos en este mismo campo. Se resaltan las diferencias encontradas en el comportamiento de las prácticas de riesgo entre hombres y mujeres, así como para el nivel de conocimientos; situaciones a considerar en la reorientación de los programas de educación sexual.

PALABRAS CLAVE

salud sexual, educación sexual, conocimientos en salud sexual, prácticas de riesgo, jóvenes.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Sexuality is inherent to humanity; its experience is part of daily life and has effects on sexual health. Sexual education takes place through the several stages of life, including university life. Objective: to determine

the level of knowledge and practices in terms of sexual health of undergraduate students at Universidad de Antioquia.

MATERIALS AND METHODS

A cross-sectional descriptive study was conducted in the 2012-2014 period, in a representative sample of 2126

^{||} Estudiante V/III semestre Microbiología y Bionálisis. Universidad de Antioquia. ^{*} Profesor-investigador. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Contacto: lucia.tamayo@udea.edu.co Recepción: 12-08-2015. Aceptación: 11-11-2015.

students from all campus of Universidad de Antioquia; a virtual survey was also applied, including a questionnaire on knowledge of sexual health that was rated at four levels: excellent, good, acceptable, and poor.

RESULTS

High frequency of risky practices were found: 79.8% did not use or irregularly resorted to the condom, 52.5% did not use a condom at last intercourse, 23.6% claimed sexual relationships with people other than the couple, and 21.8% had more than three couples during the past year; with marked gender difference. In the assessment, acceptable and deficient levels were the most common ones, higher in men, students coming from other regions and students enrolled in social sciences, engineering, and natural sciences academic programs, and adolescent students.

CONCLUSIONS

This study found high frequency of risky practices for sexual health and poor knowledge of the topic. The differences found in risky behavior among men and women are highlighted, as well as in terms of the level of knowledge students have on sexual health; situations to be considered in the reorientation of sexual education programs.

KEYWORDS

Sexual health, sex education, sexual health knowledge, sexual health practices, youth.

INTRODUCCIÓN

La universidad constituye un espacio donde los(as) jóvenes se forman en un campo profesional, en el cual adquieren conocimientos y habilidades para el desempeño laboral. En el nivel universitario, los(as) jóvenes no sólo requieren formarse en conocimientos disciplinares, sino también en saberes necesarios para el desarrollo de la libre personalidad, incluida la sexualidad. En Colombia el 13,5% de la población corresponde a jóvenes entre 14 y 28 años de edad,¹ y según datos del Ministerio de Educación, la cobertura en educación superior en el 2013 fue del 45,5%, similar a la tasa de deserción universitaria 45,3%.² Entre las posibles causas de la deserción, se encuentra el embarazo no deseado y las crisis afectivas o problemas de salud, derivados de las infecciones de transmisión sexual (ITS);³ siendo necesario contar con un diagnóstico base sobre

los conocimientos y prácticas en salud sexual que posee la población estudiantil universitaria con el objetivo de generar directrices en las políticas y en los programas sobre salud sexual.

La educación en salud sexual es una responsabilidad de la sociedad en su conjunto, se inicia desde el nacimiento en el grupo familiar y transcurre durante toda la vida en los diferentes procesos de cambio y sucesivos vínculos que establecen las personas al interactuar con diferentes grupos. Hoy se aprecian importantes cambios de conductas, actitudes y valores en lo referente a la sexualidad de los(as) jóvenes y adolescentes;⁴ por ello, la importancia de una educación sexual bien fundamentada que ofrezca a los(as) adolescentes y jóvenes universitarios la posibilidad de elegir comportamientos sexuales saludables que se adapten a su forma particular de interpretar la sexualidad y a su manera de expresarla y sentirla de forma libre.

Entre las principales consecuencias negativas de los comportamientos sexuales de riesgo para la salud de los(as) jóvenes, se encuentran el contagio de ITS y los embarazos no deseados. Estos riesgos están asociados, entre otros, a la alta frecuencia de cambio de pareja sexual, el nivel de conocimiento sobre los riesgos, los prejuicios, las ideas erróneas, la disminución de la edad de la menarquia, los modelos de educación sexual, los modelos de crianza, la falta de comunicación familiar, las deficiencias del sistema educativo formal, la idea de invulnerabilidad y la poca preocupación por su salud.⁵

Según la Encuesta Nacional de Demografía en Salud 2010- ENS-2010-, en Colombia, el 19% de las adolescentes entre 15 y 19 años eran madres o estaban embarazada de su primer hijo; el 7,0% de las mujeres en unión libre utiliza condón en las relaciones sexuales, el 56% no conocían o no tenían información sobre el Virus del Papiloma Humano (VPH) y la prevención; el 17 % en edad fértil no poseen conocimientos fiables sobre ITS y un 3 % había padecido una ITS en el último año.⁶ Estos datos reflejan las carencias en educación sexual que tiene la población colombiana y en particular los(as) jóvenes.

En Colombia, existen estudios que abordan esta problemática (5,7) sin embargo, siendo la Universidad de Antioquia una institución pública de educación superior con un alto número de estudiantes que reúne personas de todo el país, de culturas diferentes y de estratos socioeconómicos bajo y medio bajo, principalmente, aún no cuenta con estudios que indaguen sobre el estado de los conocimientos y prácticas de salud

sexual de los estudiantes para orientar los programas institucionales y de otras instituciones similares del país. Por lo anterior, se hace necesario determinar las prácticas de riesgo para la salud sexual y el nivel de conocimientos en este campo, de los estudiantes de la Universidad de Antioquia para direccionar o re-direccionar las intervenciones educativas y preventivas que conlleven a la modificación de las prácticas y mejore los conocimientos en salud sexual de esta población e impacte positivamente en la salud pública del país.

Este artículo hace parte de los resultados de investigación del proyecto Evaluación del programa Promoción de la salud sexual y la afectividad, dirigido a estudiantes de la Universidad de Antioquia, Bienestar Universitario 2012, financiado por el Comité de Investigación de la Universidad en la convocatoria temática del 2012 Universidad y educación superior.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo transversal, en el periodo de 2012-2014, con la participación de 2126 estudiantes que al momento de la investigación se encontraran matriculados en los 72 programas de pregrado de la Universidad de Antioquia, en las sedes de la ciudad de Medellín y en las regionales del Departamento de Antioquia. El tamaño de la muestra representativa se calculó en el programa Epi-info versión 6.2, módulo Statcalc, bajo los parámetros: probabilidad de encontrar el evento de 0,50, probabilidad de no encontrarlo de 0,50, error máximo de muestreo del 2%, nivel de confianza del 95% y tamaño de la población 34066 estudiantes matriculados a la fecha, según los registros del departamento de Admisiones y Registro de la Universidad.

En la plataforma web de la Universidad se subió el cuestionario virtual que incluía el consentimiento informado, el cual el participante debía aceptar o no, en caso de una respuesta positiva accedía al formulario. La encuesta incluía preguntas sobre conocimientos en salud sexual, características sociodemográficas, prácticas sexuales de riesgo, percepción psicosocial sobre diferentes aspectos de su vida y consumo de alcohol, tabaco y estupefacientes, se aclara que estos dos últimos componentes no hacen parte de este artículo.

La invitación y sensibilización de los estudiantes para participar en el estudio se hizo a través de los

medios de comunicación de la Universidad: boletines, página web, correo electrónico y además se hicieron visitas personalizadas a las unidades académicas por parte de las investigadoras. Siempre se informó sobre la importancia de la investigación para la caracterización de la situación actual en salud sexual de los estudiantes de la Universidad y cómo se beneficiarían con la transferencia de este conocimiento a los programas de Bienestar Universitario para su salud y logros académicos. Igualmente, las investigadoras se estandarizaron en la aplicación de la encuesta con el objetivo de conocerla plenamente y poder resolver dudas a los estudiantes en caso de que estos lo hicieran por medios electrónicos o contacto cara a cara.

La prueba piloto se realizó con 12 estudiantes de las diferentes áreas de conocimientos, hombres y mujeres, con el fin de validar la encuesta en su correcta comprensión, objetividad de las preguntas y lenguaje utilizado.

El módulo de la encuesta sobre conocimientos comprendía 14 preguntas, 8 de ellas específicas para valorar los conocimientos en salud sexual acerca de las ITS, métodos de protección, VIH, prácticas de autocuidado, prácticas sexuales de riesgo y conceptos sobre la salud sexual. La encuesta estuvo disponible en la plataforma web de la Universidad por espacio de 11 meses.

Cada cuestionario fue calificado independientemente sobre una escala de 1 a 8 unidades con base en las respuestas de selección múltiple correctas. Luego se hizo la valoración cualitativa en cuatro escalas: *Excelente*, el total de las respuestas correctas, *Bueno* entre 6 y 7 respuestas correctas, *Regular* entre 4 y 5 respuestas correctas, e *insuficiente* entre 0 y 3 respuestas correctas.

La base de datos se construyó en Excel versión 7 ambiente Windows. El análisis estadístico se realizó en el programa SPSS versión 19. Inicialmente se hizo análisis descriptivo univariado y bivariado, éste último para explorar relaciones entre el nivel de conocimiento, agrupada la variable en dos categorías, una de ellas con los niveles *excelente y bueno* y en la otra, con *aceptable y deficiente*; y las variables: áreas de conocimiento (ciencias de la salud, ciencias sociales y humanas e ingenierías conjuntamente con ciencias exactas y naturales) en las cuales estaba matriculado el(a) participante, el sexo, grupos de edad y prácticas sexuales consideradas como factores de riesgo en la literatura. Se calculó la prueba de chi-cuadrado, esta-

bleciendo la significancia en un valor de p menor a 0,05. La edad se recodificó en tres grupos acordes a la clasificación de las etapas psico-sociales, propuesta por la OMS, así: entre 15 y 19 años corresponde a la adolescencia, entre 20 y 24 años a jóvenes y de 25 o más años a adultos.⁸

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS.

El 81,1% de los(as) participantes pertenecían a la sede de Medellín y el resto a las sedes regionales de la Universidad de Antioquia. Por área de conocimiento, el 40,0% se encontraban matriculados(as) en programas de las ciencias sociales y humanas, el 36,6% en programas de ciencias de la salud y el 30,4% en ingenierías y ciencias exactas y naturales. (Tabla 1)

El 61,5 % eran mujeres y el 38,5 % hombres, con edades promedio de 22,4 años ($DS= 4,96$) y 23,5 años ($DS= 6,3$), respectivamente, con diferencias significativas (t de student 4.328, $p<0,000$). Por grupos de edad, el 29,0% eran adolescentes, el 46,3% jóvenes y el resto, adultos. El 80,1% pertenecían a estratos socioeconómicos bajo y medio bajo (estratos 1, 2 y 3), con predominio del estrato 2, que representó el 41,8%. La mayoría de los estudiantes eran solteros, 84,3%, el 11,2% tenían hijos y sólo el 0,6% manifestó estar en embarazo o tener su pareja en embarazo. El 50,6% vivían con la familia, el 19,4% con la pareja y el 5% solos. El 49,9% eran practicantes católicos y el 34,6% manifestó no tener ningún credo. El 31,0% se encontraban trabajando. (Tabla 1)

FACTORES DE RIESGO RELACIONADOS CON EL COMPORTAMIENTO SEXUAL.

El 81,9% de los(as) estudiantes habían iniciado relaciones sexuales y de éstos, el 28,7% lo hizo a temprana edad, antes de los 15 años. El 79,8% manifestó el no uso o uso infrecuente del condón, mientras que el 55,2% no utilizó condón en la última relación sexual. El 21,8% había tenido tres o más parejas sexuales en el último año; el 23,6% sostenían sexo con parejas diferentes a la formal, el 7,1% mantenían relaciones sexuales por beneficios y el 3,8% por dinero. El 11,5% recurrían a otros métodos diferentes al condón para prevenir ITS. Fue mayor la proporción de estudiantes que padecieron una ITS estando en la universidad que antes del ingreso, 4,4% vs 1,9%. El 17,0% sostenía re-

laciones sexuales con personas del mismo o de ambos sexos, el 20,9% practicaban la penetración anal y el 72,9% el sexo oral.

Frente a las anteriores prácticas de riesgo se observó diferencias estadísticas significativas entre hombres y mujeres; encontrándose más frecuente en los hombres para el inicio de relaciones sexuales antes de los 15 años de edad, no uso o uso irregular del condón, relaciones sexuales por dinero, beneficios y con otras parejas, e historia de ITS antes del ingreso a la Universidad; mientras que en las mujeres fue mayor el no uso del condón en la última relación sexual y considerar que hay otros métodos para evitar las ITS a parte del uso del condón. (Tabla 2)

Adicionalmente, se indagó por medidas preventivas referidas al autocuidado, entre éstas el 22,5% de las mujeres no tenían antecedentes de tamizaje citológico y el 40,0% no se realizaba el autoexamen de mamas; entre los hombres una tercera parte, 30,3%, no practicaba el autoexamen de testículos y pene. El 16% de los estudiantes no refirieron vacunación contra la hepatitis B.

CONOCIMIENTOS SOBRE SALUD SEXUAL.

Sólo el 5,6% de los(as) estudiantes se ubicó en el nivel de conocimientos *excelente* al responder acertadamente el total de las preguntas de la prueba, el 41,1% en *bueno*, el 46,1% en *regular* y el 7,2% en *insuficiente*. (Gráfico 1)

Los(as) estudiantes de áreas de la salud se ubicaron en los niveles *bueno* y *excelente*, representando el 46,3% y el 10,0%, respectivamente. En el área de ingenierías, con ciencias exactas y naturales, y el área de ciencias sociales y humanas predominó el nivel *aceptable*, con el 53,3% y 46,1%, respectivamente; en estas mismas áreas el 34,2% y 42,3% de los estudiantes obtuvieron el nivel *bueno*. Sin embargo, en ingenierías, con ciencias exactas y naturales, se reportó el mayor déficit de conocimientos en salud sexual. (Gráfico 1).

El nivel *excelente*, a pesar del bajo porcentaje que representó, también fue mayor en los(as) estudiantes de los niveles socioeconómicos altos (estratos 4 al 6), en los jóvenes, 6,6%, en las mujeres, 6,2% y en los estudiantes de la sede de Medellín, 6,2%. El nivel *bueno*, lo alcanzó mayoritariamente: las mujeres 45,6%, los estratos altos 43,0%, el grupo de jóvenes 42,5% y los estudiantes de la sede de Medellín, 42,3%. El nivel *aceptable* fue mayor en: los hombres, 54,9%, en las sedes regionales 50,0%, en los adoles-

Tabla 1. Características socio-demográficas de los estudiantes de pregrado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

Característica		Nro.	Porcentaje
Sede universitaria	Medellín	1724	81,1
	Regionales	402	18,9
Área de conocimientos	Ciencias Sociales y Humanas	833	39,2
	Ciencias de la Salud	650	30,6
	Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales	643	30,2
Sexo	Hombres	819	38,5
	Mujeres	1307	61,5
Edad	Adolescente (15 a 19 años)	617	29,0
	Joven (20 a 24 años)	985	46,3
	Adulto (mayor de 24 años)	524	24,6
Estrato socioeconómico1	Bajo-Bajo (estrato 1)	205	9,6
	Bajo (estrato 2)	888	41,8
	Medio bajo (estrato 3)	814	38,3
	Medio (estrato 4)	115	5,4
	Medio- alto (estrato5)	39	1,8
	Alto (estrato 6)	4	0,2
	No desea responder	61	2,9
Conformación del hogar	Solo	107	5,0
	Pareja	79	3,7
	Pareja e hijos	121	5,7
	Solo hijos	23	1,1
	Mamá, papá e hijos	448	21,1
	Mamá y hermanos	544	25,6
	Papá y hermanos	62	2,9
	Amigos	76	3,6
	Otras personas	509	23,9
	No desea responder	157	7,4
Religión	Ninguna	735	34,6
	Catolicismo	1050	49,4
	Otras religiones	124	4,3
	No desea responder	217	10,2
Trabajan	Si	658	31,0
	No	1419	66,7
	No desea responder	49	2,3
Embarazadas o pareja embarazada	Si	12	0,6
	No	2114	94

centes 48,6% y en el nivel socioeconómico bajos y medio bajo, 46,3%. Y el nivel *deficiente* se encontró en mayor proporción en: las sedes regionales, 10,9%, en los hombres, 9,8%, en los adolescentes, 8,6% y en los estratos bajos, 6,7%. (Tabla 4)

Los niveles *aceptable* y *deficiente*, en conjunto, mostraron relación estadística significativa con: ser hombres, pertenecer a las áreas de ingenierías con ciencias exactas y naturales, ser adolescente y estudiar en las sedes regionales; más no con el nivel socioeconómico. (Tabla 4).

En relación con las prácticas de riesgo y el nivel de conocimientos en salud sexual, agrupado en

las categorías *excelente-bueno* y *regular-insuficiente*, solo se encontró relación estadística con el no uso o uso infrecuente del condón; siendo más frecuente esta práctica, 81,8% en la categoría *excelente-bueno*. También, se resalta que la calificación *excelente-bueno* primó en los estudiantes que no usaron condón en la última relación sexual, 55,8%, y en quienes habían padecidos alguna ITS siendo estudiante de la universidad, 4,6%. Para el resto de las prácticas sexuales de riesgo, fue mayor la proporción de estudiantes clasificados en el nivel *regular-insuficiente*: relaciones sexuales con parejas diferentes a la formal, 24,0%, tres o más parejas sexuales en el último año, 22,2%,

Tabla 2. Distribución de factores de riesgo en prácticas sexuales de los estudiantes. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

Factor de riesgo	Valor variable	Hombre		Mujer		Total		Ch ²	Valor p
		Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%		
Inicio de relaciones sexuales	Si	681	83,2	1060	81,1	1741	81,7	1,797	0,407
	No	113	13,8	196	15,5	309	14,5		
	No desea responder	25	3,1	51	3,9	76	3,6		
EIRS (n=1741)	<15 años	243	35,7	257	24,2	500	28,7	26,180	0,000
	>15 años	438	64,3	803	75,8	1243	71,3		
Uso condón (n=1741)	No, irregular	580	85,2	810	76,4	1390	79,8	19,727	0,000
	Siempre	101	14,8	250	23,6	351	20,2		
Uso condón ultima relación sexual (n=1672)	No	333	50,6	590	58,2	923	55,2	9,260	0,000
	Si	325	49,4	924	41,8	749	77,8		
Parejas sexuales último año. (n=1741)	Tres o más	220	33,3	153	14,6	373	21,8	79,039	0,000
	Una o dos parejas	447	67,0	894	85,4	1341	78,2		
Relaciones sexuales por dinero (n=1741)	Si	52	7,6	15	1,4	67	3,8	43,333	0,000
	No	629	92,4	1045	98,6	1674	96,2		
Relaciones sexuales por beneficios (n=1684)	Si	68	10,5	51	4,9	119	7,1	18,122	0,000
	No	581	89,5	984	95,1	1565	92,9		
Relaciones sexuales con parejas diferente a la formal (n=1656)	Si	235	36,9	156	39,9	391	23,6	99,677	0,000
	No	401	63,1	864	84,7	1265	76,4		
Método para evitar ITS (n=1386)	Otros	48	8,2	111	13,9	159	11,5	11,116	0,001
	Condón	538	91,9	689	86,1	1227	88,5		
Antecedente ITS antes del ingreso a la Universidad (n=1691)	Si	19	2,9	13	1,3	32	1,9	5,527	0,015
	No	1640	91,7	1019	98,7	1659	98,1		
ITS siendo estudiante en la Universidad (n=1656)	Si	27	4,1	47	4,5	74	4,4	0,207	0,373
	No	634	95,9	987	95,5	1621	95,6		

EIRS: edad inicio relaciones sexuales

el uso de otros métodos para prevenir ITS a parte del condón, 13,9%, sexo por beneficios, 7,5%, relaciones sexuales por dinero, 4,6% y antecedentes de ITS antes del ingreso a la universidad, 2,4%.

En relación con las fuentes de información a las

que recurren los estudiantes para consultar temas de salud sexual, estas fueron la internet en el 67,3%, amigos 63,0% y personal de salud, 29,4%. Con menor frecuencia recurren a profesores y personal de Bienestar Universitario.

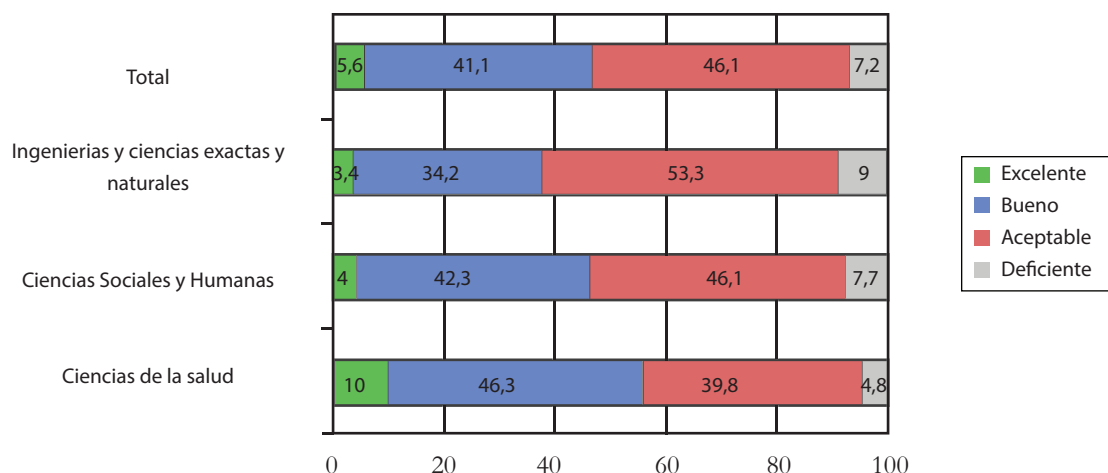


Gráfico 1. Nivel de conocimientos en salud sexual según área del conocimiento. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

Tabla 3. Nivel de conocimientos en salud sexual por variables socio-demográficas. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

Variable	Valor variable	Regular e insuficiente		Excelente y bueno		Total		Ch ²	Valor p
		Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%		
Sexo (n=2126)	Hombre	505	61,7	314	38,3	819	38,5	36,915	0,000
	Mujer	628	53,2	679	46,8	1307	61,5		
Área de conocimiento (n=2126)	CS	284	43,7	366	56,3	650	30,6	45,404	0,000
	CSH	448	53,9	385	46,2	833	39,2		
	Ingeniería CEN	401	62,4	242	37,6	643	30,2		
Estrato Socioeconómico (n=2065)	Bajo y medio bajo.	1010	53,0	897	47,0	1097	92,3	1,157	0,162
	Medio alto y alto.	74	46,8	84	53,2	158	7,7		
Grupos de edad (n=2126)	Adolescente	353	57,2	264	42,8	617	29,0	6,145	0,046
	Joven	501	50,9	484	49,1	985	46,3		
	Adulto	279	53,2	245	46,8	524	24,6		
Sede Universitaria (n=2126)	Medellín	888	51,2	836	48,5	1724	81,1	11,282	0,001
	Regionales	245	60,9	157	39,1	402	18,9		

Tabla 4. Nivel de conocimientos en salud sexual según prácticas sexuales de riesgo de los estudiantes. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

Variable	Valor variable	Regular e insuficiente		Excelente y bueno		Total		Ch ²	Valor P
		Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%		
EIRS (n=1741)	<15 años	272	30,4	228	27,0	500	28,7	2,422	0,066
	>15 años	624	69,6	617	73,0	1241	71,3		
Uso condón (n=1741)	No, irregularmente	699	78,0	691	81,8	1390	79,8	3,833	0,029
	Siempre	197	22,0	154	18,2	351	20,2		
Uso condón última relación sexual (n=1672)	No	467	54,6	456	55,8	923	55,2	0,241	0,329
	Si	388	45,4	361	55,8	794	44,8		
Parejas sexuales último año. (n=1741)	Tres o más	196	22,2	177	21,3	373	28,1	0,226	0,338
	Una o dos parejas	686	77,8	655	78,8	1341	78,2		
Relaciones sexuales por dinero (n=1741)	Si	41	4,6	26	3,1	67	3,8	2,667	0,066
	No	855	95,4	819	96,6	1674	96,2		
Relaciones sexuales por beneficios (n=1684)	Si	64	7,5	55	6,6	119	7,1	0,483	0,275
	No	790	92,5	775	93,4	1565	92,9		
Relaciones sexuales con parejas diferente a la formal (n=1656)	Si	201	24,0	190	23,3	391	23,6	0,113	0,391
	No	638	76,0	627	76,6	1265	76,4		
Método para evitar ITS (n=1386)	Otros	100	13,3	59	8,9	159	11,5	8,613	0,002
	Condón	621	86,1	606	91,1	1227	88,5		
Antecedente ITS antes ingreso a la Universidad (n=1691)	Si	21	2,4	11	1,3	32	1,9	2,830	0,068
	No	842	97,6	817	98,7	1659	98,1		
ITS estando en la Universidad (n=1656)	Si	36	4,2	38	4,6	74	4,4	0,176	0,328
	No	829	95,8	792	95,4	162	95,6		

EIRS: edad inicio relaciones sexuales

DISCUSIÓN

Partir de un diagnóstico base sobre las prácticas y conocimientos en salud sexual de estudiantes universitarios en programas de pregrado es prioritario cuando se trata de concentrarse en la promoción y la prevención con políticas, programas y proyectos acordes a las necesidades y demandas específicas. En este estudio el 75% de la población eran menores de 24 años, edades que corresponden a las etapas de la adolescencia y juventud, en las cuales se asumen más prácticas de riesgo

para la salud física y psicosocial, e incluso la muerte. En estas etapas, tanto hombres y mujeres, definen la mayor parte de hábitos y prácticas que determinan el estilo de vida y por ende la salud de cada individuo.^{9, 10}

En este estudio participaron más mujeres que hombres, lo cual puede obedecer al fenómeno del ingreso cada vez mayor de las mujeres a la universidad, en los últimos años,^{11, 12, 13} y a la disposición más abierta de éstas para responder encuestas sobre salud sexual.

Por nivel socioeconómico, predominaron los es-

tratos bajo y medio-bajo, 80,1%; concordante con la universidad pública colombiana que en su mayoría acoge a estudiantes de estos estratos.¹⁴ Cabrera y Steven, hacen referencia a una serie de condicionantes de los estudiantes universitarios, determinadas por el estrato socioeconómico, como el rendimiento académico, la deserción escolar, hábitos comportamentales dentro de la universidad, entre otros, y cómo son influidos directamente por su perfil sociocultural;¹⁵ aspectos de los cuales se ocupó esta investigación.

El 84,3% de los(as) estudiantes manifestaron ser solteros, acorde las tendencias demográficas actuales, que señalan que la edad para contraer matrimonio se retrasa cada vez más, sobre todo entre los jóvenes que reciben más años de educación. Una de las explicaciones para esta tardanza podría ser la consideración de que casarse es un obstáculo para la óptima consecución de los objetivos intelectuales.¹⁶

El catolicismo (49,4%), predominó sobre las demás religiones, sin embargo esta cifra es baja comparada con lo reportado en estudiantes de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja que fue del 79,7%.¹⁷ Esta característica es importante, por el fuerte influjo de la religión en la sexualidad humana, pues la moral cristiana, de modo general, asocia la sexualidad al pecado, excepto para la función reproductiva dentro del matrimonio.

El inicio de las relaciones sexuales marca la vida de los individuos, representa el resultado de un proceso de interacción social y afectiva, que puede traer nuevos roles y satisfacciones o implicaciones negativas en el futuro.¹⁸ En esta investigación, el 81,9% de los(as) estudiantes había iniciado relaciones sexuales, a la edad promedio de 16,8 años; edad similar a la reportada en universitarios chilenos, 17 años.¹⁹ Se destaca que el 28,7% inició relaciones sexuales a temprana edad, antes de los 15 años, cifra mayor en los hombres, y coherente con otros estudios que refieren que alrededor del 60% de los adolescentes varones iniciaron relaciones sexuales entre los 14 y 15 años de edad y las féminas entre los 15 y 16 años; unido a la disminución de la edad de inicio de las relaciones sexuales en la actualidad.^{22, 23, 24}

En este estudio el método más usado para prevenir el contagio de ITS fue el condón, aunque también se encontró un pequeño grupo de estudiantes que consideran que los anticonceptivos hormonales cumplen esta función, 5,6%; similar a lo hallado en tres institutos de educación secundaria de Valencia en España, cuyos estudiantes entre 15 y 18 años de edad, el 4,5%,

también pensaban lo mismo. En este mismo estudio, los anticonceptivos orales fueron el método más usual para prevenir embarazos, 95%,²¹ siendo muy superior a lo encontrado en esta investigación, con el 44,5%.

A pesar de que un alto porcentaje de estudiantes atribuyó doble propósito al uso del condón, como es la prevención de embarazo y de las ITS, sólo el 43,6% lo usó en la última relación sexual, muy por debajo a los hallazgos en la literatura, donde se plantea que en países industrializados como Estados Unidos, aproximadamente el 60% de los adolescentes sexualmente activos utilizan los métodos anticonceptivos y que más del 50% de los embarazos ocurren en los seis meses posteriores al inicio de la actividad sexual.^{23, 24}

Magaly Robalino Campos y Anton Körner Robalino, estudiosos de modelos educativos iniciales, consideran que la educación sexual se da de manera formal en la escuela o es impartida en el hogar por los medios de comunicación, en particular la Internet. En este estudio, el 67,3% de los estudiantes recurrieron a la Internet para obtener información sobre temas de salud sexual, contrario a lo reportado en estudiantes universitarios de Oaxaca en México, donde se refiere que el 45% recurren a libros y el 25,5% a la televisión,³ por lo que definidos los medios utilizados es la disponibilidad de los mismos.

Según la Encuesta Nacional de Juventud realizada en el año 2010, los conocimientos sobre sexualidad y medios de prevención de enfermedades de transmisión sexual (ETS), cada vez, están más difundidos en la población, especialmente entre los más jóvenes. Esta encuesta reporta que en la actualidad, nueve de cada diez jóvenes conoce sobre métodos de prevención,¹⁰ afirmación que es compatible con los hallazgos de esta investigación, al hallar mayores conocimientos en salud sexual en el grupo de los(as) jóvenes en contraste con los(as) adolescentes. Sin embargo, en este estudio menos de la mitad de los(as) estudiantes, 46,7%, se ubicaron en los niveles excelente y bueno, y 53,3% en regular e insuficiente; con mejores cifras que las reportadas en los estudiantes universitarios oaxaqueños, quienes en el 64,6% tenía escasos o deficientes conocimientos sobre sexualidad, el 22,5% nulos y sólo el 13% tenían conocimientos adecuados.³

En este estudio, las mujeres obtuvieron mejor calificación, hallazgo similar a lo reportado en el municipio de Miranda- Cauca- en adolescentes escolares, cuyas mujeres, 72,2%, poseían más información y mayor conocimiento en salud sexual en comparación con los hombres, 62,5%.²⁵

Por otra parte, fue muy similar el resultado de las pruebas entre quienes iniciaron relaciones sexuales antes de los 15 años y después de esta edad, comportamiento similar al encontrado en estudios realizados en Bogotá.²⁶ También, entre quienes aprobaron la prueba con excelente-bueno y utilizaron el condón como medio anticonceptivo, el 50,3%, dato levemente superior a las cifras mostradas en el estudio, antes mencionado, 46,9%.²⁶

El 52,9% de los estudiantes que manifestaron tener relaciones vía vaginal/anal/oral, perdieron la prueba de conocimientos en salud sexual, dato semejante al encontrado en estudiantes universitarios de Chile, en el cual el 52,1% había experimentado relaciones sexuales oral y anal, y el 40% mostró conocimientos insuficientes en reproducción y sexualidad; situación ante la cual sus autores manifiestan que “se justifica como prevención primaria, la inclusión de la educación sexual para alumnos que ingresan a la Universidad,”¹⁹ afirmación que comparten las autoras del presente estudio.

CONCLUSIONES

En este estudio se encontró alta frecuencia en las prácticas de riesgo para la salud sexual y deficientes conocimientos en este mismo campo. Se resalta, las diferencias encontradas en el comportamiento de las prácticas de riesgo entre hombres y mujeres, especialmente en la utilización del condón, develando una problemática de género a intervenir; así mismo, se evidenció menor nivel de conocimientos en hombres, estudiantes de ciencias sociales, ingeniería y ciencias exactas y naturales, en las sedes regionales y en los adolescentes, situaciones a considerar en la reorientación de los programas de educación sexual que impacten en la disminución de la morbilidad inherente al ejercicio de la sexualidad, en la deserción escolar y en el mejor rendimiento escolar.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a Bienestar Universitario y la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad de Antioquia.

FUENTE DE FINANCIACIÓN

Financiado por el Comité de Investigación de la Universidad en la convocatoria temática del 2012 Universidad y educación superior.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan no tener conflictos de intereses con las instituciones financiadoras y con la autoría del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) PROYECCIONES DE POBLACIÓN JÓVENES 14-28 AÑOS.** Fecha de acceso 2 de julio de 2015 Disponible en: http://obs.colombiajoven.gov.co/Observatorio/Observatorio.aspx?rpt=Buyel7PqAptVw9lwUXO_Fw
2. **Consejo Nacional Política Económica y Social República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación Documento.** Conpes 173 Lineamientos para la generación de oportunidades para los jóvenes. 2014. Disponible en <http://www.colombiajoven.gov.co/atencionaljoven/Documents/CONPES%20173.pdf>. Fecha de Acceso 2 de julio de 2015
3. **Bautista-Hernández L.** Conocimientos, actitudes y opiniones de las y los universitarios oaxaqueños respecto a su sexualidad y la importancia de la educación sexual en el nivel de educación superior. Centro Regional de Investigación en Psicología, 2008; 2(1):71-84.
4. **Rodríguez-Cabrera A, Sanabria-Ramos G, Contreras-Palú ME, Perdomo-Cáceres B.** Estrategia educativa sobre promoción en salud sexual y reproductiva para adolescentes y jóvenes universitarios. Ciudad de La Habana. Rev Cub Salud Publica. 2013; 39(1): 161-174.
5. **Lema-Soto LF, Salazar-Torres IC, Varela-Arévalo MT, Tamayo-Cardona JA.** Comportamiento y salud de los jóvenes universitarios: Satisfacción con el estilo de vida. Pensamiento Psicológico; 2009; 12(5): 71-88
6. **Encuesta Nacional de Demografía en Salud.** Profamilia. 2010. [en línea] [Fecha de acceso: 10 de abril de 2014]; disponible en: <http://www.profamilia.org>
7. **Ruiz-Sternberg AM.** Conocimientos, actitudes y prácticas en salud sexual y reproductiva en una población

- universitaria 2005. Rev. SOGIA 2005; 12(3): 86-9.
8. **La salud de los jóvenes: un desafío para la sociedad.** Informe de un grupo de estudio de la OMS a cerca de los jóvenes y "La Salud para Todos en el año 2000". [en línea] [Fecha de acceso: 12 de Enero de 2014]; disponible en: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_731_spa.pdf
9. **Rodríguez-Cabrera A.** Estrategia educativa sobre promoción en salud sexual y reproductiva para adolescentes y jóvenes universitarios. Revista Cubana de Salud Pública. 2013; 39(1) 161-174. [en línea] [Fecha de acceso: 13 de Julio de 2014]; disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086434662013000100015&lng=es.
10. **Encuesta Nacional de Juventud 2010.** Resultados generales. Noviembre 18; 2011 [en línea] [Fecha de acceso: 13 de Julio de 2014]; disponible en: http://www.imjuventud.gob.mx/imgs/uploads/Encuesta_Nacional_de_Juventud_2010_-_Resultados_Generales_18nov11.pdf
11. **Universidad de Antioquia.** Más Mujeres Egresan del Alma Mater. [en línea] [Fecha de acceso: 07 de Mayo de 2014]; disponible en: http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bActualidad/Principal_UdeA/Egresados/M%C3%A1s%20mujeres%20egresan%20del%20Alma%20M%C3%A1ter1
12. **Castro A, Salcedo S, Caycedo G.** Estudio sobre comportamiento sexual y consumo de sustancias psicoactivas, en una institución universitaria de Bogotá, Colombia. Universidad del Rosario - CES; 2002. [En línea] [Fecha de acceso: 10 de julio de 2014]; disponible en: <http://catalogo.urosario.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=53268>
13. **Stephoe A, Wardle J.** Locus of control and health behaviour revisited: A multivariate analysis of young adults from 18 countries. Br J Psychol. 2001 Nov; 92(Pt 4):659-72. [En línea] [Fecha de acceso: 9 de julio de 2014]; disponible en: http://www.thepsychologist.org.uk/archive/archive_home.cfm/volumeID_18editionID_129-ArticleID_947-getfile_getPDF/thepsychologist%5C1105Hwar.pdf
14. **Universidad Nacional de Colombia.** Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional de Colombia 2005. Rev. De la Oficina Nacional de Planeación N°11 [En línea] [Fecha de acceso: 17 de Septiembre de 2014]; disponible en: http://www.plandesarrollo.unal.edu.co/Soportes/Revista_de_Indicadores_%20UNAL.pdf
15. **Alberto F, Cabrera , Steven M.** La Nasa. Camino a la Universidad. Tres tareas críticas que enfrentan los estudiantes de menores recursos: El caso de Estados Unidos. [En línea] [Fecha de acceso: 18 de sept. De 2014]; disponible en: <http://www.education.umd.edu/Academics/Faculty/Bios/facData/CHSE/cabrera/caminoalauniversidad.pdf>
16. **Ortega y Gasset.** Los universitarios casados rinden más en los estudios que los solteros. Tendencias Sociales. Revista Electrónica De Ciencia, Tecnología, Sociedad Y Cultura. ISSN 2174-6850. [En línea] [Fecha de acceso: 18 de sept. De 2014]; disponible en: http://www.tendencias21.net/Los-universitarios-casados-rinden-mas-en-los-estudios-que-los-solteros_a1208.html
17. **Ospina-Díaz JM.** Manrique Abril FG. Prácticas y comportamientos sexuales en estudiantes universitarios. Av. enferm 2007; 25 (2):101-111.
18. **Walti-Chanes C.** Inicio de la vida sexual y reproductiva. Papeles de Población: Universidad Autónoma del Estado de México; 2005; 2(11): 45
19. **Jara G.** Sexualidad en alumnos universitarios. Universidad de Chile. Facultad de Medicina. Centro de Medicina Reproductiva y Desarrollo Integral del Adolescente. "CEMERA". Proyecto did. Universidad de Chile; S-9616/1-2. [En línea] [Fecha de acceso: 13 de Mayo De 2014]; disponible en: <http://www.cemera.cl/sogia/pdf/2000/VII1sexualidad.pdf>
20. **Uthman OA.** Geographical variations and contextual effects on age of initiation of sexual intercourse among women in Nigeria: a multilevel and spatial analysis: Int J Health Geogr; 2008; 30; 7:27.
21. **Guerrero-Macia M, García-Jiménez E, Moreno-López A.** Conocimiento de los adolescentes sobre salud sexual en tres institutos de educación secundaria valencianos: Rev Pediatría de Atención Primaria. Julio/septiembre; 2008; 10(39).
22. **González-LI, Miyar PE.** Infertilidad y sexualidad. Rev Cub Salud Publica; 2001; 17(3):294.
23. **González LI.** Sexualidad femenina durante el embarazo. Rev Cub Salud Publica; 2001; 17(5):497-501.
24. **Abreu-Naranjo R.** Adolescencia e inicio precoz de las relaciones sexuales. Algunos factores desencadenantes. Gaceta Médica Espirituana; 2008; 10(8).
25. **Herney A.** Conocimientos y prácticas en salud sexual y reproductiva de adolescentes escolares en un municipio colombiano. Rev salud pública; 2012; 14 (4): 558-569.
26. **Acosta S.** Conductas de salud y factores de riesgo en la salud sexual y reproductiva de una población universitaria NOVA - Publicación Científica EN CIENCIAS BIOMÉDICAS - ISSN:1794-2470 Vol.8 No. 13 / enero - junio DE 2010.p. 1- 120.

Potenciadores en el proceso de remoción biológica de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PHAS)

Enhancers in the biological removing process of polycyclic aromatic hydrocarbons (PHAs)

Estefany Quiceno Pérez.z*, Leonardo Alberto Ríos Osorio†.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son un tipo de contaminantes ambientales, formados a partir de la ignición incompleta de los combustibles fósiles, durante eventos naturales y/o actividades humanas; por tanto están siendo constantemente acumulados en el ambiente. La principal forma de eliminar estos HAP es mediante la biorremediación a partir de la capacidad de microorganismos para degradar compuestos altamente tóxicos y recalcitrantes. Los procesos de biorremediación pueden verse intensificados mediante la implementación de potenciadores, los cuales son sustancias o compuestos que apoyan las técnicas de remediación usadas actualmente mejorando los resultados obtenidos.

OBJETIVO

Describir los potenciadores implementados en la degradación biológica de HAP a partir de la literatura científica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica de los últimos 10 años. La búsqueda se realizó en las bases de datos *Springerlink* y en el metabuscador *ScienceDirect*, se empleó la ruta de búsqueda (*biodegradation AND (Polycyclic Hydrocarbons Aromatic OR PHA) AND enhancer AND soil*).

RESULTADOS

Se obtuvieron 22 artículos para la realización de la revisión sistemática, 15 de *Scienccdirect* y 7 de *Springer*, y se complementaron con 1 tesis de maestría y un artículo de revista no indexada. Se describen los diferentes potenciadores reportados, su naturaleza, usos y porcentajes de potenciación de la acción biorremediadora.

CONCLUSIONES

El uso de nitrógeno y algunos tipos de microorganismos generan un aumento en el efecto bioremediador de los PHAs.

PALABRAS CLAVE

Biodegradación, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Potenciador, suelos.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a type of environmental pollutants formed from the incomplete ignition of fossil fuels, during natural events or human activities; therefore, they are being

constantly accumulated in the environment. The main way to eliminate these PAHs is by bioremediation from the ability of microorganisms to degrade highly toxic and recalcitrant compounds. Bioremediation processes may be intensified by implementing enhancers, which are substances or compounds that support remediation techniques currently used to improve results.

* Microbiología Industrial y Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia † Ph.D. en Sostenibilidad, Profesor - Investigador Grupo de Investigación Salud y Sostenibilidad, Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Contacto: rijany380@gmail.com Recepción: 2-19-2015. Aceptación: 10-23-2015.

OBJECTIVE

To describe enhancers implemented in the biological degradation of PAHs from the scientific literature.

METHODS

A systematic review of the scientific literature of the past 10 years was conducted. The search was realized on the *SpringerLink* database and *ScienceDirect* metasearch, the search path (*biodegradation* AND (*Polycyclic Hydrocarbons Aromatic* OR PHA) AND *enhancer* AND soil) was used.

RESULTS

22 articles to develop the systematic review, 15 of *Scienencedirect* and 7 of *Springerlink* were obtained and were complemented by one master's thesis and one non-indexed journal article. Different enhancers, nature, uses and percentages of enhancement of bioremediation action were described.

CONCLUSIONS

The use of nitrogen and some microorganisms generate an increase in the bioremedial effect of PHAs.

KEYWORDS

Biodegradation, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Enhancer, soil.

INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos de petróleo son un tipo de combustible fósil y peligroso contaminante orgánico, los cuales están presentes de forma natural en el medio ambiente y especialmente en suelos industriales. Su composición química es sumamente compleja y variable, la cual se caracteriza por tener diferentes estructuras de variado peso molecular.¹

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) hacen parte de estos hidrocarburos de petróleo y están compuestos por dos o más anillos de benceno fusionados, son altamente hidrófobos y por tanto, son absorbidos fácilmente en suelos y lodos.² Estos hidrocarburos se forman principalmente durante la quema incompleta de los combustibles fósiles así como por los vertidos de petróleo crudo o refinado, lo que resulta en una contaminación generalizada de la superficie y el subsuelo.³

La contaminación del medio ambiente por HAP

está asociada con la producción industrial y la inadecuada e ilegal eliminación de residuos de materiales que contienen HAP. Sitios contaminados con éstos son también comúnmente asociados a derrames accidentales y fugas de tanques de almacenamiento.³

Los HAP pueden permanecer en el aire durante largos períodos de tiempo absorbidos sobre partículas y pueden ser transportados a grandes distancias antes de que entren en suelo o agua.⁴ Además, también pueden acumularse en la biota. Las plantas absorben del suelo los HAP de bajo peso molecular y lo transportan fácilmente a través de sus tejidos alterando el normal desarrollo de la vegetación.⁴

El destino de los HAP en los suelos y sedimentos está relacionado con su solubilidad, biodisponibilidad, biodegradabilidad, adsorción y desorción.⁵ Por tal motivo, actualmente existen diversas estrategias para la eliminación directa de estos compuestos. Una de ellas es el lavado del suelo empleando disoluciones a base de agua y aditivos químicos, este es un proceso mecánico de separación con un enfoque eficaz y de rápida rehabilitación, siempre que los agentes de extracción sean amigables con el medio ambiente y de bajo costo. En este sentido, los tensoactivos naturales se han utilizado con éxito para solubilizar HAP, además se han empleado como agentes de lavado y como potenciadores de las tasas de degradación debido a la mejora de la biodisponibilidad del contaminante.⁴

Adicionalmente, existen métodos físicos utilizados para recuperar petróleo pesado y sus derivados, pero éstos son costosos y dan lugar a más contaminación del medio ambiente.⁶ Por tanto, el nivel de contaminación ambiental se vuelve más grave mientras la cantidad de hidrocarburos aumenta. Por esto, es importante desarrollar métodos de biorremediación que permitan la depuración de ambientes contaminados con aceites pesados por los microorganismos para hacer frente a este problema crítico.⁶

La biorremediación es una estrategia de limpieza emergente para suelos contaminados con HAP. Este es un proceso influenciado por mecanismos de sorción, adsorción o desorción, que determinan la accesibilidad de los contaminantes orgánicos e inorgánicos a los organismos que están presentes.⁵

Esta estrategia utiliza el potencial metabólico de organismos, principalmente bacterias, para reducir o eliminar riesgos medioambientales por medio de la transformación o degradación de contaminantes orgánicos.¹

La baja solubilidad acuosa y altas propiedades absorbentes de los HAP obstaculizan la biodegradación

de éstos en el suelo. La disponibilidad de un compuesto para la transformación extracelular o la capacidad para ser transportado a través de la membrana para el metabolismo intracelular puede ser el factor más importante que limita la biorremediación.⁷

En las últimas décadas, la liberación de contaminantes al ambiente ha superado los mecanismos naturales de reciclaje y autodepuración de los ecosistemas receptores. Por esta razón, hoy en día existe la necesidad de implementar procesos que aceleren o potencialicen la degradación de estos contaminantes.⁷ En este sentido, la adición de emulsionantes, agentes solubilizantes (incluyendo los sintéticos) y agentes tensoactivos naturales, ha sido considerada para mejorar la disolución de los HAP para su posterior biodegradación.⁸ También estos compuestos se encuentran a menudo, en los suelos deficientes en nutrientes y en materia orgánica por lo que la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados ha sido igualmente evaluada en su capacidad para estimular la actividad microbiana, mediante el aumento de la biodisponibilidad de los contaminantes.⁹

En la literatura se mencionan diversos métodos y formas de potenciar estos procesos de remoción, lo cual hace necesario realizar una revisión sistemática que recopile de manera organizada y sintética la información de estos potenciadores, con el propósito de facilitar el acceso a dicha información a personas que estén trabajando a profundidad con el tema.

El objetivo principal de esta revisión es describir los potenciadores más utilizados en la degradación biológica de HAP de acuerdo con la literatura científica, comprendida entre agosto/2004 y agosto/2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó una revisión sistemática de la literatura científica bajo el método PRISMA, con el fin de responder la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los potenciadores más utilizados en el proceso de remoción biológica de hidrocarburos aromáticos policíclicos según la literatura científica de los últimos 10 años? La búsqueda de artículos se realizó en la base de datos *Springerlink* y en el metabuscador *ScienceDirect*, por especificidad utilizando las palabras obtenidas del descriptor de las ciencias de la salud Desc y por sensibilidad mediante la combinación de los términos “AND” y “OR”, con las cuales se creó la ruta de búsqueda

(*biodegradation* AND (*Polycyclic Hydrocarbons Aromatic* OR *PHA*) AND *enhancer* AND *soil*).

La primera filtración a los artículos elegidos fue una filtración técnica, la cual se realizó sólo en revistas indexadas y definida por varias condiciones de búsqueda referidas al idioma, tiempo y tipo de artículo buscado. Los artículos debían estar escritos en inglés, haber sido publicados en los últimos 10 años y ser artículos originales, la vigencia se delimitó teniendo en cuenta sólo los artículos comprendidos entre agosto de 2004 hasta agosto de 2014, y así evitar fluctuaciones en el número de artículos.

Las citas encontradas fueron importadas al software de gestión de referencias EndNote Web donde se verificó la presencia de artículos repetidos entre las diferentes bases de datos con el fin de eliminar duplicados.

En el estudio se incluyó los artículos que contenían aspectos relacionados con “biodegradación”, “potenciadores” en procesos de remoción y que este proceso de remoción se realizara en “suelos”. Se excluyó aquellos artículos cuyos potenciadores fueran elementos relacionados con biología molecular y degradación química del compuesto y además, los artículos que no indicaran la cuantificación o control del proceso de remoción, los cuales permitirían evaluar el aumento en la biodegradación del HAP con el potenciador.

Los artículos obtenidos en este último filtro fueron complementados, por exhaustividad, con la literatura gris obtenida en el buscador de *google scholar* y referida a tesis de maestría y doctorado, documentos e informes técnicos y artículos científicos publicados en revistas no indexadas, con base en la ruta de búsqueda definida.

RESULTADOS

La implementación del protocolo de búsqueda descrito anteriormente arrojó un total de 91 artículos, 55 del motor de búsqueda *Sciencedirect* y 36 de la base de datos *Springerlink*. Después de la importación de artículos al software de gestión de referencias EndNote, se obtuvo el mismo número de artículos por no haberse encontrado duplicados entre las bases de datos. Posteriormente a esto, se evaluaron los artículos con base en la introducción, metodología y resultados de cada uno. En este paso fueron eliminados 69 artículos por no cumplir con los criterios de inclusión determinados y/o cumplir los criterios de exclusión, quedando un

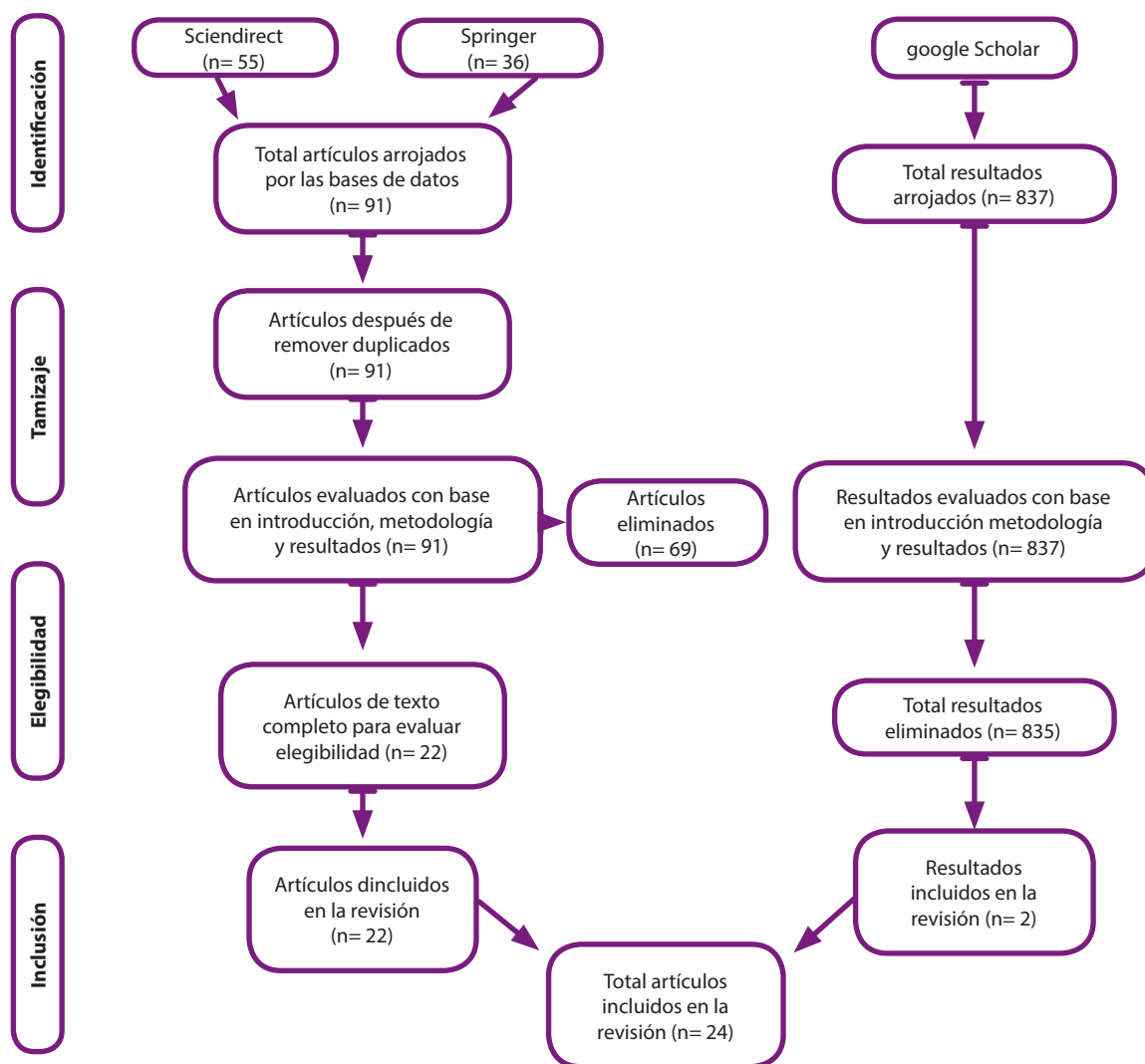


Figura 1. Esquema de la estrategia de búsqueda y resultados obtenidos.

total de 22 artículos para la realización de la revisión sistemática, 15 de *Sciencedirect* y 7 de *Springer* (Figura 1).

Aplicando el criterio de exhaustividad se obtuvieron 837 resultados, los cuales incluían artículos de investigación, tesis de pregrado y tesis de posgrado. Después de aplicar los mismos criterios de inclusión y exclusión se eliminaron un total de 835 resultados, incluyendo en la última etapa de la revisión sistemática 2 trabajos definidos de la siguiente manera: 1 tesis de maestría y 1 artículo científico de revista no indexada (Figura 1).

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por carbono e hidrógeno los cuales dependiendo del tipo de enlace que se forme entre una molécula y otra, son clasificados en hidrocarburos saturados y no saturados.¹⁰ Jiménez (2001)¹¹ afirma que los hidrocarburos aromáticos se encuentran dentro del grupo de los hidrocarburos no saturados, lo que quiere decir que sus estructuras están formadas por dobles o triples enlaces y se subdividen de acuerdo al número de enlaces cíclicos que comprenda su estructura (mono o policíclicos).¹¹

La investigación de estos compuestos no ha sido muy amplia, por lo tanto aunque se sabe que existen cientos de ellos, hoy en día se conoce solo a algunos, los cuales pueden ser detectados fácilmente en el ambiente¹¹ y por tanto representan los principales HAP contaminantes de suelos; entre estos compuestos se encuentran pireno, naftaleno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, benzo [b+j+k] fluoranteno, fluoreno, benzo [a] pireno, benzo [a] antraceno, criseno y el acenaftileno.¹²

Los procesos de biorremediación usados actualmente para contrarrestar el efecto de estos compuestos se clasifican en diferentes técnicas las cuales buscan manipular los factores que influyen sobre su remoción y esto se hace con el fin de crear condiciones favorables que permitan potenciar el proceso de biodegradación. Teniendo esto en cuenta, éstas técnicas son comúnmente conocidas como atenuación natural, bioestimulación y bioaumentación.¹³

La atenuación natural está basada en el aprovechamiento de los fenómenos que ocurren naturalmente en el ambiente, sin intervención humana, para disminuir la concentración de los contaminantes; estos fenómenos permiten la reducción de estos compuestos en prolongados períodos de tiempo, siendo esta su principal desventaja. Entre las acciones involucradas en este método de remediación se encuentran la acción ejercida por los microorganismos presentes en este sitio, la adsorción del contaminante en las partículas, la dilución en cuerpos de agua, la evaporación por acción de la temperatura o la luz solar, entre otros.¹⁴

La técnica de bioestimulación se basa en la adición de oxígeno, nutrientes, sustratos o aditivos con actividad superficial para mejorar las condiciones del medio y estimular el crecimiento y desarrollo de organismos capaces de biodegradar compuestos contaminantes.¹⁵

La técnica de bioaumentación describe la adición de organismos (sea de la misma especie existente en el sitio para aumentar su poblaciones diferentes que se conozca que tienen potencial para degradar el compuesto específico) o enzimas de éstos para acelerar el proceso de degradación.¹⁵ Las bacterias son los microorganismos comúnmente empleados en la bioaumentación por las altas tasas de crecimiento y fácil adaptabilidad a ambientes contaminados, aunque Machin *et al.*, (2010) reportan que hongos como *Penicillium* spp también pueden ser empleados para este fin.²

Los potenciadores son compuestos o sustancias, que son adicionadas al suelo con el fin de mejorar la eficiencia de estas estrategias de remoción (atenuación

natural, bioestimulación y bioaumentación) y pueden clasificarse en diferentes grupos dependiendo de su composición: (1) potenciadores de naturaleza orgánica, este grupo a su vez se subdivide en dos, a) materia orgánica en descomposición, y b) co-sustratos, (2) potenciadores de naturaleza microbiológica y (3) potenciadores de naturaleza química (Tablas 1, 2, 3).

POTENCIADORES DE NATURALEZA ORGÁNICA

MATERIA ORGÁNICA EN DESCOMPOSICIÓN

Kobayashi *et al.* (2009)⁸ indicaron que debido a que el suelo contaminado con HAP es a menudo deficiente de nutrientes y materia orgánica, la aplicación de fertilizantes y compost son factores importantes en la estimulación de la capacidad de los microorganismos para que estos compuestos sean degradados, y refieren hallazgos que evidencian como la adición del compost a base de estiércol mejoró la mineralización de los HAP,⁵ e indican que el abono con estiércol de cerdo, específicamente, aumentó de forma significativa la remoción de pireno de un suelo. Adicionalmente, se sugiere que el lixiviado proveniente del compost puede jugar un papel importante para proporcionar una fuente de carbono y nitrógeno para el crecimiento microbiano.⁸

En la revisión de la literatura se encontraron reportes de algunos potenciadores de materia orgánica en descomposición que son comúnmente usados para mejorar la eficiencia de la biorremediación, entre estos, el estiércol, el cual es empleado en procesos de bioestimulación y bioaumentación^{5,16} respectivamente, el compost de estiércol, empleado en procesos de bioestimulación⁵, el lixiviado proveniente del compost en atenuación natural del contaminante⁸ y los lodos de depuradora en procesos de bioaumentación.¹⁶

Los hidrocarburos aromáticos analizados con estos potenciadores de materia orgánica fueron pireno y fenantreno como HAP comunes en todos los estudios, adicionalmente benzo [a] pireno fue analizado con lixiviado de compost, estiércol y lodos de depuradora y finalmente, fluoranteno, benzo [a] antraceno y benzo [b y k] fluoranteno se midieron con estiércol y lodos de depuradora (Tabla 1).

Pireno tuvo un porcentaje de potenciación muy significativo en la remoción mejorada con lixiviado de compost del 50,5% (Tabla 1).⁸ Además, este valor fue

Tabla 1. Potenciadores de naturaleza orgánica

Tipo		Potenciador	Estrategia	HAP	Porcentaje de Potenciación	Referencia
Potenciadores de naturaleza orgánica	Materia orgánica en descomposición	Lixiviado de compost	Atenuación natural	Pireno	50.5	8
				Fenantreno	11.5	
				Benzo a Pireno	48	
		Estiércol	Bioaumentación (Fitoremediación)	Pireno	36.2	16
				Fenantreno	38.1	
				Benzo a Pireno	37	
				Fluoranteno	40	
				Benzo a Antraceno	46.8	
				Benzo b Fluoranteno	38.4	
				Benzo k Fluoranteno	45.3	
			Bioestimulación (Tween 80)	Pireno	9.3	5
				Fenantreno	10.3	
		Compost de estiércol	Bioestimulación (Tween 80)	Pireno	11.3	5
				Fenantreno	12	
		Lodos de depuradora	Bioaumentación (Fitoremediación)	Pireno	25.8	16
				Fenantreno	28.6	
				Benzo a Pireno	29.6	
				Fluoranteno	32.3	
				Benzo a Antraceno	31.6	
				Benzo b Fluoranteno	30.8	
				Benzo k Fluoranteno	28.6	
	Co-sustratos	Extracto de levadura	Bioestimulación	Acenaftileno	8.35	17
				2-metil naftaleno	48.7	
		Glucosa	Atenuación natural (V2-7)	Pireno	32.8	9
				Naftaleno	51	
				Fenantreno	25.6	
				Fluoranteno	49.8	
			Atenuación natural	Fenantreno	20.6	18
		Aceite de colza	Atenuación natural	Fenantreno	17.4	18
				Antraceno	2.8	
				Pireno	1.7	
				Benzo a pireno	3.1	

hora, 12% con compost de estiércol, 38.1% y 28.6% con estiércol y lodos de depuradora respectivamente.

El estiércol según estos reportes fue siempre un mejor potenciador que los lodos de depuradora, esto es evidenciado por los porcentajes de potenciación observados con cada HAP analizado.¹⁶

el más alto obtenido con los diferentes potenciadores, puesto que con estiércol en el proceso que empleaba la bioaumentación para eliminar el compuesto se obtuvo un 36.2%,¹⁶ con lodos de depuradora 25.8%¹⁶ y finalmente con el compost de estiércol 11.3% de mejora en la remoción del proceso.⁵

Fenantreno obtuvo la más alta potenciación empleando lixiviado de compost, 11.5% en solo una

CO-SUSTRATOS

Las técnicas usadas actualmente encaminadas a la limpieza de suelos, tienen el mismo objetivo principal: la adición de fertilizantes, tensoactivos, oxígeno, inóculos especializados y otros productos comercialmente disponibles con el fin de reducir la densidad aparente de los suelos y facilitar su remediación; sin embargo, la principal forma de potenciar estos procesos ha sido mediante la adición de co-sustratos y material de fácil degradación en el suelo para promover la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el sitio contaminado y acelerar la biorremediación.¹⁹

El extracto de levadura,¹⁷ la glucosa^{9,18} y el aceite de colza¹⁸ fueron los potenciadores que se hallaron reportados en la literatura en la remoción de diferentes HAP, entre los cuales están acenaftileno, 2-metil naftaleno, naftaleno, fluoranteno, pireno, antraceno y benzo [a] pireno (Tabla 1).

Los porcentajes de potenciación con extracto de levadura fueron 8.35% para acenaftileno y 48.7% para 2-metil naftaleno, siendo este resultado muy positivo en la degradación.

Pizzul *et al.*, (2006), evidenciaron que los porcentajes de mejora en la degradación, alcanzados con aceite de colza como potenciador de una atenuación natural de suelos no presenta buenas eficiencias, puesto que el porcentaje más alto con este co-sustrato fue en la remoción de fenantreno (17.4%), seguido por la potenciación de benzo [z] pireno (3.1%) y finalmente, antraceno y pireno con (2.8% y 1.7%), esto indica que este potenciador no es adecuado en estos tratamientos por los bajos niveles de rendimiento.¹⁸

En el estudio donde se empleó la glucosa como potenciador, los porcentajes de mejora no tuvieron diferencias muy significativas entre sí, 25.6% para fenantreno, 32.5% para pireno, 49.8% fluoranteno y 51% para naftaleno. Sin embargo, éstos fueron los porcentajes más altos reportados en la literatura de procesos potenciados con materia orgánica como suplemento.⁹

En este estudio la glucosa fue adicionada al suelo para potenciar la degradación biológica de varios HAP por medio de la técnica de atenuación natural, en este caso, la degradación se llevó a cabo generando las condiciones adecuadas para que el microorganismo *Halomonas eurihalina* exprese el exopolisacárido V2-7, *H. eurihalina* es una bacteria moderadamente halófila capaz de sintetizar grandes cantidades de exopolisacáridos (EPS) bajo diferentes condiciones de cultivo, este EPS finalmente es quien ayuda a la degradación de los HAP.⁹

POTENCIADORES DE NATURALEZA MICROBIOLÓGICA:

Muchos organismos son usados en los procesos de biorremediación para mejorar la eficiencia, en cuanto a la disminución de la concentración de contaminantes, sea por medio de las técnicas de atenuación natural o de bioaumentación.²⁰

El uso de organismos como plantas, hongos, bacterias naturales o modificadas genéticamente es la base de este proceso; debido a que son los encargados de degradar los hidrocarburos, siendo las bacterias las más utilizadas. Entre los géneros de bacterias que presentan la capacidad de realizar biorremediación se encuentran *Bacillus* spp., *Sphingobacterium*, *Acinetobacter*, *Rhodococcus* y *Pseudomonas* spp., entre otras. También existen bacterias hidrocarbonoclasticas las cuales son verdaderas especialistas en degradar hidrocarburos ya que no metabolizan (o lo hacen en menor cantidad) azúcares, ni aminoácidos ni otras fuentes de carbono habituales. Entre estas se destaca *Cycloclasticus* debido a que asimila sólo hidrocarburos aromáticos.²¹

Estos microorganismos son referenciados en la literatura por la capacidad de degradar compuestos contaminantes como los HAP;^{2,18} igualmente se menciona que también puede ser empleado el material genético de éstos; o directamente sus enzimas producidas, conocidas como exopolímeros (Tabla 2).

La implementación de estas sustancias extracelulares (biotensoactivos) ha sido una solución eficiente,

que además ha tenido impactos muy positivos en estos procesos de remediación.²² Por el contrario la introducción de tensoactivos químicos al suelo puede conducir a otros problemas mayores de contaminación, como por ejemplo la formación de subproductos con mayor grado de toxicidad que su parental. Por tanto debe analizarse la toxicidad y los posibles productos de degradación de estos agentes antes de emplearlos como alternativa de remediación.²²

Los biotensoactivos o también llamados biosurfactantes son sustancias producidas biológicamente.²² Muchos microorganismos tienen la capacidad de sintetizar una amplia gama de compuestos de superficie activa, estos pueden clasificarse de acuerdo a sus pesos moleculares (BEL: bajo peso ó BEH: alto peso), propiedades y localizaciones celulares.²⁰ De

esta manera, Pizzul *et al.*, (2006) reportaron el uso de *Rhodococcus* spp. (Tabla 2 y 3) como potenciador de la atenuación natural de suelos contaminados con HAP. Este microorganismo es utilizado por su capacidad de utilizar una amplia gama de fuentes de carbono y por presentar características ventajosas, como la capacidad de producir enzimas extracelulares lo que permite la degradación de HAP.¹⁸

Esta teoría es apoyada por la investigación realizada por Machin *et al.*, (2010),² quienes sugieren la aplicación de un co-cultivo de hongo-bacteria (*Penicillium* sp. y *Serratia marcescens*) a un suelo contaminado con benzo [a] pireno; esto con el fin de mejorar su remoción debido a que este potenciador muestra un importante aumento en la degradación del compuesto (22%). Adicionalmente, Navarro *et al.*, (2008)

Tabla 2. Tipo de potenciadores de naturaleza microbológica.

Tipo	Potenciador	Estrategia	HAP	Porcentaje de Potenciación	Referencia
Potenciadores de naturaleza microbológica	Lavado con glicolípido	Atenuación natural	Fenantreno	9,7	22
	Co-cultivo	Atenuación natural	Benzo a Pireno	22	2
	ADN	Atenuación natural	Pireno	26	23
			Fenantreno	22	
			Antraceno	25	
			Benzo a Pireno	55t	
	Bioemulsionante BEL	Atenuación natural	Pireno	-53,4	20
			Fenantreno	0,6	
			Antraceno	0	
	Bioemulsionante BEH	Atenuación natural	Pireno	-39,9	20
			Fenantreno	0	
			Antraceno	-6,4	
	<i>Rhodococcus</i>	Bioestimulación (Aceite de Colza)	Pireno	0,6	18
			Fenantreno	23,8	
			Antraceno	3,3	
			Benzo a Pireno	-0,2	

muestran la eficiencia de usar ADN de salmón en polvo en la potenciación de la degradación de pireno (26%), fenantreno (22%), antraceno (25%) y principalmente de benzo [a] pireno (55%), siendo este valor el más representativo para este grupo, contrariamente el análisis con el inóculo de *Rhodococcus* spp mostró a una inhibición en la degradación de este último HAP (-0.2%),^{18, 23}

Rhodococcus spp contrariamente a esto, si tuvo un efecto positivo en la mejora de la degradación de fenantreno. Este presentó mayor eficiencia en la potenciación al adicionar al suelo el inóculo de *Rhodococcus* spp. (23.8%), adicionalmente también analizó la potenciación de antraceno (3.3%) y pireno (0.6%) mostrando que esta bioaumentación no afectó positiva ni negativamente la degradación de estos dos HAP.

Franzetti *et al.*, (2009), compararon la eficiencia

potenciada en la remoción, aplicando al suelo bioemulsionantes producidos por *Gordonia* sp de diferentes pesos moleculares, este estudio evaluó la remoción de pireno, fenantreno y antraceno; y según sus reportes, el único efecto relevante en este proceso fue una fuerte inhibición que se presentó con ambos bioemulsionantes (BEL y BEH) en la remoción de pireno, -53.4% con BEL y -39.9% con BEH, evidenciando ser un compuesto inviable para ser empleado en la remoción de este HAP específico²⁰ (Tabla 2).

En la tabla 2 se encuentran reportados los potenciadores de naturaleza microbiológica y además otros microorganismos involucrados en procesos de biorremediación encontrados en la literatura, como es el caso de *Sphingomonas* spp. Este microorganismo fue reportado por Navarro *et al.*, (2008),²³ en el proceso donde el potenciador era lixiviado de compost y *A.*

Tabla 3. Microorganismos asociados a la remoción de HAP según la literatura

Microorganismo	HAP	Referencia
<i>Sphingomonas</i> sp.	Pireno, Fenantreno, Benzo a pireno, Antraceno	8
<i>Bacillus Flavobacterium</i>	Pireno, Fluoranteno, Fenantreno, Benzo a pireno, Benzo a antraceno, Benzo b fluoranteno, Benzo K fluoranteno	16
<i>Gordonia</i> BS29	Fenantreno, Antraceno, Pireno	20
<i>Rhodococcus</i> sp.	Fenantreno, Antraceno, Pireno, Benzo a pireno	18
<i>Halomonas eurihalina</i>	Pireno, Fenantreno, Naftaleno, Fluoranteno	9
<i>Micrococcus leteus</i>	Fenantreno	24
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Naftaleno	24
<i>Bacillus pumilus</i>	Pireno	
<i>Serratia marcescens</i>	Benzo a pireno	2
Coliformes, <i>Streptococcus</i>	Acenaftileno, 2-metilnaftaleno	17
Mesófilos aerobios	Fluoranteno, Fenantreno, Fluoreno, Pireno, Benzo a pireno, Criseno, Antraceno	25
Hongo <i>Irpex lacteus</i>	Antraceno, Fenantreno, Pireno, Fluoranteno	2
<i>Penicillium</i> sp.	Benzo a pireno	2

faecalis reportada por Toledo *et al.* (2006)²⁴ en la remoción de naftaleno empleando xileno como potenciador.

POTENCIADORES DE NATURALEZA QUÍMICA:

Los potenciadores de este grupo actúan generalmente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo en un proceso de biorremediación, aunque compuestos químicos como el nitrógeno es empleado para ayudar a la estimulación y desarrollo de los microorganismos facilitando la remoción del contaminante por técnicas de atenuación natural.²⁶ Este potenciador mostró altos niveles de mejora en el proceso con fenantreno (83.8%)

siendo esto contrario a lo encontrado con pireno y fluoranteno (1% y 0.2% respectivamente) (Tabla 4).

Existen diferentes compuestos químicos como el cocamidopropyl hydroxysultaine (CAS),²⁷ metanol,²⁵ hexadecano¹⁸ y xileno²⁴ que buscan emulsionar contaminantes para facilitar su posterior degradación. Estos compuestos son a menudo reportados en la literatura científica como potenciadores en la remoción biológica de HAP.

El uso de tensoactivos químicos como el CAS, representa un método eficiente para mejorar el acceso de los microorganismos a los compuestos que presentan baja solubilidad acuosa, como los HAP. Sin embargo,

Tabla 4. Tipo de potenciadores de naturaleza química.

Tipo	Potenciador	Estrategia	HAP	Porcentaje de Potenciación	Referencia
Potenciadores de naturaleza química	Xileno	Atenuación natural (Exopolímero)	Pireno	34,5	24
			Fenantreno	59	
			Naftaleno	55,3	
	CAS	Atenuación natural	Benzo (b+j+k) Fluoranteno	62,5	27
			Criseno	61,7	
	Metanol	Bioestimulación (Lodos de depuradora)	Pireno	25,5	25
			Fenantreno	5,9	
			Antraceno	8,4	
			Benzo a Pireno	21,7	
			Fluoranteno	10	
			Criseno	-8,2	
			Fluoreno	8,9	
	Hexadecano	Atenuación natural	Fenantreno	1,2	18
	Nitrógeno	Atenuación natural	Pireno	1	26
			Fenantreno	83,8	
			Antraceno	53,9	
			Fluoranteno	0,2	
	Fenton	Bioestimulación (Tween 80, tergitol y tritón)	Fenantreno	1,8	3
			Pireno	6,5	

la elección de qué tipo de tensoactivo emplear, es el primer paso que debe tenerse en cuenta para garantizar la eficiencia del proceso,²⁰ debido a que muchos de estos compuestos pueden formar subproductos con mayor grado de toxicidad que el anterior. Según lo reportado por Dhenain *et al.*, (2009)²⁷ los surfactantes tienen una cabeza hidrofílica y una cola hidrofóbica, esto hace que un tensoactivo no esté a gusto en solvente polar ni apolar únicamente, sino en ambos a la vez. Esto sólo pasa en la superficie de dos fases, por tanto son muy empleados en la remoción de aceites pesados de cuerpos de agua y sedimentos.²⁰

El metanol es otro de los potenciadores encontrados en la literatura, y según Trably *et al.*, (2006)²⁵ puede mejorar el proceso de bioestimulación con lodos de depuradora. El metanol presentó el porcentaje más alto de potenciación en la degradación de pireno (25.5%), mientras que en la remoción de criseno se evidenció un efecto inhibitorio, dando como resultado un porcentaje de potenciación negativo (-8.2%).²⁵

Toledo *et al.*, (2006) reportaron que la remoción de fenantreno empleando xileno como potenciador mejoró un 59%, naftaleno 55.3% y pireno en menor proporción 34.5%, esta remoción se vio potenciada por el aumento en la producción del exopolímero, el cual es el encargado de la solubilización de los contaminantes.²⁴

En la actualidad, no existen procedimientos definidos en la literatura científica, para seleccionar un tensoactivo definido, el cual pueda emplearse en el tratamiento de un sitio contaminado específico. Las razones de que esto suceda, contempla que las condiciones ambientales, la carga microbiana, los factores físico-químicos y la concentración del contaminante son muy variables de un sitio a otro.²⁰

DISCUSIÓN

La potenciación es una técnica que en la actualidad ha ganado fuerza en los procesos de remoción biológica. El hallazgo inicial de un gran número de artículos sobre este tema apoya esta teoría.⁸

El término con el cual se describe esta técnica ha sido un inconveniente identificado; debido a que puede encontrarse de diferentes maneras para expresar un mismo significado. Potenciación (o también llamado potencialización), hace referencia a aumentar o mejorar las características de algo que ya existe. Por tanto, es una definición simple de las técnicas que se están

buscando implementar en las tecnologías de biorremediación, buscando así que los procesos sean más eficientes, disminuyan los costos de tratamiento, requiera menos tiempo de remoción y sean más amigables con el medio ambiente.¹⁶

Dentro de los aspectos descritos en la potenciación, las técnicas usadas actualmente para la remoción biológica de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) han tenido un gran aporte. La potenciación está dirigida a mejorar las condiciones ambientales y experimentales descritas en cada caso, sea atenuación natural, bioestimulación y/o bioaumentación, siendo esta técnica otra forma de estimular el proceso para obtener mejores resultados en menor tiempo.²⁸

Los estudios de potenciación tienen como objetivo analizar estas diferentes formas de contrarrestar el efecto de un contaminante en el ambiente, a causa de esto, se desprenden las diferentes posibilidades de mejorar el proceso. Es decir, diferentes formas de atenuar un contaminante requiere diferentes formas de mejorarlo. Esto es la base de la potenciación.²⁸

Los co-sustratos también fueron encontrados en la literatura como potenciadores, y estos son sustancias o elementos empleados de forma cotidiana a nivel industrial y en los procesos bioquímicos, que además tienen distintos fines, como por ejemplo, suplemento de cultivos microbianos. Estos co-sustratos se han venido utilizando y explorando en los procesos de potenciación debido a las grandes ventajas que traen sobre los procesos de biorremediación.¹⁸

Por tanto, la mejora del proceso de remoción, puede hacerse mediante la implementación de materia orgánica en descomposición o co-sustratos, como es el caso de los tipos de potenciadores de naturaleza orgánica (Tabla 1), la introducción de microorganismos, material genético o sus enzimas, como los potenciadores de naturaleza microbiológica (Tabla 2) y/o el uso de compuestos químicos como los potenciadores de naturaleza química (Tabla 4).

Zhang *et al.*, (2012) reportan que residuos orgánicos se han considerado para ser una solución eficaz en la remoción de contaminantes persistentes en el suelo. Por un lado, la materia orgánica, desempeña un papel importante en la contribución de nutrientes al suelo ayudando a la mineralización de estos, y por otra parte, los desechos orgánicos siempre son ricos en materia orgánica disuelta (DOM), y la presencia de ésta en la fase acuosa, está involucrada con la disminución de la sorción del HAP y por lo tanto, mejora su movilidad y remoción.¹⁶

Esto es apoyado por los resultados obtenidos en la revisión de la literatura, puesto que en todos los estudios encontrados con diferentes potenciadores de materia orgánica en descomposición, hubo un alto porcentaje de potenciación en la remoción de todos los HAP evaluados, incluso pireno, el cual es considerado uno de los HAP más difíciles de remover por su alto peso molecular, y éste increíblemente obtuvo el mejor porcentaje de potenciación al adicionar lixiviado de compost como potenciador.⁸

El potenciador más comúnmente usado, dentro de los potenciadores orgánicos de materia en descomposición fue el estiércol,^{5,16} los HAP evaluados abarcan pireno, fenantreno, benzo [a] pireno, fluoranteno, benzo [a] antraceno, entre otros. A partir de esto, se determinó que los resultados más significativos están relacionados con la degradación de benzo [a] antraceno, presentando el porcentaje de potenciación más alto encontrado usando estiércol como potenciador; aunque no el más alto del grupo de los potenciadores orgánicos.¹⁶ Analizando todos los porcentajes, el más alto se observó en la degradación de pireno, con lixiviado de compost. Esto sugiere claramente, que este potenciador, tiene una mayor contribución a la disolución de pireno que los otros potenciadores orgánicos, facilitando la degradación del compuesto por *Sphingomonas* spp. Adicionalmente el aporte de nutrientes que pudo contener este lixiviado es otra razón a tener en cuenta.⁸

La glucosa fue el co-sustrato dentro del segundo grupo de potenciadores orgánicos, que presentó mejores resultados, esto lo evidencian los autores Martínez *et al.*, (2007)⁹ y Pizzul *et al.*, (2006)¹⁸ quienes analizaron el efecto de este potenciador en la degradación de diferentes HAP, mostrando que en el mejor de los casos, se obtuvo hasta 51% de potenciación con naftaleno (Tabla 1). Este resultado es muy aceptado, debido a que la glucosa es una fuente de carbono utilizada ampliamente por la mayoría de las bacterias, ayudando a una mayor tasa de reproducción de éstas, y por consiguiente la remoción del contaminante más efectiva.⁹

Dentro de los potenciadores de naturaleza microbológica están contemplados los bioemulsionantes, estos son los más comunes encontrados en la literatura para este grupo. Aunque aun siendo los más usados no mostraron altos porcentajes de potenciación, y por el contrario, en el caso de la degradación de fenantreno y antraceno no mejoró la remoción y particularmente con pireno presentó un alto efec-

to de inhibición (-53.4%), de hecho, el más alto que se encontró,²⁰ evidenciando de esta manera que los bioemulsionantes no son una buena alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con pireno, haciendo necesario la implementación de otros tipos de potenciadores que evidencien mejores resultados como el lixiviado de compost o el estiércol.²⁰ De este grupo de potenciadores microbiológicos el que mostró niveles más altos de potenciación fue el ADN que aunque solo apareció reportado en el estudio de Navarro *et al.*, (2008)²³ evidenció altas tasas de degradación de todos los contaminantes analizados, especialmente en los más difíciles de remover (pireno y benzo [a] pireno), esto indica que el ADN es un excelente potenciador en cuanto a eficiencia, aunque no se encontró muy reportado. Esto puede explicarse debido a que probablemente, desde el punto de vista económico, es un producto inviable por los altos costos que supone emplearlo, el cual según lo reportado por los autores Navarro *et al.*, (2008),²³ es un producto en polvo a base de ADN de salmón, lo cual incrementaría considerablemente los costos de operación.²³

Finalmente, en cuanto a los potenciadores de naturaleza química se encontraron porcentajes muy altos en la mejora del proceso de remoción. Esta es una información que no es inesperada, puesto que éstas eran las medidas que se usaban con mayor frecuencia anteriormente en los tratamientos de remoción.²⁷ Kobayashi (2009) reportó que anteriormente se intentaba mejorar la degradación de HAP empleando surfactantes químicos, pero luego se diezaron cuenta que ciertos de estos compuestos podrían ser tóxicos para los microorganismos y además podrían reducir la biodegradabilidad de los HAP, debido a la formación de micelas que limita el transporte de nutrientes.⁸ En este sentido, los biosurfactantes se comenzaron a utilizar y han mostrado valiosos resultados en cuanto a la solubilización de HAP. Se han empleado tanto como agentes de lavado, como potenciadores de las tasas de degradación de HAP debido a la mejora de la biodisponibilidad del contaminante.⁶

Cuando el surfactante CAS y el nitrógeno fueron los potenciadores empleados se observó altos porcentajes de potenciación, mientras que con hexadecano y fentón no se obtuvieron cambios significativos en los tratamientos.^{3,18} La adición de xileno como potenciador químico aumentó considerablemente la producción del exopolímero y por tanto mejoró la remoción de fenantreno y naftaleno, sin embargo aunque son valores muy altos, no fueron los porcentajes más re-

presentativos del grupo de potenciadores químicos. Mientras que si lo son los valores de CAS (61.7% para criseno) y nitrógeno (83.8% para fenantreno).^{26,27}

En general, teniendo en cuenta todos los tipos de potenciadores encontrados en la literatura, el tratamiento que presentó mejores resultados, fue utilizando nitrógeno como potenciador. Esto se analizó en un proceso de remoción de suelo contaminado con fenantreno, por medio de la técnica atenuación natural, y el potenciador que en definitiva tuvo el efecto de inhibición más alto fue el bioemulsionante de bajo peso molecular frente a la degradación de pireno.²⁰ El uso de microorganismos como degradadores de contaminantes ha sido una alternativa muy eficiente, no solo por el trabajo de atenuación natural que ejercen, sino por el alto potencial que tiene la adición de nuevos microorganismos al sistema, generando principalmente efectos de bioaumentación.¹⁸ Es bien conocido que los microorganismos que crecen en hidrocarburos, con frecuencia producen biopolímeros o bioemulsionantes. Esta propiedad se considera como una estrategia biológica para facilitar la disponibilidad de sustratos hidrófobos, y adicionalmente, con esta producción de exopolímeros se puede estimular el crecimiento de otras bacterias degradantes de HAP y mejorar su capacidad de utilizar estos compuestos como fuente de sustrato y energía. Por tanto muchos trabajos se han centrado en el aislamiento y conservación de estos microorganismos para emplearlos en diferentes sitios contaminados.²⁴

Las cepas que degradan los HAP y que han sido caracterizadas hasta el momento en la literatura, son taxonómicamente muy diversas, y principalmente pertenecen a los géneros *Pseudomonas* spp., *Alcaligenes* spp., *Sphingomonas* spp., *Bacillus* spp. y *Mycobacterium* spp.²⁴ Esto se ve apoyado en los hallazgos de la literatura, debido a que muchos de los microorganismos encontrados en la revisión coinciden con estos, aunque no todos fueron encontrados en los artículos, como es el caso de *Pseudomonas* spp.

Uno de los microorganismos más representativos de la revisión, fue *Halomonas eurihalina*. Esta bacteria es capaz de sintetizar grandes cantidades de exopolisacáridos bajo diferentes condiciones de cultivo, además tiene la propiedad de emulsionar una amplia gama de hidrocarburos. El exopolímero que es producido por varias cepas de esta especie ha mostrado interesantes propiedades, incluyendo su capacidad para aumentar la solubilidad de compuestos hidró-

fobos, lo que lo hace deseado para ser implementado en muchos procesos de remoción.⁹

Los autores Pizzul *et al.*, (2006) evidencian la importancia de la implementación de microorganismos en la remoción de HAP, confirmando la influencia de éstos con el inóculo de *Rhodococcus* spp. en la degradación de fenantreno.¹⁸ Otros microorganismos encontrados en los artículos se referencian en la [tabla 3](#) y además se describen los HAP a los que se encontraron asociados.

Los estudios más comunes de remoción de HAP se dan en cuerpos de aguas y suelos. Los derrames de estos compuestos en agua presentan diferentes técnicas de remoción, las cuales aprovechan la insolubilidad de los aceites, los cuales permanecen sobre la superficie del agua para extraerlos. Excepto cuando la cantidad de éstos es muy alta, aumentando el peso, lo cual genera un desplazamiento del contaminante hacia el sedimento. Mientras que los derrames en suelo generan una contaminación que puede llegar a ser invisible en los primeros años debido a la filtración de éste en el suelo, generando grandes daños a los ecosistemas a largo tiempo.²⁹

Los potenciadores, microorganismos, técnicas de remoción y demás factores ambientales tienen una fuerte influencia en la biorremediación de suelos contaminados con HAP, puesto que la absorción y adsorción de estos compuestos en esta matriz es un tema que requiere muchos estudios debido a la dificultad que presenta la extracción de estas moléculas tan recalcitrantes.^{4,29}

Por tanto, y teniendo en cuenta los posibles efectos que estos contaminantes traen sobre el medio ambiente y la salud humana, se ve reflejada la importancia de realizar este estudio; el cual permite hacer un análisis de los posibles métodos de potenciación de la remoción de HAP en suelos, según los porcentajes obtenidos en previos estudios, reportados en la literatura científica.

Factores como las condiciones experimentales de cada estudio, el tiempo observado del proceso, las metodologías empleadas, las unidades de medida, los métodos de cuantificación de los HAP y las propiedades específicas de cada suelo sobre los que se realizaron los estudios; impiden realizar comparaciones más puntuales entre las eficiencias de cada potenciador, dejando un margen de error que no es posible cubrir sobre los resultados presentados.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta toda la información encontrada y el análisis de la misma se puede concluir que el nitrógeno fue el potenciador reportado en la literatura que presentó mejores resultados en cuanto a aumentar la remoción de HAP, con un efecto de potenciación sobre el fenantreno de 83.8%. Además se evidenció que el uso de microorganismos en procesos de remediación, tiene alta influencia en aumentar la degradación de contaminantes en suelos afectados con HAP proponiendo nuevas alternativas de solución para este problema.

Un hallazgo muy importante encontrado es que existe gran cantidad de literatura científica que describe los procesos de remoción biológica de hidrocarburos de petróleo y sus derivados, y da cuenta del número de sustancias y compuestos que se pueden usar para mejorar, estimular y potenciar los procesos de biorremediación, disminuyendo así los grandes riesgos contra la salud y el medio ambiente que esto representa; este es el caso de los co-sustratos encontrados en la investigación, los cuales según la literatura han demostrado tener el potencial de mejorar dichos procesos. Sin embargo, no se encontraron suficientes investigaciones específicas sobre la remoción de hidrocarburos aromáticos policíclicos, que permitieran generar datos concluyentes sobre cuál es el potenciador que debe usarse en cada caso particular.

Finalmente y ante la problemática cada vez mayor que se evidencia a nivel mundial, con los combustibles fósiles, se ha visto la necesidad y la relevancia de investigar más a fondo sobre la biorremediación y las formas de hacerla más eficiente, explorando alternativas novedosas de potenciación que ofrezcan mejores resultados en este proceso.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Torres K, Zuluaga T.** Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2009.
- Machin D, Morales D, Martínez F, Okoh A, Trejo M.** Benzo[a]pyrene removal by axenic- and co-cultures of some bacterial and fungal strains. *International Biodegradation and Biodegradation* 2010; 64 (7): 538-544.
- Piskonen R, Merja I.** Evaluation of chemical pretreatment of contaminated soil for improved PAH bioremediation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 2004; 65(5): 627-634.
- Ruihong Y.** Bioremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Contaminated Soils in a Roller Baffled Bioreactor. Tesis de maestría. University of Saskatchewan; Saskatoon, Saskatchewan; 2006.
- Cheng K, Wong J.** Combined effect of nonionic surfactant Tween 80 and DOM on the behaviors of PAHs in soil-water system. *Chemosphere* 2006; 62(11): 1907-1916.
- Ruixia H, Anhuai L.** Biodegradation of heavy oils by halophilic bacterium. *Progress in Natural Science* 2009; 19(8): 997-1001.
- Garbisu C, Amézaga I, Alkorta I.** Biorremediación y Ecología. *Ecosistemas* 2002; 3: 1-2.
- Kobayashi T, Murai Y, Tatsumi K, Limura Y.** Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by *Sphingomonas* sp. enhanced by water-extractable organic matter from manure compost. *Science of The Total Environment* 2009; 407(22): 5805-5810.
- Martínez-Checa F, Toledo F, El Mabrouki K, Quesada E, Calvo C.** Characteristics of bioemulsifier V2-7 synthesized in culture media added of hydrocarbons: Chemical composition, emulsifying activity and rheological properties. *Bioresource Technology* 2007; 98: 3130-3135.
- Riser-Roberts E.** Remediation of Petroleum Contaminated Soils: Biological, Physical, and Chemical Processes. Florida: Lewis Publishers; 1998.
- Jiménez BE.** La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada. México: Colegio de ingenieros ambientales de México, A.C., Instituto de Tecnología de la UNAM, FEMISCA; 2001.
- Acuña-Arias F.** Química Orgánica. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia; 2006.
- Organización Marítima Internacional.** Organización Marítima Internacional. Manual sobre la contaminación ocasionada por hidrocarburos. Parte 4: lucha contra los derrames de hidrocarburos. Segunda edición. Londres: OMI; 2005.
- Corona L, Iturbe R.** Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. *Ingeniería. Investigación y Tecnología* 2005; 6(2): 119-126.
- Ortiz E, Núñez R, Fonseca E, Oramas J, Almazán V, Cabranes Y, Miranda A, et al.** Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Revista Contribución a la Educación y la Protección del Medio Ambiente*. (6): 51-60.

16. **Zhang J, Lin X, Liu W, Wang Y, Zeng J, Chen H.** Effect of organic wastes on the plant-microbe remediation for removal of aged PAHs in soils. *J Environ Sci* 2012; 24(8): 1476-1482.
17. **Bertin L, Capodicasa S, Occulti F, Girotti S, Marchetti L, Fava F.** Microbial processes associated to the decontamination and detoxification of a polluted activated sludge during its anaerobic stabilization. *Water Research* 2007; 41(11): 2407-2416.
18. **Pizzul L, Castillo M, Stenström J.** Characterization of selected actinomycetes degrading polycyclic aromatic hydrocarbons in liquid culture and spiked soil. *World J Microbiol Biotechnol* 2006; 22(7): 745-722.
19. **Ferrera R, Rojas N, Poggi H, Alarcón A, Cañizares R.** Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos. *Rev Latinoam Microbiol* 2006; 48(2): 179-187.
20. **Franzetti A, Caredda P, Ruggeri C, La Colla P, Tamburini E, Papacchini M, et al.** Potential applications of surface active compounds by *Gordonia* sp. strain BS29 in soil remediation technologies. *Chemosphere* 2009; 75(6): 801-807.
21. **Roy S, Hens D, Biswas D, Biswas D, Kumar R.** Survey of petroleum-degrading bacteria in coastal waters of Sunderban Biosphere Reserve. *World J Microbiol Biotechnol* 2002; 18(6): 575-581.
22. **Kyung-Hee S, Kyoung-Woong K, Yeonghee A.** Use of biosurfactant to remediate phenanthrene-contaminated soil by the combined solubilization-biodegradation process. *J Hazard Materials* 2006; 137(11): 1831-1837.
23. **Navarro R, Limura Y, Ichikawa H, Tatsumi K.** Treatment of PAHs in contaminated soil by extraction with aqueous DNA followed by biodegradation with a pure culture of *Sphingomonas* sp. *Chemosphere* 2008; 73(9): 1414-1419.
24. **Toledo F, Calvo C, Rodelas B, González-López J.** Selection and identification of bacteria isolated from waste crude oil with polycyclic aromatic hydrocarbons removal capacities. *Systematic and Applied Microbiology* 2006; 29(3): 244-252.
25. **Trably E, Patureau D.** Successful Treatment of Low PAH-Contaminated Sewage Sludge in Aerobic Bioreactors (7 PP). *Environmental Science and Pollution Research* 2006; 13(3): 170-176.
26. **Cajthaml T, Erbanová P, Kollmann A, Novotný Č, Šásek V, Mougin C.** Degradation of PAHs by ligninolytic enzymes of *Irpelex lacteus*. *Folia Microbiologica* 2008; 53(4): 289-294.
27. **Dhenain A, Mercier G, Blais JF, Chartier M.** Combined column and cell flotation process for the treatment of PAH contaminated hazardous wastes produced by an aluminium production plant. *J Hazard Materials* 2009; 165(1-3): 394-407.
28. **Sánchez J, Rodríguez JL.** Biorremediación: Fundamentos y aspectos microbiológicos. *Industria y Minería* 2003; 351: 17-21.
29. **Maroto E, Quesada R.** Procesos de evolución de la descontaminación "in situ" de suelos afectados por hidrocarburos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid; 2003.

Instrucciones para los autores

Comité Editorial

POLÍTICAS EDITORIALES

MISIÓN

Difundir los conocimientos científicos relacionados con la práctica y los procesos de la Microbiología, el Bioanálisis y otras disciplinas afines con las áreas de la salud, la industria, el ambiente y la educación. Mantener una vía de intercambio de conocimientos y experiencias con disciplinas que tengan su centro de acción en la investigación básica y aplicada en Colombia y en otros países.

VISIÓN

La revista científica Hechos Microbiológicos estará clasificada por Colciencias y será indizada en la categoría A1 de Publindex en el mediano plazo; además, será reconocida como una publicación periódica de alta calidad por su contenido y su amplia visibilidad en el medio. Aportará grandes avances a la difusión de la investigación científica que se produce en Colombia y en el exterior.

PÚBLICO OBJETIVO

Esta publicación está dirigida a todos los profesionales quienes tengan interés en la Microbiología Clínica, Ambiental e Industrial, y sus aplicaciones básicas y aplicadas, así como por el Bioanálisis y otras disciplinas del laboratorio. Adicionalmente, esta publicación sirve a los estudiantes de pre y posgrado cuya formación involucre, directa o indirectamente, conceptos de la Microbiología y el Laboratorio en todos sus ámbitos.

FRECUENCIA DE PUBLICACIÓN

Los elementos de la revista serán publicados colectivamente, en versión digital e impresa, como parte de un número con su propia tabla de contenidos, cada seis meses.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO A LA VERSIÓN DIGITAL

De acuerdo con los criterios de *Budapest Open Access Initiative*, la revista Hechos Microbiológicos permite la lectura, impresión, descarga, enlace y reproducción gratuita

de sus contenidos, en su versión digital, siempre que se cite la fuente de manera apropiada.

DECLARACIÓN DEL TRATAMIENTO ÉTICO DE ANIMALES

El cuidado y el uso de animales de experimentación deben cumplir con todas las leyes, directrices y políticas nacionales e internacionales pertinentes de bienestar animal, así como una declaración de dicho cumplimiento, emitida por un Comité de Ética Institucional, con los siguientes criterios:

- a. Los ensayos que incluyan animales como modelo experimental deberán ser aplicables para la salud humana o animal, el beneficio general de la sociedad o el avance de conocimiento fundamental. Si una parte de esa investigación es o no aceptable depende del resultado de un análisis costo-beneficio, la conclusión de dicho análisis debería ser enviada al editor.
- b. Mientras sea posible, se emplearán procesos alternativos que reemplazan el uso de animales, ya sea parcial o completamente, por ejemplo usando modelos matemáticos, simulaciones computacionales y sistemas biológicos *in vitro*. Donde esto no sea posible, se usará el número mínimo de animales (y se reducirá su sufrimiento) compatible con la posibilidad de lograr los objetivos científicos del estudio.
- c. Los animales que se usen para cualquier procedimiento deberían estar cuidadosamente seleccionados para que sean especies apropiadas.
- d. Se tomarán todas las medidas razonables para asegurar el trato humano de animales, para minimizar su incomodidad, sufrimiento o dolor. Los investigadores deberán asumir que los procedimientos que causan sufrimiento y dolor en humanos tienen efectos similares en los animales. Cualquier procedimiento quirúrgico que pudiera causar cualquier leve dolor o molestia deberá realizarse con anestesia apropiada, técnicas asépticas y con buen cuidado postoperatorio. Los procedimientos no deberán

- realizarse en animales no anestesiados o paralizados por agentes químicos como relajantes musculares.
- e. Los animales que sufran dolor severo o crónico o molestias que no puedan ser aliviadas, deberán sacrificarse sin dolor, según las reglas internacionales de eutanasia, similares a las directivas de la Oficina Central en el Reino Unido, o las líneas directivas del *American Veterinary Association Panel* sobre eutanasia. Los procedimientos dolorosos o la eutanasia no deberán efectuarse en presencia de otros animales.
 - f. Las condiciones de vida de animales serán seguras y confortables, estén o no los animales, en ese momento, usándose para un experimento.
 - g. Los cuidados veterinarios para los animales deben estar disponibles en todo momento para que puedan aplicarse oportunamente durante el curso de un experimento.
 - h. Los investigadores y todos los empleados que manipulen y usen animales deben estar apropiadamente capacitados y cualificados, y deben poseer los conocimientos especializados pertinentes para llevar a cabo los procedimientos. La formación debería ser regularmente actualizada.
 - i. Los protocolos implicados en el uso de animales deberían ser objeto de una revisión ética, tanto por parte de instituciones para el uso y cuidado animal, u otras similares, como por científicos apropiadamente capacitados. El método de revisión del protocolo y su resultado debe comunicarse al director de la revista.
 - j. El sexo, especie, raza, procedimientos, analgesia, anestesia, eutanasia, el nivel de dolor y el sufrimiento experimentado, y el número de animales que se utilizaron en cada experimento, debe declararse en el documento o, cuando esto no sea

posible, debe proporcionarse a la revista y estar disponible, previa solicitud.

- k. Se deben utilizar los mismos criterios de valoración para minimizar el sufrimiento que se utilizan en humanos. Estos deben comunicarse por escrito.
- 1. Las excepciones para cualquiera de los principios anteriormente citados que sean necesarias y la naturaleza de los cambios, debe estar sujeta a la revisión ética.

NORMAS DE PRESENTACIÓN

ASPECTOS TÉCNICOS

El texto debe escribirse en fuente Arial, tamaño 12 puntos, interlineado 1,5 en formato carta. Las páginas deben numerarse consecutivamente en la esquina inferior derecha.

INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Las siguientes características de formato y presentación deben aplicarse al manuscrito antes de enviarlo. El no cumplimiento de éstas puede significar el rechazo del artículo:

- 1. Los trabajos deben ser inéditos y no estar, al momento del envío, en proceso de evaluación en otra revista, ni estar aceptados para su publicación.
- 2. La extensión y número de figuras y tablas máximo permitidos se detallan en la [Tabla 1](#).
- 3. Para la redacción de los trabajos, los autores pueden utilizar como guía los *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals*, elaborados por el *International Committee of Medical Journal Editors*

Tabla 1. Extensión y número de figuras, tablas y referencias bibliográficas máximos, según el tipo de artículo.

Tipo	Extensión (pág. en MS Word®)	Figuras (máximo)	Tablas (máximo)	Referencias (máximo)
Artículo de investigación original	20	6	3	60
Artículo de revisión	20	6	3	100
Reporte de casos	15	3	2	50
Artículo de reflexión	15	3	2	50
Comunicación breve	10	3	2	30
Artículo de historia	20	3	2	50
Imágenes en Microbiología	5	6	0	10
Cartas al editor	5	0	0	10

-ICMJE-, mejor conocido como el Grupo de Vancouver. Disponible, su última versión, en: http://www.icmje.org/urm_main.html

4. Los trabajos que se envíen a la revista Hechos Microbiológicos para su publicación, podrán remitirse en español, portugués o inglés.
5. Los autores pueden sugerir la sección que consideren más apropiada para valorar su artículo, aunque el Comité Editorial no asume el compromiso de atender dicha sugerencia.
6. El artículo debe constar, básicamente, de tres partes: La primera parte empezará con el título del trabajo, nombres y apellidos de cada autor, nombre(s) del(las) institución(s) donde realizó el trabajo, agradecimientos, ayudas o fuentes de financiación total o parcial, conflicto de intereses (o su inexistencia), resumen estructurado y palabras claves. La segunda parte contendrá el cuerpo del artículo, que se dividirá en apartados, de acuerdo con la siguiente estructura:

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Documento que presenta, en detalle, los resultados de una investigación. La estructura debe contener:

- a. Introducción
- b. Objetivos
- c. Materiales y métodos
- d. Resultados
- e. Discusión
- f. Conclusiones

ARTÍCULOS DE REVISIÓN Y REVISIONES SISTEMÁTICAS

Corresponde a una publicación, producto de una investigación bibliográfica extensa y suficiente, acerca de un tema específico de interés para el público objetivo de la revista. Si la revisión se desarrolló con metodología sistemática, podrá seguirse la metodología IMRYD (introducción, metodología, resultados y discusión).

COMUNICACIÓN BREVE

Tienen como objetivo publicar datos de interés sobre un estudio limitado o de un informe de progreso de una investigación científica o tecnológica en desarrollo. Pueden contener los resultados preliminares de una investigación sobre un tema de impacto o actualidad.

- a. Introducción
- b. Objetivos
- c. Materiales y métodos
- d. Resultados

- e. Discusión
- f. Conclusiones

PRESENTACIÓN DE CASOS

Un caso o serie de casos de especial interés, por su baja ocurrencia o por las particularidades del mismo. Idealmente, debe incluir una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

- a. Introducción
- b. Objetivos
- c. Descripción del caso o serie de casos
- d. Discusión
- e. Conclusiones

ARTÍCULOS DE REFLEXIÓN

Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales. Esta sección, además de los datos generales (nombre del artículo, nombre del autor, formación académica y filiación institucional), no tiene una estructura rígida, los subtítulos serán escritos a criterio del autor.

ARTÍCULOS DE HISTORIA

En esta sección se publica un breve escrito, por número, donde se destaca algún acontecimiento importante en alguna de las áreas de influencia de la revista. No tiene una estructura rígida de presentación; sin embargo, el director de la revista se reserva el derecho a editar su contenido en acuerdo con el autor.

CARTAS AL EDITOR

En esta sección se aceptan escritos con posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que, a juicio del Comité Editorial, constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia. No debe seguir una estructura rígida, pero debe incluir los datos exactos al cual se refiere quien redacta la carta. Además de sus datos personales, con la formación académica y su filiación institucional.

IMÁGENES EN MICROBIOLOGÍA

Se publicará, en esta sección, imágenes con características de especial interés para el lector. Las imágenes se obtendrán por encargo del Comité Editorial o por selección entre las que se envíen a la revista.

En la tercera parte del artículo se incluirán las tablas, cada una de ellas en una hoja aparte o separada por un

salto de página. Cada tabla irá encabezada por su título y finalizará con su pie correspondiente (si existe). Las figuras siempre se presentarán aparte, cada una en un archivo. Las leyendas de las figuras deberán ir al final del texto, después de las referencias.

ESTRUCTURA DEL TEXTO

RESUMEN

Debe tener una extensión de no más de 250 palabras, y estructurarse de acuerdo con el esquema propuesto para cada sección de la revista (introducción, objetivo, materiales y métodos, resultados y conclusiones).

Nota: debe adjuntarse, además del resumen en el idioma original, un resumen en inglés. Cuando el idioma original sea el inglés o el portugués, entonces el resumen alternativo será, necesariamente, en español.

PALABRAS CLAVES

Se incluirán por lo menos seis palabras claves que deben permitir la clasificación e identificación de los contenidos del manuscrito. Se utilizarán preferentemente los términos incluidos en la lista del *Medical Subject Headline de Index Medicus* (<http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>) o en los descriptores de las ciencias de la salud (<http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm>).

DESARROLLO DEL ARTÍCULO

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

Debe exponer los antecedentes y el objetivo del trabajo, así como resumir las razones que han motivado su realización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debe describir claramente los criterios de selección del material del estudio, pacientes y diseño del mismo. Deben señalarse claramente los métodos de análisis estadístico, así como el poder y los grados de significación.

DESCRIPCIÓN DE UN CASO O SERIE DE CASOS (CUANDO APLIQUE)

Deberán describirse detalladamente los aspectos clínicos y paraclínicos de cada caso. Las referencias a fármacos deben realizarse con los nombres genéricos. Las unidades de parámetros paraclínicos y de laboratorio deben ajustarse a las normas del Sistema Internacional de Unidades.

RESULTADOS

Deben describirse, únicamente, los datos más relevantes y no repetirlos en el texto si ya se han mostrado mediante tablas o figuras.

DISCUSIÓN

No deben aparecer datos que no se hayan descrito en los resultados. Se considera de especial interés la discusión con estudios comparables publicados.

CONCLUSIONES

Se refiere, básicamente, a una serie de anotaciones de los autores, acerca del aporte que hace el artículo al conocimiento científico.

BIBLIOGRAFÍA

Se recomienda la citación de trabajos publicados en los últimos seis años. Artículos anteriores pueden citarse en caso de que no existan artículos más actualizados o que el artículo en cuestión tenga una gran importancia histórica o académica para el desarrollo del escrito.

Las referencias se identificarán en el texto mediante números arábigos en superíndice, alineados con la escritura; por ejemplo, X^{1,3-5}. Se enumerarán correlativamente por orden de aparición en el texto y se describirán en la hoja correspondiente según el formato de referencia adoptado por el *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals* (<http://www.icmje.org>).

El año de publicación se situará inmediatamente después del título abreviado de la revista. Si una referencia se halla pendiente de publicación deberá describirse como *in press* o *próximo a publicarse*; es responsabilidad de los autores la veracidad de ésta. Los títulos de las revistas se abreviarán según las recomendaciones de la *List of Journals Indexed in Index Medicus* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>).

Ejemplos de referencias bibliográficas se ofrecen al final de esta sección. El número máximo de citas bibliográficas por tipo de artículo, se indica en la [Tabla 1](#).

TABLAS

Se presentarán en formato de texto, nunca como una figura incrustada en el documento. Cada tabla o conjunto de tablas se presentará(n) separadamente en un archivo independiente en formato Word o Excel, indicando claramente su numeración (en números arábigos), correlativa según la aparición en el texto. El pie de tabla detallará el significado de las abreviaturas que aparezcan en ella, así como las llamadas, señaladas correlativamente con una letra en superíndice (p. ej., ^a, ^b). Si el autor propone una tabla obtenida de otra publicación debe citar la

fuente de la misma en el lugar que corresponde al final del artículo, y al pie de la tabla, escribir: “tomado de: ^{4*}” o “tomado y modificado de: ^{4*}”, según sea el caso.

FIGURAS

Para las fotografías (digitalizadas) los mejores formatos son TIFF o JPEG, el autor debe garantizar una buena resolución para el proceso de impresión. Independientemente del programa con que se hayan elaborado, las figuras (especialmente gráficos) deben permitir su posterior tratamiento y manipulación informática por parte de la editorial, por lo que nunca deberán incrustarse en un documento sin el vínculo con el programa que las ha creado. Cada figura se presentará separadamente en un archivo independiente.

Todas las figuras deben estar, en lo posible, en color, su publicación con este atributo es a criterio del comité editorial. Las letras, números y símbolos que aparezcan en las figuras deben ser claros y uniformes, y de tamaño suficiente para que la reducción de la figura no conlleve su ilegibilidad. Las figuras se enumerarán correlativamente en cifras arábigas según la aparición en el texto. La(s) leyenda(s) de la(s) figura(s) se incluirán en el texto del manuscrito al final de las referencias, nunca formando parte de la misma figura.

ABREVIATURAS

Deben usarse solamente abreviaturas estándares, ya que el uso de abreviaturas que no cumplan este requisito puede resultar confuso para el lector. Debe evitarse el uso de abreviaturas en el título del trabajo y minimizar al máximo su aparición en el resumen.

Las abreviaturas utilizadas por el autor deben definirse y describirse en el texto la primera vez que se mencionen.

EJEMPLOS DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ejemplos de referencias bibliográficas, según *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals*.

ARTÍCULO DE REVISTA

Autor(es). Título del artículo. Abreviatura internacional de la revista. Año mes día; volumen(número): página inicial-final del artículo.

Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *N Engl J Med*. 2002 Jul 25; 347(4): 284-7.

Si los autores son más de seis, se mencionan los seis primeros seguidos de la abreviatura *et al*.

ORGANIZACIÓN O EQUIPO COMO AUTOR

Nombre de la organización o equipo. Título del artículo. Abreviatura internacional de la revista. Año; volumen(número): página inicial-final del artículo.

Diabetes Prevention Program Research Group. Hypertension, insulin, and proinsulin in participants with impaired glucose tolerance. *Hypertension*. 2002; 40(5): 679-86.

LIBRO

Autor(es). Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año.

Ríos L, Mesa A. Introducción al pensamiento científico en Microbiología. 1ª ed. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2009.

CAPÍTULO DE LIBRO

Autor(es) del capítulo. Título del capítulo. En: Director/Coordinador/Editor del libro. Título del libro. Edición. Lugar de publicación: Editorial; año. Página inicial-final del capítulo.

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. *The genetic basis of human cancer*. New York: McGraw-Hill; 2002. p. 93-113.

PÁGINA EN LA INTERNET

Autor(es). Título [Internet]. Lugar de publicación: Editor; Fecha de publicación [fecha de actualización; fecha de acceso]. Disponible en: dirección electrónica.

Cancer-Pain.org [Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2008 May 16; cited 2008 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org>

CÓMO ENVIAR UN ARTÍCULO A LA REVISTA HECHOS MICROBIOLÓGICOS

Para el envío de los artículos a La revista Hechos Microbiológicos, puede enviar los archivos al correo electrónico: revistahechosmicrobiologicos@udea.edu.co

PROCESO DE EVALUACIÓN POR PARES ACADÉMICOS

La revista Hechos Microbiológicos acepta artículos científicos en español, inglés o portugués, relacionados con

la práctica y los procesos de la Microbiología, el Bioanálisis y otras disciplinas afines con las áreas de la salud, la industria, el ambiente y la educación.

Los artículos enviados a la revista se someten a un proceso de evaluación, como sigue:

EVALUACIÓN EDITORIAL

Se realiza, inicialmente, un proceso de evaluación interna (o editorial). El Editor podrá rechazar un artículo sin someterlo a revisión por pares en los siguientes casos:

- a. Otro artículo similar se publicó recientemente en la revista Hechos Microbiológicos.
- b. La temática está fuera del alcance de las políticas editoriales de la revista.
- c. El artículo no aporta información sustancial al público objetivo de la revista.
- d. Hay carencias notables en la validez científica.
- e. El equipo de autores no adaptó su trabajo a las normas de presentación.

ELECCIÓN DE LOS PARES ACADÉMICOS

Si el artículo supera la evaluación editorial, el Editor identificará a potenciales pares académicos (idealmente dos, al menos uno) para evaluar el artículo.

Aunque los miembros del Equipo Editorial pueden participar como evaluadores, idealmente asignarán pares académicos por recomendación de los miembros de los comités o mediante búsquedas bibliográficas, que pueden hacerse, incluso, desde la propia bibliografía del artículo enviado para evaluación.

RECOMENDACIÓN DEL PAR ACADÉMICO

El par académico dispondrá de un formato estándar para evaluar el artículo, el cual tiene tres partes: *la primera*, que investiga sobre las características del artículo y la congruencia del mismo; *la segunda*, que permite redactar observaciones abiertas; y *la tercera*, donde el par académico señala su recomendación en alguno de los siguientes términos:

- a. Aceptar sin modificaciones.
- b. Aceptar con modificaciones menores que puede realizar el Editor de la revista; por ejemplo, erro-

res de ortografía o tipografía, y errores mínimos de redacción.

- c. Devolver el artículo a los autores para correcciones mayores, con la posibilidad de someterlo nuevamente a evaluación. En este caso, se le envía al autor un listado de recomendaciones de los pares.
- d. Rechazar definitivamente el artículo, sin la posibilidad de reconsiderar la decisión. En este caso, no se le envían recomendaciones al autor, ya que los artículos calificados así, corresponden, generalmente, a escritos con problemas mayores de validez científica.

DECISIÓN DEL EQUIPO EDITORIAL

Cuando por la especificidad del tema sólo se logró convocar un par académico, la recomendación de éste será determinante para la aceptación o el rechazo del artículo.

En caso de que existan dos pares académicos para un artículo, se realizará el proceso en que ambos estén de acuerdo. No obstante, si existe alguna diferencia entre los conceptos de los pares, se buscará un tercer evaluador que dirima el asunto.

La revista Hechos Microbiológicos intentará que los pares académicos no se conozcan entre sí. Además, vigilará que el documento que se envíe para evaluación no tenga los datos personales de los autores.

Esto favorece la objetividad en la recomendación del evaluador.

Una vez el Editor tiene los elementos necesarios para tomar la decisión, establece un juicio resolutivo apoyado en el Comité Editorial, cuando así se requiera, y les comunica a los autores la decisión editorial.

TIEMPO PARA LA DECISIÓN

A partir del momento en el cual el artículo se somete para evaluación, la respuesta sobre su aceptación o rechazo nunca será superior a tres (3) meses, a menos que la especificidad del tema del artículo dificulte la consecución de un par académico pertinente. En este último caso, el autor será informado por escrito.

ORDEN DE PUBLICACIÓN

Los artículos aceptados se incluyen en una lista de espera y se publican en orden estricto, en cada número.

Instructions for Authors

Editorial Board

EDITORIAL POLICY

MISSION

Disseminate scientific knowledge about practices and processes in Microbiology, Bioanalysis and other disciplines related with health, industry, environmental and education areas. Support knowledge and experience exchange between disciplines whose scope covers basic and applied research in Colombia and other countries.

VISION

The scientific journal *Hechos Microbiológicos* will be classified by Colciencias and indexed under Publindex category A1 in the medium term. In addition, it will be acknowledged as a highly reliable periodic publication due to its contents and relevance in the field. This journal will assist in the dissemination of advances in scientific research carried out in Colombia and abroad.

TARGET AUDIENCE

This publication is aimed at all professionals interested in Clinical, Environmental and Industrial Microbiology, together with their applications, as well as Bioanalysis and other laboratory disciplines. In addition, this publication is also a tool for undergraduate and postgraduate students whose studies involve, directly or indirectly, concepts related with Microbiology and Laboratory in all their fields of competence.

PUBLICATION FREQUENCY

Journal sections will be published collectively in their print and digital version, as part of an issue with its own Table of Contents, every six months.

OPEN ACCESS POLICY TO DIGITAL VERSION

In accordance with *Budapest Open Access Initiative criteria*, *Hechos Microbiológicos* authorizes reading, printing, downloading, sharing and reproduction of the contents included in its digital version, as long as the source is adequately referenced.

STATEMENT OF ETHICAL ANIMAL TREATMENT GUIDELINES

Care and management of experimental animals should comply with all regulations, guidelines and national and international policies related with animal welfare, as well as with an statement emitted by an Institutional Ethics Committee, containing the following criteria:

- a. Animal trials in the experimental model must be aimed at improving human or animal health, common benefit of society and advance of fundamental knowledge. Approval to perform certain part of a research depends of the results of a cost-benefit analysis, whose conclusion should be sent to the Editor.
- b. As far as possible, alternative processes to the use of animals, such as mathematical models, computer simulations or biological systems *in vitro* will be employed, whether in part or completely. In cases where these are not practicable, the minimum number of animals necessary to reach the objectives of the study will be employed, while all efforts to reduce their suffering will also be made.
- c. Animals employed for any procedure must be carefully selected to ensure their belonging to the appropriate species.
- d. All possible measures to ensure animal welfare and reduction of suffering, pain or discomfort will be implemented. Researchers must be aware that any kind of procedure that inflicts pain and suffering on humans will also do so in animals. Any procedure that could cause even mild discomfort should be performed under anesthesia, aseptic measures and adequate postoperative care. Procedures must not be carried out in animals without anesthesia or paralyzed by chemical agents such as muscle relaxants.
- e. Animals in severe or chronic pain that cannot be relieved must be put to sleep painlessly, according to international provision regarding euthanasia, such as the United Kingdom Central Office or the American Veterinary Association Panel on Euthanasia guidelines. Other animals must not be present while painful procedures or euthanasia is being performed.

- f. Animal life conditions will be safe and comfortable at all times, whether or not animals are being used for an experiment at a certain moment.
- g. Veterinary care must be available at all times in such a way it can be provided in the course of the experiment.
- h. Only properly qualified and trained staff, who possess relevant specialized knowledge to carry out the different procedures, must be in charge of use and manipulation of animals. Qualifications should be regularly updated.
- i. Protocols for the use of animals should be subject to ethical revision, both by animal use and care institutions -or likewise- and by properly trained scientists. Both protocol revision methods and its result must be communicated to the director of the journal.
- j. Gender, species, breed, procedures, analgesia, anesthesia, euthanasia, pain and suffering level and the number of animals used in each experiment must be submitted and available to the manuscript upon request.
- k. Same evaluation criteria employed to minimize human suffering must be employed and communicated by written means.
- l. Any necessary exception to the criteria above, as well as the justification for it must be subject to ethical revision.

SUBMISSION GUIDELINES

FORMAT ASPECTS

Articles should be written using Arial Font size 12 pt, 1.5 line spacing, and letter size pages. Page numbers should be located in the bottom right corner.

ARTICLE SUBMISSION INSTRUCTIONS

The manuscript should include the following presentation and format requirements before its submission. Lack of any of these characteristics may mean article rejection:

1. All articles should be unpublished and should not be under process of evaluation or accepted for publication in other journal.
2. Extension and maximum number of figures and tables allowed are detailed in Table 1.
3. For article writing, authors may use the *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals*, established by the *International Committee of Medical Journal Editors* -ICMJE-, also known as the Vancouver Group, available in its latest version at http://www.icmje.org/urm_main.html
4. Articles submitted may be written in Spanish, English or Portuguese.
5. Authors may suggest the section they consider adequate to their article. However, the Editorial Board does not commit itself to attend such recommendation.
6. The article should basically comprise **three parts**: The **first part** should contain the title of the article, name and last name of each one of the authors, name(s) of the institution(s) where research or investigation was carried out, acknowledgements, support or sources involved in the total or partial financing of the research, conflict of interest - or its absence -, abstract and keywords. The **second part** should contain the body of the article, which will be distributed in the following sections:

ORIGINAL RESEARCH ARTICLES

Document containing detailed research results. It should be arranged as follows:

Table 1. Maximum extension and number of figures, tables and bibliographic references, according to article type.

Type	Extension (MS Word® pages)	Figures (maximum)	Tables (maximum)	References (maximum)
Original Research Article	20	6	3	60
Review Article	20	6	3	100
Case Report	15	3	2	50
Reflection Article	15	3	2	50
Short Communication	10	3	2	30
History Article	20	3	2	50
Images in Microbiology	5	6	0	10
Letters to the Editor	5	0	0	10

- a. Introduction
- b. Objectives
- c. Materials and Methods
- d. Results
- e. Discussion
- f. Conclusions

REVIEW ARTICLES AND SYSTEMATIC REVIEWS

These are publications originated in an extensive and significant bibliographic revision about a specific topic of interest for the target audience. If the review is carried out using a systematic methodology, the IMRD (introduction, methodology, results and discussion) methodology may be employed.

SHORT COMMUNICATIONS

Their aim is to publish relevant data about a limited study or a report on scientific or technical research under progress. It may contain preliminary research results about a topic of current importance and relevance.

- a. Introduction
- b. Objectives
- c. Materials and Methods
- d. Results
- e. Discussion
- f. Conclusions

CASE REPORTS

These include a case or case series of particular interest due to its scarce occurrence or singularities. Ideally, include a commented systematic review of the literature on similar cases.

- a. Introduction
- b. Objectives
- c. Description of the case or case series
- d. Discussion
- e. Conclusions

REFLECTION ARTICLES

Documents presenting research results from the author's analytical, interpretative or critical perspective on a specific topic, based on original sources. These need not be prepared in accordance to any standard presentation guidelines and the subtitles are left to author's criteria. However, general data (name of the article, name of the author, academic background and institutional affiliation) must be included in all cases.

HISTORY ARTICLES

This section contains a brief written piece, per issue, where some major event in any of the interest areas of the journal is highlighted. Articles need not be prepared following any standard presentation guidelines. However, the director reserves the right to edit the content as agreed with the author.

LETTERS TO THE EDITOR

This section contains critical, analytic or interpretative articles on the documents published in the magazine, which from the perspective of the Editorial Board, are considered of relevance to the discussion of the topic by the referenced scientific community. There are not standard presentation guidelines, but should include exact reference to the article or topic appointed. In addition, the letter should also include personal details, including academic background and institutional affiliation.

IMAGES IN MICROBIOLOGY

This section contains images with features of special interest for the reader. Images will be obtained upon request by the Editorial Board or by selection among the ones sent to the journal.

The third part of the article will include tables, each located on a separate sheet or after a page break. Corresponding headers and footers -if any- should be included. The figure caption should be located at the end of the document, after the references.

TEXT ARRANGEMENT

ABSTRACT

It may not exceed 250 words and should be structured in accordance to the organization proposed for each section of the journal (introduction, objective, materials and methods, results and conclusions).

Note: An English version should be forwarded together with the abstract in its original language. When the original language is English or Portuguese, the additional version must be written in Spanish.

KEYWORDS

At least six keywords to enable manuscripts content classification and identification should be included. Terms included in the *Medical Subject Headings of Index Medicus* (<http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>) or in

the *Health Sciences Descriptors* (<http://decs.bvs.br/E/homepage.htm>) should be used in preference.

ARTICLE PREPARATION

INTRODUCTION AND MAIN OBJECTIVE

Presents previous research on the topic and the objective of the work referred in the article, as well as a summary of the motivation that originated its achievement.

MATERIALS AND METHODS

All criteria related to selection of material, patients and design of study should be clearly described. All statistical analysis methods, as well as power and significance levels should also be referred.

CASE OR CASE SERIES DESCRIPTION (AS APPLICABLE)

Clinical and paraclinical aspects of each case should be described in detail. Drugs should be referenced using their generic names. Units of paraclinical and laboratory parameters should be stated in accordance to the International Unit System.

RESULTS

Only the most relevant data should be described and repetition should be avoided if information has already been shown in tables or figures.

DISCUSSION

All data must have been described in the results. Discussion regarding comparable published studies is considered of special interest.

CONCLUSIONS

Basically, consist of a series of remarks, by the author, about the contribution the article makes to scientific knowledge.

REFERENCES

Citation of works published within a period of six years before current date is recommended. Articles published previously to such time period may be referred in on the grounds of historic and academic importance for the elaboration of the manuscript or lack of more recent articles.

References will be numbered in correspondence with their order of appearance in the text, as a superscript, in Arabic numbers, aligned with writing (e.g. X^{1, 3-5}). These will be described in the corresponding page in accordance to the format for references adopted by the *Uniform*

Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals (<http://www.icmje.org>).

The year of publication should appear next to the journal short title. If publication of a reference is still pending should be described as *in press* or *forthcoming publication*; verification of authenticity lies with the author. Journal titles will be abbreviated in accordance to the recommendation of the *List of Journals Indexed in Index Medicus* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>).

Examples of bibliographic references can be found at the end of this section. The maximum number of citations allowed for each type of article is indicated in Table 1.

TABLES

These should be presented in text format, never inserted in the document. Each table or group of tables(n) should be submitted in a separate Word or Excel file, numbered in correspondence with their order of appearance in the text. The meaning of the abbreviations in the table, as well as their marks, presented as a superscript, in alphabetical characters, also correlative to their order of appearance in the text (e.g. ^a, ^b), should be located in the table footer. In cases where the author uses a table from another publication, such source must be referred at the end of the article in the corresponding section, and *taken from: n* or *taken and modified from: n* should be written in the footer, accordingly.

FIGURES

For photographs (digitized), TIFF or JPEG are the best format choices. The author should also ensure adequate image resolution for printing process. Regardless of the program used for its elaboration, all figures -particularly graphs- should allow the editors its later computer processing and manipulation, which is why these should never be inserted in a document without the link to the program employed for its creation. Each figure should be submitted in a separate file.

As possible, all figures should be in color, although the publication of such feature is left to the criteria of the Editorial Board. Letters, numbers and symbols in the figures should be clear and uniform, sufficiently large to avoid illegibility caused by image reduction. Figures should be numbered in correspondence with their order of appearance in the text, with Arabic numbers. The figure(s) caption(s) should never be inserted as part of the image and should be included in the manuscript at the end of the references.

ABBREVIATIONS

Only standard abbreviations should be used, since the use of expressions that do not comply with such requirement could lead to confusion in the reader. Abbreviations should be avoided in the title of the article and minimized as much as possible in the abstract.

Abbreviations employed by the author should be defined and described in the text after its first mention.

REFERENCE EXAMPLE

Sample bibliographic references, in accordance with *Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals*:

JOURNAL ARTICLE

Author(s). Title of the Article. International journal short title. Year Month Day; volume (issue): first page-final page of the article.

Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *N Engl J Med*. 2002 Jul 25; 347(4): 284-7.

If authors are more than six, only the first six are mentioned followed by the abbreviation *et al*.

TEAM OR ORGANIZATION AS AUTHOR

Name of the team or organization. Title of the Article. International journal short title. Year; volumen (issue): first page-final page of the article.

Diabetes Prevention Program Research Group. Hypertension, insulin, and proinsulin in participants with impaired glucose tolerance. *Hypertension*. 2002; 40(5): 679-86.

Book

Author(s). Title of the book. Issue. Publishing place: Publishing house; year.

Ríos L, Mesa A. Introducción al pensamiento científico en Microbiología. 1ª ed. Medellín: Corporación para Investigaciones Biológicas; 2009.

CHAPTER IN A BOOK

Author (s) of the chapter. Title of the chapter. In: Book Director/Coordinator/Editor. Title of the book. Issue. Publishing place: Publishing house; year. first page-final page of the chapter.

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. *The genetic basis of human cancer*. New York: McGraw-Hill; 2002. p. 93-113.

ARTICLE ON WEB

Author(s). Title [Internet]. Publishing place: Publisher; Publishing date [update date; access date]. Available in: web link

Cancer-Pain.org [Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2008 May 16; cited 2008 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org>

SENDING THE MANUSCRIPT TO THE JOURNAL

You may send your articles to *Hechos Microbiológicos* journal by e-mail to: revistahechosmicrobiologicos@udea.edu.co

PEER REVIEW PROCESS

Hechos Microbiológicos journal accepts scientific articles in Spanish, English or Portuguese which are related with practices and processes in Microbiology, Bioanalysis and other disciplines related with health, industry, environmental and education areas.

Articles submitted are evaluated as follows:

EDITORIAL EVALUATION

Initially, an internal process of evaluation (or editorial) is carried out. The Editor may reject an article without forwarding it to peer reviewers in one of the following cases:

- a. A similar article was recently published in *Hechos Microbiológicos* journal.
- b. The topic is not included in the editorial policy of the journal.
- c. The article does not represent a significant contribution to the target audience.
- d. There is remarkable lack of scientific validity.
- e. The work does not comply with submission guidelines.

SELECTION OF PEER REVIEWERS

After successful editorial evaluation, the Editor will identify potential academic peers (ideally two, at least one) to provide feedback on the article.

Even though the members of the Editorial Team may participate as reviewers, ideally, academic or professional researchers working in the field will be appointed by recommendation of the board members or through bibliographic search that could even originate in the references included in the article itself.

RECOMMENDATIONS BY PEER REVIEWERS

The reviewer will be provided with a format containing three parts: 1) about the characteristics of the article and its coherence; 2) for the reviewers to make open remarks 3) where the peer reviewer will make recommendations in the following terms:

- a. Accept the article without modifications.
- b. Accept the article with minor modifications to be done by the Editor of the journal; for example, spelling mistakes or typographical errors.
- c. Return the article to the authors for major corrections to be made, with an open possibility to resubmit it for evaluation. In such case, a list with reviewers' comments is sent to the authors.
- d. Definitive rejection of the article, without opportunity to reconsider. In such case, recommendations will not be sent to the author, since articles thus classified generally display scientific validity issues.

EDITORIAL BOARD DECISION

When only one reviewer is appointed due to topic specificity, their recommendation will be considered essential for article acceptance or rejection.

In the cases where there are two peer reviewers per article, opinions by consensus will be taken into account. However, if there is any difference among their concepts, a third reviewer will be appointed to settle the issue.

Hechos Microbiológicos will make all effort to prevent reviewers from meeting each other. In addition, will ensure the documents sent to evaluation do not contain authors' personal details. Such measures aim at securing objective recommendations.

When necessary, once the Editor is in possession of all elements necessary to arrive at a conclusion, puts them forward for consideration of the Editorial Board to make a final decision, which is then communicated to the authors.

DECISION TIME

From article submission for evaluation, response about its acceptance or rejection will never take longer than three (3) months, unless selection of peer reviewers is hindered by topic specificity. In such case, the author will be informed in writing.

PUBLICATION ORDER

Accepted articles are included in a waiting list and are published in strict order, by issue.

FORMATO DE SUSCRIPCIÓN

Revista **HECHOS** **Microbiológicos**

Calidad de la suscripción					
Suscripción personal		Suscripción institucional		Fecha de la suscripción:	
Información del suscriptor					
Nombres y apellidos o razón social:					
Persona de contacto (si es institucional):					
Teléfono:			Celular:		
Correo electrónico:					
País:		Departamento:		Ciudad:	
Dirección:				Apartado aéreo:	
Profesión:			Estudiante	Docente	Otra
Si marcó "otra" por favor describa cuál:					
Forma de pago					
Período de suscripción					
1 año - 2 revistas (COP \$40.000 o US\$20)			2 años - 4 revistas (COP \$60.000 o US\$30)		
Consignación nacional					
Pagar en efectivo o en cheque en cualquier ciudad de Colombia, a nombre de la Universidad de Antioquia, consignando en Bancolombia en la cuenta de ahorros No. 1053-7037272					
Consignación internacional					
Instrucciones para giro en dólares. Banco intermediario: CITIBANK de New York; Código ABA: 021000089 SWIFT: CITIUS33 - Acreditar a la cuenta de Bancolombia No. 36006658					
Banco pagador. Bancolombia. SWIFT Bancolombia: COLOCOBM.					
Nombre beneficiario: Universidad de Antioquia; Nit: 890.980.040; teléfono: (054) 2195098 - Cuenta corriente Bancolombia No. 00198004025 - Medellín, Colombia.					
Para hacer efectiva la suscripción, por favor escanear y enviar este formato diligenciado, con el recibo de consignación, al correo revistahechosmicrobiologicos@udea.edu.co Usted recibirá la confirmación por ese mismo medio.					

EDITORIAL

- Fiebre Amarilla: De nuevo, una preocupación global

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

- Evaluación del potencial de las cáscaras de frutas en la obtención de bioetanol
- Comparación del uso del ácido amsónico y Blanco de Calcofluor para colorear hongos sobre bloques de agar
- Evaluación de la bioestimulación de un consorcio microbiano para la degradación de PCBs en suelo
- Conocimientos y prácticas en salud sexual de los estudiantes de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2014.

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

- Potenciadores en el proceso de remoción biológica de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PHAs)

Revista **HECHOS** **Microbiológicos**

Escuela de Microbiología - Universidad de Antioquia
Calle 70 # 52 - 72 - Piso 6 - Oficina 607 - Teléfono: 2198490
revistahechosmicrobiologicos@udea.edu.co / www.udea.edu.co/hm
Medellín - Colombia