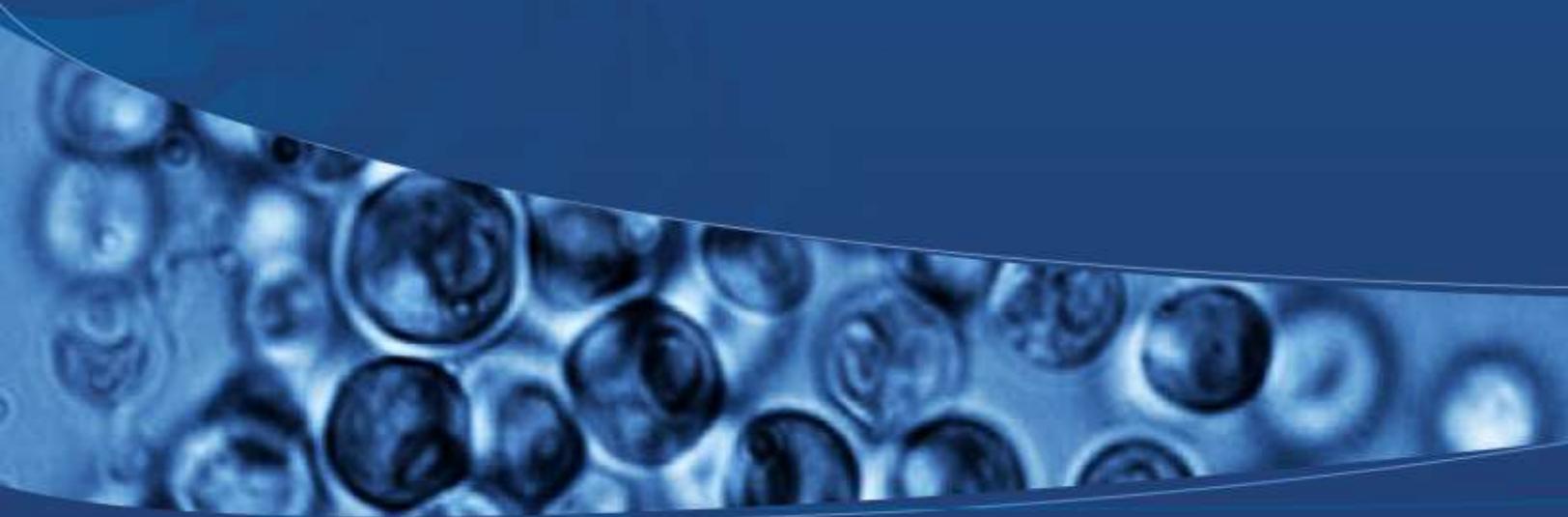


Revista de la Sociedad Mexicana de
Biotechnología
y Bioingeniería A.C.



Año 2013 Volúmen 17 Número 2
ISSN 0188-4786



Sociedad Mexicana de
Biotechnología y Bioingeniería



MESA DIRECTIVA

Dr. Gerardo Saucedo Castañeda
Presidente

Dr. Cristóbal Noé Aguilar González
Vice-Presidente

Dra. Romina Rodríguez Sanoja
Secretaria

Dr. Mauricio Trujillo Roldán
Tesorero

Dr. José Adelfo Escalante Lozada
Subsecretario

Dr. Manuel Alejandro Lizardi Jiménez
Vocal Profesional

M. en B. Maria Teresa Torres Mancera
Vocal Estudiante

COORDINADOR EDITORIAL

Ing. Rubén Castillo Alamilla

FORMACION EDITORIAL

Ing. Rubén Castillo Alamilla

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Sergio Sánchez Esquivel
Editor en Jefe
Instituto de Investigaciones
Biomédicas, UNAM

Dr. Luis Bernardo Flores Cotera
CINVESTAV

Dr. Fernando Luis García Carreño
CIBNOR

Dr. Mariano Gutiérrez Rojas
UAM-I

Dra. Romina Rodríguez Sanoja
Instituto de Investigaciones
Biomédicas, UNAM

Dra. Sara Solís Pereira
Instituto Tecnológico de Mérida

Dra. Elizabeth Langley McCarron
Instituto Nacional de Cancerología

Dr. Víctor Manuel Loyola
Centro de Investigación Científica de
Yucatán

DISEÑO GRAFICO E IMAGEN

Lic. Nayeli Quinto (**SODIO NET**)

ADSCRIPCIONES Y PUBLICIDAD

Ing. Rubén Castillo Alamilla
Tel: (55) 5849 5859
Email: smbiotec@yahoo.com.mx

ISSN 0188-4786, revista electrónica cuatrimestral, publicada por la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C. e incluida en PERIÓDICA, índice de Revista Latinoamericanas en Ciencias (CICHUNAM). Certificado de Licitud de Título en trámite y Certificado de Licitud de Contenido en trámite. Reserva de derechos de Título 04-1999-082516265000-101. Los Conceptos que aparecen en la revista son responsabilidad exclusiva de los autores. Se prohíbe la reproducción total o parcial de su contenido sin previa autorización por escrito del Comité editorial. Toda correspondencia deberá enviarse a Km. 23.5 Carretera Federal México-Cuernavaca, Av. Cipreses s/n, Col. San Andrés Totoltepec, C.P. 14400, Del. Tlalpan, México, D.F. o a la siguiente dirección electrónica: smbb1982@gmail.com

Índice

Editorial

Bionanotecnología y Nanobiotecnología

Dr. Gustavo Fidel Gutiérrez López

4

Instrucciones para autores

6

ARTÍCULOS

Analysis of Unstructured Kinetic Modeling for a Sulfate-Reducing Process Using *Desulfobivrio alaskensis* 6SR

Juan C. Figueroa, Ricardo Aguilar, and M. Isabel Neria

11

Efecto de tres Condiciones de Pasteurización sobre la Actividad Enzimática y Antimicrobiana de un Extracto de Glucosa Oxidasa

Nirza Noguera, Luis Ojeda*, Ingrid Velásquez, Ninoska Ramírez, Antonio Yépez

31

Reseña XV Congreso Nacional

Dr. Cristóbal Noé Aguilar

41

Reseña Symposium GIM

Dr. Sergio Sánchez Esquivel

46

Reseña Informe Financiero

Dr. Mauricio Alberto Trujillo Roldán

51

Reseña Científica

Dra. Romina Rodríguez Sanoja, M. en C. Beatriz Ruiz Villafan, Dr. José Adelfo Escalante Lozada

59

Bionanotecnología y Nanobiotecnología

Desde hace poco más de 60 años, cuando **Francis Crick** y **James D. Watson** publicaron el primer modelo, hoy más que demostrado, de doble hélice para integrar las evidencias sobre la conformación y configuración del DNA, la composición química y la disposición espacial de este biopolímero han trascendido hasta ámbitos que, en principio, se veían como apartados de la biología. Actualmente, el uso de las propiedades inherentes de los ácidos nucleicos y de muchas otras moléculas, con el objeto de obtener materiales útiles cuyas funciones están dadas, en parte por sus tamaños del orden de nanómetros, dirigidos hacia un gran variedad de propósitos, es una línea de investigación que posee y promete muchos avances tecnológicos. Esta práctica científica es relativamente nueva y ha sido englobada dentro de un campo de estudio denominado bionanotecnología.

La bionanotecnología es la aplicación de los conocimientos en nanociencias y nanotecnología para estudiar cómo las “máquinas moleculares biológicas” realizan sus funciones, con el fin de adaptar sus actividades para diseñar y mejorar arquetipos de tamaño en el orden de millonésimas de milímetro. Es decir, la bionanotecnología es una rama de la nanotecnología que engloba al área biológica.

Además de la nanotecnología del DNA, otras líneas de interés de la bionanotecnología involucran la mimetización de las membranas celulares para construir membranas sintéticas. La nanotecnología de lípidos se ha enfocado en el estudio de las propiedades de autoensamble de dichas moléculas con la idea de construir nanodispositivos para usos en medicina y en bioingeniería. Los estudios sobre el plegamiento de las proteínas permiten vislumbrar adelantos acentuados en la predicción de la desnaturalización de las proteínas, con la subsecuente información acerca de las repercusiones en actividades enzimáticas, interacciones receptor-ligando y mecanismos intracelulares de transducción. Esto constituye una alternativa para la profundización en los estudios sobre el efecto de diversos procesos fisicoquímicos sobre la cinética enzimática y las actividades biológicas de péptidos, tales como los trabajos publicados en el presente número de esta revista.

Indudablemente, la nanotecnología ha sido posible gracias a los avances en síntesis química, los cuales han alcanzado el punto en que es posible preparar moléculas pequeñas que tengan una gran variedad de estructuras. Estas aproximaciones son llamadas del tipo *bottom-up*. En las del tipo *top-down*, sucede una reducción continua de tamaño hasta la escala nanométrica. En términos generales, las primeras deberían permitir producir nanodispositivos en una forma mucho más sencilla y barata que las segundas; sin embargo, la realidad que nos muestra la naturaleza con moléculas cuyo arreglo de átomos es complejo y termodinámicamente improbable, desafía tal suposición. Así, el reto de la bionanotecnología es grande cuando se busca utilizar los principios de autoensamble molecular de la naturaleza para construir nuevas “máquinas moleculares”.

Dado que los sistemas biológicos están inherentemente contruidos por materiales cuyos tamaños se originan en la escala nanométrica (*nanofoundries*), los avances en nanociencia y nanotecnología han sido usados para observar, medir, modificar e, incluso, suplir, algunas de las funciones de los sistemas biológicos. A esta actividad se le ha denominado nanobiotecnología, o sea, la fabricación de dispositivos nanotecnológicos para ser usados en sistemas biológicos específicos.

Muchos ejemplos podrían ser enumerados al respecto de la nanobiotecnología, desde el uso de nanosensores para detectar la presencia de ciertos metabolitos que han servido como marcadores de estados patológicos hasta las nanotecnologías usadas en medicina para tratar síntomas o regenerar tejidos, menguando los requerimientos de transplantes y prótesis.

La aplicación de la nanociencia y nanotecnología en las áreas biológicas es, por tanto, un hecho que ha superado las expectativas para explicar diversos fenómenos y ofrece una prospectiva de progreso científico insospechado, en la que científicos y estudiantes mexicanos se han involucrado activamente.

Imaginar un “ensamblador nanométrico capaz de construir una copia de sí y de otros entes de complejidad variable teniendo control a nivel atómico”, tal como profetizó **Kim Eric Drexler** en *Engines of Creation*, 1986), sugiere el concurso de consideraciones éticas y de legislación en temas relacionados con la nanobiotecnología. Es ineludible, entonces, abordar las investigaciones al respecto, desde perspectivas multi e interdisciplinarias.

Dr. Gustavo Fidel Gutiérrez López

Profesor-Investigador Titular y

Coordinador del Programa de Doctorado en Alimentos

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional

Expresidente de la SMBB

gusfgl@gmail.com

www.encb.ipn.mx

Instrucciones para los autores

Guía de Autores

La revista puede recibir trabajos de investigación original así como de revisión en los campos de la biotecnología y bioingeniería. Todos los manuscritos serán sujetos a revisión por al menos dos miembros del Comité Editorial y deberán contar con una recomendación de aceptación para ser publicados.

Los idiomas de la revista son el Español y el Inglés.

Los trabajos se escribirán en hoja tamaño carta (21.6 cm x 27.6 cm). Los márgenes aplicados a todo el manuscrito serán de 2.5 cm para los extremos superior e inferior, así como 3 cm de cada lado. Las páginas deberán estar numeradas en la parte inferior y central de cada hoja.

Se recomienda que los trabajos completos tengan un máximo de 25 páginas, escritas con un interlineado de 1.5 renglones, incluyendo las tablas y figuras. Las publicaciones de trabajos originales y revisiones en la revista Biotecnología están exentas de costo para los autores.

Cuando corresponda, se recomienda el uso de abreviaturas para referirse a unidades de tiempo (h, min, s), de volumen (l, ml, μ l), de peso (kg, g, mg, μ g), DNA, RNA y otras comúnmente aceptadas en la literatura científica.

Los trabajos de investigación original pueden tocar cualquiera de los diversos campos que cultivan la biotecnología y la bioingeniería, desde sus aspectos fundamentales hasta las aplicaciones de los mismos, incluyendo: microbiología, bioquímica y biología molecular, procesos y proyectos, así como biotecnología marina y biotecnología aplicada a la salud, alimentos, agricultura, veterinaria, enzimas y ambiente.

Los trabajos de investigación original serán divididos en las siguientes secciones: **Introducción, Materiales y métodos, Resultados, Discusión, Referencias y Agradecimientos**. Las secciones de **Resultados y Discusión** pueden presentarse combinadas.

Los trabajos de revisión incluirán el tema y subtemas que a juicio de los autores sean necesarios para la mejor presentación de la información. Estos trabajos pueden cubrir los siguientes contenidos:

1. ¿Qué es y para qué sirve la Biotecnología?. Es decir: descripciones que ilustren y divulguen los distintos campos de la biotecnología, sus alcances y limitaciones, su historia y sus perspectivas.
2. Las fronteras de la biotecnología: revisiones de nuevos campos o nuevas aplicaciones de la biotecnología. Por ejemplo: las perspectivas del uso de los genomas para el desarrollo de nuevas drogas o para el tratamiento de enfermedades metabólicas. Las perspectivas de la genómica (estudio sistemático de los genes y sus aplicaciones), la proteómica (predicción de la expresión de los genes en proteínas funcionales) y la fenómica (predicción de fenotipos o conductas de los organismos, en base a sus genes y a sus proteínas). El uso de la ingeniería genética para hacer ingeniería metabólica. Los nuevos tipos de reactores biológicos y los fenómenos de transporte implicados. Los nuevos esquemas de reacción, separación y control en procesos biotecnológicos.

Instrucciones para los autores

3. Aplicaciones de la Biotecnología para resolver problemas o atender necesidades de la sociedad, con especial atención a sus aplicaciones ya vigentes en México. Esta sección será dedicada a una empresa o institución (pública o privada) que desee difundir los logros obtenidos en algún campo de la biotecnología. Por ejemplo: empresas productoras de antibióticos o productos biológicos, empresas de ingeniería ambiental que usen procesos biotecnológicos, empresas agropecuarias, forestales o de acuicultura que usen tecnologías biológicas avanzadas, o empresas de transformación de alimentos que utilicen enzimas, cultivos de microorganismos, etc. Esta lista es indicativa pero no exhaustiva.
4. Problemas de bioseguridad, bioética y biodiversidad relacionados con las aplicaciones de la biotecnología a la sociedad. Por ejemplo: análisis y comentarios sobre los debates acerca del uso de semillas transgénicas, los problemas de conservación y explotación de la biodiversidad mediante la biotecnología, los riesgos del uso de organismos transgénicos en diversos campos de la industria, los problemas de bioseguridad del uso de antibióticos y otros productos biotecnológicos.
5. La educación, la cultura y la difusión tecnológica en relación con la biotecnología. Por ejemplo: comentarios de planes y programas, de estilos y necesidades de la enseñanza, del enfoque interdisciplinario, en carreras o planes de estudio directamente ligados con la biotecnología. También necesidades y modalidades sobre programas de extensión educativa para la industria, para el público consumidor o para grupos selectos de personas interesadas en la biotecnología (políticos, funcionarios de empresas, líderes de opinión). El uso de la informática en la difusión de la biotecnología, y en general, el análisis de necesidades, métodos y alternativas para difundir los conocimientos de la biotecnología.
6. Oportunidades y propuestas para mejorar la cooperación y el desarrollo biotecnológicos. Por ejemplo: Análisis de las oportunidades vigentes de intercambio académico o comercial en biotecnología. Propuestas de nuevas formas de cooperación entre los sectores de investigación y la industria biotecnológica. Análisis y propuestas del uso óptimo de recursos humanos, financieros o materiales para mejorar la cooperación o el desarrollo de la biotecnología. En esta sección se dará espacio a los análisis, críticas o propuestas de los aspectos legales y fiscales que afecten e incluso puedan mejorar el desarrollo de la biotecnología en México. Tales como: la propiedad industrial, el régimen fiscal de las empresas, el costo del desarrollo biotecnológico y los subsidios o estímulos económicos para el desarrollo de la biotecnología.

Tanto los trabajos de investigación original como las revisiones deberán apegarse al siguiente formato:

1. El título del manuscrito será puesto en **negritas** con letra Arial o equivalente tamaño **14**. El título deberá estar centrado.
2. El nombre de los autores ocupará los siguientes renglones escribiendo el nombre y primer apellido de cada participante. Se usará letra Arial o equivalente tamaño **12**. Los nombres de los

Instrucciones para los autores

participantes deberán estar centrados, señalando con un asterisco el autor responsable de la publicación. En el siguiente renglón con letra itálica Arial del mismo tamaño, se incluirá la dirección postal de la institución de adscripción de los autores, así como el e-mail del autor corresponsal.

3. Se deberá añadir un **Resumen** de no más de 250 palabras en Español y un **Abstract** en Inglés de tamaño similar.

4. Se incluirán entre 3 a 6 **Palabras clave:** que permitan clasificar el artículo en una base de datos.

Estas palabras deberán de incluirse en Español y en Inglés (**Key words:**).

5. Si el texto inicia con el nombre de algún subtema, éste se pondrá como primera línea en *cursivas* con letra Arial o equivalente tamaño **10**. Después en el siguiente renglón se iniciará el texto descriptivo usando letra Arial o equivalente tamaño **10**. El texto deberá ser escrito con un interlineado de 1.5 renglones. Se deberá dejar un espacio de un renglón al inicio de una sección o subtema nuevo. Los géneros y especies deberán escribirse en letras itálicas.

6. Las figuras deberán numerarse con arábigos, correlativamente en orden de aparición en el texto. No se integrarán al texto, sino al final del manuscrito. No obstante, para facilitar el trabajo de edición, se recomienda indicar la ubicación de las mismas en el momento en que son mencionadas por primera vez en el texto. Las figuras deben incluir un breve título explicativo en la parte inferior de la misma. Si es necesario incluir fotos, éstas se deberán designar como figuras. La impresión de las figuras e imágenes se hará en blanco y negro, por lo que se recomienda que muestren un buen contraste, en especial las figuras con varias líneas. Según el orden de aparición en el texto, las tablas también se numerarán con arábigos ubicados en la parte superior de las mismas e incluirán un breve título explicativo. Las notas en las tablas deberán ser indicadas con letras minúsculas en superíndice. La ubicación de las tablas será señalada en el texto pero se anexarán en hojas separadas después de las **Referencias**.

7. La información dada como referencias bibliográficas deberá permitir a los lectores llegar con facilidad a tal fuente de información original, si ello fuera necesario. En el texto del trabajo, las referencias se citan por autor y año entre paréntesis redondos. Por ejemplo: "Martínez & García (1999) han demostrado que...", o bien, "Datos recientes (Martínez & García, 1999) han demostrado que...". Si la cita posee varios autores se escribiera como sigue: "Gutiérrez *et al.* (2003), han demostrado...." O bien: "Datos recientes (Gutiérrez *et al.*, 2003) han mostrado..." Si la cita es es una página de Internet, ésta deberá ponerse completa entre paréntesis directamente en el texto donde se mencione. La lista de **Referencias** se deberá escribir con el mismo tipo de letra del texto principal (Arial tamaño **10**) de acuerdo al siguiente formato:

Instrucciones para los autores

Para revistas:

García-Carreño F, Cota K & Navarrete del Toro MA (2008) Phenoloxidase activity of hemocyanin in whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei*: conversion, characterization of catalytic properties, and role in postmortem melanosis. *J. Agric. Food Chem.* 56: 6454-6459.

Para libros y capítulos de libros:

(Libro)

Ullrich M (2009) Bacterial Polysaccharides: Current Innovations and Future Trends. Horizon Scientific Press, Norwich.

(Capítulo de libro)

Sánchez S & Demain AL (2009) Metabolic regulation and overproduction of primary metabolites. *In: Encyclopedia of Industrial Biotechnology. Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology (EIB)*. Flickinger MC (ed). John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. pp. 396-458.

Para patentes:

Fenical WH, Jensen PR & Kwon HC (2009) Polyol macrolide antitumor-antibiotics from the marine actinomycete strain CNQ140. US patent 7,521,414.

Para congresos y reuniones: *Se aceptarán un máximo de dos citas de este tipo.*

Reyes N, Domínguez RM, Islas I & Solís S (2007) Inducción diferencial por pH y temperatura del Complejo pectinolítico producido por células inmovilizadas de *Aspergillus HL*. XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Morelia Mich. México. OIII-12.

Para citas provenientes de internet: *Se aceptará un máximo de dos citas de este tipo.*

Van Deuren J, Wang Z & Ledbetter J (1997) Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide. 3ª Ed. *Technology Innovation Office, EPA*. Disponible en: <http://www.epa.gov/tio/remed.htm>.

Revistas electrónicas:

Sun J, Lu X, Rinas U, & Zeng AP (2007) Metabolic peculiarities of *Aspergillus niger* disclosed by comparative metabolic genomics. *Genome Biol.* 8: R182.

Instrucciones para los autores

Para tesis de pre y posgrado:

Cárdenas C (2009) Evaluación del uso biotecnológico de la semilla de *Ditaxis heterantha* para la Producción de safranal. Tesis de Maestra en Ciencias Bioquímicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. pp. 1-78.

Cada autor es responsable de la precisión de las citas que emplea. Las citas de internet, congresos y reuniones, deberán evitarse al máximo.

Una vez que ha sido revisado y aceptado su trabajo, los autores deberán enviar una carta de cesión de los Derechos de Autor, de manera que la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería pueda hacer uso del artículo aceptado, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica. En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los autores, para usar la totalidad o parte de ese artículo con fines no lucrativos.

Los trabajos solamente se reciben vía correo electrónico en la dirección smbiotec@yahoo.com.mx. Al momento de recibirlo, se enviará un acuse de recibo al autor corresponsal, por lo que se pide incluir una dirección de correo electrónico para este fin, así como para mantener comunicación con el editor sobre la evolución de la revisión y sobre la aceptación del mismo.

Una vez aceptados, los trabajos son editados y enviados a los autores para su corrección. En esta condición no se permitirán cambios sustanciales en el contenido de los mismos sin la aprobación del editor en jefe. Una vez aprobada la prueba, el trabajo se publicará en línea y podrá ser consultado en la página de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería AC <http://www.smbb.com.mx/>. La publicación en línea precederá a la publicación impresa.

Analysis of Unstructured Kinetic Modeling for a Sulfate-Reducing Process Using *Desulfovibrio alaskensis* 6SR

Juan C. Figueroa^a, Ricardo Aguilar^b, and M. Isabel Neria^{a*}

^a*División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Av. Tecnológico S/N. CP 55120, Ecatepec, Edo. de México. México.* ^b*Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV-IPN. Av., San Pedro Zacatenco, Mexico City, Mexico, 07360.*

*E-mail: ibineria@hotmail.com

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis cinético de un proceso sulfato reductor tomando como caso de estudio a la cepa *Desulfovibrio alaskensis* 6SR. Este análisis consideró cinco modelos cinéticos no estructurados de tipo inhibición por producto, además se propone una expresión de ley de potencias para la producción del exopolisacárido (EPS) que se genera durante la fase de máxima producción de sulfuro de hidrógeno y conlleva a una condición de estrés. Cada modelo consideró las variables de estado de consumo de sulfato y lactato, producción de sulfuro de hidrógeno, acetato y biomasa. Los modelos considerados fueron validados por comparación con los datos experimentales generados obteniéndose coeficientes de correlación satisfactorios. El resultado de las simulaciones sugirió que el modelo de Levenspiel es la mejor representación matemática del crecimiento bacteriano y del proceso sulfato reductor al combinarse con el modelo de la ley de potencias para el EPS. Los parámetros cinéticos obtenidos fueron una $\mu_{max} = 0.36$ 1/h, $K_s = 6559$ mg/l, $P^* = 610$ mg/l y $n = 0.89$, con un índice de correlación de $R^2 = 0.96$. El análisis cinético del proceso sulfato reductor permite dar una mayor aproximación de este tipo de crecimiento anaerobio para explorar su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación según el interés biotecnológico deseado.

Palabras clave: *Sulfato reducción, modelos no estructurados, inhibición, cinética.*

ABSTRACT

This paper presents a kinetic analysis of sulfate reducing process considering as a case study *Desulfovibrio alaskensis* 6SR. Five unstructured kinetic models with product

inhibition were considered, and a power law kinetic expression to exo-polysaccharide (EPS) production was proposed. The EPS is generated when maximum production of sulfide takes place, which provokes a stress condition. All models presented satisfactory overall correlation coefficients and their performance is analyzed comparing the corresponding numerical simulations with the experimental data. The results of the simulations for each model suggest that Levenspiel's model is the best one to represent the bacterial growth, sulfate reducing process and the inhibition effect by sulfide, with the combination of the expression to EPS production. The kinetic parameters values obtained for this model are $\mu_{\max} = 0.36$ 1/h, $K_S = 6559$ mg/l, $P^* = 610$ mg/l and $n = 0.89$, and correlation coefficient of 0.96. The kinetic analysis of process sulfate reducing allows major approximation of anaerobic growth to explore the behavior in different operation conditions for biotechnology purposes.

Keywords: *Sulfate reducing, unstructured models, inhibition, kinetic.*

INTRODUCTION

Sulfate reducing bacteria (SRB) form a group of prokaryotes able to transform sulfate at sulfide and are widespread in anoxic habitats, they have an important role in both the sulfur and carbon cycles (Castro *et al.*, 2000; Wanger *et al.*, 1998). Approximately half of organic carbon is mineralized by SRB in anoxic ocean sediments (Jorgensen, 1982) or in wastewater treatment systems (Kühl, 1992). Some SRB can also decompose more persistent organic pollutants such as polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls (Widdel & Rabus, 2001). Due to these characteristics, the SRB has been used to solve various environmental problems, e.g. in biological sulfate reduction, the produced sulfide can be used to precipitate metallic species

(Alvarez *et al.*, 2006; Katsoyiannis & Zouboulis, 2004; Muyzer & Stams, 2008). In contrast, the presence of SRB in the oil field contribute to the souring of water flooded oil reservoirs due to the production of sulfide, also the highly reactivity and toxicity of sulfide induces pitting metallic corrosion, causing great economic losses in pipeline systems of the petroleum industry and others (Videla & Herrera, 2005).

The SRB which thrive in environments under undesirable conditions, for example high levels of toxic elements such as sulfide and heavy metals, generally adopt special metabolic pathways and protective mechanisms to survive in these environments (Flemming & Wingender, 2001a, Flemming & Wingender, 2001b; Zhenming & Yan, 2005). Even if the SRB have the highest tolerance to

sulfide, their development is inhibited by the presence of high levels of sulfide (Caffrey & Voordouw, 2009), however they have the capability to produce special bioactive compounds such as extracellular polymeric substances (EPS) (Flemming & Wingender, 2001a). The EPS are produced during both suspended and biofilm growth to protecting microorganisms from predation, toxic agents, desiccation; also serving as surface adhesions, stabilizing enzymes, storing nutrient, etc. (Zhenming & Yan, 2005).

From the biotechnological point of view, the SRB are of great importance in environmental and industrial processes, for which demand a greater knowledge of the kinetic behavior of sulfate-reducing processes. However, the determination of kinetic parameters throughout *structured model* on basis of biomass components, such as: concentration of metabolites, enzymes, DNA, and/or RNA as a complex task (Arellano-Plaza *et al.*, 2007; Bailey & Ollis, 1986; Hyohak *et al.*, 2008). For this reason, the kinetic parameters more commonly used are estimated through *unstructured kinetic model* that use biomass, substrate, product measurements, as well as yield coefficients determined in the bulk of the reactor (Arellano-Plaza *et al.*, 2007; Hyohak *et al.*, 2008). Few kinetic models have obtained satisfactory

fitting of sulfate reducing kinetic (Neria-González *et al.*, 2009), in most cases Monod model is used, which does not takes into account the product inhibition phenomenon generated by sulfide accumulation inside bioreactor; much less the EPS production present at later stage of the reacting paths (Al-Zuhair *et al.*, 2008; Robinson & Tiedje; 1983). Beside, the well-know Monod expression is only applicable where the presence of toxic metabolic products is not important (Luong, 1985).

Nowadays, the sulfate reducing processes have more importance in the bioremediation field; therefore, a clear knowledge of the sulfate reducing kinetic and a mathematical model to describe satisfactorily the reacting behavior are needed. In this work the kinetic of sulfate reducing process, taken at *Desulfovibrio alaskensis* 6SR as strain model, was analyzed. The specific growth rate of 6SR strain is estimated through five unstructured kinetic models: (a) Haldane-Bulton, (b) Haldane-Levespiel, (c) Haldane-Luong, (d) Moser-Bulton, and (b) Levenspiel; all models includes a product inhibition (sulfide) term that take in consideration the inhibition effect by sulfur production: Mean while, the estimation of EPS production rate by means of power law model is carried-out. The goal is to find a kinetic model for specific growth rate and the mass balance expressions of

the different species (*X*, *S*, *P*, and EPS) to approximate satisfactorily the kinetic behavior in a batch bioreactor, in order to maximize or minimize the production of the desired metabolite (e.g. sulfide or EPS production).

MATERIALS AND METHODS

Organism, culture maintenance and purity test

Desulfovibrio alaskensis 6SR was maintained routinely in Hungate tubes with 5 mL of Postgate's B solid medium (Hungate; 1969; Postgate, 1981). The presence of black colonies indicated the growth of sulfate reducing bacteria. One black colony well defined and isolated was picked and quickly transferred at 45 mL sterile Postgate's C liquid medium in anaerobic conditions (Postgate, 1981), and subsequently a subcultures were made. The media were inoculated with 5 ml of culture and incubated at 37 °C. Each medium was prepared and dispensed in anaerobic conditions under a N₂ (99.998% purity) atmosphere, 120 and 160 ml serum bottles were filled with 45 and 95 mL of medium, respectively, and autoclaved at 121 °C.

Conditions of culture

The inoculum for kinetic study was cultured in 45 ml of Postgate's C medium at 37 °C for 30 h until culture

reached at the beginning of stationary phase. A 5 ml aliquot was taken from Postgate's C medium to inoculate 95 ml of fresh medium at 37 °C. The experiment was done using two series of triplicate independent cultures; each set of triplicate cultures were inoculated with 12 hours separated each other, the experimental run time was 72 hours. One set of independent cultures were used to measure EPS production. A culture was taken for day and the EPS was extracted.

Analytic Methods

The bacterial growing, consuming of sulfate, and sulfide production were monitored 3 or 4 hours each, the samples were taken carefully, avoiding contact with oxygen. The bacterial growing was followed through Optical Density (OD) methodology, the OD data were transformed into dry mass (mg/ml) through a dry mass *versus* OD standard curve. The consuming of sulfate in the medium was measured by the turbid metric method based on barium precipitation (Kolmert *et al.*, 2000). Also the production of sulfide was measured by a colorimetric method (Cord-Ruwisch, 1985). Each measuring was done using a Thermo SCIENTIFIC GENESYS 10uv Scanning Spectrophotometer.

The EPS was extracted by heat treatment and filtration. The bacterial

culture bottles were opened and placed in water bath at 50 °C for 15 minutes, each sample was vortexed once or twice, then the cellular suspension was passed through a nylon membrane 0.45µm, the filtrate was collected in 250 ml centrifuge bottle and EPS was then precipitated from it, adding an equal volume of cold ethanol overnight at -20 °C, followed by centrifugation at 2500 × g for 10 min at 4 °C (Hettich Zentrifugen UNIVERSAL 320R). The pelleted EPS was transferred at micro-centrifuge tube and washed in 70% (v/v) ice-cold ethanol. EPS was dried in oven (ECOSHEL DOV23A) at 70 °C for 24 h and before dry weight was recorded.

Data Analysis and mathematical model

The biomass, sulfate, sulfide, and EPS concentrations of each experimental data were averaged, in order to smooth the experimental behavior of each variable, see figure 1. The specific growth rate of *Desulfovibrio alaskensis* 6SR was evaluated with five different unstructured kinetic models (Haldane, 1930; Han & Levenspiel, 1988; Levenspiel, 1980; Luong, 1985; Moser 1958). In table 1 are shown the different product inhibition models (for high sulfide concentrations).

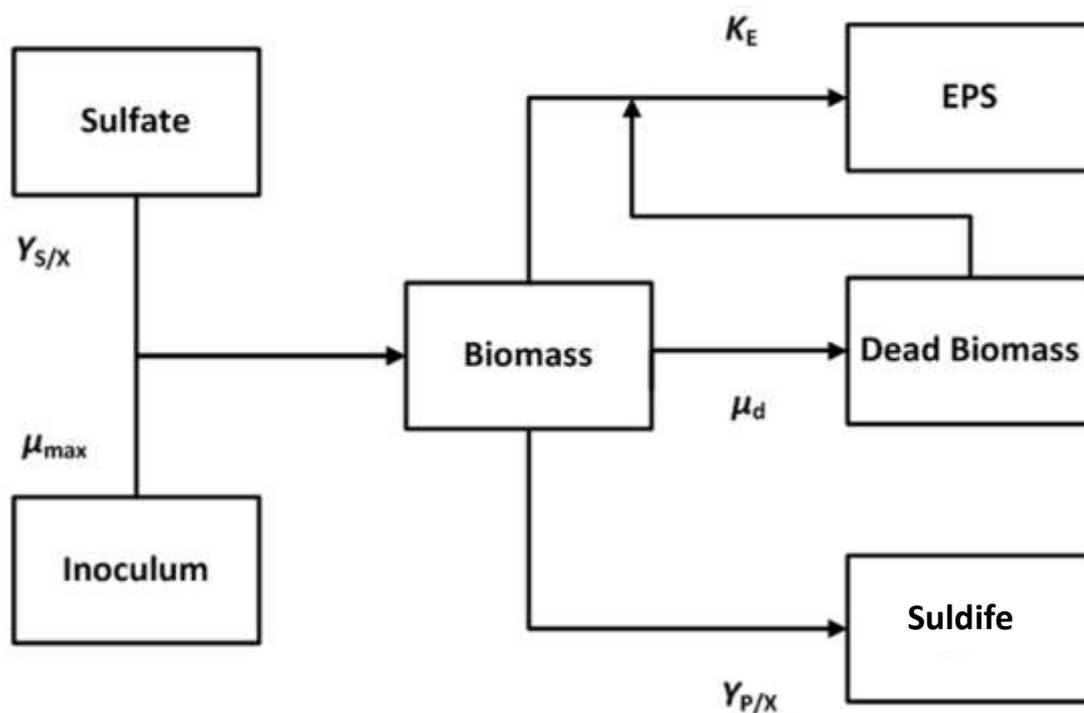


Fig. 1. Out line of sulfate reduction process for *Desulfovibrio alaskensis* 6SR.

Table 1. Unstructured kinetic models considered in this work.

Kinetic model	Equation	References
Haldane-Boulton (1)	$\mu = \left[\frac{\mu_{\max} S}{K_S + S + (S^2/K_i)} \right] \left[\frac{K_P}{K_P + P} \right]$	Haldane, 1965; Boulton, 1980.
Haldane-Levenspiel (2)	$\mu = \left[\frac{\mu_{\max} S}{K_S + S + (S^2/K_i)} \right] \left[1 - \frac{P}{K_P} \right]^m$	Haldane, 1965; Levenspiel, 1980
Haldane-Luong (3)	$\mu = \left[\frac{\mu_{\max} S}{K_S + S + (S^2/K_i)} \right] \left[1 - \left(\frac{P}{K_P} \right)^m \right]$	Haldane, 1965; Luong, 1985.
Moser-Bulton (4)	$\mu = \left[\frac{\mu_{\max} S^n}{K_S + S^n} \right] \left[\frac{K_P}{K_P + P} \right]$	Moser, 1958; Boulton, 1980.
Levenspiel (5)	$\mu = \mu_{\max} \left[1 - \frac{P}{P^*} \right]^n \left[\frac{S}{K_S + S} \right]$	Levenspiel, 1980.

Estimations of kinetic parameters

The rate of change of experimental biomass production for the parametric

$$\left(\frac{dX}{dt} \right)_{ti} \cong \left(\frac{\Delta X}{\Delta t} \right) = \left(\frac{X_{i+1} - X_i}{t_{i+1} - t_i} \right) \quad (1)$$

The kinetic parameter estimations of the five unstructured kinetic models for specific growth rate were obtained by using nonlinear multivariable regressions through of Levenberg-Marquardt algorithm (POLYMATH 6.0 Professional software) employing experimental data of biomass, substrate, and product concentrations. The model predictions were comparing with experimental data through minimizing the error sum of least squares. The same methodology was

optimization was calculated using forward finite differences scheme according to the following equation:

used to estimate the production rate of EPS and the dead rate.

Model evaluation

According to the mass balances for biomass, substrate (sulfate) and product (sulfide), dead biomass and EPS concentrations, the following set or ordinary differential equations is proposed to modeling the sulfate-reducing process, in accordance with the reaction scheme showed in Figure 1.

Biomass (X):

$$\frac{dX}{dt} = r_X - \mu_d X \quad (2)$$

Substrate (S):

$$\frac{dS}{dt} = (-Y_{S/X})(r_X) \quad (3)$$

Product (P):

$$\frac{dP}{dt} = (Y_{P/X})(r_X) \quad (4)$$

$$\frac{dEPS}{dt} = K_E X^\varepsilon X_d \quad (5)$$

Dead rate (X_d):

$$\frac{dX_d}{dt} = \mu_d X \quad (6)$$

The specific growth rate models for r_x , considered in this work are Haldane-Bulton, Haldane-Levenspiel, Haldane-Luong, Moser-Bulton, and Levenspiel models. The yield coefficients by

substrate-biomass ($Y_{S/X}$) and product-biomass ($Y_{P/X}$) were calculated with the experimental data corresponding to exponential phase, using expressions (7) and (8).

$$Y_{S/X} = \frac{S_0 - S_1}{X_1 - X_0} \quad (7)$$

$$Y_{P/X} = \frac{P_1 - P_0}{X_1 - X_0} \quad (8)$$

To validate the mathematical models, experimental data were collected from two set batch cultures with the following initial concentrations: biomass ($X = 117$ mg/l), substrate ($SO_4^{2-} = 5000$ mg/l) and sulfide (34 mg/l). The values calculated of yields are $Y_{S/X} = 14.13$ and $Y_{P/X} = 2.14$. The simulation of the kinetic behavior was obtained integrating the set of differential equations (2-6) using the BioTecnología, Año 2013, Vol. 17 No. 2

specific growth parameter values (see Table 2) of the five unstructured kinetic models. The Runge-Kutta method (library ODE45 MATLAB™) was employed to solve the system given by equations (2-6). The performance of each model was evaluated by means of the corresponding correlation coefficient calculated by a linear regression between the experimental

and predicted data for the biomass,

substrate, and products concentrations.

Table 2. Kinetic parameters estimated for *Desulfovibrio alaskensis* 6SR and EPS.

Model	μ_{max}	k_s	k_i	k_p	P^*	n	m	K_E	ϵ
Haldane-Bulton	39.84	86070.00	9850.19	7.24	---	---	---	---	---
Haldane-Levenspiel	0.39	2227.03	2298.68	554.19	---	---	---	---	---
Haldane-Luong	7.00	2227.00	565.53	557.12	---	---	---	---	---
Moser-Bulton	10.55	1.26 E+9	---	2.70	---	2.53	2.53	---	---
Levenspiel	0.36	6550.00	---	---	610.00	0.89	0.89	---	---
EPS	---	---	---	---	---	--	---	9.78E-07	2

RESULTS AND DISCUSSION

Desulfovibrio alaskensis 6SR was taken as bacterium model for sulfate reducing process; this stain was isolated from a developed biofilm inside face of oil pipeline (Neria *et al.*, 2006). However, the strain 6SR have the ability of resistance high concentrations of heavy metals (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} and Cr^{6+}) in comparison with other species (López-Pérez *et al.*, 2013) is tolerant at oxygen, growths at pH 5.5–9.0 (7.0), 15–55 °C (4 °C) and in 30% (w/v) NaCl. These characteristics of growing are important in environmental processes and other as the biocorrosion (Videla & Herrera, 2005, Neria-González *et al.*, 2006; Padilla-Viveros *et al.*, 2006; Hernández-Gayosos *et al.*, 2004). For this reason, each day the sulfate-reducing bacteria are important in the biotechnological processes and for their anaerobic nature is difficult to study the

dynamic behavior in a laboratory. Then mathematical models, together with carefully designed experiments, make it possible to evaluate the behaviors of sulfate reducing process more rapidly than with laboratory experiments alone (Bellomo *et al.*, 2010; Bianca *et al.* 2009; Pérez-López *et al.*, 2012). Also, the number of state variables considered in the mathematic model can help to give a more real representation of biosystem (Bellouquid, 2010; Bellomo *et al.*, 2010). In this work the dynamic sulfate reducing process was analyzed considering four state variables using different mathematical models, see figure 1. The average of experimental date was graphed to analyze the evolution of growth of strain 6SR on base at consumption of sulfate, sulfide and production of biomass and EPS, figure 2. An induction phase of growth

of three hours and an exponential phase close to 40 hours were observed. Before 45 hours a maximum concentration of biomass and sulfide is over taken and a maximum consumption of sulfate is also reached; then the product formation kinetics is a simple stoichiometric connection between product formation and substrate utilization or cell growth. After of this time the sulfide is maintained constant and presented an inhibition by product affected the growth, and the consumption of sulfate decreases because the cell begin to die. In this phase, the EPS apparently not is related with the using substrate (sulfate), and such behavior can relate at a non-growth associated (Bailey & Ollis, 1986). In addition, the accumulation and toxicity of sulfide induces the producing of EPS as a cellular protective mechanism (Caffrey & Voordouw, 2009). Finely, at 170 hours, the four concentrations (biomass, sulfate, sulfide and EPS) enter in a steady state, the biomass stop to die, there is not consumption of sulfate and formation EPS is stopped. These results confirmed the use of the

no structure model with inhibition to analyze the dynamic for this process, Table 1. The predictions obtained for each mathematical model: Haldane-Bulton, Haldane-Levenspiel, Haldane-Luong, Moser-Bulton, and Levenspiel are represented in the figures 3-6, where can be observed that the mathematical models (Equations 2-6), which are based on mass balances principles; represent adequately the corresponding experimental data. Equation 2 considers the biomass concentration production as a function of sulfate and sulfide concentrations, as well as endogenous metabolism via first order biomass dead kinetic. Equations 3 and 4 represent the sulfate generation and the sulfide production, as a function of the specific microbial growth rate, considering the corresponding yield coefficients, which represents an assimilatory behavior. On other side, equation 5 is related with the EPS production, which is proposed as a function of life and dead biomass concentration, this last one variable, generated by the inhibitory effect of the sulfide concentration.

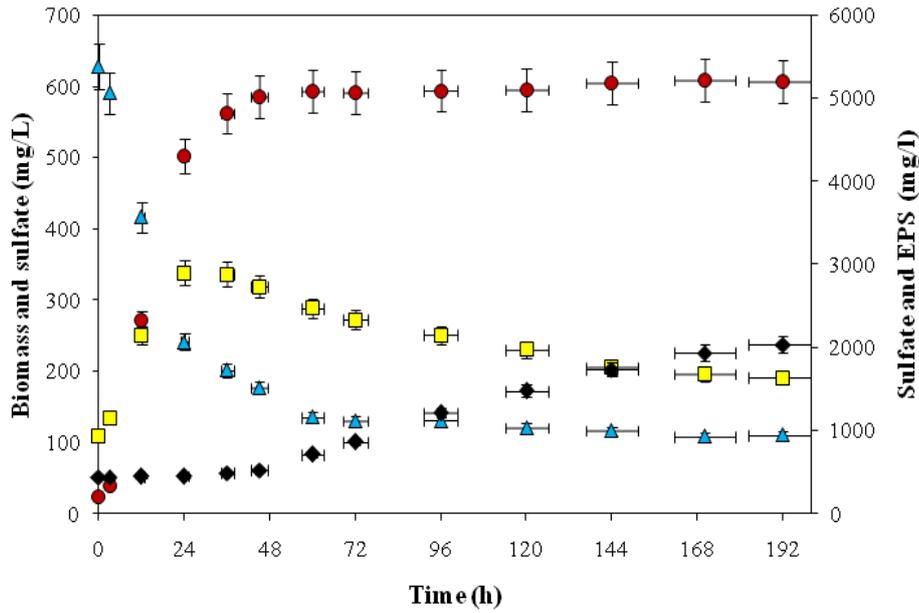


Fig. 2. Curve of growth for *Desulfovibrio alaskensis* 6SR, experimental date of in Postgate's C medium. The symbols indicate: (■) biomass, (▲) sulfate, (●) sulfide y (◆) EPS.

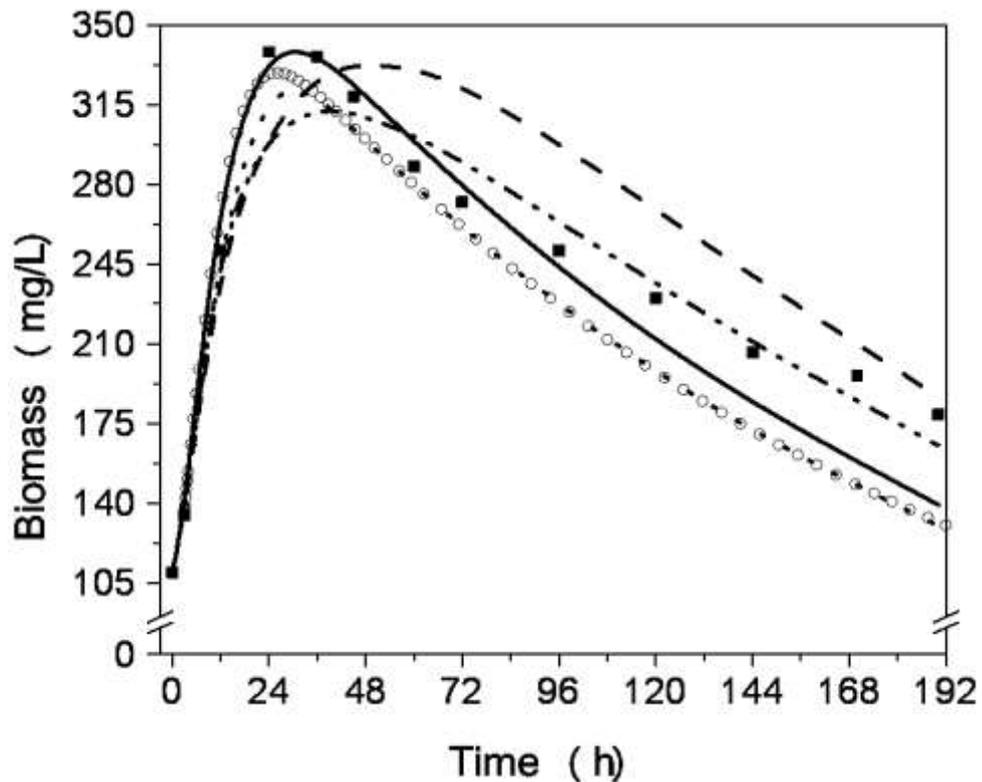


Fig. 3. Biomass prediction using kinetic models. The symbol (■) stands for experimental EPS data, Haldane and Bulton (---), Haldane and Levenspiel (···), Haldane and Luong (○ ○ ○), Moser and Bulton (- · · -), and Levenspiel (—).

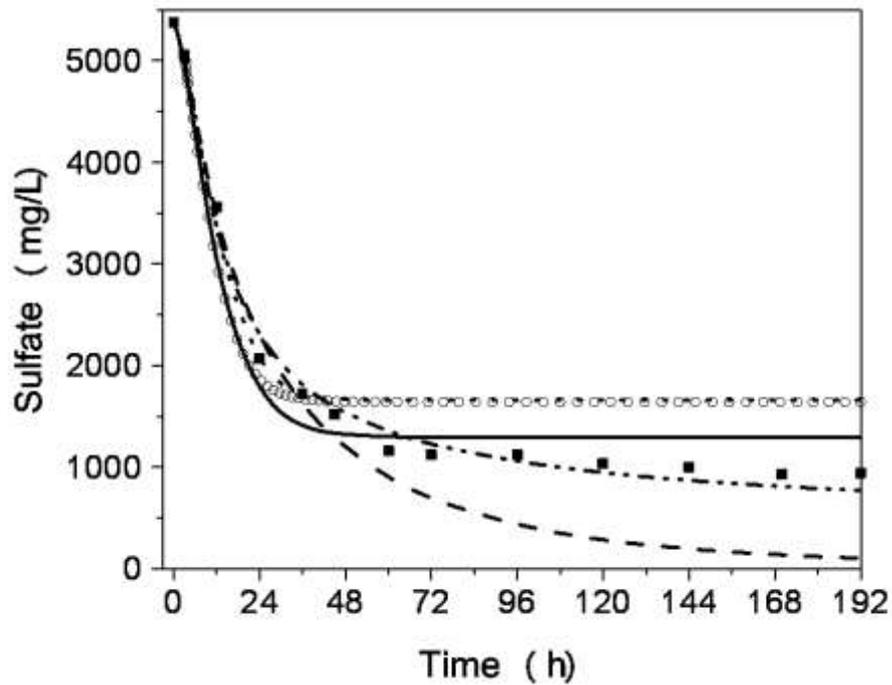


Fig. 4. Sulfate prediction under different kinetic models. The symbol (■) stands for experimental EPS data, Haldane and Bulton (---), Haldane and Levenspiel (· · ·), Haldane and Luong (○ ○ ○), Moser and Bulton (— · · —), and Levenspiel (—).

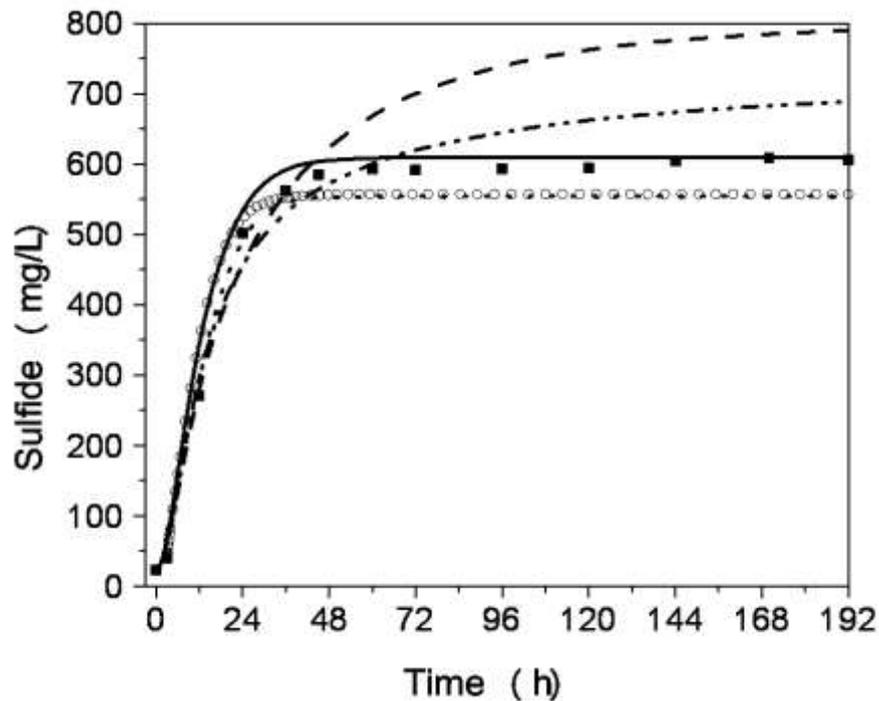


Fig. 5. Sulfide prediction under different kinetic models. The symbol (■) stands for experimental EPS data, Haldane and Bulton (---), Haldane and Levenspiel (· · ·), Haldane and Luong (○ ○ ○), Moser and Bulton (— · · —), and Levenspiel (—).

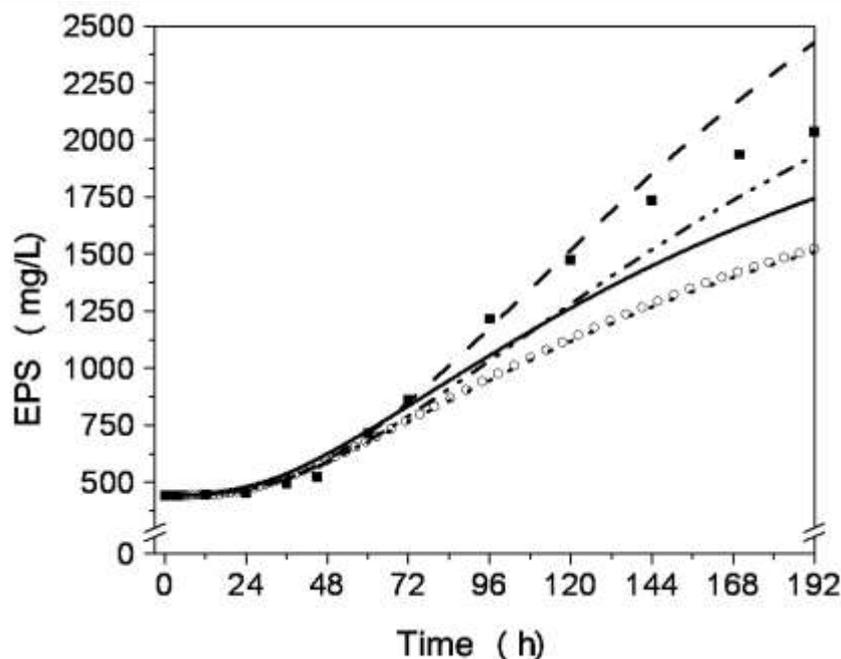


Fig. 6. EPS prediction under different kinetic models. The symbol (■) stands for experimental EPS data, Haldane and Bulton (---), Haldane and Levenspiel (•••), Haldane and Luong (◦◦◦), Moser and Bulton (-••-), and Levenspiel (—).

The kinetic parameters estimated on each model are displayed in Table 2, and overall correlation coefficients from each models were higher than 0.93 (Table 3). However the correlation coefficients for Levenspiel and Moser-Bulton models were the highest, 0.96 and 0.98, respectively. Strictly, the best kinetic model to be used to describe the bacterial growth should be the highest correlation coefficient (Arellano-Plaza *et al.*, 2007; Agarwal *et al.*, 2009), in this case Moser-Bulton (0.98), but the value of μ_{max} is higher than at maximum rate reported by Feio (0.13 1/h) (2004) and K_p does not represent the experimental inhibition concentration of sulfide (> 500 mg/l) and K_s exceed the experimental value, (Table 2). Haldane-

BioTecnología, Año 2013, Vol. 17 No. 2

Bulton model presents the same case and Haldane-Luong model only exceed the value of μ_{max} , so Haldane-Levenspiel and Levenspiel kinetic models would be employed, but Levenspiel model presented better overall correlation coefficients. Besides, all models represent the effect of substrate and product inhibition, except Levenspiel's model in which product inhibition is only considered. In previous publications has been mentioned that the Moser and Haldane models were designed to achieve better adjust to experimental data (Heijnen & Romein 1995; Trejos *et al.*, 2009), and in this case the corresponding models adjusts only in different parts of growth curve from all variables, but Levenspiel's

Artículos

model presented the best adjust along of the curve of growth see Fig. 7-10.

Table 3. Correlation coefficients calculated for each kinetic model.

Model	Correlation coefficient				Overall r^2
	Biomass	Sulfate	Sulfide	EPS	
Haldane-Bulton	0.88	0.92	0.94	0.98	0.94
Haldane-Levenspiel	0.92	0.87	0.98	0.93	0.94
Haldane-Luong	0.92	0.87	0.97	0.93	0.93
Moser-Bulton	0.95	0.99	0.97	0.99	0.98
Levenspiel	0.92	0.95	0.98	0.98	0.96

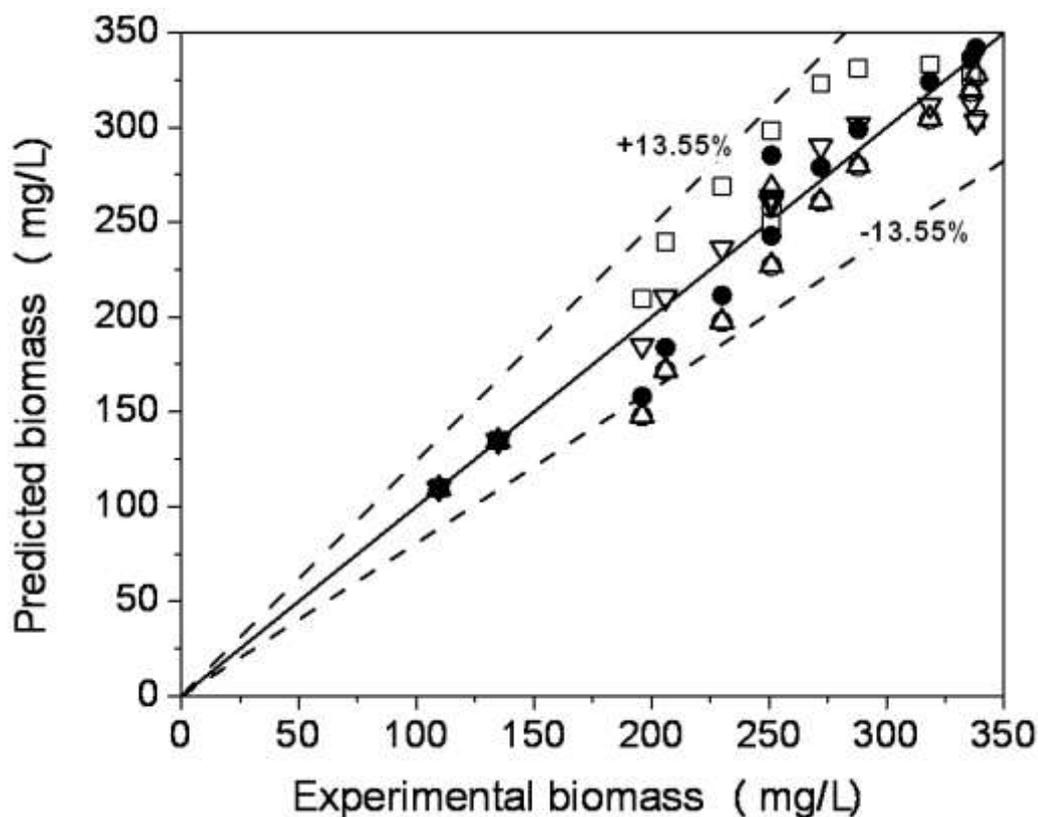


Fig.7. Error calculated from simulations of biomass for each model. The symbols represent models, Haldane and Bulton (\square), Haldane and Levenspiel (\circ), Haldane and Luong (\triangle), Moser and Bulton (∇), and Levenspiel (\bullet).

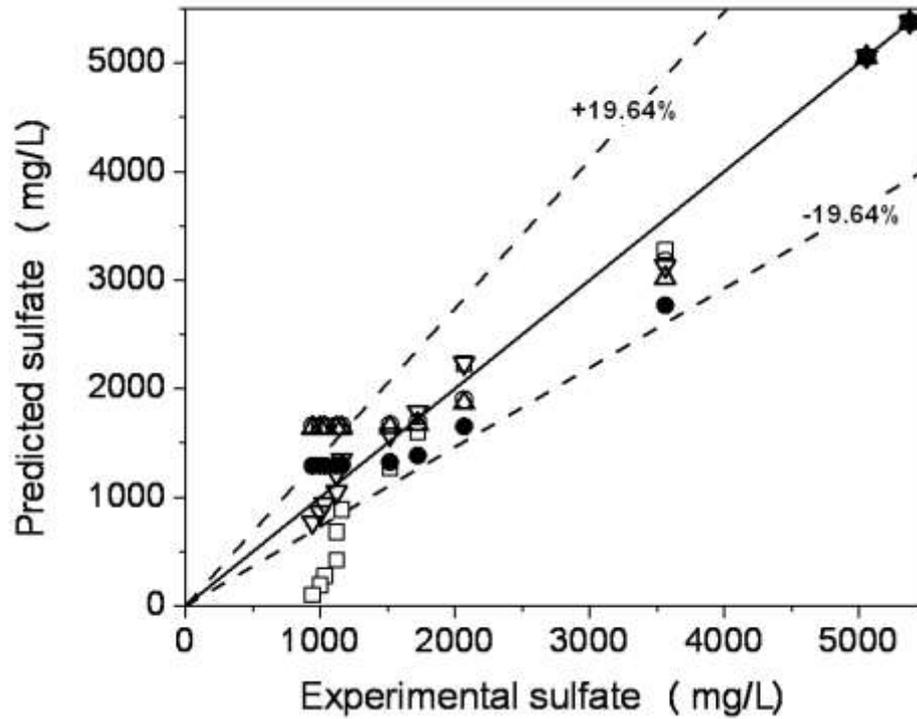


Fig.8. Error calculated from simulations of sulfate for each model. The symbols represent models, Haldane and Bulton (\square), Haldane and Levenspiel (\circ), Haldane and Luong (\triangle), Moser and Bulton (∇), and Levenspiel (\bullet).

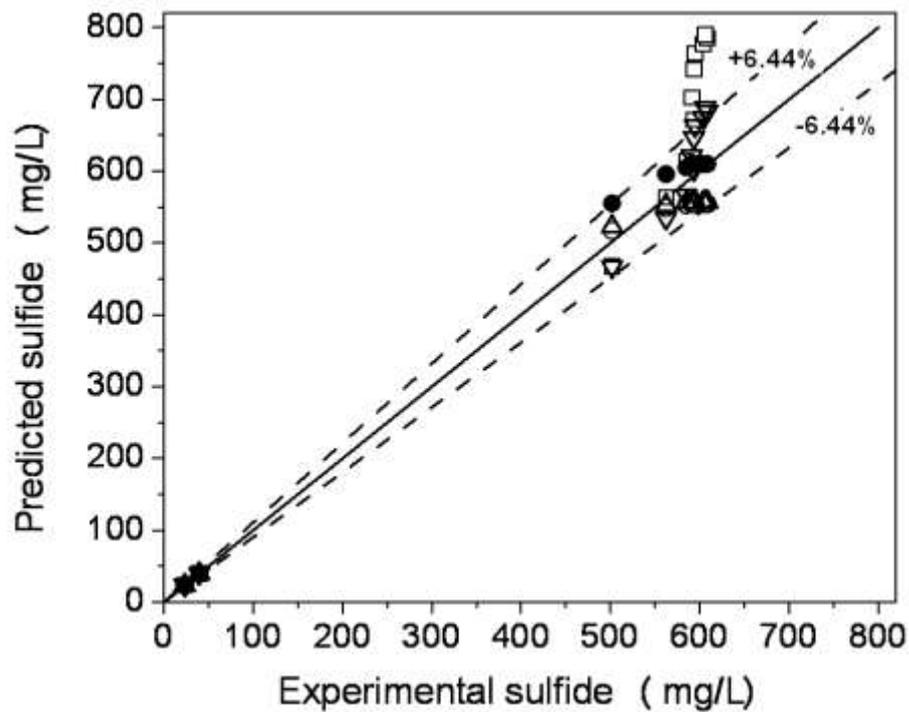


Fig.9. Error calculated from simulations of sulfide for each model. The symbols represent models, Haldane and Bulton (\square), Haldane and Levenspiel (\circ), Haldane and Luong (\triangle), Moser and Bulton (∇), and Levenspiel (\bullet).

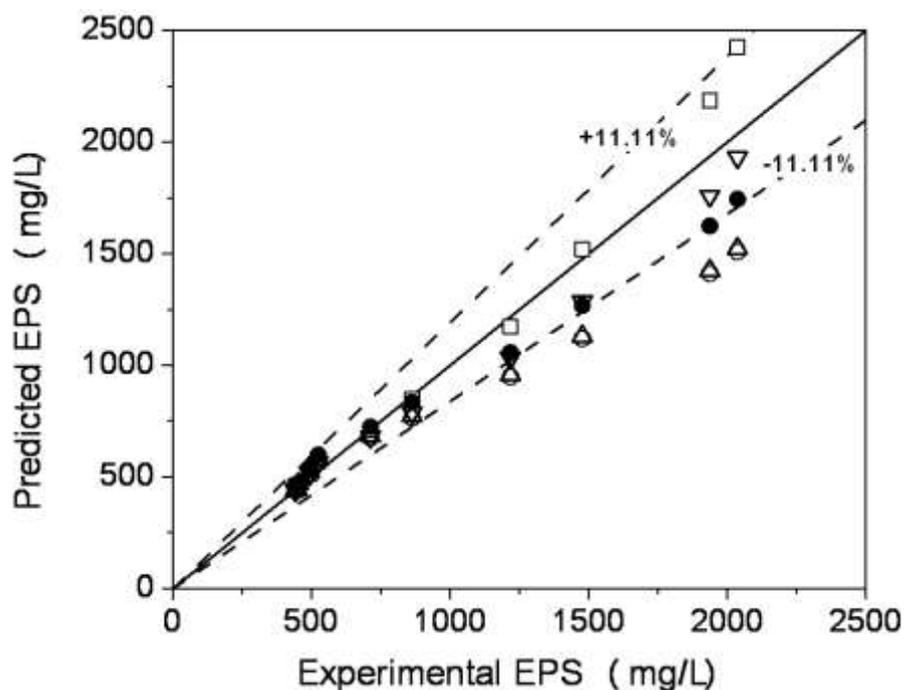


Fig.10. Error calculated from simulations of EPS for each model. The symbols represent models, Haldane and Bulton (□), Haldane and Levenspiel (○), Haldane and Luong (Δ), Moser and Bulton (▽), and Levenspiel (●).

In this kinetic analysis was observed that the effect of inhibition occurred approximately at 600 mg/l of sulfide. This effect is represented in all models, except on model Haldane-Bulton, see table 2, also correspond with previously date reported (Mossa & Harrison, 2006). The accumulation of sulfide in the environment affect the free multiplication cellular, then the kinetic behavior of sulfate-reducing processes do not be represented by single Monod model and more when are considering more than two variables, due to poor fit (González-Silva *et al.*, 2009). In

consequence, the model of Levenspiel represented adequately the overall behavior of this process type, see Fig. 11. A mathematical model with more variables can describe better the real world, in the sense that their qualitative predictions are in accordance with the observed data. This is illustrated on some recently obtained results on cadmium removal using at *D. alaskensis* 6SR, where is remarked that the using mathematical model with more of one variable (López-Pérez *et al.* 2013) the cadmium removal can be estimated.

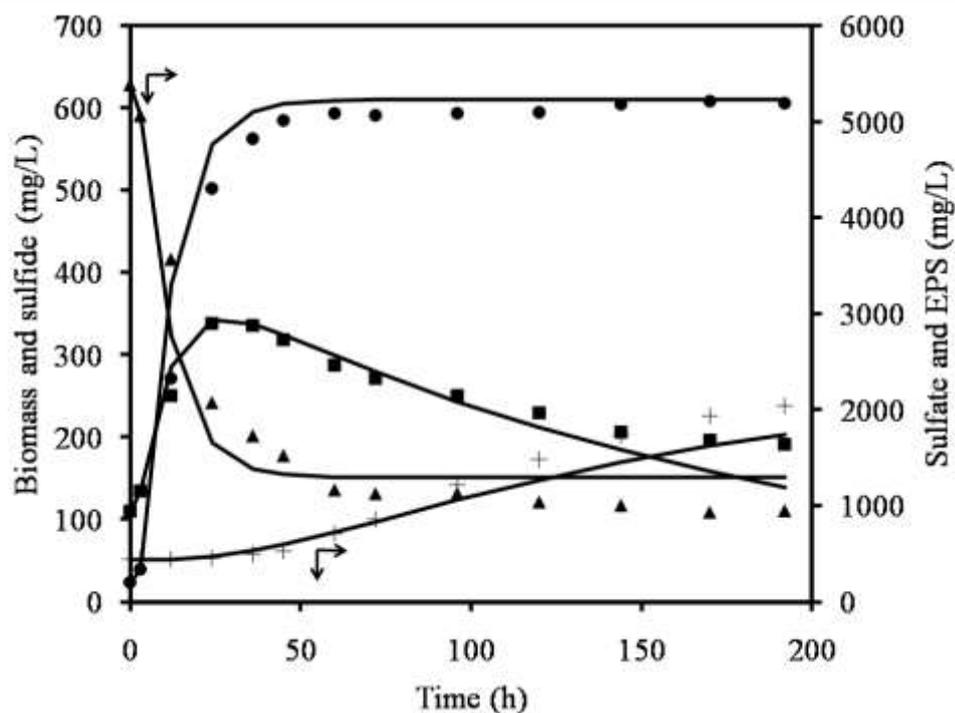


Fig.11. Comparison of the experimental and predicted data, employing model kinetics Levenspiel. Experimental biomass (■), experimental sulfate (▲), experimental sulfide (●), and experimental EPS (+). The continua line represents prediction data.

In conclusion, kinetic models are a grand tool in the bioprocesses allowing biochemical engineers to design, optimize, control microbial processes and, predicting the behavior of a bioprocess too (Bellouquid & Delitala, 2005). Then mathematical models, together with carefully designed experiments, make it possible to evaluate the behaviors of sulfate-reducing process more rapidly than with laboratory experiments alone, due at their anaerobic nature. So, the Levenspiel's model is the best model to represent the sulfate reducing process and the inhibition effect by sulfide, and with the combination of a mathematic BioTecnología, Año 2013, Vol. 17 No. 2

expression to EPS production kinetic, the overall behavior of system is satisfactory.

ACKNOWLEDGMENTS

J. C. Figueroa-Estrada would like to thank to Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for the corresponding postgraduate scholarship.

REFERENCES

Agarwal R, Mahanty B & Dasu VV (2009) Modeling growth of *Cellulomonas cellulans* NRRL B 4567 under substrate inhibition

Artículos

- during cellulase production, *Chem. Biochem. Eng. Q.* 23: 213–218.
- Alvarez MT, Pozzo T & Mattiasson B (2006) Enhancement of sulphide production in anaerobic packed bed bench-scale biofilm reactors by sulphate reducing bacteria. *Biotechnol. Lett.* 28: 175–181.
- Al-Zuhair S, El-Naas MH & Al-Hassani H (2008) Sulfate inhibition effect on sulfate reducing bacteria. *J. Biochem. Tech.* 1: 39–44.
- Arellano-Plaza M, Herrera-López EJ, Díaz-Montaño DM, Moran A & Ramírez-Córdova JJ (2007) Unstructured kinetic model for tequila batch fermentation. *Int. J. Math. Comput. Simul.* 1: 1-6.
- Bailey JE & Ollis DF (1986) *Biochemical Engineering Fundamentals*, second ed., McGraw Hill, Singapore.
- Bellouquid EA (2011) From kinetic models of multicellular growing systems to macroscopic biological tissue models. *Nonlinear Anal. Real World Appl.* 12: 1111-1122.
- Bellouquid A & Delitala M (2005) Mathematical methods and tools of kinetic theory towards modelling complex biological systems. *Math. Models Methods Appl. Sci.* 15: 1639.
- Bellomo N, Bellouquid A, Nieto J & Soler J (2010) Complexity and mathematical tools toward the modelling of multicellular growing systems. *Math. Comput. Model.* 51: 441-451.
- Bianca C, Pappalardo F & Motta S (2009) The MWF method for kinetic equations system. *Comput. Math. Appl.* 57: 831-840.
- Boulton R (1980) The prediction of fermentation behavior by a kinetic model. *Am. J. Enol. Vitic.* 31: 40-45.
- Caffrey SM & Voordouw G (2009) Effect of sulfide on growth physiology and gene expression of *Desulfovibrio vulgaris* Hildenborough. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 97: 11-20.
- Castro HF, Williams NH, Ogram A (2000) Phylogeny of sulfate-reducing bacteria. *FEMS Microbiol. Ecol.* 31: 1–9.
- Cord-Ruwisch R (1985) A quick method for determination of dissolved and precipitated sulfides in cultures of sulfate-reducing bacteria. *J. Microbiol. Methods.* 4: 33-36.
- Flemming HC & Wingender J (2001) Relevance of microbial extracellular polymeric substances (EPSs)--Part I: Structural and ecological aspects. *Water Sci. Technol.* 43: 1-8.
- Flemming HC & Wingender J (2001) Relevance of microbial extracellular polymeric substances (EPSs)--Part II: Technical aspects. *Water Sci. Technol.* 43: 9-16.
- Gonzalez-Silva BM, Briones-Gallardo R, Razo-Flores E & Celis LB (2009)

Artículos

- Inhibition of sulfate reduction by iron, cadmium and sulfide in granular sludge. *J. Hazard. Mater.* 172: 400–407.
- Haldane JBS (1930) Enzymes. London: Longmans, Green & Co., 1930.
- Han K & Levenspiel O (1988) Extended Monod kinetics for substrate, product, and cell inhibition. *Biotechnol. Bioeng.* 32: 430-437.
- Heijnen JJ & Romein B (1995) Derivation of kinetic equations for growth on single substrates based on general properties of a simple metabolic network. *Biotechnol. Prog.* 11: 712-716.
- Hernández-Gayoso MJ, Zavala-Olivares G, Ruiz-Ordaz N, Juárez-Ramírez C, García-Esquivel R & Padilla-Viveros A (2004) Microbial consortium influence upon steel corrosion rate, using polarization resistance and electrochemical noise techniques. *Electrochim. Acta.* 49: 4295-4302.
- Hungate RE (1969) A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. *Method. Microbiol*, Vol. 3B. In: JR. Norris, DW. Ribbons (Eds). Academic Press, London, pp. 117-132.
- Hyohak S, Hee S, Park JM & Lee SY (2008) Modeling of batch fermentation kinetics for succinic acid production by *Mannheimia succiniciproducens*. *Biochem. Eng. J.* 40: 107–115.
- Jorgensen BB (1982) Mineralization of organic matter in the sea bed-the role of sulphate reduction. *Nat.* 296: 643–645.
- Katsoyiannis IA & Zouboulis AI (2004) Biological treatment of Mn (II) and Fe (II) containing groundwater: kinetic considerations and product characterization. *Water Res.* 38: 1922-1932.
- Kolmert Å, Wikström P & Hallberg K (2000) A fast and simple turbidimetric method for the determination of sulfate in sulfate-reducing bacterial cultures. *J. Microbiol. Methods.* 41: 179–184.
- Kühl M & Jørgensen BB (1992) Microsensor measurement of sulfate reduction and sulfide oxidation in compact microbial communities of aerobic biofilms. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 1164–1174.
- Luong JHT (1985) Kinetics of ethanol inhibition in alcohol fermentation. *Biotechnol. Bioeng.* 27: 280-285.
- Levenspiel O (1980) The Monod equation: a revisit and a generalization to product inhibition situations. *Biotechnol. Bioeng.* 22: 1671-1687.
- López-Pérez, PA, Neria-González MI, Flores-Cotera LB & Aguilar-López R (2013) A mathematical model for

- cadmium removal using a sulfate reducing bacterium: *Desulfovibrio alaskensis* 6SR. *Int. J. Environ. Res.* 7: 501-512.
- López Pérez PA, Neria González MI & Aguilar López R (2012) Cadmium concentration stabilization in a continuous sulfate reducing bioreactor *via* sulfide concentration control. *Chemical Papers* DOI: 10.2478/s11696-012-0274-8.
- Moser H (1958) The dynamics of bacterial populations in the chemostat. *Carnegie Inst Publ.* 614.
- Moosa S & Harrison STL (2006) Product inhibition by sulphide species on biological sulphate reduction for the treatment of acid mine drainage. *Hydrometallurgy* 83 214–222
- Muyzer G & AJM Stams (2008) The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria. *Nat. Rev.* 6: 442-454.
- Neria-González MI, A. R. Domínguez-Bocanegra, J. Torres, R. Maya-Yescas & R. Aguilar-López (2009) Linearizing control based on adaptive observer for anaerobic continuous sulphate reducing bioreactors with unknown kinetics. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 23: 179–185.
- Neria-González I, ET Wang, F Ramírez, JM Romero & C Hernández-Rodríguez. (2006) Characterization of Bacterial Community Associated to Biofilms of Corroded Oil Pipelines from the Southeast of Mexico. *Anaerob.* 12: 122-133.
- Padilla-Viveros A, E Garcia-Ochoa & D Alazard (2006) Comparative electrochemical noise study of the corrosion process of carbon steel by the sulfate-reducing bacterium *Desulfovibrio alaskensis* under nutritionally rich and oligotrophic culture conditions. *Electrochim. Acta.* 51 3841–3847.
- Posgate JR (1981) Sulfate-reducing bacteria. Cambridge University Press, New York.
- Robinson JA & JM Tiedje (1983) Non linear estimation of Monod growth kinetic parameters from a single substrate depletion curvet. *Appl. Environ. Microbiol.* 45: 1453-1458.
- Trejos M, VJ Fontalvo-Alzate & MA Gómez García (2009) Mathematical description and stability analysis of fermentative processes. *Dyna Rev. Fac. Nac. Minas.* 158 111-121.
- Videla HA & LK Herrera (2005) Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. *Int. Microbiol.* 8: 169-180.
- Wagner M, AJ Roger, JL Flax, GA Brusseau & DA Stahl (1998) Phylogeny of dissimilatory sulfite reductases supports an early origin

Artículos

- of sulfate respiration. *J. Bacteriol.* 180: 2975–2982.
- Widdel F & R Rabus (2001) Anaerobic biodegradation of saturated and aromatic hydrocarbons. *Environ. Biotechnol.* 12: 259–276.
- Zhenming C & F Yan (2005) Exopolysaccharides from marine bacteria. *J. Ocean Univ. China.* 4: 67-74.

Nomenclature

X	: Biomass concentration (mg/l)
S	: Substrate concentration (mg /l)
P	: Product concentration (mg/l)
X_d	: Concentration of dead biomass (mg/l)
EPS	: Extracellular polymeric substances concentration (mg/l)
P^*	: Inhibitory product concentration (mg/l)
K_S, K_i, K_P	: Substrate affinity constant, inhibition constant, term inhibition (mg/l)
K_E	: Constant for EPS (1/h)
r_X	: Growth rate (mg-biomass/l per h)
r_d	: Death rate (mg-death biomass/l per h)
μ, μ_d, μ_{max}	: Specific growth rate, specific death rate, maximum rate growth (1/h)
$Y_{S/X}$: Substrate-biomass yield coefficient (mg-sulfate/mg-biomass)
$Y_{P/X}$: Product-biomass yield (mg-sulfide/mg-biomass)
m	: Exponential term for Luong model
n	: Exponential term for Moser model
ε	: Exponential term for EPS model

Efecto de tres Condiciones de Pasteurización sobre la Actividad Enzimática y Antimicrobiana de un Extracto de Glucosa Oxidasa

Nirza Noguera, Luis Ojeda*, Ingrid Velásquez, Ninoska Ramírez, Antonio Yépez.

Instituto de Investigaciones Biomédicas, Facultad de Ciencias de la Salud,

Universidad de Carabobo. Maracay-Venezuela. Apartado Postal 2351.

*Email: luis_ojedaojeda@yahoo.es

RESUMEN

En la actualidad existe una tendencia a incorporar enzimas en los alimentos como aditivo; sin embargo, estas pueden perder actividad cuando son sometidas a tratamientos térmicos, lo cual limita su aplicación. La Glucosa oxidasa (GOX) posee una capacidad antimicrobiana que favorece la conservación de alimentos en estado sólido y líquido, por lo que se determinó su potencial como aditivo natural, para ser incorporado durante el procesamiento en bebidas, previo a la pasteurización. Para ello, se sometió un extracto de GOX a tres condiciones de pasteurización: (a) 63°C por 30 min, (b) 72°C por 1 min y (c) 80°C por 1 min y se determinó su efecto sobre la actividad catalítica y antimicrobiana del mismo. La actividad antimicrobiana fue probada sobre una cepa de *Escherichia coli* ATCC 25922, cultivada en medio LB con 1 mg/ml de glucosa y 1 U del extracto por ml de medio. Se encontró que la enzima experimentó un descenso de su actividad catalítica de 33% con el tratamiento térmico (condición a), 36% con (b) y 62% con (c). En cuanto a la actividad antimicrobiana, se observó que independientemente del tratamiento térmico, los sistemas con presencia de la enzima mantuvieron la población bacteriana aproximada a 4.5×10^5 UFC/ml, mientras que la bacteria crecida en el medio sin la enzima alcanzó una población superior a 1×10^6 UFC/ml. Esto demuestra que la GOX puede ser incorporada previamente a los procesos de pasteurización y mantener sus propiedades catalítica y antimicrobiana.

Palabras Clave: Glucosa oxidasa, pasteurización, actividad antimicrobiana.

ABSTRACT

Currently there is a tendency to incorporate enzymes as food additives. However, these enzymes may lose activity when subject to thermic treatment, situation which limits their application. Glucose oxidase (GOX) has antimicrobial properties which promote food conservation either in solid or liquid state. Therefore, its potential as a natural additive during drinks processing prior to pasteurization, was determined. For this purpose, a GOX

extract was subjected to three pasteurization conditions: (a) 63°C for 30 min, (b) 72°C for 1 min and (c) 80°C for 1 min and their effects on its catalytic activity and antimicrobial action, were determined. Antimicrobial activity was tested on *Escherichia coli* strain ATCC 25922, grown in LB medium containing 1 mg/ml glucose and 1 U extract per ml of medium. A decrease in enzyme activity of 33% with thermic treatment (condition a), 36% with (b) and 62% with (c), was observed. Regarding antimicrobial activity, it was found that regardless the thermic treatment used, the presence of enzyme maintained the bacterial population approximately to 4.5×10^5 CFU/ml, whereas the bacterial grown in medium lacking enzyme reached a population greater than 1×10^6 CFU / ml. These results show that GOX may be incorporated prior to the pasteurization processes and maintain its catalytic and antimicrobial properties.

Keywords: Glucose oxidase, pasteurization, antimicrobial activity.

INTRODUCCIÓN

En la industria de alimentos, suelen utilizarse diferentes métodos para la conservación de los productos, los cuales van desde tratamientos térmicos (la pasteurización, esterilización, secado, deshidratación osmótica, la refrigeración y la congelación); químicos (incorporación de aditivos); físicos (irradiación, pulsos electromagnéticos) y biológicos (incorporación de enzimas). En muchos casos se busca la combinación de varios de éstos para prolongar la vida útil del alimento. El uso de enzimas en la conservación de alimentos es una práctica que se ha venido generalizando en el transcurso de los años (Taylor & Richardson, 1979; Meyer & Isaksen, 1995).

La glucosa oxidasa (EC1.1.3.4) es una enzima que cataliza la oxidación de

la β -D-glucosa a D-glucono-1,5-lactona, peróxido de hidrogeno y finalmente ácido D-gluconico en presencia de oxígeno (Fiedurek & Gromada, 2000; Zia, *et al* 2010). Está presente en organismos aeróbicos y funciona normalmente en conjunto con la catalasa. La glucosa oxidasa (GOX) es obtenida por fuentes microbianas y normalmente es producida por la fermentación aerobia de *Aspergillus niger* y especies *Penicillium* como *Penicillium notatum*, *Penicillium chrysosporium* (Khurshid *et al*, 2011).

Esta enzima posee una capacidad antimicrobiana que favorece la conservación de alimentos en estado sólido y líquido (Fresl *et al.*, 1984; Dziezak, 1986; Field *et al.*, 1986; Kantt & Torres, 1993; Wong *et al.* 2008). Los productos obtenidos de la oxidación de la β -D-glucosa tienen capacidad probada

como bactericidas sobre especies como *Staphylococcus aureus*, *Salmonella infantis*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* (Tiina & Sandholm, 1989), *Pseudomona fragi* (Yoo & Rand, 1985), *Escherichia coli* enterotóxica (Massa *et al.*, 2001).

En la presente investigación se evaluó el efecto que las temperaturas pasteurización usadas en bebidas (63, 72 y 80°C), tienen sobre la actividad catalítica y antimicrobiana de la enzima GOX, con la finalidad de determinar su potencial como aditivo natural, para ser incorporado durante el procesamiento de las bebidas, previo a los tratamientos térmicos.

METODOLOGÍA

Microorganismos

La producción del extracto de GOX se obtuvo a partir de una cepa silvestre de *Aspergillus niger*, proveniente de un aislado clínico, donada por el Departamento de Microbiología de la Escuela de Bioanálisis de la Universidad de Carabobo (Maracay-Venezuela). Para probar el efecto antimicrobiano del extracto de GOX, se utilizó la cepa de *Escherichia coli* ATCC 25922, facilitada por el Instituto Nacional de Higiene (Caracas-Venezuela),

Extracto de Glucosa Oxidasa (GOX)

La obtención del extracto enzimático se hizo siguiendo el protocolo propuesto por Ojeda *et al.* (2011).

Actividad Enzimática

La actividad de GOX se evaluó mediante la detección del peróxido de hidrógeno producido al oxidarse la glucosa (sustrato), por el método colorimétrico descrito por Zoghbi *et al.* (2008). La unidad de actividad (U) fue definida como la cantidad de glucosa oxidada que cataliza la oxidación de 1 μmol de D-glucosa por minuto a pH 7 y a 25°C.

Actividad Antimicrobiana de GOX sobre la cepa de E. coli ATCC 25922

Se determinó la capacidad antimicrobiana del extracto producido sobre la cepa de *E. coli* seleccionada, para ello se tomó como referencia las investigaciones desarrolladas por Tiina & Sandholm (1989) y Massa *et al.* (2001). Se cultivó la bacteria en un medio Luria-Bertani estéril (LB) con 1 mg/ml de glucosa y se probaron tres concentraciones de la enzima 0.1 U/ml; 0.5 U/ml y 1.0 U/ml. El volumen de cultivo fue de 50 ml, el inoculó de 1×10^4 UFC/ml y las condiciones a 37°C bajo agitación continua (100 rpm) durante 4 h.

Como control se cultivó la bacteria en medio LB estéril con 1 mg/ml de glucosa sin extracto enzimático. El experimento se realizó por duplicado y el crecimiento fue monitoreado por el cambio de absorbancia a 600 nm.

Efecto de la pasteurización sobre la actividad enzimática

Se tomaron muestras de 1 ml de un extracto enzimático, las cuales fueron sometidas a tres temperaturas de pasteurización: (a) 63°C, (b) 72°C y (c) 80°C y diferentes tiempos de exposición. Para la temperatura de 63°C los tiempos considerados fueron 10, 20 y 30 min. Para las temperaturas más altas (72 y 80°C) se consideran tiempos cortos de 15, 30 y 60 s. Todas las mediciones se realizaron por duplicado.

Efecto de la pasteurización sobre la actividad antimicrobiana de la enzima

Para determinar el efecto antimicrobiano después del tratamiento térmico, se aplicó un diseño de experimento tipo bloques al azar, en el que se incorporó un volumen del extracto enzimático "pasteurizado" en medio LB estéril con glucosa 1 mg/ml, volumen final de ensayo 50 ml. Las condiciones de pasteurización establecidas fueron: (a) 63°C por 30 min, (b) 72°C por 30 s, (c) 80°C por 30 s. Las fiolas fueron

inoculadas con un total de 1×10^5 células/ml de *E. coli*, incubadas a 37°C bajo agitación constante a 100 rpm y su crecimiento fue monitoreado durante 5 h por turbidez a 600 nm, las medidas fueron transformados a UFC/ml. Este ensayo se hizo por duplicado y adicionalmente se incorporaron dos controles, uno positivo, en el que la enzima fue adicionada al medio estéril sin tratamiento térmico, y otro negativo, en el que no se incorporó la enzima. Ambos controles fueron inoculados con la misma cantidad de células e incubados junto con las demás muestras. Se trabajó con un total de 12 fiolas las cuales fueron arregladas bajo un diseño completamente al azar.

Análisis Estadístico

Para la caracterización del efecto de la temperatura sobre la actividad catalítica de las muestras, se calcularon los valores promedio y su desviación estándar con el fin de determinar los porcentajes de pérdida de actividad. El crecimiento bacteriano fue presentado mediante gráficos de dispersión, al representar las UFC/ml por tiempo. Para transformar los datos de absorbancia a UFC/ml se empleó la ecuación $\text{UFC/ml} = 4.8 \times 10^4 (\text{Abs}_{600}) + 9.9 \times 10^3$ ($R^2 = 0.88$); obtenida por regresión lineal al relacionar

los datos de la turbidez y contaje en placas (datos no mostrados).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se obtuvieron 2.5 L de extracto de GOX con una actividad enzimática de 4.5 ± 0.12 U/ml y con éste se desarrollaron todos los experimentos descritos.

Efecto del extracto de GOX sobre el crecimiento de E. coli ATCC 25922

Al determinar la capacidad antimicrobiana del extracto sobre el crecimiento de *E. coli* se encontró que este fue capaz de retardar significativamente su crecimiento, al

utilizar concentraciones de 0.5 y 1 U por ml de medio LB con glucosa a razón de 1 mg/ml, exhibiendo una mayor inhibición a la concentración más alta. En esta última concentración el sistema la población alcanzó un promedio de 2.5×10^4 UFC/ml, mientras que la población promedio en el sistema usado como control fue de 7.5×10^4 UFC/ml (Fig. 1). Este resultado concuerda con los reportes previos del efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano de la enzima GOX (Massa *et al.*, 2001; Tiina & Sandholm, 1989). Dados estos resultados, se decidió emplear esta para los siguientes ensayos la concentración de 1 U de GOX por ml de medio.

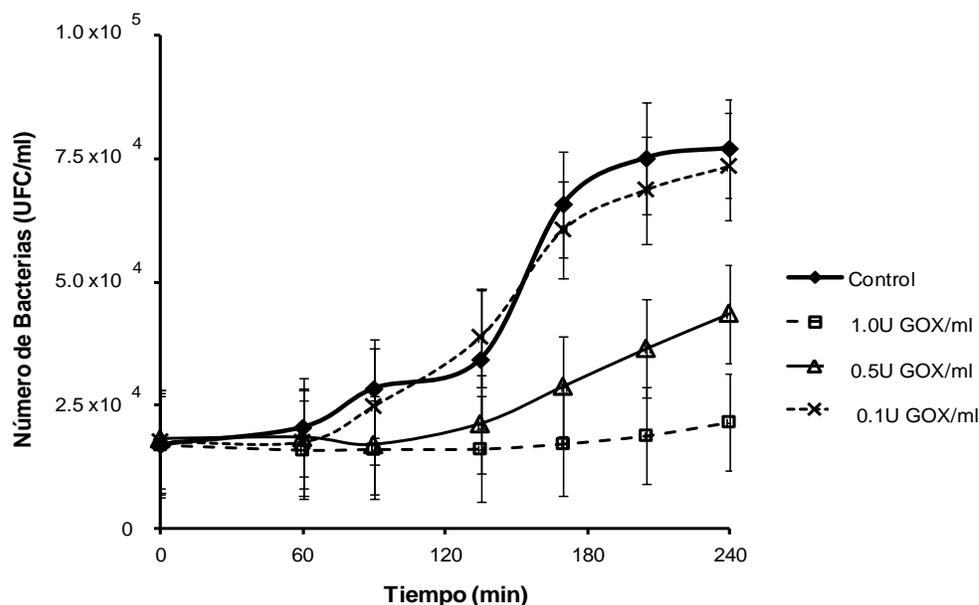


Fig. 1. Actividad antimicrobiana del extracto de GOX sobre *E. coli* ATCC 25922 cultivada en medio LB estéril con glucosa 1 mg/ml. Utilizando tres concentraciones del extracto 0,1; 0,5 y 1 U/ml y un control de medio LB estéril con glucosa sin enzima.

Efecto de la pasteurización sobre la actividad enzimática

En cuanto a los efectos de las temperaturas de pasteurización se encontró que el extracto sometido al tratamiento térmico de 63°C, exhibió un descenso de la actividad de 0.77 U/ml durante los primeros 10 min del proceso, y para los siguientes 20min la caída fue alrededor de 1.5 U/ml, tal como se muestra en la tabla 1. La actividad residual promedio al final del proceso fue de 67% (Fig. 2).

Al aumentar la temperatura y disminuir los tiempos se encontró que en el caso del tratamiento a 72°C, se observó que durante los primeros 15 s la pérdida de actividad enzimática promedio fue mínima, obteniendo un valor

estadísticamente similar al inicial (4.5 ± 0.09 vs. 4.47 ± 0.05 ; Tabla 1). En los siguientes 30 s se presenta un cambio drásticamente, evidenciándose una disminución de la actividad en 1.2 U/ml y para los 60 s es cercana a 1.5 U/ml, obteniendo una actividad residual promedio al final del proceso cercana al 65% (Fig. 2).

Para el tratamiento a 80°C durante los primeros 15 s la pérdida de actividad fue alrededor de 0.25 U/ml (Tabla 1), a medida que transcurrió el tiempo de exposición el descenso de la actividad fue mayor alcanzando una actividad residual de 38% (Fig. 2).

Tabla 1. Efecto de las condiciones de pasteurización sobre la actividad de GOX presente en el extracto enzimático.

Condiciones de Pasteurización del extracto de GOX					
63°C por 30 min		72°C por 1 min		80°C por 1 min	
Tiempo (min)	Actividad (U/ml)	Tiempo (s)	Actividad (U/ml)	Tiempo (s)	Actividad (U/ml)
0	4.50 ± 0.09	0	4.50 ± 0.09	0	4.50 ± 0.09
10	3.73 ± 0.10	15	4.47 ± 0.05	15	4.25 ± 0.13
20	3.42 ± 0.11	30	3.31 ± 0.07	30	3.32 ± 0.04
30	3.02 ± 0.06	60	2.96 ± 0.04	60	1.70 ± 0.08

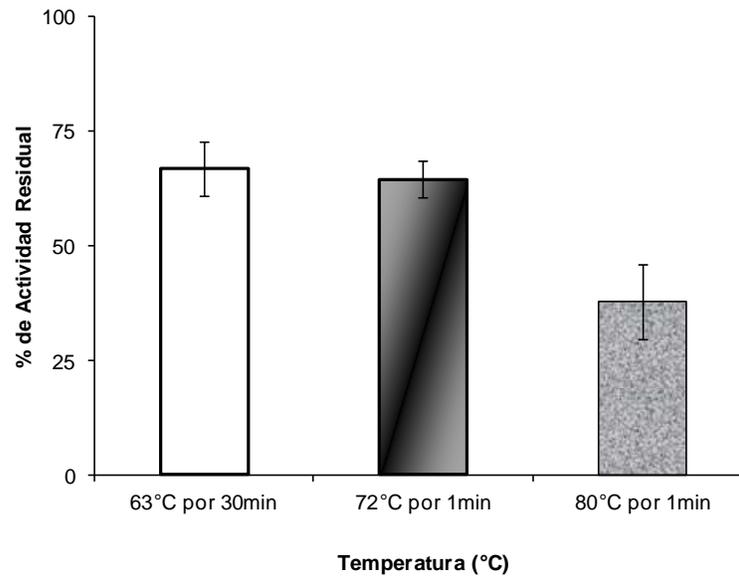


Fig. 2. Actividad residual del extracto de GOX al final de los procesos de pasteurización, partiendo de una actividad inicial de 4.5 U/ml.

La desnaturalización térmica de GOX ha sido ampliamente estudiada, se ha descrito que sigue una cinética de primer orden y que la pérdida de actividad se debe principalmente a la desestabilización de interacciones iónicas e hidrofóbicas, y a la ruptura de enlaces de hidrógeno y fuerzas de van der Waals, que ocasionan cambios conformacionales a nivel de la estructura secundaria, que traen consigo la consecuente pérdida del cofactor Flavin adenin dinucleótido (FAD) (Matos *et al.*, 2012; Zoldak *et al.*, 2004; Gouda *et al.*, 2003). Se ha reportado que a temperaturas superiores a los 40°C, se

inicia el proceso de desnaturalización térmica, con una significativa pérdida de su poder catalítico (Matos *et al.*, 2012). Estos autores comprobaron que al exponer la enzima a 41°C por 10 min ocurre una pérdida del 50% de su actividad inicial. De igual manera, Zoldak *et al.* (2004) demostraron que por arriba de los 55°C se evidencian cambios estructurales importantes que tienden a ser irreversibles al superar los 58.5°C. En consecuencia, la pérdida de actividad observada en el presente estudio, está asociada con el proceso de desnaturalización térmica. Las temperaturas de pasteurización probadas

están por encima de los valores previamente descritos. Sin embargo, hay que destacar el hecho de que el extracto de GOX utilizado exhibió una alta termoestabilidad, ya que su exposición a 63°C por 10 min sólo ocasionó una pérdida de actividad promedio del 16%, porcentaje que está por debajo del reportado por Matos *et al.* (2012) para una temperatura de 41°C.

Efecto de la pasteurización sobre la actividad antimicrobiana

Al observar el crecimiento bacteriano en los sistemas de cultivo donde se incorporó la enzima pasteurizada a las diferentes condiciones, se encontró que la enzima mantuvo su efecto inhibitorio. Las bacterias cultivadas en medio LB sin adición de GOX (control) incrementaron su población a 1×10^6 UFC/ml, mientras

que las cultivadas en presencia del extracto de GOX pasteurizado exhibieron valores entre $4-5 \times 10^5$ UFC/ml. Lo que implica que la enzima GOX sigue manteniendo su actividad pese a haber sido sometida a tratamientos térmicos (Figura 3). De hecho, la curva de crecimiento obtenida en los sistemas con GOX pasteurizada a 63°C por 30 min mostró un comportamiento estadísticamente similar al crecimiento en los sistemas con GOX sin pasteurizar, con una población promedio final alrededor de 4×10^5 UFC/ml. Estos hallazgos abren una gran posibilidad en el campo de la tecnología de alimentos, puesto que se podría utilizar la GOX como aditivo natural en los procesos de elaboración de bebidas, previo a su pasteurización, para incrementar su vida en anaquel.

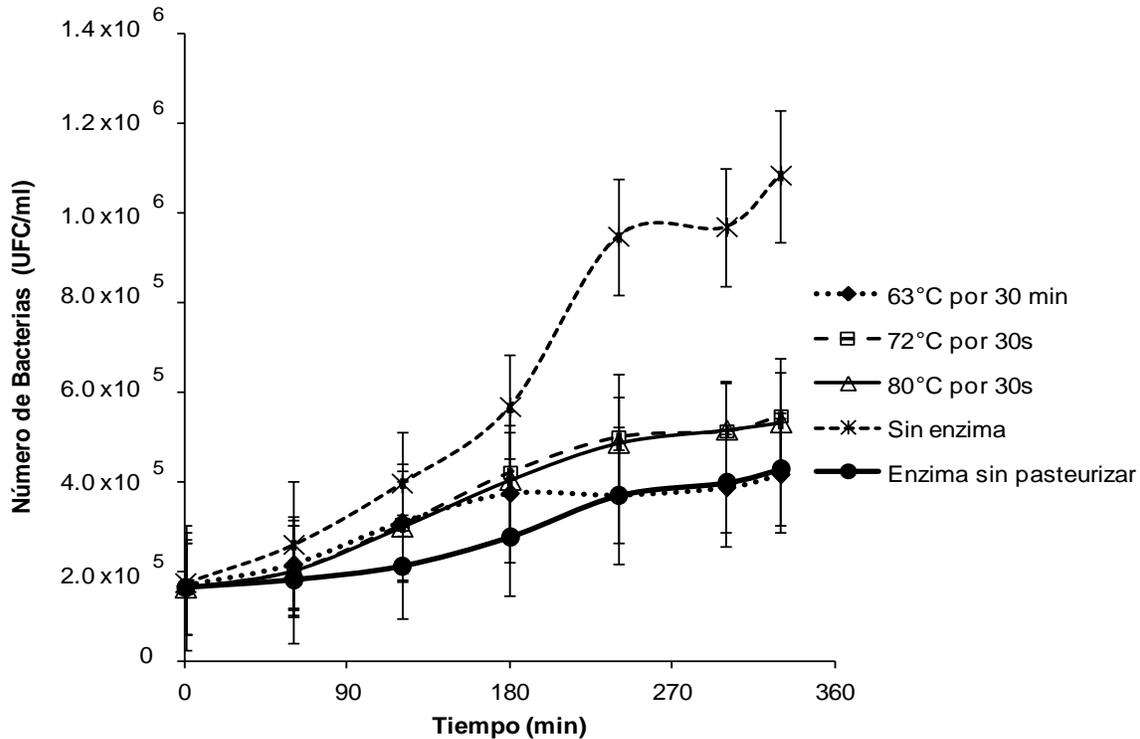


Fig. 3. Curvas de crecimiento de la bacteria *E. coli* en medio LB – glucosa 1 mg/ml en presencia de un extracto de GOX (1 U/ml) pasteurizado a diferentes condiciones: 63°C por 30 min, 72°C por 30 s y 80°C por 30 s.

REFERENCIAS

- Bankar S, Bule M, Singhal R & Ananthanarayan L (2009) Glucose oxidase - an overview. *Biotechnol. Adv* 27(4): 489 – 501.
- Dziedzic JD (1986) Antioxidants – the ultimate answer to oxidation. *Food Technol.* 40: 94 -103.
- Fiedurek J & Gromada A (2000) Production of catalase and glucose oxidase by *Aspergillus niger* using unconventional oxygenation of culture. *Appl. Microbiol.* 89: 85-89.
- Field CE, Pivarnik LF, Barnett SM & Rand AG (1986) Utilization of glucose oxidase for extending the shelf life of fish. *J. Food Sci.* 51: 66 – 70.
- Fresl JM, Samuelson KJ, Froning GW & Rupnow JH (1984) Evaluation of glucose oxidase/catalase treatment to improve microbiological quality of poultry meat. *Poultry Sci.* 63: 841 – 843.
- Gouda MD, Singh SA, Rao AG, Thakur MS & Karanth NG (2003) Thermal inactivation of glucose oxidase. Mechanism and stabilization using additives. *J. Biol. Chem.* 278(27): 24324 -24333.
- Kantt GA & Torres JA (1993) Growth inhibition by glucose oxidase of

Artículos

- selected organisms associated with the microbial spoilage of shrimp (*Padolus jordani*): *in vitro* model studies. *J. Food Protec.* 50: 147 – 152
- Khurshid S, Kashmiri M, Quershi Z & Ahmad W (2011) Optimization of glucose oxidase production by *Aspergillus niger*. *African J. Biotec.* 10(9): 1674 -1678.
- Massa S, Petruccioli M, Brocchi GF, Altieri C, Sinigaglia M & Spano G (2001) Growth inhibition by glucose oxidase system of enterotoxic *Escherichia coli* and *Salmonella derby*: *in vitro* studies. *World J. Microb. Biot.* 17: 287 – 291.
- Matos M, Simpson BK, Ramírez HL, Cao R, Torres-Labandeira JJ & Hernández K (2012) Stabilization of glucose oxidase with cyclodextrin-branched carboxymethylcellulose. *Biotechnol. Apl.* 29(1): 1 – 6.
- Meyer AS & Isaksen A (1995) Application of enzymes as food antioxidants. *Trends. Food Sci. Technol.* 6: 300–304
- Ojeda L, Noguera N, Triana JL, Triana F (2011) Obtención de un extracto enzimático de glucosa oxidasa y catalasa con potencial antioxidante en alimentos, en un medio de cultivo no convencional. *BioTecnología.* 15(2): 48 – 58.
- Ramachandran S, Fontanille P, Pandey A & Larroche C (2006) Gluconic Acid: properties, applications and microbial production. *Food Technol. Biotechnol.* 44 (2) 185–195.
- Taylor MJ & Richardson T (1979) Applications of microbial enzymes in food systems and biotechnology. *Adv. Appl. Microbiol.* 25: 7 – 35.
- Tiina M & Sandholm M (1989) Antibacterial effect of the glucose oxidase-glucose system on food-poisoning organisms. *Int J Food Microbiol.* 8: 165-174.
- Wong C, Wong K & Chen X (2008) Glucose oxidase: natural occurrence, function, properties and industrial applications. *Appl. Microbiol. and Biotechnol.* 78(6): 927-938.
- Zia M., Rahman K., and Khan A. (2010) Thermal Characterization of Purified Glucose Oxidase from A Newly Isolated *Aspergillus Niger* UAF-1. *J. Clin. Biochem Nutr.* November 29; 47(3): 268
- Zoghbi N, Ojeda L, Noguera N, Yépez A, Camargo H & Triana-Alonso F (2008) Extracción y purificación de Glucosa oxidasa para fines diagnósticos producida en medios a base de fertilizantes y azúcar industrial. *Rev. Soc. Ven. Microbiol.* 28: 31 – 37.
- Zoldak G, Zubrik A, Musatov A, Stupak M & Sedlak E (2004) Irreversible thermal denaturation of glucose oxidase from *Aspergillus niger* is the transition to the denatured state with residual structure. *J Biol. Chem.* 279(46): 47601 – 47609.

Reseña del XV Congreso de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería

El décimo quinto Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería (SMBB A.C.) se celebró de manera conjunta y en plena coordinación con el décimo segundo Simposio Internacional sobre Genética de Microorganismos Industriales (GIM) del 23 al 28 de Junio del 2012 en la bella y cálida ciudad de Cancún Quintana Roo. El evento resultó todo un éxito. Con una expectativa cumplida de participación de casi 1500 personas, entre ellos: biotecnólogos, bioingenieros, estudiantes de biotecnología, ingenieros químicos de producción de alimentos y bebidas alcohólicas, químicos, químicos farmacéuticos, biólogos, microbiólogos, consultores y otros profesionales del sector público y privado de México y del extranjero.

En todas las conferencias y sesiones técnicas orales y en cartel se demostró que la Biotecnología y la Bioingeniería son un eje del desarrollo de la ciencia y de la tecnología en diferentes sectores estratégicos como el sector agrícola, alimentario, salud, ambiental, biocombustibles e industria farmacéutica y veterinaria, por mencionar algunos. Asimismo, el desarrollo de la genética de microorganismos en los diferentes sectores industriales, es muy relevante para impulsar aplicaciones específicas tales como la producción de antitumorales, antimicrobianos, hipocolesterolémicos, herbicidas, parasiticidas, vacunas y otras proteínas recombinantes de interés médico y veterinario. En cada sesión y en todo lugar del Centro de Convenciones de Cancún se pudo observar una alta afluencia de congresistas que con gran ánimo eran participes de un intenso intercambio de experiencias, investigaciones y conocimientos en las diferentes especialidades.

El domingo 23 por la tarde la inauguración del evento estuvo a cargo de los presidentes de las agrupaciones científicas que en este evento coincidieron el Dr. Stefano Donadio por GIM y el Dr. Gerardo Saucedo Castañeda por la SMBB. Quienes estuvieron acompañados de los miembros de los comités organizadores y de los representantes del comité conjunto de organización, los doctores Sergio Sánchez Esquivel (GIM) y Cristóbal Noé Aguilar González (SMBB). Los invitados especiales fueron los distinguidos profesores Arnold Demain y John Villadsen además de la secretaria académica de la Universidad Politécnica de Quintana Roo, institución anfitrión del evento, la Dra. Dra. Verónica Isabel Ac Ávila. La inauguración fue seguida de una ilustrativa conferencia magistral impartida por el Dr. Luis Alberto Vargas Guadarrama sobre "La alimentación de los antiguos mayas y su expresión en curso". Previo a las actividades del Congreso se llevó a cabo el curso pre-congreso "Detección Cuantificación absoluta de OGM's a través de PCR digital en gotas" por personal de la compañía Bio-Rad.

Los asistentes al congreso pudieron presenciar 13 conferencias magistrales impartidas por desatacados científicos con reconocimiento mundial. El Comité organizador tuvo especial cuidado en la selección de los conferencistas para asegurar una alta calidad científica de estas intervenciones magistrales que se presentaron ante un público participativo y crítico.

Las sesiones de carteles fue la oportunidad de establecer un contacto estrecho entre los expositores y estudiantes, investigadores, profesores, tecnólogos de orígenes muy diversos. El Comité Científico seleccionó los mejores resúmenes para que fueran expuestos en forma de presentaciones orales a lo largo de doce sesiones temáticas de trabajos libres. Tanto las sesiones de carteles como las presentaciones orales fue el escenario de discusión de los avances de investigación realizados en las diferentes instituciones nacionales y

RESEÑA XV CONGRESO NACIONAL

extranjeras. En la reseña científica preparada por la Dra. Romina Rodríguez Sanoja encontrarán más detalles al respecto.

Tres importantes eventos sociales permitieron la integración de los asistentes como medio para facilitar el acercamiento, intercambio y análisis de oportunidad colaborativa. Los eventos adicionales incluyeron la reunión de la Red de Talentos Mexicanos en el Extranjero, la reunión de delegaciones de la SMBB, la reunión de delegados de GIM, la presentación de libros sobre temas de energía y aplicaciones medioambientales, además de diversas conferencias técnicas impartidas por las cosas comerciales patrocinadores del evento en donde presentaron las innovaciones y más recientes tecnologías analíticas y de procesos en biotecnología.

La reunión encabezada por el presidente y vicepresidente de la SMBB el Dr. Gerardo Saucedo Castañeda y Dr. Cristóbal Noé Aguilar González con las Delegaciones del interior del país, permitió detectar retos para el mejoramiento del funcionamiento de las Delegaciones constituidas e identificar inquietudes para la creación de nuevas Delegaciones en la región occidente del país, deseamos que su creación se concrete rápidamente para que contribuyan a impulsar la Biotecnología y Bioingeniería al interior del país.

El otorgamiento de Premios durante el Congreso de la SMBB se ha vuelto una tradición, por lo que el subsecretario de nuestra sociedad científica el Dr. José Adelfo Escalante Lozada coordinó la entrega del Premio **Alfredo Sánchez Marroquín**, patrocinado por Yakult, y el Premio **Sergio Sánchez Esquivel**, patrocinado por Applikon. Asimismo, cabe señalar que la SMBB a través de su Consejo Consultivo integrado por los Ex - Presidentes otorgó el reconocimiento de Miembro de Honor a los doctores Gustavo Viniegra González

RESEÑA XV CONGRESO NACIONAL

y Carmen Wachter Rodarte. Los eventos de clausura incluyeron la participación del Dr. Arnold L. Demain y del Dr. Agustín Lopez Munguía quienes cerraron con broche de oro este evento conjunto.

Es bien sabido que la realización de eventos de este alcance dependen en gran medida de la capacidad de convocatoria y trabajo de las instituciones y grupos que los organiza, quienes de manera multifuncional operan como moderadores, conferencistas, panelistas, así como personal de apoyo técnico y de logística, a todos ellos les agradecemos profundamente su asistencia y participación; lo cual fue una pieza importante en el éxito de nuestro evento. El apoyo local, fue de vital importancia para lograr una coordinación exitosa. La participación de los patrocinadores de empresas, instituciones públicas no tiene un precedente similar en las historia de nuestra Sociedad. Este apoyo permitió contar con finanzas sanas al término de nuestro Congreso dando continuidad a eventos pasados de la sociedad. Este patrocinio estuvo acompañado durante los meses de preparación del congreso, de un ejercicio de planeación de los presupuestos de ingresos y egresos muy cuidadoso. La Tesorería de la SMBB a cargo del Dr. Mauricio Trujillo Roldán, hará una descripción detallada de estos aspectos.

El Comité Organizador Ampliado del XIV Congreso de la SMBB y XII Simposio GIM conjunto y la Mesa Directiva Nacional 2012-2014 de la SMBB agradecen profundamente a todos los involucrados en la organización de este exitoso evento científico y espera contar con su valiosa presencia en nuestros próximos eventos.

Finalmente, queremos agradecer el importante apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través de la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico (C-280/2013, 205011) y de la Secretaría de Educación Públicas a través de su Programa de

RESEÑA XV CONGRESO NACIONAL

Apoyo al Desarrollo de la Educación Superior (PADES). Asimismo agradecemos a todos aquellos patrocinadores del sector académico, gubernamental y comercial, a los socios e instituciones que ven en el congreso de la SMBB el espacio para conocer y definir el rumbo de la biotecnología mexicana.

Dr. Cristóbal Noé Aguilar González,

Vice-Presidente de la SMBB (2012-2014)

Presidente del Comité Organizador XIV Congreso Nacional 2013



12th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE
**Genetics of Industrial
Microorganisms** | CANCUN
MEXICO
2013
23 - 28 JUNE



Reseña del 12th International Symposium on the Genetics of Industrial Microorganisms (GIM2013)

Este simposio se llevó a cabo en la Cd. de Cancún Quintana Roo del 23 al 28 de Junio de 2013 de manera conjunta con el décimo quinto Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería (SMBB). La sede de éste simposio se logró durante la celebración del GIM2006 en la Cd. de Praga, República Checa con la entusiasta participación de varios miembros del Comité Organizador Local.

Para la realización del simposio se dispuso de las instalaciones y Centro de Convenciones de Cancún. Así, durante una semana completa se creó un foro para la discusión crítica de tópicos de importancia e interés actual en la manipulación genética y explotación de microorganismos industriales. Dichos tópicos fueron presentados por líderes académicos e industriales quienes nos ilustraron sobre sus avances en investigación y desarrollo a través de cinco conferencias plenarios, 10 simposios y 60 presentaciones libres. Se organizaron también 4 sesiones de carteles que permitieron la presentación de 120 trabajos de investigación. Esta modalidad favoreció la discusión de resultados en grupos de trabajo pequeños. Las personas que asistieron a **GIM-2013**, tuvieron además la oportunidad de conocer a los principales exponentes de la microbiología industrial para conocer y construir oportunidades de estudio y colaboración con los mismos.

Los conferencistas plenarios que se invitaron y las ponencias que impartieron fueron los siguientes:

Eriko Takano Manchester University, UK
“Towards biotechnology 2.0: Synthetic biology of bioactive molecules”

Lixin Zhang, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, P.R. China

“Bioprospecting novel natural products for potential anti-infective drugs”

David Wu, Department of Chemical Engineering, University of Rochester, Rochester, NY, USA

“Regulation of cellulolytic enzymes and metabolic pathways in *Clostridium thermocellum*”

Michael Bott, Forschungszentrum Jülich GmbH, Germany

“Single-cell metabolite sensors for high-throughput strain and enzyme development”

Gregory Challis, Department of Chemistry, University of Warwick, Coventry, UK

“Exploiting cryptic biosynthetic gene clusters for novel natural product discovery”

También se invitó a un conferencista para la cena de clausura:

Arnold L. Demain, Drew University, Madison NJ, USA

“The trials and tribulations of an MIT Professor”

Los simposios que se organizaron y los coordinadores de los mismos fueron los siguientes:

Simposio I “Genetics of microbial processes for food and beverages”

Coordinador: Carmen Wachter Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

Simposio II “Genetics of microbial processes for primary metabolites”

Coordinadores: Juan Francisco Martín & Paloma Liras, León University, Spain

Simposio III “Genetics of microbial processes for secondary metabolites”

Coordinador: David Hopwood, John Innes Centre, Norwich, UK

Simposio IV “Biopharmaceuticals production by recombinant systems”

Coordinador: Arnold L. Demain, Drew University, New Jersey, USA

Simposio V “Omics, modelling and system biology in future drug discovery and development programs”

Coordinador: Yair Aharonowitz, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel

Simposio VI “Genetics of processes involved in bioremediation”

RESEÑA XV CONGRESO NACIONAL

Coordinador: Rafael Vázquez-Duhalt, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, Mor., Mexico

Simposio VII “Contribution of genetics to biofuel production”

Coordinadores : Kye Joon Lee, Seoul National University, Korea & Peter L. Rogers, University of New South Wales, Australia

Simposio VIII “Genetics of bioconversions”

Coordinador: Guillermo Gosset, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, Mor., Mexico

Simposio IX “Synthetic biology”

Coordinador: Eriko Takano, University of Manchester, UK

Simposio X “From research bench to industry (strategies and successful processes)”

Coordinador: Stefano Donadio, President Ktedogen srl., Italy

Los temas de las presentaciones libres, tanto orales como carteles incluyeron la producción de biocombustibles, bioingeniería aplicada a la producción de metabolitos primarios y secundarios, biología sintética, optimización de fermentaciones en estado sólido, genética de procesos de biorremediación, biotecnología farmacéutica, genética microbiana de procesos alimentarios y de bebidas, sistemas recombinantes para la producción farmacéuticos, producción industrial de principios bioactivos, entre otros.

Como fue apuntado anteriormente, el simposio se organizó de manera conjunta con el Congreso Nacional de la SMBB con quien se compartió el uso de instalaciones y gastos de operación. Cabe hacer notar el libre acceso que se tenía a ambos programas con la sola inscripción nacional o internacional. Es decir, por primera vez los asistentes al Congreso Nacional contaron con la presencia de casi 50 conferencistas extranjeros en un solo evento. Para el desarrollo de sus actividades, el evento contó con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (C-280/2013, 205011) y de la Secretaría de Educación Pública a través de su Programa de Apoyo al Desarrollo de la Educación Superior, los cuales agradecemos de manera muy especial. De manera independiente, el

RESEÑA XV CONGRESO NACIONAL

simposio contó con apoyos adicionales otorgados por las siguientes organizaciones:

Secretaría General de UNAM

Dirección de la Facultad de Química de la UNAM

Universidad Autónoma Metropolitana, Campus Iztapalapa

CINVESTAV, Instituto Politécnico Nacional

UPIBI, Instituto Politécnico Nacional

Instituto Tecnológico de Mérida

Cempra Pharm Inc, USA

La Revista: Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology

A todas estas organizaciones se agradece el apoyo financiero otorgado.

A juzgar por las múltiples muestras de expresión recibidas, el simposio ha sido calificado como muy bueno. Las expresiones abarcan tanto a los asistentes nacionales como a los internacionales. Fue notoria la gran cantidad de jóvenes estudiantes que se beneficiaron del evento y que no perdían la oportunidad de asistir y participar en cada una de las sesiones ofrecidas. Fue evidente también, la oferta de posiciones para estudios de posgrado que varios de los conferencistas invitados del extranjero presentaron y como algunos estudiantes lograron concretar un espacio de trabajo o al menos una alternativa para continuar su formación en centros de investigación de prestigio internacional.

Se agradece la entusiasta participación de los miembros de ambos Comités Organizadores que, organizados en un solo Comité ampliado, lograron llevar a cabo un evento de nivel internacional. El Comité Organizador local de GIM2013 estuvo integrado por los doctores: Amelia Farrés González Sarabia, Elizabeth Langley McCarron, Romina Rodríguez Sanoja, Beatriz Ruiz Villafán, Luis Bernardo Flores Cotera, Adelfo Escalante Lozada, Armando Mejía Álvarez y Sara Solís Pereira. Todos los miembros nacionales participaron de manera entusiasta y comprometida en la organización del **Simposio Internacional de GIM-2013**.

RESEÑA XV CONGRESO NACIONAL

Contamos también con el apoyo de los doctores Sang-Ki Rhee de Soon Chun Hyang University, Corea y del Dr. Stefano Donadio, Presidente de GIM y Presidente de Ktedogen, Milan, Italia.

En conclusión, el evento conjunto permitió que ambas organizaciones (GIM y SMBB) pudieran ofrecer a sus respectivas comunidades un evento académico de gran nivel y calidad. Pero sobre todo, que los jóvenes estudiantes de nuestro país, se vieran beneficiados con el mismo.

Dr. Sergio Sánchez Esquivel

Vicepresidente de: Genetics of Industrial Microorganisms

Presidente del: 12th International Symposium on the Genetics of Industrial Microorganisms

Informe Financiero del XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y en el 12º Simposio Internacional sobre la Genética de Microorganismos Industriales (SMBB/GIM-2013)

Dr. Mauricio Alberto Trujillo Roldán

Tesorero Nacional de la SMBB 2012 – 2014

tesoreriasmbb@gmail.com

Durante el 2013 la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería (SMBB) celebró el XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y en el 12º Simposio Internacional sobre la Genética de Microorganismos Industriales (SMBB/GIM-2013), evento que tuvo lugar del 23 a 28 junio, 2013, en Cancún, Q.R., México.

El objetivo del congreso fue proporcionar un foro para el debate crítico sobre los temas de mayor interés actual en la manipulación genética y explotación de los microorganismos industriales, así como analizar las nuevas tendencias y avances de la biotecnología aplicada a diferentes sectores, tales como el agroalimentario, farmacéutico, biocombustibles ambiental y de nanomateriales y biopolímeros.

La organización del evento inició desde que la actual Mesa Directiva de la SMBB tomó posesión en septiembre del 2012 en conjunto con la Mesa Directiva del GIM. A continuación se presenta el informe financiero detallado de ambos eventos (SMBB/GIM-2013), en función del número de participantes (socios y no socios), financiamiento por entidades institucionales y empresas, egresos y balance final.

Participación e inscripciones

Durante la realización del Congreso se logro tener 1341 participantes donde el 84 % (1130) fueron asistentes al XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y solo el 16 % (211) asistieron al 12º Simposio Internacional sobre la Genética de Microorganismos Industriales. En ambos congresos el número de socios fue del 48 % (640) y el 52 % no socios (701), (figura 1).

La participación de no socios en este Congreso fue muy similar a la participación de socios, donde un 52% eran no socios (701 participantes), frente un 48% de socios (48 %). La distribución de estos tuvo vital importancia ya que el pago de inscripción al congreso es normalmente la mitad de los ingresos del evento.

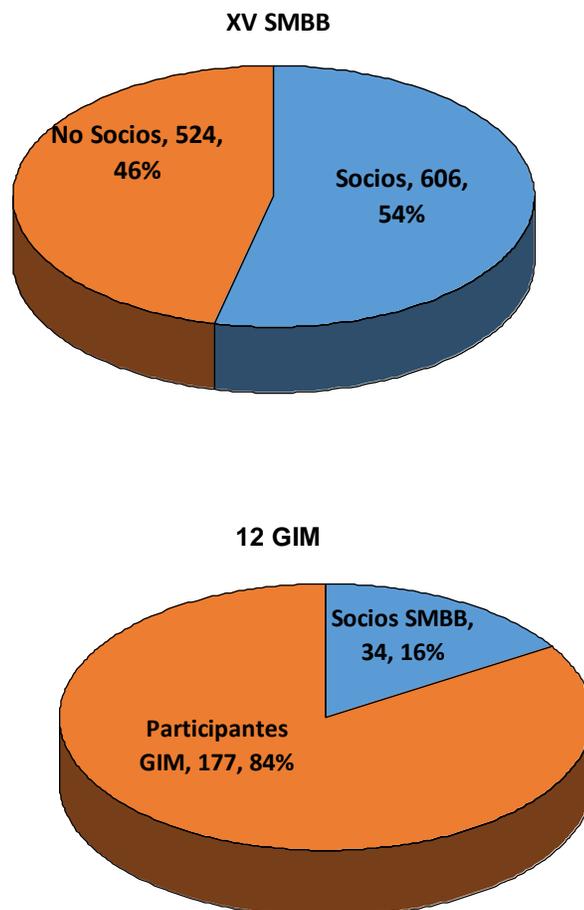


Figura 1. Distribución de participantes en XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y en el 12º Simposio Internacional sobre la Genética de Microorganismos Industriales

Financiamiento

El Congreso es pagado con los ingresos directos a la SMBB, tales como pagos de membresías de los socios, donativos de diversas instituciones y aportaciones de proveedores. Como puede observarse en la figura 2 se logró un 59 % del apoyo de manera externa a los ingresos de la SMBB (entidades académicas y empresas). Las inscripciones y las membresías lograron un 41 % del total de los ingresos.

En el XV Congreso de la SMBB se cobró de manera diferencial siendo para estudiantes socios \$1000 y profesionales socios \$ 3000. Para no socios el cobro fue de \$ 2250 para estudiantes y \$4500 para profesionales. Posterior a una primera fecha límite de recepción de pagos, se tuvo un incremento en estas cuotas entre un 13 y 15%. En el 12 Simposio del GIM se cobró de manera diferencial en dólares siendo para estudiantes US\$ 490 y profesionales US\$ 490. Para los socios de la SMBB, aunque participaran en el 12 GIM el cobro fue igual que para el congreso Nacional.

RESEÑA INFORME FINANCIERO XV CONGRESO NACIONAL

Como puede verse en la figura 2, el mayor monto de inscripciones (44%) fue asociado a los estudiantes no socios a la SMBB. Igual comportamiento se observó en los Congresos XIII y XIV de la SMBB. El 12º Simposio Internacional sobre la Genética de Microorganismos Industriales aportó el 29 % de los ingresos por Inscripciones.

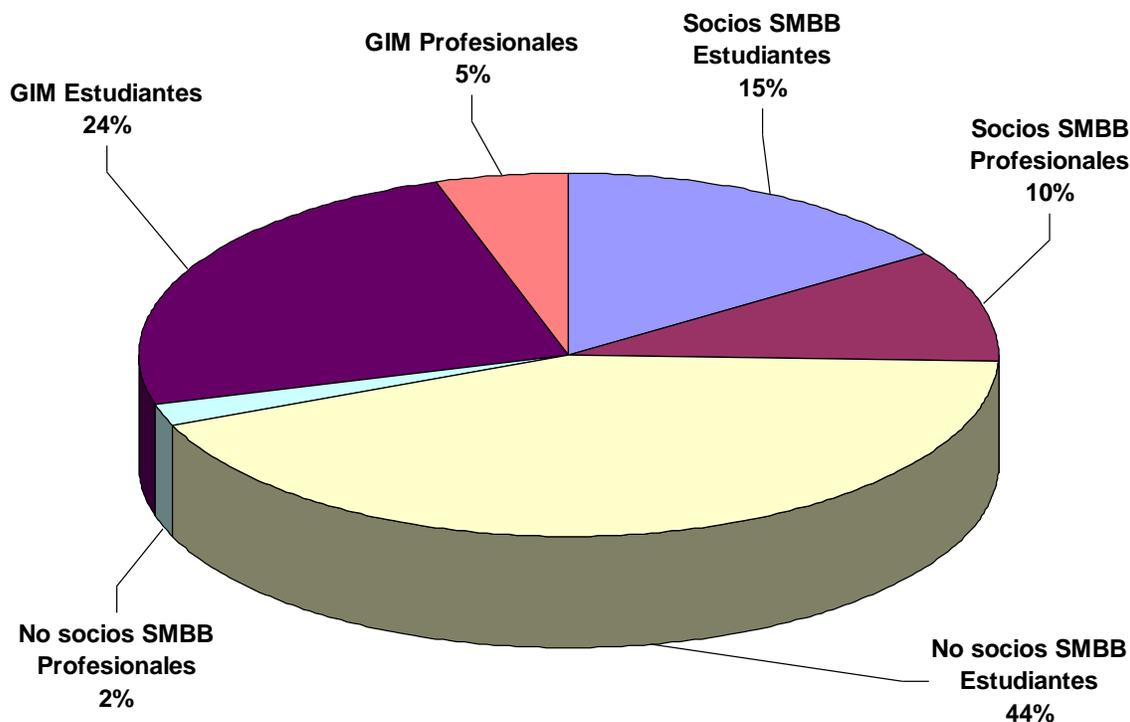


Figura 2. Resumen de los ingresos por categoría de inscripción.

Los ingresos por registro de participantes se convirtió en un 41 % del total de ingresos del Congreso y del Simposio (figura 3). El resto de los ingresos funcionó de la siguiente manera (figura 2): la Secretaría de Educación Pública (a través de la Subsecretaría de Educación Superior y de la Dirección General de Educación Superior Universitaria) donó el 10 % de los ingresos, el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de la Dirección de Planeación de Ciencia, DADC, a través de la Subdirección de Evaluación y Seguimiento Científico el 22 %, las Universidades del País un 7 % y las empresas participantes un 20 %.

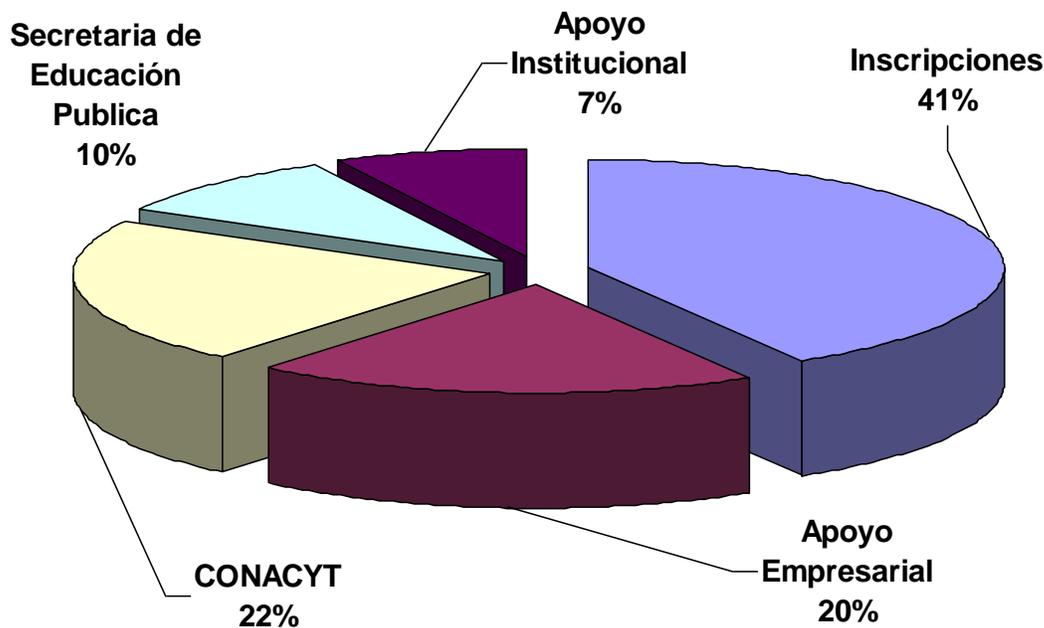


Figura 3. Distribución de ingresos totales al Congreso.

Al desglosar los apoyos institucionales (figura 4) fueron aportados por diferentes Universidades como la Universidad Politécnica del Valle de Toluca, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Universidad Autónoma de Coahuila y el Instituto Tecnológico de Mérida. Además, algunos institutos de investigación como el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, el Instituto Politécnico Nacional y su Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), y el Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

El 42 % de los ingresos institucionales fue aportado por la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Secretaría General, la Facultad de Química, el Programa Universitario de Alimentos, el Instituto de Ingeniería y el Instituto de Biotecnología. Por su parte, la Universidad Autónoma Metropolitana aportó el 23 % a través de sus Unidades como Lerma, Cuajimalpa e Iztapalapa.

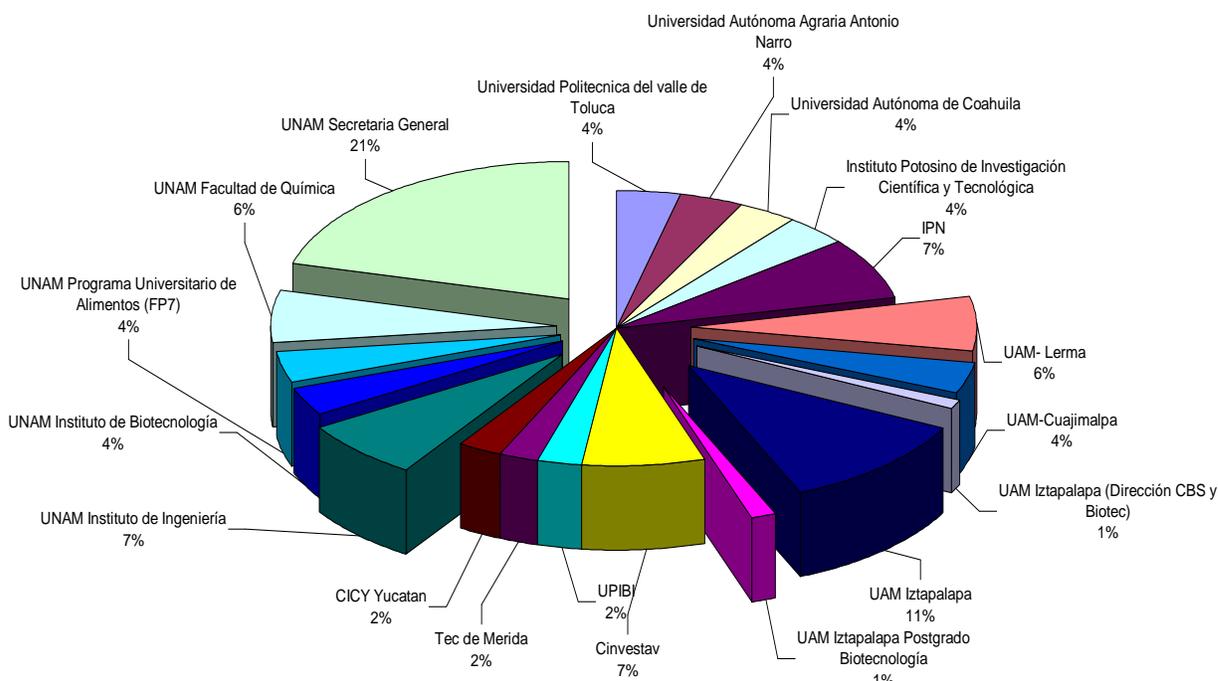


Figura 4. Distribución de ingresos institucionales al Congreso.

El 20% de los ingresos que se recibieron para la realización del congreso fueron provenientes de 22 compañías interesadas en el área de la biotecnología y bioingeniería (Figura 5). La distribución se presenta en la figura 6. Además, en el congreso tuvimos la participación de más de 100 personas que atendieron los stands de estas compañías. La mayoría de las empresas aportaron en efectivo por la compra de stands en la feria de proveedores que se llevo a cabo en el Centro de Convenciones de Cancún durante el congreso. Pero otras empresas participaron en especie pagando los elementos que consistían el morral del participante.

Se agradece la participación de todos ellos siguientes compañías: Strain Biotech, Altus Biopharm, Thermolab, Sartorius, Merck, Applikon, BioRad, Química Valaner, Pure-Process, Sigma-Aldrich, Uniparts, Prepotech, Ibmol y QMK, Qiagen, Equipar, VWS México S.A. de C.V. (ELGA), Diagnocell, LabTech, Inolab, Yakult, Accesolab y Simex.

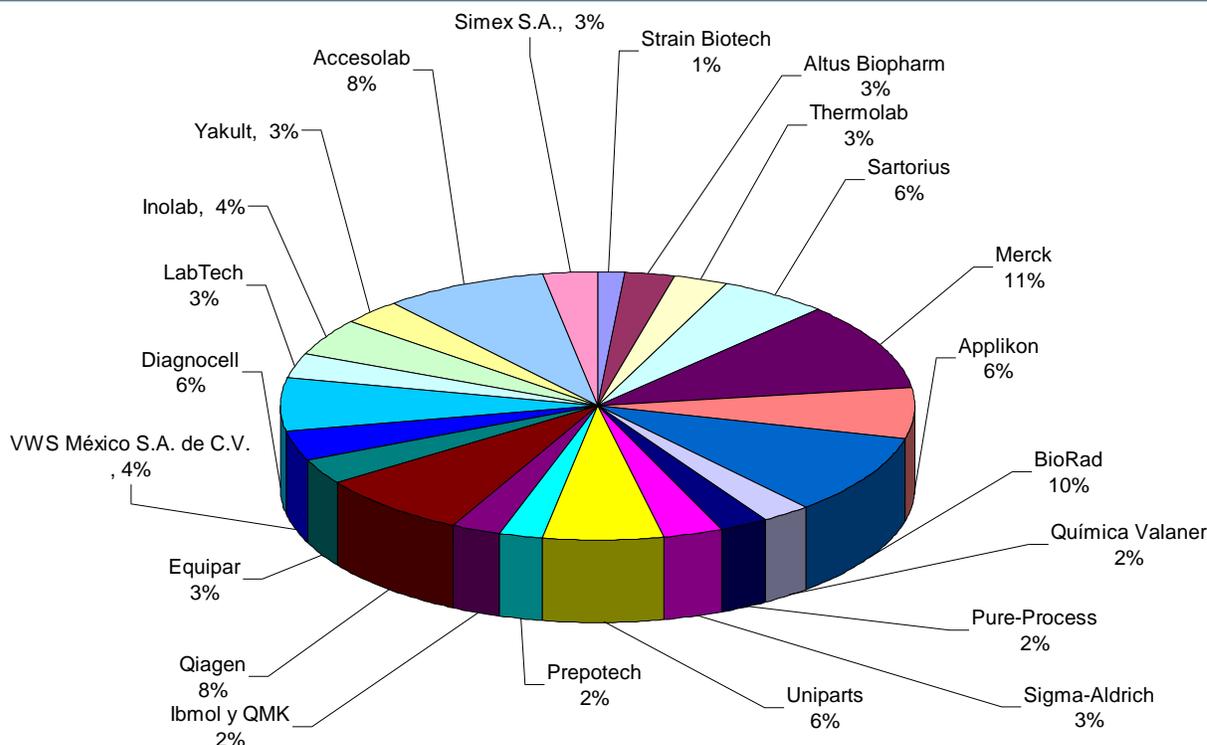


Figura 5. Distribución de ingresos de empresas al Congreso.

Egresos del Congreso

La figura 6 presenta de manera detallada los gastos del Congreso. Los gastos más relevantes son aquellos asociados a la renta de los espacios del Centro de Convenciones de Cancún (21%), donde a su vez, se contrató con este centro de Convenciones el servicio del *Coffee Break* (7 %) y la alimentación de al menos 300 personas (12 %). De esta alimentación se contó con 150 becas alimenticias a estudiantes de licenciatura de Universidades de provincia, y 70 becas alimenticias a Becarios de Maestría y Doctorado que fungieron como colaboradores académicos o *staff*.

La empresa operadora del Congreso (Grupo Ecodsa) quienes con un 19% de los costos tuvieron a su cargo todo el Registro *in situ* de participantes, reservaciones en hoteles (sede y subsedes), además de la logística de sonido y audiovisual, como la ejecución completa de la feria de proveedores en el Centro de Convenciones. Los recesos en la sesión de poster (3 %) fue un rubro bajo, pero que causo un buen impacto para el desarrollo y asistencia a este espacio académico. Es de remarcar que con la buena negociación de la Mesas Directivas de la SMBB y del GIM con el Centro de Convenciones, Cerveza Modelo y el apoyo del Grupo Ecodsa, se pudo nuevamente tener un receso de cervezas y refrescos para la sesión de presentación de carteles, tal y como sucedió por primera vez en el XIV congreso de la SMBB en Juriquilla Queretaro.

Las bolsas de los participantes que se presentan en la figura 6, con un gasto equivalente al 10% del costo total del congreso fue patrocinado en parte por empresas privadas. Con los

RESEÑA INFORME FINANCIERO XV CONGRESO NACIONAL

ingresos de la SMBB se adquirieron 6 notebooks para trabajo del congreso y que fueron rifadas entre los estudiantes miembros del staff al finalizar el congreso. En la figura también se pueden observar los porcentajes de los costos de otras cosas como soporte de la página web de la SMBB, papelería, viáticos de la mesa directiva y conferencistas invitados (5%), cena de clausura (2%) y los eventos culturales (1%).

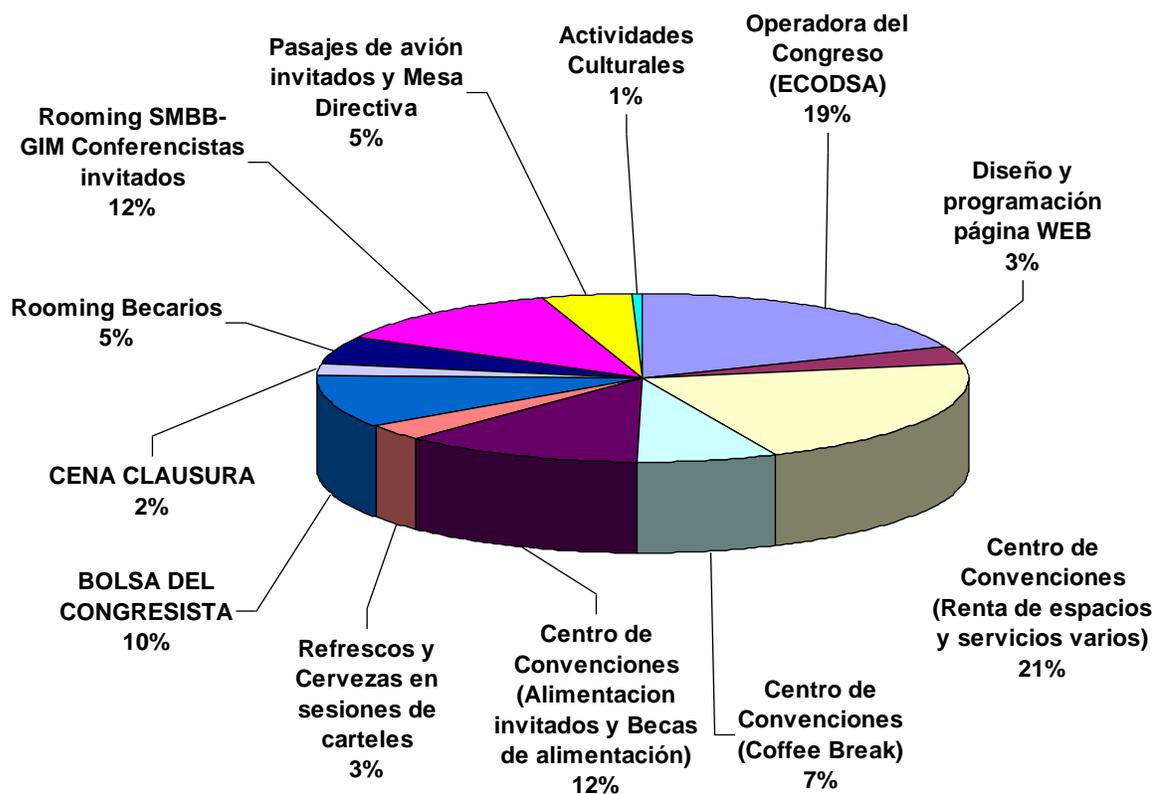


Figura 6. Distribución de gastos durante el Congreso.

Balance final

La figura 7 presenta el balance global del XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y en el 12º Simposio Internacional sobre la Genética de Microorganismos Industriales (SMBB/GIM-2013), donde del monto total de ingresos se utilizó un 75% para eventos del Congreso. El 25% de estos ingresos son de saldo a favor. Este monto a favor permitirá a la SMBB mantener sus funciones en 2013 y 2014. Además, de lograr las negociaciones correspondientes para poder llevar a cabo el XVI Congreso Nacional en 2015.

A manera comparativa, el Congreso de 2013 en Juriquilla (Queretaro) le costó a la SMBB el 53% de los costos actuales de este evento.

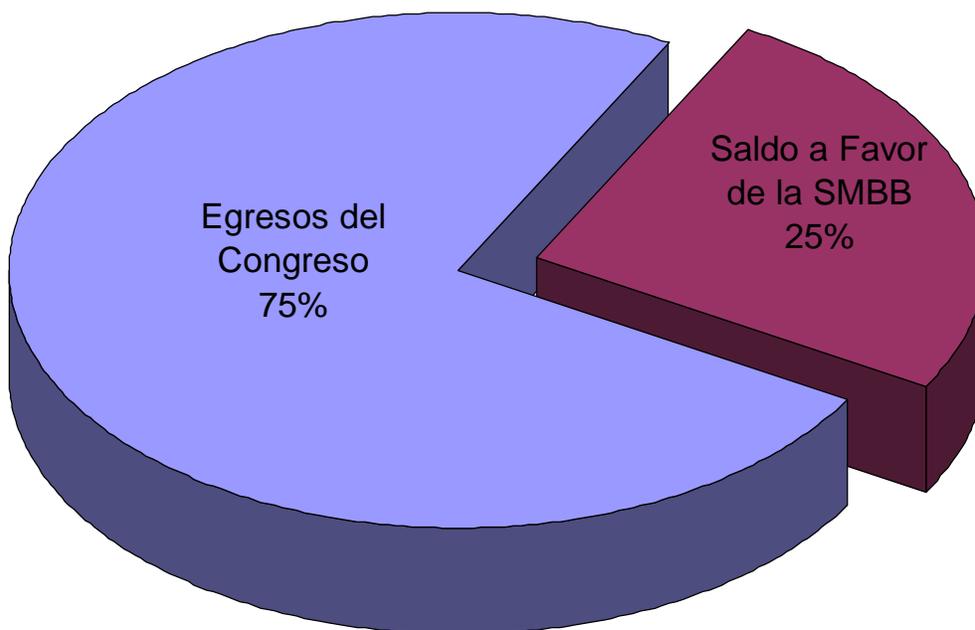


Figura 8. Distribución de gastos durante el Congreso.

Agradecimientos

De manera particular se agradece especialmente los apoyos al XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería de:

- Proyecto realizado con financiamiento de la Secretaría de Educación Pública-Subsecretaría de Educación Superior-Dirección General de Educación Superior Universitaria.
- Proyecto APOYO COMPLEMENTARIO PARA LA ORGANIZACIÓN DEL XV CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA Y EL 12TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE GENETICS OF INDUSTRIAL MICROORGANISMS realizado con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Dirección de Planeación de Ciencia adscrita al la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico, Convenio de Referencia 205011.

Reseña del XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería

El XV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería se realizó del 23 al 28 de Junio del 2013 en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Este congreso se efectuó junto con el XII Simposio Internacional sobre Genética de Microorganismos Industriales (GIM por sus siglas en inglés), acuerdo que se realizó con el consejo de expresidentes de la SMBB en el año 2009.

Clasificar el trabajo que se hace en Biotecnología y Bioingeniería, es complejo, tradicionalmente el congreso se ha presentado en 10 áreas, en esta ocasión se manejaron 12. Las dos áreas nuevas que se integraron son la de Biopolímeros y nanomateriales, considerada actualmente imprescindible por su rápido crecimiento e impacto y el área de Fermentación sólida cuyos trabajos usualmente se incluían en el área de Biotecnología ambiental (Tabla 1). El simposio GIM por su lado, incluyó también 12 áreas muy cercanas a las del congreso SMBB, pero que se abordan desde una perspectiva más especializada, la de la genética.

A este congreso se registraron 1341 personas que sometieron 1100 trabajos. Para evaluarlos se nombró un comité científico formado por 24 coordinadores de área y 81 revisores, todos investigadores distinguidos de nuestro país. Cada trabajo fue evaluado por dos revisores independientes quienes emitieron una calificación, que permitió establecer los trabajos que se presentaron en la modalidad oral y en cartel. Así mismo, de los trabajos enviados cada coordinador seleccionó los 4 mejores para ser presentados en simposio por el líder del proyecto.

Tabla 1. Áreas temáticas del Congreso

SMBB		GIM	
Área	Nombre	Área	Nombre
I	Biología enzimática y biocatálisis	I	Procesos para alimentos y bebidas
II	Biología agrícola y vegetal	II	Procesos para metabolitos primarios
III	Biología de alimentos y bebidas	III	Metabolitos secundarios
IV	Biología ambiental	IV	Producción de fármacos por sistemas recombinantes
V	Bioingeniería y fermentaciones	V	Ciencias ómicas, modelado y biología de sistemas
VI	Fisiología microbiana	VI	Biorremediación
VII	Biología marina	VII	Biocombustibles
VIII	Biología farmacéutica	VIII	Genética de las bioconversiones
IX	Bioenergía y combustibles	IX	Biología sintética
X	Biología de sistemas y ciencias ómicas	X	Del laboratorio a la industria (estrategias y procesos exitosos)
XI	Biopolímeros y materiales		

Durante el congreso se presentaron 11 conferencias plenarias, 20 simposios, 224 presentaciones orales y 800 carteles. Las áreas quedaron divididas como se muestra en la figura 1. Uno de los objetivos del congreso es acercar a estudiantes y profesionistas a los últimos avances en Biología y Bioingeniería, por lo cual las conferencias magistrales fueron dictadas por líderes internacionales en el área. El espíritu del congreso siempre ha sido el de permitir a los

estudiantes presentar a audiencias mayores sus trabajos. Así, las sesiones orales y de carteles fueron presentadas principalmente por ellos.

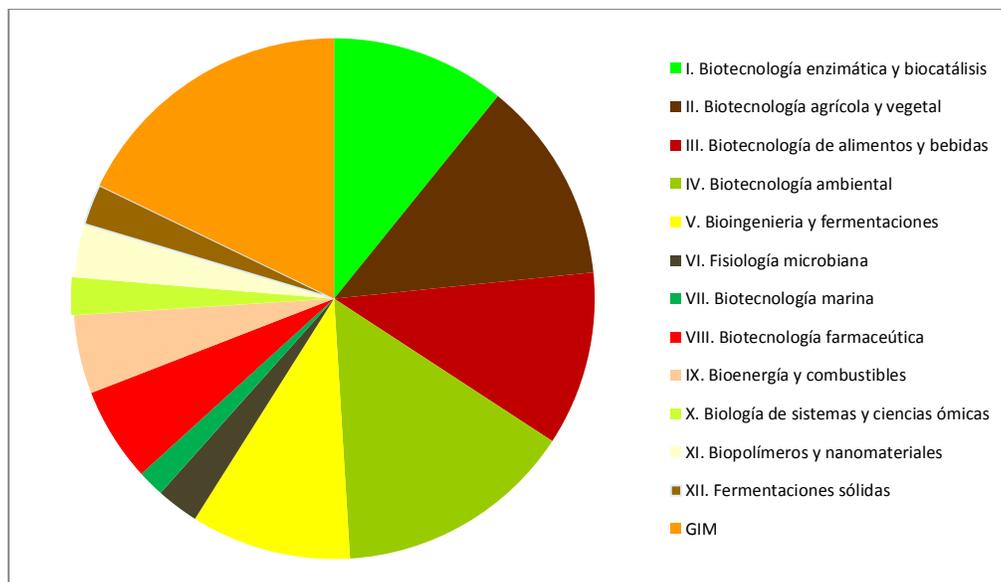


Figura 1. Distribución de los trabajos presentados por área temática.

Los patrocinadores son parte esencial de nuestro congreso, en esta ocasión Bio-Rad México, realizó un curso teórico-práctico sobre la detección y cuantificación de OGM's a través de PCR digital en gota. Además se realizaron 12 charlas técnicas y un show-room.

En el congreso se contó con la representación nacional de 28 estados e internacional de 33 países, representando un total de 200 Universidades, Instituciones de investigación y Empresas biotecnológicas, químicas y de servicio. Las delegaciones nacionales más nutridas fueron las del D. F., Morelos, Veracruz, Yucatán y Tlaxcala.

Durante el congreso se otorgaron los premios a las mejores tesis en Biotecnología y Bioingeniería; este año fueron entregados a las siguientes personas: En la categoría tesis de Licenciatura la premiada fue la **Q. A. Susy Beatriz Carmona Contreras** de la UNAM con el trabajo "Efecto de la clonación del gen *zwf* sobre la producción de shikimato en la cepa de *Escherichia coli* PB12.SA22". En la categoría de Maestría el premiado fue el **M. en C. Gheorghe Manuel Borja**

Zamfir de la UNAM por la tesis “Ingeniería celular para incrementar la producción de ADN plasmídico por una cepa de *Escherichia coli* con un sistema alternativo de transporte de glucosa”. En la categoría de Doctorado el ganador fue el **Dr. Luis Humberto Álvarez Valencia** del IPICYT con la tesis “Immobilization of humic substances on metal-oxides (nano) particles and their impact on redox processes”.

Tradicionalmente también se premian a los protocolos más prometedores de grado y posgrado en el área. Los trabajos ganadores fueron: En Licenciatura **Christian Lizzet Ortiz de Ora Ortiz** de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos con el proyecto “Análisis de las mutaciones desarrolladas en la cepa de *Escherichia coli* PB11 durante un proceso de evolución adaptativa”. En la categoría de Maestría se premió el protocolo “Construcción y evaluación de un circuito genético capaz de inducir apoptosis selectivamente en células que expresen las proteínas Tat y Rev del virus de la inmunodeficiencia humana” presentado por el **L. C. Antonio Bensussen Salazar de la** Universidad Autónoma del Estado de Morelos. En la categoría de doctorado la **M. C. Silvia Armenta Jaime** de la UNAM fue distinguida por su proyecto “Evolución de la especificidad y capacidad de adsorción de un dominio de fijación al almidón”.

La calidad de los trabajos presentados en ambas categorías fue extraordinaria por lo que también se entregaron 7 menciones honoríficas. Desearíamos que todas las universidades del país participaran en las próximas ediciones de los premios.

Se distinguieron como Miembros de Honor por su trayectoria académica y su compromiso con la SMBB a los doctores María del Carmen Wachter Rodarte de la Facultad de Química de la UNAM y Gustavo Viniegra González de la UAM-Iztapalapa.

Siendo un congreso con un componente internacional, un reto importante a superar era el del idioma, todos los resúmenes de los trabajos fueron manejados en inglés al igual que muchas de las conferencias. La respuesta general fue de aceptación, lo que permitió el intercambio académico con los asistentes extranjeros.

El congreso de este año creció en un 37% con respecto a los dos congresos anteriores, lo cual sugiere que el haberlo realizado de manera simultánea con un congreso internacional fue un acierto. Un reconocimiento especial a los Coordinadores de Área, a los revisores, a la comisión

de premios y a los evaluadores de carteles quienes realizaron un trabajo serio y comprometido, sin esperar nada a cambio. Nuestro mayor agradecimiento a todos los participantes que permitieron con su entusiasmo y esfuerzo la realización exitosa de este evento.

Por el Comité Científico

Dra. Romina Rodríguez Sanoja

Instituto de Investigaciones Biomédicas UNAM

E-mail: romina@biomedicas.unam.mx

M. en C. Beatriz Ruiz Villafan

Instituto de Investigaciones Biomédicas UNAM

E-mail: beatrizruiz@biomedicas.unam.mx

Por la Comisión de Premios:

Dr. José Adelfo Escalante Lozada

Instituto de Biotecnología UNAM

E-mail: adelfo@ibt.unam.mx



www.smbb.com.mx