

# XV

## Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales

*Soluciones Ambientales para un Desarrollo Pleno. México 2025*

"Nuestro Ambiente es Compromiso de Todos"

---

V COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL  
COMITÉ ORGANIZADOR

24 al 26  
de mayo de 2006  
EXPO Guadalajara

## ÍNDICE

	Páginas
Mensaje de Bienvenida Ing. Francisco J. Chozas Rizo	3
Programa General	4 - 5
Conferencias Magistrales	6
Programa de Sesiones Técnicas	7 - 27
Programa de Mesas Redondas	28 - 33
Visitas Técnicas	34
Programa de Acompañantes	35
Directorio General de Expositores	36

## MENSAJE DE BIENVENIDA

Estimados amigos,

A nombre del V Comité Ejecutivo y del Comité Organizador de La Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, A.C., les doy la más cordial bienvenida al evento más trascendente y prestigiado en el tema: el XV Congreso Nacional FEMISCA 2006, que hemos preparado para todos los Ingenieros Ambientalistas, Empresas, Empresarios, Académicos, Investigadores, Tecnólogos, Especialistas, Estudiantes y miembros de esta Federación.

En este magno evento pretendemos plantear nuevas tecnologías en materia de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, identificar nuevas alternativas de solución y vincular experiencias exitosas entre Investigadores, Tecnólogos, Industriales, Académicos, Estudiantes y los miembros de esta Federación.

Cada uno de ustedes tendrá acceso a un completo Programa de Conferencias Magistrales, Mesas Redondas, Plenarias y Trabajos Técnicos; en donde espero contar con su entusiasta participación. Este es un evento incluyente en donde la opinión y manifestación de ideas son fundamentales y significarán la aportación de alternativas y mejoras para nuestro ambiente, que es compromiso de todos.

Asimismo, les invito a recorrer y apreciar la EXPO AMBIENTAL, así como acudir a las sesiones comerciales en la Tecno Expo, donde habremos de mostrar equipos, servicios, productos, proyectos y obras de empresas nacionales y extranjeras con los más recientes avances tecnológicos, trabajos e investigaciones en materia de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales a los más de mil especialistas que asistirán a dicho foro.

Esperamos que el Programa Magistral y las actividades alternas al Congreso como son las Visitas Técnicas y el Programa de Acompañantes, satisfagan sus expectativas, sin olvidar, desde luego disfrutar de los atractivos que nos ofrece Guadalajara y el Estado de Jalisco.

Cordialmente,

ING. FRANCISCO J. CHOZAS RIZO  
PRESIDENTE  
FEDERACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA SANITARIA  
Y CIENCIAS AMBIENTALES, A. C. (FEMISCA)

Guadalajara Jal., 24 de mayo, 2006

## V COMITÉ EJECUTIVO NACIONAL

Ing. Francisco J. Chozas Rizo	Presidente
Ing. Félix Hernández Gamundi	Director Ejecutivo
Ing. Mario Solano Azar	Vicepresidente en Agua
Ing. Susana García Ballesteros	Vicepresidenta de Impacto y Riesgo Ambiental
Ing. Jorge Sánchez Gómez	Vicepresidente de Residuos Sólidos
Ing. Diana Flor del Peral Rodríguez Hdz	Secretaria
CP. Gustavo Domínguez Garibay	Tesorero

## COMITÉ ORGANIZADOR

Ing. Francisco J. Chozas Rizo	Presidente de la FEMISCA
Ing. Enrique Dau Flores	Presidente del Comité Organizador del XV Congreso Nacional Director General de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Jalisco
Ing. Félix Hernández Gamundi	Director Ejecutivo de la FEMISCA
Ing. Raúl Antonio Iglesias Benítez	Director Técnico XV Congreso Nacional FEMISCA 2006

## PATROCINADORES



## AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACTERIAS Y LEVADURAS TOLERANTES A PETRÓLEO A PARTIR DE ALGUNOS RÍOS DE LA HUASTECA POTOSINA

Juan F. Cárdenas-González<sup>1</sup>, María Guadalupe Díaz-Carreón<sup>1</sup>,  
Juana Tovar-Oviedo<sup>2</sup>, Conrado Gutiérrez<sup>1</sup>,  
María de Guadalupe Moctezuma-Zarate<sup>1</sup> e Ismael Acosta-Rodríguez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Lab. de Micología Experimental y <sup>2</sup>Lab. de Microbiología. CIEP. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Av. Dr. Manuel Nava No. 6. Zona Universitaria. C.p. 78320.

Tel: 014448262440, ext. 505. Fax: 014448262372

iacosta@uaslp.mx.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el aislamiento e identificación de bacterias y levaduras tolerantes a petróleo crudo a partir de algunos ríos de la Huasteca Potosina (Coy, Amajac, Tamazunchale, Tamuín, Valles estaciones: Bancote, La galera y Santa Rosa), tomando en recipientes de plástico previamente lavados con ácido sulfúrico al 10% y estériles, muestras de agua (500 mL), sembrando por duplicado 1 mL en los siguientes medios selectivos: Klieger, SIM y OF con y sin aceite para *Pseudomonas*, Agar Biggy y tubo germinal para levaduras, además de toda la batería de pruebas bioquímicas para la identificación de Enterobacterias y levaduras. Se aislaron e identificaron 15 colonias de bacterias y una levadura siendo la más frecuente *Pseudomonas aeruginosa* (50.0%), seguida de *Escherichia coli* (31.25%) y *Enterobacter aerogenes*, *Proteus mirabilis* y *Candida albicans* (6.25%). Posteriormente, se incubaron en presencia de petróleo crudo las bacterias *P. aeruginosa* (3 días) y la levadura *C. albicans* (7 días), y se les determinó el crecimiento por peso seco, encontrando que todas las bacterias crecen mejor en presencia de petróleo crudo, presentando mayor crecimiento la *P. aeruginosa* aislada del Río Coy, y un menor crecimiento la del Río Valles (Calera) con un crecimiento de 4.5 (139 mg de peso seco) y 1.0 veces (34 mg de peso seco) respectivamente, con 1 mL de petróleo crudo adicionado al medio de cultivo. La levadura también crece mejor cuando se adicionan al medio de cultivo diferentes concentraciones (200-1000 µl) de petróleo crudo, con un rango de crecimiento promedio de 1.3 veces y entre 39 y 42.5 mg de peso seco, con respecto al control. Finalmente, los microorganismos aislados tolerantes a petróleo, presentan mayor actividad de alcohol oxidasa en presencia del mismo hidrocarburo.

## INTRODUCCIÓN

México es un país exportador de petróleo con importantes yacimientos en la zona del golfo de México y el Istmo de Tehuantepec y otras reservas. Desde la expropiación de 1936 el petróleo existente bajo el suelo de nuestro país es administrado por el gobierno federal a través de la Compañía Petróleos Mexicanos. Las divisas obtenidas por la venta de petróleo crudo y sus derivados es la principal fuente de ingresos para el país. La producción y consumo del petróleo es de vital importancia en las relaciones internacionales y ha sido frecuentemente un factor decisivo en las políticas exteriores. Ya que la posición de un país en el sistema depende de su capacidad de producción relacionada al consumo. Para

cualquier país, la presencia o ausencia de yacimientos dentro de sus fronteras es de consecuencias en su economía, lo cual determina entre ser un país rico o un país pobre.

Existen numerosos estudios sobre la composición y procesamiento del petróleo pero para nuestro estudio nos limitaremos a revisar los procesos microbianos que utilizan el petróleo o sus derivados como el petróleo. Este tema es importante para nuestra generación ya que el uso masivo de derivados del petróleo ha incrementado la concentración de compuestos xenobioticos en la biosfera. Es decir todos aquellos compuestos que no provienen de los ecosistemas y por lo tanto no existe actividad enzimática que permitan utilizarlos eficientemente, en algunos casos los xenobioticos no son biodegradables es decir que se van acumulando en la superficie del planeta, un ejemplo son las toneladas de pesticidas o insecticidas cada año. Si sumáramos el petróleo derramado durante la extracción, transporte o en accidentes veremos que es uno de los mayores retos a resolver en los próximos años generando tecnología para su eliminación.

El estudio de la diversidad microbiana y de las dinámicas de sus poblaciones en consorcios biodegradadores esta creciendo notablemente en el área de la ecología microbiana. El interés de esta área ha sido catalizado por el rápido avance de métodos de ecología molecular ya que a través de su uso se tiene una mejor perspectiva de la composición de comunidades microbianas no cultivables. De hecho se ha vuelto factible definir las causas de los cambios temporales en la salud de un ecosistema basándose en su estructura de su población. En particular, el estudio de comunidades microbianas que toman parte en la biodegradación in situ de hidrocarburos ha sido un reto para los microbiólogos. La razón de esto es que la mayor parte de las especies que componen las comunidades degradadoras no son cultivables. La estimación de biomarcado-

res lipídicos específicamente fosfolípidos junto con técnicas de identificación basadas en las secuencias de la subunidad 16s de los ribosomas son una poderosa combinación de técnicas de identificación para la elucidación de la ecología microbiana de comunidades biorremediadoras. El uso de estas técnicas provee una apreciación clara de varias características importantes de las comunidades microbianas específicamente la biomasa viable, la estructura de la comunidad y es estado nutricional o la presencia de respuestas a estrés en bacterias Gram negativas.

Las comunidades microbianas en ecosistemas contaminados tienden a ser dominadas por aquellos organismos capaces de utilizar /o de sobrevivir los compuestos tóxicos. Como resultado, estas comunidades son menos diversas que aquellos sistemas de referencia no contaminados, aunque la diversidad también puede estar influenciada por la complejidad de la mezcla de compuestos presentes y por el tiempo que las poblaciones han estado expuestas. Sin embargo, cuando las bacterias Gram negativas dominan el sistema (como es frecuente en el caso de ambientes contaminados con hidrocarburos), el conocimiento derivado de los biomarcadores lipídicos se limita al estado nutricional o fisiológico de la comunidad bacteriana mas que a su diversidad.

A pesar de la relativamente larga historia de investigación en la biorremediación de derrames de petróleo, esta continúa siendo una disciplina esencialmente empírica y muchos de los factores biológicos que controlan los procesos no han sido adecuadamente comprendidos. Por ejemplo, la adición de nutrientes es una práctica ampliamente aceptada en la limpieza de derrames aunque es escaso el conocimiento de sus efectos durante el progreso de la biorremediación. Existen evidencias experimentales que indican que los niveles de nutrientes, y su concentración relativa con respecto a los contaminantes, influyen la composición de las poblaciones de microorganismos degradadores, lo cual a su vez afecta la tasa de degradación de los contaminantes.

La selección de microorganismos a través de pruebas sucesivas de crecimiento poblacional en cultivos puros ricos en petróleo, es una estrategia eficiente para evaluar la adaptación y sobrevivencia de cepas tolerantes a altas concentraciones de petróleo. Los resultados de las pruebas en laboratorio confirman la selección de las cepas más tolerantes y adaptadas. El éxito en las siguientes etapas, tanto en invernadero como en suelos y aguas contaminadas, depende de la calidad de la selección y de las condiciones ambientales. (Rivera Cruz y cols., 2002). Es muy importante la evaluación sucesiva de los microorganismos que utilizan hidrocarburos derivados del petróleo como fuente de energía, para demostrar la eficiencia de las tecnologías de biorremediación en suelos y aguas expuestas a concentraciones tóxicas de petróleo (Martín Moreno y cols., 2004).

## OBJETIVO

Aislamiento a partir de algunos ríos de la Huasteca Potosina, de microorganismos que utilicen petróleo como fuente única de carbono para su crecimiento, así como la identificación y caracterización parcial de los microorganismos ya aislados.

## METODOLOGÍA

### MUESTRAS DE AGUA

Se tomaron en recipientes de plástico previamente lavados con ácido sulfúrico al 10% y esterilizados por calor húmedo, muestras de agua (500 mL), de algunos ríos de la Huasteca Potosina: Coy, Amajac, Tamazunchale, Tamuín, Valles (estaciones Bancote, La galera y Santa Rosa). Se guardaron en hielera, y se trasladaron al laboratorio y se conservaron en refrigeración hasta su uso.

### AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LAS COLONIAS DE BACTERIAS.

De las muestras obtenidas, se sembró por duplicado 1 mL en los siguientes medios selectivos: Klieger, SIM y OF con y sin aceite para *Pseudomonas*, Agar Biggy y tubo germinal para levaduras, además de toda la batería de pruebas bioquímicas para la identificación de Enterobacterias.

### TOLERANCIA A PETRÓLEO

Se sembraron  $1 \times 10^6$  bacterias/mL en matraces Erlenmeyer de 250 mL conteniendo 100 mL de medio basal para biodegradadores de petróleo con extracto de levadura al 0.4% y diferentes volúmenes de petróleo crudo, incubando a 28°C a 100 rpm durante 3 días para las bacterias y 7 días para las levaduras. Posteriormente, se cosechó el líquido en un tubo graduado previamente pesado y se centrifugó a 3 000rpm/10 min, se desechó el sobrenadante y el paquete celular se secó a 80°C durante a 8 h, y se peso el tubo, determinando por diferencia el peso seco de la muestra, y se comparó el crecimiento con un control crecido en las mismas condiciones sin la adición de petróleo crudo. Todos los experimentos se realizaron mínimo 2 veces por duplicado.

### OBTENCIÓN DEL EXTRACTO LIBRE DE CÉLULAS

Se inocularon  $1 \times 10^6$  bacterias y /o levaduras/mL, en un medio mínimo de sales (Lee modificado) con petróleo crudo al 1%, además de un control con glucosa como fuente de carbono. Los cultivos se incubaron a 28°C, 3 días para *Pseudomona aeruginosa* y 7 días para *Candida albicans*, a 100 rpm. Se obtuvo el paquete celular de cada cultivo mediante centrifugación a 3 000 rpm du-

rante 5 min. El paquete celular obtenido, se resuspendió en solución reguladora de rompimiento (Tris-HCl 50 mM, pH 8.5, PMSF 1mM disuelto en dimetilsulfóxido). Se realizó el rompimiento de la biomasa celular mediante potter, manteniendo el homogenado en hielo para mantener la temperatura lo más baja posible. Después se centrifugó el homogenado y se centrifugo a 16 000 rpm 1 h a 2°C. De esta manera se obtuvo la fracción mixta de membranas y un sobrenadante.

#### DETERMINACIÓN DE ALCOHOL OXIDASA

##### Método colorimétrico (Janssen y cols., 1975).

Se cuantificaron los microgramos de peróxido de hidrógeno formados por minuto por miligramo de proteína, debido a la oxidación de los sustratos (metanol, etanol y petróleo crudo) catalizado por la alcohol oxidasa. La formación de peróxido de hidrógeno se determina por la lectura de absorbancia a 460 nanómetros.

### RESULTADOS

A partir de las diferentes muestras analizadas, se aislaron e identificaron 15 colonias de bacterias y una levadura (Tabla No. 1), siendo la más frecuente *Pseudomonas aeruginosa* (50.0%), seguida de *Escherichia coli* (31.25%) y *Enterobacter aerogenes*, *Proteus mirabilis* y *Candida albicans* (6.25%) (Tabla No. 2).

Tabla No. 1.-Colonias de bacterias identificadas en las muestras analizadas

Fuente (Rio)	Colonia Identificada	Total
Amajac-1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
Amajac-2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Enterobacter aerogenes</i>	2
Bancote-1	<i>Candida albicans</i> * <i>Escherichia coli</i> <i>Proteus mirabilis</i>	3
Bancote-2	<i>Escherichia coli</i>	1
Valles, Planta tratadora-1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
Valles, Planta tratadora-2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
Valles, Calera-2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
Coy, Planta tratadora	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
Amajac/Moctezuma-1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Escherichia coli</i>	2
Amajac/Moctezuma-2	<i>Escherichia coli</i>	1
Santa Rosa-1	<i>Escherichia coli</i>	1
Santa Rosa-2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1

\* Levadura

Tabla No. 2.- Frecuencia de microorganismos encontrados

Microorganismo	Número	Porcentaje
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	8	50.0
<i>Escherichia coli</i>	5	31.25
<i>Enterobacter aerogenes</i>	1	6.25
<i>Proteus mirabilis</i>	1	6.25
<i>Candida albicans</i>	1	6.25

Posteriormente, se incubaron en presencia de petróleo crudo las bacterias *P. aeruginosa* (3 días) y la levadura *Candida albicans* (7 días), y se les determinó el crecimiento por peso seco, encontrando que todas las bacterias crecen mejor en presencia de petróleo crudo, presentando mayor crecimiento la *P. aeruginosa* aislada del Río Coy, y la de menor crecimiento la del Río Valles (Calera) con un crecimiento de 4.5 (139 mg de peso seco) y 1.0 veces (34 mg de peso seco) respectivamente, con 1 mL de petróleo crudo adicionado al medio de cultivo (Tabla No. 3), mientras que la levadura también crece mejor cuando se adicionan al medio de cultivo diferentes concentraciones (200-1000  $\mu$ l) de petróleo crudo, con un rango de crecimiento promedio de 1.3 veces y entre 39 y 42.5 mg de peso seco, con respecto al control (Tabla No. 4.)

Tabla No. 3.- Crecimiento en peso seco de *P. aeruginosa* en el medio de cultivo adicionado de 1 mL de petróleo crudo.

<i>P. Aeruginosa</i>	Peso seco (Miligramos)	Crecimiento (Veces)
Control	31	1.0
1	57	1.9
2	89	2.87
3	59	1.9
4	99	3.2
5	34	1.1
6	139	4.5
7	111	3.6
8	80	2.6

\*  $1 \times 10^6$  bacterias/mL, 3 días de incubación a 28°C, con agitación constante (100 rpm).

Tabla No. 4.- Crecimiento en peso seco de *Candida albicans* en el medio de cultivo adicionado de diferentes volúmenes de petróleo crudo.

Petróleo crudo ( $\mu$ l)	Peso seco (miligramos)	Crecimiento (veces)
0	29.5	1.0
200	39.0	1.32
400	39.5	1.34
600	39	1.32
800	42.5	1.44
1000	40.5	1.37

\*  $1 \times 10^6$  levaduras/mL, 7 días de incubación a 28°C, con agitación constante (100 rpm).

Con respecto a la actividad de alcohol oxidasa, se observó que la actividad enzimática de *P. aeruginosa* y *C. albicans*, es mayor en los cultivos crecidos con petróleo crudo como fuente de carbono, presentando la bacteria mayor activi-

dad en presencia metanol como sustrato, seguido de petróleo crudo y etanol. (Tabla No. 5).

Tabla No. 5.- Actividad de alcohol oxidasa en *P. aeruginosa* y *C. albicans*, crecidas con y sin petróleo crudo.

**Pseudomonas aeruginosa (6)**

Petróleo (mL)	Sustrato	Actividad específica
		( $\mu\text{g H}_2\text{O}_2/\text{min}/\text{mg}$ proteína)
0	Metanol	5.6
1.0	Metanol	345.11
0	Petróleo crudo	12.5
1.0	Petróleo crudo	201.2
0	Etanol	18.0
1.0	Etanol	104.86

**Cándida albicans**

Petróleo (mL)	Sustrato	Actividad específica
		( $\mu\text{g H}_2\text{O}_2/\text{min}/\text{mg}$ proteína)
0	Metanol	88.5
1.0	Metanol	279.0
0	Petróleo crudo	83.0
1.0	Petróleo crudo	175.8
0	Etanol	84.3
1.0	Etanol	161

## DISCUSIÓN

Se ha encontrado que el 96% de bacterias aisladas de medios líquidos (lagos, ríos, y lagunas) presentan capacidad de crecer y emulsificar hidrocarburos derivados del petróleo (Leahy y Colwell, 1990), y los resultados obtenidos en este trabajo, demuestran que todas las colonias de *P. aeruginosa* y la *Candida albicans*, obtenidas crecen eficientemente en el medio líquido adicionado con 1 mL de petróleo crudo, además de emulsificar el medio de cultivo. Los resultados son similares a los obtenidos por Rosenberb y cols., (1992) con cepas Gram negativas puras. La sobrevivencia de las bacterias y la levadura en estas condiciones, sugiere que podrían tener la capacidad de utilizar hidrocarburos alifáticos y aromáticos como fuentes de carbono y/o donadores de electrones (Maidan y cols., (1998).

Con respecto a la actividad de alcohol oxidasa, se encontró que los microorganismos crecidos en presencia de petróleo crudo, presentan mayor actividad enzimática con respecto a los cultivos control, siendo mayor la actividad utilizando como sustrato metanol, seguido de petróleo crudo y etanol respectivamente. Los datos obtenidos, muestran la factibilidad de aplicar estos microorganismos a procesos de biorremediación.

## CONCLUSIONES

- 1.- Se aislaron e identificaron 15 colonias de bacterias y una levadura.
- 2.- Bacteria más frecuente: *P. aeruginosa*.
- 3.- Todas las bacterias y la levadura crecen mejor en petróleo crudo.
- 4.- Es mayor la actividad de alcohol oxidasa en presencia de petróleo crudo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atlas, M.R., Horowitz, A., Krichevky, M. and Bej, K.A. 1991. Response of microbial population to environmental disturbance. *Microbiol. Ecol.* 22: 249-256.
- Bezabel, L., Hadar, Y., and Cerniglia, C.E. 1996. Mineralization of polycyclic aromatic hydrocarbons by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Apl. Environ. Microbiol.* 62: pp 292-295.
- Bravo Torres, J.C. 1998. Purificación y caracterización parcial de la alcohol oxidasa del hongo YR-1. Tesis Maestría. IIBE. Facultad de Química Universidad de Guanajuato.
- Hino, S.K., Watanabe, K. And Takahassi, H. 1997. Isolation and characterization of slime-producing bacterial capable of utilizing petroleum hydrocarbons as a sole carbon source. *J. Ferment. Bioeng.* 84: pp 528-531.
- Leahy, J.G. and Colwell, R.R. 1990. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiol. Rev.* 54: 305-315.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. y Parker, J. 1998. Brock. Biología de los Microorganismos. 8ª. Ed. Prentice Hall, Iberia. Madrid, España.
- Martín Moreno, C., González Becerra, A. y Blanco Santos, M.J. 2004. Tratamientos biológicos de suelos contaminados: contaminación por hidrocarburos: Aplicaciones de hongos en tratamientos de biorrecuperación. *Rev. Iberoam. Micol.* 21: 103-120.
- Pineda-Flores, G. y Mesta-Howard, A.M. 2001. Petroleum, asphaltenes generated problematic and possible biodegradation mechanisms. 43, No. 3: pp 143-150.
- Rivera Cruz, M.C., Ferrera-Cerrato, R., Volke Haller, V., Rodríguez Vázquez, R. y Fernández Linares, L. 2002. Adaptación y selección de microorganismos autóctonos en medios de cultivo enriquecidos con petróleo crudo. *Terra*: pp 423-434.
- Rodríguez-Luna, W., Tovar-Oviedo, J., Moctezuma-Zárate, M.G. y Acosta-Rodríguez, I. 2005. Aislamiento e identificación de bacterias tolerantes a petróleo. *Actas INAGEQ*. Vol. 11, No. 1. pp 64-67.
- Rosenberg, E., Legmann, R., Kushmaeo, A., Taube, R., Adler, E. and Ron, E.Z. 1992. Petroleum bioremediation a multiphase problem. *Biodegradation*. 3: 337-350.
- Sugiera, K., Ishihara, M., Shimauchi, T. and Haramaya, S. 1997. Physicochemical properties and biodegradability of crude oil. *Environ. Sci. Technol.* 31: 45-51.
- Valderrama Blanco, B. 2003. Microbiología del petróleo y sus derivados. Libro *Microbios*. Cap 2. UNAM. pp 1-10.