

Tratamiento de las aguas residuales provenientes de la industria de medicamentos

Caridad Ramos Alvariño, María del C. Espinosa Lloréns, Matilde López Torres y Alexis Pellón Arrechea.

*Dpto. de Estudios sobre Contaminación Ambiental, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Avenida 25 y Calle 158, Cubanacán, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

Recibido: 29 de octubre de 2003. Aceptado: 22 de diciembre de 2003.

Palabras clave: aguas residuales, residuos de la producción de medicamentos, tratamiento aerobio, tratamiento anaerobio, tratamiento con ozono.
Key words: waste water, sewage for pharmaceutical industry, aerobic treatment, anaerobic treatment, ozone treatment.

RESUMEN. El principal problema que se presenta en la industria farmacéutica actual es la carencia de soluciones tecnológicas nacionales para el tratamiento de los residuos líquidos. Diversas producciones de medicamentos novedosos y de avanzada generan aguas residuales no caracterizadas ni evaluadas anteriormente por algún proceso. La disposición de ellas produce serios impactos en los recursos hídricos, con incumplimiento de las regulaciones y normas ambientales vigentes. Los antibióticos pertenecen al grupo de medicamentos que han sido detectados en lagos y corrientes de diferentes partes del mundo y la presencia de estos compuestos en el ambiente ha provocado el aumento de la toxicidad de los organismos acuáticos y el surgimiento de especies de bacterias con resistencia antibiótica. Se cuenta con una base de datos de los diversos vertimientos de más de 15 centros de producción de medicamentos. Las tecnologías desarrolladas basadas en los tratamientos de película fija anaerobios y aerobios, así como la aplicación del ozono, fueron efectivas.

ABSTRACT. The main problem that is presented in the current pharmaceutical industry is the lack of national technological solutions for the treatment of the residual liquids. Diverse productions of drugs were novel and advanced; and they generate waste waters not characterized or previously evaluated by some process. The disposition of the same ones produces serious impacts on the hydric resources, causing no fulfillment of the regulations and standing environmental norms. Antibiotics are one of a group of pharmaceutical compounds that have been found in lakes and streams throughout the world and the occurrence of these compounds in the environment has raised concerns regarding the toxicity to aquatic organisms and the emergence of strains of antibiotic-resistant bacteria. The main results of the work are presented next. It has a database of the diverse discharge of more than 15 centers of production of drugs. The developed technologies based on the treatments of biofilm fixed anaerobes and aerobic, as well as the application of the ozone, were effective.

INTRODUCCION

El mundo actual depende, sin excepción, de productos químicos. Cada vez es mayor el número de estas sustancias que es necesario extraer y concentrar a partir de materiales naturales, o de procesos de síntesis en el laboratorio. Su descarga al medio ambiente, intencional o no, puede causar serias consecuencias. Cuando se generan y manejan grandes cantidades de estos

productos que no existían en la naturaleza, se plantean grandes problemas, en especial, cuando no se cuenta con procesos físicos y biológicos conocidos que puedan degradarlos hasta convertirlos en forma inocua.¹

La industria de fabricación de medicamentos^{2,3} se considera a menudo como consistente en un conjunto de tipos genéricos de operaciones diferentes. Esta industria se

presenta con mayor desarrollo en el llamado primer mundo, de ahí, que sean principalmente monopolios quienes la dominen. Son escasos los trabajos publicados relacionados con el comportamiento de diferentes procesos de tratamiento ante la variedad de corrientes residuales que se generan. La mayoría de los tratamientos empleados son tecnologías muy consumidoras de energía (lodos activados) con parámetros operacionales muy complejos, no aptos para países en desarrollo, como Cuba.¹⁻¹¹

La industria farmacéutica²⁻¹² por sus diferentes modalidades en las operaciones, produce residuos de variadas composiciones y concentraciones.

Entre las principales industrias de Cuba, generadoras de residuos peligrosos se encuentra la farmacéutica, por lo que constituye una prioridad eliminar la posibilidad de su impacto al ambiente y en la salud de la población y de los trabajadores.

El principal problema es la carencia de soluciones tecnológicas nacionales para los residuos líquidos de la producción de diversos medicamentos novedosos y de avanzada, que generan aguas residuales no caracterizadas ni evaluadas anteriormente en procesos de tratamiento. Su disposición produce serios impactos en los recursos hídricos y causan incumplimiento de regulaciones y normas ambientales vigentes. Además, con el desarrollo social y económico, la inves-

tigación-desarrollo, la producción y la comercialización de nuevos y conocidos medicamentos en el país, crecen considerablemente, tanto con el fin de abastecer las propias necesidades, así como de comercializarlos con otros países. Asimismo, surge la necesidad de la transferencia de tecnologías de producción de medicamentos en el país con la tecnología de tratamiento de las aguas residuales, ante las exigencias de diferentes clientes. Del mismo modo las respuestas a las solicitudes de licencias ambientales para nuevas inversiones y remodelaciones, requieren igualmente de un conocimiento de los componentes de las aguas residuales y los procedimientos para la eliminación o reducción de la contaminación que presentan, de manera tal, que se cumpla con la norma de vertimiento vigente y con los requerimientos comerciales.

La protección del medio ambiente es un objetivo legítimo de política, tanto de países industrializados como en vías de desarrollo. No deja de ser inquietante, sin embargo, que las normas ambientales puedan convertirse en importantes barreras al comercio internacional y que se traduzcan en nuevas condiciones previas para tener acceso a los mercados de los países industrializados. El comercio internacional se encuentra influenciado en la práctica por los problemas medio ambientales, según: barreras no arancelarias al comercio, normas, regulaciones y disposiciones, entre otras.¹³ De ahí, las causas por las cuales las medidas ambientales aplicadas por países desarrollados pueden impactar en los fondos exportables, entre otras: incumplimiento de normas ISO 9000 y 14000, relacionadas con indicadores de calidad y gestión ambiental.¹⁹

El objetivo del trabajo fue compilar un paquete de tecnologías para el tratamiento de los residuos líquidos generados de diversas producciones de medicamentos e introducirlos en la práctica, de manera tal que aseguren la correcta posición medio ambiental a los centros productores que se trate ante exigencias productivas y comerciales.

MATERIALES Y METODOS

Se aplicaron los métodos de ensayos normalizados para aguas y aguas residuales.¹⁴

Se identificaron los grupos de corrientes de aguas residuales de diferentes procesos^{12, 15-26} de más de 15 centros productores de medicamen-

tos, y se determinó si incumplirían con la norma de vertimiento de acuerdo con la demanda química de oxígeno. Se calculó el intervalo de la población equivalente que representa cada corriente.

Las experiencias con filtros biológicos y anaerobios se efectuaron a escala de laboratorio y este último a escala piloto.²⁰⁻²⁶ Se estudió su eficiencia, en la eliminación de diversos componentes que se encuentran en las aguas residuales, así como en la producción de biogás, los tiempos de residencia, las cargas orgánicas y las concentraciones de entrada que simularan los intervalos en que realmente se producirán. Así, se evaluaron diferentes parámetros de operación con vistas a la ejecución del diseño posterior de los tratamientos, tanto en aguas residuales, mezcla de diversas corrientes o procesos de producción, simulación de corrientes, teniendo en cuenta los balances de C-N-P, contenidos de sales, trazas de disolventes, productos químicos, grasas, entre otros.

Las experiencias con filtros anaerobios se efectuaron a escala piloto,²⁰⁻²⁶ se estudió su eficiencia, por la eliminación de DQO, DBO, así como en la producción de biogás, los tiempos de residencia, las cargas orgánicas y las concentraciones de entrada que simularan los intervalos en que realmente se producirán. Así, se evaluaron diferentes parámetros de operación con vistas al diseño posterior de los tratamientos, tanto en aguas residuales, mezcla de diversas corrientes o procesos de producción, simulación de corrientes, teniendo en cuenta los balances de C-N-P, contenido de sales, trazas de disolventes, productos químicos, grasas, entre otros.

Como algunas plantas o centros de producción no se habían construido, se simularon los residuos líquidos más agresivos en consulta con especialistas de las respectivas materias, en bases de datos brindados por diferentes farmacopeas, caracterizaciones de aguas residuales de laboratorios existentes y de medicamentos.

Este trabajo requirió de una modelación de las distintas corrientes y sus composiciones, las cuales fueron utilizadas en las evaluaciones de los procesos de tratamiento empleados.

Las experiencias para el tratamiento con ozono²⁴⁻²⁶ se efectuaron a templa en un reactor de 100 mL, con un difusor en su fondo. La en-

trada del gas se efectuó a través del difusor, empleando tiempos de contacto regulados entre 5 y 60 min (Tabla 1). La concentración de ozono se determinó espectrofotométricamente en las muestras antes y después de ser tratadas con ozono. La atenuación del color se evaluó visualmente.

Tabla 1. Condiciones de operación.

Tipo de residuo	Tiempo de contacto (min)
Crudo	7, 15, 30, 45, 60
Efluente	5, 10, 15

RESULTADOS

A continuación, se exponen a manera de ejemplos, algunos resultados de las experiencias realizadas durante la caracterización y tratamiento de diferentes aguas residuales de la producción de medicamentos, los cuales contribuyeron a las definiciones de las tecnologías de las diferentes plantas de tratamiento.

Caracterización de las aguas residuales de diversos procesos de producción y limpieza

La tabla 2 presenta los intervalos de la demanda química de oxígeno, la población equivalente estimada por metro cúbico de vertido de las aguas residuales, en diferentes procesos para la producción de diversos medicamentos, así como algunos parámetros que incumplan la Norma de vertimiento. Para la estimación de la población equivalente se utilizó el criterio del aporte de 35 g por persona por día.²⁷

Es evidente el grado de agresividad de algunas de las corrientes que se generan en la producción de medicamentos, tanto por las concentraciones que alertan un no cumplimiento de la Norma de vertimiento en este parámetro (DQO), como por el estimado de la población equivalente para el vertimiento de 1 m³. Las corrientes de la extracción de productos naturales presentaron las poblaciones mayores, principalmente porque en estos procesos se emplean disolventes. Es de todos conocido el grado de aporte que ellas presentan. Igualmente, en otros procesos biotecnológicos como las etapas de purificación cromatográficas se estima un aporte de población equivalente bien elevado. Así como algunos productos de desinfección. Se reportan otros pará-

metros que pueden incumplir las exigencias de la Norma de vertimiento de acuerdo con el lugar y su calidad.

Componentes de las aguas residuales y opciones de tratamientos preliminares y primarios

De acuerdo con los resultados del estudio de la caracterización de las aguas residuales que se producen en más de 15 centros productores de medicamentos con diversos procesos, se llegó a las propuestas siguientes:

Separación previa por corrientes con componentes oleaginosos y sólidos mediante:

- Trampas de grasas para las provenientes de talleres, procesos de producción, comedores, cocinas;
- Trampas de sólidos para las provenientes de bioterios y de procesos de producción;
- Cámara de rejillas para residuos provenientes de procesos de producción.

Segregación de corrientes:

Para tratamientos específicos, por corrientes, de presentar ellas: sólidos o sustancias tóxicas (fundamentalmente disolventes). Requieren procesos o dosificaciones específicas.

Homogenización de las corrientes por presentar:

- Cargas orgánicas muy elevadas;
- Sustancias difíciles de biodegradar;
- Grandes variaciones de pH;
- Sales inorgánicas debido a las mezclas de corrientes de limpieza (CIP), ácidas y básicas.

La neutralización para:

Aseguramiento del pH en el intervalo de 6,5 a 7,5 adecuado para:

- Los tratamientos biológicos posteriores;
- Disposición (de ser posible) a cuerpos de agua o alcantarillado.

Caracterización de aguas residuales de formas terminadas

Dada la caracterización físico-química y el grado de toxicidad de algunas formas terminadas de medicamentos tanto de tabletas como inyectables, así como de las corrientes de aguas residuales de plantas de producción, se puede concluir que la combinación de diferentes corrientes de desecho presentan de manera general las características siguientes:

- Baja carga orgánica.
- Relaciones de DBO/DQO en su mayoría superiores a 0,4.
- pH cercanos a 7.
- Bajo contenido de nitrógeno y fósforo.
- Relaciones de DBO : N : P sobre lo bajas.
- Halos de inhibición con organismos aerobios: pequeños.
- Producción de biogás mediante asociaciones metanogénicas: aceptable.

Evaluación del filtro biológico con aguas residuales procedentes de planta de formas terminadas

La evaluación mediante filtro biológico indicó la posibilidad del tratamiento, combinando dichas corrientes de desecho con un 50 % (aproximadamente) de las aguas de albañales de las propias instalaciones, con la obtención de eficiencias de eliminación del 90 % de la DBO, 41,8 % para el ortofosfato y del 97,6 % del nitrógeno amoniacal.

Evaluación del proceso anaerobio a escala piloto

La caracterización de los efluentes presentó valores promedio de: 17 mg DBO/L. Al evaluar la estabilidad del residuo a escala piloto mediante un reactor de biopelícula fija anaerobia de 4 m³ de capacidad, empacado con celosías de barro hexagonal, se encontraron eficiencias notables (Tabla 3).

Tabla 3. Evaluación en la planta piloto de tratamiento a las aguas residuales de procesos biotecnológicos.

Eficiencia	Valor medio
DQO (mg/L)	81,0
DBO (mg/L)	94,6
P _{orto} (mg/L)	90,9
P _{total} (mg/L)	87,7
Composición del biogás en metano (%)	> 90

Se observó lo efectivo del tratamiento, aún con aumentos considerables de la carga orgánica del residuo con el tiempo de operación (Fig. 1).

Del empleo del procedimiento de filtro anaerobio operado a cargas entre 0,1 y 15,6 kg/(m³ · d), con tiempo de retención de 1 a 2 d, presentó una eficiencia del 70 al 85 % en DQO y del 75 a 90 % en DBO, con una producción de biogás de 3 a 5 v_g/v_r d, con un contenido de 65 al 70 % de metano.

Las características del efluente fueron las siguientes:

DBO	< 5 mg/L
P _{total} /L	6,2 a 8,7 mg
P _{orto} /L	5,2 a 5,5 mg

Tabla 2. Datos por grupo de las corrientes residuales de diferentes producciones de medicamentos.

Proceso	DQO (g/L)	Población equivalente estimada/m ³ vertido	Parámetros de interés
Formas terminadas	0,066 a 0,353	2 a 10	CE 483 a > 10 000
Extracción de productos naturales	0,026 a 448,218	< 1 a 12 800	CE 457 a > 10 000
Síntesis química	6,512 a 13,968	190 a 400	CE 510 a 1 617
Fermentación	11,278 a 16,864	320 a 480	CE > 10 000
Etapa química o de purificación	0,522 a 13,912	15 a 400	CE 1 100 ≥ 10 000
Otros procesos biotecnológicos			Pt 700
I	0,007 a 652,50	< 1 a 18 640	pH 10
II	0,090 a 10,10	< 1 a 290	Nt 401
III	0,360 a 1,21	10 a 34	CE > 10 000
Limpieza de equipos	0,015 a 154,290	< 1 a 4 400	CE 560 ≥ 10 000

DQO Demanda química de oxígeno (g/L). CE Conductividad eléctrica (mS/cm). Pt Fósforo total (mg/L). Nt Nitrógeno total (mg/L).

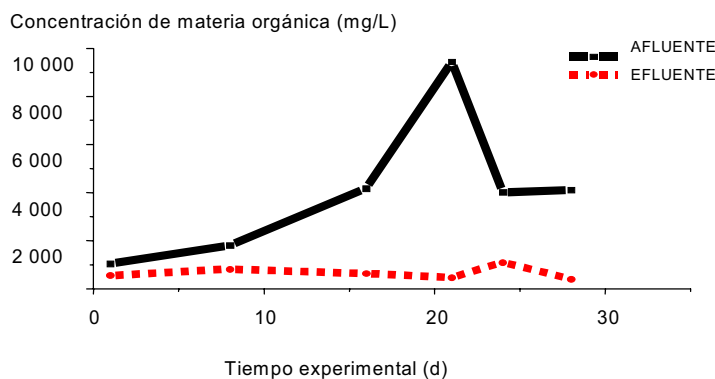


Fig. 1. Comportamiento de la concentración de la materia orgánica en los afluentes y efluentes anaerobios en el filtro anaerobio a escala piloto en función del tiempo de funcionamiento.

$N_{amoniaco} / L$ 5,9 a 10,2 mg
 $N_{org.} / L$ 14,7 a 22,2 mg

Tratamiento con ozono de aguas residuales crudas y efluentes anaerobios

Las dosis de ozono se aplicó en el intervalo de 21 a 640 mg O_3/L , lo cual está relacionado con el tiempo de tratamiento. Al relacionar la concentración de la materia orgánica en función del ozono disuelto/L de la muestra se obtienen correlaciones lineales (0,99) con dependencia de los tiempos de tratamiento. Los consumos de ozono/L en los efluentes anaerobios (85 mg O_3/L) fueron inferiores a los empleados en el residuo crudo (116 mg O_3/L), se obtuvo porcentajes de eliminación de la materia orgánica y del color, muy similares. Los tiempos de contacto igualmente se reducen considerablemente cuando el residuo crudo se trató anaerobiamente, de 60 a 5 min. Se obtuvo una correlación lineal (0,99) entre el tiempo de contacto y la masa de O_3 disuelto (mg)/L de muestra, con independencia de la concentración de la materia orgánica y el pH. El efecto del pH inicial en el intervalo trabajado no fue significativo y para cada una de las concentraciones de la materia orgánica estudiada, se obtuvo una correlación lineal entre el pH inicial y la masa de O_3 disuelto (mg)/L.²⁴⁻²⁶

Tecnologías desarrolladas y plantas construidas

Planta de tratamiento para las aguas residuales de laboratorios de formas terminadas de tabletas

La planta se creó con el propósito de tratar las aguas residuales generadas de la actividad social e industrial, en correspondencia con sus características; cumplir con las Normas para el vertimiento de las

aguas residuales y proteger el Río cercano a donde disponen. Consta de los órganos de tratamiento siguientes: sedimentación y tratamiento de las corrientes de aguas de albañales; unidad para la homogenización y ajuste del pH a $7 \pm 0,5$, de todas las corrientes de vertimiento; bombeo a los filtros biológicos; sedimentación secundaria y vertimiento del sobrenadante al río.

Planta piloto para las aguas residuales de la producción de precursores esteroidales

El diseño de las investigaciones de las corrientes tanto fermentativas como químicas se comenzó, en un afán de lograr una tecnología compacta, que permitiera el procesamiento de las diferentes cargas, productos, etapas, que se descargarían en un tiempo y que a la vez, mantuviera una adecuada protección del medio ambiente circundante, sin afectar las instalaciones aledañas. Después de diversos diseños de las experiencias, tanto con los tratamientos anaerobios como de ozonización, se elaboró la tarea técnica de la planta piloto para el tratamiento de las aguas residuales de la miniplanta de producción de precursores esteroidales y se construyó en el tiempo necesario para que pudiera entrar en funcionamiento sin el riesgo de que los residuos que se obtuvieran no se trataran. La planta fue evaluada²⁴⁻²⁶ mientras funcionó.

La planta permite, no incrementar la carga contaminante de que disponga y determinar el aporte de las corrientes de disposición y tener evaluado el tratamiento de las aguas residuales con vistas a un posible escalado.

Consta de un tanque de recepción de todas las corrientes vertidas, bombeo hacia una unidad de tan-

ques para la homogenización y ajuste de pH a $7 \pm 0,5$, bombeo hacia los filtros anaerobios, tanques para descarga de efluente para el bombeo para su recirculación o hacia las torres para la ozonización, como tratamiento final. El funcionamiento de los filtros anaerobios puede ser en paralelo o en serie, según sea la necesidad del proceso. Existe una campana para la acumulación del biogás que se obtenga, así como válvulas para la descarga de los lodos de los filtros anaerobios.

Ingeniería Conceptual y Básica del tratamiento de los residuos líquidos para las transferencias tecnológicas de producción de cuatro productos cubanos de la Biotecnología

El desarrollo de la tarea técnica¹⁸ permitió que en un trabajo conjunto con especialistas de proyectos, se elaboraran los de Ingeniería Conceptual y Básica del tratamiento de los residuos líquidos para las tecnologías transferidas, a fin de dar cumplimiento al contrato con el cliente. Ella consta de un tratamiento mediante lodo activado para una corriente en particular. Sedimentación para otra corriente específica. Homogenización de todas las corrientes y chequeo del pH a $7 \pm 0,5$. Ajuste de la temperatura a la entrada de los filtros anaerobios y filtración fina de los efluentes luego del tratamiento anaerobio. Extracción de los lodos hacia su tratamiento. Secado de los lodos. Disposición de la fracción líquida tratada. Sistema para la colección y el quemado seguro del biogás producido.

Solución tecnológica a los residuos de la producción de productos biológicos

La tarea técnica para la solución de las aguas residuales^{18,19} (extracción a partir de fracción de plasma humano sanguíneo para la producción de albúmina y gammaglobulina), representó los resultados principales que a continuación se describen:

Permitió obtener la licencia ambiental otorgada por el Centro de Inspección y Control Ambiental.

Las aguas residuales más tóxicas y cargadas orgánicamente (que representan un 95 % de todas las aguas residuales del total, con un 43 % en volumen de alcohol) se segregaron del resto de las corrientes de la empresa. Estas se homogenizan, neutralizan y son trasladadas a una planta de tratamiento de mayor caudal, por lo que se eliminó su descar-

ga a la presa más cercana. Se cuenta con una planta de tratamiento en funcionamiento para el resto de las corrientes en una primera etapa, consistente de una separación gruesa, una unidad de descarga y bombeo a los tanques de homogenización y ajuste de pH a $7 \pm 0,5$ y bombeo hacia la laguna de estabilización. Disposición de la laguna al arroyo que descarga en la presa. Por lo anterior, la Empresa ha dejado de constituir un riesgo a la salud en el municipio.

Tarea técnica para la planta de tratamiento de las aguas residuales de un Laboratorio farmacéutico de formas terminadas de inyectables en remodelación

Por la necesidad igualmente de remodelar totalmente un laboratorio farmacéutico para la producción de inyectables, que permitiera el buen cumplimiento de las normas de producción, se identificaron sus corrientes de vertimiento, de manera tal de contar con los datos para el diseño de la planta de tratamiento y se elaboró la tarea técnica. Esta planta consta de los órganos de tratamiento siguientes: fosa séptica, donde se sedimentan y tratan los lodos de las corrientes de las aguas de albañales y de las procedentes de cocina-comedor. Su sobrenadante con el resto de las corrientes va al homogenizador y al tanque para ajuste del pH a $7 \pm 0,5$, luego, se trata en el filtro biológico aerobio; en un sedimentador se separan los lodos y se envían a la fosa séptica. En la unidad de cloración se desinfecta el sobrenadante del sedimentador, luego de lo cual, se dispone al río colindante.

CONCLUSIONES

Se cuenta con los datos de distintos indicadores de contaminación de diversas corrientes de producción de medicamentos de más de 15 centros de producción de medicamentos diferentes, útiles en la orientación de las decisiones para su gestión, así como para el diseño respectivo de los procesos para conformar la tecnología de tratamiento.

Los procesos de película fija empleados son efectivos para el tratamiento de diferentes aguas residuales. Igualmente, la aplicación de ozono a diferentes efluentes contribuye a la disminución de la carga orgánica de algunas corrientes, entre otros aspectos satisfactorios de su empleo.

Las tecnologías obtenidas se basan en los tratamientos de diferen-

tes de corrientes. Sedimentación de sólidos y el proceso anaerobio a las aguas de albañales, trampas de grasa para los vertimientos de cocina-comedor y cafeterías. Las aguas residuales industriales, se sedimentan de acuerdo con la necesidad de la eliminación de los sólidos presentes. La homogenización de todos los vertimientos que se van a tratar de conjunto con el aseguramiento del pH a $7 \pm 0,5$ seguido del tratamiento biológico de biopelícula fija, aerobio o anaerobio, en dependencia de la carga orgánica que presenten. La sedimentación secundaria luego del proceso aerobio, así como la filtración mediante zeolitas para los efluentes del tratamiento anaerobio. Tratamiento y secado de los lodos obtenidos. Desinfección final, mediante ozono o cloro del agua tratada antes del vertimiento de acuerdo con las exigencias del punto de vertimiento.

Las tecnologías desarrolladas solucionan la carencia de tareas técnicas específicas para la situación de cada centro y permiten a las empresas de proyectos elaborar las ingenierías conceptual, básica y de detalle correspondientes. Han representado un aporte a la preservación de la calidad de los acuíferos cercanos a cada centro al no disponer sus vertimientos sin tratamiento. Ha permitido el otorgamiento de licencias ambientales en las nuevas inversiones o remodelaciones.

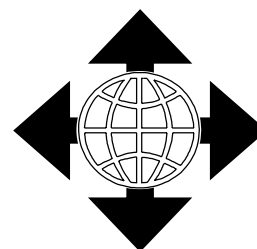
BIBLIOGRAFIA

1. Hawken P. La Ecología del Comercio. Publicaciones Acuario, 1999.
2. Carmichel J.B. Environmental pollution control in the Pharmaceutical Industry. ONUDI, 14, 1978.
3. ONUDI. Práctica de utilización del agua y de tratamiento de efluentes en la fabricación de los 26 medicamentos esenciales de la lista de la ONUDI. Hungría, 64, 1983.
4. Ramos C., Sánchez E., Espinosa M.C., López M. y Pérez R. Aspectos de interés sobre residuos tóxicos de la industria farmacéutica. Experiencias prácticas. I Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 15 al 20 de septiembre, La Habana, Cuba, 1997.
5. Ramos C. Tecnologías de tratamiento a las aguas residuales de la producción de medicamentos. Taller sobre Tecnologías de tratamiento a las aguas residuales de la producción de medicamentos. Organizado y editado por Organización Panamericana de la Salud y Asociación Dominicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, República Dominicana, 1-52, 1998.
6. Ramos C. Caracterización y estudio de la degradación biológica de los residuos líquidos farmacéuticos. XII

- Seminario Científico Centro Nacional de Investigaciones Científicas, 27 al 30 de junio, La Habana, Cuba, 1995.
7. Ramos C. Manejo de Residuales de la Industria de Medicamentos a favor del Medio Ambiente. V Congreso Interamericano sobre Medio Ambiente. Del 17 al 20 de noviembre, La Habana, Cuba, 1998.
8. Ramos C., Sánchez E., Espinosa M.C., López M. y Pérez R. Aspectos de interés sobre residuales tóxicos de la Industria farmacéutica. Experiencias prácticas. VI Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente, del 28 al 30 de septiembre, México, 1999.
9. Tavares T. *et al.* Aplicação de ozonio para a melhoria do efluente de reatores anaerobios de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB), Ed. ABES, Rio de Janeiro, 3-23, 1989.
10. Vanderpoorten W.E. Industrial wastewater treatment an overview of the existing processes. Environmental assessment management aspect of air water pollution on from industry. State University of Ghen, Belgium, 25-26, 27-37, 1988.
11. Viken W.Y.P. Waage. Treatment of hazardous waste in cement kilns within a decentralized scheme: the Norwegian experience, Special issue, 74-79, 1983.
12. Ramos C., Espinosa J.A. Tratamiento de Residuos Tóxicos en la industria Farmacéutica. Centro de Información para industria Farmacéutica y el Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos, Ciudad de La Habana, 1-56, 2000.
13. Gil A. Curso: Comercio Marketing Ecológico y Medio Ambiente. Instituto del Comercio Exterior. Ministerio de Comercio Exterior, 2001.
14. APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th edition. American Public Health Association, Washington, D.C., 1985.
15. Ramos C., Espinosa M. del C., Cruz M. y Pérez R.. Caracterización y estudio de la degradación biológica de los residuos líquidos farmacéuticos. V Congreso de la Sociedad Cubana de Ciencias Farmacéuticas. Del 12 al 16 de abril, Ciudad de La Habana, Cuba, 1993.
16. Ramos C., Espinosa M.C., Cruz M. Tratamiento de aguas residuales de formas terminadas de medicamento. II Congreso Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria. Del 5 al 9 de junio, Santiago de Cuba, Cuba, 1995.
17. Ramos C., Pellón A., Espinosa M.C., Roviroso N., López M. y Mayarí R. Tecnología de tratamiento de desechos de diferentes producciones de medicamentos. XIII Seminario Científico Centro Nacional de Investigaciones Científicas, del 27 al 30 de junio, Ciudad de La Habana, Cuba, 2000.
18. Ramos C., *et al.* Soluciones Tecnológicas de tratamiento de las aguas residuales de la producción de medicamentos. XIV Forum Nacional

- de Ciencia y Técnica de Cuba. Del 8 al 10 enero, 2003.
19. Ramos C., *et al.* Solución tecnológica para los residuos líquidos de la Empresa de Sueros y Hemoderivados de La Lisa. Forum Nacional Especializado Ramal del Ministerio de Educación Superior de Cuba, 2002.
 20. Ramos C., *et al.* Tratamiento de las aguas residuales de los centros de producción de medicamentos. **Revista Avances en Biotecnología Moderna**, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ciudad de La Habana, Cuba, 1, 16.34, 1992.
 21. Ramos C., *et al.* Evaluación y tratamiento de aguas residuales de producción de anticuerpos monoclonales. **Revista Biotecnología y Bioingeniería**, 3, México, III-128-III-134, 1993.
 22. Fernández S., Pérez R., Cruz M., Ramos C., Espinosa M. Characterization of typical pharmaceutical effluents use of generated data for design and Operation of water treatment plant. *Environmental biotechnology. Principles and Applications*, M. Moo-Young *et al.* Ed. Kluwer Academic Publishers, 461-469, 1995.
 23. Ramos C., Espinosa M. C., Sánchez E., Pérez R. Monitoring and treatment of residual waters from the production of pharmaceuticals, Second International American Environmental Congress. 109-113, Monterrey, México, 1995.
 24. Ramos C., Espinosa M. del C. y López M. Diseño y evaluación de una planta piloto de tratamiento de aguas residuales biotecnológicas. V Congreso de la Región I de AIDIS y III Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Santo Domingo, República Dominicana, 17 al 19 de octubre, 2001.
 25. Ramos C. *et al.* The use of ozonation in treatment of a raw fermentation sewage and an anaerobic reactor effluent. XI SINAIFERM, Brazil, 1996.
 26. Ramos, C. *et al.* Uso de la ozonización en el tratamiento de residuos crudos de fermentación y efluentes anaerobios. **Revista Contribución a la Educación Ambiental**, 0, 52-54. Editorial Academia, La Habana, Cuba, 1999.
 27. Comité Estatal de Colaboración Económica, Bases de diseño. Especialidades Hidráulica y Sanitaria, Siboney, Cuba, 1982.









¿BUSCA PUBLICIDAD?



La Revista CENIC Ciencias Biológicas le puede ayudar eficazmente a difundir su mensaje, así como a viabilizar sus contactos y propiciar intercambios y relaciones futuras con la comunidad científica nacional e internacional y sus instituciones respectivas.

Aproveche esta oportunidad que a módicos precios le ofrece para que su mensaje viaje y llegue con ella, a su círculo especializado de lectores.

TARIFAS (USD)

\$200	\$100	\$70	\$120	\$50	\$150	\$300	\$350
							
P	1/2P	1/3P	2/3P	1/4P	3/4P	2P	2P CENTRALES
\$850				\$500			
CONTRACUBIERTA (cuatricomía)				REVERSO DE CUBIERTA O DE CONTRACUBIERTA (cuatricomía)			

La contratación por un año (tres números) de este servicio, le proporciona como beneficio adicional, un descuento del 15 %.



Editorial CENIC
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Avenida 25 y 158, Playa, Apartado Postal 6414, Fax: 208 9704, Ciudad de La Habana, Cuba.