

Biodegradación de Efluentes Líquidos de la Industria Cosmética

Sonia KOROL, María S. FORTUNATO,
María C. MALACALZA, Miguel D' AQUINO *

*Cátedra de Higiene y Sanidad. Facultad de Farmacia y Bioquímica,
Universidad de Buenos Aires, Junín 956, 1113 Buenos Aires, Argentina*

RESUMEN. El vertido de efluentes industriales líquidos sin tratar, a los cursos de agua, ocasiona serios riesgos ambientales. La industria farmacéutica y cosmética no escapa a dicha problemática, ya que sus efluentes poseen contaminantes que deben ser eliminados o disminuidos a valores permitidos por las normas vigentes. El objetivo del presente trabajo fue: a) efectuar el estudio de las características del efluente industrial, b) seleccionar e identificar microorganismos degradadores del contaminante presente en el efluente y c) efectuar ensayos en escala laboratorio, con el fin de lograr la biodepuración de dicho efluente. Para caracterizar el efluente se determinaron parámetros tales como: pH; sólidos sedimentables; sustancias solubles en éter etílico (grasas y aceites); sustancias reactivas al azul de ortotoluidina (detergentes); demanda bioquímica de oxígeno; demanda química de oxígeno; oxígeno consumido y resorcinol. En todos los ensayos de biodegradación se utilizó la bacteria aislada del suelo *Pseudomonas pseudoalcaligenes*. Los resultados obtenidos demostraron una capacidad biodegradativa muy elevada, ya que degradó 1000 mg/L dentro de las 28 horas. La remoción del resorcinol fue del 95% y la presencia de otros contaminantes no invalidaron el proceso.

SUMMARY. "Biodegradation of Waste Water in Cosmetic Industry". The poured of industrial wastewater in the water courses causes serious environmental risks. Pharmaceutical and cosmetic industry does not escape to such problems. Water possesses pollutants which should be eliminated or reduced to achieve securities allowed by the outstanding regulations. The objective of the present work was: a) to characterize the industrial wastewater; b) to select and identify degrading microorganisms of the principal pollutant present in the wastewater (like resorcinol); c) to assay in laboratory scale, in order to achieve the biodepuration of this waste water. To characterize this kind of water effluent, the following parameters were determined: pH, total solids suspended, fats and oils, detergents; BOD, COD; consumed oxygen, and resorcinol. In all the trials of biodegradation a soil isolated bacteria (*Pseudomonas pseudoalcaligenes*) was used. The results showed a very high capacity of biodegradation: 1000 mg/L within 28 hours. The removal of the resorcinol was of the 98% and the presence of other pollutants did not annul the process.

PALABRAS CLAVE: Biodegradación, Efluentes, Resorcinol.

KEY WORDS: Biodegradation, Wastewater, Resorcinol.

* Autor a quien dirigir la correspondencia.

INTRODUCCION

De igual forma que en muchos procesos industriales, las industrias de fármacos y cosméticos dan lugar a la producción de efluentes líquidos que cuando no se los trata podrían traer aparejado serios riesgos ambientales ¹⁻³.

Algunos de estos desechos poseen sustancias que aún cuando no sean directamente tóxicas para los sistemas biológicos de vida acuática, deben ser eliminadas o disminuidas a valores permitidos. La presencia de las mismas obrarían negativamente sobre diversas características del curso de agua receptor, tal por ejemplo las sustancias que demandan oxígeno, las cuales son primariamente materiales oxidables por los microorganismos.

La descomposición de estos compuestos conduce a una depleción del oxígeno existente en las aguas, produciendo características desagradables (olores, color, etc.) y obrando en consecuencia sobre los diferentes sistemas biológicos.

El efluente industrial utilizado en el presente estudio pertenece a una industria cosmética que arroja entre sus desechos sustancias tales como: resorcinol, tartrazina y eritrosina. El primer compuesto, es el m-dihidroxibenceno que en estos tipos de laboratorios es utilizado como constituyente de ciertas preparaciones antisépticas para el cabello ⁴. La tartrazina, es un derivado de la pirazolona y se lo utiliza como colorante amarillo permitido por la FDA, de igual modo que el colorante eritrosina, que es un derivado de la iodofluoresceína.

La determinación del resorcinol es importante por sus características inhibitorias sobre sistemas biológicos; mientras que los dos colorantes, si bien no hallados en concentraciones elevadas, por su naturaleza pueden considerarse contaminantes ya que interfieren con la transmisión de la luz solar y disminuyen la acción fotosintética del fitoplancton.

Por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivo: a) estudiar las características del efluente industrial, b) seleccionar e identificar microorganismos capaces de biodegradar los contaminantes presentes y c) ensayar en escala de laboratorio los tratamientos de biodegradación de dichos elementos.

MATERIALES Y METODOS

Efluente Industrial

Efluente líquido proveniente de la industria cosmética, al cual se le efectuaron las siguientes determinaciones:

DBO (demanda bioquímica de oxígeno), por el procedimiento de las diluciones, empleando como inóculo agua del curso receptor del efluente (Río de la Plata), de acuerdo a lo establecido por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ⁵.

DQO (demanda química de oxígeno), utilizando reactor y viales Hach modelo 45600.

OC (oxígeno consumido) según técnica de OSN ⁶.

SSEE (sustancias solubles en éter etílico), según técnica de OSN ⁷.

SRAO (sustancias solubles al azul de ortotoluidina) ⁵.

SS (sólidos sedimentables a 10 minutos y 2 horas), en cono de Imhoff ⁵.

Microorganismo utilizado en la degradación

El microorganismo fué seleccionado por la técnica de enriquecimiento ⁸, tomando 10 g de suelo en 90 ml de medio mínimo ⁹⁻¹¹; la suspensión se incubó durante 30 días a 28 °C en baño termoestabilizado con agitación (1a. adaptación). Posteriormente se efectuaron siembras sucesivas, transfiriendo 2 ml de la 1a. adaptación a frascos Erlenmeyer conteniendo 100 ml de medio mínimo. Durante el proceso de adaptación la concentración del resorcinol se mantuvo en 50 mg por litro. De este cultivo se aisló sobre placa con agar nutritivo (Merck) y sobre medio mínimo agarizado, suplementados con resorcinol (50 mg por litro), una especie microbiana. La misma fue identificada mediante pruebas tintoriales y bioquímicas, de acuerdo al sistema Minitex, con reacciones adicionales según *Manual Bergey's* ¹². Además la tipificación fue complementada con pruebas de sensibilidad a los antibióticos empleando discos de antibióticos Britania.

Determinación de Resorcinol existente en el efluente

La determinación del resorcinol (Sigma) se efectuó en forma cuantitativa basándose en la metodología descrita por Young y Rivera para compuestos fenólicos ¹³ y adaptada para el mismo. Se realizaron lecturas espectrofotométricas a 290 nm en solución de HONa 0,1 N, comparando con curvas patrones de resorcinol.

Efluente artificial

Con el fin de estudiar el comportamiento microbiano frente a las características tóxicas del efluente debido al resorcinol, se preparó un efluente que contiene: Medio Mínimo Salino ⁹ y 2 mg/L de tartrazina y de eritrosina (dado que el efluente natural posee en su composición estos elementos en bajas concentraciones). Las concentraciones de ambos colorantes se calcularon en base a la máxima concentración existente en el proceso de fabricación.

Este medio fue distribuido en frascos Erlenmeyer de 2 L de capacidad, a razón de 1250 ml cada uno. A cada frasco se le añadió concentraciones diferentes de resorcinol: 100, 200, 500 y 1000 mg/L, de manera de obtener cuatro efluentes con concentraciones variables de este compuesto y permitir así extrapolar los resultados a un efluente natural con elevado tenor de resorcinol.

Ensayos de Biodegradación

Los ensayos de biodegradación realizados con los efluentes, tanto naturales como artificiales, fueron llevados a cabo en microfermentador Multigen TA (New Brunswick), a 28 °C con agitación, y con un inóculo inicial comprendido entre 1×10^6 y 5×10^6 microorganismos / ml.

A diferentes intervalos de tiempo se tomaron muestras para determinar la cantidad de resorcinol remanente, de acuerdo a la técnica descrita anteriormente, como así también el control del crecimiento microbiano mediante el método de recuento en placas de Petri, en superficie de agar nutritivo Merck.

RESULTADOS Y DISCUSION

El microorganismo aislado de acuerdo a lo descrito en materiales y métodos fue reconocido como *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, con una probabilidad del

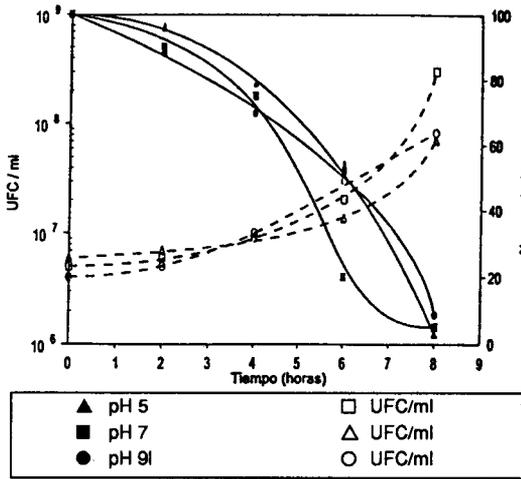


Figura 1. Biodegradación de 100 mg/L de resorcinol por *Pseudomonas pseudoalcaligenes* a pH 5, 7 y 9.

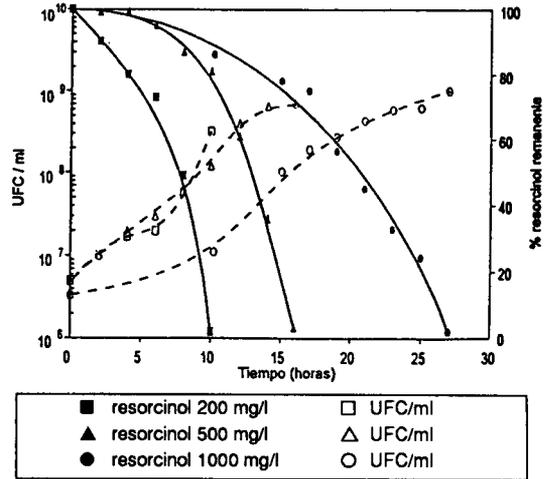


Figura 2. Biodegradación de 200, 500 y 1000 mg/L de resorcinol a pH 7 por *Pseudomonas pseudoalcaligenes*.

90% de acuerdo al sistema utilizado. Esta especie participó en todos los estudios de biodegradación realizados.

En la Figura 1 puede observarse la relación existente entre los porcentajes de resorcinol remanente en función del tiempo de desarrollo de la *Pseudomonas pseudoalcaligenes*; las mismas están expresadas de acuerdo a los diferentes valores de pH (5, 7 y 9). En dicha figura se observa que la tasa de crecimiento exponencial (μ) a pH 7 es igual a $0,53 \text{ h}^{-1}$, mientras que con los otros pH fue ligeramente menor.

A las 6 h la remoción del resorcinol a pH 7 fue del 80%, mientras que en los otros pH fué del 50 %, aún cuando la población fue aproximadamente similar. Asimismo, se observó que en 8 h dichas diferencias no fueron muy significativas, demostrándose de esta forma que variaciones de pH no alteran la cinética de degradación en tiempos de residencia hidráulica compatible con tratamientos biológicos de efluentes (generalmente mayores de 6 h).

En la Figura 2 se expresan las mismas relaciones, pero teniendo en cuenta diferentes concentraciones de resorcinol, desde 200 a 1000 mg/L; esta experiencia se realizó a pH 7. Puede observarse que *P. pseudoalcaligenes* desarrolla aproximadamente igual en esas concentraciones a las 15 h de cultivo, si bien con 1000 mg/L se manifiesta un período de latencia de mayor tiempo. En ese mismo tiempo, 200 mg/L de resorcinol fueron degradados totalmente, mientras que con concentraciones mayores de esta sustancia, 500 y 1000 mg/L, la reducción fué de 80 y 20% respectivamente. Estos resultados señalan que la degradación de concentraciones superiores a 200 mg/L, requiere de mayor tiempo, lo cual está relacionado con la presencia de una población microbiana adecuada.

En la Figura 3, trabajando con una concentración de 100 mg/L (que ya consideramos elevada en un efluente) y en presencia de otros compuestos, como los colorantes tartrazina y eritrosina, se demostró que no hubo ninguna acción interferente por parte de estas sustancias, observándose en cambio una proporcionalidad

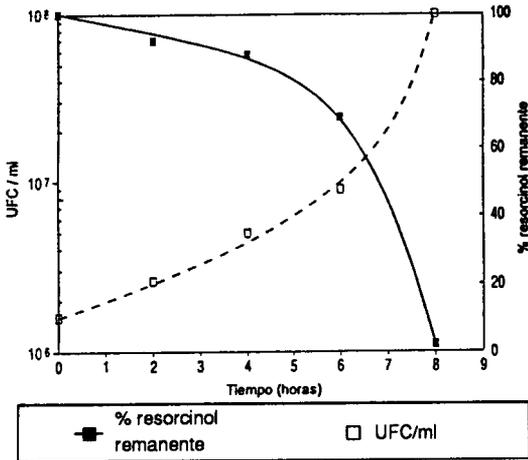


Figura 3. Biodegradación de 100 mg/L de resorcinol en presencia de 2 mg/L de tartrazina y 2 kmg/L de eritrosina.

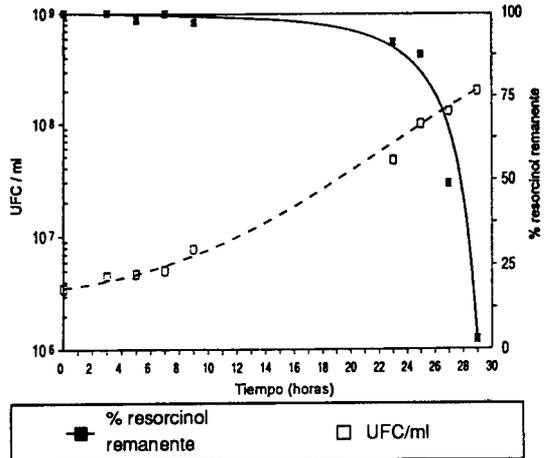


Figura 4. Comportamiento de *Pseudomonas pseudoalcaligenes* en el efluente industrial en escala laboratorio.

inversa entre el desarrollo de *P. pseudoalcaligenes* y biodegradación del resorcinol; es decir, cuando la población bacteriana alcanza su máximo, el porcentaje de resorcinol remanente se encuentra al mínimo.

La Figura 4 describe el comportamiento de la *P. pseudoalcaligenes* en el efluente natural, teniéndose en cuenta las mismas relaciones. Puede observarse que en este efluente natural los fenómenos descritos anteriormente se confirman, pero en un tiempo más largo, presumiblemente por la existencia de diversos factores que se encuentran en un medio acuático de esa índole y que retardan el crecimiento microbiano (μ igual a $0,12 \text{ h}^{-1}$) y, por ende, la degradación del resorcinol. No obstante, este comportamiento es compatible con los tratamientos de efluentes.

Por otra parte se ha demostrado que en un tratamiento de este tipo, las posibles fluctuaciones de concentración del resorcinol y de pH que pudieran ocurrir, no incidirían en el proceso biodegradativo.

En la Tabla 1 se especifican los resultados de los diferentes parámetros descriptos en la metodología, antes y después del tratamiento del efluente natural. Con respecto a la DBO y teniendo conocimiento de las materias primas utilizadas por esa industria cosmética para la elaboración de sus productos, pudo deducirse que el principal causante de ese fenómeno fué el resorcinol. Esto se comprobó con ensayos de DBO (no descriptos en este trabajo) efectuadas con resorcinol y sin o con el añadido de los colorantes.

También puede observarse que los parámetros correspondientes al material orgánico mejoran notablemente luego del tratamiento, cumplimentando los límites establecidos en las codificaciones vigentes.

CONCLUSIONES

El tratamiento biológico de un efluente puede mejorarse eficientemente mediante la utilización de microorganismos seleccionados para la biodegradación de un contaminante específico.

Parámetro	Pretratamiento	Postratamiento
pH	6	6
SS 10 min.	0,1 ml/L	0,1 ml/L
SS 2 h	0,1 ml/L	0,1 ml/L
SSEE	100 mg/L	100 mg/L
SRAO	5 mg/L	5 mg/L
DBO	inhibición	20 mg/L
DQO	386 mg/L	96,5 mg/L
OC	304 mg/L	76 mg/L
Resorcinol	160 mg/L	3,2 mg/L
Colorantes	ND	ND

Tabla 1. Características del efluente industrial. SS: sólidos sedimentables. SSEE: sustancias solubles en éter etílico. SRAO: sustancias reactivas al azul de ortotoluidina (detergentes). DBO: demanda bioquímica de oxígeno. DQO: demanda química de oxígeno. OC: oxígeno consumido. ND: no determinado.

En el caso del efluente estudiado, la remoción de materia orgánica expresada en DQO y OC fué del 75% en ambos casos; mientras que la remoción del resorcinol fué del 98%. Asimismo, es de destacar la no interferencia de otros contaminantes comunes en efluentes de este tipo de industria, tal como los colorantes tartrazina y eritrosina.

Agradecimientos. Este trabajo fue subsidiado por la Universidad de Buenos Aires, a través de la programación UBACYT (1991-1994).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Lane, B.S. (1971) "Pollution Control in the Pharmaceutical Industry", en *"Industrial Pollution Control Handbook"*, Mac Graw-Hill Book, págs. 17.1 - 17.34
2. Nemerow, N.L.(1978) *"Industrial Water Pollution, Origins, Characteristics and Treatment"*, Addison Wesley Publishing, págs. 393-9
3. Braile, P.M. & J.E.W.A. Cavalcanti (1993) *"Manual de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales"*, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Sao Paulo, Brasil, págs. 513-8
4. Harry, R.G. (1963) *"Cosmetic Materials"* Chemical Publishing Co. Inc., New York, Vol . II, pág. 396

5. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (1992) American Public Health Association, Washington D.C. págs. 5.1-5.9, 5.33-39
6. "Métodos para el examen de las aguas y de los líquidos cloacales: Oxígeno Consumido" (1973) Subsecretaría de Recursos Hídricos. Administración General de Obras Sanitarias de la Nación, Buenos Aires
7. "Métodos Estándar para el examen de Aguas y Aguas de Desecho" American Public Health Association (1963) Ed. Interamericana, págs. 39-41
8. Cook, A.M., Grossenbacher, H., & R. Hütter (1983) *Experientia* **39**: 191-7
9. D´Aquino, M., S. Korol, P. Santini, & J. Moretton (1988) *Rev. Lat-amer. Microbiol.* **30**: 283-8
10. Korol, S., M. Orsingher, P. Santini, J. Moretton & M. D´Aquino (1989) *Rev. Lat-amer. Microbiol.* **31**: 117-20
11. Korol, S., P. Natale, J. Moretton, P. Santini & M. D´Aquino (1991) *Rev. Microbiol.*, Sao Paulo **24**: 313-8
12. Palleroni, N.J. (1984) in "Bergey's Manual of Systematic Bacteriology" Williams & Wilkins, Baltimore, USA, Vol I, págs. 140-74
13. Young, L.Y. & M.D. Rivera (1985) *Water Res.* **19** (10): 1325-32