

## TÉCNICAS DE PUESTA EN MARCHA PARA EL POS-TRATAMIENTO AERÓBICO DE EFLUENTES AGRO-INDUSTRIALES

M.S.Alonso , N.R.Cayo  
Facultad de Ingeniería (INTEMI) - Universidad Nacional de Jujuy  
Avdas. Martiarena e Italia , (4600) S. S. de Jujuy  
Tel. (088) 221592 , Fax (088) 221588, E-Mail secteruj@200.3.117.9

### RESUMEN

En este trabajo se compara la remoción adicional de materia orgánica, lograda en una etapa aeróbica como pos- tratamiento de un filtro anaeróbico alimentado con efluentes de una fábrica de derivados de cítricos, empleando dos técnicas diferentes de puesta en marcha para el sistema aeróbico. En un caso, los microorganismos aeróbicos se aclimataron con el efluente fabril, en discontinuo, antes de conectarse en serie los dos sistemas. En un segundo ensayo, los organismos degradadores del reactor aeróbico fueron aclimatados en continuo con los líquidos de salida del digestor anaeróbico, el que fue alimentado con una solución de concentración escalonadamente creciente del efluente fabril. En ambos casos se logró alcanzar valores de concentración de materia orgánica que resultan aceptables para la reglamentación vigente sobre desagües a cursos receptores. El tiempo requerido para alcanzar estos valores mínimos, como así también la eficiencia de remoción adicional lograda con la etapa aeróbica, dependieron del contenido de materia orgánica del efluente alimentado a la etapa anaeróbica, resultando independientes de la técnica empleada para la puesta en marcha de la laguna aireada.

### INTRODUCCIÓN

Los líquidos residuales provenientes de agroindustrias poseen en general una carga orgánica contaminante elevada. Estos efluentes pueden ser parcialmente descontaminados recurriendo al empleo de un biorreactor, preferentemente anaeróbico y de diseño tal que permita el tratamiento de cargas elevadas con el mínimo volumen posible de reactor ( 1-3 ). Sin embargo, esta etapa de descontaminación, por más eficiente que sea (90%-95% de remoción de materia orgánica), resulta a menudo insuficiente para satisfacer los requerimientos de la reglamentación local, que, en el caso de la provincia de Jujuy, exige no superar los 20 mg/l de materia orgánica cuantificada como "oxígeno consumido del permanganato" ( 4 ). Por esta razón, en la mayoría de estos casos, se adiciona a la etapa anaeróbica un pos-tratamiento aeróbico, que, además de permitir una remoción adicional de la materia orgánica de los residuos tratados, les proporciona un nivel de oxígeno disuelto aceptable ( 5-8 ).

Cuando se recurre a un tratamiento "biológico" para reducir la contaminación orgánica de efluentes de origen industrial, se debe normalmente inocular estos líquidos con microorganismos provenientes de un sistema (natural o artificial) de tratamiento en donde ocurra un proceso similar al que se empleará. Las condiciones de puesta en marcha del reactor deben ser elegidas de modo que la aclimatación de los organismos degradadores ocurra lo más rápidamente posible, para alcanzar así en un período razonable de tiempo un estado estacionario para el sistema elegido. En el caso de reactores anaeróbicos, se dispone de bastante información acerca de los diferentes métodos de puesta en marcha y de las ventajas de algunos de ellos ( 3,9,10 ), careciéndose de información comparativa en este sentido en el caso de reactores aeróbicos.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El reactor anaeróbico empleado para los ensayos fue de tipo lecho empacado (filtro anaeróbico), de 7 litros de volumen total, relleno con esponja poliuretánica como soporte de los microorganismos degradadores. Este reactor se mantuvo en una cámara termostaticada a 30°C, y tuvo una alimentación descendente y en continuo, con una solución basada en los efluentes de una fábrica de jugos y aceites esenciales de limón, con agregado de cal para neutralizar el pH originalmente ácido de esos líquidos, y con la adición de sales de nitrógeno y fósforo para favorecer la actividad microbiana. Este reactor anaeróbico, en el momento de iniciar los ensayos con el reactor aeróbico, ya había estado siendo utilizado para ensayos con estos efluentes durante un poco más de dos años.

El reactor aeróbico fue de tipo laguna aireada, con un volumen total de aproximadamente 9 litros, y se mantuvo a una temperatura de alrededor de 20°C.

En un primer ensayo este reactor aeróbico fue alimentado de una sola vez con 8,1 litros de una solución preparada con los efluentes estudiados sin diluir (D.Q.O. promedio = 2900 mg/l ), inoculándolos con 0,9 litros de una mezcla de volúmenes iguales de líquidos provenientes, por un lado, de la salida de lavado de los lechos percoladores de una planta depuradora de líquidos urbanos y, por otro, del punto de descarga de los efluentes fabriles a un arroyo. Este reactor funcionó en discontinuo durante 23 días, luego de los cuales, como esta laguna había logrado una D.Q.O. similar a la de la salida del filtro anaeróbico, ambos reactores fueron conectados en serie, actuando el aeróbico como pos-tratamiento.

El segundo ensayo se realizó al año siguiente, con una nueva partida de efluente, más concentrada que la anterior (D.Q.O. promedio= 4800 mg/l). En este caso, los organismos degradadores del reactor aeróbico fueron aclimatados en continuo con

los líquidos de salida del filtro anaeróbico, ya que la conexión en serie entre los reactores ocurrió desde el comienzo. La puesta en marcha fue, entonces, conjunta, y se logró alimentando el digestor anaeróbico con una solución escalonadamente cada vez más concentrada del efluente a tratar, en tanto el reactor aeróbico fue cargado al comienzo con una solución con pH ligeramente alcalino, preparada simplemente con 8,1 litros de agua, sales de nitrógeno y fósforo y 0,9 litros de un inóculo mezcla similar al citado para el primer ensayo.

El funcionamiento de los reactores, en cuanto a su capacidad de descontaminación, se controló a través de la medición de la demanda química de oxígeno de los líquidos de entrada y salida de los reactores, empleándose la técnica de micrométodo de D.Q.O. Para una serie de muestras de salida se realizaron análisis de oxígeno consumido del permanganato (O.C.), obteniéndose una relación D.Q.O./O.C. = 7-8.

## RESULTADO Y DISCUSION

Los rangos de valores promedio encontrados para ambos ensayos en los diferentes estados alcanzados se encuentran en la tabla siguiente.

**Tabla 1.** Remoción de materia orgánica para el pos-tratamiento aeróbico

ENSAYO	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE CONEXION EN SERIE [días]	EFICIENCIA DE DESCONTAMINACION PARA ETAPA AEROBICA [ % D.Q.O. alimentada ]	MATERIA ORGÁNICA A LA SALIDA DEL REACTOR AERÓBICO	
			[mg D.Q.O./l]	[ mg O.C./l ]
1	15 en adelante	8-9	110-140	15-19
2	28	20-22	220-225	29-30
	50	55-60	110-130	15-17

En el estado estacionario, el filtro anaeróbico alimentado con el efluente sin diluir tuvo en ambos casos una eficiencia de descontaminación, como etapa individual, de  $95 \pm 1$  % de D.Q.O.

Como puede observarse, si se comparan las eficiencias de descontaminación de la etapa aeróbica a un mes de iniciados los ensayos, se encuentra que los mejores resultados corresponden al ensayo N° 2, para los organismos aeróbicos aclimatados en continuo con los líquidos de salida del filtro anaeróbico. Sin embargo, por una cuestión de diferencia en el contenido de materia orgánica de los efluentes alimentados al digestor, resulta en realidad que los líquidos de salida de la laguna tienen, para este tiempo transcurrido, una concentración de materia orgánica más baja para el primer ensayo, con un oxígeno consumido del permanganato aceptable según la reglamentación de la provincia de Jujuy ( y otras de Argentina ). Esta situación, es decir 110-130 mg D.Q.O./l o sea menos de 20 mg O.C./l, recién ocurre para el segundo ensayo a partir de aproximadamente 50 días desde el comienzo del mismo.

Los resultados hallados no pueden ser comparados cuantitativamente con los de las publicaciones consultadas ( 5-8), ya que dependen del diseño de los reactores empleados y de las condiciones operativas (tipo de efluente, temperatura, pH, etc.).

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en estos ensayos, se puede concluir que:

- La mínima D.Q.O. de salida de la etapa aeróbica de pos-tratamiento para este efluente y para las condiciones (temperatura, pH, diseño de reactores) aplicadas es de alrededor de 110-140 mg D.Q.O./l ( 15-19 mg O.C./l).
- El tiempo necesario para alcanzar este valor ( que no puede ser mejorado por ser un límite de biodegradabilidad, y que permite cumplir con la reglamentación correspondiente) depende de la concentración de materia orgánica de la alimentación al reactor aeróbico, que es, por la conexión en serie, la del líquido de salida de la etapa anaeróbica de tratamiento, concentración ésta que depende de la del efluente puro alimentado al filtro anaeróbico. Por lo tanto, este tiempo depende más bien del contenido de materia orgánica del efluente fabril, y sería independiente del tipo de puesta en marcha empleado para la etapa aeróbica, al menos para las condiciones estudiadas y para las dos técnicas de puesta en marcha ensayadas en este trabajo.

## AGRADECIMIENTO

La realización de este trabajo fue posible gracias a un subsidio otorgado por la Secretaría de Ciencia y Técnica y Estudios Regionales de la Universidad Nacional de Jujuy. Se agradece también la colaboración del Sr. Juan Carlos Jerez, alumno de la carrera Ingeniería Informática de la U.N.Ju.

## REFERENCIAS

- 1- Lettinga G., Van Velsen A., Hobma W. de Zeeuw W. y Klapwijk A. (1980). Use of the USB reactor concept for biological waste water treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, **22**, pp. 699-734.
- 2- Dahab M.F. y Young J.C. (1982). Retention and distribution of biological solids in fixed bed anaerobic filters. En *Proc. of the 1st. International Conference of Fixed Film Biological Processes*, Kings Island, Ohio, Estados Unidos de Norteamérica.
- 3- Heijnen J.J., Mulder A., Enger W. y Hoeks F. (1986). Review on the application of anaerobic fluidized bed reactors in waste-water treatment. En *Proc. of Water Treatment Conference AQUATECH'86*, pp. 161-173, Amsterdam, Holanda.
- 4- Poder Ejecutivo de la Provincia de Jujuy (1995). Decreto 3218. Normas para desagües a cursos receptores, Anexo II.
- 5- Çiftçi T. y Öztürk I. (1995). Nine years of full-scale anaerobic-aerobic treatment experiences with fermentation industry effluents. *Water Sci. and Technol.*, **32(12)**, 131-140.
- 6- Malaspina F., Stante L., Cellamare C. M. y Tilche A. (1995). Cheese whey and cheese factory wastewater treatment with a biological anaerobic-aerobic process. *Water Sci. and Technol.*, **32(12)**, 59 - 72.
- 7- Monroy H.O., Vázquez M.F., Derramadero J.C. y Guyot J.P. (1995). Anaerobic-aerobic treatment of cheese wastewater with national technology in Mexico : the case of "El Sauz". *Water Sci. and Technol.*, **32 (12)**, 149-156.
- 8- Martearena M.R., Plaza G., Siñeriz F. y Córdoba P. R. (1996). Depuración biológica de efluentes lácteos. En *Actas de la 19a. Reunión de Trabajo ASADES*, Tomo II, pp. 10.1-10.4, Mar del Plata.
- 9- Bermúdez J.J., Cánovas Díaz M., Manjón Rubio A. e Iborra Pastor J.L. (1988)- Stability of a downflow anaerobic fixed-film reactor to feed change. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **27**, 601-605.
- 10- Sreekrishnan T.R., Ramachandran K.B. y Ghosh P.(1991). Effect of operating variables on biofilm formation and performance of an anaerobic fluidized-bed reactor. *Biotechnol. Bioeng.*, **37**, 557-566.

