Tratamiento de la fracción líquida de purines de cerdo mediante un reactor discontinuo secuencial (SBR)

Albert Magrí
Laboratorio de Ingeniería Ambiental
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo
Universidad de Lleida

Xavier Flotats
Laboratorio de Ingeniería Ambiental
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo
Universidad de Lleida

Summary

A laboratory scale sequencing batch reactor (SBR) was used for the treatment of the liquid fraction of pig slurry (FLPC). Alternating aerobic, anoxic and anaerobic conditions were used for the biological removal of organic matter, nitrogen and phosphorus. Although the low COD/TKN ratio of the FLPC, around 7, removals as high as 89% TS, 98% COD, 98% N and 89% P were reached. The obtained effluent didn't reach Spanish water quality limits for discharge on natural watercourses. Therefore, improvements on cycle design and/or further tertiary treatment would be needed. However, results show that the SBR system is a promising technology for full scale implementation.

Introducción

El reactor discontinuo secuencial

La tecnología del reactor discontinuo secuencial (SBR), en inglés *sequencing batch reactor*, consiste en un tratamiento biológico de fangos activados similar a los sistemas continuos habituales en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) pero de flujo discontinuo. La principal diferencia entre un sistema continuo y uno de discontinuo radica en que el funcionamiento del primero está orientado en el espacio mientras que el del segundo lo está en el tiempo (Irvine y Ketchum, 1989).

Los SBR se caracterizan por un funcionamiento basado en una secuencia de tratamiento -ciclo- que se repite a lo largo del tiempo. Este funcionamiento cíclico les proporciona una gran flexibilidad para adaptarse a las distintas modalidades de tratamiento y en concreto a la eliminación de nutrientes -N y P-. Cada ciclo comprende una serie de fases que se suceden en el tiempo y que en ocasiones pueden sobreponerse según las necesidades del proceso. En general, estas fases son: llenado, reacción, decantación, vaciado y espera.

En aquellas situaciones en que se plantee la depuración biológica de aguas residuales con una elevada concentración de nutrientes, la tecnología del SBR resulta interesante ya que, respecto a los sistemas de tratamiento convencionales, permite:

- Reducir los costes de inversión, pues en un único reactor tiene lugar la reacción biológica y la sedimentación de los fangos.
- Reducir los costes de explotación al no utilizar recirculaciones, especialmente importantes en un tratamiento del tipo desnitrificación preanóxica en el que el caudal recirculado puede llegar a superar varias veces el caudal tratado.
- Flexibilidad en el tratamiento, hecho que permite adaptarlo a las características cambiantes del afluente y de calidad del efluente, pudiendo obtener rendimientos de eliminación muy elevados.
- Reducción de la superficie ocupada por la planta de tratamiento, con una conformación simple y compacta.
- Gestión sencilla con la posibilidad de un elevado nivel de automatización.

El problema de los purines de cerdo

La intensificación de la actividad ganadera comporta la producción de grandes volúmenes de residuos orgánicos, con los consiguientes problemas de gestión y eliminación que se derivan. Esta situación se ve agraviada en el sector porcino, en el que el uso generalizado del sistema *slat* supone la obtención de un residuo con un bajo contenido de materia seca.

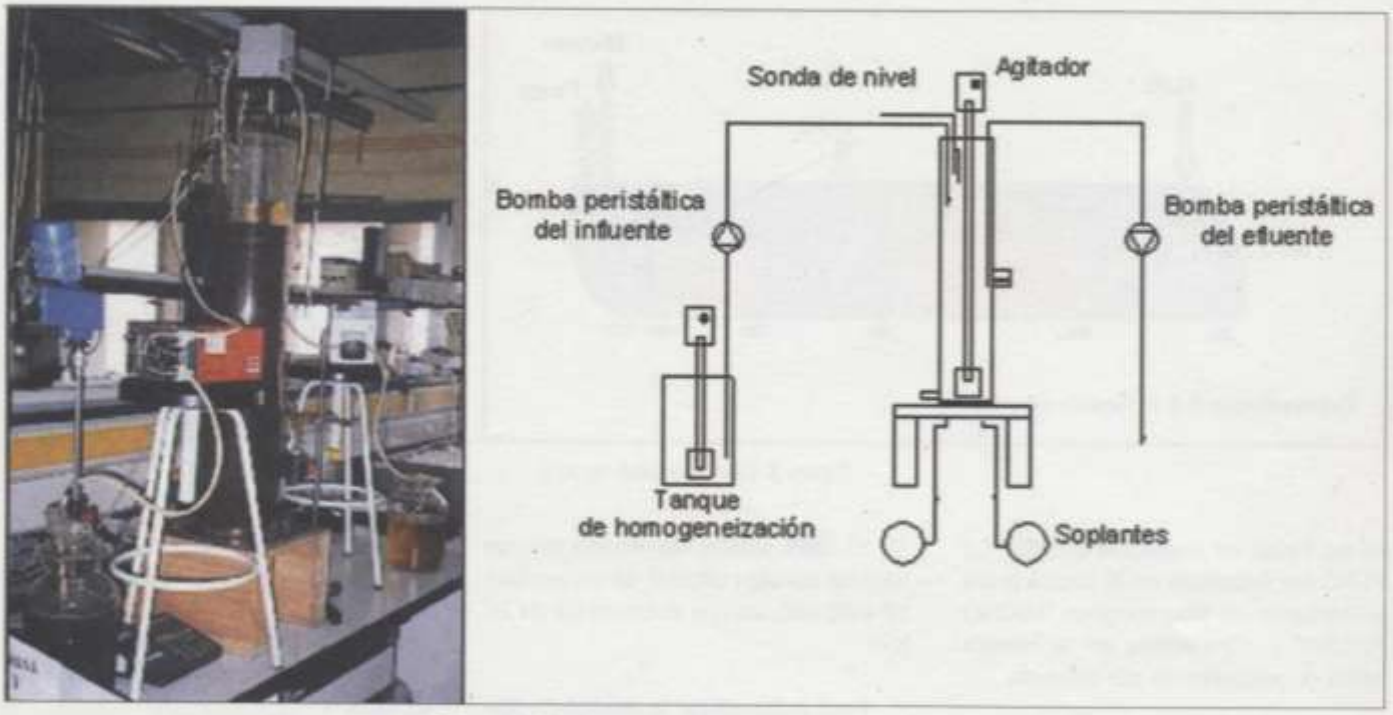


Figura 1. Vista y esquema de la unidad de tratamiento

La solución tradicional para los purines de cerdo ha sido la aplicación al suelo, para su aprovechamiento como fertilizante. Con el incremento de la cabaña porcina y la aparición de zonas excedentarias en nutrientes resulta necesario buscar alternativas simples de tratamiento para implementar a nivel de explotación particular. En cualquier caso, el objetivo básico que se debe perseguir es el de aumentar la capacidad de gestión sobre el residuo (Flotats et al., 2000). Con una separación inicial de fases, a modo de pretratamiento, se obtiene una fracción sólida transportable a largas distancias y una fracción líquida (FLPC) apta para ser reutilizada en cultivos cercanos, o bien tratada para reducir su carga contaminante.

En aquellas situaciones en que se plantee la depuración biológica de la FLPC para conseguir un efluente que cumpla con los requisitos legales exigidos para realizar un vertido a cauce público, la tecnología del SBR es plenamente justificable. El agua tratada también podría ser reutilizada para riego, previa valoración de su aptitud, o bien para limpieza en la propia granja, para lo cual sería aconsejable un postratamiento de desinfección.

Objeto del trabajo

El objetivo básico de este trabajo ha sido el diseño, construcción y operación, a escala laboratorio, de un SBR para tratar biológicamente la fracción líquida de purines de cerdo, con el propósito de eliminar materia orgánica, nitrógeno y fósforo.

Existen estudios previos, a escala laboratorio (Bortone et al., 1992; Lee et al., 1997) y escala industrial (Su et al., 1997; Tilche et al., 1999) con fines similares. Se pretende comprobar si los buenos resultados obtenidos por estos autores se cumplen también para los purines generados en Cataluña, con una relación DQO_T/N_{TK} especialmente baja, parámetro limitante para un tratamiento de este tipo (Osada et al., 1991).

Material y métodos

Los purines de cerdo procedían de una granja de ciclo cerrado ubica-

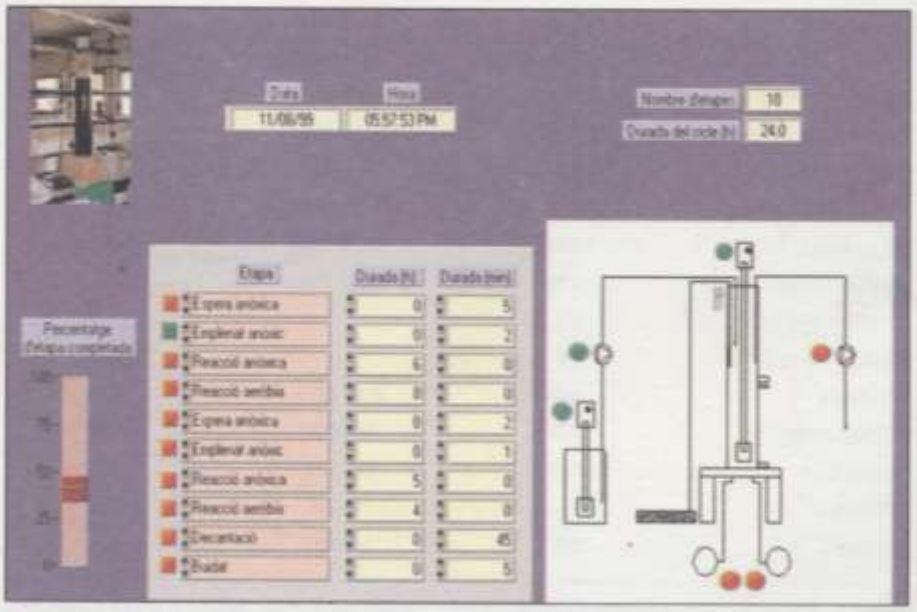
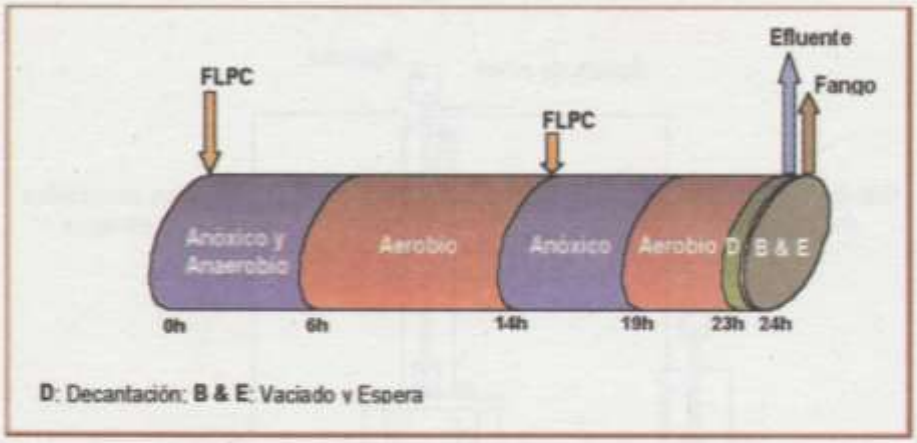


Figura 2. Panel de control de la unidad de tratamiento



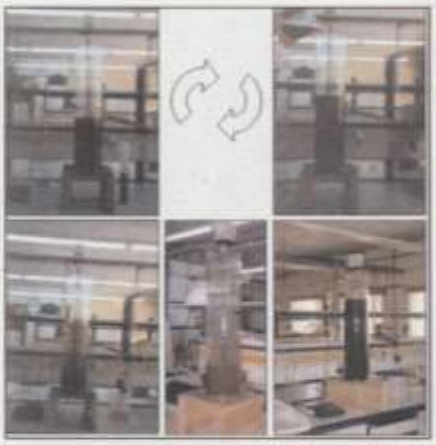


Figura 3. Ciclo operativo de 24 h

da en Palau de Anglesola (Lleida). La FLPC era separada en la propia granja mediante un filtro contínuo "MICRO FILTER" y conservada en la nevera hasta el momento de ser utilizada.

La unidad de tratamiento con que se ha realizado la experimentación constaba de un tanque de homogeneización de la FLPC, una bomba peristáltica de alimentación, el reactor, equipado con un agitador, un difusor cerámico y dos soplantes, y una bomba peristáltica de vaciado (Figura 1). El SBR estaba construido con un tubo de sección circular de metacrilato (Φ = 20 cm), con un volumen útil de 20 L.

Para automatizar la unidad de tratamiento se diseñó una aplicación informática que ha permitido su monitorización y control, utilizando un PC equipado con una tarjeta de adquisición de datos (Figura 2).

El ciclo de tratamiento adoptado se muestra en la Figura 3, adaptado de Bortone et al. (1992), con una carga volumétrica teórica (CV) de 80 mg N-NH4+ L-1 d-1 y una duración de 24 horas. En estas condiciones el tiempo de retención hidráulico (TRH) era de 21 días.

El volumen diario de FLPC tratado, 960 mL, se dividía en tres partes, dos eran aportadas en el primer llenado y la tercera lo era en el segundo. El tiempo de retención celular (TRC) se mantuvo en 20 días. La duración de la fase experimental ha sido de 75 días,

	FLPC		Efluente		Rendimiento
Parámetro	**Media**	**Rango**	**Media**	**Rango**	**(%)**
PH	7,7	7,6-7,9	8,2	8,2-8,3	-
ALC (mg $CaCO_3$ L^{-1})	8303	7647-8893	569	555-577	93,1
ST (g L^{-1})	26,5	20,3-32,9	2,86	2,81-2,91	88,8
SV (g L^{-1})	16,6	12,7-20,7	0,71	0,69-0,73	95,8
SST (g L^{-1})	22,1	21,4-22,6	0,07	0,06-0,08	99,7
SSV (g L^{-1})	15,4	14,2-16,4	0,04	0,00-0,06	99,7
CE_{25} (dS m^{-1})	12,9	12,9-13,0	3,7	3,6-3,8	71,4
DQO_T (mg L^{-1})	18744	18408-19117	293	290-300	98,4
DQO_S (mg L^{-1})	4273	4126-4421	276	268-282	93,5
N_{TK} (mg L^{-1})	2671	2636-2694	17	15-19	99,4
N_{org} (mg L^{-1})	1052	1004-1098	17	15-17	98,0
N-NH_4^+ (mg L^{-1})	1619	1582-1680	0	-	100
N-NO_2^- (mg L^{-1})	0,0	-	0,1	-	-
N-NO_3^- (mg L^{-1})	15	-	41	40-41	-
P_T (mg L^{-1})	1049	824-1271	115	105-121	88,7
P-PO_4 (mg L^{-1})	210	140-271	109	105-115	43,8
K (mg L^{-1})	1028	801-1283	589	552-611	40,6
Cu (mg L^{-1})	15	11-18	1,8	1,6-2,0	87,0
Zn (mg L^{-1})	128	94-161	4,1	2,6-5,3	96,5

***Tabla 1.**- Principales características de la fracción líquida de purines de cerdo (FLPC) tratada y del efluente obtenido, así como el rendimiento de eliminación conseguido*

llevándose a cabo a la temperatura ambiente del laboratorio, unos 20ºC. La concentración media de SSV dentro del reactor ha sido de 7,80 g SSV L-1 con un cociente SSV/SST de 0,67. Esta baja relación indica un elevado grado de mineralización de los fangos.

Las determinaciones analíticas se han realizado según el Sthandard Methods (APHA et al., 1995). Oxígeno disuelto (OD) y temperatura se han medido on-line con un electrodo específico conectado a una sonda "HI 964400".

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra las características medias de la FLPC y del líquido efluente, así como las eficiencias de eliminación conseguidas. En relación con la evolución a lo largo de un ciclo, la Figura 4 muestra el comportamiento de las principales especies químicas implicadas.

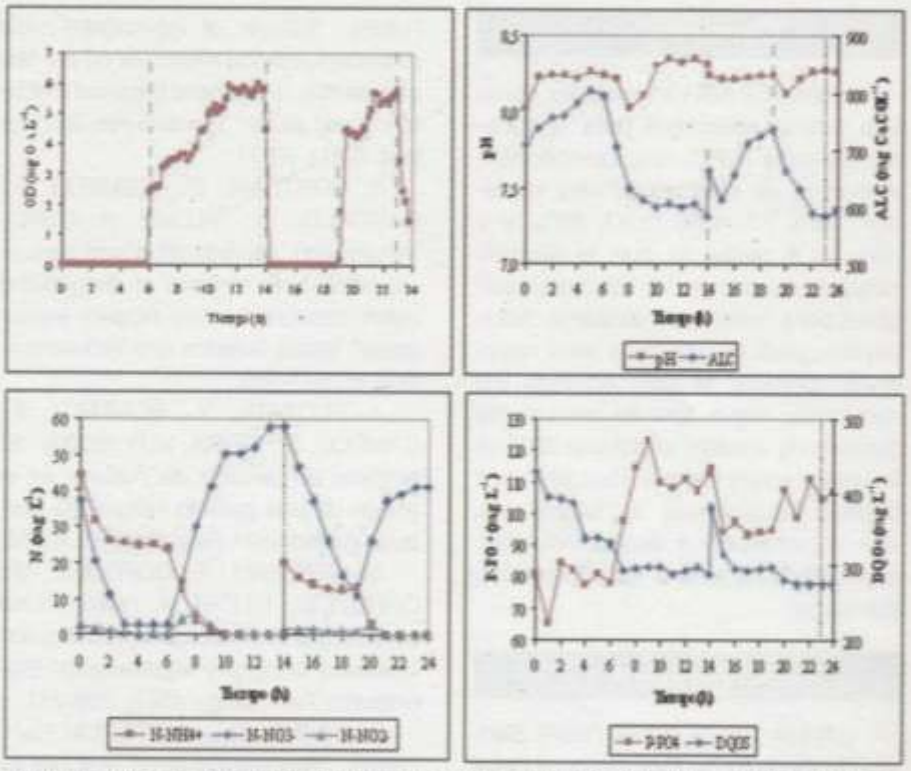


Figura 4.- Arriba: evolución del OD, pH y ALC. Abajo: evolución del N-NH_4^+, N-NO_2^-, N-NO_3^-, DQO_S y P-PO_4 a lo largo de un ciclo

El tratamiento ha provocado un aumento en el pH a pesar de existir una reducción de la alcalinidad muy importante. La alcalinidad (ALC) recuperada en el proceso de desnitrificación junto con la aportada por la FLPC ha sido suficiente para satisfacer los requerimientos de la nitrificación.

Es conveniente incidir en el elevado contenido de ST en la FLPC (26,5 g L^{-1}) inherente al sistema de separación de fases utilizado (filtración). A pesar de ello, la reducción de ST ha sido del 89%. El elevado rendimiento de eliminación de los SST implica que los sólidos presentes en el efluente se encuentran disueltos, otorgando al líquido una elevada conductividad eléctrica (3,7 dS m^{-1}). El tratamiento de 1 L de FLPC ha supuesto la generación de 14,1 g ST en los fangos. Esto significa que la eficiencia neta de eliminación de sólidos ha sido del 47%.

La reducción de la DQO_T ha sido del 98%, con un valor en el efluente de 293 mg L^{-1}, tratándose básicamente de materia orgánica soluble (DQO_S/DQO_T = 0,94). Esta DQO residual es atribuible, principalmente, a moléculas recalcitrantes (Germirli et al., 1992) que transfieren al líquido una intensa tonalidad amarilla (Figura 5).

Las elevadas concentraciones de N_{TK} y N-NH_4^+ en la FLPC no han impedido el correcto funcionamiento de la unidad de tratamiento. El N-NH_4^+ ha sido completamente oxidado y solo un 2% del N_{org} inicial ha resistido el tratamiento. En relación con las formas oxidadas de nitrógeno, no se ha producido una acumulación de N-NO_2^- dentro del reactor. La concentración de N-NO_3^- en el efluente ha sido 41 mg N L^{-1}. Por tanto, la eficiencia global de eliminación de N ha alcanzado el 98%.

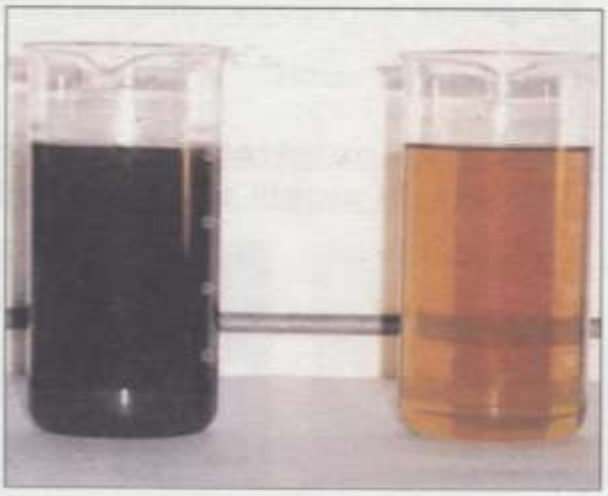


Figura 5. Vista de la FLPC y del efluente tratado

El rendimiento de eliminación de fósforo ha sido del 89%. A pesar de no existir la evidencia de que el fenómeno haya tenido lugar mediante un proceso biológico (no se ha observado liberación de ortofosfatos en condiciones anaerobias), podría tratarse de un emmascaramiento por precipitación química del fósforo liberado (Bortone et al., 1992). En los últimos 43 días, el contenido de fósforo en los fangos pasó del 3,4% al 4,5% de los ST.

Finalmente, también se han conseguido acumular en los fangos una parte de los metales inicialmente presentes en la FLPC. Se han detectado reducciones del 41% K, 87% Cu y 96% Zn. Estos importantes rendimientos de eliminación del Cu y el Zn ya habían sido constatados anteriormente por Bicudo y Svoboda (1995).

Conclusiones

El sistema SBR se muestra como una buena alternativa para el tratamiento de la FLPC, consiguiendo rendimientos de eliminación muy elevados: 89% ST, 98% DQO, 98% N y 89% P. A pesar de que el efluente obtenido no cumple los requisitos exigidos para realizar un vertido a cauce público, para la cual cosa seria necesario optimizar el ciclo aplicado y/o desarrollar algún tipo de tratamiento terciario de afinado, el sistema SBR se muestra como una instalación con buenas perspectivas de futuro para una implantación a escala industrial, especialmente a nivel de explotación particular.

Bibliografia

1. APHA; WPCF; AWWA (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19ª ed. Washington, D.C.: American Public Health Association.

2. BICUDO, J.R.; SVOBODA, I.F. (1995). *"Effects of intermittent-cycle extended-aeration treatment on the fate of nutrients, metals and bacterial indicators in pig slurry"*. Bioresource Technology. 54(1), 63-71.

3. BORTONE, G.; GEMELLI, S.; RAMBALDI, A.; TILCHE, A. (1992). *"Nitrification, denitrification and biological phosphate removal in sequencing batch reactors treating piggery wastewater"*. Water Science and Technology. 26(5-6), 977-985.

4. FLOTATS, X.; BONMATÍ, A.; CAMPOS, E.; TEIRA, M.R. (2000). *"El proceso de secado de purines en el marco de una gestión integral de residuos ganaderos"*. Residuos. 53, 40-46.

5. GERMIRLI, F.; BORTONE, G.; ORHON, D.; TILCHE, A. (1993). *"Fate of residuals in nitrification-denitrification treatment of piggery wastewaters"*. Bioresource Technology. 45(3), 205-211.

6. IRVINE, R.L.; KETCHUM, L.H. (1989). *"Sequencing batch reactors for biological wastewater treatment"*. CRC Critical Reviews in Environmental Control. 18(4), 255-294.

7. LEE, S.I.; PARK, J.H.; KO, K.B.; KOOPMAN, B. (1997). *"Effect of fermented swine wastes on biological nutrient removal in sequencing batch reactors"*. Water Research. 31(7), 1807-1812.

8. OSADA, T.; HAGA, K.; HARADA, Y. (1991). *"Removal of nitrogen and phosphorus from swine wastewater by the activated sludge units with the intermittent aeration process"*. Water Research. 25(11), 1377-1388.

9. SU, J.J.; KUNG, C.M.; LIN, J.; LIAN, W.C.; WU, J.F. (1997). *"Utilization of sequencing batch reactor for in situ piggery wastewater treatment"*. Journal of Environmental Science and Health. Part A: Environmental Science and Engineering. 32(2), 391-405.

10. TILCHE, A.; BACILIERI, E.; BORTONE, G.; MALASPINA, F.; PICCININI, S.; STANTE, L. (1999). *"Biological phosphorus and nitrogen removal in a full scale sequencing batch reactor treating piggery wastewater"*. Water Science and Technology. 40(1), 199-206.

¡¡ novedad !!

ecomaquinas

Construimos instalaciones para reciclar:

- **Botellas** de PVC, PET, PE, PP, etc.
- **Cable eléctrico** de cobre, aluminio, con recubrimientos de PVC, PE, goma, etc.
- **Mangueras** de PVC reforzadas con malla.
- **Instalaciones** varias

Fabricamos nuestras máquinas con Tecnología propia muy avanzada

recuperaciones emp, s. a.
c/. Roser, 90 Tel 34 93 5706982 Fax. 34 93 5706685
08105 Sant Feliu de Campsentelles (Barcelona) España
http://www.ecomaquinas.com
e_mail: info@ecomaquinas.com

// pídanos información al tel. // 93 570 69 82