

VARIACIÓN EN EL TIEMPO DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE BIODIGESTIÓN DE EFLUENTES PORCINOS

Tenev, María Daniela^a; Farías, Alejandro^a; Arriola Benitez, Agustina^a; Masloski, Fanny^a; Pavichevich, Carlos^a; Bilicki, Gonzalo^a

a French 414 / GISTAQ, Resistencia, 3500 y Argentina

**Autor a quien dirigir la correspondencia: mdtenev@gmail.com*

Resumen

La contaminación producida por los efluentes generados en una granja porcina es muy importante dada la cantidad de materia orgánica que poseen los mismos. En la actualidad la mayoría de los establecimientos porcinos utilizan lagunas de oxidación o no poseen tratamiento alguno.

La digestión anaeróbica es una solución sostenible para tratar los residuos. Mediante la misma se reducen sustancialmente los olores generados por los tratamientos a cielo abierto. Además podría realizarse un tratamiento integral del efluente, produciendo biogás y un líquido hidropónico que se podría utilizar para fertilizar los campos de alimento para los cerdos.

El objetivo de este trabajo es determinar la variación en función del tiempo, durante la digestión anaeróbica, de parámetros, como DQO, DBO₅, NT, COT, P, alcalinidad y pH.

Los resultados de las experiencias llevadas a cabo en el laboratorio demuestran que los parámetros indicadores de materia orgánica disminuyen considerablemente; que la producción de biogás es factible y que el residuo de la biodigestión es fácilmente separable en dos fases, una sólida y una líquida, resultando ésta rica en nutrientes.

Palabras Claves: Efluentes; Biogás; Biofertilizante; Biodigestión

Introducción

El imperativo actual de cuidar el medio ambiente potenciado con la constante búsqueda de mejoras en el aprovechamiento de los recursos existentes para lograr rentabilidad, ha llevado al creciente estudio e interés sobre la factibilidad de degradar biológicamente desechos orgánicos de distinta naturaleza. Estos procesos permiten realizar un adecuado tratamiento del efluente y a la vez ser fuente de energía alternativa para abastecimiento propio y como bioabonos en reemplazo de fertilizantes químicos. Esto provoca un efecto sinérgico ya que por un lado reduce los problemas ambientales que genera la gran producción de desechos como contaminación, daño del paisaje, malos olores, atracción de vectores, posibilidad de enfermedades debidas a coliformes fecales, etc. y también reduce la utilización del recurso petrolero no renovable.

Durante el año 2013 y 2014 se aplicó un tratamiento de digestión anaerobia a efluentes provenientes de una granja porcina con el objetivo de evaluar la variación de los parámetros fisicoquímicos del mismo y la producción de Biofertilizante. Si bien los procesos anaerobios, tienen como una de sus características que no pueden eliminar totalmente la materia orgánica (Méndez Novelo y Col., 2012), el seguimiento de parámetros como % sólidos totales (ST), % sólidos volátiles (SV), % cenizas (C), nitrógeno total orgánico (NT_{org}), pH, fósforo (medido como ppm de fosfatos), DBO₅, DQO y carbono orgánico total (COT), permite evaluar la conveniencia técnica, económica y ambiental de producir biogás y biofertilizantes utilizando dichos efluentes.

Materiales y métodos

Se realizaron dos experiencias en iguales condiciones. La muestra extraída del pozo de carga del reactor existente en la granja porcina, se fraccionó y colocó en 6 reactores de vidrio de 500ml. Éstos se colocaron en un baño termostatzado a 37°C y se agitaron diariamente en forma manual. Se caracterizó primero la muestra madre, a la semana se desarmó un reactor enumerado (reactor 1) para su análisis, a la semana siguiente otro reactor (reactor 2) y así sucesivamente hasta completar 6 semanas de seguimiento. Dada la concentración inicial de sólidos en la muestra inicial no fue necesario realizar ninguna dilución de la misma. Se llenaron los reactores con la muestra extraída del pozo de carga del reactor existente en la granja sin ningún tratamiento previo.

El ensayo, se diseño para 6 reactores, dispuestos en iguales condiciones, a fin de mantener un análisis por lote sobre los parámetros en estudio.

Se realizó una experiencia en octubre-noviembre del año 2013 y se repitió en marzo-abril del año 2014. El objetivo de las experiencias fue el seguimiento de los parámetros %ST, %SV, %C, NT_{org}, pH, Fosfatos, DBO₅, DQO y COT a lo largo del proceso de digestión anaeróbica.

Antes de iniciar el proceso de digestión anaerobiótica, se caracterizó la muestra para conocer los valores iniciales de los parámetros en estudio, (mostrados en las tablas de resultados como valores de R₀) y continuando con el seguimiento semanal de los parámetros una vez iniciado el ensayo. La heterogeneidad de la muestra fue una dificultad a la hora de realizar los análisis.

Para la determinación pH, se utilizó un peachímetro HANNA. El resto de los ensayos se realizaron según APHA - AWWA - WEF 21 Edition. Para la cuantificación de la DBO se siguió el método de ensayo 5210 B (Prueba DBO de 5 días), para la determinación de la DQO se siguió el método de ensayo 5220 D (Método Colorimétrico). Se implementaron las modificaciones necesarias para establecer un factor de relación con el COT y poder unificar ambos ensayos, ya que en la puesta a punto de la técnica se determinó que la concentración óptima de K₂Cr₂O₇ en la solución digestora era del 3%. De esta manera se logró establecer el factor de relación COT/DQO=0.4. Para la determinación de los sólidos totales, ST, se utilizó el método de ensayo 2540 B, para los sólidos volátiles, SV, cenizas, C, el método de ensayo 2540 E, para el nitrógeno total orgánico, NT, el método de ensayo 4500N_{org} C, para fósforo de fosfatos el método de ensayo 4500-P C y para alcalinidad el método de ensayo 2320 B.

Resultados y Discusión

La presentación de los resultados se realizará por grupo de parámetros analizados, en primera instancia presentaremos se presentan los resultados obtenidos para DBO, DQO y COT.

FECHA	Muestra	DBO (ppm)	Remoción %	DQO (ppm)	Remoción %	DBO/DQO %	COT (ppm)
07/10/2013	R0	6719		-		9,29	28926
16/10/2013	R1	8728		18160		48,06	7264
23/10/2013	R2	7889		14314		55,11	5726
30/10/2013	R3	8339		12630		66,03	5052
06/11/2013	R4	6245		22515		27,74	9006
13/11/2013	R5	4554		20708		21,99	8283
20/11/2013	R6	1886	72	17322	-	10,89	6929
11/03/2014	R0	14740		16531		89,17	6612
14/03/2014	R1	6199		13551		45,75	5420
20/03/2014	R2	5039		11775		42,79	4710
27/03/2014	R3	4000		9427		42,43	3771
03/04/2014	R4	3229		8795		36,71	3518
11/04/2014	R5	2013		6357		31,67	2543
21/04/2014	R6	1774	88	6219	62	28.53	2488

Tabla 1: Datos de DBO, DQO y COT

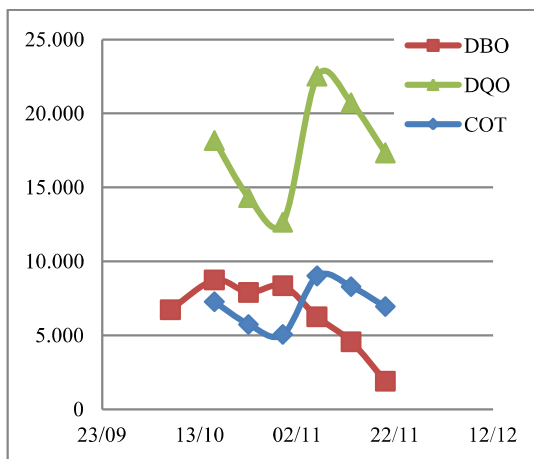


Figura 1: Valores del primer ensayo.

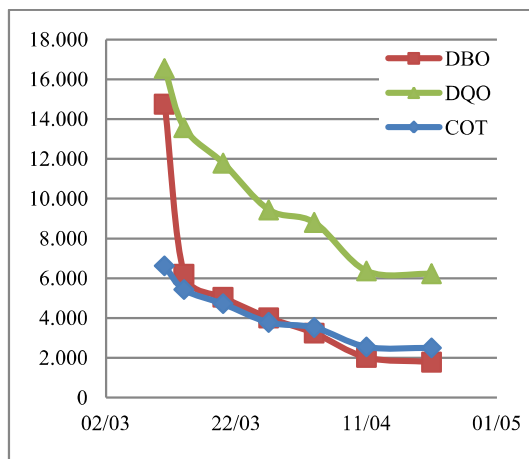


Figura 2: Valores del segundo ensayo.

Se observa en la Tabla 1, que el porcentaje de remoción de DBO se asemeja a los resultados referenciados en la bibliografía (Morillo León y Fajardo, 2005). En cambio el porcentaje de remoción de DQO supera a los resultados del material bibliográfico consultado (Méndez Novelo y Col., 2012). Existen varios reportes que demuestran que la eficiencia de remoción depende del valor inicial de DQO (Méndez Novelo y Col., 2012).

Analizando el comportamiento de los parámetros en base a los gráficos, se observa una tendencia decreciente en todos ellos a medida que transcurre el tiempo de proceso de digestión anaeróbica, comportamiento similar al de material bibliográfico de referencia. (Pettri Flores y Col., 2005), (Durruty y Col., 2011), (Daniel Blanco Cobián, 2011).

El segundo grupo de parámetros que se presentan es % de sólidos totales, % de sólidos volátiles y el % de cenizas de las muestras. Si bien no hubo ajustes en la concentración de sólidos del efluente y el porcentaje inicial difiere en las dos experiencias, se puede comparar el porcentaje de remoción en ambos ensayos.

FECHA	Muestra	% ST	%SV	%C	Remoción %ST	Remoción %SV	Incremento %C
07/10/2013	R0	3,80	80,26	21,05			
16/10/2013	R1	1,09	63,38	36,61			
23/10/2013	R2	0,86	63,84	36,08			
30/10/2013	R3	1,02	65,6	34,4			
06/11/2013	R4	0,761	60,64	39,36			
13/11/2013	R5	0,83	62,52	37,48			
20/11/2013	R6	0,75	72,01	27,99	80,26	10,28	24,79
11/03/2014	R0	6,65	69,47	30,53			
14/03/2014	R1	6,15	67,08	32,92			
20/03/2014	R2	6,96	61,76	38,24			
27/03/2014	R3	5,79	60,05	39,95			
03/04/2014	R4	3,22	63,83	36,17			
11/04/2014	R5	3,74	57,71	42,29	43,76	16,93	27,81
21/04/2014	R6	7,88	64,80	35,20			

Tabla 2: Datos de %ST, %SV y %C

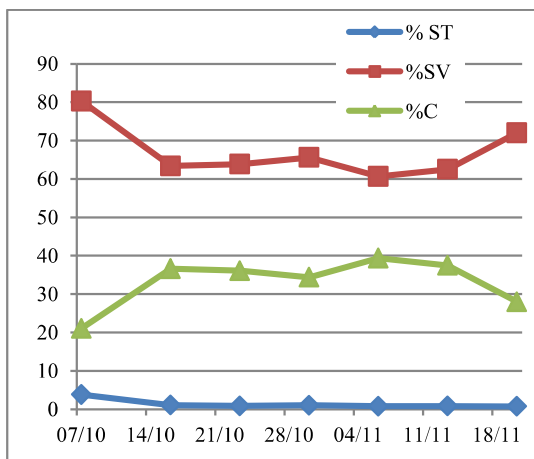


Figura 3: Valores del primer ensayo.

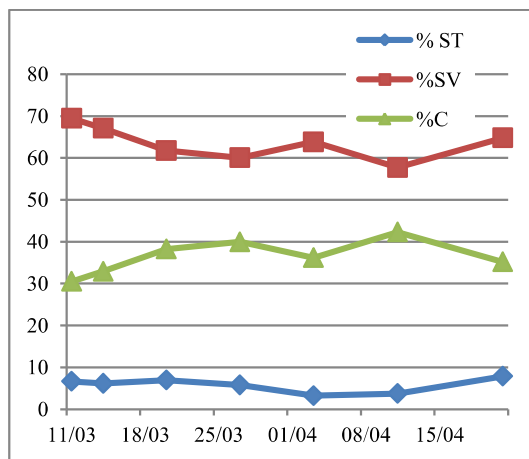


Figura 4: Valores del segundo ensayo.

La primer observación que puede hacerse de estos valores es que la muestra madre contenía muy poco porcentaje de sólidos, y según la bibliografía cuanto mayor sea la proporción de sólidos totales en el influente, mayor será la cantidad de nutrientes que contendrá el fertilizante obtenido del mismo. Por ello es de esperar que el contenido de los nutrientes analizados en el laboratorio sea inferior a los valores de la bibliografía que trabajan con una concentración de sólidos superior. De la curva se puede observar que efectivamente hubo una disminución en el porcentaje de sólidos totales a lo largo del tiempo, aunque, los resultados de las mediciones reflejan una disminución porcentual del 60%. De la curva de %SV no se incluyó el último valor ya que el mismo se encuentra muy alejado de los demás, por lo que probablemente hubo un error en la medición. La curva muestra que realmente hubo una disminución, si bien ésta fue pequeña (alrededor del 4%) comparada con la teoría. La curva muestra efectivamente una reducción del porcentaje de cenizas en el fertilizante obtenido. Los valores obtenidos dan una reducción del 24%, aunque debería encontrarse alrededor del 34%.

El tercer grupo de parámetros es el fósforo medido como ppm de PO_4^{-3} y el nitrógeno medido como ppm de NT_{org} .

FECHA	Muestra	ppm de PO_4^{-3}	% NT_{org}	Remoción	Remoción
				ppm de PO_4^{-3}	% NT_{org}
07/10/2013	R0	228,3	0,36		
16/10/2013	R1	344	0,16		
23/10/2013	R2	313	0,13		
30/10/2013	R3	231,9	0,17		
06/11/2013	R4	91,65	0,19		
13/11/2013	R5	58,65	0,18		
20/11/2013	R6	82,63	0,13	64	64
11/03/2014	R0	143,41	-		
14/03/2014	R1	29,5	0,16		
20/03/2014	R2	9,02	0,16		
27/03/2014	R3	33,23	0,16		
03/04/2014	R4	48,06	0,14		
11/04/2014	R5	29,54	0,23		
21/04/2014	R6	31,69	0,17	78	-

Tabla 3: Datos de fosfatos y NT_{org}

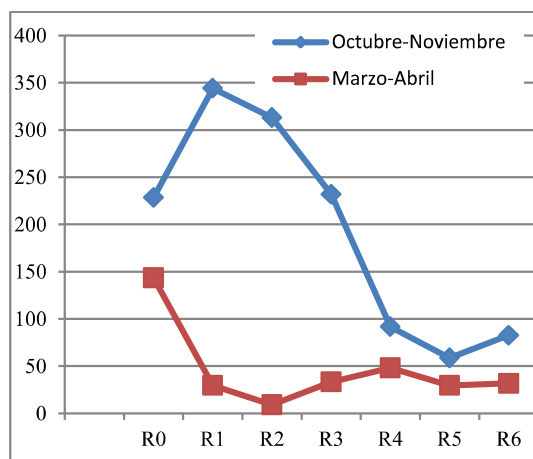


Figura 5: Valores de fosfatos.

Para el fósforo la concentración usual es de alrededor de 179 mg/l en la mezcla a digerir. Una vez digerida, la concentración suele descender a alrededor de 17,22 mg/l. Esto representa un porcentaje de reducción del 90% aproximadamente. La curva muestra una clara reducción de la concentración de fósforo, indicando los valores un porcentaje de reducción promedio de 70%.

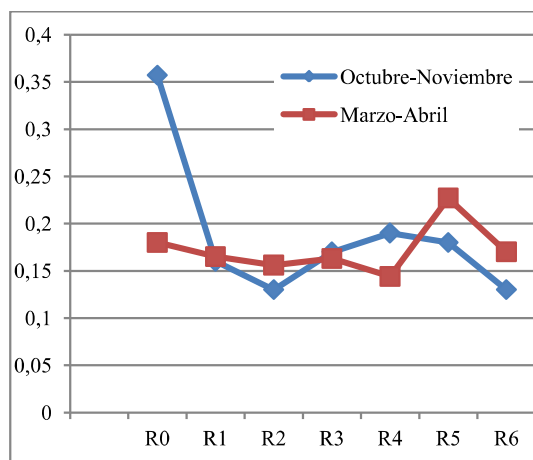


Figura 6: Valores de NT_{org}.

Durante la digestión anaeróbica también se reduce el contenido de NT_{org} obteniéndose valores de reducción del 60%, un poco más alto que la bibliografía consultada que hace referencia a porcentajes del 40% de reducción.

En la figura 7 se presenta el seguimiento del pH durante toda la experiencia. El valor del mismo se mantuvo dentro de los límites recomendados.

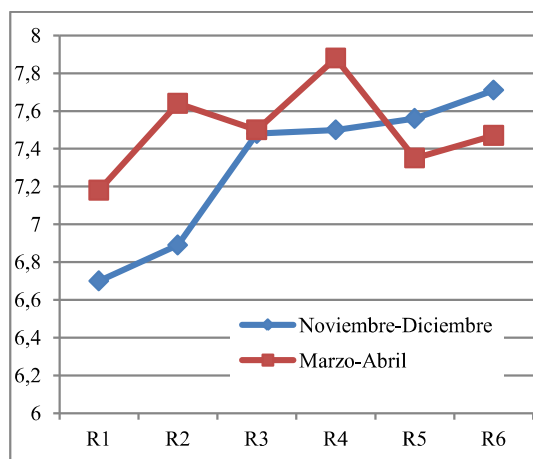


Figura 7: Valores de pH

Finalmente se presentan los resultados obtenidos para la alcalinidad como ppm CaCO₃

FECHA	Muestra	Alcalinidad Parcial	Alcalinidad Total	Factor α
		(ppm CaCO ₃)	(ppm CaCO ₃)	
07/10/2013	R0	5.700,00	14.900,00	0,383
16/10/2013	R1	3.700,00	11.300,00	0,327
23/10/2013	R2	3.400,00	9.800,00	0,347
30/10/2013	R3	11.900,00	16.500,00	0,721
06/11/2013	R4	9.500,00	12.400,00	0,766
13/11/2013	R5	9.700,00	12.400,00	0,782
20/11/2013	R6	10.300,00	13.800,00	0,746
11/03/2014	R0	8.697,80	12.354,83	0,704
14/03/2014	R1	7.337,63	10.510,66	0,698
20/03/2014	R2	9.621,11	12.500,00	0,770
27/03/2014	R3	10.840,89	12.184,01	0,890
03/04/2014	R4	10.412,43	11.551,29	0,901
11/04/2014	R5	12.304,20	13.818,56	0,890
21/04/2014	R6	10.600,00	11.200,00	0,946

Tabla 4: Datos de Alcalinidad parcial y total

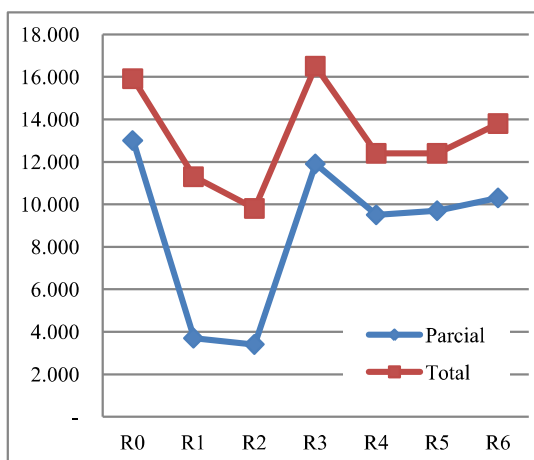


Figura 8: Valores del primer ensayo.

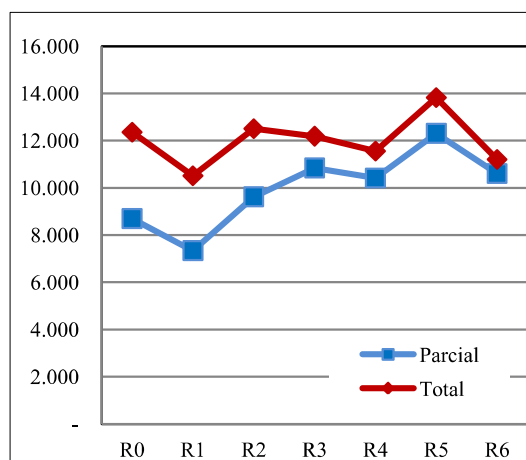


Figura 9: Valores del segundo ensayo.

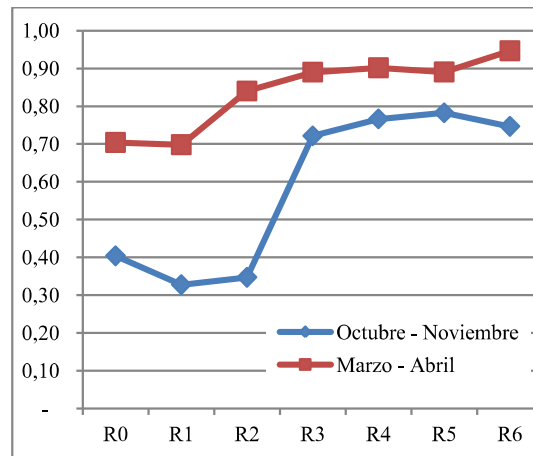


Figura 10: Valores del factor α para los ensayos.

De los resultados obtenidos para la alcalinidad se observa que la misma aumenta a medida que se produce la digestión anaeróbica. En la tabla n° 4 y en la figura 10 se presenta el comportamiento del factor α que es la relación entre la alcalinidad parcial y la alcalinidad total, la cual debe estar en un rango de 0,6 a 0,8 para garantizar un correcto funcionamiento del reactor anaeróbico para la producción de biogás (PACHECO, J. y MAGAÑA, A. 2003). En la primera experiencia el valor recomendado se alcanzó en la tercera semana de ensayo a diferencia de la segunda experiencia en la cual el factor α estaba dentro de los valores recomendados desde un inicio.

Conclusiones

A pesar de la discrepancia en los valores obtenidos se pudo comprobar que realmente existe una reducción de los parámetros analizados al efectuar una digestión en condiciones de anaerobiosis sobre el purín de cerdo, utilizando rangos de temperatura mesofílicos. El porcentaje de reducción promedio es del 60%. Se concluye que la digestión anaeróbica es recomendable para realizar un tratamiento de efluente adecuado, aunque sería necesario un tratamiento terciario para alcanzar valores de vuelco permitidos.

Bibliografía

- 1) MENDEZ, N., CHAN, G., CASTILLO, B., VÁZQUEZ, B., ESPADAS, S.A.E., 2011. Anaerobic Digestion of Effluents from Septic Tanks. *Ingeniería Investigación y Tecnología. México-Yucatán. Vol 30 No3. Disponible en <http://www.journals.unam.mx/index.php/ingenieria/article/view/32233/29651>.*
- 2) COBIÁN, B.D., 2011. Tratamiento biológico aerobio-anaerobio-aerobio de residuos ganaderos para la obtención de biogás y compost. Tesis Doctoral presentada en la Universidad de León, España.
- 3) BARBA, E.L., TORRES, P., VICTORIA, R. J.A., MARMOLEJO, F.L., PIZARRO, A, C, 2010. Influencia de la incorporación de lixiviados sobre la biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales domésticas. *Ingeniería Investigación y Tecnología. México-Yucatán. Vol 30 No 1, 75-79.*
- 4) FLORES, P M.D., RETA M.R., ACUÑA G.M., BARBOZA, C., SMORCZEWSKI M.B., MEICHTRY M.B., 2005. Tratamiento con aire previo a la degradación anaeróbica de residuos sólidos urbanos – Estudio comparativo Acta Nova. Vol 3, No1, 29-43.
- 5) DURRUTY, I., HAURE, P.M., ZARITZKY, N.E., GONZALEZ, J.F. 2011. Tratamiento de efluentes de la industria del procesamiento de papa – Etapas de degradación anaeróbica. *ACI Vol 2 No 3, 13-21*
- 6) LEON, M. C.F., FAJARDO, E., 2005 Estudio de los reactores uasb para el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario la esmeralda. Tesis presentada en la Universidad Nacional de Colombia para la Especialización en Ingeniería Ambiental.
- 7) PACHECO, J. y MAGAÑA, A. 2003. Arranque de un reactor anaerobio. *Ingeniería Vol 7 No 1, 21-25.*
- 8) LÓPEZ, J.; MORGAN, J.; Y A. NOYOLA. 2000 Arranque de reactores anaerobios industriales dos casos de estudio. En: “Memorias de XII Congreso de la Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales” (FEMISCA).