
ENSAYOS EN DISCONTINUO DE CODIGESTION ANAEROBIA TERMOFILICA DE PURINES DE CERDO Y LODOS RESIDUALES. EFECTO DEL AMONIO

X. FLOTATS, A. BONMATI, E. CAMPOS y M. ANTUNEZ

Univ. de Lleida, Depto. de Medio Ambiente y Ciencias de la Tierra, Rovira Roure 177, 25198 Lleida - España

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la co-digestión anaerobia termofílica de purines de cerdo, mediante una batería de reactores discontinuos a diferentes temperaturas, en el rango termofílico (49 °C, 52 °C y 55 °C), y diluciones (100%, 80% y 60% de purines), para evaluar el efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno. Se ha estudiado la digestión termofílica de lodos procedentes de la estación depuradora biológica de aguas residuales de Lleida (España). Se ha observado también que los problemas de inhibición por amonio en la digestión de purines de cerdo pueden ser superados mediante mezclas con otros residuos, como es el caso de los lodos de depuradora biológica ensayados. Estos resultados abren unas buenas perspectivas de futuro al tratamiento anaerobio conjunto de residuos orgánicos de diferentes orígenes.

BATCH THERMOPHILIC ANAEROBIC CODIGESTION OF SWINE WASTES AND SLUDGE. EFFECT OF AMMONIA

ABSTRACT

The main objective of the present work is to study the thermophilic anaerobic co-digestion of sludge and swine wastes, with a battery of batch reactors. The study is carried out at different temperatures, in the thermophilic range (49 °C, 52 °C and 55 °C), and three pig manure concentrations (100%, 80%, 60% of pig manure). The thermophilic digestion of sludge, from the biological wastewater treatment plant of Lleida (Spain) has been considered. It has been observed that the rates of methane production (L CH₄/g DQO and L CH₄/g SV) present significant differences at different pig manure concentrations, being 60% concentration, the one producing the highest rates. It has been also observed that ammonia inhibition found for swine wastes digestion could be overcome by proper mixing with other organic wastes, like the tested sludge. These results open good future perspectives for joint anaerobic co-treatment of organic wastes from different origins.

Keywords: swine wastes, thermophilic anaerobic digestion, inhibition, ammonia, co-digestion

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El gran volumen de residuos orgánicos de diferentes orígenes, cuya finalidad última es la aplicación al suelo para un correcto reciclado de nutrientes, produce diversos problemas que han de solucionarse mediante una gestión integral y los tratamientos adecuados. De entre éstos, la digestión anaerobia termofílica presenta las ventajas de higienización, tasas de transformación del sustrato elevadas y producciones de gas combustible que puede ser utilizado, desde el punto de vista económico, como fuente de ingresos para permitir una gestión más asquible. Presenta la desventaja de bajas tasas de producción cuando las concentraciones de nitrógeno amoniacal son elevadas, como es el caso de los purines de cerdo. Una posible solución a este problema, en el marco de una gestión integrada de residuos, es la codigestión con otros sustratos que den lugar a una concentración de nitrógeno menor.

Las ventajas de la codigestión han sido estudiadas por Ahring et al. (1992), y puestas de manifiesto a nivel industrial a través de las experiencias del programa danés de plantas de biogas de gestión centralizada (DEA, 1995). El seguimiento de estas ha mostrado que la rentabilidad de éstas instalaciones es posible a partir de producciones de 30 m³ de biogas por tonelada de biomasa tratada. Mientras que mediante la digestión única de residuos ganaderos es difícil superar este umbral, debido al efecto inhibitor del nitrógeno amoniacal, mediante las mezclas adecuadas con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria, manteniendo los residuos ganaderos en proporciones superiores al 60%, algunas de las plantas danesas superan la media de 100 m³ biogas/tonelada. Esta característica de la codigestión presenta ventajas económicas indudables, tanto al sector ganadero como al sector industrial, y propicia la gestión integrada de residuos orgánicos.

El efecto inhibitor del nitrógeno amoniacal depende de su concentración, del pH y la temperatura, ya que condicionan el equilibrio entre NH₄⁺ y el NH₃, siendo este último el causante de la inhibición del crecimiento bacteriano, por tener mayor capacidad de atravesar la membrana celular (Hanaki et al., 1994).

El efecto de la variación de la temperatura y de la concentración de nitrógeno amoniacal ha sido estudiado para reactores continuos y residuos de vacuno por Angelidaki y Ahring (1993, 1994), utilizando biomasa adaptada durante un año a elevadas concentraciones de amonio, y en el rango de 40 °C hasta 64 °C. Estos autores concluyen que el óptimo se encuentra alrededor de 55 °C. Es de esperar que, para purines de cerdo con mayores concentraciones de amonio, la temperatura óptima sea inferior a esta temperatura.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la digestión anaerobia termofílica de purines de cerdo, mediante una batería de reactores discontinuos a diferentes temperaturas, en el rango termofílico (49 °C, 52 °C y 55 °C), y diluciones (100%, 80% y 60% de purines), para

evaluar el efecto de diferentes concentraciones de nitrógeno. A fin de probar la hipótesis de que la codigestión puede ser una buena medida de mejora del proceso, se ha estudiado la digestión termofílica de lodos procedentes de la estación depuradora biológica de aguas residuales de Lleida, España, a los mismos niveles de dilución, y la codigestión de estos con purines, para dos niveles de mezcla purines/lodos (80/20 y 60/40) y una temperatura de 49°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Instalación en discontinuo con digestores-botella de 250mL.

El tipo de digestor utilizado es una botella de un volumen de 250 mL con un volumen útil de 165 mL, con tapón de rosca con zeptom, donde se inserta la aguja hipodérmica, por donde sale el gas producido durante la fermentación. No se utiliza ningún tipo de agitación- homogeneización. El sistema de medida del gas empleado es el descrito en la bibliografía (Lema, 1995). Para mantener la temperatura se utilizó un baño termostático.

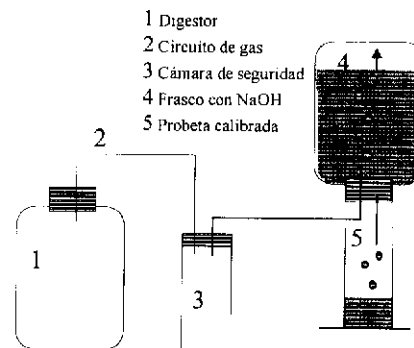


Fig. 1: Esquema del digestor-botella de 250 mL y medidor de gas.

Se sumergieron los reactores, hasta la altura del sustrato en su interior. La temperatura se controló periódicamente mediante un termómetro de mercurio sumergido en el baño. Las conducciones consisten en tubo de látex de diámetro 3 x 5 mm con una aguja hipodérmica que permite la conexión con los reactores. Se comprobó, previamente a la puesta en marcha, la estanqueidad de la instalación. La Fig. 1 muestra el esquema de ésta.

Instalación en discontinuo con reactores de mezcla completa

El volumen útil del reactor es de 4,75 litros. Permite extraer mayor volumen de muestra y la instalación de un sistema de homogeneización. La tapa se cierra herméticamente. La tapa tiene cinco salidas, de las cuales dos de ellas permanecen cerradas, y las otras se utilizan para la salida del gas, la agitación y el termómetro para controlar la temperatura en el interior. Para la homogeneización del sustrato, se utiliza un sistema de agitación mecánica, que

comprende un eje de 65 cm, con una hélice helicoidal de tres palas, accionado por un motor (Schott-Geräte, Typ RM 194, 220V-60W), que permite variar la velocidad de giro de 0 a 1000 rpm. En el punto de entrada del eje se sitúa una pieza de vidrio que permite la estanquidad. Para la medida del gas producido en los reactores se construyeron Contadores de Gas para Bajos Caudales, los cuales miden el gas producido mediante el número de veces que éste desplaza un volumen conocido de líquido (solución diluida de ácido sulfúrico). Para mantener la temperatura se utilizó un baño termostático con posibilidad de variar la temperatura de 0-100°C.

Sustrato utilizado

Los purines de cerdo utilizados proceden de Mas el Cros, Santa Pau -Olot-, granja situada en el Parque Natural de la zona volcánica de la Garrotxa, provincia de Girona, España. Se trata de una granja de ciclo cerrado con un sistema de limpieza automatizado. Dispone de una planta de biogás en la que se tratan los purines; el biogás generado se quema en caldera para cubrir demandas térmicas de calefacción de las naves de maternidad y transición (Flotats, 1990). La muestra se ha tomado de la conducción que va de la salida de las naves de engorde hasta el digestor anaerobio.

Los fangos utilizados proceden de la estación depuradora biológica de aguas residuales (EDAR) de la ciudad de Lleida, España. El punto de muestreo ha sido el colector de fangos procedente de los espesadores, antes de que éstos entren al digestor anaerobio mesofílico.

Se diseñaron dos ensayos diferentes en discontinuo, con digestores-botella de 250ml y digestores de mezcla completa (ver Tabla 1).

Ensayos con botellas de 250 mL

Se realizaron tres ensayos con botellas de 250 mL sin agitación, para evaluar el efecto de la codigestión. El primer ensayo se realizó con purín a tres diluciones diferentes (100%, 80% y 60% de purín). En el segundo ensayo se utilizó como sustrato fangos de EDAR con las mismas diluciones. El tercer ensayo se realizó con sustrato mezcla de purín y fango con dos proporciones diferentes purines/fango (80/20 y 60/40). La temperatura para los tres ensayos fue de 49°. Se inocularon 15 mL por botella, en los tres ensayos, de purín digerido del digestor anaerobio mesofílico de Mas el Cros. Se analizaron los siguiente parámetros: nitrógeno Kjeldahl, NH_4^+ , NO_3^- , materia seca, sólidos volátiles, pH, DQO y DQO_{sol} . Las diluciones del sustrato se hicieron con agua desionizada. Previo a la dosificación del purín a los diferentes reactores, se homogeneizó la muestra. El seguimiento de la producción de gas se realizó cada dos días. Para poner en marcha el ensayo se aclimató el sustrato durante 24 horas y se burbujeó una mezcla de gas inerte ($\text{N}_2:\text{CO}_2 = 80:20$) con objeto de eliminar el oxígeno disuelto y desplazar el aire del espacio de cabeza de la botella. El tiempo de digestión fue de 42 días para los tres ensayos.

El muestreo del ensayo de purín a diferentes diluciones se hizo cada siete días, parando dos botellas y analizando los parámetros señalados antes. Para los ensayos de fangos y codigestión se hicieron sólo tres muestreos, el inicial, a los 21 días y a los 42 días.

Ensayos con reactores de mezcla completa

Se realizaron tres ensayos en mezcla completa (discontinuos), a tres temperaturas diferentes (49, 52 y 55°C). Para cada ensayo se trabajó con tres diluciones del purín. Se agitó de forma continua con una velocidad de giro de 200 rpm. Se utilizó el mismo inóculo que en los ensayos anteriores (150 mL por reactor). Se realizó una única repetición de cada dilución. Cada reactor estaba conectado a un contador de gas de bajo caudal independiente, midiendo la producción de gas diariamente. El tiempo de digestión para el ensayo a 49°C fue de 36 días (debido a avería en el equipo termostático), para el de 52°C fue de 46 días y para el de 55°C de 48 días.

Se siguió la evolución de los siguientes parámetros: pH, NH_4^+ , y DQO. Al principio y final del proceso se determinó el nitrógeno Kjeldahl, NH_4^+ , NO_3^- , DQO total, materia seca, sólidos volátiles y pH. En el ensayo a 55°C se añadió el seguimiento de la DQO soluble.

Metodología analítica

La metodología empleada para analizar el nitrógeno Kjeldahl es la descrita por Rump y Kirst (1988). Para ello se ha utilizado un digestor Kjeldahl (Tecator-2006) y un destilador semiautomático (Tecator-1026), con valoración manual. El nitrógeno amoniacal y nitratos se han analizado mediante electrodos específicos (Ingold ref. 15 223 3000 y Ingold ref. 15 222 3000 respectivamente). La concentración de la materia seca se ha determinado mediante la evaporación a 105 °C en un estufa de desecación durante 24 horas, y los sólidos volátiles mediante calcinación a 500°C. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se ha analizado por oxidación al dicromato potásico mediante el método colorimétrico descrito en APHA (1985). Para determinar la Demanda Química de Oxígeno soluble (DQO_{sol}) se ha centrifugado la muestra a 5000 rpm durante 30 minutos, extrayendo 2 ml de muestra del líquido sobrenadante, el cual se analiza con el método descrito para la DQO. El pH se ha medido con un pH-metro Crison, micro pH 2002. La producción de gas se ha medido según los equipos descritos anteriormente.

La concentración de amoníaco libre se estimó en base a la concentración de nitrógeno amoniacal, el pH y la temperatura, mediante la ecuación

$$[\text{NH}_3] = \frac{[N - \text{NH}_4^+]}{1 + \frac{[H^+]}{K_a}} = \frac{[N - \text{NH}_4^+]}{1 + 10^{pK_a - pH}} \quad (1)$$

Para calcular los valores de pK_a , a las diferentes temperaturas de ensayo, se utilizó la expresión

$$pKa = 4 \cdot 10^{-8} \cdot T^3 + 9 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0.0356 \cdot T + 10.072, \quad (2)$$

obtenida por regresión a partir de los datos aportados por Lide et al. (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos en discontinuo a 49°C

Las características del sustrato utilizado para cada dilución se muestran en la Tabla 2. En ella, se puede apreciar la gran dificultad que representa conseguir la adecuada homogeneidad cuando se parte de un sustrato tan heterogéneo como es el purín, con presencia de partículas de diferentes tamaños y composición. Ello obliga, siempre que sea posible, a repeticiones en los ensayos.

El número de repeticiones de este ensayo ha permitido realizar un análisis de separación de medias sobre los índices de producción de gas, así como sobre las concentraciones iniciales de nitrógeno Kjeldahl y amoniacal (ver Tabla 3).

En algunos casos los coeficientes de determinación han sido bajos (entre 0.55 y 0.8), derivado de un número bajo de repeticiones y la gran heterogeneidad de los resultados obtenidos.

El análisis realizado sobre los ensayos, para el período de 0 a 42 días de digestión, da diferencias significativas entre los índices de producción de gas para el ensayo de purines. La dilución de purín del 60% es significativamente diferente, y mejor a nivel de los índices productivos de gas, a la del 100% y del 80%.

En este ensayo, el nitrógeno amoniacal aumenta a lo largo del tiempo, debido a la descomposición del nitrógeno

Tabla 1: Diseño de los ensayos realizados.

Ensayo	Sustrato	Tipo de ensayo	Características del ensayo			
			Temper. (°C)	Diluciones (% purines)	Días	Rep.
Efecto de la temperatura en la digestión	Purín	Mezcla completa Agitación a 200 rpm	49	100	36	1
				80		
				60		
			52	100	46	1
				80		
				60		
55	100	48	1			
	80					
	60					
Efecto de la mezcla, frente a la digestión de un único residuo	Purín	Digestor-Botella 250 ml	49	100	42	13
				80		
	Fangos EDAR Lleida	Digestor-Botella 250 ml	49	100	42	4
				80		
				60		
	Mezcla purín (P) y fangos (F)	Digestor-Botella 250 ml	49	P/F: 80/20	42	4
P/F: 60/40						

Tabla 2: Características del purín, fangos y mezclas empleadas en el ensayo con digestor-botella a 49°C.

Dilución	Purines			Fangos			Codigestión purines/fangos	
	100%	80%	60%	100%	80%	60%	80-20%	60-40%
M.S. (g/L)	32.3	19.1	16.0	94.5	73.3	56.6	35	55.5
S.V. (g/L)	22.6	12.3	10.9	59.5	45.9	35.9	22.5	36.2
S.V. (%s.m.s.)	69.9	64.6	68.3	62.9	62.6	63.4	64.7	65.2
Nk (mg/L)	3715	3128	2614	3512	2617	2072	2770	3130
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	1681	1612	1171	586.3	495.4	432.4	1424.4	942.12
N-NH ₃ (mg/L)	477.4	458.1	332.6	16.7	18.9	20.8	192.7	155.0
N-NO ₃ ⁻	364.3	361.8	273.2	16.1	10.5	9.0	50.9	52.6
DQO (g/L)	25.93	17.28	13.58	114.7	94.3	71.4	42.1	61.6
DQO sol (g/L)	n.a.	n.a.	n.a.	10.0	7.9	5.3	7.7	7.5
pH	8	8	8	6.5	6.5	6.7	7.6	7.7

Tabla 3: Resultados del test de separación de medias* de los índices de producción de metano. Ensayos en discontinuo con purines, fangos y mezclas a 49°C.

Ensayo	Purín			Fangos			Codigestión	
	100%	80%	60%	100%	80%	60%	80/20	60/40
Dilución	100%	80%	60%	100%	80%	60%	80/20	60/40
Prod. acum. CH ₄ (mL)	345.7	321.00	620.00	140.7	569.65	631.00	593.00	908.50
mL CH ₄ /g MS _{in}	92.43 b	81.50 b	236.72 a	9.17 a	45.29 a	67.14 a	93.34 a	104.66 a
mL CH ₄ /g SV _{in}	132.16 b	126.46 b	347.48 a	14.65 a	73.48 a	106.05 a	152.36 a	161.28 a
mL CH ₄ /g DQO _{in}	11.51 ab	7.57 b	24.35 a	7.85 a	36.90 a	57.74 a	92.96 a	93.55 a
N.Kjeld. (mg/L)	3257 a	2704 ab	2202 b	-	-	-	2764.0 a	3108.5 a
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	3090 a	2391 b	2271 b	-	-	-	1302.7 a	949.4 a

*Test de rango múltiple de Duncan, con un nivel de significación $\alpha = 0.05$, aplicado independientemente para cada ensayo. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes. El test no se ha aplicado para el nitrógeno en fangos, por falta de repeticiones en las determinaciones.

orgánico presente en el purín. La concentración de amoníaco libre disminuye inicialmente junto al pH, pero aumenta a partir del día 15 de digestión hasta el final de la misma. Su valor supera rápidamente los 200 mg/L, descritos por Henze et al. (1995) como la concentración de inhibición, y llega hasta los 700 mg/l, valor a partir del cual hay inhibición según Angelidaki i Ahring (1994), llegando a valores de 944.3 mg N-NH₃/L.

La separación de medias de la concentración de amonio da diferencias significativas entre la dilución del purín de 100% y la del 80% y 60%. Esto indicaría que la concentración a partir de la cual el amonio empieza a dar problemas se encuentra alrededor del valor de la dilución del 80% (alrededor de 2400 mg/L). Este resultado concuerda con el obtenido por Hanaki et al. (1994), quien afirma que la inhibición se inicia para 2000 mg/L.

En el ensayo con diluciones de fangos la concentración de amonio aumenta los primeros 21 días y decrece al final de la digestión. En todos los casos los valores de amonio son muy inferiores a los observados con purines y nunca superan los 1200 mg/L. La concentración de amoníaco es en todo momento inferior a 40 mg/L. Los índices productivos de gas no muestran diferencias significativas para las tres diluciones, aunque se aprecia un aumento de éstos conforme menor es la concentración de sólidos. Esto se explicaría por la elevada concentración de materia seca en este ensayo, que favorece la retención de burbujas (apreciada visualmente) e incrementa la limitación al transporte externo.

En el ensayo de codigestión, el comportamiento del amonio es igual para las dos mezclas; un aumento inicial y una ligera disminución al final del proceso. El amoníaco libre sigue la misma tendencia que el pH. En la mezcla 60/40 su valor es próximo a 100mg/L., mientras que muestra unas concentraciones entre los 200 mg/L y 400 mg/L para la mezcla 80/20. Esta diferencia es razonable, ya que la mezcla 80/20 tiene una concentración superior de amonio y un pH más alto, derivado del mayor contenido en purín.

Los índices productivos de gas para los ensayos de co-

digestión no son significativamente diferentes entre ellos, ni significativamente superiores a los de purines al 100%, a raíz del análisis estadístico realizado, pero se mantienen siempre por encima de ellos.

Ensayos en digestores mezcla completa.

El objetivo de este ensayo es determinar el efecto de la dilución sobre la digestión anaerobia en el rango termofílico y así poder comparar su comportamiento a tres temperaturas diferentes (49°C, 52°C, 55°C). El purín utilizado en los tres ensayos ha sido el mismo. De los 3 ensayos realizados en digestores de mezcla completa, los que aportan más información son los de 52 y 55°C, ya que la digestión ha tenido una duración de 46-48 días, lo que permite ver con más claridad el efecto combinado dilución- inhibición por amonio.

Por este motivo sólo se describirán estos dos ensayos. La imposibilidad de hacer repeticiones con estos ensayos no ha permitido realizar un análisis estadístico.

La Fig. 2 muestra las producciones de gas acumuladas para las tres diluciones del ensayo a 55°C. En ella se observa que la dilución del 100% no es la que tiene una mayor producción de gas, tal como debería ser en un proceso no afectado por inhibición. Esto es una primera indicación de la posible inhibición por amonio.

La Tabla 4 recoge los índices de producción de gas y las concentraciones iniciales de nitrógeno Kjeldahl y amoniacal de las diferentes diluciones, para los dos ensayos mencionados. En la Fig. 3 se ilustra el comportamiento de las evoluciones en la producción de gas para la dilución del 80% y las temperaturas de 52° y 55°C.

El aumento de la temperatura en un proceso biológico tiene el efecto de aumentar las tasas metabólicas y, en el caso de la digestión anaerobia, aumentar la producción de gas. Así mismo, esta mayor velocidad afecta a los procesos de inhibición descritos. En el caso de la inhibición por amonio, se tienen dos efectos: 1) las altas velocidades de reacción provocan un aumento en la concentración de amonio por degradación del nitrógeno or

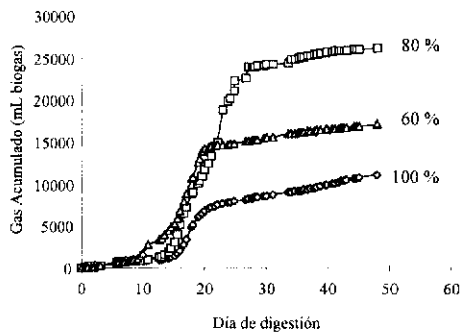


Fig. 2: Evolución temporal de la producción de gas para el ensayo con purines a 55°C.

gánico; 2) Al aumentar la temperatura, el equilibrio amonio-amoniaco se desplaza hacia la derecha, incrementándose los fenómenos de inhibición. A raíz de los datos obtenidos (Tabla 4) se puede afirmar que, para los niveles de los parámetros ensayados, no se aprecian diferencias significativas entre los índices de producción de gas, para las temperaturas de 52 y 55°C, a pesar que la producción absoluta de gas sea mayor en el ensayo a 55°C (ver Fig. 3). Al comparar los índices de producción de gas, se comprueba que el efecto inhibitor del amonio puede ser importante cuando su concentración supera los 2100 mg/L. Los índices de la dilución del 100 % son sustancialmente inferiores a los de las diluciones del 80 y 60%.

En trabajos de Angelidaki y Ahring (1994), se comprueba que con bajas concentraciones de amonio (< 2500 mg/L), el aumento de la temperatura entre 40°C y 55°C no afecta a la estabilidad de la digestión anaerobia, aumentando la velocidad de producción de gas con la temperatura y la concentración de sustrato, mientras que a altas concentraciones de amonio el aumento de la temperatura provoca la disminución de la producción de gas. En los ensayos realizados, en el presente trabajo para mezcla completa, la concentración de amonio se mantiene siempre por debajo de los 2400mg/l. para las diluciones del 80 y 60%, y paralelamente sus índices de producción de gas son similares (ver Tabla 4), o en todo

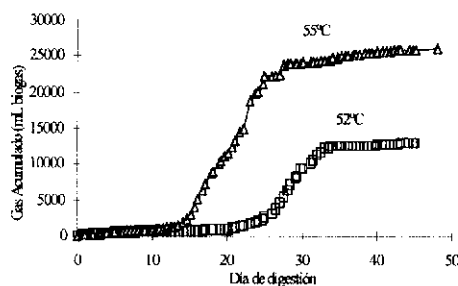


Fig. 3: Evolución temporal de la producción de gas para purines al 80%, a las temperaturas de 52° y 55°C.

caso superiores para la mezcla purín/agua del 80%, debido a una mayor concentración del sustrato, lo cual concuerda con las conclusiones de Angelidaki y Ahring (1994). Esto soportaría, a su vez, el resultado obtenido en el apartado anterior, respecto a que la concentración de amonio a partir del cual aparecen fenómenos de inhibición se encuentra alrededor de los 2400 mg N-NH₄⁺/l. Para una determinación más ajustada del valor umbral de inhibición, y dado que el agente inhibitor es el amoniaco libre, debe medirse el pH, el cual presenta un comportamiento dinámico en los presentes ensayos en discontinuo.

Para las dos temperaturas, y con el transcurso del proceso, la evolución del amonio y el amoniaco presenta la misma oscilación que la descrita por Angelidaki et al. (1993). Paralelo al aumento inicial de la concentración de amonio, por degradación del nitrógeno orgánico, se produce un ligero aumento del pH y del amoniaco libre. El amoniaco libre inhibe las bacterias metanogénicas y por tanto se produce una acumulación de ácidos con la consiguiente disminución del pH. Este descenso del pH desplaza el equilibrio amonio-amoniaco y hace que los microorganismos metanogénicos se reactiven, consuman ácidos, y por tanto que el pH y la concentración de amoniaco vuelvan a aumentar.

Este comportamiento dinámico se ilustra en las Fig. 4 y 5, para la temperatura de 55°C y la dilución del 80%.

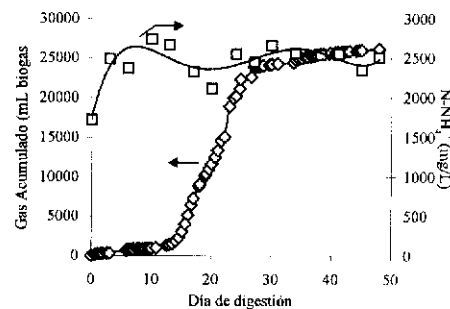


Fig. 4: Evolución temporal del amoniaco libre y producción acumulada de biogas para el ensayo de mezcla completa de purines al 80% y 55°C.

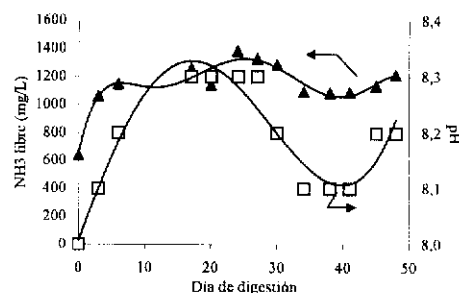


Fig. 5: Evolución temporal del pH y amoniaco libre para el ensayo de mezcla completa de purines al 80% y 55°C.

Tabla 4: Concentraciones iniciales de nitrógeno Kjeldahl y amoniacal e índices de producción de gas, del ensayo con digestores discontinuos de mezcla completa de purines (52°C y 55°C).

Temperatura/días	52°C/47d.			55°C /48d.		
	100	80	60	100	80	60
Dilución (% purin)	100	80	60	100	80	60
N _{TK} (mg/L)	3472.1	2843.8	2590.3	3404.4	2759.9	2115.5
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	2185.81	2035.23	1724.3	2574.03	1724.3	1654.3
ML gas/g DQOI	72.03	160.47	160.64	51.59	182.35	176.03
ML gas/g SVi	99.34	221.92	195.56	130.09	335.61	229.47

CONCLUSIONES

En los ensayos en discontinuo, sin agitación, a 49°C se comprueba que los índices de producción de gas de purines, con un nivel de dilución del 60%, son significativamente superiores a los del 100% y 80%, mientras que no son significativamente diferentes los índices para estas dos diluciones.

Esta diferencia significativa, para las muestras más diluidas (60% de purines), viene determinada por una menor concentración de nitrógeno amoniacal, el cual tendría un efecto inhibitor, para las presentes condiciones de ensayo, a partir de valores ligeramente superiores a la concentración correspondiente a la dilución del 80%, eso es, alrededor de 2400 mg NH₄⁺/L. Para concentraciones inferiores, la concentración inicial de sustrato tiene un efecto más importante como limitante de la producción de gas.

En el ensayo discontinuo con agitación se comprueba que, a las concentraciones de sustrato y amonio presentes, la variación de la temperatura en el rango ensayado (52 °C y 55 °C) no tienen un efecto significativo sobre el proceso. En este ensayo, los digestores con concentraciones de purines del 60% y 80% presentan índices de producción de gas superiores al del 100%.

En el ensayo de codigestión purines/fangos no se observan diferencias estadísticamente significativas ni entre las dos mezclas estudiadas, ni entre éstas y la de purines sin diluir, aunque los valores medios de todos los índices de producción de gas presentan valores superiores para las mezclas purines/lodos residuales.

Los resultados anteriores abren buenas perspectivas a la digestión anaerobia termofílica conjunta de purines con otros residuos orgánicos, con el objetivo de disminuir los efectos de la inhibición del proceso por elevada concentración de nitrógeno amoniacal.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya (España), en su convocatoria de ayudas a la investigación de 1994.

REFERENCIAS

- Ahring, B.K., Angelidaki, I. y Johansen, K. Anaerobic Treatment of Manure Together with Industrial Waste. *Wat. Sci. Tech.*: 25 (7), 311-318 (1992).
- Angelidaki, I. y B.K. Ahring, Thermophilic Anaerobic Digestion of Livestock Waste: the Effect of Ammonia. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*: 38, 560-564 (1993).
- Angelidaki, I. y B.K. Ahring, Anaerobic Thermophilic Digestion of Manure at Different Ammonia Loads: Effect of Temperature. *Water Research*: 28 (3), 727-731 (1994).
- APHA-AWWA-WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 16th edition. Washington - USA (1985).
- DEA, Danish Energy Agency, Progress Report on the Economy of Centralized Biogas Plants. *BioPress*, Copenhagen (1995).
- Flotats, X., El Cros Biogas Plant. Evaluation of Five Years in Operation. *Biomass for Energy and Industry*, 5th E.C. Conference. Elsevier Applied Science: 2, 2393-2397 (1990).
- Hanaki, K., S. Hirunmasuwan y T. Matsuo, Selective Use of Microorganisms in Anaerobic Treatment Processes by Application of Immobilization. *Water Research*: 28 (4), 993-996 (1994).
- Henze, M., P. Harremoës, J. Jensen y E. Arvin, Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg, Germany (1995).
- Lema, J., Metodología para la Obtención de Parámetros de Diseño de Digestores Anaerobios. 1er Curs d'Enginyeria Ambiental. Universitat de Lleida. (1995).
- Lide, D. et al., CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press Inc., 73rd Edition (1992).
- Rump, H. y H. Kirst, Laboratory Manual for the Examination of Water, Wastewater and Soil. VCH Verlagsgesellschaft mbH (1988).

ISSN 0716-8756



INFORMACION TECNOLOGICA

REVISTA INTERNACIONAL

SEPARATA



El Faro. Símbolo de la belleza turística de La Serena - Chile

6.2.2

INFORMACION TECNOLOGICA

Revista Internacional Arbitrada
Indexada en Indices Internacionales

Edita:

Centro de Información Tecnológica (CIT)

Larraín Alcalde 1120 - Casilla 593

Teléfono: 56-51-213855 Fax: 56-51-210496

La Serena - Chile