

PRIMEROS RESULTADOS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE TABACO

Francisco Cuadros Blazquez

Maria Jesus Roldan Ruiz

Almudena Gonzalez Gonzalez

Fernando Rubiales Bravo

Antonio Ruiz Celma

Ana Vizcaino Galán

Fernando Lopez Rodriguez

Abstract

Tobacco has been one of the most profitable crops in Spain due to its high productivity. Production subsidies has been annulled, therefore it is necessary find new applications for this crop, one of which could be as an energy crop. Fresh tobacco have a high moisture content, so we consider that anaerobic digestion is one of the cleanest technologies to generate energy from tobacco.

This work reports the former results on anaerobic digestion of tobacco in semi-continuous reactors. The substrates are formed by mixtures of tobacco and water in proportions of 2:10 and 1:10.

Experimental results show that anaerobic digestion is carried out properly in the start up, but subsequently the reaction is inhibited due to a progressive lowering of pH. To avoid this, small amounts of lime are added to the tobacco-water mixture, in order to raise the acidic pH characteristic of this plant to a value between 7 and 8.

In this way, the bioreaction is stable and it is possible to obtain suitable levels of degradation and high methane yields. Obtain appropriate and significant degradation of substrate and methane production.

Keywords: *Anaerobic digestion; tobacco; energy crop*

Resumen

El tabaco ha sido uno de los cultivos más rentables en España, debido a su elevada productividad. No obstante, la eliminación de las ayudas a la producción hace necesario buscar nuevas aplicaciones a dicho cultivo, como podría ser su uso como cultivo energético. El tabaco recién cortado presenta un elevado contenido en humedad, por ello, consideramos que la digestión anaerobia es una de las tecnologías más limpias para su aprovechamiento energético.

En este trabajo se muestran los primeros resultados de la digestión anaerobia de tabaco en modo semicontinuo, utilizando como sustrato mezclas de tabaco y agua en proporciones 2:10 y 1:10.

Se comprueba experimentalmente que, aunque la digestión anaerobia es satisfactoria en la etapa de arranque del digestor, siempre termina por inhibirse debido a una bajada progresiva del pH. Por ello, se ha adoptado la medida de añadir cal a la mezcla de tabaco-agua, con el objetivo de elevar el pH ácido típico de esta planta hasta un valor comprendido entre 7 y 8. De esta forma se consigue estabilizar la biorreacción, obtener adecuadas degradaciones del sustrato y notables producciones de metano.

Palabras clave: *Cultivos energéticos; tabaco; digestión anaerobia*

1. Introducción

El consumo de energía primaria mundial en la actualidad está basado en unos recursos que proceden en un 80% de combustibles fósiles: petróleo, carbón y gas natural. Esto conforma un sistema energético con problemas tan graves como el desarrollo centralizado, lo que origina desequilibrios que se traducen en que la cuarta parte de la población mundial consume las tres cuartas partes del total de la energía primaria en el mundo. El 20 % restante lo constituyen las energías renovables, con un 12 % de contribución; y la energía nuclear, cuya aportación es del 6,3 %.

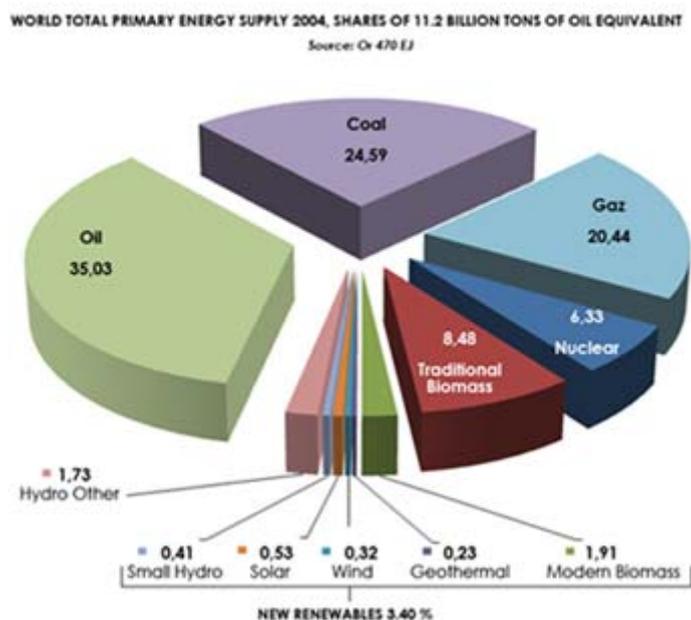


Figura 1. Distribución de energías primarias. Imagen adaptada de www.suelosolar.es.

Debido a la problemática que la contaminación del medio ambiente ocasiona, las vías de abastecimiento energético están encaminadas al desarrollo cada vez mayor de las energías renovables. Dentro de éstas, la biomasa está llamada a jugar un papel destacado ya que es la única renovable que puede ser gestionada con arreglo a la demanda. Sin embargo, el uso de la biomasa para la generación de electricidad y/o movimiento (transporte) está aún muy lejos de ser satisfactorio. Se dan problemas relacionados con la logística (recogida y transporte a la central de transformación), así como los relativamente bajos rendimientos de la transformación energética de la biomasa hacen que su desarrollo sea muy lento, utilizándose ésta prácticamente para la generación de calor (Cuadros, et al., 2011).

Hay que vencer muchas barreras, tanto tecnológicas como de penetración de los biocombustibles en el mercado energético haciéndolos más atractivos económicamente. Una de las alternativas es la búsqueda de nuevos cultivos energéticos que supongan una reducción de los costes de producción, que no interfieran con el mercado alimentario, y que puedan transformarse de forma eficiente en energía útil.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el uso del tabaco como combustible energético. En concreto, se estudia el empleo de la planta de tabaco para la producción de biogás. Debido a su alto contenido en humedad en el momento de su recolección, nos hace pensar que la biometanización de dicho cultivo sea una de las tecnologías más limpias y de fácil implantación para el aprovechamiento energético del

tabaco. Según la bibliografía, las producciones diarias de biogás rondan los 250 L/kg sólidos totales. (Meher, et al., 1995).

Además, con el uso de tabaco como cultivo energético, no sólo no se contribuiría al incremento del precio de los alimentos sino que además, se pondría solución a un grave problema en esta región, como es la reducción de las ayudas al cultivo de tabaco para los agricultores extremeños impuesta por la Política Agraria Comunitaria (PAC) a partir de la cosecha del año 2010.

2. Materiales y métodos

2.1. Dispositivo experimental

El dispositivo experimental es el que se muestra en la Figura 2. Consta de las siguientes partes:

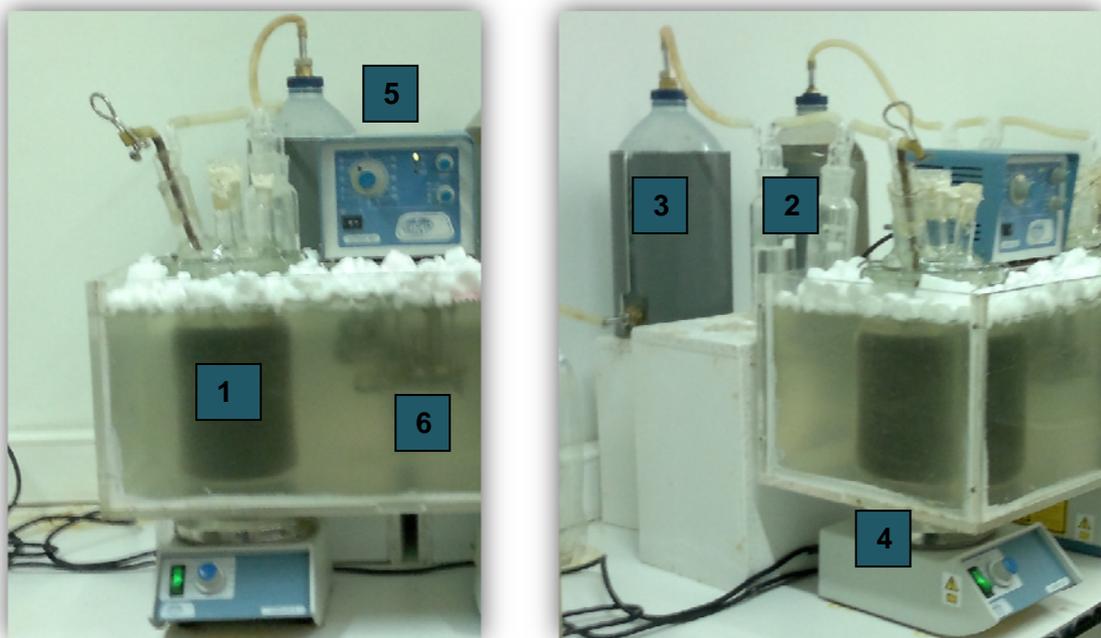


Figura 2. Dispositivo experimental.

- 1.- Digestor anaerobio, es donde está contenido el inóculo y el residuo a digerir y, por lo tanto, donde se lleva a cabo la digestión anaerobia.
- 2.- Frascos lavadores con disolución de hidróxido sódico, cuya misión es la captura del CO_2 contenido en el biogás y obtener prácticamente CH_4 .
- 3.- Depósitos de agua para la medida del gas metano que proviene de los frascos lavadores. La medida del volumen de metano se realiza por arrastre del mismo volumen de agua.
- 4.- Agitador magnético.
- 5.- Calentador.
- 6.- Baño termostático.

El modo de operación es el siguiente:

El digestor anaerobio es un dispositivo de 2 L de capacidad que se mantiene continuamente agitado y a una temperatura de 38 °C. En él se introduce inicialmente el inóculo junto con la mezcla alimento de tabaco y agua (en adelante alimento) y se cierra con una tapa de seis bocas, de las cuales cuatro estarán selladas y cada una de las otras dos permitirán la entrada del alimento y la salida del gas producido en el interior, respectivamente.

El biogás producido se dirige a los frascos lavadores para capturar el CO₂, con lo que se obtiene exclusivamente metano, que al seguir avanzando hasta los recipientes de agua, desplaza un volumen de ésta igual al volumen de metano producido.

2.2. Caracterización del alimento y métodos analíticos

El primer paso llevado a cabo, antes de poner en marcha el biodigestor, es la adecuación del sustrato a los requerimientos de la digestión anaerobia. Para ello, se somete la planta de tabaco a una trituración mecánica para conseguir un tamaño de partícula lo menor posible, puesto que, tal y como indica la bibliografía, éste es uno de los parámetros más influyentes en este proceso. Además, se harán mezclas de tabaco/agua en proporción 2:10 y 1:10, para estudiar la influencia de este parámetro en la digestión anaerobia. Hay que destacar que la planta del tabaco se introduce en el digestor inmediatamente después de su corte, con lo que su humedad se sitúa en torno al 85%. Como se apreciará más adelante también es necesaria una regulación del pH del alimento, lo que se conseguirá añadiendo unas gotas de disolución de cal.

Además, se analizan una serie de parámetros para caracterizar el alimento a la entrada del digestor. Son los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Caracterización físico-química del alimento

Parámetro	Alimento 2:10	Alimento 1:10
DQO total, mg/L	47.829	29.915
pH	4,4	4,7
C/N	22,3	22,3

Con una periodicidad aproximada de 24 h se introduce alimento en el digestor y, al mismo tiempo, se extrae efluente digerido para mantener el volumen de constante. A este efluente se le analizan los parámetros siguientes: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Ácidos Grasos Volátiles (AGV), Alcalinidad, pH, sólidos totales (ST), sólidos en suspensión minerales y volátiles (SSM, SSV) y sólidos disueltos minerales y volátiles (SDM, SDV). La alcalinidad, AGV, pH, ST, SSM, SSV, SDM y SDV se analizan utilizando métodos estándares, mientras que para la determinación de la DQO se utilizan kits Nanocolor® de Macherey-Nagel y un espectrofotómetro portátil PF-12 de la misma casa comercial.

3. Resultados

Conforme al modo de operación que se indicó anteriormente y para alcanzar los objetivos propuestos, se desarrolla un plan de trabajo que consiste en encontrar el caudal de alimento máximo que puede degradarse. Esto no sólo supone ir incrementando la cantidad de alimento a introducir, sino también hacer que las bacterias encargadas de llevar a cabo la digestión anaerobia se aclimaten a este alimento y puedan seguir degradándolo en el tiempo, pues, de no ser así, se producirá la inhibición de la reacción y la muerte de las bacterias.

En las siguientes figuras puede apreciarse el seguimiento de la digestión anaerobia de tabaco con el tiempo.

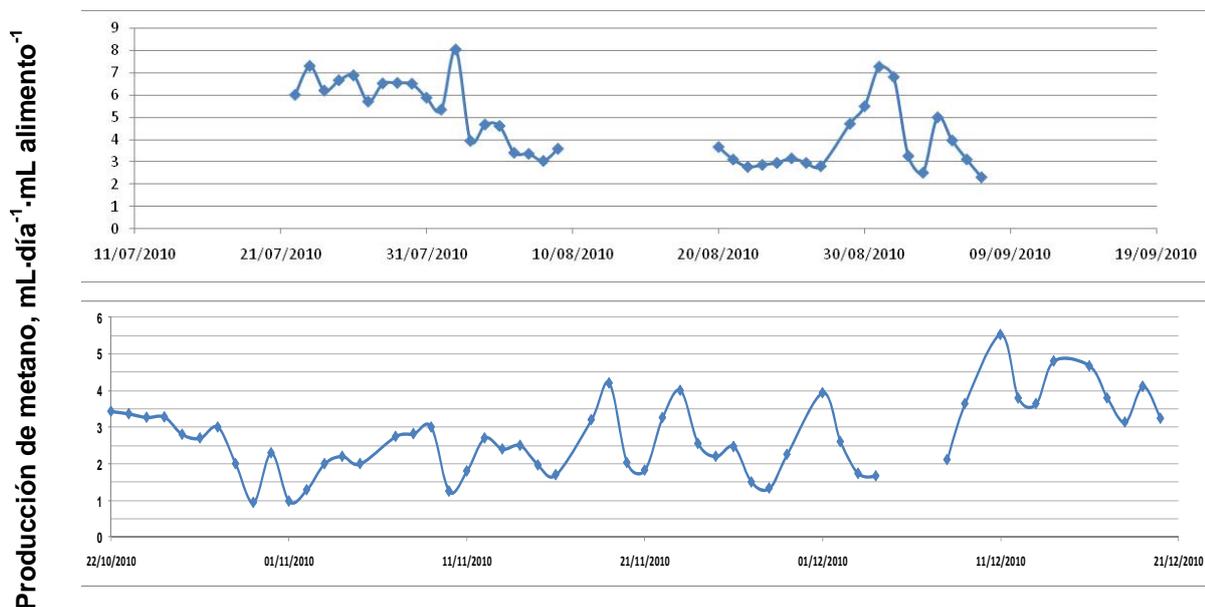
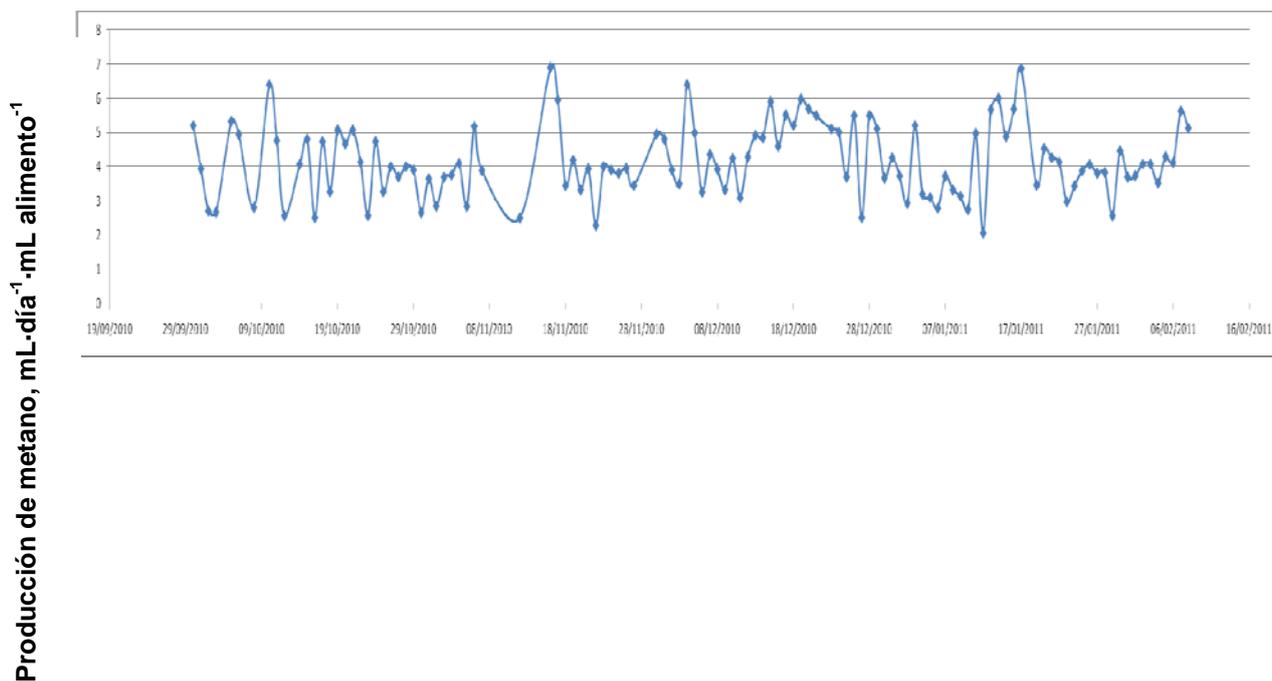


Figura 3. Experimentos de digestión anaerobia de tabaco con el tiempo.

En la Figura 3 (arriba) se observa el seguimiento correspondiente al alimento 2:10 y en la parte inferior de la misma, la producción de metano relativos a una proporción 1:10. Como puede apreciarse, en el primer caso no se mantiene la digestión durante un tiempo prolongado, lo que conlleva que no se alcance el tiempo de retención hidráulico (TRH) para esta mezcla y la reacción se inhiba. Es por ello, que se decide introducir el alimento al digester con un pH apto para ser degradado por los microorganismos, cuyo valor está en torno a 7,2 y que se consigue añadiendo unas gotas de cal.

En este caso, los resultados que se obtienen, y para las mismas proporciones de alimento, se muestran en la Figura 4 (Arriba, proporción 2:10 y abajo, proporción 1:10).



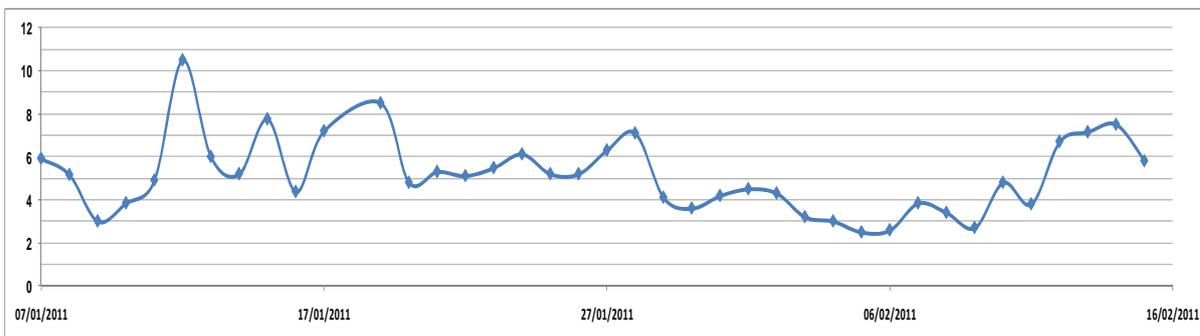


Figura 4. Experimentos de digestión anaerobia de tabaco con pH regulado.

En este caso, se hace patente que una regulación del pH a la entrada provoca, aunque con incrementos y descensos de la producción de gas, que la reacción se mantenga controlada, se pueda asegurar que las bacterias se han aclimatado perfectamente al alimento (se alcanza con creces el THR) y se puedan extraer datos claros del efluente digerido.

Tabla 2: Producciones diarias máximas, medias y mínimas de metano

Producción, mL CH ₄ / mL mezcla alimento	Alimento 2:10	Alimento 1:10
Máxima	6,9	10,5
Media	4,2	5,1
Mínima	2,1	2,5

Para una mejor comparación de los resultados obtenidos, en la Tabla 3 se representan las producciones de metano en función del porcentaje de DQO degradada, así como en función de la cantidad de tabaco digerida, en la que los resultados vienen expresados en m³ en condiciones normales (Nm³) de metano por tonelada (t) de tabaco fresco.

Tabla 3: Producciones diarias de metano respecto a la DQO degradada y al tabaco alimentado.

Producción	Alimento 2:10	Alimento 1:10
Producción, m³ CH₄ / % DQO	0,091	1,28
Producción, m³ CH₄ / m³ tabaco	21	51

Por último, se muestran los caudales de alimentación óptimos que se han obtenido para las dos experiencias realizadas. Para cada uno de ellos, se presenta también una tabla en la que se recogen los parámetros medios calculados a lo largo de la experiencia.

Tabla 4: Parámetros característicos del efluente digerido

Parámetro	Alimento 2:10	Alimento 1:10
DQO, mg/L	11.864	11.384
% Reducción DQO	46 %	4 %

pH	7,2	7,2
AGV	0,68	2,1
Alcalinidad	2,5	2,6
SDV	1,6	1,7
SSV	5,5	4,5

4. Conclusiones

1. La digestión anaerobia es una técnica eficaz en la degradación de la planta del tabaco.
2. Para que la digestión anaerobia del tabaco se autorregule y pueda alargarse en el tiempo, se requiere que el pH del alimento a la entrada del digestor tenga un valor comprendido entre 7 y 8.
3. Para la regulación del pH puede utilizarse $\text{Ca}(\text{OH})_2$, sin que ello conlleve la obstaculización del proceso, ya sea por causas físicas o económicas, puesto que es inerte y muy barato.
4. La dilución del alimento influye de forma significativa en los resultados obtenidos.
5. Las producciones de metano son mayores cuando la dilución es menor, debido a que la entrada de carga orgánica es más gradual y las bacterias son capaces de degradarla con más eficiencia. También hay que destacar que cuando la mezcla es más concentrada se forman aglomeraciones mayores de tabaco, dificultando así la tarea de las bacterias y poniendo de manifiesto lo que ya se expuso anteriormente: cuanto menor es el tamaño de partícula del alimento, mejor se da la digestión anaerobia.
6. La fracción de materia orgánica degradada es mayor cuanto menor es la dilución del alimento. En ambos experimentos se observa que la DQO de salida está en torno a 10.000 mg/L. Si las bacterias no son capaces de degradar por debajo de este nivel, es lógico pensar que en el caso del alimento más concentrado, la reducción de DQO será mucho mayor pues parten de un nivel muy superior de materia orgánica.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia (Fondos FEDER) la ayuda recibida para la realización de este trabajo a través del proyecto PSE-060000-2009-6. A. González-González agradece al Ministerio de Educación y Ciencia la concesión de la beca FPU. Referencia AP2008-02546.

5. Bibliografía

- Cuadros F, González-González A, Ruiz-Celma A, López-Rodríguez F, García Sanz-Calcedo J, García J A. (2011) “¿Qué pasa con la biomasa?”. *Revista Española de Física* 25(1), 13, 22.
- Meher K.K, Panchwagh A, Rangrass S, Gollakota K.G. (1995) “Biomethanation of tobacco waste”. *Journal Environmental Pollution* vol. 90 (2), 199-202.

Bouallagui, H., Touhami, Y., Ben Cheikh, R. and Handi, M. Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. (2005). *Process Biochemistry*, 40(3-4), 989-995.

Chen Y., Cheng J., Creamer K. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. (2008). *Bioresource Technology*. 99, 4044-4064.

APHA, AWWA, WPCF. "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Díaz de Santos S.A. Madrid, 1992.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Almudena González González. Becaria FPU Departamento Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura.

Phone: +685764503

E-mail: almudenagg@unex.es