



PROYECTO SINGULAR ESTRATÉGICO

Desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España (PROBIOGAS)

SUBPROYECTO 8:

CO-DIGESTIÓN DE RESIDUOS CÍTRICOS Y GANADEROS



INDICE

| | |
|--|----------|
| 1 Objetivo del subproyecto..... | 3 |
| 2 Descripción de la planta de demostración..... | 3 |
| 3 Resultados obtenidos | 4 |
| 3.1 Co-digestión con residuos cítricos | 4 |
| 3.2 Aplicación del digerido como fertilizante | 5 |

PARTICIPANTES:



S.A.T. 299 GRANJA SAN RAMÓN
www.gruposanramon.com



AINIA CENTRO TECNOLÓGICO
www.ainia.es



CEBAS-CSIC
www.cebas.csic.es

1 Objetivo del subproyecto

El objetivo principal del subproyecto es doble. En primer lugar, la validación a escala industrial del proceso de producción de biogás basado en la digestión anaerobia de un sustrato mixto compuesto de estiércol de vacuno y residuos cítricos con distintos pretratamientos. En segundo lugar, la demostración de la viabilidad del uso del digerido de residuos cítricos y ganaderos en la agricultura.

2 Descripción de la planta de demostración

El proyecto se llevó a cabo en la planta de producción de biogás de la GRANJA SAN RAMÓN, ubicada en Campo Arcís (Requena, Valencia). La planta consta de dos digestores: un primer fermentador de tipo flujo pistón y un post-digestor tipo mezcla completa. Los sustratos se introducen en la planta a través del cargador de sólidos o bien, en el caso del estiércol líquido, se bombea desde el depósito de alimentación. El biogás generado se quema en un motor de cogeneración de 500 kW, vertiéndose la electricidad a la red de distribución y utilizándose la energía térmica para autoconsumo. El digestato se somete a una separación sólido-líquido mediante tornillo prensa; ambas fracciones se destinan a fertilización agrícola.

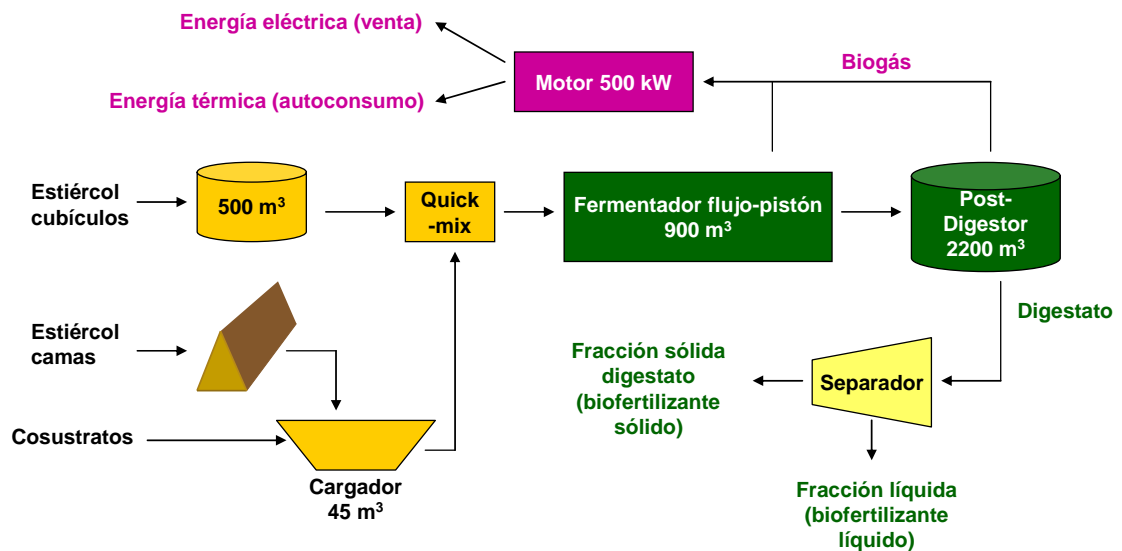


Figura 1. Diagrama de flujo de la planta de demostración de co-digestión anaerobia de residuos cítricos y ganaderos.



Figura 2. Vista del post-digestor con el motor en el frente (izquierda) y vista general de las instalaciones de la Granja San Ramón en Campo Arcís.

3 Resultados obtenidos

3.1 Co-digestión con residuos cítricos

Se estudiaron tres aspectos principales de la co-digestión de residuos cítricos con el estiércol de vacuno: el efecto del pretratamiento de los residuos cítricos, la proporción de co-sustratos más adecuada y la carga orgánica óptima de trabajo.

3.1.1. Efecto del pretratamiento

Los pretratamientos analizados en el subproyecto 2 para los residuos cítricos fueron de dos tipos: el pretratamiento mecánico, consistente en una trituración, y el pretratamiento microbiológico, que consistía en una inoculación con hongos. Los resultados del pretratamiento microbiológico no recomendaban su aplicación a escala industrial, por lo que sólo se ensayó a esta escala la introducción de residuo cítrico triturado y sin triturar.

Los efectos observados en la composición del biogás (concentración de metano, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno), en la biodegradabilidad y en la concentración de ácidos grasos volátiles, llevan a concluir que el pretratamiento de trituración no aporta beneficios a la co-digestión anaerobia de estiércol de vacuno y residuo cítrico, siendo preferible utilizar el residuo cítrico sin triturar.



3.1.2. Proporción de cosustratos

A partir de los resultados de los ensayos se concluye que el porcentaje máximo de residuo cítrico a utilizar es del 10% en peso sobre el total del alimento. Este resultado es inferior al obtenido en los ensayos de laboratorio realizados en el subproyecto 2, y se atribuye al hecho de que el residuo cítrico utilizado en las pruebas industriales contenía entre 2 y 4 veces más limoneno que el residuo cítrico empleado en las pruebas de laboratorio.

3.1.3. Velocidad de carga orgánica

El proceso se operó a VCO comprendidas entre 0,5 y 3,5 $\text{kg}_{\text{SV}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$. Los resultados de los ensayos muestran que durante la codigestión con residuo cítrico, la VCO más adecuada fue 3 $\text{kg}_{\text{SV}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, puesto que es la máxima que permite operar el proceso con una producción de biogás aceptable sin mostrar síntomas de inestabilidad, como sucedería a VCO de 3,5.

3.1.4. Condiciones de operación para la codigestión de residuos cítricos y ganaderos

Por todo lo anterior, las condiciones de trabajo más adecuadas para la planta de biogás de co-digestión de residuos cítricos y ganaderos, serían:

- Residuo cítrico sin pretratar.
- Porcentaje máximo de residuo cítrico 10%.
- Velocidad de carga orgánica 3 $\text{kg}_{\text{SV}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$.

3.2 Aplicación del digerido como fertilizante

La viabilidad del uso del digerido en agricultura ha sido demostrada mediante experimentos de laboratorio de corta duración y en experimentos de campo en condiciones reales.

3.2.1. Caracterización de los digeridos

Se sometió a caracterización el digerido bruto, así como sus fracciones sólida y líquida resultantes de la separación mediante tornillo prensa en la planta de biogás



de la Granja San Ramón. También se caracterizó el estiércol fresco para comparar sus características con las de los digeridos.

Los digeridos mostraron una mayor estabilidad biológica que las muestras de purín, se apreció que todos los materiales presentan una importante fracción de materia orgánica lábil, fácilmente biodegradable.

Tanto el digerido como sus fracciones sólida y líquida contienen importantes cantidades de nutrientes para las plantas. Son especialmente ricos en nitrógeno amónico. Sin embargo, no se pueden equiparar a un abono o enmienda orgánica según la legislación vigente, debido a los requisitos de nutrientes y humedad de esta normativa. No obstante, dado que el contenido de metales pesados es bajo que no limita su uso, es posible utilizar los digeridos en fertilización agrícola combinando el uso del digerido con otros fertilizantes a fin de equilibrar la adición de nutrientes.

El aspecto más limitante en cuanto al uso potencial de los digeridos o de sus fracciones sólida y líquida está determinado por la presencia de *Salmonella* sp. Una alternativa puede ser su almacenamiento durante un tiempo superior a 56 días, pues en condiciones de laboratorio se ha observado que permite su higienización, si bien este hecho debe corroborarse en condiciones industriales.

El co-sustrato mayoritario de digestión no tuvo una influencia relevante en la composición del material digerido. Este aspecto es doblemente interesante, pues indica la estabilidad temporal de los materiales de salida del digestor con independencia de los materiales de entrada y además indica que utilizar uno u otro co-sustrato no afecta al potencial fertilizante de los materiales obtenidos.

3.2.2. Uso de los materiales digeridos como abonos orgánicos. Estudios de laboratorio

La aplicación directa de los materiales digeridos como fertilizantes puede tener un efecto de inmovilización de nitrógeno en el suelo, limitando su disponibilidad para los cultivos. Por el contrario, si fracción sólida de digerido se transforma en compost produce un aumento en el suelo de la concentración de nitrógeno inorgánico y fósforo asimilable para las plantas. Además, este material aporta compuestos orgánicos difícilmente degradables, por lo que los efectos positivos de la materia orgánica aportada al suelo se mantendrán a largo plazo.

Por todo ello, el compostaje de la fracción sólida del digerido se plantea como la mejor alternativa para la revalorización del digerido tras su separación sólido-líquido, obteniendo un material estabilizado y con unas excelentes perspectivas



para su uso como fertilizante orgánico, pudiendo ser registrado como abono tipo compost calidad B, según la legislación vigente.

3.2.3. Uso de los materiales digeridos como abonos orgánicos. Experimento de campo

El compost incrementa significativamente el contenido de fósforo asimilable y de nitratos en el suelo a consecuencia de la riqueza de este material en dichos nutrientes. Estos aspectos son positivos debido a que aumentan la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas a corto plazo. En suelos calizos como el utilizado en este experimento, el fósforo es poco soluble y por tanto escasamente asimilable por las plantas, debido a que los fosfatos precipitan fácilmente con el Ca formando fosfatos cálcicos muy insolubles. Por tanto el aumento en la concentración de fósforo asimilable en el tratamiento con compost es un aspecto favorable para la utilización de este material como fertilizante a corto plazo. Sin embargo, su adición debe acomodarse a la climatología de la zona, pues de realizarse en épocas lluviosas se puede favorecer su lixiviación y su pérdida a capas más profundas.

Los materiales frescos no producen cambios importantes en las propiedades químicas del suelo, siendo necesario tratamientos del suelo más prolongados para que se produzcan los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica aportada y puedan apreciarse sus efectos. Destaca la escasa nitrificación del amonio aportado por estos materiales, debido a que este proceso se ralentiza en condiciones frías, como sucede durante el invierno en Requena. El estudio previo de incubación nos indica que el proceso no está inhibido y sucederá al incrementar la temperatura en primavera, que es cuando las plantas comenzarán a estar más activas con mayor requerimiento de nutrientes. Todos los materiales digeridos incrementan la actividad microbiana del suelo, reflejando la activación de los procesos microbianos principalmente asociados a los ciclos del carbono y del nitrógeno, que indica una mejora en las condiciones biológicas del suelo.



Figura 3. Fotografías realizadas durante la adición de los materiales orgánicos.