

# IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES FAMILIARES EN EL PERÚ. EXPERIENCIAS DE YANAOCA (CUSCO) Y VENTANILLA (LIMA)

*I. Ferrer, D. Poggio, A. Mas, L. Batet, E. Velo*

---

**Palabras clave:** *Digestión anaerobia; Biodigestor; Biogás; Energía; Fertilizante*

## Introducción

La digestión anaerobia, o biodigestión, permite mejorar el aprovechamiento energético tradicional de la biomasa (Velo, 2006), convirtiendo los residuos orgánicos en un recurso mediante la producción de biogás y biol. Esta tecnología ha sido ampliamente difundida a escala familiar en países como China, India o Nepal. En cambio, la mayor parte de los biodigestores instalados en Perú a finales del siglo pasado se encuentran actualmente en desuso (Spangnoletta, 2007). Se han identificado como barreras para la diseminación de la biodigestión entre las familias rurales: tecnológicas (diseños adaptados a las condiciones climáticas), económicas (inversión no recuperable en términos económicos), sociales (capacitación y apropiación), logísticas (instalación y seguimiento) y políticas (falta de apoyo a tecnologías de pequeña producción).

## Objetivos

Los proyectos piloto que se presentan pretenden difundir el uso de los biodigestores familiares en el Perú, como fuente de energía alternativa al uso tradicional de la biomasa. La idea inicial es sustituir la quema directa de excretas secas y/o madera para cocinar por el biogás producido mediante la digestión de dichas excretas; así como aplicar el biol en suelos agrícolas para incrementar el rendimiento de los cultivos.

Actualmente, el trabajo de investigación efectuado está dirigido principalmente a superar la barrera tecnológica que es el primer paso hacia el impulso de la diseminación de los digestores en la población.

## Descripción del proyecto

Los proyectos piloto se ubican en la microcuenca del Jabón Mayo (Distrito de Yanaoca, Cusco), donde se trabaja en colaboración con el Instituto por una Alternativa Agraria; y en el Parque Porcino de Ventanilla (Distrito del Callao, Lima), donde se trabaja en colaboración con la organización Ciudad Saludable. En la microcuenca del Jabón Mayo, a una altitud entre 3800-4500 msnm, viven 1800 familias distribuidas en 11 comunidades campesinas. Su clima se caracteriza por las bajas temperaturas (8-10 °C), temporadas de lluvia y sequía, y una elevada radiación solar (5.5 kWh/m<sup>2</sup>·día). En este caso, los

principales condicionantes para la implementación de los biodigestores son las bajas temperaturas y presiones ambientales que caracterizan la Sierra Andina (Poggio, 2007).

El Parque Porcino de Ventanilla, con unos 2200 porcicultores, se encuentra en la periferia de Lima, en una zona semidesértica, con pluviometrías anuales de 0 mm y temperaturas medias alrededor de 17-22 °C. Aunque en este caso la temperatura ambiente también puede considerarse un factor limitante, la restricción principal es la falta de agua para la dilución de las excretas, que implica utilizar algún sustituto como el orín (Ferrer *et al.*, 2008).

En cuanto al diseño de los biodigestores, los de cúpula fija (tipo chino) o de cúpula flotante (tipo indio) utilizados en China o India; presentan como inconvenientes principales la complejidad de su construcción y un coste relativamente elevado, que pueden ser limitantes para su implementación. Por el contrario, los biodigestores tubulares de plástico, de construcción simple y económica, permiten una mayor expansión de esta tecnología, llegando a transmitir de campesino a campesino (Preston & Rodríguez, 2002). Posibles materiales para su construcción son el polietileno y el PVC (geomembrana), siendo el último más resistente pero también más caro (Pedraza *et al.*, 2002).

Los biodigestores familiares implementados funcionan a temperatura ambiente, por este motivo su ubicación dentro de pequeños invernaderos permite amortiguar las oscilaciones térmicas día-noche y aumentar la temperatura del proceso.

## **Resultados**

La relación de biodigestores que hasta la fecha se han implementado en Yanaoca se resume en la Tabla 1, donde se han incluido algunos detalles constructivos y de funcionamiento de los mismos. En general se trata de biodigestores tubulares de polietileno con un volumen útil de 5 m<sup>3</sup>. Se diseñan para trabajar a un tiempo de retención de 90 días, y se alimentan diluyendo las excretas con agua en una proporción 1/3 (v/v), ambos valores bastante conservadores.

En Ventanilla hasta la fecha se han instalado 3 biodigestores, 2 de PVC (geomembrana) y 1 de obra. Para su puesta en marcha, los biodigestores se inocularon con estiércol y rumen de vaca y/o oveja. Diariamente se alimentan con excretas diluidas con orín (1/2-1/3 v/v) para dar una proporción de sólidos máxima del 8 % (An & Oreston, 1999) trabajando a un tiempo de retención máximo de 60 días.

**Tabla 1. Biodigestores implementados en Yanaoca hasta Septiembre de 2008**

Fecha instalación	Comunidad	Volumen líquido	Tipo de manga	Aislamiento	Fitotoldo	Funcionamiento	Observaciones
Marzo 2006*	Pabellones	2 m <sup>3</sup>	Poliétileno sin aditivos triple capa de 150 cm ancho.	Bambú y calamina laterales y serrín en la base	Invernadero tipo túnel con puerta y capacidad para la entrada de una persona	No está en funcionamiento porqué las lluvias causaron derrumbe de muro lateral del invernadero.	Mala construcción de fitotoldo. Poca producción de gas a causa del volumen reducido.
Marzo 2006	Chollocani	5 m <sup>3</sup>	Doble capa con interior de polietileno y exterior de agrofílm. 2 metros de ancho	Bambús laterales y serrín en la base con plástico protector.	Invernadero tipo dos aguas con puerta y capacidad para la entrada de una persona	No está en funcionamiento por obras en la casa y recolocación del gasómetro.	Mal cierre del fitotoldo que conlleva pérdidas de calor. Entrada y salida realizada con baldes.
Julio 2007	Jilaygua	6 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofílm de 2 metros de ancho	Bambús laterales y serrín más ichu en la base con plástico protector	Invernadero tipo túnel cerrado sobre el digestor.	En funcionamiento correcto.	Crecimiento de pasto en el interior del fitotoldo y deterioro del plástico del gasómetro.
Julio 2007	Iromocco	5m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofílm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo dos agua cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe.	En funcionamiento	Crecimiento de pasto en el interior del fitotoldo y conducción de gas doblada en interior fitotoldo. En la parte inicial presencia de "scum".
Setiembre 2007	Ccolliri chico	5 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofílm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo dos agua cerrado sobre el digestor con tres hileras de adobe.	En funcionamiento	Crecimiento de pasto interior y problemas en la válvula de salida del gas
Noviembre 2007	Chicnayua	5 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofílm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo una agua cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe.	No está en funcionamiento por rotura de la conducción del gas por el ganado. En proceso de arreglo.	Crecimiento del pasto interior y rotura del parte del plástico del fitotoldo por el ganado. Conexión de letrina al digestor.

**Tabla 1 (cont). Biodigestores implementados en Yanaoca hasta Septiembre de 2008**

Fecha instalación	Comunidad	Volumen líquido	Tipo de manga	Aislamiento	Fitotoldo	Funcionamiento	Observaciones
Noviembre 2007*	Yanaoca	5 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofilm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero a dos aguas cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe.	No está en funcionamiento por mal manejo de la familia.	La familia no siempre vive en la casa. Deterioro del plástico del gasómetro por el sol.
Diciembre 2007	Qquechaq uecha	5 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofilm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo dos agua cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe.	En escaso funcionamiento por mal manejo de la familia.	Crecimiento del pasto interior y no adecuada reubicación del gasómetro por la familia.
Diciembre 2007*	Jilaygua	2,4 + 2 m <sup>3</sup>	Digestor doble etapa híbrido de obra	Paredes de obra y primera etapa aislada en la base	Invernadero tipo túnel cerrado sobre el digestor.	No se terminó dentro el cronograma de proyecto. En proceso de arreglo.	Digestor en dos etapas dispuestas verticalmente con filtro de bambú en la segunda.
Julio 2008	Iromocco	5 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofilm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo dos agua cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe	En funcionamiento correcto.	Sin problemas.
Julio 2008	Cholloccani	5 m <sup>3</sup>	Doble capa de agrofilm de 2 metros de ancho	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo dos agua cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe	Recién instalación.	Se instaló el "calentador de agua" para la preparación de la mezcla.
Agosto 2008*	Ccolliri grande	5 m <sup>3</sup>	Digestor prefabricado de PVC.	Ichu lateral y en la base con plástico protector	Invernadero tipo dos agua cerrado sobre el digestor con dos hileras de adobe	Recién instalación	Conexión de letrina al digestor.

Los primeros biodigestores que se instalaron en Yanaoca llevan en funcionamiento 3 años y los de Ventanilla 1 año. Gracias a los invernaderos, en Yanaoca se alcanzan temperaturas de hasta 20 °C. En estas condiciones la producción diaria de biogás es aproximadamente de 0.2 m<sup>3</sup><sub>biogás</sub>/m<sup>3</sup><sub>digestor</sub>-día, dentro del rango descrito en la bibliografía para digestión anaerobia psicrófila (Kashyap *et al.*, 2003).

Con tamaños de digestores de 5 m<sup>3</sup>, la producción de gas es suficiente para cocinar durante 3-4 h al día, y por lo tanto cubrir casi totalmente la necesidad de combustible de una familia de 4-5 personas. Una complicación adicional es asegurar que el gasómetro tenga una presión mínima y que el diseño del quemador permita un uso eficiente del biogás.

El coste de construcción de los biodigestores de plástico es de 40 €/ m<sup>3</sup>. Dicho coste podría ser asumible, al menos parcialmente, por familias campesinas; mientras que el de obra sería totalmente inviable sin subsidios, exceptuando una implementación comunal.

A nivel financiero, la instalación es más viable si el biogás (> 50 % metano) sustituye un combustible con valor de mercado como el gas propano, resultando en un payback de 2 años y 8 meses (Poggio, 2007); o bien cuando permite elaborar productos con valor añadido (quesos, yogures, mermeladas, etc.).

Por otro lado, la eficacia global del sistema también aumenta mediante la integración del biodigestor en la granja (Preston, y Rodríguez, 2002), conectándolo con la letrina y usando el biol como fertilizante para los cultivos.

## **Conclusiones y trabajo futuro**

Mediante los proyectos expuestos se han implementado 15 biodigestores familiares en el Perú. El biogás producido es un buen sustituto de la biomasa tradicional o de los combustibles fósiles para cocinar.

El coste de los biodigestores de plástico puede ser asumible por las familias campesinas, siendo su principal inconveniente su corta vida útil y su potencial contaminante una vez finalizada, lo que hace conveniente buscar aplicaciones para este desecho. Una mayor integración del biodigestor en la granja, incluyendo el uso del biol como fertilizante, es objeto de trabajo futuro.

## **Agradecimientos**

Estos proyectos se están llevando a cabo en colaboración con el Instituto por una Alternativa Agraria y la organización Ciudad Saludable, con el soporte económico del Centre de Cooperació per al Desenvolupament (Universitat Politècnica de Catalunya) y la Agencia Catalana de Cooperació al Desenvolupament.

## Referencias

An, B.X., Preston, T.R. (1999) Gas production from pig manure fed at different loading rates to polyethilene tubular biodigesters. *Livestock Research for Rural Development* 11 (1).

Ferrer, I., Gamiz, M., Almeida, M., Ruiz, A. (2008) Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla (Lima, Peru). *Waste Management*, doi:10.1016/j.wasman.2008.02.014.

Kashyap, D.R., Dadhich, K.S., Sharma, S.K. (2003) Biomethanation under psychrophilic conditions: a review. *Bioresource Technology* 87, 147-153.

Pedraza, G., Chará, J., Conde, N., Giraldo, S., Goraldo, L. (2002) Evaluación de los biodigestores en geomembrana (PVC) y plástico de invernadero en clima medio para el tratamiento de aguas residuales de origen porcino. *Livestock Research for Rural Development* 14 (1)

Poggio, D. (2007) Diseño y construcción de dos digestores anaeróbicos en el altiplano andino peruano. Bachelor Thesis, Universitat Politècnica de Catalunya.

Preston, T.R., Rodríguez, L. (2002) Low-cost biodigesters at the epicenter of ecological farming systems. *Proceedings Biodigester Workshop*, March 2002.

Spagnoletta, S.A. (2007) Viability study for the application of small-size biodigesters in the Andean rural zone of Cajamarca (Peru), MSc. Thesis, Loughborough University.

Velo, E. (2006) Aprovechamiento energético de la biomasa. En: *Energía, participación y sostenibilidad. Tecnología para el desarrollo humano*. Ed. por: E. Velo, J. Sneij, J. Delclòs, 131-144.