

Sostenibilidad en las granjas de vacuno de leche (7)

Reducción del consumo energético (III)

En los dos números anteriores de Frisona Española (nº 263 y 264) describimos y explicamos las diferentes medidas que pueden tomarse para reducir el consumo energético de las granjas de vacuno lechero que, como indicábamos en dichos trabajos, es uno de los más altos de la producción ganadera. En este nuevo artículo entraremos en las posibilidades de las energías renovables en las granjas lecheras como fuentes de generación de energía, eléctrica y térmica, no tanto para reducir el consumo energético (que ya abordamos en trabajos anteriores) sino para reducir la factura del suministro energético.

Introducción

Se trata de aprovechar fuentes de energía ampliamente conocidas como la energía solar, la energía eólica u otras cuyo empleo está aumentando considerablemente en los últimos años como son el biogás generado por los residuos ganaderos (deyecciones), los intercambiadores de calor u otras como la biomasa sólida o la energía geotérmica de baja entalpía.

El término energía renovable se refiere a una fuente de energía que se repone permanentemente en un corto período de tiempo. La energía que proviene del sol, del viento, del agua o de los procesos biológicos se considera un recurso renovable. Las tecnologías específicas de energía renovable incluyen biodigestores, energía solar fotovoltaica, solar térmica, geotérmica, hidráulica, turbinas eólicas y más.

Con frecuencia se detectan varias oportunidades para que los sistemas de energía renovable en las granjas satisfagan, al menos, algunas de las necesidades energéticas de la granja; sin embargo, el potencial de producción de energía es muy específico según la ubicación. Los sistemas de energía renovable también suelen requerir una inversión significativa. Antes de emprender estos proyectos, se debe minimizar el consumo de energía a través de proyectos de conservación y eficiencia, como los descritos en los trabajos anteriores que hemos señalado. De esta manera, el diseño del sistema de energía renovable es tan grande como necesite serlo.

Una vez que se instalan las medidas de eficiencia energética, se debe realizar una evaluación de energía renovable o un estudio de factibilidad en el sitio para comprender completamente la situación económica del proyecto (teniendo en cuenta los créditos fiscales, la depreciación, los costos de operación y mantenimiento y los incentivos disponibles) y las regulaciones de la red eléctrica local.

Por lo general, los proyectos de energía renovable en las granjas lecheras incluyen biodigestores que usan gas metano del estiércol de vaca para generar electricidad y calor, y sistemas solares fotovoltaicos (PV) para producir electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos se pueden montar en el suelo o en el techo, como se muestra en la Figura 1. Un sistema montado en el techo aprovecha la infraestructura existente, por lo tanto, puede costar menos, pero los sistemas montados en el suelo pueden ubicarse de manera más óptima para una mejor exposición al sol y producción de energía. Se pueden construir de modo tal que las vacas puedan pastar debajo y reciban sombra, o bien, para que se pueda cultivar.

Antonio Callejo Ramos. Dr. Ingeniero Agrónomo.
Dpto. Producción Agraria E.T.S.I. Agronómica, A. y
de B.-U.P.M. - antonio.callejo@upm.es

La mayoría de los sistemas de energía renovable son escalables y se pueden utilizar en operaciones de cualquier tamaño. Los sistemas pequeños que no están conectados a la red eléctrica se pueden utilizar en áreas remotas.

Energía solar

La energía solar ha sido y sigue siendo aprovechada en la Tierra en mayor o menor medida por el hombre a lo largo de su historia, de forma directa mediante calentamiento de un fluido caloportador o del ambiente interior de una edificación, o mediante transformación en electricidad. Es la energía derivada de la radiación solar que puede aprovecharse de forma directa para la obtención de calor (energía solar térmica) o electricidad (energía solar fotovoltaica).

Cuando se habla de instalaciones de energía solar se hace referencia al aprovechamiento directo de la misma, que en la actualidad se hace fundamentalmente mediante tres tipos de tecnologías:

1. **Instalaciones de energía solar térmica (EST) de baja temperatura** (temperatura de trabajo inferior a 100 °C), cuya aplicación más importante es la producción de agua caliente para uso sanitario o de calefacción, y en menor medida aunque en constante aumento, la generación de agua fría para refrigeración de ambientes interiores.
2. **Instalaciones EST de media o alta temperatura**, cuya principal aplicación es la generación eléctrica mediante sistemas termosolares de concentración.
3. **Instalaciones de energía solar fotovoltaica (ESF)**, en las cuales, aprovechando el efecto fotovoltaico producido en materiales semiconductores dopados, se obtiene energía eléctrica.

Su principal ventaja es que se trata de un recurso abundante, inagotable, disperso y poco contaminante.

Por otra parte, sus principales desventajas son:

- el elevado coste de la inversión inicial,
- que es semialeatoria (ciclos días nublados/claros, día/noche e invierno/verano),
- su baja densidad energética (por lo que necesita grandes superficies de captación) y
- su imposible almacenaje, lo que obliga a disponer de dispositivos externos de almacenamiento energético o a complementarla con otras fuentes energéticas.

→ Energía solar térmica

Se obtiene a partir de los colectores o paneles solares térmicos, superficies que, expuestas a la radiación solar, absorben su calor y lo transfieren a un fluido. Convierten en calor un 40-60 % de la energía recibida.

La aplicación más importante de la energía solar térmica en las explotaciones ganaderas es la producción y almacenamiento de agua caliente para la calefacción o limpieza de equipos.

Otra aplicación, aún limitada pero que está experimentando un gran desarrollo tecnológico en los últimos años y para la que se prevé un importante auge en el futuro más próximo, es la refrigeración solar, la cual se configura acoplando a la instalación solar una máquina de absorción que permite la generación de agua fría a partir del agua caliente producida por el sistema solar. En este caso la instalación EST-BT posibilita resolver la climatización completa (calefacción y refrigeración) de la explotación (Figura 2).

Figura 1. Producción de energía renovable solar fotovoltaica en granjas lecheras.



→ La EST-BT en el sector agropecuario

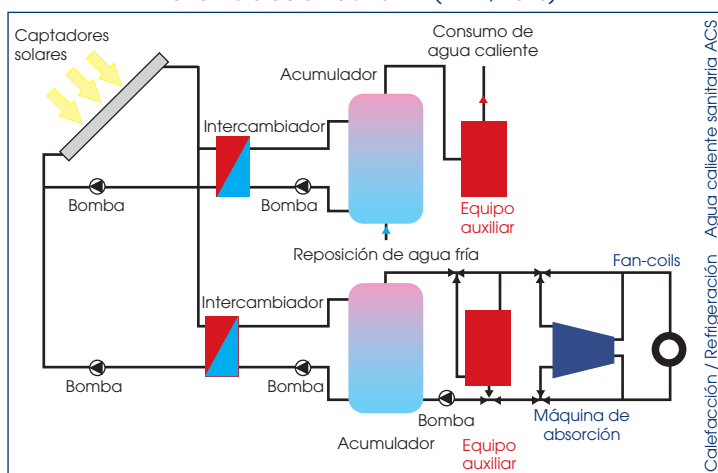
En las explotaciones ganaderas es necesario realizar tareas de limpieza de equipamientos, algunos de ellos formando parte del procesado alimentario, así como cuidar de la higiene de los animales y de las personas que trabajan en la instalación, por lo que la principal aplicación de los sistemas de EST-BT será la producción de ACS. A título orientativo, en este tipo de utilizaciones en España, 1 m² de captador solar plano es capaz de producir diariamente, como media anual, 50 l (en la mitad norte) y 70 l (en la mitad sur) de agua caliente a 45 °C.

En la actualidad y para cualquier edificación de nueva construcción o rehabilitación de edificaciones ya existentes con un consumo de ACS superior a 50 l/día, el Código Técnico de la Edificación, aprobado según RD 314/2006 (BOE 28/03/2006), obliga en su Documento Básico HE4 (Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria), que una parte de la generación de ACS tenga un origen solar térmico. Sin embargo, esta obligación afecta al agua caliente que puedan consumir los trabajadores de las instalaciones agropecuarias, pero no afecta al agua caliente producida para el uso con los animales.

No obstante, si en alguna instalación agropecuaria se realiza el diseño y montaje de una instalación de energía solar para agua caliente sanitaria con uso destinado diferente al humano, se recomienda que se sigan también las instrucciones del Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico HE4 (Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria).

Por otro lado, las bajas temperaturas durante la estación invernal y los períodos nocturnos determinan la necesidad, para determinadas cabañas, de

Figura 2. Esquema de climatización completa (calefacción y refrigeración) y producción de ACS de una explotación mediante una instalación de EST-BT (IDAE, 2010).



un aporte térmico de calefacción que permita el mantenimiento de temperaturas interiores en los alojamientos.

Calentar agua para lavar con un termo eléctrico es muy caro. La limpieza de los sistemas de ordeño y del tanque de frío debe hacerse con agua a una temperatura entre 60 y 70°C y esto supone un gran consumo de energía. Para reducir este gasto, además de los sistemas de precalentamiento del agua con el calor generado en el proceso de enfriamiento de la leche (intercambiadores y recuperadores de calor), la instalación de captadores solares térmicos permite bajar este consumo eléctrico un 20 %.

➔ Elementos de una instalación EST-BT

Una instalación EST-BT está compuesta, en general, por los siguientes elementos (Figura 3):

1. Sistema de captación constituido por los captadores solares, encargados de realizar la conversión de la radiación solar en energía térmica, empleada en calentar el fluido caloportador que circula por ellos.
2. Sistema acumulador, constituido por uno o varios depósitos aislados que permiten suplir el desacoplamiento entre generación y consumo de agua caliente.
3. Sistema intercambiador, donde se transfiere la energía térmica producida desde el circuito primario de captadores al secundario de consumo. Puede estar incluido o ser independiente del depósito acumulador.
4. Sistema de regulación, control y medida, encargado de coordinar los flujos térmicos de los circuitos, con objeto de maximizar la eficiencia y la durabilidad de la instalación, y de medir los parámetros de operación de la instalación.

Figura 3. Esquema de una instalación de EST-BT con circulación forzada.

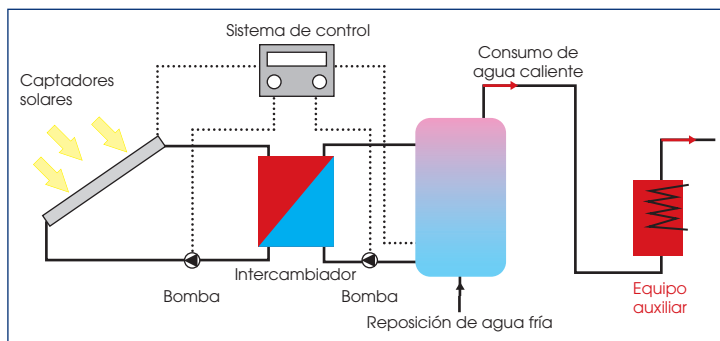
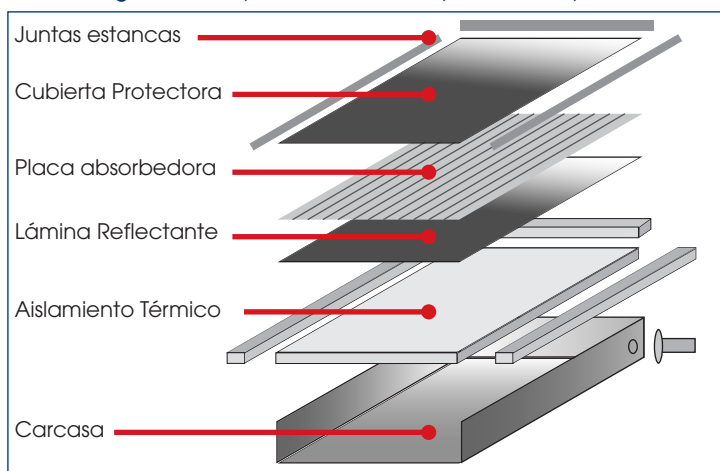


Figura 4. Componentes de un captador solar plano



5. Sistema auxiliar de calentamiento, para complementar, en caso necesario, la contribución solar a la generación térmica, garantizando la continuidad del suministro durante los momentos de baja irradiación solar o alta demanda.
6. Sistema de consumo, constituido por todos los receptores de la energía térmica producida, incluyendo los elementos de calderería (válvulas, tuberías, purgadores, etc.) y eléctricos (bombas, termostato diferencial, etc.) necesarios para la correcta operación de la instalación.

Existen diversas posibilidades de configuración de las instalaciones EST-BT, pero las clasificaciones principales de las mismas se basan en:

1. **Tipo de intercambio:** sistema directo (sin intercambiador de calor entre los circuitos primario y secundario) y sistema indirecto (con intercambiador de calor entre los circuitos primario y secundario).
2. **Tipo de circulación:** sistema termosifónico o con circulación natural (el fluido caloportador se mueve por circulación natural, esto es, debido a la diferencia de densidad del agua por su diferencia de temperatura) y sistema con circulación forzada (el fluido caloportador se mueve por la actuación de bombas).

El **captador solar** es el encargado de realizar la conversión energética propia de las instalaciones EST-BT. Su principio de funcionamiento se basa en el efecto invernadero producido en su interior. En las aplicaciones a baja temperatura se pueden encontrar diferentes tipos de captadores aunque existen dos fundamentales: captadores solares planos y captadores solares con tubos de vacío. Naturalmente, la curva característica del captador varía en función de sus propiedades, siendo los factores que más influyen en la mejora del rendimiento (disminución de las pérdidas) las características de la cubierta transparente y que se practique o no el vacío en el interior del captador). Por otro lado, la eficiencia de la instalación dependerá de que los captadores se encuentren correctamente orientados e inclinados respecto a la horizontal. Por supuesto, en dicha eficiencia tendrá especial importancia la sombra que puedan producir sobre los captadores diferentes obstáculos presentes en las proximidades de la instalación.

Los captadores solares planos están formados por una parrilla de tubos intercambiadores soldados a una chapa absorbidora troquelada, cuyo conjunto se denomina superficie absorbidora (Figura 4). Esta superficie está cubierta de un recubrimiento selectivo que favorece la absorción de la radiación solar para aumentar la ganancia térmica por parte del fluido. Estos tubos y chapa absorbidora suelen ser de cobre o acero inoxidable, existiendo también captadores comerciales de materiales plásticos de menor eficiencia. Para disminuir las pérdidas térmicas incorporan un aislamiento térmico en la parte posterior y lateral, típicamente lana de roca, y todo el conjunto en el interior de una carcasa de aluminio anodizado. En la parte frontal llevan una cubierta transparente (normalmente vidrio con bajo contenido en óxido de hierro, aunque también los hay con cubierta plástica de polimetacrilato), que permite la entrada de radiación solar y limita la salida de la radiación infrarroja emitida por el absorbedor, favoreciendo así el efecto invernadero y aumentando la temperatura en el interior del captador. La superficie de estos captadores es del orden de 2 m².

Por su parte, los captadores solares con tubos de vacío están formados por una serie de tubos ci-

límpidos de vidrio en los cuales se practica el vacío, consiguiendo así disminuir drásticamente las pérdidas de calor, aumentando su rendimiento y temperaturas de trabajo, pero también su precio. Existen básicamente dos modalidades de esta tecnología: tubos de flujo directo y tubos de calor. Los tubos de vacío de flujo directo transfieren directamente la energía proveniente del sol al fluido del circuito primario, el cual circula por el interior de una tubería en forma de U o de tipo concéntrico. Esta tubería tiene soldada una aleta de cobre que es equivalente a la chapa absorbidora del captador solar plano y va recubierta igualmente por una sustancia selectiva. Los tubos de calor utilizan un fluido diferente (normalmente alcoholes) en el interior de las tuberías. Este fluido se evapora por absorción de la radiación solar, moviéndose hacia la parte superior del captador donde hay colocado un condensador que transmite su energía al fluido del circuito primario, haciendo que vuelva al estado líquido y descendiendo nuevamente por la tubería.

El **acumulador solar** posibilita la acumulación del agua caliente producida por la instalación, supliendo el desfase entre su generación y consumo. El material más frecuentemente empleado es el acero inoxidable con aislamiento térmico de poliuretano y protección mecánica exterior de chapa pintada al horno o lámina plástica. Su disposición será preferentemente vertical para propiciar la estratificación del agua en su interior (con este fin, en ocasiones contienen en su interior placas estratificadoras), efecto que determina en gran medida el rendimiento del sistema solar (el agua más fría se sitúa en la parte inferior del acumulador y será la que se envíe al campo de captadores) y permite satisfacer adecuadamente las necesidades energéticas (el agua más caliente se sitúa en la parte superior y será la que se envíe a consumo).

En las instalaciones EST-BT es necesaria la presencia de un **intercambiador de calor** entre el circuito primario de captadores y el secundario de consumo, debido a la utilización de anticongelante como método de prevención de la congelación del agua en el circuito de captadores. Además, el intercambiador permitirá que dicho circuito primario sea cerrado, evitando problemas por la presencia de aire en el circuito y el empleo de aguas "duras" (alto contenido en sales de calcio). El rendimiento de un intercambiador de calor se define como la relación entre la cantidad real y la cantidad máxima de calor que se puede transmitir entre los fluidos de sus circuitos primario y secundario. Considerando constantes los caudales de los fluidos en los circuitos primario y secundario del intercambiador, el rendimiento va a depender sólo de su configuración geométrica.

Hay que tener en cuenta que el rendimiento del intercambiador va a afectar al rendimiento de los captadores, ya que cuanto menor sea su valor, mayor será la temperatura media del fluido en el circuito de captadores con su consecuente pérdida de rendimiento.

El intercambiador puede estar integrado o no en el acumulador solar. Si se integra en el depósito acumulador, el conjunto se llama interacumulador. Si el intercambiador es exterior, los más eficaces son los de placas con circulación de fluidos contracorriente.

→ **Energía solar fotovoltaica**

Es el aprovechamiento eléctrico de la radiación solar gracias al efecto fotovoltaico. Es una fuente renovable de energía en fase comercial que puede

producir electricidad allí donde se consume, evitando la saturación de las redes de distribución eléctricas y disminuyendo las pérdidas en el transporte de la electricidad. De ahí una de las principales razones que justifican su empleo.

Se obtiene con paneles o módulos solares fotovoltaicos contruidos con silicio, material cristalino semiconductor, que convierten en electricidad entre el 9 % y 14 % de la energía recibida del sol.

Su principal inconveniente es el alto coste de producción de los paneles, que limita su empleo a lugares aislados o remotos, donde resulta difícil y muy costoso conectarse a la red eléctrica general.

→ **La ESF en el sector agropecuario**

El sector agropecuario, caracterizado en muchos casos por su aislamiento de las redes de distribución pública de energía eléctrica, es un sector donde la ESF presta buenos servicios, principalmente para el bombeo (en superficie y de profundidad) y el tratamiento de aguas.

El bombeo de agua por ESF (lo que puede llamarse bombeo solar) se ha extendido, sobre todo en los países subdesarrollados, pero también se emplea en los países con mayor nivel tecnológico, por ejemplo, para extraer agua del subsuelo en zonas áridas. Los generadores solares alcanzan en estos casos capacidades de 2 a 5 kWp, sin baterías, pero con un inversor o un arrancador electrónico ("booster") que alimenta directamente el motor de la bomba.

En cuanto a los sistemas de potabilización del agua por cloración o esterilización mediante radiaciones UV, se recurre con frecuencia a la ESF cuando el caudal tratado es relativamente pequeño, lo cual ocurre en entornos rurales.

La ESF también se aplica muy frecuentemente para alimentar estaciones meteorológicas, muy empleadas para hacer un seguimiento de la evolución de las condiciones climáticas que afectan a la producción agraria y animal. Se debe citar también la cerca eléctrica, una de las aplicaciones más clásicas del ESF en las explotaciones ganaderas. La cerca eléctrica es una instalación aislada que se alimenta desde una batería, que se mantiene cargada mediante un panel solar que no suele pasar de 10 Wp. Estos dispositivos se suelen guardar durante el invierno cuando los animales no salen a pastar. Existen también electroválvulas para los sistemas de riego telemáticos alimentadas por pequeñas fotopilas, sistemas automáticos para abreveraderos, espantapájaros, vibradores infrasónicos colocados en tierra para alejar a los ratones y los topos, entre otras frecuentes aplicaciones.

Con robots de ordeño es muy interesante contar con placas solares fotovoltaicas porque con poco campo fotovoltaico y poca potencia instalada se logran producciones muy interesantes y ahorros importantes. A pesar de que las placas solares logran compensar el incremento de consumo eléctrico que provocan los robots, su funcionamiento es de 24 horas mientras que los paneles fotovoltaicos no producen cuando no hay sol, por ejemplo de noche. Pero es posible utilizar baterías o vender los excedentes diurnos a la red eléctrica, lo que permite compensar la factura de la luz.

Lo ideal sería hacer una instalación mixta de energía solar y eólica, porque se complementan muy bien y cuando hay poco sol es frecuente que, por el contrario, lo que se tenga sea viento. El viento contiene un enorme potencial energético que se puede aprovechar mediante la instalación de mini-aerogeneradores.

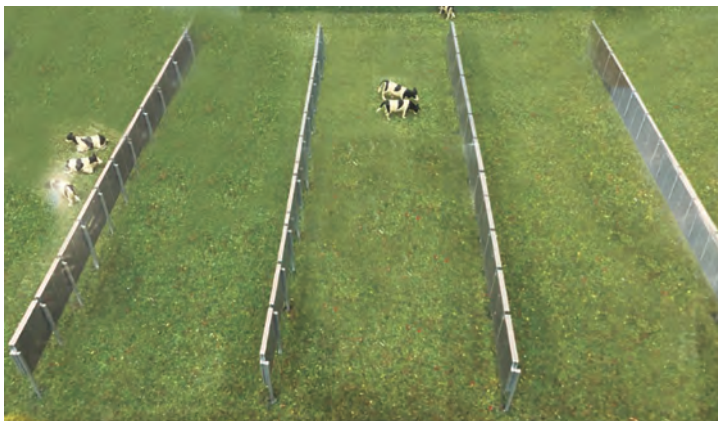
Reducción del consumo energético (III)

En las últimas ferias ganaderas hemos asistido a una decidida apuesta por la energía fotovoltaica para reducir la dependencia energética del exterior. Con soluciones que permiten combinar la inevitable ocupación de terrenos que supone la instalación de los paneles, pero, al mismo tiempo, seguir permitiendo un alto grado de aprovechamiento de la superficie agrícola y pastable. En estas últimas las propuestas pasan por colocar los paneles fotovoltaicos a una altura tal que permita el pastoreo por debajo de ellos o, incluso, proporcionar sombra a las vacas (Figura 5). Y en el ámbito agrícola, la propuesta más frecuente es colocar paneles fotovoltaicos de doble cara, verticales, orientados al este y al oeste (Figura 6). El rendimiento es de un 80% respecto a la colocación tradicional de paneles inclinados y orientados hacia el sur. Esta colocación vertical o con un grado de inclinación muy acusado permite incluso el cultivo de cereales y el laboreo y recogida mecánica de la cosecha.

Figura 5. Placas fotovoltaicas en zonas de pastoreo



Figura 6. Paneles fotovoltaicos de doble cara



Energía de la biomasa sólida

Obtenida de la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y animal), de la silvicultura e industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

El empleo de la biomasa como fuente energética tiene como principales ventajas el uso de una fuente renovable, no contaminante, producida localmente y que disminuye la dependencia de combustibles fósiles. Además, en muchos casos, procede de residuos agroindustriales, bosques o cultivos energéticos, presentando su utilización importantes beneficios medioambientales, tanto por la gestión de los residuos como por la reducción de emisiones contaminantes.

Entre sus principales inconvenientes figuran:

- el menor rendimiento de las calderas frente a las de gas o gasóleo,

- la menor densidad energética de los biocombustibles, por lo que serán necesarios mayores sistemas de almacenaje,
- los elevados costes de operación y mantenimiento (fundamentalmente del sistema de alimentación y eliminación de cenizas) y
- la falta de garantía de la distribución (en vías de solución con la implantación de certificados de calidad de la biomasa suministrada).

Con la biomasa sólida se puede producir calor y electricidad. La viabilidad económica de su adquisición está condicionada por la demanda energética total de la instalación, que determina el tamaño de caldera necesario. La inversión inicial es superior que con los combustibles fósiles pero el coste de combustible es claramente inferior. Por tanto, cuanto mayor sea el ahorro anual en combustible respecto a la inversión inicial antes se amortizará la instalación y menor será el coste de la energía generada.

Asimismo, resulta fundamental asegurarnos la garantía de suministro de calidad a largo plazo.

Entre los principales biocombustibles sólidos de origen biomásico están:

- **Pellets:** biomasa lignocelulósica densificada de forma cilíndrica con un tamaño de entre 5 y 12 milímetros de diámetro y de 10-30 milímetros de longitud. La materia prima puede ser de tipo herbáceo o leñoso con baja humedad y granulometría. Se precisan dos kilos y medio de pellets para generar la misma energía que un kilo de propano, pero el coste de un kilo de propano es de 1,5 euros y el del kilo de pellets es de unos 23 céntimos. En el caso del gasóleo, dos kilos de pellets equivalen a un litro de gasóleo y el ahorro sería del 50 %.
- **Briquetas:** cilindros de 50-130 milímetros de diámetro y 50-300 milímetros de longitud que se fabrican, fundamentalmente, con serrín de la industria maderera y se caracterizan por su alta densidad.
- **Astillas de madera:** trozos pequeños de entre 5 y 50 milímetros de longitud. Tienen un precio más competitivo, pero requieren un volumen de almacenamiento mayor que las hace menos interesantes. El ahorro en este caso es incluso superior al logrado con los pellets, de un 70 %. El problema es que la astilla de madera no está muy industrializada y su poder calorífico es más variable.

Los pellets presentan la ventaja de ser un producto compacto y estandarizado por lo que se simplifica su transporte, la alimentación automática de las calderas y la garantía de calidad y poder calorífico del producto. Por su parte, las astillas presentan la ventaja de tener un mayor poder calorífico por su alta densidad.

Aprovechamiento energético de los residuos ganaderos

La problemática asociada al consumo de los combustibles fósiles ha impulsado el intento de aprovechar los residuos, entre ellos los ganaderos, con fines energéticos. Un ejemplo es la producción de biogás a partir de residuos orgánicos, el cual surge como una oportunidad para resolver los problemas ambientales surgidos de la generación y acumulación de los mencionados residuos, y, al mismo tiempo, para producir energía.

La biomasa ganadera está constituida por los restos orgánicos procedentes de las explotaciones intensivas susceptibles de valorización energética. Se trata de estiércoles, purines y similares, además

*Si quieres saber qué
está pasando*

SÍGUENOS
en nuestras
REDES SOCIALES



YOUTUBE



FACEBOOK



INSTAGRAM



TWITTER

CONAFE

FRISONA
española

*para estar conectado con la
realidad de tu sector*

de las aguas residuales de limpieza que se unen a ellos, desperdicios de abrevaderos, deyecciones diluidas, etc. El promedio diario de deyecciones producidas por una vaca lechera se sitúa alrededor del 9 % de su peso vivo. Este considerable volumen de producción supone un importante problema para los ganaderos, ya que el exceso de residuos puede tener consecuencias ambientales negativas, afectando a la calidad de la tierra y de las aguas continentales. Sin embargo, estos residuos se pueden transformar en biogás mediante digestión anaerobia, de forma que se realice un aprovechamiento energético y se disminuya el impacto ambiental.

El biogás es un combustible gaseoso obtenido tras un proceso de digestión anaerobia de la fracción biodegradable de los residuos ganaderos. Este gas tiene como usos energéticos principales la generación de electricidad y calor. El biogás se obtiene a razón de unos 200-400 litros por kilogramo de materia seca. Su poder calorífico está determinado por la concentración de metano.

Tras la digestión anaerobia, se obtiene una fracción gaseosa, el biogás, y el digerido o digestato, que presenta un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica, pudiendo ser empleado como fertilizante por su alto contenido en minerales.

La inversión inicial necesaria para este tipo de plantas es elevada y deben situarse de forma estratégica, minimizando tanto la logística de transporte como la distancia a una red de conexión eléctrica. Además, estas plantas son más rentables si se aprovecha el exceso de calor producido en el proceso, lo cual sería muy beneficioso para las granjas.

De entre los residuos orgánicos con potencial interés energético, los procedentes de las explotaciones pecuarias son los que suscitan la mayor atención y también las mayores preocupaciones, toda vez que son los que se producen en mayores cantidades en la Unión Europea y lo hacen en explotaciones que se concentran en regiones específicas, muchas de las cuales disponen de reducidas, o incluso inexistentes, áreas agrícolas.

Los residuos orgánicos tienen una elevada carga contaminante y pueden contribuir a la degradación de los recursos naturales, como el agua, los suelos y el aire. Los principales agentes de contaminación del agua son la materia orgánica fácilmente biodegradable, con su elevada demanda biológica y química de oxígeno, el nitrógeno, el fósforo, los microorganismos patógenos y, eventualmente, los metales pesados. La degradación de la

calidad del aire ambiental en las explotaciones pecuarias se produce como consecuencia de los gases y vapores producidos por la descomposición de los residuos, así como debido a la presencia de polvo y de microorganismos patógenos. La contaminación del aire es debida principalmente al metano y al CO₂ (gases GEIs) producidos en las instalaciones de almacenamiento y de tratamiento biológico de los residuos.

Por ello, los residuos de las explotaciones ganaderas deben ser gestionados de forma que se aseguren unas buenas condiciones sanitarias de los animales, con el objetivo de minimizar la producción de malos olores y para reducir su potencial contaminante. En resumen, una gestión de los residuos ganaderos que prevenga los riesgos para el medio ambiente y para la salud animal y de las personas.

La digestión anaerobia es un proceso de tratamiento biológico de efluentes orgánicos que se desarrolla en ausencia de oxígeno y que permite convertir la mayor parte de la carga contaminante del efluente en fuente de energía en forma de biogás. Este biogás está constituido por metano (60-75 %), CO₂ y otros componentes, principalmente H₂O, H₂, H₂S y N₂, en proporciones bastante inferiores. El metano contenido en el biogás le confiere potencial energético y posibilita su correspondiente utilización como combustible gaseoso en diversas aplicaciones.

El biogás, debido a su composición, presenta un potencial energético que permite su utilización en diversas aplicaciones. Existe la posibilidad de producción de vapor para el calentamiento del digestor, siendo, sin embargo, la opción más interesante su aplicación para la producción de electricidad y aprovechamiento del calor residual en los procesos en que sea necesario (cogeneración). Un ejemplo de esta aplicación es la utilización del calor en la calefacción de las naves de lechones y de hembras gestantes de ganado porcino, siendo la electricidad producida exportada a la red de distribución con una tarifa de producción eléctrica mediante energía renovable (régimen especial). El esquema de la Figura 7 muestra varias posibilidades de valorización de los residuos orgánicos ganaderos utilizando la digestión anaerobia y produciendo biogás.

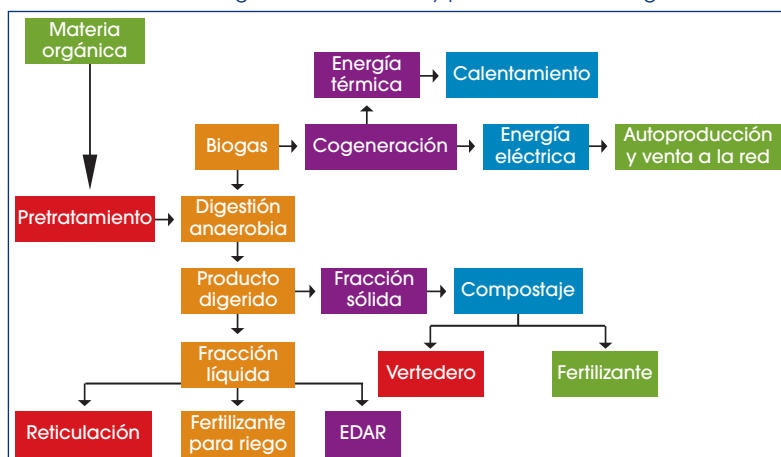
Un metro cúbico de biogás equivale a 0,65 metros cúbicos de gas natural y puede llegar a producir 2,1kWh de electricidad, por lo que un metro cúbico de purín puede dar 50kWh de electricidad. Es decir, el biogás, bien tratado, es una fuente de energía aprovechable en las explotaciones ganaderas.

Una vaca adulta produce entre 250 y 300 litros de CH₄ por día, por lo que en una explotación con 200 animales la producción diaria puede llegar a 50 m³, con los que se podría alcanzar un potencial energético próximo a los 500kWh.

La digestión anaerobia representa así una herramienta muy útil en la gestión ambiental de las explotaciones agropecuarias, al disminuir las necesidades de fuentes convencionales de energía y reducir la utilización de fertilizantes químicos en la enmienda de los cultivos. Cuando se encuadra en un sistema de control de la contaminación a través de la gestión integrada de residuos, la tecnología de digestión anaerobia presenta algunas ventajas, entre las cuales se destacan:

- Reducción de los costes de tratamiento en relación a sistemas convencionales aerobios.
- Disminución de los costes energéticos y en la utilización de fertilizantes químicos.

Figura 7. Esquema general de la valorización de efluentes ganaderos mediante digestión anaerobia y producción de biogás.



- Valorización de recursos, especialmente del biogás (como energía), la fibra (como compuesto) y el líquido digerido (como fertilizante líquido).
- Control más eficaz de olores y de emisiones de metano.
- Reducción de la contaminación por nitratos en cursos de agua, en virtud a la disminución de la lixiviación resultante de la aplicación más eficaz de nutrientes en el suelo.
- Adaptación a nuevas reglas ambientales y mejora de la receptividad pública al sistema de gestión de los residuos.
- Potenciación del desarrollo regional, mediante la creación de empleos y la dotación en la región de infraestructuras y medios dinamizadores de nuevas iniciativas y proyectos.

Por otro lado, el contenido en metano del biogás hace que esta mezcla gaseosa tenga una contribución importante en términos de efecto invernadero, ya que el CH₄ tiene una capacidad cercana a 21 veces superior al CO₂ para retener la radiación infrarroja emitida por la tierra a la atmósfera. Para minimizar esta situación, el metano en el biogás debe ser quemado y convertido en CO₂.

No obstante, los principales inconvenientes identificados hacia las tecnologías de la digestión anaerobia son la elevada inversión inicial y los altos costes de mantenimiento, así como la exigencia de técnicos especializados para operar correctamente el sistema. Otra de las limitaciones hace referencia a la dimensión reducida de la mayoría de las explotaciones, que hace en muchos casos inviable económicamente el uso de esta tecnología. También la dispersión geográfica dificulta la implantación de estructuras comunes de digestión para varias explotaciones, toda vez que se producirán dificultades logísticas en el transporte y el consiguiente aumento de los costes de explotación.

Respecto a la tipología de las instalaciones de digestión anaerobia, existen tanto sistemas individuales, con utilización *in situ* de los residuos generados por una única unidad productiva, como sistemas comunitarios, resultantes de la cooperación de algunos productores vecinos con vistas al procesamiento conjunto de los respectivos residuos, y como sistemas centralizados, de carácter regional, donde se hace la digestión conjunta de residuos procedentes de diversas explotaciones.

Para reducir el consumo eléctrico y gestionar mejor los purines, se puede instalar una **Biocélula Higienizante (HBC)**, que pasteuriza la fracción sólida del estiércol a través de un proceso exotérmico con el que se obtiene un producto perfecto para el encamado de los cubículos y para una mejor gestión de los purines. El proceso de biosecado o de bioestabilización, ocurre dentro de la Biocélula: la presencia de oxígeno (aire) favorece un proceso aeróbico de degradación biológica de las sustancias orgánicas presentes en el estiércol de la vaca. El proceso es altamente exotérmico y la producción de calor resultante se aprovecha para asegurar la higienización del producto y evaporar el agua contenida.

El proceso biológico exotérmico significa que el material permanece a una temperatura de 70°C durante al menos 60 minutos, asegurando la pasteurización. En cuanto a la Biocélula Higienizadora HBC, su funcionamiento es de 24 horas al día y tiene una potencia de 10,5 kW, y por lo tanto, tiene un bajo consumo de energía. Su coste anual de funcionamiento es:

$$10,5 \text{ kW} \times 24 \text{ h/día} \times 365 \text{ días} \times 0,14 \text{ €/hWh} = 12.877,2 \text{ €/año}$$

Energía geotérmica de baja entalpía

La energía geotérmica (EG) tiene su origen en la generación continua de calor que tiene lugar en el centro de la Tierra producida en los procesos de fisión que se llevan a cabo en el núcleo, debido a la existencia de elementos radiactivos como el uranio y el torio. Así, la EG se basa en la enorme diferencia de temperaturas que existe en el interior de la Tierra, y que van desde los 15 °C de la superficie a los 4.000 °C del núcleo. Este gradiente térmico origina una transferencia continua de calor por conducción desde el centro de la Tierra a la superficie, cuyo flujo es, sin embargo, bajo, debido a la baja conductividad de sus materiales, lo que hace que sea muy difícil su aprovechamiento.

➔ La EG en el sector agropecuario

El uso directo del calor es la forma más extendida de aprovechamiento de la EG. Las aplicaciones domésticas (calefacción individual y de distrito), urbanas (secado de pavimentos), en ganadería, agricultura y acuicultura, y algunos usos industriales (como secado, destilación o esterilización), constituyen las formas más conocidas de utilización.

En el sector agropecuario, la EG se aplica fundamentalmente para la calefacción ambiental (alojamientos ganaderos o invernaderos) o localizada (cama de animales o sustratos de cultivo). En agricultura también se emplea en el riego con agua tibia, tanto de forma superficial como enterrada.

Aunque la aplicación agropecuaria más común de la EG es la climatización de invernaderos, también existen instalaciones ganaderas alimentadas geotérmicamente. Incluso existen explotaciones en las que se plantea un aprovechamiento combinado en cascada para las dos aplicaciones, ya que las necesidades térmicas de un alojamiento ganadero son aproximadamente el 50 % de las de un invernadero, para la misma superficie.

El agua caliente de origen geotérmico, además de ser utilizada para calefacción, es empleada en tareas de limpieza de los establos y para higienizar las instalaciones y a los propios animales. Además, los sistemas de EG pueden combinarse con sistemas de refrigeración por absorción, con objeto de producir frío y proporcionar una solución integral de climatización de locales.

Sin embargo, en la actualidad el mayor número de aplicaciones de la EG se produce en la modalidad de baja entalpía (EG-BE), siendo además la tipología de instalación con mayor proyección.

La EG-BE basa su principio en la capacidad que tiene la tierra para acumular el calor procedente del sol, manteniendo su temperatura prácticamente constante a lo largo del año a partir de una determinada profundidad. Así, a partir de 1 m de profundidad, la temperatura sufre pequeñas variaciones, manteniéndose en un valor próximo a la media anual de la temperatura ambiente en la localización, y a partir de 5 m de profundidad, la temperatura se mantiene más o menos constante en torno a los 15 °C, con independencia de la ubicación geográfica y de la época del año.

Una bomba de calor geotérmica (Figura 8), dispositivo en el que se basan las instalaciones EG-BE, es una máquina frigorífica que cede y absorbe calor del terreno a través de un conjunto enterrado de tuberías de polietileno, las cuales se pueden conectar de varias formas (Figura 9): en serie, en paralelo y en vertical. La instalación está formada por una gran masa térmica (suelo) que permite ceder/extraer calor, un conjunto de tuberías ente-

Figura 8. Bomba de calor geotérmica (IDEA, 2010)

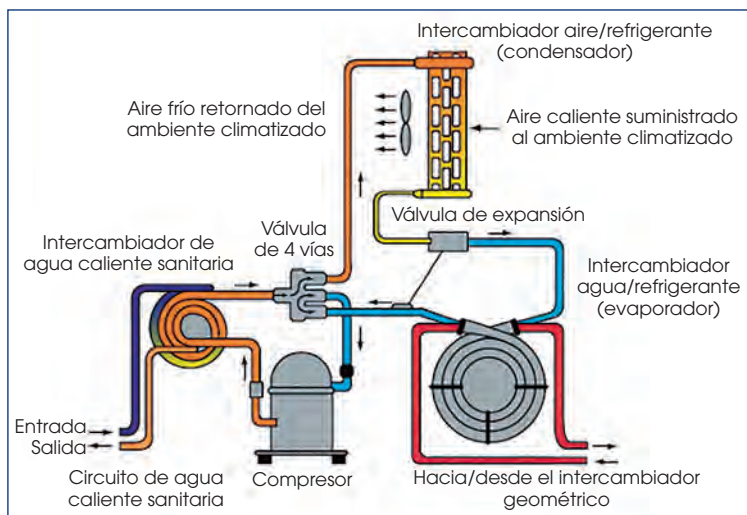
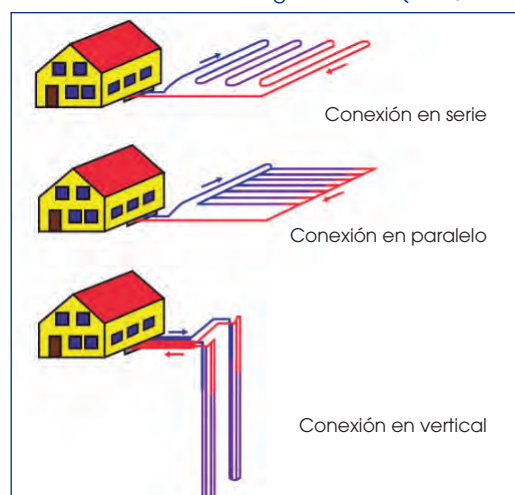


Figura 9. Diferentes formas de conexión del intercambiador de calor geotérmico (IDEA, 2010)



radas por las que circula agua/anticongelante y una bomba de calor geotérmica agua/agua.

Por otro lado, si bien el coste de inversión de un sistema EG-BE es elevado, este puede compensarse teniendo en cuenta que los costes de explotación y mantenimiento son menores que los de los sistemas tradicionales, además de existir subvenciones para su instalación. Así, un sistema EG-BE tiene una serie de ventajas que pueden hacer muy atractiva su selección, entre las que destacan el ahorro energético y el ahorro económico (menor gasto de energía eléctrica).

Resumen

En este trabajo hemos comentado alguna de las posibilidades que se han abierto desde hace algunos años en el campo de la utilización de las energías renovables para la generación de energía eléctrica y térmica y, con ello, reducir la factura energética de las granjas de vacuno lechero. De

hecho, en los últimos años, el número de expositores sobre estas tecnologías en las principales ferias ganaderas a las que hemos tenido la ocasión de asistir ha ido en constante aumento, lo que significa que hay una oferta y un uso creciente de este tipo de instalaciones.

Una de las grandes ventajas de instalar sistemas de generación de energía en las granjas es que se logra disminuir su dependencia energética del exterior protegiéndose de este modo de las fluctuaciones del mercado y de hipotéticas subidas futuras, ganando en autonomía.

El objetivo es tratar de ser más autónomos e independientes del exterior para no estar sometidos a las fluctuaciones del precio del petróleo y al mismo tiempo reducir la huella de carbono y la emisión de gases de efecto invernadero de nuestra explotación.