

# INTRODUCCIÓN Y BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

MÓDULO 1

INTELLECTUAL  
OUTPUT 1  
2020-1-ES01-KA202-  
082440



Cofinanciado por el  
programa Erasmus+  
de la Unión Europea

*El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.*

AUTORES

Fundación de la Comunitat Valenciana para una economía baja en carbón

Area Europa srl

Eszterhazy Karoly Egyetem

Federación EFAS CV la Malvesía

Järvamaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnej EUROPEA Polska

08/2021



# Contenido

## MÓDULO 1 - INTRODUCCIÓN Y BENEFICIOS DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE 1

<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>OBJETIVOS</u>	<u>1</u>
<u>CONTENIDO</u>	<u>2</u>
<u>1.1 SOSTENIBILIDAD EN GENERAL Y DESDE EL PUNTO DE VISTA RURAL</u>	<u>3</u>
<u>1.2. LA SOSTENIBILIDAD EN LA AGRICULTURA</u>	<u>5</u>
<u>1.3 LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO FACTORES CLAVE DE LA SOSTENIBILIDAD</u>	<u>8</u>
<i>1.3.1. Una posible definición de recursos renovables</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2. Oportunidades de utilizar recursos energéticos renovables</i>	<i>9</i>
<i>1.3.3. La utilización de recursos energéticos renovables</i>	<i>10</i>
<i>1.3.4. Barreras contra el rápido desarrollo de las energías renovables</i>	<i>11</i>
<i>1.3.5. El uso de recursos energéticos renovables en la agricultura</i>	<i>12</i>
<i>1.3.6. Las necesidades energéticas de la producción agrícola</i>	<i>13</i>
<i>1.3.7. Posibilidades de uso de diferentes recursos energéticos renovables en la agricultura</i>	<i>17</i>
<i>1.3.7.1 Energía solar</i>	<i>17</i>
<i>1.3.7.2. Energía eólica</i>	<i>18</i>
<i>1.3.7.3. Sistemas híbridos: solar y eólico</i>	<i>19</i>
<i>1.3.7.4. El uso de la energía geotérmica en la agricultura</i>	<i>19</i>
<i>1.3.7.5. La biomasa como recurso energético</i>	<i>21</i>
<i>1.3.7.6. El biogás como recurso energético</i>	<i>23</i>
<u>REFERENCIAS</u>	<u>29</u>
<u>RESUMEN</u>	<u>30</u>
<u>PREGUNTAS ABIERTAS</u>	<u>30</u>

## Introducción

El primer capítulo del manual pretende describir los beneficios generales de la agricultura sostenible. Aunque se centrará principalmente en las energías renovables, la sostenibilidad es un concepto más amplio. Más allá de la introducción en cuestiones generales de sostenibilidad, se analizarán las especialidades de la agricultura. Se presentarán algunas buenas prácticas para ilustrar el papel de algunos recursos energéticos renovables relevantes en la aplicación de la agricultura sostenible. La relevancia del tema se afirma por su carácter multidimensional. La agricultura, como actividad económica, está estrechamente interrelacionada con la naturaleza y también con la sociedad. En consecuencia, la realización de una agricultura sostenible es una tarea compleja.

## Objetivos

- Describir la sostenibilidad desde diferentes dimensiones con especial atención a la agricultura
- Presentar los principales tipos de recursos energéticos renovables como posibles factores desencadenantes de la sostenibilidad
- Determinar algunos factores de apoyo y obstáculo a los que deben hacer frente los programas de energías renovables
- Describir algunas de las posibles soluciones técnicas disponibles para el uso agrícola de las diferentes energías renovables

### 1.1 Sostenibilidad en general y desde el punto de vista rural

Sostenibilidad y desarrollo sostenible son dos palabras clave que determinan el reciente discurso científico, político e incluso civil. La definición se remonta al Informe Brundtland (1987). El documento se titulaba «Nuestro futuro común», redactado en el marco de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo. En él se explicaba el desarrollo sostenible como una forma «que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades».

En la interpretación de la sostenibilidad, el equilibrio entre lo económico, lo social y lo natural es el punto principal. Dado que la agricultura es una actividad principalmente rural, merece la pena analizar la lectura de la sostenibilidad de las zonas rurales. La Carta Europea de las Zonas Rurales (1996) amplió los valores y las actividades vinculadas a los espacios rurales. Existen diversas funciones económicas relacionadas con el campo, como la agricultura, la silvicultura, la pesca, la producción de energías renovables, pero también hay que mencionar el turismo rural y el ocio. Las funciones de la agricultura y la silvicultura están en constante reinterpretación. plano: diversidad biológica y paisajística, protección del medio ambiente, especies autóctonas, Más allá de la producción de alimentos y materias primas, deben apoyar la protección del paisaje, el mantenimiento de los valores medioambientales y la conservación del patrimonio cultural y social. A medida que las funciones ecológicas de las zonas rurales adquieren mayor importancia, los siguientes valores pasan a primer agricultura no industrial, caracteres paisajísticos.

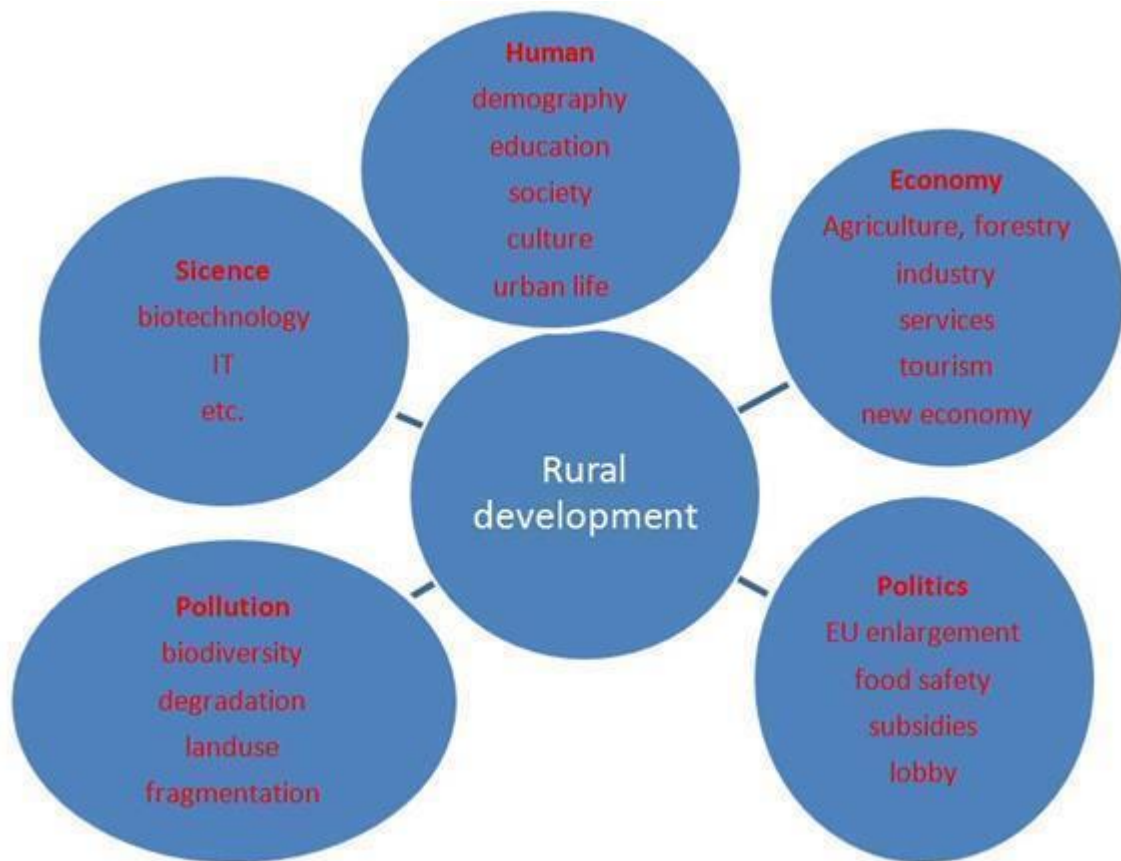


Figura 1. Desarrollo rural multidimensional (Fuente: Patkós Cs. 2013)

Las zonas rurales tienen importantes funciones humano-ecológicas y sociales, por lo que apoyan las iniciativas de desarrollo local lideradas por la comunidad (CLLD) de abajo a arriba. Gracias a la movilización de los recursos locales y a la canalización del interés local en formas de gobernanza a varios niveles, estas iniciativas pueden realizar casos y soluciones sensibles al lugar para los problemas globales. La iniciativa LEADER de la Unión Europea es un gran ejemplo de este modelo. En los últimos 30 años, los grupos de acción local de los distintos Estados miembros de la UE han llevado a cabo con éxito numerosos proyectos de desarrollo local en el ámbito de la agricultura (por ejemplo, la alimentación local), el turismo (ecoturismo), la artesanía, las energías renovables, etc.

El desarrollo rural debe ser multidimensional para hacer frente a problemas complejos (Figura 1).

En la era de la globalización son muchos los retos que deben afrontar las zonas rurales. En consecuencia, hay muchas alternativas de desarrollo que pueden ser convenientes para estos casos (Figura 2).

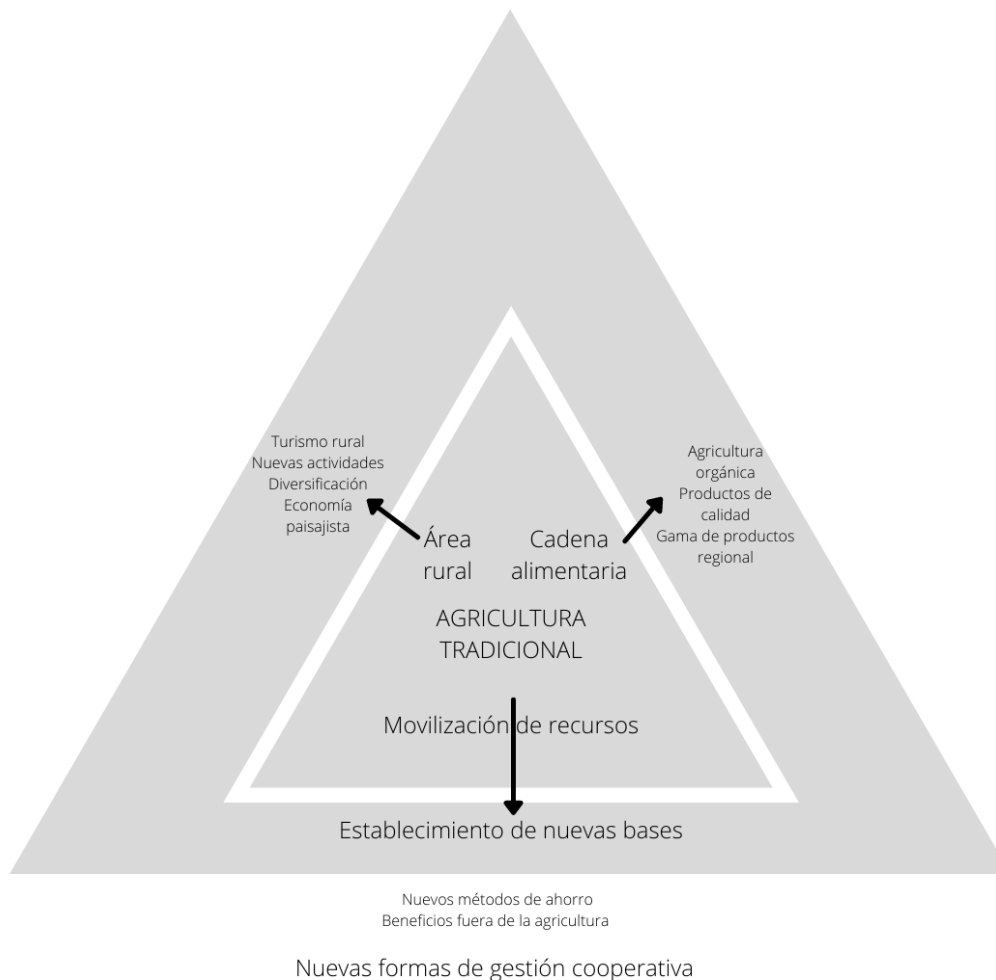


Figura 2. Perspectivas en la transición de las actividades socioeconómicas rurales tradicionales (Fuente: Patkós Cs. 2013)

La movilización de nuevos recursos es una estrategia posible, en la que nuevas formas de ahorro y beneficios fuera de las explotaciones pueden ayudar a establecer un futuro rural sostenible. Una solución más tradicional es la estrategia de ampliación, en la que la diversificación de actividades se centra en actividades de explotación. La profundización significa un enfoque más centrado en la agricultura, donde la agricultura ecológica y el desarrollo de la cadena alimentaria corta pueden apoyar la renovación rural.

En la gestión de las zonas rurales, la protección y el uso de los valores locales y tradicionales deben tener un papel central. El objetivo principal debe centrarse en el sostenimiento y la protección, más que en el crecimiento.

En lo que respecta a cualquier intervención en la vida de las zonas rurales, deben tenerse en cuenta las externalidades (los efectos no deseados en cualquier ámbito) para preservar la compleja y sensata vida rural.

## 1.2. La sostenibilidad en la agricultura

La agricultura moderna e intensiva puede dañar el entorno natural de formas muy diversas. Por ejemplo, un grave efecto de la agricultura puede ser la disminución de la densidad de especies de aves en la zona de cultivo. En este caso es relevante tratar de encontrar posibles soluciones en el sector agrícola para conservar las poblaciones de aves. La sostenibilidad puede prevalecer en cualquier rama de la agricultura poniendo un énfasis principal en los cultivos a largo plazo que

afecten mínimamente al medio ambiente. El equilibrio entre la producción y la preservación puede encontrarse tanto en la producción de plantas como en la cría de animales. Para lograr objetivos sostenibles, los agricultores pueden seguir diferentes estrategias, dependiendo de sus circunstancias locales. Las técnicas más utilizadas pueden ser el cultivo de plantas que puedan servir de abono natural, sistemas innovadores de rotación de cultivos o el riego por goteo.

En este capítulo se presentarán algunos métodos posibles, basados en algunas de las mejores prácticas húngaras.

Los suelos biológicamente activos y ricos en humus son criterios básicos para el éxito del cultivo de las tierras de trabajo. Las prácticas modernas de labranza suelen ser intervenciones drásticas para la vida del suelo. Los microorganismos que viven en los estratos superiores del suelo necesitan más oxígeno, mientras que las criaturas del suelo inferior prefieren niveles de oxígeno más bajos. Los arados pesados mezclan los diferentes niveles, rompen el sensible equilibrio y matan grandes masas de organismos que viven en el suelo, que no pueden adaptarse a los cambios rápidos. En conclusión, el suelo se vuelve infértil. Disminuir el nivel de alteración del suelo es una condición básica de la agricultura sostenible.

La Cámara Nacional de Agricultura de Hungría ha creado una guía para los agricultores sobre cómo alcanzar las condiciones agrícolas y medioambientales adecuadas:

1. Después de la cosecha de los cultivos de verano y otoño debe mantenerse una cobertura mínima del suelo con el uso de diferentes cultivos secundarios. A través de ellos también se puede mejorar el equilibrio ecológico.
2. Junto con la colocación de fertilizantes orgánicos, es necesario llevar a cabo una roturación mixta.
3. Para minimizar la pérdida de agua por evaporación se recomienda comprimir el suelo después de la roturación.
4. El objetivo del arado de rastros es mantener la humedad del suelo, por lo que es necesario un arado poco profundo. Su otra función es también estimular el equilibrio térmico y biológico adecuado.
5. Está prohibido quemar los rastros, las cañas, los restos de plantas y los pastizales; en cambio, se recomienda mantener algunos de los subproductos de las plantas en el suelo cultivado y luego volcarlos en la tierra.

La **agricultura ecológica** es una palabra clave que simboliza la agricultura sostenible. Es una nueva forma de producción agrícola para obtener productos más sanos. En la producción agrícola tradicional, hay que proteger las plantas de las plagas y las enfermedades vegetales, porque el mercado de consumo prefiere productos impecables y de aspecto perfecto. Sin embargo, éstos pueden dejar sustancias químicas, que pueden causar diversas enfermedades y daños permanentes a la salud durante años. La protección de las plantas basada en la ecología y la biología es la base de una agricultura ecológica más saludable que produce productos libres de residuos químicos. Según la definición de la Asociación Mundial de Agricultores Ecológicos (IFOAM):

«La agricultura ecológica incluye todos los sistemas agrícolas que garantizan la producción de productos y alimentos sanos y sostenibles desde el punto de vista medioambiental y social. Proteger la fertilidad del suelo es la clave del éxito de la agricultura. Para mejorar la calidad de la agricultura y el medio ambiente, se centra en el equilibrio natural de las plantas, los animales y el suelo. Reduce significativamente la aportación de recursos externos al abstenerse de utilizar fertilizantes y pesticidas sintéticos. En su lugar, permite que prevalezcan los procesos de la naturaleza para aumentar los rendimientos y la resistencia».

Los principios de la agricultura ecológica son cuatro: protección del medio ambiente, equidad, diligencia y salud.

La agricultura ecológica tiene muchas ventajas, ya que las frutas ecológicas son populares entre los consumidores porque contienen más nutrientes importantes para la salud, son más ricas en flavonoides y otros polifenoles como el resveratrol. Además, protegen a las plantas de las infecciones fúngicas y han demostrado su eficacia contra las células cancerosas en experimentos in vitro (Lévite et al. (2000)).

Desgraciadamente, la agricultura ecológica también presenta algunos riesgos. Dado que en la agricultura ecológica no se utilizan muchos productos químicos que se han desarrollado para proteger eficazmente a las plantas contra determinadas enfermedades vegetales, las propias plantas pueden enfermar y morir si no se las protege adecuadamente. Cultivar el paisaje adecuado y las variedades resistentes es una buena solución para la agricultura ecológica. Las plantas resistentes no necesitan prácticamente ninguna pulverización, o sólo muy raramente, especialmente en presencia de infecciones graves.

Como se puede ver en las recomendaciones de la Cámara Agraria Nacional, la cobertura del suelo puede ser un factor clave para la agricultura sostenible.

La cobertura del suelo es un método complejo de protección que puede utilizarse para hacer más eficaz la producción de cultivos. Su uso mejora el equilibrio hídrico, reduce el riesgo de deflación y protege el suelo de la erosión debida a las fuertes lluvias. Utilizando los materiales de acolchado adecuados (naturales o artificiales), podemos reducir significativamente la evaporación del suelo, reteniendo así eficazmente la humedad del mismo. El suelo puede cubrirse con diferentes materiales. Hay soluciones más baratas y más caras para este fin, como:

- Lámina negra para cubrir el suelo
- Lámina blanca de cobertura del suelo
- Paja
- Heno
- Compost
- Residuos verdes de jardín, partes de plantas secas, cañas

Una herramienta relevante de la agricultura sostenible es el uso de la rotación de cultivos. El período de descanso no suele ser suficiente para restaurar la fertilidad del suelo, y los agricultores, reconociendo esto, han descubierto que la siembra de diferentes cultivos puede mejorar fundamentalmente la situación. La rotación de cultivos es un elemento importante de la agricultura ecológica, ya que la protección de las plantas, el control de las malas hierbas y la gestión de los nutrientes están muy regulados y limitados en este modo de producción. La rotación de cultivos significa que la secuencia está formada por plantas que pertenecen a una familia botánica diferente y tienen necesidades agrotécnicas distintas. El suelo determina en gran medida el diseño de la rotación de cultivos. Cuanto más fértil sea el suelo, más variada será la rotación de cultivos. La rotación de cultivos significa que utilizamos la misma tierra del huerto para cultivar diferentes cosechas anualmente para maximizar el rendimiento esperado.

Unas formas adecuadas de fertilización pueden favorecer la implantación de la agricultura ecológica. Según la normativa de la Unión Europea sobre agricultura ecológica, la fertilidad y la actividad biológica del suelo pueden mantenerse o incrementarse mediante los siguientes métodos y materiales en lugar de la fertilización:

- el cultivo de legumbres, abono verde o plantas de raíz profunda en rotaciones perennes adecuadas; y
- al introducir en la tierra materia orgánica procedente de la agricultura ecológica compostada o no compostada.

Si no es posible reponer el suelo de esta manera, se pueden utilizar las siguientes sustancias, que se pueden dividir en tres grandes grupos:



- abonos orgánicos, estiércol, estiércol líquido;
- enmiendas del suelo, polvo de piedra, escoria, ceniza;
- mezclas de tierra, compost, subproductos animales y alimentarios.



*Figura 3. Cobertura del suelo con lámina de cobertura blanca (Granja Dornink, Washington)*



*Figura 4. Cubierto del suelo con cañas en un viñedo (Szőlészeti Borászati Kutatóintézet, Badacsony)*

## 1.3 Las energías renovables como factores clave de la sostenibilidad

### 1.3.1. Una posible definición de recursos renovables

Los recursos pueden ser declarados renovables si su cantidad no disminuye con la utilización y en el futuro se puede producir la misma cantidad de energía a partir de ellos en las mismas circunstancias. Su ciclo de reproducción puede contarse en horas y días. Los recursos energéticos tradicionales (fósiles) pueden agotarse ya que su ciclo de reproducción puede contarse en

millones de años. Por el contrario, el Sol brillará en la misma cantidad en millones de años independientemente de nuestro uso de la energía solar. Del mismo modo, el viento también se reproduce independientemente del número de aerogeneradores que lo cosechen.

En todos los estados miembros de la UE la energía eólica interior, la solar fotovoltaica y la solar térmica se consideran energías renovables. En algunos de ellos -por sus características especiales- no están disponibles algunas formas, como las fluctuaciones de la maremotriz y costera en los países que no tienen costa. La presencia de la energía geotérmica es de nuevo una cuestión de circunstancias geográficas.

Las energías solar, eólica, de la biomasa (de plantas y animales) e hidroeléctrica proceden directa o indirectamente del Sol, mientras que la energía geotérmica se origina en los procesos de fisión radiactiva de la Tierra.

El etiquetado de las centrales hidroeléctricas no es uniforme. La energía del agua se considera renovable, pero algunos estados miembros excluyen las centrales más grandes de los programas de subvención de proyectos de energías renovables (por ejemplo, Reino Unido 10 MW, Alemania más de 5 MW). Aunque los efectos negativos de la energía hidroeléctrica sobre el medio ambiente son bien conocidos, las directivas de la UE la consideran renovable independientemente de su capacidad energética.

En muchos estados miembros (Reino Unido, Bélgica, Países Bajos) la energía procedente de la incineración de residuos se declara como recurso renovable. Según el punto de vista de la UE, sólo la mitad de la electricidad puede declararse renovable producida a partir de la parte orgánica de los residuos industriales y urbanos.

Se puede resumir que en los estados miembros de la UE las siguientes pueden ser declaradas energías renovables:

- energía solar directa,
- energía eólica,
- energía geotérmica,
- energía de las olas,
- energía de flujo y refluo,
- biomasa
- energía hidroeléctrica,
- biogás a partir de biomasa y aguas residuales.

En las páginas siguientes se proporcionará información más detallada sobre las oportunidades de cosecha de energía solar, eólica, combinada (solar y eólica juntas), geotérmica, de biogás y de biomasa.

### *1.3.2. Oportunidades de utilizar recursos energéticos renovables*

La disponibilidad de las fuentes de energía renovables depende de la ubicación geográfica, las características naturales (por ejemplo, la superficie), las circunstancias económicas y los factores políticos son de gran relevancia. Además, hay que tener en cuenta consideraciones técnicas y tecnológicas y el entorno social. (Imre, 2004).

#### **Características naturales:**

- la intensidad de la radiación solar (energía), el número de horas de sol
- las características del terreno (proporción de zonas planas y montañosas, condiciones del suelo, zonas forestales, etc.)
- características del viento (velocidad, dirección y su frecuencia)

- reservas de energía hidroeléctrica
- disponibilidad de energía geotérmica
- disponibilidad de combustible de biomasa

#### **Entorno económico:**

- el nivel de precios de los combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón)
- el precio de los combustibles nucleares
- el nivel y los márgenes de los costes de producción de energía
- la subvención estatal al precio de los recursos energéticos

#### **Circunstancias políticas, opinión general:**

- objetivos, metas, conceptos
- estrategias, organización y dirección
- aspectos medioambientales
- los tipos y el nivel de apoyo estatal
- los programas internacionales y el compromiso nacional en ellos (directivas de la UE, Acuerdo de Kioto)
- factores que influyen en el precio (precio de compra, licitaciones, obligaciones de cuota, reducciones fiscales, etc.)
- amplio rechazo a la energía nuclear

#### **Factores técnicos y tecnológicos**

- programas de desarrollo relacionados con las tecnologías renovables
- caracteres de la red eléctrica, la capacidad

#### **El entorno social**

- conciencia medioambiental de la sociedad
- comparación con las tecnologías tradicionales, cuestiones de eficacia
- resistencia local contra algunas aplicaciones (molinos de viento, centrales hidroeléctricas)

Los factores mencionados son bastante diversos en los distintos estados miembros de la UE, por lo que las condiciones de utilización pueden ser diversas. (Imre, 2004).

Las condiciones naturales originadas en la ubicación geográfica de los distintos países influyen en el potencial de los distintos recursos energéticos renovables.

El tamaño del potencial energético hidroeléctrico se ve afectado por la esorrentía, el clima y otros factores que influyen en los parámetros del ciclo del agua (la cantidad y la distribución de las precipitaciones anuales). En consecuencia, en la UE pueden declararse aventajados los siguientes países: Austria, Suecia, Portugal, Finlandia, España, Italia y Francia.

En cuanto a la utilización de la energía solar, las condiciones del sur de Europa (por ejemplo, Grecia, España e Italia) son realmente favorables. En los países mediterráneos que tienen un verano seco y una pequeña proporción de nubosidad se puede cosechar mucha más energía solar, ya sea directa o indirectamente.

La velocidad del viento puede verse interrumpida por los hitos más altos y las condiciones del relieve. Dado que el viento que sopla desde el mar se suaviza en menor medida, los países que tienen un potencial eólico más favorable están situados cerca de los mares del Norte y del Báltico

y del océano Atlántico. El Reino Unido, Irlanda, Francia, Dinamarca y España tienen una buena capacidad eólica. La cantidad anual de energía producida por un aerogenerador en Irlanda es el doble de la producción de un equipo similar que funciona en Alemania.

En cuanto a la biomasa en la UE, Finlandia, Dinamarca, Luxemburgo, los Países Bajos, Portugal, Austria y Suecia se encuentran en condiciones favorables. Además, Hungría tiene unas condiciones de suelo, temperatura y radiación bastante buenas, sólo la falta temporal de agua puede dificultar la producción intensiva de biomasa.

Los recursos geotérmicos de Italia, Portugal y Hungría son bastante favorables.

### *1.3.3. La utilización de recursos energéticos renovables*

El uso de fuentes de energía renovables puede justificarse por tres factores principales:

- la cantidad de fuentes de energía tradicionales está disminuyendo, las reservas recientemente conocidas se agotarán en 30-50 años
- los costes de accesibilidad serán mayores
- pueden desempeñar un papel relevante en la mitigación de los gases de efecto invernadero

Basándose en el Acuerdo de Kioto, en relación con la emisión de gases de efecto invernadero, la UE se comprometía a garantizar una disminución del 8% en relación con el nivel de 1990. Los ocho estados miembros que asumen la mitigación son los siguientes Austria (-13%), Bélgica (-7,5%), Dinamarca (-21%), Reino Unido (-12,5%), Alemania (-21%), Italia (-6,5%), Luxemburgo (28%).

Para difundir en gran medida los recursos energéticos renovables, la conciencia social debe desempeñar un papel crucial. Las actividades de enseñanza y educación, las presentaciones, las conferencias y las empresas comunes pueden apoyar el desarrollo de una actitud social positiva. En algunos países es posible que los consumidores compren electricidad verde incluso a un precio más elevado. En los Países Bajos, el 13% de los hogares ha decidido utilizar una energía más cara, pero verde. Es importante que los consumidores estén informados sobre la fuente de energía que consumen. Al conocer esta información, el consumidor puede cambiar de proveedor.

### *1.3.4. Barreras contra el rápido desarrollo de las energías renovables*

Si bien es cierto que en muchos países existe una voluntad política de apoyo y un alto nivel de concienciación medioambiental, puede haber muchos factores que bloqueen la difusión de la cosecha de energías renovables.

Uno de los principales obstáculos es el precio relativamente alto de la tecnología. Se puede calcular un coste de inversión extremadamente alto en el caso de las centrales eólicas más grandes. Las posibles subvenciones estatales pueden ampliar el alcance de estas inversiones.

Otro gran reto es que, mientras que el uso de los recursos energéticos fósiles tradicionales no se ve lastrado por las externalidades, sino que, por el contrario, obtienen ayudas (a mediados de la década de los noventa el importe de esta subvención ascendía a 250.000-300.000 millones de dólares en todo el mundo), las renovables no obtienen tanto apoyo.

El problema de las externalidades en el caso de los recursos fósiles puede contrarrestarse (por ejemplo, mediante la imposición del carbón). Tras la cumbre de Barcelona de 2002, este objetivo se declaró como meta directa y la directiva 2001/77/CE pretendía suprimir el apoyo oculto a los combustibles fósiles y nucleares. Al mismo tiempo, el Consejo Europeo confesó la importancia de la energía nuclear también (Libro Verde, CE 2000 b).

Resolver el problema del almacenamiento puede contribuir a una mayor difusión de los recursos energéticos renovables, ya que éste es uno de los principales obstáculos para su mayor

penetración. Las baterías tradicionales son incapaces de almacenar energía de forma eficaz, ya que su densidad energética específica es baja (30-35 Wh/kg). Con el desarrollo de nuevas e innovadoras tecnologías de almacenamiento de energía, su difusión puede verse favorecida en gran medida.

En la formación del futuro de los recursos renovables los precios y el apoyo político pueden tener un papel relevante. El aumento de las subvenciones hacia ellas y la internalización de las externalidades en el caso de sus homólogas fósiles pueden ser decisivos.

La ratificación y aplicación de los acuerdos internacionales sobre el clima tendrá un impacto positivo adicional sobre ellos.

### *1.3.5. El uso de recursos energéticos renovables en la agricultura*

La agricultura en general tiene una notable demanda de energía, pero al mismo tiempo el sector puede producir una gran cantidad de energía renovable a través de sus productos principales o secundarios (por ejemplo, biomasa, biogás o bioetanol). El escenario de la producción agrícola -el propio suelo- también puede ser un recurso renovable. Hoy en día, la gran mayoría de la producción agrícola tiene lugar en este medio, aunque también se están extendiendo los cultivos acuapónicos y de hortalizas de despliegue vertical. En la producción de cultivos de cereales y piensos, estos nuevos métodos no son lo suficientemente eficaces.

La demanda de energía de la agricultura procede principalmente de las actividades de labranza, pero, por supuesto, también se necesitan enormes cantidades de energía para la cosecha y el transporte de las plantas. El desarrollo de la mecanización hizo posible el nacimiento de la agricultura industrializada de monocultivo con grandes parcelas. Los rendimientos crecían gracias al uso de fertilizantes químicos. El aumento del número de raíces en una parcela y el uso de tecnologías de producción más intensivas han provocado el crecimiento de la demanda de agua de riego y el riesgo de la incidencia de enfermedades de las plantas. En consecuencia, la frecuencia del uso de insecticidas ha aumentado, lo que supone un coste mucho mayor para la agricultura. Se puede concluir que la producción agrícola no era económica y sostenible a largo plazo en Europa. Debido al continuo aumento de los costes de producción, la rentabilidad en muchos lugares comenzó a disminuir en gran medida. Debido a estas tendencias, muchos agricultores empezaron a pensar en cambiar la antigua producción agrícola extensiva y basada en la cantidad por una forma de producción más cualitativa y ecológica sin productos químicos.

Si se disminuye el uso de maquinaria y productos químicos en la agricultura, la producción agrícola será sostenible.

La sostenibilidad en el caso de la producción agrícola se traduce en la disminución de la dependencia de los precios siempre cambiantes de los combustibles fósiles, los productos químicos y los fertilizantes artificiales en el mercado mundial en gran medida. Si se dispone también de un sistema independiente de riego, de protección contra el granizo y las heladas, la dependencia de los fenómenos meteorológicos extremos podría disminuir también en el futuro. El uso de invernaderos y túneles de plástico puede disminuir la exposición a las inclemencias del tiempo, además de que se pueden producir verduras y frutas fuera de temporada. La duración del periodo de vegetación también puede aumentar en gran medida. Al mismo tiempo, la demanda de calefacción que se produce en el periodo invernal puede aumentar la dependencia energética de la agricultura, especialmente si la calefacción se basa en recursos energéticos no renovables. Si la demanda de calor se suministra mediante colectores solares o sistemas geotérmicos, la producción agrícola puede declararse sostenible.

Si la demanda total de energía en la producción agrícola puede cubrirse con recursos energéticos renovables que se correspondan con las circunstancias y posibilidades locales, entonces nuestras actividades de producción pueden considerarse sostenibles.

La sostenibilidad y el uso de energías renovables no pueden separarse en una producción agrícola actual, sino que juntos pueden tener éxito. El perfil principal de la empresa agrícola y las circunstancias ambientales, geográficas y geológicas de la tierra cultivada pueden determinar la forma adecuada de energía renovable para cubrir la demanda energética.

Para los productores de leche es inevitable utilizar agua caliente, pero al ser una demanda periódica, el uso de colectores solares puede ser adecuado. Para la producción de frutas y verduras de primera, el suministro continuo de agua caliente es imprescindible para calentar los túneles de plástico y los invernaderos. La energía geotérmica puede ser la mejor solución para este problema, es decir, perforar pozos de agua termal cerca de las instalaciones. La cercanía relativa es importante, ya que el drenaje del agua termal a mayores distancias puede disminuir su temperatura y así la eficacia empeora.

El funcionamiento de las cámaras frigoríficas y de los almacenes requiere una enorme demanda de electricidad para las empresas agrícolas. La forma de producción de electricidad debe seleccionarse de forma adecuada a las condiciones climáticas locales, por lo que podemos optar por las células solares o las turbinas eólicas. En el caso de ambas formas de energía, la cuestión de la disponibilidad continua es crucial. Por desgracia, en la mayoría de los países europeos la disponibilidad de la energía solar y eólica no es persistente. En consecuencia, los sistemas de energía renovable merecen funcionar con un método de trabajo en red. Esto significa que la empresa proveedora de electricidad toma el excedente de energía producida y abastece la demanda si la producción propia no puede cubrir las necesidades. Por supuesto, la producción de energía renovable también puede funcionar en modo isla. En este caso, es imprescindible construir una capacidad de almacenamiento llamada *puffer*. Se puede implementar en forma de baterías de almacenamiento. Este modo es un sistema de suministro de energía independiente y autónomo. Su desventaja es que la creación de las baterías de almacenamiento puede encarecer mucho el sistema y sus requisitos de espacio son mayores (se necesita una sala separada, hermética y seca) que los de los sistemas en red. Al mismo tiempo, las empresas que eligen el tipo de isla no tienen que temer el aumento de los precios del suministro de energía. En ambos casos hay que detectar las necesidades de electricidad de la empresa en cuestión y determinar la capacidad necesaria.

Por supuesto, hay que tener en cuenta la disponibilidad estacional de las diferentes formas de energía. En el caso de los sistemas conectados a la red, basta con un equilibrio anual entre la producción y el consumo, ya que los ingresos procedentes de la posible sobreproducción de energía en verano pueden cubrir los costes de la energía comprada a la red para satisfacer las necesidades de consumo en invierno. En consecuencia, en el caso de los sistemas insulares, para garantizar la disponibilidad continua, es razonable incorporar capacidades mayores que el consumo medio para sobrevivir a los periodos de falta de energía.

### *1.3.6. Las necesidades energéticas de la producción agrícola*

El estiércol, procedente de la cría de animales, puede ayudar a preservar la productividad del suelo y también puede utilizarse en las plantas de biogás. Se necesita una mayor cantidad de energía para la cría de animales más pequeños y jóvenes, ya que hay que mantenerlos calientes en caso de que se produzcan circunstancias térmicas externas, además de proporcionarles aire fresco y limpio. Sin embargo, para aquellos animales más grandes criados con fines alimenticios, la calefacción no es una necesidad, ni en invierno, si tiene un lugar seco y techado donde puedan estar.

En una empresa agrícola que funcione bien, la cría de animales y la producción de plantas se atienden simultáneamente. Los subproductos de la cría de animales (por ejemplo, el estiércol) tienen una importancia primordial como fertilizantes, pero también pueden utilizarse como materia prima en las centrales de biogás. Durante la producción de plantas también se crean

subproductos (por ejemplo, paja, restos de poda) que pueden ser la base de la calefacción a base de biomasa o pueden funcionar también como materias primas para el biogás.

El objetivo básico en el caso de la utilización de cualquier recurso energético renovable es transportar las materias primas y los subproductos agrícolas a la central energética adecuada más cercana que exista. Por lo tanto, parece sensato crear centrales eléctricas basadas en la biomasa, el biogás o el bioetanol, en la zona de las empresas agrícolas. Éstas pueden ayudar a utilizar todos los subproductos creados por las actividades agrícolas. La creación de centrales eléctricas es mucho más cara, y su periodo de amortización puede contarse incluso en décadas.

Por supuesto, la mayoría de los residuos agrícolas pueden ser compostados, lo que constituye una de las formas más ecológicas de mejorar la productividad del suelo. Tradicionalmente, el objetivo principal de la agricultura es la producción de alimentos. Esta actividad necesita unas buenas condiciones del suelo, que deben asegurarse mediante una fertilización regular. De este modo, todos los subproductos tradicionales pueden ser útiles para las plantas. En algunos casos, los residuos se utilizan para la producción de bio-briquetas o de biogás; en estos casos, la fertilización puede solucionarse con los subproductos de la cría de animales (por ejemplo, el estiércol). Más allá de los forrajes, la cría de animales requiere también otros subproductos de origen vegetal para garantizar las circunstancias básicas de higiene y confort para mantener a los animales en el interior. La cama de los animales es imprescindible para mantenerlos despejados y proporcionarles descanso. Sin una cama adecuada, los animales pueden enfermar con más frecuencia y se puede contar con una enorme tasa de mortalidad.

Si una granja quiere ser totalmente independiente desde el punto de vista energético, es imprescindible producir también energía para la maquinaria mediante la generación de biogás o bioetanol. Al mismo tiempo, resulta ambiguo que resulte económico construir este tipo de plantas en la era de un cambio global en la que los motores de combustión interna están en vías de ser sustituidos por los eléctricos. Hoy en día no está claro cuándo se introducirán los motores eléctricos en el mercado de las máquinas agrícolas, pero a medida que la normativa medioambiental se hace más estricta la transición parece ser inevitable. Esto significa que en lugar de la construcción de plantas de biogás o bioetanol puras, las plantas de energía eléctrica deberían establecerse también en el caso de las empresas agrícolas. Presumiblemente, el papel de las células solares y las turbinas eólicas tendrá un mayor protagonismo en la vida de las explotaciones agrícolas en el futuro.

En algunas actividades agrícolas la necesidad de producir agua caliente sanitaria es enorme. En el caso de la ganadería, principalmente en las explotaciones lecheras, se utiliza una gran cantidad de agua caliente. Por lo tanto, parece conveniente que las explotaciones lecheras instalen sistemas de colectores solares con capacidad suficiente para suministrar el agua caliente diaria necesaria para el ganado. En invierno, los períodos nublados más largos pueden causar problemas, por lo que, teniendo en cuenta las condiciones climáticas locales, se deben crear capacidades de almacenamiento de calor mucho mayores en la granja en cuestión.

Los colectores solares no sólo pueden instalarse en el tejado de los edificios, sino que también pueden colocarse en el suelo con el ángulo más adecuado. Los colectores solares pueden producir agua caliente con una alta tasa de efectividad, pero para la producción de electricidad deben utilizarse células solares.

Últimamente, las células solares o fotovoltaicas son utilidades muy utilizadas para la producción de electricidad. Sin embargo, su tasa de efectividad es menor que la de los colectores, su uso es popular en caso de uso doméstico o en centrales eléctricas más pequeñas. Normalmente se utiliza el tejado de las casas para asentarlos, pero en utilidades mayores la superficie del suelo es el lugar apropiado. Durante su uso es imprescindible la limpieza continua ya que en condiciones de atmósfera polvorienta se ensucia rápidamente y la eficacia de la producción de energía empeora en gran medida. Durante la instalación de estos servicios es necesario asegurar la orientación adecuada hacia los puntos cardinales y el ángulo correcto también. El ángulo más efectivo - donde se puede producir la mayor cantidad de energía - es alrededor de 45 grados y en la dirección

cardinal sur. Al mismo tiempo, en el caso de esta orientación, durante el amanecer y el atardecer el nivel de eficacia de la producción de energía empeora en gran medida, ya que con un ángulo de incidencia solar bajo sólo puede llegar a las células una cantidad limitada de luz.

En el caso de las actividades agrícolas, la electricidad producida por las células fotovoltaicas puede utilizarse para el funcionamiento de cámaras frigoríficas, ventiladores y otros servicios eléctricos.

En algunas explotaciones, el funcionamiento de los invernaderos o de los túneles de plástico puede exigir una cantidad importante de energía térmica. Para cubrirla, la energía geotérmica parece ser una forma adecuada. Los pozos de agua caliente pueden proporcionar calor a los invernaderos y túneles de plástico de forma eficaz incluso en los meses de invierno. Para la perforación de pozos geotérmicos es necesario respetar la normativa legal del país en cuestión. En muchos casos, esto significa que es obligatorio devolver el agua caliente explotada (tras un enfriamiento adecuado) a los estratos rocosos originales a través de un sistema de tuberías paralelo. Técnicamente se necesitan al menos dos perforaciones y esto aumenta los costes. Además, hay que prestar atención a la composición química del agua, es decir, a qué tipo de sales puede agregarse y acumularse durante la explotación para evitar el atasco y la obstrucción de las tuberías. Además, hay que preocuparse por la desviación y el tratamiento adecuados de los gases que surgen para evitar la explosión o la posible contaminación del aire.

El tipo y el carácter de la explotación determinan la cantidad y la forma de la demanda de energía. En consecuencia, tras la estimación de la demanda conviene decidir la forma de producción de energía. Por supuesto, estos servicios pueden combinarse. En muchos lugares se pueden encontrar centrales eléctricas híbridas, compuestas por aerogeneradores, células fotovoltaicas y colectores solares. A través de ellas la producción de energía será más estable, ya que se puede afirmar que por las noches, cuando no hay luz, la aparición del viento es más frecuente. Además, también puede haber diferencias estacionales en la disponibilidad de energía eólica y solar. El potencial solar es claramente máximo en verano y mínimo en invierno. En la mayor parte de Europa, la velocidad del viento es máxima en invierno y primavera. Podemos concluir que las energías solar y eólica se complementan en el tiempo.

Una solución técnica muy extendida es producir hidrógeno mediante turbinas eólicas. Este gas puede almacenarse en enormes depósitos y ser utilizado por los motores en caso de necesidad. El mismo círculo de producción de energía puede utilizarse también en las centrales de biogás.

El suelo y su fertilidad son recursos naturales renovables en la agricultura. Si no hay una fertilidad adecuada del suelo, no se puede producir ni alimentos ni forraje. Es decir, se puede decir que sólo en el caso de que las condiciones del suelo sean adecuadas se puede seguir cualquier actividad agraria. La fertilidad del suelo muestra un claro ciclo anual, ya que, por un lado, las enormes cantidades de precipitaciones pueden arrastrar los nutrientes del suelo y, por otro, las bajas temperaturas ralentizan los procesos microbiológicos. Se puede crear un ecosistema de suelo adecuado mediante una producción agrícola sin productos químicos. Los microorganismos que viven en el suelo (azotobacter, rhizobium, clostridium) producen una cantidad significativa de nutrientes para las plantas, además de apoyar la creación de humus y mejorar la capacidad de contención de agua de los suelos.

Si se utilizan con frecuencia fertilizantes químicos, desinfectantes del suelo u otros materiales químicos en la producción, estos útiles microorganismos pueden ser destruidos, y los suelos pueden perder su fertilidad. Sin el uso de métodos adecuados de fertilización, las circunstancias del cultivo empeoran en gran medida. Los abonos animales se utilizan tradicionalmente para mejorar la fertilidad. Son beneficiosos para la conservación y el mantenimiento continuo de los organismos del suelo. Dado que el estiércol está disponible en cantidades suficientes a partir de la cría de animales, hay que resolver el problema del transporte, la colocación e incluso el esparcimiento. Por ello, se utilizarán grandes cantidades de subproductos de la cría de animales. Durante el cultivo de plantas surgen muchos residuos de tallos, partes de plantas no utilizadas y podas. Su tratamiento es un reto habitual para los agricultores. A veces, estos subproductos se quemar sin una gestión adecuada, lo que provoca una importante contaminación del aire.



Una forma realmente eficaz de fertilización es el compostaje de partes de plantas. Con la recogida de partes de plantas no utilizadas (incluso la hierba que crece alrededor de las parcelas) se pueden colocar grandes cantidades de materiales orgánicos en unidades de compostaje. A través de estas instalaciones se pueden producir grandes cantidades de bio-humus y transportarlas a las tierras de cultivo y a los jardines.

El bio-humus o la tierra mezclada con bio-humus y turba pueden utilizarse por separado o pueden venderse si la explotación no los necesita. Con el compostaje se puede preservar la fertilidad de los suelos de forma ecológica, sin añadir productos químicos adicionales. La producción biológica y ecológica es cada vez más importante en Europa y el papel de las partes de las plantas y el bio-humus será más relevante en el futuro.

### *1.3.7. Posibilidades de uso de diferentes recursos energéticos renovables en la agricultura*

#### *1.3.7.1 Energía solar*

La superficie absorbente (célula solar, colector, cocina solar) puede utilizar la energía solar con la mayor eficiencia si la radiación llega a ella perpendicularmente. En un caso ideal, la superficie debería estar instalada en un sistema giratorio de dos ejes que siguiera automáticamente el recorrido diario del sol. Desgraciadamente, esta condición sólo puede garantizarse con la instalación de equipos costosos. Se puede alcanzar un resultado satisfactorio con la orientación adecuada de la superficie absorbente teniendo en cuenta la dirección Norte-Sur y la diferencia entre los ángulos de incidencia de invierno y verano. La orientación Sur es inevitable, y el ángulo de inclinación viene determinado por la eficiencia de la utilidad y la latitud geográfica. Cuanto mayor sea la eficiencia, menor será el ángulo de inclinación para aprovechar también el sol de primavera y otoño. En la agricultura, un lugar adecuado para el uso de la energía solar es el tejado de las explotaciones ganaderas y los contenedores de cultivo.

El aprovechamiento de la energía solar puede dividirse en activo y pasivo. El aprovechamiento arquitectónico (pasivo) se basa en la planificación adecuada de la orientación y el posicionamiento de los edificios para absorber, almacenar y utilizar la máxima cantidad posible de energía solar de forma natural. Con una planificación y aplicación adecuadas, la energía solar como calefacción auxiliar puede suponer un ahorro de combustible del 30% en los meses de invierno. En verano, a través de los colectores solares, se puede producir agua caliente en condiciones favorables, y además esta energía se puede utilizar para el aire acondicionado. De este modo, la temperatura de nuestro hogar puede ser confortable durante todo el año con un gasto moderado.

Básicamente, todos y cada uno de los edificios, túneles de plástico e invernaderos pueden ser declarados usuarios de energía solar pasiva, donde se deja entrar la luz del Sol. Como el estilo de vida de nuestros antepasados era más natural, las experiencias tradicionales prevalecían en sus edificios. Por ejemplo, la orientación de las casas tradicionales de los agricultores era óptima, el porche podía proporcionar un aprovechamiento armónico de la energía solar en invierno y un sombreado en verano. Desgraciadamente, las estructuras de los edificios urbanizados limitaban el uso de la energía solar sólo a la posibilidad de iluminación natural y un aprovechamiento complejo se hacía casi imposible. Las únicas excepciones pueden ser los modernos rascacielos, donde las grandes superficies de cristal permiten aprovechar la luz solar. Las viviendas unifamiliares modernas no son óptimas desde el punto de vista energético, ya que en comparación con su capacidad cúbica útil su consumo de energía es grande, si no se asegura últimamente su protección térmica (aislamiento).

La tarea principal del uso de la energía solar pasiva es proporcionar energía solar para la calefacción de los edificios en períodos de escasez natural de energía. No es necesario proporcionar calefacción a los invernaderos y túneles de plástico a principios de primavera o a finales de otoño. Contra las heladas más pequeñas, incluso un folio de plástico de una sola capa o un cristal pueden proporcionar protección principalmente a las plantas resistentes al frío. La

orientación favorable y el efecto invernadero intensivo en estos espacios cerrados especiales hacen posible el crecimiento más temprano o más tardío de las plantas.

El heno y la paja utilizados para la cría de animales pueden almacenarse de forma segura si se secan al sol. Sin este paso, no es posible su almacenamiento y utilización para la cría de animales y la cama en los meses de invierno. La utilización pasiva de la energía puede ser más eficaz durante las estaciones de transición, cuando hay una pérdida de calor en el edificio, debido a la menor temperatura exterior, pero la luz del sol sigue siendo fuerte. De este modo, el uso pasivo puede apoyar o incluso sustituir a los sistemas de calefacción activos. La eficacia del uso pasivo de la energía solar puede ser del 15 al 30%.

### 1.3.7.2. Energía eólica

La mayoría de las turbinas eólicas producen electricidad, pero hay otros sistemas, movidos por el viento, que hacen funcionar bombas y aprovechan el agua de los estratos más profundos del suelo para los estanques de peces y el riego. En el caso de los estanques de peces, en verano la falta de oxígeno es un gran desafío. Para resolver este problema se han desarrollado turbinas eólicas que impulsan ruedas de aireación (Figura 5).

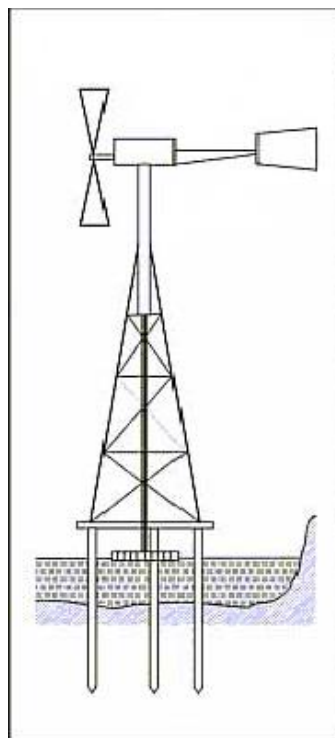


Figura 5. Turbina eólica que impulsa las ruedas de aireación (Fuente: Lakatos L.)

Según las investigaciones medioambientales, el deterioro de las aguas naturales es un problema que prevalece con mayor frecuencia. Proporcionar oxígeno a las piscifactorías especiales artificiales y a otras masas de agua para producir alevines también es un problema. Estos problemas pueden resolverse con aireadores. Los aireadores que se apoyan en la energía eólica son en muchos casos más económicos, fáciles de instalar -se pueden poner en boyas- y móviles. El suministro desequilibrado o temporalmente intermitente no bloquea el aprovechamiento. El eje vertical puede utilizarse aquí para el accionamiento directo de la aireación.

En Balmazújváros (Hungría), se experimentó con el bio-motor eólico para airear estanques de aguas residuales. Durante el experimento se pudo limpiar todo un sistema de aguas residuales en seis meses con turbinas eólicas que mezclaban y agitaban el agua.

### 1.3.7.3. Sistemas híbridos: solar y eólico

El uso simultáneo de diferentes fuentes de energía renovable puede mejorar significativamente la tasa de utilización. La energía renovable solar y la eólica suelen utilizarse juntas para la producción de energía. La ventaja de esto es que en verano se puede usar la energía solar, mientras que en primavera o en invierno la energía eólica está abundantemente disponible. Es importante investigar cómo se debe cambiar la duración del uso de cada tipo de energía durante los periodos inapropiados de producción dependiendo de cada mes del año y adecuándolo a los dos tipos de energía renovable, es decir, cuánto tiempo podemos esperar que nuestro equipo solar o eólico no nos genere electricidad. Sobre la base de un conjunto de datos de radiación solar horaria en el periodo de una década de datos de energía eólica durante los meses de abril a octubre, se puede deducir que la energía solar genera una mayor producción que la eólica. Por otro lado, desde noviembre hasta finales de marzo la energía eólica es la forma de energía más segura. Si utilizamos las dos formas de energía, es decir, mediante la producción de energía híbrida podemos regenerar la energía renovable; sustancialmente más estable, podemos obtener energía renovable con disponibilidad casi continua (Figura 6).

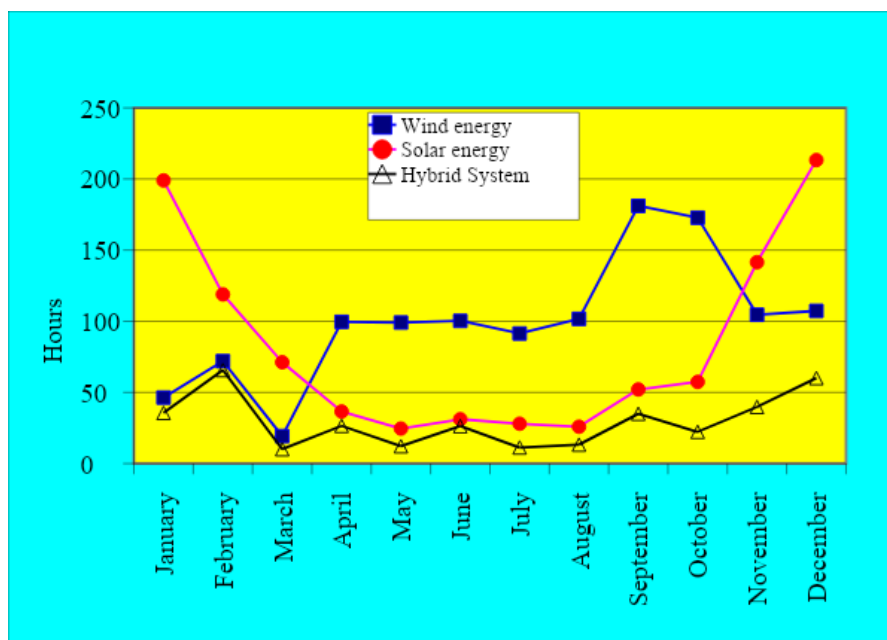


Figura 6. Cambios anuales en el periodo máximo de producción de energía libre con el uso de sistemas solares, eólicos e híbridos /1996-2005/ (Fuente: Lakatos L.)

### 1.3.7.4. El uso de la energía geotérmica en la agricultura

El gradiente geotérmico tiene un valor muy favorable en Hungría, por lo que se puede obtener agua con una temperatura de unos 50°C desde una profundidad de aproximadamente 1000 metros y más de 70°C desde una profundidad de más de 1500 metros. En nuestro país hay unos 620 pozos termales cuya temperatura del agua es superior a los 35°C. En el caso de 180 pozos a destajo, la temperatura del agua era superior a 60°C, por lo que pueden utilizarse bien con fines energéticos.

El agua termal puede utilizarse directamente para la calefacción de túneles de cultivo e invernaderos. Además, el agua caliente se utiliza para calentar casas, edificios para el ganado, criaderos y, en menor medida, para el secado de los cultivos agrícolas. Por lo general, la energía proporcionada por los pozos térmicos se utiliza durante los meses de invierno, por lo que no se utilizan durante una gran parte del año. El uso directo del agua termal tiene lugar en un sistema abierto y con la utilización multifásica. El objetivo es mantener el agua de salida con la menor

temperatura posible. Dependiendo de la temperatura del agua termal, los invernaderos pueden calentarse en uno o dos pasos. El agua enfriada a 30 °C puede utilizarse para la calefacción del suelo y el precalentamiento del agua de riego. Debido a la importante acumulación de sal y cal, el sistema de tuberías suele tener que limpiarse mensualmente, ya que la acumulación reduce considerablemente la transferencia de calor y también estrecha la sección transversal del flujo.

En el caso de los invernaderos (similares a los túneles de polietileno) se utiliza la calefacción por aire, que se complementa con la calefacción del suelo, especialmente si la temperatura del agua termal es baja. En el caso de la calefacción permanente, se utilizan tubos lisos o acanalados o convectores a la altura del canalón en las paredes laterales. Si es posible, es aconsejable colocar los tubos de calefacción a baja altura (aunque a veces esto empeora el aprovechamiento del espacio), porque así se requiere aproximadamente un 15% menos de energía.

Cuando se diseña la calefacción por suelo radiante, se coloca un sistema de tuberías de plástico (KPE, u otro plástico de larga duración) a 25-50 cm por debajo de la superficie del suelo de acuerdo con alguna forma geométrica, de modo que la superficie del invernadero esté conectada en red de manera uniforme y densa. El invernadero se calienta de forma combinada por radiación, convección y aire. Más recientemente, en lugar de la calefacción por suelo radiante, se utilizan esteras calefactoras y calefacción vegetal.

Las esteras calefactoras se fabrican con mangueras de 10-16 mm que se conectan mediante bucles de cadena. Entre las hileras de plantas y a lo largo de los caminos, también reducen la evaporación del agua y el crecimiento de las malas hierbas. En su caso, pueden colocarse en las paredes y en el suelo.

En la calefacción de la vegetación, los tubos de plástico acanalados con un diámetro de 20-40 mm se colocan en el suelo. Tanto en el caso de la calefacción de vegetación como en el del uso de alfombras calefactoras, sólo se puede hablar de calefacción de agua térmica de baja temperatura y su característica común es que la temperatura es óptima alrededor de las plantas. Su gran ventaja frente a la calefacción por suelo radiante es que su instalación y reparación son sustancialmente más sencillas y baratas.

El agua térmica enfriada a unos 20 °C puede utilizarse además, en el caso de las tiendas de película de doble pared, para la calefacción por cortina de agua. El agua térmica a baja temperatura que sale del sistema de calefacción del suelo o de la vegetación fluye entre las dos capas de película y forma una capa de aislamiento térmico. La desventaja es que sólo se puede conseguir con una gran cantidad de agua.

Necesariamente, la energía geotérmica no sólo puede utilizarse en la producción de cultivos, sino también para la calefacción de los edificios de la granja y para el servicio de agua caliente. El agua caliente disponible fuera de la temporada de calefacción, por ejemplo, también puede utilizarse para el secado de los cultivos. El agua termal directa se puede utilizar en todos los casos en los que sólo se permiten o son suficientes las temperaturas más bajas para el secado de los cultivos. Los casos más importantes son los siguientes:

- secado de semillas;
- secado y deshidratación de frutas;
- secado de almidón, levadura, etc.;
- ventilación y secado con aire precalentado.

La energía geotérmica sólo puede utilizarse con un método combinado para las secadoras de grano de aire caliente que funcionan a una temperatura más alta.

En la cría de animales, la energía geotérmica existente se utiliza sobre todo en la avicultura. Si disponemos de agua térmica a alta temperatura (80-90 °C), también podemos considerar la instalación de pantallas radiantes en el techo, aunque podemos utilizar esta agua caliente de otra

manera. Parece más adecuado si se utiliza la calefacción por suelo radiante con el agua térmica de menor temperatura que sale del sistema.

Además de la calefacción por suelo radiante, la llamada calefacción por paneles de pared es un método de calefacción muy extendido. En estos casos, el objetivo no es principalmente calentar el aire, sino crear la sensación de calor aceptable a través de la radiación.

Los ventiladores térmicos calentados por agua caliente son muy adecuados para la calefacción de espacios aéreos, que también tienen control térmico y de aire.

#### *1.3.7.5. La biomasa como recurso energético*

La biomasa es un uso indirecto de la energía solar. La producción agrícola y forestal es en realidad una transformación de la energía solar.

La biomasa se regenera, y el riesgo de accidente de su producción, recogida y uso es menor que el de la explotación del carbón y el petróleo. Además, puede transportarse a mayores distancias. La incineración de biomasa tiene un efecto de contaminación ambiental menor que la producción de energía fósil (sus emisiones de azufre son sólo la vigésima parte de las del carbón interior). La formación de escorias es baja, ecológica, y sus cenizas pueden utilizarse como nutriente del suelo. Se puede transportar y vender bien en forma comprimida y compacta (por ejemplo, pellets, briquetas fabricadas).

#### **La fuente de biomasa**

##### **1. Cultivos energéticos herbáceos**

Se trata de plantas perennes que se cosechan anualmente tras alcanzar su pleno desarrollo en 2-3 años. Estas especies son, por ejemplo, el bambú, la hierba elefante, la caña energética (*Miscanthus* sp.) o la hierba energética Szarvasi-1, que es un producto de sublimación procedente de Hungría (Figura 7). La hierba energética Szarvasi-1 es una hierba superior perenne y tupida. De su tallo parte un sistema de raíces fuerte y macizo que penetra profundamente (1,8-2,5 m) en el suelo. Los tallos caedizos son poco frondosos, rectos, de superficie lisa, duros y de 180-220 cm de altura. Sus hojas coníferas son rígidas y ligeramente rugosas. Brota a mediados de abril, florece a finales de junio - principios de julio. El grano está maduro a finales de julio - principios de agosto para la cosecha.



*Figura 7. La hierba energética de Szarvasi-1*

## 2. Cultivos energéticos leñosos

Son maderas duras de rápido crecimiento que pueden cosecharse pocos años después de su plantación. Después de su primer corte, comienza a crearse el arbusto y pueden permanecer en un lugar durante 10-15 años; pueden cortarse cada 2-3 años. Estas especies son, por ejemplo: el álamo, el sauce, la acacia negra, el arce plateado, etc. (Figura 8).



*Figura 8. Bosque de verano (5 años) en Tata*

## 3. Cultivos alimentarios

Entre ellos se encuentran las plantas producidas con fines alimentarios, como los cereales, la remolacha azucarera, las patatas, la soja, etc. En el caso de estas plantas, sus partes enteras o no utilizadas, como los residuos agrícolas, pueden utilizarse con fines energéticos.

## 4. Cultivos técnicos

Éstas se han adaptado a las necesidades industriales, por ejemplo, la industria del papel, la industria textil, la producción de lubricantes, etc. En general, estas plantas, en su totalidad o en aquellas partes, que no se utilizan para fines industriales, son adecuadas para el aprovechamiento energético.

## 5. Residuos vegetales rurales

Se trata principalmente de los diversos tallos y hojas, y otras partes de la planta. La mayoría de ellas permanecen actualmente en los campos. Por ejemplo, los tallos, hojas y mazorcas de maíz, la paja de los cereales o los tallos de arroz. Muchos subproductos -paja, tallos, recortes, tijeras, mazorcas de maíz, hojas, etc. - se utilizan en la agricultura para obtener energía térmica por incineración directa y disponible con un valor energético igual al del producto principal - semillas, tubérculos, frutos. La energía generada durante la incineración de los residuos y subproductos de los cultivos secos puede cubrir la demanda de calor de los espacios y procesos, y en los equipos de transferencia de calor puede producir electricidad y calor. Uno de los mayores subproductos anuales de la producción de cultivos es la paja, que representa aproximadamente 15 GJ de energía térmica por tonelada.

## 6. Residuos forestales

Estos residuos de madera se generan durante la función forestal, que después de la extracción y retirada del producto principal, en su mayoría permanecen en los bosques o en el lugar de la transformación primaria, y también pueden incluir árboles muertos o insanos.

## 7. Desechos animales

La agricultura y la ganadería generan estos residuos animales que pueden tener un efecto perjudicial para el medio ambiente, pero también son una fuente compleja de materia orgánica. Estos materiales pueden utilizarse para la producción de energía, entre otros muchos fines. Por un lado, podemos encontrar diversos estiércoles de animales, pero también podemos incluir los residuos de los mataderos, los cadáveres de animales muertos y sus partes.

#### *1.3.7.6. El biogás como recurso energético*

El biogás puede obtenerse a partir de cualquier residuo orgánico que contenga material biodegradable. El biogás se produce como un metabolito de las bacterias productoras de metano. Durante el proceso anaeróbico, la energía solar almacenada en la materia orgánica se convierte en un portador de energía gaseosa.

La utilización de los subproductos animales significa principalmente la producción de biogás. Hoy en día, ya existen fábricas de biogás explotadas en todo el mundo, cuya producción se utiliza principalmente para cubrir las necesidades energéticas propias. Aquí se plantea la cuestión económica, en cuya decisión también hay que tener en cuenta los efectos medioambientales de la descomposición de los purines. Uno de los factores limitantes de la difusión y el funcionamiento de las explotaciones porcinas es la buena solución de la gestión del estiércol y la armonización y funcionamiento de las explotaciones con los requisitos de protección del medio ambiente.

Una posibilidad especial es la utilización del gas producido a partir de la biomasa con fines energéticos y para la autosuficiencia energética. A primera vista, el biogás parece una opción favorable porque se produce a partir de un material que no se contempla reutilizar para otros fines (salvo para la reposición del suelo). El aprovechamiento energético del biogás o del gas de vertedero (gas generado a partir de los residuos municipales en los vertederos) es técnicamente favorable. Sin embargo, estas oportunidades sólo pueden explotarse de forma costosa. El elevado coste de la producción de biogás se debe a que hay que establecer dos volúmenes de almacenamiento importantes para el proceso: el fermentador y el almacenamiento de gas. Ambos volúmenes son caros porque tanto la materia orgánica como el biogás tienen una baja densidad energética, por lo que hay que tener en cuenta el tamaño de 100 m<sup>3</sup> para satisfacer las necesidades energéticas del hogar. (Debe quedar claro que 1 litro de fuel corresponde a 2 m<sup>3</sup> de biogás en términos energéticos). El volumen del almacenamiento de biogás puede reducirse mediante la compresión del gas, pero esto requiere una energía importante y reduce significativamente la eficiencia del sistema.

El llamado biogás bruto de fermentación es una mezcla de gases cuyos componentes más importantes son los siguientes

- Metano combustible (CH<sub>4</sub>), 55-70%
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no combustible, 30-40%
- Hidrógeno (H)
- Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)
- Monóxido de carbono (CO)
- Oxígeno (O<sub>2</sub>)
- Nitrógeno (N<sub>2</sub>)

#### **La fermentación anaeróbica**

La fermentación anaeróbica es un proceso natural de degradación bacteriana que también tiene lugar en el rumen y las ciénagas de los rumiantes. La degradación es un proceso microbiológico complejo de varios pasos en el que los materiales biológicos son descompuestos en componentes

más pequeños por diferentes grupos de bacterias. Durante la fermentación anaeróbica se liberan metano y dióxido de carbono de los materiales biológicos. El proceso puede acelerarse manteniendo el «cóctel» de materias primas en un recipiente cerrado a una temperatura, presión o pH controlados para optimizar las condiciones de los procesos bacterianos. El gas metano en evolución puede entonces recogerse fácilmente para su uso.

Condiciones para la producción de biogás:

- material orgánico
- ambiente anaeróbico
- presencia de bacterias metanogénicas
- temperatura constante y equilibrada
- mezcla continua
- materia orgánica debidamente triturada

La cantidad de componentes del biogás bruto puede variar mucho y depende de:

- de las materias primas utilizadas en la fermentación
- su proporción
- carga del espacio de fermentación resultante
- de la temperatura de fermentación
- duración de la fermentación

La cantidad de metano suele ser del 66%, pero la práctica demuestra que el aporte adicional de determinados residuos orgánicos (por ejemplo, plantas verdes) puede aumentar este valor hasta el 85%. El valor calorífico del biogás varía entre 10-25 MJ / m<sup>3</sup> en función del contenido de metano, que aumenta de forma continua en función del tiempo (durante un periodo determinado).

Comparando el biogás con otras fuentes de energía, podemos afirmar que 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 22 MJ / m<sup>3</sup> de poder calorífico.

1,37 m<sup>3</sup> con gas ciudad

0,48 m<sup>3</sup> de gas propano

0,66 m<sup>3</sup> de gas natural

0,61 l de aceite-combustible

0,72 l de gasolina

6,1 kWh de energía eléctrica

En la práctica, las materias primas para el biogás pueden ser:

- lodos de depuradora
- estiércol animal
- residuos municipales
- desechos de matadero (3. clase. maw-, y contenidos intestinales, sangre)
- residuos de la producción de cultivos
- residuos de conservas, alimentos y restaurantes

Las explotaciones ganaderas contaminan el aire y el agua en Hungría. Si uno empieza a recorrer un arroyo, tarde o temprano encontrará establos que apestan a estiércol. Hubo un caso en Bükk



en el cual el jugo de estiércol goteaba en un embudo que recogía el agua potable de un pueblo a apenas 100 pasos del nacimiento del arroyo con abundante agua que salía de las montañas. La adhesión a la UE obliga ahora a Hungría a suspender este tipo de daños medioambientales. Dentro de la agricultura, las explotaciones ganaderas son las que ahora están más vigiladas por la Inspección de Medio Ambiente, dado el cumplimiento de diversos compromisos asociados a la adhesión a la UE y el hecho de que durante décadas las explotaciones ganaderas han dejado que desear. Según el edicto gubernamental vigente en la actualidad, se prohíbe la introducción de estiércol, purines y lixiviados relacionados en las aguas.

El método utilizado en las obras de biogás elimina por completo los efectos nocivos. Aquí se produce la descomposición de sustancias indeseables en el aire, lo que libera metano, que es un muy buen combustible -uno de los componentes del gas natural- y esto es el biogás. En Hungría, la producción de estiércol de las explotaciones ganaderas constituye una excelente base para la producción de biogás. Se dispone de equipos técnicos y tecnologías. Desgraciadamente, los importes actuales de las inversiones y los precios de la energía frenan su uso generalizado.

Los datos de varias explotaciones ganaderas demuestran que el biogás que se puede producir cubre satisfactoriamente las necesidades energéticas de la explotación, e incluso permite la venta de energía plus, permitiendo la generación de ingresos por ventas plus.

Se puede obtener biogás de muy buena calidad a partir de lodos de depuradora y estiércol animal, pero su producción conlleva importantes costes de inversión y funcionamiento. La ventaja del proceso es que la biomasa agotada en cuanto a la producción de gas puede utilizarse como un valioso suplemento para reforzar el suelo. El biogás procedente de los residuos municipales puede purificarse fácilmente hasta alcanzar un contenido de CO y metano del 98%, que ya se corresponde con la calidad del gas natural, por lo que puede incluso introducirse en la red de gas natural. La siguiente tabla muestra la cantidad de biogás que puede producirse a partir del estiércol animal (Tabla 1).

*Tabla 1. Cantidad de biogás que puede producirse a partir del estiércol animal (m<sup>3</sup> / t)*

tipo de estiércol	min. - max.	media
estiércol de ganado	90-310	200
estiércol de cerdo	340-550	445
arena para aves de corral (pollo)	310-620	465
lechos de aves de corral (pavo, ganso)	455-505	480
estiércol de caballo	200-300	250
estiércol de oveja	90-310	200
estiércol	175-280	225

Es difícil dar datos más precisos porque la cantidad de gas recuperado depende no sólo de la materia prima sino también de la tecnología y la temperatura de la fermentación anaeróbica. El valor medio de la columna de la derecha es de aproximadamente un 75% recuperable. La siguiente tabla muestra la cantidad de algunas materias primas de biogás y la cantidad de biogás que puede extraerse de ellas (Tabla 2).

*Tabla 2. Cantidad anual de biogás producido*

tipo	cantidad (millones de toneladas)	biogás producido (mil millones de m <sup>3</sup> )

estiércol animal	31	1.4
residuos orgánicos municipales	2.5	1.2
lodos de depuradora municipales	0.2	0.08
residuos de matadero	0.4	0.05

Por qué merece la pena construir una fábrica de biogás (Figura 9):

- El uso de biogás reduce las emisiones de gases de efecto invernadero
- Aumentar la actividad económica del campo
- Ahorro de recursos, ya que el biogás se produce a través de la descomposición de la materia orgánica
- El tratamiento anaeróbico puede mejorar la calidad y la capacidad de propagación de los purines
- El biofertilizante es un mejorador del suelo más eficaz que el estiércol sin tratar porque tiene una mejor relación carbono-nitrógeno, por lo que para la planta es más fácil absorber el nitrógeno
- Reutilización del material de desecho
- La fermentación reduce la cantidad de bacterias patógenas (por ejemplo, coli, salmonela) y la germinación de las semillas de malas hierbas
- Se necesita menos abono químico y pesticidas
- Contribuyen a la difusión de las tecnologías ecológicas
- Además, junto a la generación de electricidad también se genera energía térmica, que puede utilizarse in situ



*Figura 9. Obras de biogás*

El biogás suele quemarse en un motor de gas (Figura 10) después de su purificación. Los productos de las obras de biogás son los siguientes:

- Electricidad (basada en la legislación: la electricidad producida con biogás es asumida por los proveedores de electricidad a un precio más alto que la electricidad convencional).

- Energía térmica (deben encontrarse soluciones locales para su utilización, por ejemplo: calefacción de edificios industriales y agrícolas, cobertura de la demanda de calor tecnológico, posiblemente calefacción de edificios residenciales)
- Estiércol orgánico (para sustituir la capacidad de humus del suelo)



Figura 10. Motor de biogás

Para seleccionar el emplazamiento óptimo de una planta de biogás deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones:

- Debe haber una cantidad suficiente de biomasa disponible de forma continua (proviene de varias fuentes, de las que se puede hacer una mezcla de residuos, un «cóctel»)
- Tienen una alta proporción de residuos de alta energía
- Disponibilidad de agua suficiente
- Proximidad de la red troncal eléctrica

Para elegir el emplazamiento óptimo de una planta de biogás, conviene tener en cuenta los datos de la siguiente tabla en cuanto a biomasa y otros residuos. (Tabla 3)

Tabla 3. Ubicación ideal para una fábrica de biogás en función de la disponibilidad de materiales básicos

Residuos	Distancia de transporte (km)	Cantidad anual
Estiércol líquido	0	20.000 m <sup>3</sup>
Estiércol	10	25.000 t
Residuos de matadero (3. clase)	30	15.000 t
lodos crudos de aguas residuales (2% de contenido de materia seca)	0,5	10.000 m <sup>3</sup>
otros residuos (producción de alimentos, restaurante)	15	6.000 t

## Referencias

- Bányai I. (2004): A megújuló energiaforrás-hasznosítás növelésének költségei, egylehetséges stratégia víziói. Természet-, és műszaki-és gazdaságtudományok alkalmazása 3. nemzetközi konferencia. Szombathely
- Béres I. (2000): Allelopátia. En: Hunyadi K., Béres I., Kazinczi G.: Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 307-320.
- Birkás M.-Percze A.-Gyuricza Cs.-Szalai T. (1998): Őszi búza direktvetéses kísérletek eredményei barna erdőtalajon. Növénytermelés. 47, 2: 181-198.
- Bohoczky F., 2004: Megújuló energiaforrások helyzete az EU-ban és Magyarországon GKM Libro Verde, CE 2000-50, IEA REWP 2001:1, 9-10.
- Imre L., 2004: A megújuló energiaforrások hasznosítása az Európai Unió tagállamaiban. Energiamedia 2004.04.03
- Lehoczky É. (1988): Fontosabb egyéves és évelő gyomnövények tápanyagfelvétele. Kandidátusi értekezés. MTA Budapest.
- Lehoczky É.-Tóth Z.-Kismányoky T.-Plézer Á. (2004): Különböző talajművelési módok és a nitrogén műtrágyázás hatása a kukorica gyomosodására. Magyar Gyomkutatás és Technológia, 5 (1): 63-75.
- Lévite D., Adrian M. & Tamm L. (2000): Preliminary Results on Contents of Resveratrol in Wine of Organic and Conventional Vineyards. Actas del 6º Congreso Internacional de Viticultura Ecológica, Basilea, Suiza, 25 a 26 de agosto de 2000. Agosto 2000, S. 256
- Molnar, I. (1999): Plodoredi u ratarstvu. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 455 p.
- Patkós, Cs. (2013): Spatial- and Settlement Management Electronic Textbook version 3.0. - Eszterházy Károly Főiskola, [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0038\\_41\\_patkos\\_en/adatok.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0038_41_patkos_en/adatok.html)
- Reicke, D. 2002: Renewable Energies in the EU Member States in comparison /en Handbook of Renewable Energies in the EU, ed. por P. Lang/, Eu. Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2002. p.13.
- Solymosi P. (1999): Tapasztalatok a herbicidrezisztenciáról az évezred végén. Növényvédelem, 35 (10): 485-496.
- Stumphauer T.- Csiszár A., 2004: Megújuló energiaforrások hasznosítása REAK \*2004.04.04
- Weibel, F. P., Bickel, R., Leuthold, S. y Alföldi, T. (2000): ¿Son las manzanas de cultivo ecológico más sabrosas y saludables? Un estudio de campo comparativo utilizando métodos convencionales y alternativos para medir la calidad de la fruta. Actas del XXV. Int. Horticultural Congress; Bruxelles, Belgium, 2-7 August 1998. Parte 7: Quality of Horticultural Products, M. Herregods (ed), Acta Horticulturae 517, S. 417-427.

## Resumen

La sostenibilidad es sin duda una palabra popular de nuestro tiempo. Su definición depende en gran medida del contexto. En el desarrollo rural y agrícola también es una cuestión clave. La agricultura sostenible puede abarcar las cuestiones de la multifuncionalidad, el uso de métodos de agricultura orgánica, la ambición por la conservación del suelo y el equilibrio biológico mediante la gestión avanzada del paisaje. Los recursos energéticos renovables deben ser elementos integrales de estos enfoques. Más allá de las formas populares de energías renovables (hidroeléctrica, solar o eólica), algunos tipos específicos están más ligados a la agricultura.

Los sistemas híbridos (servicios combinados de energía solar y eólica) ajustados a las condiciones microclimáticas locales pueden dar soporte a las explotaciones durante casi todo el año. Los

instrumentos geotérmicos son capaces de proporcionar calor a las tiendas de campaña y a los invernaderos, y además pueden garantizar el suministro de agua para la cría de animales.

La biomasa es la forma de energía renovable más adaptable, ya que los subproductos de la agricultura pueden ser una base adecuada de ellos. En algunos casos, las plantas bioenergéticas especiales pueden ser también productos principales económicos. Al mismo tiempo, la quema de biomasa puede ser perjudicial para el medio ambiente, pero a través de los fermentadores de biogás se pueden aprovechar de forma más clara.

## Preguntas abiertas

Describa el significado de la multifuncionalidad en la agricultura.

¿Cómo describiría la sostenibilidad desde el punto de vista agrícola?

¿Qué métodos pueden favorecer una explotación sostenible?

¿Qué barreras pueden disminuir la realización de diferentes proyectos basados en energías renovables?

¿Qué tipo de necesidades energéticas se dan en la agricultura, en general? ¿Y en el sector en el que usted trabaja?

Describa los principales tipos de captación de energía solar.

¿En qué formas puede utilizarse el viento en la agricultura?

¿Cuáles son las principales ventajas e inconvenientes de los sistemas híbridos?

Traza una posible forma de uso de la energía geotérmica en la agricultura.

¿Qué tipo de formas de biomasa se pueden diferenciar?

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los diferentes recursos energéticos renovables basados en la biomasa?

