



# Estimación del potencial de bioenergía de la agricultura compatible con el medio ambiente



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE MEDIO AMBIENTE  
Y MEDIO RÚRAL Y MARINO

2010

### **Aviso Legal**

El contenido de la presente publicación no refleja necesariamente las opiniones oficiales de la Comisión Europea ni de otras instituciones de las Comunidades Europeas. Ni la Agencia Europea de Medio Ambiente ni ninguna persona o empresa que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en este informe.

### **Todos los derechos reservados**

Queda prohibida la reproducción total o parcial de la presente publicación por cualquier medio, electrónico o mecánico, inclusive fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin la autorización escrita del titular de los derechos de autor. Las consultas relacionadas con derechos de traducción o reproducción deberán dirigirse a la AEMA.

En Internet, a través del servidor Europa (www.europa.eu), pueden consultarse otras informaciones sobre la Unión Europea.

### **Revisión científica de la edición en español:**

Este trabajo ha sido realizado por TAU Consultora Ambiental por encargo de la Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial (Punto Focal Nacional de la AEMA), Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

### **Supervisión, coordinación y control (MARM):**

Javier Cachón de Mesa.

### **Coordinación (TAU Consultora Ambiental):**

Laura Romero Vaquero.

### **Equipo de revisión:**

Manuel Álvarez-Arenas Bayo, TAU Consultora Ambiental.

Francisco Díaz Pineda, Catedrático de Ecología, Facultad de Biológicas, UCM.

José María Gascó Montes, Catedrático de Edafología y Climatología, ETS Ingenieros Agrónomos, UPM.

Gabriel Gascó Guerrero, Área de Edafología y Química Agrícola, ETS de Ingenieros Agrónomos, UPM.

### **Título original en Inglés:**

Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture.

© Agencia Europea de Medio Ambiente, 2007  
Publicada mediante convenio con la AEMA y con la Oficina de Publicaciones de la CE (OPOC).  
El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

### **Diseño y maquetación de la edición en inglés:** AEMA

### **Cubierta de la edición española:**

PFN EIONET España

**Fotografías de cubierta:** Luis Yngüanzo



## **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO**

**Secretaría General Técnica:** Alicia Camacho García. **Subdirector General de Información al ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Director del Centro de Publicaciones:** Juan Carlos Palacios López. **Jefa del Servicio de Producción y Edición:** M<sup>a</sup> Dolores López Hernández. **Coordinación:** Elisenda. Ruiz de Villalobos Zabala.

### **Edita:**

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

### **Distribución y venta:**

Paseo de la Infanta Isabel, 1  
Teléfono: 91 347 55 51- 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

### **Impresión y encuadernación:**

I.G. Saljen, S.L.  
ISBN: 978-84-491-1018-4  
NIPO: 770-10-209-2  
Depósito Legal: M-28780-2010

Plaza San Juan de la Cruz, s/n

Teléfono: 91 597 60 81  
Fax: 91 597 66 01

Catálogo General de publicaciones oficiales:

<http://www.060.es> (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)

Tienda virtual: [www.marm.es](http://www.marm.es)  
e-mail: [centropublicaciones@marm.es](mailto:centropublicaciones@marm.es)

**Impreso en papel reciclado al 100 % totalmente libre de cloro.**

**Datos Técnicos:** Formato: 21x29,7 cm. Caja de texto: 17,5 x 25 cm. Composición: dos columnas. Tipografía: Palatino Linotype y Verdana a cuerpos 10 al 20. Encuadernación: Rustica. Papel: Interior en couché mate reciclado (60%) con fibras FSC (40%) de 115 grs. Cubierta en couché mate reciclado (60%) con fibras FSC (40%) de 300g. Tintas a cuatricromía.

# Presentación de la edición española

Uno de los objetivos importantes de la Unión Europea es conseguir que en el año 2010 el 20% de la energía provenga de recursos renovables (eólica, solar, bioenergía, generada por olas, etc.). En el año 2007 las energías renovables representaron el 7,8% del consumo de energía en la UE27, y dos tercios de esta cantidad provenían de la biomasa, es decir de la materia orgánica (cultivos, árboles, agricultura, residuos forestales o flujo de residuos urbanos e industriales). El esfuerzo que está en marcha es considerable, de cara a alcanzar el objetivo propuesto.

La bioenergía que tiene su origen en la agricultura puede permitir la reducción de los combustibles fósiles utilizados, pero con esta premisa debe plantearse la necesidad de estudiar en todas sus dimensiones la cantidad de tierra y energía utilizada, el empleo de agroquímicos, de recursos naturales renovables y el balance global de emisiones. Sin medidas apropiadas, la producción de materias primas para la energía podría amenazar la biodiversidad, provocando un deterioro de recursos naturales como el suelo y el agua.

En este informe se tienen en cuenta fundamentalmente las amenazas a la biodiversidad provenientes del crecimiento bioenergético que puedan estar asociadas con el cambio de uso de la tierra. Si áreas como los bosques naturales se convirtieran sin más en superficies dedicadas a la producción de materia prima, de biomasa para la bioenergía, la pérdida de biodiversidad podría ser significativa. Eventuales producciones de monocultivo a gran escala, o la introducción de nuevas especies invasivas, la utilización de plantas que sean grandes consumidoras de agua, las técnicas de producción que puedan favorecer la erosión del suelo, todos estos son factores que se deben tener en cuenta, y estudiar sus consecuencias antes de tomar decisiones. El estudio realizado por la AEMA considera la mayoría de estos factores. La utilización de modelos y escenarios permite aventurar conclusiones, y así establecer pautas y límites sobre la producción de bioenergía a partir de la agricultura, de una forma compatible con determinados aspectos medioambientales.

Quizás en estudios posteriores haya que poner más el acento en la diversidad de las regiones europeas: hay árboles que en el centro y sobre todo el norte de Europa pueden considerarse como un material renovable, especies que se van a reproducir un año tras otro, con independencia casi de cuánto se utiliza para la producción de bioenergía. Estas mismas especies (álamos y sauces, por ejemplo) en los países mediterráneos pueden formar bosques de ribera y zonas a proteger, y por tanto impracticables como fuente de bioenergía. El ritmo de crecimiento vegetal no es el mismo en la Europa húmeda que en la Europa seca, y las posibilidades son imposibles de comparar. La necesidad del riego en países del sur de Europa para que algunas especies pudieran producirse en las cantidades necesarias, crea un problema añadido.

Las plantas de producción de biocombustibles (con una capacidad de más de 7 millones de toneladas de biodiesel y 4,7 millones de toneladas de bioetanol al año en la UE) requieren una aportación continua de biomasa. Esta es la parte que mejor analiza este informe: cuál puede ser el combustible, qué tipo de superficies pueden utilizarse para su producción, qué límites habría que poner en la utilización de tierras para usos bioenergéticos, cuáles son las rotaciones aconsejables de cultivos.

La Comisión Europea en su informe sobre biocarburantes (SEC(2006) 1721) señaló que: "Es posible potenciar en mayor medida las ventajas de la política sobre biocarburantes respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar los riesgos ambientales mediante la aplicación de un sencillo mecanismo de incentivación o ayuda que, por ejemplo, disuada de la transformación de terrenos con un elevado valor en términos de biodiversidad para el cultivo de materias primas destinadas a la fabricación de biocarburantes o de la utilización de métodos perjudiciales de producción de biocarburantes, y fomente la aplicación de sistemas de producción de segunda generación." Una recomendación que lógicamente se debe considerar vigente.

Una evaluación ambiental global de los sistemas de cultivo energético debe incluir los impactos ambientales de las prácticas agrícolas, pero también los aspectos de eficiencia energética de la producción de bioenergía y su balance de gases de efecto invernadero, en una contabilidad adecuada. La reducción de emisiones en última instancia dependería del proceso utilizado para convertir la biomasa en calor, electricidad y combustibles para el transporte, y de los combustibles fósiles que se sustituyan. Las emisiones que se eviten durante su ciclo de vida en comparación con los combustibles fósiles pueden ser significativas, pero la utilización de biomasa siempre va a generar algunas emisiones, ya sea de manera directa, en la combustión, o en pasos previos, como el cambio de uso del suelo o la producción de fertilizantes.

En definitiva, este estudio contribuye a hacer realidad el que el uso de bioenergía facilite la reducción de las emisiones europeas de gases de efecto invernadero, con el aspecto que también hay que valorar de disminuir la dependencia exterior para el abastecimiento energético.

María Jesús Rodríguez de Sancho  
Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental  
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

# Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>5</b>
<b>Resumen general</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Introducción</b> .....	<b>9</b>
1.1 Finalidad de este informe .....	9
1.2 Antecedentes políticos en materia agroambiental y energética .....	9
1.3 Planteamiento general y estructura del informe .....	10
<b>2 Presiones ambientales sobre las tierras de cultivo: implicaciones para definir un futuro compatible con el medio ambiente</b> .....	<b>12</b>
2.1 Visión general de tendencias agroambientales en la UE25 .....	12
2.2 Pautas actuales de la producción de bioenergía .....	14
2.3 ¿Cómo definir un futuro compatible con el medio ambiente? .....	16
<b>3 Procedimiento para estimar el potencial compatible con el medio ambiente</b> .....	<b>20</b>
3.1 Introducción .....	20
3.2 Creación del escenario «compatible con el medio ambiente» para predecir la futura disponibilidad de suelo para biomasa .....	20
3.3 Resultados conservadores: disponibilidad de suelo para cultivos de biomasa en un futuro «compatible con el medio ambiente» .....	27
3.4 Procedimientos adicionales para calcular el suelo disponible.....	31
<b>4 Priorización ambiental de los cultivos</b> .....	<b>39</b>
4.1 Introducción.....	39
4.2 Información contextual de los indicadores de presión, zonas medioambientales y regímenes agrícolas .....	40
4.3 Priorización de cultivos energéticos por zona ambiental .....	43
4.4 Priorización ambiental de cultivos bioenergéticos por cuestión ambiental.....	45
4.5 Resultado: tablas de riesgo ambiental por cultivo .....	52
4.6 Conclusiones sobre las alternativas de cultivos energéticos por zona ambiental .....	54
<b>5 Conversión de la disponibilidad de suelo en potencial de bioenergía</b> .....	<b>56</b>
5.1 Introducción .....	56
5.2 Etapa 1: asignación de Estados miembros a zonas medioambientales .....	57
5.3 Etapa 2: estimación de los rendimientos de los cultivos por zona ambiental .....	58
5.4 Etapa 3: transformación de la Biomasa cosechada en energía según cultivo.....	60
5.5 Etapa 4: distribución de los cultivos sostenibles por Estado miembro .....	61
<b>6 Potencial bioenergético compatible con el medio ambiente</b> .....	<b>66</b>
6.1 Potencial de bioenergía total .....	66
6.2 Cambios en la distribución de cultivos.....	66
6.3 Resultados del potencial de bioenergía por Estado miembro .....	67
6.4 Utilización de la biomasa obtenida de los pastizales y otros terrenos de explotación extensiva .....	69
<b>7 Análisis de las hipótesis alternativas y discusión de los resultados</b> .....	<b>70</b>
7.1 Análisis de la sensibilidad y la fiabilidad del planteamiento .....	70
7.2 Efecto total y comparación con otros posibles estudios .....	73

<b>8</b>	<b>¿Cómo conseguir un futuro de bioenergía «compatible con el medio ambiente»? .....</b>	<b>74</b>
8.1	Introducción.....	74
8.2	Factores claves para una producción de una bioenergía compatible con el medio ambiente .....	74
8.3	Ejemplos prácticos de sistemas de cultivo bioenergéticos compatibles con el medio ambiente .....	77
<b>9</b>	<b>Análisis del marco político y perspectivas.....</b>	<b>82</b>
9.1	Introducción .....	82
9.2	Posibles medidas políticas para preservar la agricultura orientada ambientalmente	82
9.3	Favorecer prácticas de cultivo bioenergético compatibles con el medio ambiente	85
9.4	Conclusión y perspectivas .....	86
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>89</b>
	<b>Lista de abreviaturas y nombres para nuevos cultivos bioenergéticos .....</b>	<b>96</b>
	Índice de nombres comunes y científicos de plantas utilizadas como nuevos cultivos de biomasa .....	96
	<b>Anexos .....</b>	<b>97</b>
Anexo I	Aumento del rendimiento en el escenario CAPSIM Animlib original .....	97
Anexo II	Aplicación de factores de corrección a los rendimientos y a los «refugios de paso» ambientales .....	98
Anexo III	Disponibilidad de suelo para producir biomasa.....	100
Anexo IV	Zonas medioambientales: producción y características .....	101
Anexo V	Cultivos potenciales para la producción bioenergética, especificados según las zonas medioambientales .....	104
Anexo VI	Presiones ambientales por cultivo .....	105
Anexo VII	Clasificación de diferentes cultivos según el riesgo ambiental .....	113
Anexo VIII	Presión de nitrógeno según cultivo .....	119
Anexo IX	El modelo HEKTOR .....	122
Anexo X	Distribución de los cultivos energéticos según el Estado miembro y el horizonte temporal .....	124
Anexo XI	Enfoque regional para encontrar las óptimas prácticas agrícolas de los cultivos energéticos.....	128
Anexo XII	Resultados definitivos: potenciales en Mtep por Estado miembro .....	133

# Agradecimientos

---

Este informe ha sido elaborado por Jan-Erik Petersen (AEMA) con la ayuda de Berien Elbersen (Alterra), Tobias Wiesenthal y Jane Feehan (ambos de AEMA), y Ulrike Eppler (Fachhochschule Eberswalde).

Se basa en las conclusiones de un documento de base elaborado para la AEMA sobre el potencial bionergético agrícola compatible con el medio ambiente por Uwe Fritsche, Kirsten Wiegmann (Öko-Institut, socio del Centro Temático Europeo de Calidad del Aire y Cambio Climático de la AEMA) y Berien Elbersen (Alterra).

El Dr. Peter Witzke (EuroCare, Bonn) ha prestado una útil colaboración como asesor para utilizar el modelo CAPSIM.

La edición final del informe ha contado con las aportaciones de Ayla Uslu y Anca-Diana Barbu (ambas de AEMA), Philippe Pointereau (SOLAGRO) y Hans-Peter Piorr (Fachhochschule Eberswalde). La AEMA agradece la ayuda prestada por otros colegas y expertos ajenos a la AEMA en varias fases durante el proyecto y la elaboración del informe.

# Resumen general

Un aumento del uso de bioenergía ofrece a Europa importantes oportunidades para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y reforzar la seguridad de su abastecimiento energético. No obstante, si aumenta de forma sustancial el uso de biomasa procedente de la agricultura y otros sectores para producir combustibles para el transporte y energía, podrían generarse importantes presiones sobre la biodiversidad forestal y de tierras de cultivo, así como sobre los recursos hídricos y edáficos. Consecuentemente, un uso excesivo de biomasa podría perjudicar las políticas y objetivos ambientales actuales y futuros, tales como la mejora de calidad de las aguas superficiales y subterráneas o la protección de la biodiversidad. Estas cuestiones se abordan en el Informe AEMA nº 7/2006 titulado «¿Cuánta bioenergía puede producir Europa sin dañar el medio ambiente?».

El presente informe refuerza el documento de 2006 aportando detalles técnicos relativos al cálculo del potencial bioenergético de la agricultura, y complementa las explicaciones técnicas relativas a las premisas de modelización y de los cálculos con tres contenidos adicionales:

- información de contexto sobre las presiones ambientales derivadas de la agricultura, que explican las hipótesis ambientales utilizadas;

- ejemplos e información sobre criterios de modelización compatibles con el medio ambiente; y
- un debate sobre medidas políticas necesarias para lograr un futuro compatible con el medio ambiente, y sobre el cual están basadas las premisas de modelización.

El análisis de escenarios señala con claridad cuáles son los aspectos ambientales que deben considerarse al aumentar la producción bioenergética en tierras de cultivo. El modelo también da una idea de la cantidad de biomasa agrícola de la que se puede disponer sin causar daños ambientales, y sin perjudicar las políticas y objetivos ambientales actuales y futuros de la UE. No ha sido posible tener en cuenta las circunstancias, presiones y posibles soluciones de ámbito local, al centrarse el análisis en un enfoque coherente para el conjunto de Europa. Por lo tanto, las hipótesis y el enfoque utilizados en este estudio requieren nuevos análisis y evaluaciones complementarias a escala más regional y local. También es necesario un análisis adicional de los impactos potenciales del cambio climático sobre la producción de cultivos energéticos, ya que este aspecto quedó fuera del ámbito del presente estudio. Además, el estudio no considera los potenciales impactos ambientales de la producción de biomasa fuera de Europa, al quedar éstos fuera del marco de modelización adoptado.

## Recuadro 1 Principales hipótesis consideradas en la estimación del potencial de producción bioenergética compatible con el medio ambiente en zonas agrícolas

- a) Hipótesis para el mantenimiento o desarrollo adicional de una **«agricultura orientada ambientalmente»** en la UE: la cuota actual de la agricultura «orientada al medio ambiente» tendría que aumentar hasta el 30% de la superficie agrícola útil en la mayoría de los Estados miembros hasta 2030; al menos el 3% de la superficie agrícola actualmente sujeta a explotación intensiva debería retirarse de la producción hasta 2030 y dedicarse a la conservación de la naturaleza; no habría conversiones de pastizales permanentes, dehesas y olivares en cultivos de biomasa.
- b) El desarrollo tecnológico ulterior y la investigación permitirían una **diversificación de los cultivos energéticos y de los métodos de conversión** de distintos tipos de biomasa (métodos de conversión de segunda generación, biogás o combinaciones bioenergéticas eficientes).
- c) La **selección de cultivos energéticos y su gestión** en cada explotación agrícola se regiría por criterios ambientales (adaptación a las limitaciones biofísicas y valores ecológicos de una región, asociaciones y rotaciones adecuadas de cultivos, uso reducido de insumos, prácticas de doble cultivo, etc.).



El escenario previsto para la agricultura se basa en un conjunto de premisas generales establecidas a partir del trabajo de la AEMA sobre perspectivas ambientales, y complementadas con hipótesis ambientales específicas para minimizar las presiones sobre los recursos naturales y la biodiversidad (ver recuadro 1). La superficie considerada disponible para la producción de biomasa comprende tanto tierras retiradas de la producción de alimentos y forraje (como consecuencia de la última reforma de la Política Agrícola Común y de un incremento en los rendimientos agrícolas), como tierras retiradas de la producción. Por otra parte, se espera que el precio de la energía obtenida a partir de cultivos bioenergéticos iguale o supere los precios de los productos alimenticios en el periodo hasta 2030, por lo que parte de la superficie que está previsto destinar a la producción de excedentes de exportación podría quedar disponible para la producción de bioenergía<sup>(1)</sup>.

El informe de 2006 demuestra que la biomasa de origen agrícola es la que ofrece mayor potencial bioenergético a largo plazo. Su desarrollo vendría favorecido por los incrementos adicionales de la productividad, la creciente liberalización de los mercados agrarios y la introducción de cultivos bioenergéticos de alto rendimiento. En 2030, el potencial bioenergético de la agricultura compatible con el medio ambiente podría ascender a 142 Mtep, frente a los 47 Mtep estimados para 2010. Aproximadamente el 85% de dicho potencial se repartirá entre siete Estados miembros (España, Francia, Alemania, Italia, el Reino Unido, Lituania

y Polonia). Este potencial se basa en determinados supuestos relativos a la disponibilidad de superficie de cultivo para su aprovechamiento energético en cada Estado miembro, a la competencia con los mercados de productos alimenticios y de exportación, a los efectos de las restricciones ambientales y al rendimiento de los potenciales cultivos bioenergéticos. El recuadro 2 resume los principales criterios de modelización y formulación de escenarios utilizados para estimar en este estudio el potencial bioenergético final de la agricultura.

Un factor considerado clave en el estudio para evitar el incremento de la presión ambiental de la agricultura (por el incremento de la demanda de biomasa para producción de alimentos y energía) es la expectativa de una cuota significativa de agricultura orientada con criterios ambientales y de menor rendimiento. Si bien el aumento de la producción bioenergética podría incentivar la transformación de pastizales de explotación extensiva en superficie de cultivo, el laboreo de estos pastizales permanentes ocasionaría la pérdida de su elevada biodiversidad y la liberación de gran cantidad de carbono atrapado en el suelo. Por consiguiente, se ha considerado que en torno a 6 millones de hectáreas de pastos permanentes liberados (así como algunas zonas de olivares y dehesas) quedarán excluidos de la producción bioenergética en 2030. En conjunto, la superficie disponible de tierras de cultivo compatibles con el medio ambiente aumentará un 50% durante este

### **Recuadro 2 Principales criterios de modelización y formulación de escenarios para estimar el potencial bioenergético final de la agricultura**

1. Adaptación del escenario de referencia desarrollado en el estudio de perspectivas agrícolas de la AEMA del modelo CAPSIM (EuroCARE, 2004) a un «escenario compatible con el medio ambiente». Los resultados de este escenario se han utilizado para calcular la disponibilidad futura de suelo para biomasa en cada Estado miembro de la UE25.
2. Creación de un escenario adicional para Francia y Alemania con el modelo HEKTOR, a fin de mostrar la forma en que la introducción de incentivos tales como los precios de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> afecta a la disponibilidad de suelo.
3. Evaluación y clasificación ambiental de diferentes cultivos bioenergéticos potenciales, basada en matrices de riesgo ambiental para cada zona ambiental.
4. Cálculo del potencial bioenergético de cada zona ambiental de la UE25 combinando los posibles cultivos finales en cada país con sus respectivos potenciales de suelo (basado en la aplicación de los modelos CAPSIM y HEKTOR).
5. Traducción del potencial de suelo para la producción de cultivos de biomasa en valores energéticos para las hipótesis óptimas de las combinaciones de cultivos establecidas en el punto 4, teniendo en cuenta premisas específicas de eficiencia económica, desarrollo tecnológico, cultivos actuales y una transición (gradual) no traumática.
6. Análisis de sensibilidad de parámetros clave que determinan el potencial de suelo y bioenergía en este estudio. También se comparan los resultados de este estudio con los de otros para valorar el potencial bioenergético de la agricultura en Europa.

(1) Este análisis sólo se ha aplicado en Alemania y Francia. No obstante, cabe presuponer que el enfoque de estos dos países refleja buena parte del efecto de competencia en la UE25, ya que Alemania y Francia son Estados miembros en los que está previsto coincidan un elevado excedente de cereales para la exportación con una extensa superficie agrícola. No se ha tenido en cuenta la competencia entre la producción de bioenergía y de alimentos para uso doméstico.

periodo de tiempo, hasta alcanzar los 19 millones de hectáreas en 2030.

A diferencia de lo que ocurre con los cultivos convencionales forrajeros o para consumo humano, la optimización de los cultivos destinados a la producción de bioenergía obedece a criterios energéticos y no de producción de alimentos. De este modo, los cultivos bioenergéticos (como los perennes) y los sistemas de cultivo bioenergético más innovadores (como el doble cultivo) pueden contribuir en ocasiones a la diversidad de cultivos y combinar una alta productividad con bajas presiones ambientales, si se comparan con los cultivos dedicados a la producción intensiva de alimentos. En este estudio se presupone que no comenzarán a introducirse con rapidez hasta 2010, asumiendo un «periodo de transición» a partir de los sistemas de cultivo convencionales. Puesto que el rendimiento energético de estos cultivos suele ser superior al de los cultivos bioenergéticos convencionales, tendrán una contribución al crecimiento del potencial bioenergético de la agricultura a partir de 2010. Además, esta tendencia beneficia, en general, al medio ambiente, pues los cultivos bioenergéticos permanentes y la silvicultura de ciclo corto tienen normalmente un impacto menor en la erosión y compactación del suelo, el aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales, la contaminación por pesticidas y la extracción de agua.

Nuevas investigaciones (que no estaban disponibles en el momento de realizar este estudio) indican que algunas hierbas energéticas perennes y plantaciones de monte bajo de ciclo corto consumen grandes cantidades de agua. En consecuencia, será necesario analizar con mayor detalle este aspecto particular de los cultivos energéticos en futuros estudios.

Los estudios de las opciones bioenergéticas disponibles han puesto de relieve algunos aspectos de los cultivos energéticos que podrían ofrecer soluciones ventajosas en todos los frentes. Por ejemplo, con ayudas adecuadas sería viable utilizar biomasa de pastizales seminaturales para la producción de bioenergía, contribuyendo así tanto a la gestión de pastizales ricos en especies como a la producción de energía renovable. La introducción de determinados cultivos energéticos permanentes, así como de sistemas de roturación mínima o de doble cultivo para la producción de biomasa con fines energéticos, también podría reportar importantes beneficios para el mantenimiento de los suelos agrícolas.

En el presente estudio no se analiza la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que podrían evitarse explotando el potencial compatible con el medio ambiente. La reducción de emisiones dependerá en gran medida del proceso utilizado para convertir la biomasa en calor, electricidad y combustibles para el transporte, y de los combustibles fósiles que se sustituyan. Las emisiones que se eviten durante su ciclo de vida en comparación con los combustibles fósiles pueden ser significativas, pero la producción de biomasa genera algunas emisiones, por ejemplo, para la producción de fertilizantes. Para completar la evaluación ambiental de las distintas opciones de producción bioenergética es recomendable realizar un análisis detallado de la prevención de emisiones de gases de efecto invernadero, la cual la AEMA lleva a cabo actualmente.

El estudio concluye que la agricultura europea puede incrementar su producción de biomasa para cumplir los objetivos de producción de energía renovable, de manera compatible con el medio ambiente. No obstante, aunque la explotación de los recursos de biomasa fuera mucho menor de la prevista, las presiones ambientales de la agricultura podrían aumentar si no se adoptan las medidas políticas y de control necesarias para movilizar este potencial de forma respetuosa con el medio ambiente.

Este informe presenta una serie de opciones políticas para apoyar la agricultura respetuosa con el medio ambiente en general, y la producción de cultivos energéticos compatible con el medio ambiente en particular. Muchas de ellas se basan en instrumentos ya existentes en la política agroambiental y de desarrollo rural de la UE. Actualmente, los sistemas de certificación ambiental de la producción bioenergética suscitan un considerable interés político, en especial en lo que se refiere a los aspectos de sostenibilidad de las importaciones de biomasa y biocarburantes. Su implantación efectiva requerirá una cooperación eficaz entre productores, consumidores y responsables políticos. El desarrollo de una producción bioenergética compatible con el medio ambiente en la agricultura requiere también estrechar las relaciones de tres ámbitos de regulación diferentes: el energético, el agrícola y el ambiental. Desde una perspectiva ambiental, éste es un aspecto crucial para el desarrollo de la producción energética comunitaria a partir de la biomasa agrícola.

# 1 Introducción

## 1.1 Finalidad de este informe

Uno de los principales objetivos políticos de la Unión Europea es aumentar la cuota de energías renovables en su consumo energético total (por ejemplo, CE, 2007). La biomasa agrícola puede contribuir de modo sustancial a la consecución de este objetivo. Sin embargo, la producción agraria de la UE es en general bastante intensiva y ejerce notables presiones sobre el medio ambiente (AEMA, 2004; AEMA, 2005b). Por lo tanto, la producción de biomasa en tierras de cultivo con fines energéticos también conlleva importantes riesgos ambientales. En consecuencia, es necesario realizar un estudio exhaustivo para determinar cómo se podría compatibilizar la producción bioenergética de la agricultura con los objetivos ambientales de este sector (AEMA, 2006a; Comisión Europea, 2007; SRU, 2007).

En 2005/2006, la AEMA realizó un ejercicio de modelización para calcular el potencial bioenergético de la agricultura, la silvicultura y los residuos que podría considerarse «compatible con el medio ambiente» (AEMA, 2006b). Este informe refuerza el documento de 2006 aportando detalles técnicos relativos al cálculo del potencial bioenergético de la agricultura y complementa las explicaciones técnicas de las premisas de modelización y de los cálculos en tres aspectos diferentes:

- información contextual sobre las presiones ambientales derivadas de la agricultura que explican las hipótesis ambientales formuladas;
- ejemplos e información sobre criterios de modelización compatibles con el medio ambiente; y
- un debate sobre medidas políticas importantes para asegurar el futuro compatible con el medio ambiente en el que se basan las premisas de modelización.

El análisis que aquí se presenta señala los principales aspectos ambientales que deben tenerse en cuenta a la hora de aumentar la producción bioenergética en las tierras de cultivo. También da una idea de la cantidad de biomasa agrícola de la que se puede disponer sin dañar el medio ambiente y sin actuar en contra de las políticas y objetivos ambientales actuales y futuros de la UE. No ha sido posible tener en cuenta las circunstancias, presiones y posibles soluciones locales porque este análisis se centra en un enfoque coherente a escala europea. Por tanto, las hipótesis y el enfoque

utilizados en este estudio requieren nuevos análisis y evaluaciones complementarias a escala más regional y local. Además, este estudio no contempla los impactos ambientales que puede tener la producción de biomasa fuera de Europa, ya que esta opción no está incluida en el marco de modelización adoptado.

El informe examina de forma limitada las políticas y medidas necesarias para desarrollar este potencial. Teniendo en cuenta las hipótesis planteadas, cabe señalar que un uso de biomasa agrícola inferior a dicho potencial no es necesariamente compatible con el medio ambiente. Si no se establecen los incentivos y medios de control adecuados, las presiones ambientales podrían aumentar incluso aunque la explotación de los recursos de biomasa fuera notablemente inferior.

Dada la importancia del sector agrario para el medio ambiente y para la producción de energías renovables en la UE, se ha considerado necesaria la presentación de este trabajo. Confiamos en que sirva de estímulo para realizar análisis más exhaustivos y estudios en profundidad para ver cómo se consigue una producción de biomasa agrícola con fines energéticos todo lo respetuosa con el medio ambiente como sea posible.

## 1.2 Antecedentes en materia de política agroambiental y energética

La agricultura es el uso predominante del suelo en cerca del 50% del territorio en la UE27. Se trata pues de una influencia crucial sobre el medio ambiente europeo, tanto en lo que respecta a sus recursos de agua y suelo, biodiversidad y paisajes como a sus emisiones de gases de efecto invernadero (por ejemplo, AEMA, 2005b). También es un importante sector económico en muchas zonas rurales de Europa, que tiende a diversificarse a actividades distintas de la producción alimentaria. La producción de energía renovable y biomateriales comienza a ser una fuente de ingresos significativa para los agricultores europeos. En virtud de los cambios que experimenta la producción y el consumo de alimentos en Europa, la agricultura puede llegar a ser una importante fuente de producción bioenergética en la UE27. De este modo, puede ayudar a incrementar notablemente la cuota de las fuentes de energía renovables en la producción energética total de la UE.

Al mismo tiempo, el perfil e intensidad del sector agrario determinan la probabilidad de éxito en el cumplimiento de los objetivos ambientales de la Unión Europea. Esta capacidad de influencia está relacionada con la gestión de la red Natura 2000 de espacios protegidos para la biodiversidad, con los objetivos de calidad del agua incluidos en la Directiva marco del agua, y con la Directiva de nitratos y los objetivos de reducción de amoníaco de la Directiva de techos nacionales de emisión, por citar tan sólo algunas (AEMA, 2006a). ¿Es posible alcanzar el objetivo de incrementar notablemente la producción bioenergética de las zonas agrícolas sin comprometer los objetivos ambientales de la UE? ¿Qué condiciones han de cumplirse para que la producción adicional de biomasa en tierras de cultivo siga siendo compatible con el medio ambiente?

La explotación de fuentes de energía renovables puede ayudar a la Unión Europea a cumplir muchos de los objetivos de su política ambiental y energética, incluida su obligación de reducir los gases de efecto invernadero con arreglo al Protocolo de Kioto (CE, 2002a) y de reducir la dependencia de las importaciones de energía (CE, 2000, 2005a).

Hoy por hoy, alrededor del 4% (69 Mtep) del consumo total de la energía primaria en la UE procede de la biomasa. Esto hace que la biomasa sea, con diferencia, la fuente de energía renovable más importante, al representar dos tercios del total de la energía producida a partir de fuentes renovables<sup>(2)</sup>.

En diciembre de 2005, la Comisión Europea publicó un Plan de Acción sobre la Biomasa (CE, 2005b) con el fin de aumentar el uso de biomasa a 150 Mtep (en términos de energía primaria<sup>(3)</sup>) en torno a 2010. El aumento previsto es coherente con los diversos objetivos relativos a la energía renovable y supondría

una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de unas 210 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq al año. El plan establece asimismo un programa coordinado de acción comunitaria que incluye medidas para incrementar la oferta y la demanda de biomasa, superar los obstáculos técnicos y desarrollar la investigación.

Además, el 10 de enero de 2007 la Comisión Europea propuso un paquete completo de políticas y medidas encaminadas a establecer una nueva política energética para Europa, para luchar contra el cambio climático e impulsar la seguridad y competitividad de la energía de la UE<sup>(4)</sup>. El Consejo de la UE examinó este paquete de medidas en su reunión de los días 8 y 9 de marzo de 2007 y adoptó buena parte de las propuestas de la Comisión<sup>(5)</sup>. Por ejemplo, se acordaron varios objetivos vinculantes en el horizonte de 2020: reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE (con respecto a los niveles de 1990); una cuota global del 20% de las fuentes de energía renovables; y una cuota del 10% como mínimo de los biocarburantes en el consumo total de gasolina y gasóleo en el sector del transporte.

Para que la cuota de energías renovables alcance el 20% podría ser necesario utilizar 230 Mtep del potencial primario de biomasa; de esta cifra, 63 Mtep<sup>(6)</sup> tendrían que obtenerse de cultivos agrícolas (si todos los biocarburantes tuvieran que ser de primera generación) en 2020.

### 1.3 Planteamiento general y estructura del informe

La estimación del potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente se ha basado en la modelización agroeconómica, en el conocimiento

La **biomasa** abarca una amplia gama de productos y subproductos procedentes de la agricultura y la silvicultura, así como flujos de residuos urbanos e industriales. Entre ellos, se incluyen los cultivos herbáceos, los cultivos permanentes y la silvicultura de ciclo corto, los árboles, los residuos agrícolas y forestales, los efluentes, los lodos de depuradoras, el estiércol, los subproductos industriales y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Tras un proceso de conversión, la biomasa puede utilizarse como combustible para obtener calor o electricidad, o como combustible para el transporte, según la tecnología de conversión y el tipo de biomasa primaria (CE, 2005c).

(2) Para este cálculo se han utilizado datos de Eurostat. Si se utilizara un procedimiento alternativo para calcular la contribución de distintas fuentes de energía (el «enfoque de sustitución»), la biomasa y los residuos representarían el 44% (en lugar del 66%) de la energía renovable de la UE25 en 2003 (CE, 2005b).

(3) Los 150 Mtep indicados en el Plan de Acción sobre la Biomasa incluyen el contenido energético de los biocarburantes sólidos, líquidos y gaseosos. En este estudio se tiene en cuenta el potencial bioenergético primario de los combustibles sólidos y gaseosos y se presupone que los combustibles líquidos se tendrían que seguir obteniendo de cultivos bioenergéticos, con las consiguientes pérdidas de proceso.

(4) Comisión Europea, documentos sobre energía y cambio climático (10 de enero de 2007), [http://europa.eu/press\\_room/presspacks/energy/index\\_en.htm](http://europa.eu/press_room/presspacks/energy/index_en.htm).

(5) Conclusiones del Consejo de la UE de 8/9 de marzo de 2007, [http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf](http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf).

(6) Cifras tomadas de la evaluación de impacto para el programa de trabajo de la energía renovable (SEC(2006)1719); el objetivo del 20% presupone que la tecnología de biocarburantes de segunda generación estará disponible en 2020.



científico del impacto ambiental de diferentes usos del suelo agrícola y prácticas de cultivo, así como en proyecciones y evaluaciones de expertos de los métodos futuros de producción bioenergética. Con estos componentes se ha desarrollado un enfoque basado en escenarios, partiendo de una serie de premisas agroambientales para el horizonte temporal de 2030:

- a. Las prácticas agrícolas orientadas ambientalmente se mantendrán y extenderán en todos los Estados miembros de la UE. Se adoptarán políticas agroambientales adicionales para conservar o introducir la retirada de tierras con fines ambientales específicos en zonas agrícolas sujetas a explotación intensiva, y para promover prácticas agrícolas y asociaciones de cultivos bioenergéticos favorables para el medio ambiente.
- b. Habrá una subida gradual de los precios de la energía, que serán más altos que los registrados durante la década de 1990. Esta alza de los precios hará más viable la opción de desarrollar y aplicar sistemas competitivos de conversión bioenergética.
- c. La liberalización casi total de los mercados agrarios se hará realidad. En este estudio concreto, el escenario principal presupone que todos los sectores pecuarios (vacuno, lácteo, porcino y avícola) estarán totalmente liberalizados en 2025, incluida la derogación del régimen de cuotas lácteas. En los sectores de cultivo, la mayoría de los productos se aproximarán a los precios del mercado mundial a partir de 2020.

Por último, las condiciones edáficas y climáticas, así como las actuales prácticas agrícolas y de uso del suelo, se consideran factores de influencia. A fin de incorporar estos factores de forma sistemática y tener en cuenta sus variaciones regionales, la evaluación general se ha estructurado a escala nacional y las asociaciones de cultivos de biomasa se han evaluado con arreglo a una zonificación ambiental de Europa.

El potencial bioenergético de la agricultura compatible con el medio ambiente se ha estimado aplicando los siguientes criterios:

1. Formulación de diversos aspectos relacionados con la protección de la biodiversidad y la conservación del suelo y del agua para incorporar a las premisas de evaluación del potencial de biomasa (véase el capítulo 2).

2. Adaptación del escenario de referencia desarrollado en el estudio de perspectivas agrícolas de la AEMA del modelo CAPSIM (EuroCARE, 2004) a una «argumentación compatible con el medio ambiente», utilizando estos resultados adaptados para calcular la futura disponibilidad de suelo para la producción de biomasa en cada Estado miembro de la UE25 (véase el capítulo 3).
3. Creación de un escenario adicional para Francia y Alemania con el modelo HEKTOR, a fin de mostrar cómo afecta la introducción de incentivos tales como los precios de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> a la disponibilidad de suelo (véase el capítulo 3).
4. Evaluación y clasificación ambiental de diferentes cultivos bioenergéticos potenciales basadas en matrices de riesgo ambiental para cada zona medioambiental (véase el capítulo 4).
5. Cálculo del potencial bioenergético de cada zona ambiental de la UE25 mediante la distribución de asociaciones de cultivos definitivas en cada país con el potencial de suelo respectivo (basado en la aplicación de los modelos CAPSIM y HEKTOR; véase el capítulo 5).
6. Traducción del potencial de suelo para la producción de cultivos de biomasa en valores energéticos para las variantes óptimas de asociaciones de cultivos del punto 5, teniendo en cuenta premisas específicas de eficiencia económica, desarrollo tecnológico, asociaciones de cultivos actuales y una transición progresiva (véase el capítulo 6).
7. Análisis de sensibilidad de los parámetros clave utilizados para determinar el potencial de suelo y bioenergía. También se comparan los resultados de este estudio con los de otros estudios para valorar el potencial bioenergético de la agricultura en Europa (véase el capítulo 7).
8. Examen de los principales criterios ambientales que deben cumplirse para alcanzar el potencial de biomasa compatible con el medio ambiente, con ejemplos de opciones sinérgicas de cultivo de biomasa y prácticas agrícolas innovadoras para la producción de biomasa (véase el capítulo 8).
9. Revisión de opciones políticas para apoyar la producción bioenergética compatible con el medio ambiente en zonas agrícolas y revisión de problemas y aspectos de la investigación que requieren mayor atención (véase el capítulo 9).

Las hipótesis relativas a los insumos económicos son muy importantes para el resultado de un ejercicio de modelización como el que presenta este informe. Los precios de los alimentos y de los combustibles fósiles han experimentado subidas considerables desde que se realizó el estudio. Además, el dólar estadounidense ha perdido mucho valor con respecto al euro. Aunque es probable que las subidas de los precios de los productos agrícolas y energéticos se anulen entre sí en gran medida, otras tendencias económicas recientes podrían afectar de forma significativa a los resultados presentados. No obstante, el enfoque de este estudio como ejercicio de escenarios de factores clave que determinan o modifican el potencial bioenergético compatible con el medio ambiente en Europa, sigue considerándose útil en el debate político actual.

## 2 Presiones ambientales sobre las tierras de cultivo: implicaciones para definir un futuro compatible con el medio ambiente

### 2.1 Visión general de tendencias agroambientales en la UE25

Para formular criterios de producción de biomasa compatible con el medio ambiente en tierras de cultivo, es necesario comprender la relación actual entre la agricultura y los objetivos ambientales de la UE. Esto ha de contemplarse en el contexto de las tendencias actuales y futuras de producción bioenergética, para determinar los riesgos o beneficios ambientales que podrían acarrear los cultivos energéticos en las zonas agrícolas. Sobre la base de esta información contextual, se pueden proponer criterios cuantitativos que favorezcan la producción bioenergética de la agricultura compatible con el medio ambiente en Europa.

Hay que señalar que los criterios formulados en el presente informe se basan en los datos más fácilmente disponibles y en un análisis minucioso, pero es posible que no abarquen todos los problemas ambientales relacionados con la producción de biomasa a gran escala en las tierras de cultivo. Por ejemplo, la posibilidad de que se produzcan pérdidas difusas de nutrientes en los cultivos energéticos se corrige principalmente con una hipótesis de incremento de la agricultura ecológica y la elección estimada de cultivos energéticos por zona medioambiental. Se trata de medidas indirectas, que probablemente habrá que complementar con directrices específicas de gestión de nutrientes u otras medidas para minimizar la utilización de insumos externos. Además, las necesidades de agua de algunas herbáceas energéticas perennes y determinados cultivos leñosos de ciclo corto parecen ser mayores de lo previsto para el estudio (por ejemplo, Dworak *et al.*, 2007). Es necesario proseguir las investigaciones en este ámbito.

A pesar de las variaciones regionales, la mayor parte del uso agrícola del suelo en la UE ya es intensivo. Por lo tanto, el incremento de la producción de biomasa agrícola para usos energéticos podría ejercer presiones adicionales sobre la biodiversidad agrícola y sobre los recursos de agua, suelo y aire. Este posible problema se ha puesto de relieve en otros estudios sobre la producción bioenergética agrícola de la UE o de sus Estados miembros (por ejemplo, Arblaster *et al.*, 2007; Reijnders, 2005; Elbersen *et al.*, 2005; Fritsche *et al.*, 2004; Feehan y Petersen, 2003; Foster, 1997).

Un reciente análisis en Alemania (donde la producción bioenergética agrícola está ya muy avanzada) revela que los impactos potenciales y efectivos sobre la calidad del agua y la biodiversidad se han convertido en problemas ambientales reales. Esto tiene que ver con la transformación de pastizales o tierras retiradas en cultivos herbáceos de biomasa, la posible aplicación inadecuada de digestato para producir biogás en tierras de cultivo, una mayor intensidad de explotación de pastizales para la producción de biogás y los efectos ambientales indirectos derivados de la intensificación del uso del suelo en tierras de cultivo y pastizales (DVL/NABU, 2007; Osterburg y Nitsch, 2007).

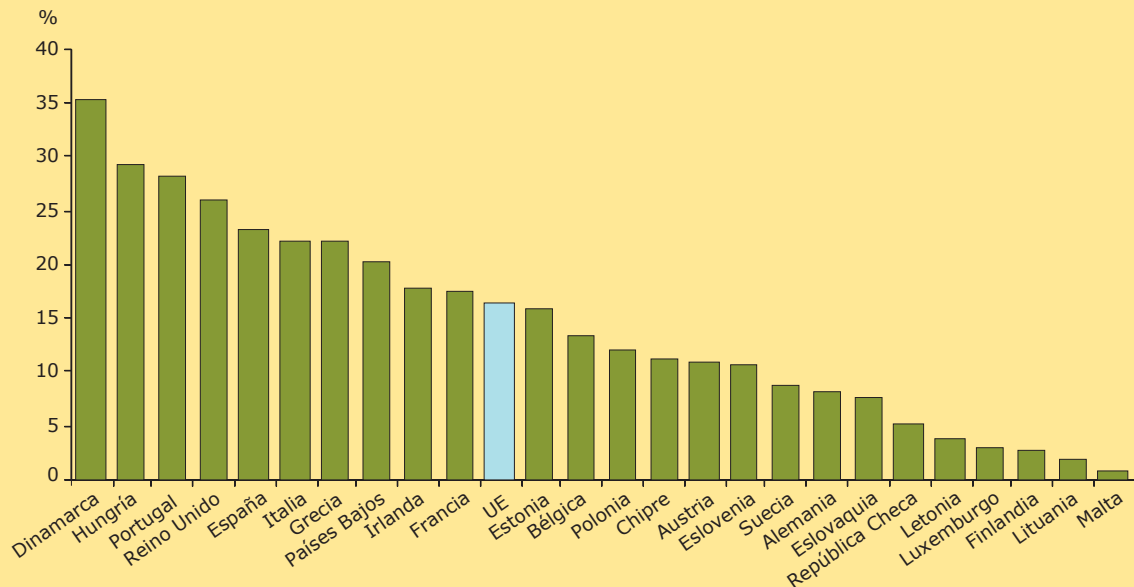
Dos informes de la AEMA sobre problemas agroambientales en los Estados miembros de la UE15 (AEMA, 2005b) y en los nuevos Estados miembros (AEMA, 2004) ponen de relieve los principales impactos ambientales del uso actual del suelo en la agricultura:

- La erosión del suelo sigue siendo un problema importante en la UE15 y parece concentrarse en la región mediterránea. También es un problema ambiental importante en los nuevos Estados miembros de la Unión Europea.
- Debido a la reducción de la cabaña ganadera y del consumo de fertilizantes minerales, las emisiones de gases de efecto invernadero y amoníaco procedentes de la agricultura de la UE15 se han reducido en torno a un 9% desde 1990. Según las previsiones actuales (que no tienen en cuenta la reforma de la PAC de 2003), la continuación de estas tendencias no será suficiente para cumplir los objetivos de reducción de emisiones de amoníaco de los Estados miembros de la UE-15 para 2010.
- La extensión de regadíos en la UE15 aumentó un 12% entre 1990 y 2000. La mayor parte de ese incremento se produjo en los países mediterráneos, donde ya se registran las mayores tasas de captación de agua para la agricultura. El regadío es también un factor crucial para la producción agrícola de los nuevos Estados miembros y ejerce una notable presión ambiental sobre los ecosistemas acuáticos y los niveles freáticos (AEMA, 2004).
- La contaminación difusa de la agricultura es un problema importante para la calidad de las aguas subterráneas y superficiales de la UE25. Los datos del balance bruto de nutrientes y la concentración

**Recuadro 2.1 Importancia de los pastizales permanentes para la conservación de la naturaleza**

Se considera que un tercio de los hábitats de pastizales permanentes incluidos en el anexo I de la Directiva Hábitats de la UE están amenazados por la intensificación de las actividades agrarias (pastoreo, siega, ganadería y recogida de cosechas). Al mismo tiempo, el abandono de estas actividades podría poner en peligro la conservación de los 16 hábitats de pastizales del anexo I (Ostermann, 1998). Se calcula que alrededor del 16% de los hábitats de los espacios Natura 2000 dependen de que se mantenga la agricultura extensiva (figura 2.1).

**Figura 2.1 Proporción de espacios Natura 2000 comprendidos en 52 hábitats agrícolas seleccionados del anexo I que dependen de la continuidad de las prácticas agrarias extensivas**



**Fuente:** Información de los Estados miembros en el marco de la Directiva Hábitats (92/42/CEE); situación en julio de 2006.

La continuidad de la gestión extensiva de los pastizales es muy importante para mantener el valor de la biodiversidad asociada (por ejemplo, Anger *et al.*, 2002; Bignal y McCracken, 1996; de Miguel y de Miguel, 1999; Nagy, 2002). En los pastizales, esto se aplica especialmente a prácticas como el pastoreo y la siega. En la medida en que estas prácticas sólo causen alteraciones leves a intermedias, determinarán la abundancia relativa de especies vegetales en un hábitat y, por lo tanto, influyen en la capacidad competitiva de dichas especies entre sí, evitando que una de ellas domine al resto. De este modo, la variedad de especies presentes y de estructuras de vegetación se mantiene en un nivel superior (ver por ejemplo Palmer y Hester, 2000; Harris y Jones, 1998; Mitchell y Hartley, 2001; Alonso *et al.*, 2001; Stevenson y Thompson, 1993). Para las aves de campos agrícolas, la diversidad paisajística es muy importante y depende mucho de las prácticas de gestión de los pastizales.

de nitratos en los ríos reflejan que este problema afecta de forma especial a la mayor parte de los Estados miembros del noroeste. La contaminación difusa de la agricultura sigue siendo un riesgo para la calidad del agua de los nuevos Estados miembros (AEMA, 2005a).

- e. Los cambios en la agricultura son un factor clave de pérdida de biodiversidad. Esta pérdida se debe tanto a la intensificación de la agricultura, como al abandono de las tierras o a la reducción de los usos del suelo y las prácticas agrícolas tradicionales. Las tendencias agrícolas actuales no parecen favorecer el mantenimiento de zonas agrícolas de alto valor natural y de hábitats agrícolas en los espacios Natura 2000 de la UE15. El abandono de la

gestión de pastizales es un problema que afecta en particular a los nuevos Estados miembros (AEMA, 2004; IEEP, 2007).

Este breve análisis del impacto ambiental de la producción agrícola actual de la UE25 explica el punto de partida general de este estudio: la futura producción de biomasa en suelo agrícola no debe ejercer presiones adicionales a las actuales sobre la biodiversidad y los recursos ambientales de las zonas agrícolas. De hecho, es necesario reducir las presiones ambientales de la agricultura en la medida de lo posible, para alcanzar los objetivos ambientales de la UE en materia de calidad del agua y del aire o de biodiversidad.

## 2.2 Pautas actuales de la producción de bioenergía

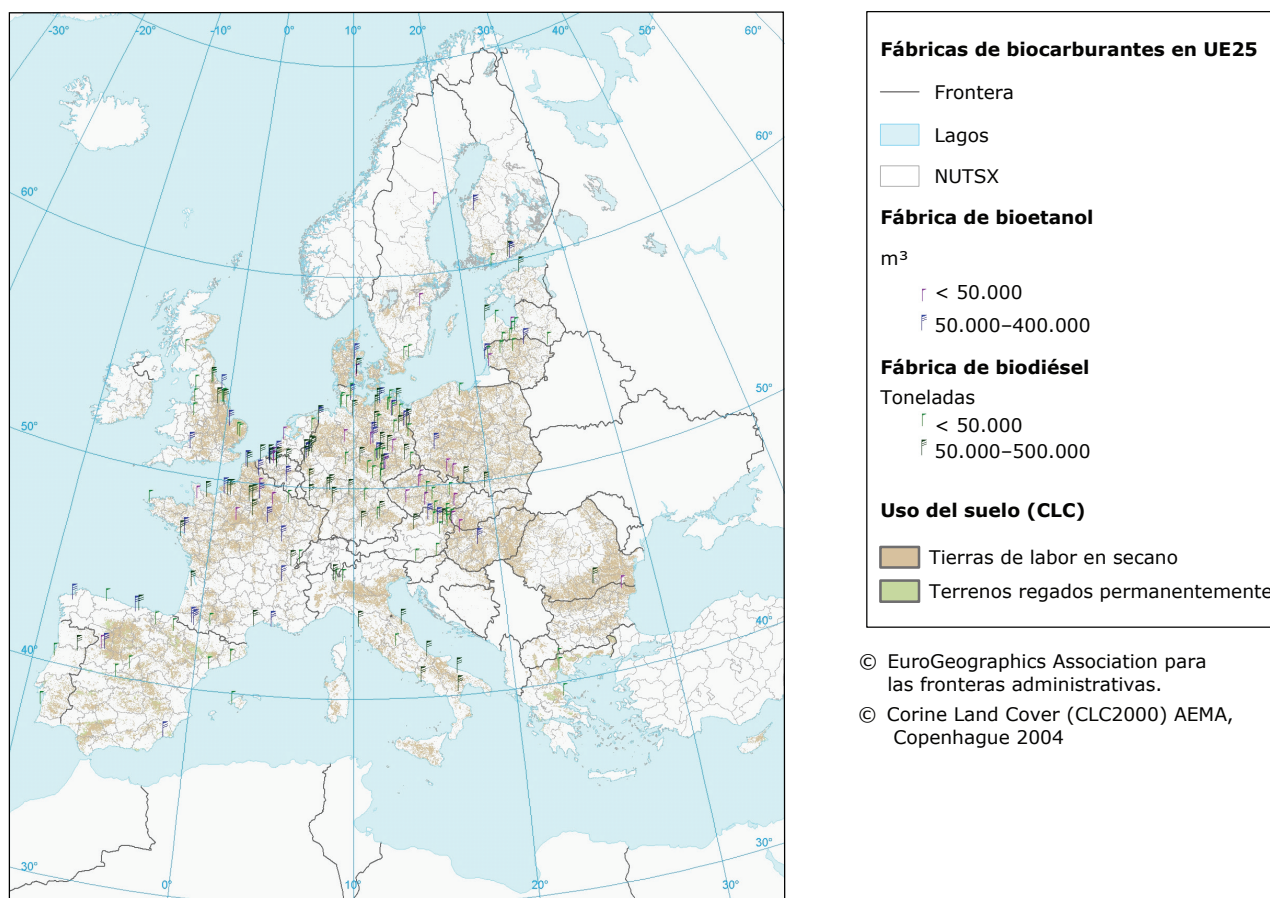
La información sobre las pautas actuales de la producción de biomasa en la agricultura de la UE 27 se ha obtenido de varias fuentes<sup>(7)</sup> para ofrecer información de contexto para el análisis presentado en el resto del estudio. Es probable que los datos recopilados hasta mediados de diciembre de 2006 se encuentren ya desfasados, como consecuencia de los rápidos cambios que se están produciendo en el desarrollo de la producción bioenergética en la UE.

En 2005, alrededor de 3,6 millones de hectáreas de suelo agrícola de la UE25 estaban dedicadas específicamente a la producción de biomasa con fines energéticos. La mayor parte de este suelo (83%) estaba destinada a cultivos oleaginosos (para producir biodiésel) y el resto a cultivos para la obtención de etanol (11%), a la producción de biogás (4%) y a la silvicultura de ciclo corto (2%).

La producción de biodiésel a partir de cultivos oleaginosos se ha multiplicado por más de 20 entre 1994 y 2005, generando una producción de energía primaria de 3.000 ktep al año, o el 3,1% de la producción total de energía renovable en 2005.

La figura 2.2 muestra la distribución geográfica de las fábricas de biocarburantes (biodiésel y bioetanol) en la UE y sus capacidades actuales o previstas. En total hay 144 fábricas de biodiésel registradas en 21 países, con una capacidad total (prevista y que será realidad en 2008 a más tardar) de 12.243.700 toneladas anuales. De esta cifra total, en los nuevos Estados miembros están en funcionamiento, proyectadas o en construcción, 19 fábricas de biodiésel. La capacidad media de las fábricas de la UE es de 85.000 toneladas anuales. Las mayores instalaciones de producción, con una capacidad de 500.000 toneladas, se encuentran en Alemania, Francia y Reino Unido (una en cada país). También existen plantas de producción relativamente grandes en Bélgica (265.000 toneladas) e Italia (250.000 toneladas). En los

**Figura 2.2 Fábricas de biodiésel y bioetanol en funcionamiento o en construcción en la UE27 (capacidad de producción en toneladas (de biodiésel) y m<sup>3</sup> (de bioetanol) al año)**



**Nota:** No hay datos disponibles de Chipre, Malta, Irlanda, Luxemburgo y Eslovaquia.

**Fuente:** Eppler y Piorr, 2006.

(7) Entre las fuentes utilizadas se encuentran informes de los Estados miembros sobre los avances realizados con arreglo a la Directiva 2003/30/CE, notas de prensa y sitios de Internet de asociaciones relevantes del sector (Consejo Europeo del Biodiésel, Asociación Europea del Bioetanol y varias asociaciones nacionales), una consulta por correo electrónico realizada en los Estados bálticos y la información disponible en las páginas web de las grandes empresas productoras de biodiésel o bioetanol.



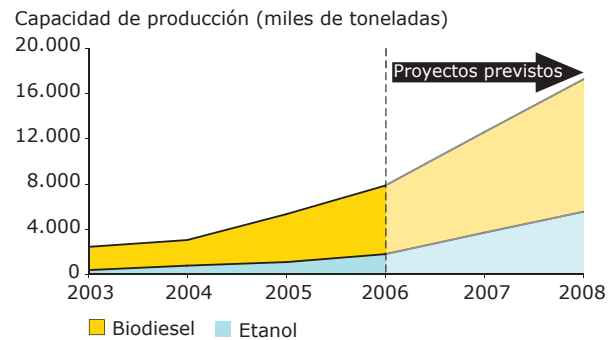
nuevos Estados miembros hay plantas relativamente grandes en Letonia, Polonia y Rumanía, cuya capacidad alcanza las 100.000 toneladas. El país que tiene mayor número de fábricas es, con diferencia, Alemania, con 51 plantas en funcionamiento, seguido de Francia (12 plantas), Italia y Austria (10 cada uno).

La capacidad de producción media de 51 fábricas de bioetanol en la UE15 es de unos 115.000 m<sup>3</sup> al año, mientras que las 16 fábricas de los nuevos Estados miembros<sup>(8)</sup> tienen una capacidad media de 58.000 m<sup>3</sup> al año. Las mayores instalaciones se encuentran en el Reino Unido (400.000 m<sup>3</sup>), Bélgica y Francia (300.000 m<sup>3</sup>), además de Austria, Alemania y Lituania (200.000–300.000 m<sup>3</sup>).

Las futuras plantas de producción serán cada vez más grandes: por ejemplo, está previsto construir en Lituania una fábrica con capacidad para transformar 300.000 toneladas de material (en 380.000 m<sup>3</sup> de bioetanol). Estas enormes instalaciones necesitan elevados insumos de biomasa, ya sea importada o producida en las proximidades de la fábrica, para mantener en niveles bajos los costes logísticos. Si se presupone un rendimiento de 5 toneladas por hectárea de cereal, la nueva fábrica de Lituania necesitaría la producción de 60.000 ha de campos de cereales. Dado que el cultivo constituye tan sólo una parte del uso de la totalidad del suelo (el 50% en muchas regiones europeas) y que seguramente los cereales no abarcan más que parte de una rotación de cultivos más amplia (por ejemplo, el 60%), la demanda regional de insumos de una fábrica de estas características supera ampliamente su entorno inmediato. En este caso hipotético, y si se descartan las importaciones, el espacio que necesitaría la nueva fábrica para la producción de etanol sería una superficie de unos 40 x 50 km en el entorno de la planta.

El objetivo de una cuota del 5,75% de biocarburantes para 2010 establecido en el plan de acción sobre la biomasa, ha dado lugar a que se construyan o se amplíen gran número de fábricas de biocarburantes en la UE27 y es previsible que se siga por este camino, ya que para 2020 se ha marcado como objetivo vinculante alcanzar la cuota de 10% de biocarburantes. Estas cifras indican que la demanda de cultivos energéticos sufrirá un incremento radical en los próximos años. El rápido crecimiento de las capacidades de producción de biocarburantes también queda de manifiesto si se compara la capacidad existente en diciembre de 2006 con la prevista para mediados de 2008 (ver figura 2.3). La capacidad total de producción de biodiésel en la UE27 era de 7.055.700 toneladas a finales de 2006, a las que se sumarán otras 5.727.000 toneladas a mediados de 2008. Las cifras correspondientes al bioetanol son aún más altas: 4.729.380 toneladas de capacidad existente y

**Figura 2.3 Incremento previsto de la producción de biodiésel y bioetanol hasta 2008**



Fuente: Wiesenthal *et al.*, 2007.

7.433.520 toneladas de capacidad adicional a mediados de 2008.

El fuerte crecimiento de la producción de biocarburantes ya comenzará a alcanzar límites agronómicos si se pretende cumplir el objetivo del 5,75% con los cultivos nacionales de biodiésel en particular. La producción de colza en la UE25 alcanzó en 2005 el récord de 15,5 millones de toneladas, es decir, un 28% más que la media de los cinco años anteriores y se preveía un crecimiento adicional hasta 16,2 millones de toneladas en 2006 (Ollier, 2006b). En 2005, la superficie dedicada al cultivo de colza en la UE25 era de 4,8 millones de hectáreas, un 80% de las cuales se concentraban en cinco países: Alemania (1,35 millones ha), Francia (1,21 millones ha), el Reino Unido (0,6 millones ha), Polonia (0,55 millones ha) y la República Checa (0,27 millones ha).

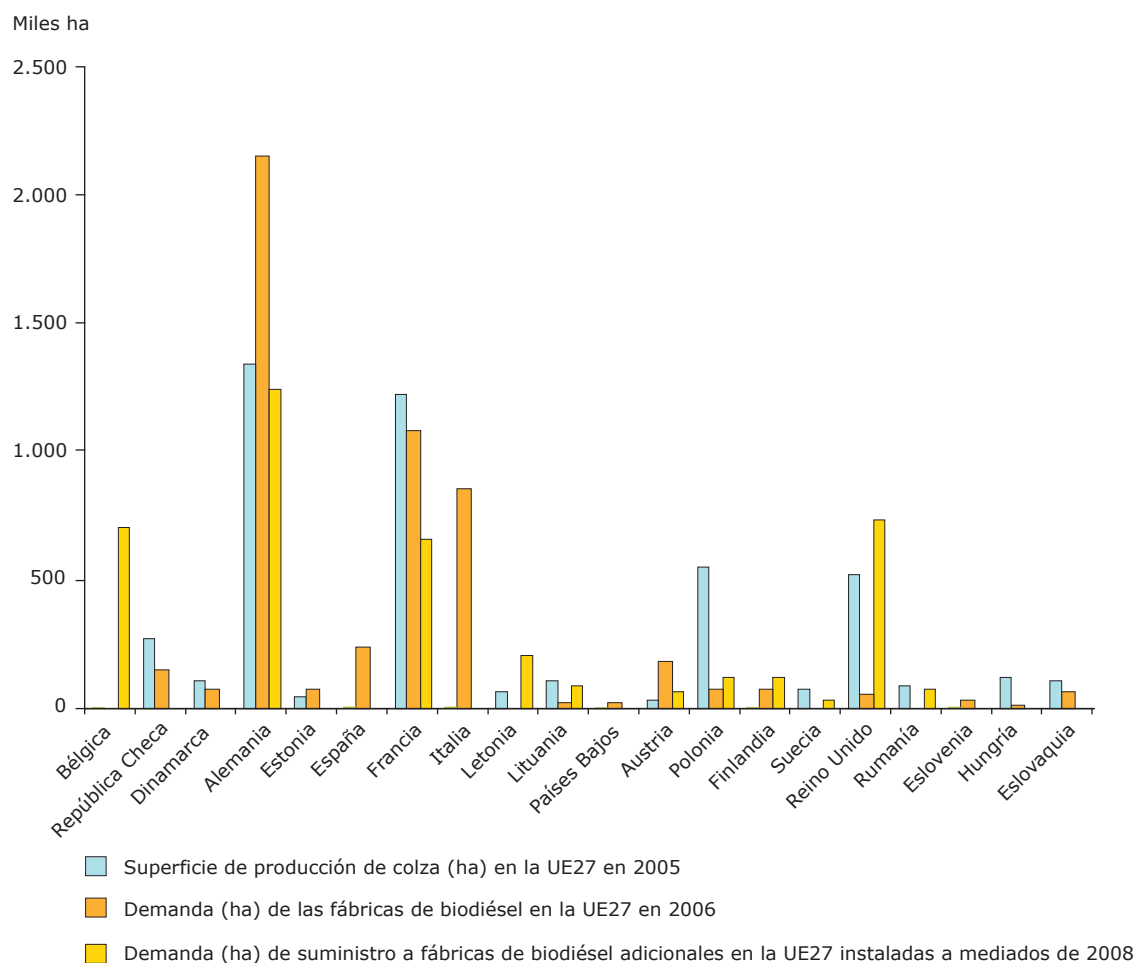
En la figura 2.4 se compara la producción potencial de colza (hectáreas de 2005 por la producción media de colza (2000-2006) de cada país) y la demanda potencial de las fábricas de biodiésel, dadas sus capacidades de producción.

Esta comparación refleja que la demanda de las fábricas de biodiésel de varios Estados miembros de la UE15 no se puede satisfacer con colza de producción nacional. En la UE10, especialmente en la República Checa y Polonia, la superficie cultivada sigue siendo superior a la demanda potencial de las fábricas, lo que deja la posibilidad de exportar buena parte de la producción. Sin embargo, no está claro si la producción de colza europea bastará para satisfacer la capacidad comunitaria de producción de biodiésel en los próximos años, teniendo en cuenta los objetivos marcados.

Aparte de las limitaciones de suelo, también existen límites agronómicos para la mayoría de cultivos

(8) Rumania y Bulgaria inclusive.

**Figura 2.4 Comparación de la superficie (ha) dedicada a la producción de colza en cada Estado miembro en 2005 y de la demanda de superficie para el suministro a las fábricas de biodiésel de los Estados miembros en 2006 y 2008**



**Fuente:** Eppler & Piorr 2006, Eurostat NewCronos 2005.

bioenergéticos, por ejemplo en lo que respecta a las necesidades de rotación. Por ejemplo, una adecuada rotación del cultivo de colza requiere una pausa mínima de tres años antes de volver a plantar colza, a fin de reducir al mínimo las enfermedades. Algunos cultivos, como el maíz, son autocompatibles, pero generan importantes presiones ambientales cuando se realizan en régimen de monocultivo. El auge del biogás en Alemania ya está dando lugar al monocultivo local de maíz, que conlleva efectos negativos sobre la biodiversidad y riesgos de lixiviación de nutrientes (Schöne, 2007).

Una fábrica de biocarburante de gran capacidad ejercerá una influencia significativa sobre la distribución de cultivos en su ámbito de suministro regional. Esto puede hacer que aumenten las presiones agroambientales en la región afectada y que haya problemas de biomasa en años de poca cosecha. Muchos productores de biocarburantes intentan diversificar sus opciones de suministro construyendo sus fábricas en grandes puertos marítimos, en la costa o cerca de ríos navegables (actualmente alrededor del

20% de las fábricas de biocarburantes suelen instalarse en este tipo de emplazamientos). En general, tanto si se importan materias primas bioenergéticas como si no, las instalaciones de escala industrial llevan aparejados evidentes riesgos ambientales. De ahí que sea importante formular criterios que favorezcan un enfoque ecológicamente sostenible de la producción energética a partir de biomasa agrícola (y no agrícola).

### 2.3 ¿Cómo definir un futuro compatible con el medio ambiente?

En el apartado 2.1 se han resumido los principales impactos ambientales de las actuales prácticas agrícolas. Una de las principales hipótesis establecidas para este estudio es que la futura producción de biomasa en suelo agrícola no debe ejercer presiones adicionales sobre la biodiversidad y los recursos ambientales de las zonas agrícolas, ni comprometer determinados objetivos ambientales de la UE (por ejemplo, «evitar pérdidas adicionales de biodiversidad hasta 2010» o el

«buen estado ecológico» de las masas de agua en 2015, conforme a la Directiva marco del agua).

Los imperativos ambientales establecidos para este estudio se formularon en una reunión de expertos de la AEMA celebrada en marzo de 2005 (nota interna de la AEMA, 2005) y se basan en la información agroambiental recogida en estudios de la AEMA, como el informe IRENA y una serie de artículos científicos. El propósito es conservar los recursos naturales existentes, así como el valor del paisaje y la biodiversidad, y abrir las puertas a una inversión de las tendencias actuales, por ejemplo en materia de biodiversidad. La aplicación de estos criterios no garantiza necesariamente que se eviten nuevas pérdidas de recursos naturales, por ejemplo en relación con el agua, un ámbito en el que hay que seguir trabajando. No obstante, deberían ser útiles para determinar el potencial de producción de biomasa agrícola que puede considerarse «compatible con el medio ambiente». Los siguientes imperativos ambientales principales forman parte del marco de modelización de este estudio:

1. La cuota actual de producción agrícola adaptada al medio ambiente tendría que alcanzar el 30% de la superficie agrícola útil (SAU) en la mayoría de Estados miembros, salvo en países densamente poblados como Bélgica, los Países Bajos, Luxemburgo y Malta, donde el índice de suelo agrícola *per cápita* es muy bajo. En estos países, la cuota necesaria se ha fijado en el 20% de la SAU para 2030.
2. Al menos el 3% del suelo agrícola actualmente sujeto a explotación intensiva debería estar destinado a fines de conservación de la naturaleza en 2030 para recrear refugios de paso (stepping stones) ecológicos que favorezcan la supervivencia y/o el restablecimiento de las especies vinculadas a áreas agrarias en estas zonas.
3. Si en el futuro se liberan de la explotación agrícola categorías de uso del suelo extensivas como los pastizales permanentes, los olivares y las dehesas o montados y, por lo tanto, quedan disponibles para la producción de biomasa, estos suelos no deberán ser labrados para plantar cultivos de biomasa específicos, sino que deberán mantenerse con su actual cobertura y estructura ecológica, pudiendo recolectarse la biomasa obtenida de la siega de herbáceos o de las podas de árboles para destinarla a la producción bioenergética.
4. Los cultivos de biomasa destinados a una futura producción bioenergética deberán escogerse cuidadosamente, considerando tanto sus posibles presiones ambientales como su posible influencia positiva sobre la calidad del paisaje y la biodiversidad en la zona. Los criterios para priorizar estos cultivos según sus prestaciones ambientales han de tener en cuenta sus efectos sobre el agua, el suelo y la biodiversidad de las tierras de cultivo.

En los apartados siguientes se justifican los cuatro imperativos ambientales descritos.

### 1) *Determinación de la cuota de la agricultura orientada ecológicamente*

La conservación o introducción de la agricultura orientada ecológicamente (AOE, integrada por las zonas agrícolas de alto valor natural y la agricultura ecológica) se considera esencial tanto para aliviar las presiones ambientales de la agricultura como para preservar categorías de uso del suelo de explotación extensiva que son importantes para la biodiversidad del campo y los paisajes. El objetivo del 30% (o del 20%) para la cuota de cada Estado miembro abarca una superficie significativa y tiene un efecto ambiental notable. Por otra parte, también se aproxima a la cuota que alcanzan actualmente las zonas agrícolas de explotación extensiva en muchos países de la UE (véase el apartado 3.2.2). Según las estimaciones disponibles en el momento de realizar este estudio, la mayoría de los países del Mediterráneo, pero también Austria, Irlanda, el Reino Unido, Estonia, Letonia, Rumanía, Eslovaquia y Eslovenia ya registran cuotas de agricultura adaptada ambientalmente muy superiores al 20% e incluso al 30%.

Un estudio realizado para la AEMA por Elbersen *et al.* en 2005 alerta sobre los efectos negativos que puede tener la producción de biomasa a gran escala sobre la agricultura adaptada ambientalmente (2005). El estudio ofrece argumentos según los cuales lo más probable es que se produzca una sustitución de la actual producción alimentaria y forrajera por producción de biomasa en suelos que no resultan óptimos para la producción de cultivos herbáceos, especialmente en el caso de cultivos de biomasa lignocelulósicos. Esto implica que las mayores presiones para cambiar a los cultivos de biomasa (ligno-celulósicos) no se darán en las tierras cultivables de elevada productividad, sino preferentemente en tierras de cultivo de menor potencial agronómico, que coincidirán en muchos casos con categorías de suelo agrícola de explotación extensiva. Para mantener el actual estado ambiental de este tipo de tierras de cultivo de explotación extensiva y su consiguiente valor para la biodiversidad, habrá que asegurarse que la producción de biomasa no favorezca una mayor intensificación de este tipo de suelo. Una forma de hacerlo sería fijar un límite del 30% para la AOE en todos los Estados miembros hasta 2030.

### 2) *Zonas de compensación ecológica en tierras de cultivo de explotación intensiva*

En las tierras de cultivo de explotación intensiva, la recreación de refugios de paso ecológicos para establecer conexiones entre hábitats importantes puede ser crucial para la supervivencia de determinadas especies. Esto lo corroboran Vickery *et al.* (2004), en un estudio que refleja que las poblaciones de aves

vinculadas a las tierras agrícolas en el Reino Unido continúan menguando debido a la insuficiente cantidad y calidad de los hábitats disponibles, especialmente en los paisajes de agricultura intensiva. Vickery demuestra que la creación de hábitats sin cultivos y de márgenes en los campos, así como las llamadas «bolsas de cultivo» en regiones de pastizal y «bolsas de pastizal» en regiones de cultivo, podrían constituir medidas efectivas para favorecer la biodiversidad ornitológica. Esta hipótesis tiene su fundamento en las teorías de supervivencia de metapoblaciones y teorías de las islas en las que se basa la creación de una red ecológica (por ejemplo, la red Natura 2000) (Bouwman *et al.*, 2002).

Estudios como los de Vos *et al.* (2001), Opdam *et al.* (2003), Foppen (2000) y Bruinderink *et al.* (2003) confirman la importancia de las medidas paisajísticas, como la cantidad y calidad de los hábitats, para la supervivencia de muchas especies, pero también su distribución en el medio rural. Estos autores señalan que es preciso estudiar detenidamente la adopción de medidas en el paisaje en general, incluidas las tierras de cultivo de explotación intensiva, a la hora de crear una red ecológica para determinadas especies. Recreando refugios de paso en estas tierras de cultivo de explotación intensiva, se facilitan conexiones entre hábitats y se establecen corredores de migración de especies que actualmente se encuentran principalmente en espacios protegidos o en zonas agrícolas de alto valor natural. En segundo lugar, esta clase de medidas son importantes para aumentar el índice de supervivencia de especies que se han adaptado a las tierras de cultivo, como la liebre o la perdiz pardilla (por ejemplo, Boatman *et al.*, 1999). Por lo tanto, este estudio establece la necesidad de retirar de la agricultura un 3% del suelo sujeto a explotación intensiva con el fin de crear refugios de paso «ecológicos», como segunda condición general para un futuro bioenergético compatible con el medio ambiente.

### 3) *Mantenimiento de la cobertura actual de las categorías de suelo de explotación extensiva*

La tercera premisa para alcanzar un futuro compatible con el medio ambiente es que no se transformen pastizales permanentes en cultivos especializados de biomasa. Una primera razón importante para ello es que al labrar los pastizales pueden liberarse grandes cantidades de carbono del suelo. Esto podría anular por completo los posibles efectos paliativos del consumo de energías renovables obtenidas de la biomasa en lugar de energías no renovables (véase por ejemplo CCI, 2006; Vellinga, *et al.*, 2005; Freibauer *et al.*, 2004; Vleeshouwer y Verhagen, 2002). Una segunda razón es que los pastizales permanentes —especialmente los pastizales seminaturales extensivos— son hábitats importantes para un gran número de especies de distinta biota que dependen de ellos (véase por ejemplo

Evans, 2000; Anger *et al.*, 2002; Bokdam, 2002; Nagy, 2002; Heath *et al.*, 2000; Bignal y McCracken, 1996 y 2000; Osterman, 1998; Tucker y Evans, 1997). La importancia de los pastizales permanentes, también está claramente reconocida en la legislación europea. En la revisión intermedia de la PAC se introdujo una norma para evitar la transformación de pastizales permanentes con una flexibilidad máxima del 10% de pérdida de pastizales por Estado miembro (Reglamento CE 1782/2003). Las formaciones de pastizales naturales y seminaturales son un grupo de hábitats importante incluido en el Anexo I de la Directiva Hábitats. Además, es sabido que la mayoría de estos pastizales permanentes están amenazados por la intensificación o por el abandono de las actividades agrícolas (véase por ejemplo AEMA, 1998 y 2005; Ostermann, 1998).

Por estos motivos, es evidente que desde la perspectiva de la biodiversidad no es aconsejable labrar pastizales para dedicarlos a la producción de biomasa. Sin embargo, al mismo tiempo se observa un proceso de abandono y/o infrautilización de los pastizales que tampoco es aconsejable. Dado que la eliminación de biomasa por pastoreo o siega es un elemento esencial para mantener la riqueza natural de los sistemas, se puede sustituir por la eliminación mecánica. De esta manera, podría mantenerse la diversidad estructural del hábitat, al tiempo que se extrae biomasa para producir energía (véase también el apartado 8.3).

### 4) *Elección de una combinación de cultivos compatible con el medio ambiente*

Con arreglo al vigente marco legislativo y al estado actual de la tecnología, es previsible que la producción bioenergética se concentre en el bioetanol y el biodiésel al menos hasta 2010, y que se obtenga de cultivos rotativos (las prácticas agrícolas y sus efectos potenciales sobre el medio ambiente y la biodiversidad no se diferencian de los que conllevan los cultivos alimentarios y forrajeros habituales en las explotaciones agrícolas). Se trata de cultivos almidonosos (como el trigo, la patata, el maíz de grano, la cebada y el centeno), cultivos azucareros (como la remolacha o el sorgo dulce) y cultivos oleaginosos (como la colza, el girasol y la soja). La expectativa general es que a partir de 2010 existirán técnicas de conversión que aumenten la eficiencia de los cultivos lignocelulósicos (es decir, cultivos leñosos de ciclo corto como el sauce, el álamo o el miscanto, el pasto aguja y el alpiste rosado, o cultivos anuales como el cáñamo y los cereales forrajeros) como materias primas para producir biocarburantes. Además, también cabe esperar que estos cultivos adquieran importancia como materias primas para la producción de electricidad y calefacción. Es previsible que la producción de estos cultivos aumente de forma considerable durante los próximos 20 años.

La elección de cultivos de biomasa y su gestión en las explotaciones agrícolas afecta en gran medida al impacto ambiental general de los cultivos energéticos. Los cambios de uso del suelo perjudiciales para el medio ambiente (como la transformación de pastizales o cultivos permanentes en cultivos herbáceos) están en gran medida excluidos en virtud de los tres primeros imperativos ambientales. No obstante, todos los cultivos energéticos potenciales tienen distintos impactos ambientales en función de su adecuación a las circunstancias locales, su posición en la rotación de cultivos y las prácticas de gestión concretas que requieren. La elección de cultivos también influye en la eficiencia de distintos métodos de producción bioenergética, y la elección del método determina asimismo la clase de cultivos que resultan adecuados como materia prima de biomasa. Estas cuestiones se han tratado ya brevemente y se explican con más detalle en el capítulo 5.

El impacto ambiental de los diferentes cultivos energéticos puede evaluarse con ayuda de una serie de indicadores de presión adaptados a cada zona medioambiental. Los indicadores de presión que se han utilizado para determinar el probable impacto ambiental de los cultivos bioenergéticos son:

1. la erosión;
2. compactación del suelo;
3. lixiviación de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales;
4. contaminación del suelo y del agua por pesticidas;
5. captación de agua;
6. riesgo de incendio;
7. biodiversidad de las tierras de cultivo;
8. diversidad de tipos de cultivo.

Estos criterios se han aplicado en una tabla para clasificar los cultivos energéticos analizados según su probable impacto ambiental en cada zona. Este análisis revela que, desde el punto de vista ambiental, en general dan mejor resultado los nuevos cultivos energéticos permanentes, como el miscanto, el pasto aguja o los cultivos leñosos de ciclo corto. Sin embargo, es preciso profundizar en la investigación de sus impactos sobre los recursos hídricos (Dworak *et al.*, 2007). En el capítulo 4 se explica con más detalle este análisis y sus implicaciones para la propuesta de distribución de cultivos definitiva desde una perspectiva ambiental.



## 3 Procedimiento para estimar el potencial compatible con el medio ambiente

### 3.1 Introducción

En este capítulo se describe el procedimiento utilizado para determinar la futura disponibilidad potencial de suelo en Europa, teniendo en cuenta varias de las consideraciones relativas a la protección de la biodiversidad y la conservación del agua y del sistema edáfico que se han analizado en el capítulo 2. En primer lugar, se explica cómo se han trasladado las consideraciones ambientales al campo de los factores de corrección del modelo agroeconómico de base (el escenario CAPSIM Animlib). A continuación, este nuevo escenario «compatible con el medio ambiente» se ha utilizado para determinar la disponibilidad de suelo para la producción de biomasa. En el apartado 3.2 se describe la creación de este escenario. En el apartado 3.3 se explica el uso de este escenario para calcular la disponibilidad de suelo y sus resultados. El potencial de uso del suelo resultante, calculado a la luz de este escenario, puede considerarse conservador, porque una premisa clave es que los cultivos de biomasa sólo se desarrollarán en suelo «sobrante», es decir, no necesario para la producción de alimentos y forraje. En el apartado 3.4 se presentan además algunos criterios menos conservadores para calcular la disponibilidad de suelo a fin de incluir premisas adicionales en el escenario sobre el alza de los precios de la energía y el acoplamiento entre los mercados de alimentos, forraje y biomasa. Se presenta un modelo alternativo, que se aplica a Francia y Alemania para comprender el efecto de este escenario (precios de la energía y de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>) sobre la disponibilidad de suelo. A continuación, se comparan y se integran los resultados de este estudio adicional con los cálculos basados en el escenario CAPSIM Animlib. Por último, en el apartado 3.5 se analiza cómo afecta al cálculo la aplicación de estadísticas oficiales de utilización del suelo.

### 3.2 Creación del escenario «compatible con el medio ambiente» para predecir la futura disponibilidad de suelo para biomasa

Para estimar la disponibilidad de suelo se toma el actual escenario «Animlib» del modelo CAPSIM (EuroCare, 2005) como situación de partida y se adapta a un escenario «compatible con el medio ambiente». El escenario CAPSIM Animlib parte de la base de que la futura política comunitaria no marca objetivos para las energías renovables y, por lo tanto, sólo contempla cambios en los mercados agrícolas a consecuencia de

la reforma de la política agrícola común (PAC), como se explica en el apartado 1.3. El escenario Animlib presupone que todos los sectores pecuarios (vacuno, lácteo, porcino y avícola) están totalmente liberalizados, incluida la derogación del régimen de cuotas lácteas, y un nivel de precios de la mayoría de productos agrícolas próximo al del mercado mundial. El recuadro 3.1 contiene más información sobre el modelo CAPSIM y el escenario Animlib.

El escenario CAPSIM Animlib se toma como situación de partida en la que se calcula el porcentaje de la SAU que puede destinarse a la producción de cultivos de biomasa. Sin embargo, antes de utilizar el escenario CAPSIM Animlib como situación de partida, ha sido necesario hacer dos ajustes:

- 1) Se han extrapolado los resultados de Animlib de 2025 a 2030, porque 2030 es el último año del período que debe comprender el estudio.
- 2) Se han incorporado al escenario Animlib criterios de protección de la biodiversidad y de conservación del agua y del sistema edáfico, tal como se formulan en el capítulo 2. Antes de realizar este estudio no se habían incorporado las condiciones del marco ambiental al escenario Animlib del modelo CAPSIM porque se basaba en una proyección del actual conjunto de regímenes agrícolas.

Los resultados del escenario Animlib adaptado sirven de base para el cálculo del suelo disponible para la producción de cultivos de biomasa en 2010, 2020 y 2030.

#### 3.2.1 Extrapolación del escenario CAPSIM Animlib de 2025 a 2030

El potencial de biomasa viene determinado por el aumento del rendimiento y por los cambios de uso del suelo. Para la extrapolación se utiliza un método de regresión lineal, ya que no hay ningún indicio de que los rendimientos vayan a alcanzar el 'máximo genético' (EuroCare, 2004). La regresión se aplica a los rendimientos originales del modelo CAPSIM para los años 2001, 2011, 2015 y 2025, de los que se derivan los factores de extrapolación para todos los productos agrícolas para 2030. Los rendimientos de este año se utilizan como dato de partida para el siguiente paso; en concreto, la aplicación de un factor de corrección a los resultados de rendimiento de Animlib para 2030, a fin de incorporar los imperativos ambientales formulados en este estudio y crear una nueva situación de partida futura que fuera compatible con el medio ambiente. En el anexo I se ofrece una panorámica de

**Recuadro 3.1 Escenario CAPSIM Animlib**

El modelo CAPSIM da resultados de todos los productos agrícolas expresados en tamaño de la producción, rendimientos y necesidades de suelo en 2010, 2020 y 2025<sup>(9)</sup>. Se refiere a 23 Estados miembros de la Unión Europea. Chipre y Malta no están incluidos debido a los limitados datos disponibles actualmente. El estudio se basa en los resultados de los estudios de proyecciones ya existentes, en concreto el informe «Perspectivas para los mercados agrarios» de la DG Agricultura (julio de 2004), el FAPRI, el modelo base del USDA/ERS, las proyecciones de IMPACT y la FAO, integrándolos en el modelo CAPSIM. De este modo se combinan los juicios de expertos plasmados en diferentes estudios de proyecciones y se obtiene una proyección media. Para hacer las proyecciones, el modelo CAPSIM utiliza un enfoque de modelización de equilibrio parcial. El modelo CAPSIM incorpora una gran variedad de supuestos sociales, económicos, tecnológicos y políticos. Principalmente, los supuestos exógenos se dividen en factores de oferta y demanda:

**Demanda:**

- El crecimiento demográfico y el gasto doméstico se han tomado del conjunto de supuestos fundamentales establecido por el equipo de modelización PRIMES, expresados en intervalos de 10 años desde 1990 hasta 2030. Debido a que los datos «ex post» difieren de los datos demográficos de Eurostat que constituyen el grueso de la base de datos CAPSIM, las proyecciones se han expresado en forma de índice (en relación con el año 2000).
- El consumo evoluciona en función de las variaciones de precios y otros factores de cambio (estilo de vida, hábitos) que se interpretan como cambios de preferencia en el tiempo. Las variaciones de precios son en parte endógenas y en parte exógenas. Para obtener datos netos del mercado se toman los precios exógenos del mercado internacional, donde el comercio neto es endógeno. Para el comercio neto exógeno se toman precios que se determinan de forma endógena.
- Las hipótesis sobre precios internacionales y sobre comercio neto de la UE se derivan de las proyecciones de organismos internacionales. La oferta y la demanda interactúan en los mercados. Para los productos negociables, los precios internacionales ('precios en frontera') se relacionan con los precios de la UE utilizando una ecuación de transmisión de precio. Sin medidas fronterizas, estos precios internacionales se aplicarían directamente a los mercados de la UE. Los instrumentos de política de precios son aranceles o bien, mientras la arancelización no sea completa, precios administrados con gravámenes flexibles o subvenciones a la exportación. Para los productos no negociables (por ejemplo, piensos y terneros), el cálculo de los datos netos del mercado se realiza para cada Estado miembro.
- El índice de precios no agrícolas (generales) es un importante caso especial que se ha especificado en consonancia con los supuestos sobre el tipo de cambio EUR/USD. El tipo de cambio utilizado en la proyección base se fijó en 1,1 USD/EUR a partir de 2001, en consonancia con las hipótesis de la Comisión Europea cuando se elaboró el informe (DG Agricultura, 2003).

**Oferta:**

- Los supuestos principales que afectan a la oferta son los cambios tecnológicos en sentido amplio, la evolución de los rendimientos y las variables de precios. Según el régimen comercial, estas últimas se determinan a partir de la interacción con la demanda.
- CAPSIM distingue entre niveles de actividad y rendimientos de manera que los rendimientos de los cultivos, por ejemplo, son un dato de partida explícito para la modelización. Otros cambios, como los cambios a largo plazo en los sistemas de estiércol y estabulación, sólo pueden incorporarse en forma de variaciones paramétricas de la descripción del saldo de nutrientes y no pueden analizarse como actividad independiente.
- Con respecto al cambio estructural de la distribución de explotaciones por tamaños, la agricultura a tiempo parcial y las variaciones de la población activa, su análisis explícito queda fuera del alcance de CAPSIM. Sin embargo, el cambio estructural puede considerarse un tipo especial de cambio tecnológico desde una perspectiva global. Se han realizado considerables esfuerzos para captar el resultado final de estos cambios de las funciones de comportamiento en la oferta y la demanda con un conjunto complejo de proyecciones de tendencias. Éstas incorporan un número significativo de condicionantes tecnológicos (saldo de nutrientes, saldo de suelo como sistema edáfico) y de identidades (producción = área \* rendimiento) para compensar la modelización detallada de las contribuciones individuales al cambio tecnológico general, como mejoras genéticas, acumulación de capital, calidad de los insumos y cambios estructurales.

(9) Extrapolados a 2030 a efectos del presente estudio; véase el apartado 3.2.1.

- La política modifica notablemente los incentivos en el lado de la oferta. Los ingresos brutos de las actividades provienen de los ingresos del mercado y de distintos tipos de subvenciones de la PAC.
- La retirada de tierras obligatoria se especifica según las proyecciones de la DG Agricultura de julio de 2004. La producción no alimentaria se trata de la misma manera.

Para las funciones de comportamiento del modelo CAPSIM, que incluyen funciones para niveles de actividad, demanda de insumos, demanda de los consumidores y procesado de productos, los parámetros pueden cambiar con el tiempo. Estas variaciones paramétricas suelen reflejar impactos lineales o no lineales de los cambios tecnológicos o estructurales.

En el escenario Animlib, el régimen de cuotas lácteas finaliza en 2025 y viene precedido de un descenso gradual de los precios administrativos de la mantequilla y de la leche desnatada en polvo, así como de los aranceles para los productos lácteos a partir de 2011. De igual manera, se eliminan las intervenciones en el mercado de la carne de vacuno y los aranceles para las distintas carnes y huevos. En consecuencia, se presupone que los precios del mercado de la UE son idénticos a los precios en frontera (mercado mundial) en 2025. El descenso del precio de la leche también reducirá las rentas por cuota y, cuando éstas lleguen a cero, la cabaña de vacuno de producción lechera se ajustará (-10%) hasta que los costes marginales de producción sean equivalentes a la reducción de precio de la leche (-33%). Además, el descenso del precio de la carne de vacuno (-30%), en comparación con la referencia, reducirá la producción de este tipo de carne (-4%). Al mismo tiempo, los precios de mercado de la carne de porcino (-13%) y de ave (-28%) se equiparán a los del mercado mundial y se ajustarán las cabañas ganaderas (-5% para el porcino y -11% para el avícola). Además, la reducción del número de cabezas de ganado hará que disminuya la demanda de piensos y conllevará una reducción en la superficie forrajera (-2%) que, a su vez, provocará la expansión de otros tipos de cultivos (+1% en cereales).

Los demás pagos asociados corresponden a los cultivos proteínicos y al arroz cáscara (compensación por una fuerte rebaja de los precios). El único precio de intervención relevante es el del azúcar, que ha bajado conforme a la propuesta de la Comisión de 2004 (de 632 a 421 euros)<sup>(10)</sup>. Los precios de intervención de los cereales siguen existiendo, pero son irrelevantes, porque se presupone que los precios mundiales subirán (en términos nominales) y se equiparán a los precios de la UE –o incluso los superarán– a partir de 2020.

La reciente evolución de los precios mundiales de los cereales ha sobrepasado claramente la hipótesis anterior, ya que una serie de malas cosechas y el aumento de la demanda bioenergética han favorecido un fuerte alza de los precios de los productos agrícolas en todo el mundo (OCDE/FAO, 2007). Esto demuestra además la interacción de los mercados europeos de alimentos, piensos y bioenergía con los mercados globales. Sin embargo, este aspecto no se ha podido analizar en el presente informe debido a los límites del sistema adoptados para este estudio.

los aumentos del rendimiento utilizados en el escenario CAPSIM Animlib original, incluidos los rendimientos extrapolados para 2030.

Respecto a la superficie, no se ha hecho ninguna extrapolación para 2030, ya que este factor depende de la normativa. Si se hiciera una extrapolación de este factor que no se basara en un conocimiento de

la normativa aplicable, los resultados tendrían un alto grado de incertidumbre. En consecuencia, tampoco se extrapola ni la producción total ni el producto de la superficie y el rendimiento. Por lo tanto, la extrapolación llevada a cabo en este estudio sólo afecta a los aumentos de rendimiento; las necesidades de superficie agrícola son las mismas que en el escenario Animlib de 2025.

### 3.2.2 Incorporación de las consideraciones ambientales

Para imaginar un futuro «compatible con el medio ambiente», el escenario Animlib se ha modificado en

este estudio con arreglo a la hipótesis de que una parte del uso futuro del suelo agrícola (la parte utilizada por la 'agricultura orientada ecológicamente', AOE) será de tipo más extensivo. Esta corrección de la extensificación implica una cuota mayor de la agricultura así orientada (AOE) en 2010, 2020 y 2030 que la contemplada hoy por hoy en el escenario CAPSIM Animlib. En 2030, la cuota de la AOE debería ser al menos del 30% en todos los Estados miembros de la UE (excepto Bélgica, Luxemburgo, Países Bajos y Malta).

Esta agricultura orientada ecológicamente» incluye tanto la superficie dedicada a la agricultura ecológica como las zonas agrícolas de 'alto valor natural' (AVN). Por zonas agrícolas de alto valor natural se entienden *las superficies agrícolas que comprenden aquellas zonas europeas donde la agricultura constituye un uso importante (por lo general predominante) del suelo y sustenta, o está asociada, a una gran diversidad de especies y hábitats o a la presencia de especies de interés para la conservación de la naturaleza en Europa, o ambas cosas* (Andersen et al., 2003; y AEMA/PNUMA, 2004).

<sup>(10)</sup> No incorpora el acuerdo de reforma del azúcar de diciembre de 2005. No obstante, los supuestos utilizados en CAPSIM no difieren mucho, en conjunto, del acuerdo actual.



**Tabla 3.1 Estimación presente y futura de la 'agricultura orientada ecológicamente' (AOE), cuota combinada de agricultura ecológica y zonas de 'alto valor natural' (AVN) en clases**

	Clases				
	Año	2000	2010	2020	2030
Alemania		2	3	5	6
Austria		6	6	6	6
Bélgica*		1	2	3	6
Bulgaria		2	4	2	6
Chipre*		..	..	..	..
Dinamarca		2	3	5	5
Eslovaquia		6	6	6	6
Eslovenia		7	7	7	7
España		7	7	7	7
Estonia		5	6	6	6
Finlandia		3	4	5	6
Francia		4	5	6	6
Grecia		7	7	7	7
Hungría		4	5	6	6
Irlanda		5	6	6	6
Italia		6	6	6	6
Letonia		5	6	6	6
Lituania		5	6	6	6
Luxemburgo*		1	2	3	5
Malta*		4	4	5	5
Países Bajos*		1	2	3	5
Polonia		3	4	5	6
Portugal		7	7	7	7
Rumanía		5	5	6	6
Reino Unido		6	6	6	6
República Checa		3	4	6	6
Suecia		5	5	6	6

Clases:	
0-4,9%	= 1
5-9,9%	= 2
10-14,9%	= 3
15-19,9%	= 4
20-24,9%	= 5
25-30%	= 6
> 30%	= 7

**Nota:** Las cuotas de superficie agrícola ecológica están basadas en Offermann (2003). Las cuotas de superficie agrícola AVN para la UE15 están basadas en AEMA (2003). Las cuotas de superficie agrícola AVN para la UE10 y Rumanía y Bulgaria se han estimado a partir de un conjunto de datos seleccionados de Corine Land Cover 2000 y estimaciones de pastizales seminaturales (Veen *et al.*, en Brouwer *et al.*, 2001). Los países marcados con un asterisco \* sólo tienen un objetivo del 20% de AOE debido a su escasa superficie agrícola por habitante.

Para alcanzar el objetivo del 30% se formulan dos premisas principales. Si el objetivo se ha alcanzado en la actualidad, la cuota de la superficie agrícola AVN y de agricultura ecológica permanecerá estable hasta 2030. Si el objetivo del 30% no se ha alcanzado en la actualidad, se supone que la cuota de la agricultura ecológica aumentará, mientras que la cuota de la superficie agrícola AVN se mantendrá constante. En la tabla 3.1 se presenta la actual cuota combinada de agricultura ecológica y superficie agrícola AVN en 6 clases y se indica su evolución estimada entre 2000 y 2030.

El escenario CAPSIM Animlib no diferencia explícitamente entre los sistemas de agricultura convencional, ecológica y AVN. En CAPSIM hay un rendimiento por cultivo que determina el suelo que será necesario para obtener una determinada producción agrícola (véase el anexo II).

Sin embargo, un futuro sujeto a imperativos ambientales presupone que los rendimientos de la cuota del 30% de la AOE son menores que los convencionales. A fin de incorporar una cuota mayor de AOE en el uso futuro del suelo es necesario corregir el rendimiento de la cuota estimada de superficie agrícola AOE en 2010, 2020 y 2030. Así,

1. Se determinan las diferencias de rendimiento del año 2000 entre la agricultura convencional, ecológica y AVN y se calculan las diferencias futuras (hasta 2030).
2. Se determina la división entre superficie agrícola AVN y ecológica en las diferentes categorías de superficie cultivable y pastizal. Así se puede calcular el porcentaje de las diferentes categorías de uso del suelo que habría que corregir por los

menores rendimientos que se obtendrían en un futuro compatible con el medio ambiente.

- La corrección por los menores rendimientos se aplica al escenario CAPSIM Animlib y se obtiene un nuevo escenario de base compatible con el medio ambiente que necesita más suelo que el escenario Animlib original.

Los tres pasos se explican con mayor detalle en los siguientes subapartados.

### 1) Determinación de las diferencias de rendimiento entre la agricultura convencional y la AOE

Para determinar el diferencial de rendimiento entre agricultura ecológica y convencional, puede seguirse a Offermann (2003), que presenta una visión general de los factores de reducción del rendimiento por cultivo en diferentes países europeos en torno al año 2000 (ver tablas 3.3. y 3.4).

De cara al futuro se presupone que el aumento de productividad de la agricultura ecológica es el mismo que en la convencional.

Para estimar el diferencial de rendimiento en la superficie agrícola AVN se ha utilizado el nivel de rendimiento de la agricultura ecológica indicado por Offermann, aunque se presupone que en el futuro ese rendimiento permanecería constante para esta parte de la AOE. De este modo la superficie agrícola AVN no registrará ningún aumento del rendimiento, a diferencia de la parte de la AOE correspondiente a la agricultura ecológica, para la que se presupone un aumento del rendimiento en el tiempo similar al de la agricultura convencional. Esta premisa tiene su razón de ser en las características inherentes a este tipo de sistema agrícola. Las prácticas agrícolas que llevan a cabo las explotaciones AVN suelen estar condicionadas por factores climáticos y topográficos; por ello son más extensivas y están más sincronizadas con los procesos y fluctuaciones naturales interanuales (ver Andersen *et al.*, 2003; AEMA/ PNUMA, 2004).

**Tabla 3.2 Porcentaje de la AOE total estimada para 2030 por Estado miembro**

AOE total	Estados miembros
20%	Bélgica, Países Bajos, Luxemburgo, Malta
30%	Dinamarca, Alemania, Francia, Irlanda, Italia, Austria, Finlandia, Suecia, Reino Unido, República Checa, Estonia, Hungría, Lituania, Letonia, Polonia, Eslovaquia
35%	Eslovenia
36%	España
38%	Portugal
41%	Grecia
-	Chipre

**Tabla 3.3 Rendimientos de la agricultura ecológica en los Estados miembros de la UE15 expresados en porcentaje de los rendimientos convencionales (= 100%)**

	BE	DK	DE	EL	ES	FR	IE	IT	NL	AT	PT	FI	SE	UK
Trigo	63%	59%	61%	70%	79%	50%	60%	88%	73%	65%	79%	60%	62%	54%
Trigo Duro	63%	59%	61%	70%	70%	73%	66%	70%	68%	64%	70%	60%	60%	66%
Centeno	66%	70%	60%	70%	70%	60%	68%	72%	77%	75%	70%	48%	74%	68%
Cebada	65%	67%	64%	70%	72%	75%	60%	75%	79%	64%	72%	52%	66%	65%
Avena	64%	70%	70%	70%	79%	70%	62%	88%	64%	66%	79%	64%	76%	72%
Maiz en grano	95%	73%	71%	70%	72%	73%	77%	74%	95%	87%	72%	73%	73%	77%
Otros cereales	63%	70%	71%	70%	70%	55%	69%	70%	77%	64%	70%	73%	73%	69%
Leguminosas	78%	74%	74%	70%	78%	83%	70%	87%	78%	84%	78%	74%	74%	70%
Patatas	50%	71%	60%	67%	67%	74%	74%	81%	71%	47%	67%	10%	85%	60%
Remolacha azucarera	71%	86%	91%	70%	70%	91%	57%	70%	71%	85%	49%	86%	86%	86%
Colza	63%	63%	63%	49%	49%	63%	74%	49%	49%	83%	49%	63%	63%	63%
Semilla de girasol	63%	63%	63%	49%	49%	63%	74%	49%	49%	83%	49%	64%	64%	80%
Heno	80%	83%	80%	70%	70%	70%	80%	80%	80%	90%	80%	50%	79%	80%
Otros piensos	80%	83%	80%	70%	70%	70%	80%	80%	80%	80%	80%	50%	79%	80%

**Nota:** Los números de color amarillo son estimaciones y no provienen de Offermann (2003). Estas cantidades se calculan tomando las cifras de reducción del rendimiento medio de los países vecinos, de los que Offerman sí ofrece datos.

**Fuente:** Offermann(2003).

**Tabla 3.4 Rendimientos de la agricultura ecológica en los nuevos Estados miembros expresados en porcentaje de los rendimientos convencionales (= 100%)**

	CZ	ES	HU	LT	LV	PO	SI	SK
Trigo	66%	61%	66%	61%	61%	66%	66%	66%
Trigo Duro	66%	60%	66%	60%	60%	66%	66%	66%
Centeno	68%	60%	68%	60%	60%	68%	68%	68%
Cebada	68%	63%	68%	63%	63%	68%	68%	68%
Avena	71%	69%	71%	69%	69%	71%	71%	71%
Maiz en grano	77%	72%	77%	72%	72%	77%	77%	77%
Otros cereales	69%	73%	69%	73%	73%	69%	69%	69%
Leguminosas	77%	73%	77%	73%	73%	77%	77%	77%
Patatas	63%	56%	63%	56%	56%	63%	63%	63%
Remolacha azucarera	76%	81%	76%	81%	81%	76%	76%	76%
Colza	60%	71%	60%	71%	71%	60%	60%	60%
Semilla de girasol	62%	64%	62%	64%	64%	62%	62%	62%
Heno	77%	64%	77%	64%	64%	77%	77%	77%
Otros piensos	76%	71%	76%	71%	71%	76%	76%	76%

**Nota:** Las cifras de color amarillo son estimaciones y no provienen de Offermann. Estas estimaciones se hacen con los datos de reducción del rendimiento medio de los países vecinos de los que Offerman sí ofrece datos.

**Fuente:** Offermann, 2003.

Por lo tanto, los bajos rendimientos son una característica inherente a la mayoría de sistemas AVN y son uno de los factores determinantes de la riqueza de su biodiversidad. Por esta razón no se contempla ningún aumento de rendimiento de la agricultura AVN en los cálculos.

En el siguiente paso se reduce el rendimiento de cada cultivo en función de la superficie AOE de cada país. A fin de alcanzar el objetivo del 30% de AOE en 2030, se ha establecido la premisa de que la actual cuota de superficie agrícola AVN permanecerá estable hasta 2030, y la cuota de la agricultura ecológica aumentará hasta alcanzar una cuota combinada del 30%. Las tablas 3.1 y 3.2 presentan los resultados de los distintos países en 2010, 2020 y 2030. Sin embargo, es preciso señalar que se ha fijado como objetivo la cuota del 30% de la superficie AOE en 2030. Para los años intermedios (2010 y 2020) se ha dividido el aumento total hasta 2030 en tres partes iguales para la cuota de la agricultura ecológica. Esto explica por qué la extensificación hacia una mayor cuota de AOE y los aumentos de rendimiento aplicados como factores de corrección del escenario Animlib durante el mismo período de tiempo no están totalmente correlacionados con cada uno de los horizontes temporales.

## 2) Estimación de los tipos de uso del suelo en la agricultura ecológica y AVN

Para aplicar los factores de corrección de reducción del rendimiento a las clases de uso del suelo adecuadas, se ha estimado el porcentaje de superficie cultivable y pastizal de la SAU total de la superficie AOE actual (2000). A continuación se ha extrapolado esta cuota del año 2000 sobre el futuro partiendo de la base de que las cuotas relativas en la superficie agrícola AVN permanecerán inalteradas en 2010, 2020 y 2030. En lo

que respecta a la agricultura ecológica, hemos seguido a Offermann (2003). Se presupone que el abanico de usos del suelo dedicado a la agricultura ecológica es actualmente similar al de la agricultura convencional y que seguirá la misma tendencia en el futuro.

En lo que respecta a la superficie agrícola AVN, se ha calculado el porcentaje de superficie cultivable y pastizal con arreglo a la proporción de los principales tipos de clases Corine Land Cover (CLC 2000) en los que se presupone que se concentra la superficie agrícola AVN en cada país (véase también el anexo IV y la tabla 3.5).

## 3) Aplicación de los factores de corrección y creación de la futura situación de partida sujeta a imperativos ecológicos

Con la información relativa a la agricultura AVN y la agricultura ecológica se calcula el porcentaje de superficie cultivable y pastizal AOE tal como se indica en la figura 3.1.

Por último, se ha calculado un factor de corrección de los rendimientos de cada cultivo por país y año tal como se indica en la última columna de la tabla 3.6 para un Estado miembro ficticio. Al analizar la diferencia entre el escenario de partida original (Animlib) y el escenario Animlib adaptado para que sea «compatible con el medio ambiente», la demanda de suelo aumenta para el cultivo del ejemplo de 100.000 a 107.000 ha, debido a la extensificación (para más información, véase el anexo II).

En el modelo CAPSIM original, la SAU disminuye de 2001 a 2020 (sin contar las tierras destinadas a cultivos no alimentarios, las tierras retiradas de la producción agrícola ni las tierras en barbecho<sup>(11)</sup> gracias a la

<sup>(11)</sup> La producción no alimentaria en tierras retiradas de la agricultura y las tierras en barbecho forman parte del potencial de suelo. Las tierras retiradas incluyen las que se han retirado por obligación y de forma voluntaria.

**Tabla 3.5 Porcentaje de la superficie cultivable en agricultura AVN y en la SAU total en 2000**

	Superficie cultivable AVN	Superficie cultivable de la SAU
Alemania	0-20%	80%
Austria	0-20%	40%
Bélgica	0-20%	60%
Chipre	-	-
Dinamarca	0-20%	70%
Eslovaquia	0-20%	-
Eslovenia	61-80% **	85%
España	0-20% *	40%
Estonia	0-20%	95%
Finlandia	81-100% **	85%
Francia	21-40%	70%
Grecia	21-40% *	65%
Hungría	0-20%	70%
Irlanda	0-20%	85%
Italia	41-60% **	25%
Letonia	41-60% **	70%
Lituania	61-80% **	70%
Luxemburgo	0-20%	-
Malta	41-60%	75%
Países Bajos	0-20%	55%
Polonia	0-20%	80%
Portugal	41-60%	65%
Reino Unido	0-20%	40%
República Checa	21-40% *	80%
Suecia	61-80% **	65%

**Nota:** Un reciente estudio de la AEMA y del Centro Común de Investigación de la UE ofrece estimaciones diferentes —en general inferiores— del porcentaje de superficie cultivable en la superficie agrícola AVN total. Los asteriscos (\*) indican la divergencia respecto de las estimaciones más recientes y un doble asterisco \*\* indica una gran diferencia.

**Fuente:** Datos de Corine Land Cover 2000 y estudio de superficie agrícola AVN (Andersen *et al.*, 2003).

**Figura 3.1 Procedimiento de cálculo del porcentaje de superficie cultivable y pastizal de la AOE que corresponde a agricultura AVN y ecológica**



liberalización del mercado de la UE. La diferencia es el suelo que podría utilizarse para cultivos energéticos. Además de esta diferencia, las tierras en barbecho y las tierras retiradas de la agricultura también podrían destinarse a cultivos energéticos.

Para el escenario «compatible con el medio ambiente» con más AOE, se modifica el modelo CAPSIM. La extensificación de la agricultura conlleva una mayor demanda de suelo para mantener la producción de

alimentos, con la consiguiente variación de la SAU. Por este motivo, el descenso de la SAU es menor en el escenario original y se dispone de menos suelo para cultivos bioenergéticos.

Las demás incorporaciones hasta obtener el total son de nuevo las tierras en barbecho, las tierras retiradas de la agricultura y las tierras destinadas a producción no alimentaria, como en los datos del modelo CAPSIM original. Puesto que estas cifras no evolucionan de

forma muy dinámica, la extrapolación de los datos originales (2025) al año 2030 no comporta ningún cambio. Por ello, los datos CAPSIM originales se utilizan en el escenario con más AOE. En el apartado siguiente se aplican al uso del suelo los resultados del escenario «compatible con el medio ambiente» y se comentan los resultados.

### 3.3 Resultados conservadores: disponibilidad de suelo para cultivos de biomasa en un futuro «compatible con el medio ambiente»

En esta parte del estudio se determina el suelo disponible en el futuro para la producción de cultivos de biomasa en el escenario «compatible con el medio ambiente», utilizando los resultados del escenario CAPSIM Animlib corregido.

Se establecen los seis supuestos siguientes:

- 1) El suelo liberado de la producción agrícola en 2010, 2020 y 2030 en el escenario corregido compatible con el medio ambiente se destina a la producción de biomasa energética.
- 2) La superficie estimada de tierras retiradas<sup>(12)</sup> en 2010, 2020 y 2030 se destina a la producción de bioenergía.
- 3) La superficie disponible para la producción agrícola en el punto 1) se reduce primero en un porcentaje de entre el 0,5% y el 2% para usos no agrícolas antes de ponerse a disposición de la producción de cultivos de biomasa. Los usos no agrícolas incluyen las superficies necesarias para zonas urbanas, infraestructuras, silvicultura, actividades recreativas, tratamiento de aguas, etc. Esta futura necesidad de suelo para usos no agrícolas se ha estimado para cada Estado miembro en función

**Tabla 3.6 Cálculo de los factores de adaptación del rendimiento estimado de un cultivo de un Estado miembro ficticio con una cuota del 17% de AOE en 2010**

No.	Categoría		Año 2010	Fuente y cálculo*
(A)	Rendimiento convencional de un cultivo X	kg/ha	6.000	CAPSIM
(B)	Rendimiento en agricultura ecológica	%	66,6%	Offermann. 2003
(C)	Porcentaje de superficie cultivable ecológica de la SAU total	%	2%	Supuesto propio
(D)	Rendimiento en cultivo ecológico/extensivo de X	kg/ha	4.000	(B)*(C)
(E)	Rendimiento AVN	kg/ha	3.600	90% de rendimiento ecol.
(F)	Porcentaje de superficie cultivable AVN de la SAU total	%	15%	Supuesto propio
(G)	Rendimiento corregido (total)	kg/ha	5.600	$(G) = (C)*(D) + (E)*(F) + (1-(C+F))*(A)$
(H)	Factor de corrección de superficie a partir de 2010	%	107,1%	$(H) = (A)/(G)$
(I)	Superficie CAPSIM	1.000 ha	100	CAPSIM
(J)	Superficie corregida	1.000 ha	107,1	$J) = (I)*(H)$
(K)	Corr. saldo - CAPSIM	1.000 ha	7,1	$(K) = (J)-(I)$

(C)\*(D): agricultura ecológica

(E)\*(F): AVN

$(1-(C+F))*(A)$ : convencional

**Tabla 3.7 Estimación de la necesidad futura de suelo para usos no agrícolas de superficie agrícola liberada**

0,5%	Estonia, Letonia, Lituania, Bulgaria, Turquía, Rumanía
1,0%	Hungría, Eslovaquia, Polonia, España, Grecia, Chipre, Eslovenia, Portugal, República Checa, Finlandia, Suecia, Irlanda, Austria
1,5%	Francia, Dinamarca, Luxemburgo, Italia, Malta
2,0%	Alemania, Reino Unido, Bélgica, Países Bajos

<sup>(12)</sup> Un análisis pormenorizado necesita distinguir claramente entre las tierras retiradas a corto y a largo plazo, a fin de especificar mejor el potencial de suelo compatible con el medio ambiente para bioenergía. Cabe suponer que el intercambio de tierras retiradas a corto plazo para la producción de energía no genera necesariamente una pérdida importante de hábitats valiosos (dada la norma del 3% para «refugios de paso» en zonas de agricultura intensiva). Esto, no obstante, podría ocurrir fácilmente en el caso de las tierras retiradas a largo plazo. Por desgracia, los datos CAPSIM utilizados en este estudio sólo diferencian entre tierras retiradas de forma obligatoria y voluntaria.

de los datos de tendencias anteriores, densidad de población y producto interior bruto. La tabla 3.7 presenta la reducción estimada por decenio en los distintos Estados miembros.

- 4) El terreno disponible para la producción de energía se reduce de nuevo en una proporción del 3% de la superficie cultivable en régimen de explotación intensiva para la creación de «refugios de paso» ambientales. Para determinar la superficie cultivable intensiva se ha tomado 2001 como año de referencia. Se presupone que entre el 40% y el 70% de los cultivos herbáceos son de explotación intensiva (véase el anexo II, tabla II-3), a los cuales se aplica la cuota del 3%, y que esta cuota se alcanza en 2010. Después de esa fecha se presupone que la cantidad total de suelo utilizado para «refugios de paso» permanecerá constante (véase la cuota de superficie agrícola intensiva de cada Estado miembro en el anexo II).
- 5) El suelo liberado de la agricultura en el futuro se destina a la producción de biomasa; sólo cuando este suelo liberado se haya utilizado por completo para cultivos energéticos, la necesidad de suelo restante se cubrirá con las futuras tierras retiradas de la agricultura. Este supuesto es lógico, ya que el terreno que todavía se utiliza para fines agrícolas puede convertirse a la producción de cultivos de biomasa de modo más eficiente (desde una

perspectiva agronómica) que el que lleva tiempo sin utilizarse.

- 6) El suelo que ya se utiliza para producir cultivos de biomasa en 2000 seguirá utilizándose para esta producción en el futuro y, por lo tanto, formará parte del potencial futuro.

De este modo se puede estimar qué parte de la superficie agrícola liberada y de las tierras retiradas de la agricultura contempladas en el escenario «compatible con el medio ambiente» pueden quedar a disposición de la producción de cultivos de biomasa en 2010, 2020 y 2030.

El cálculo del suelo disponible para la producción de cultivos de biomasa siguiendo los pasos anteriores se ilustra en la tabla 3.8 para Francia y en la tabla 3.9 para Hungría. Los resultados de Francia demuestran que la mayor parte del suelo destinado a cultivos de biomasa será suelo liberado de las categorías de forraje y pastoreo y tierras retiradas de la agricultura. El suelo para rotaciones de cultivos alimentarios aumentará en el futuro, reduciendo notablemente el potencial de suelo para el cultivo de biomasa, especialmente en 2030. Si el suelo liberado y las tierras retiradas se reducen más para destinar suelo a usos no agrícolas, y se resta el 3% de la superficie agrícola intensiva para crear «refugios de paso» con fines de conservación de la naturaleza, el suelo disponible oscilará entre

**Tabla 3.8 Estimación de la disponibilidad futura de suelo para la producción de cultivos de biomasa en Francia**

(* 1.000 ha)	2010	2020	2030
	Francia	Francia	Francia
Superficie cultivable total (cereales, oleaginosas y leguminosas, otros cultivos) liberada	- 1.409,8	- 1.883,8	- 2.306,2
Suelo liberado en cultivos permanentes y hortalizas	111,4	136,4	151,4
Suelo liberado en olivares	-1,2	-4,2	-5,2
Suelo liberado en forrajes	300,2	407,9	496,8
Suelo liberado en pastoreo y pastizal	454,8	1.062,5	1.213,2
Total tierras retiradas	1.370,0	1.443,0	1.478,0
Total suelo liberado y retirado	825,5	1.161,8	1.027,9
Total suelo ya en producción de cultivos energéticos (media 1999-2002)	381,3	381,3	381,3
Total suelo principalmente disponible, incluidas tierras retiradas no alimentarias en 2000/2001	1.206,8	1.543,1	1.409,2
Aumento del uso del suelo no agrícola en 10 años (en%)	1,5%	1,5%	1,5%
3% de superficie agrícola intensiva	199,2	199,2	199,2
Disponibles como producto de siega y poda (antiguos pastizales y olivares)	535,8	262,4	0,0
Disponibles como suelo para producción de cultivos especializados	453,6	1.058,3	1.208,0
Total suelo disponible neto	989,4	1.320,7	1.208,0

**Fuente:** AEMA basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005



989.400 ha en 2010 y 1.208.000 ha en 2030 (ver tabla 3.8). Sin embargo, buena parte de este suelo disponible en 2010 provendrá de pastizales. En el futuro compatible con el medio ambiente de este estudio, sería 'ecológicamente perjudicial' labrar estas tierras y destinarlas a producir rotaciones de cultivos herbáceos de biomasa (ver detalles en el apartado 2.3). Por lo tanto, estas tierras se utilizarán exclusivamente para segar hierba. Esto implica que en 2010 Francia todavía tiene aproximadamente medio millón de hectáreas disponibles para cultivos herbáceos de biomasa especializados (véase la tabla 3.8).

A diferencia de Francia, sólo un pequeño porcentaje del suelo liberado estará disponible para la producción de cultivos especializados en Hungría, sobre todo en 2010, cuando haya disponibles 470.000 ha para biomasa. Sin embargo, la mayor parte de aquél sólo estará disponible para la siega de pastizales. En 2030, el suelo disponible aumentará hasta 844.300 ha y sería posible destinar un mayor porcentaje de éste a la producción de cultivos de biomasa especializados (ver tabla 3.9).

La figura 3.2 y la tabla 3.10 presentan los resultados totales de los Estados miembros de la UE25. Los resultados específicos de cada país se indican en las figuras 3.3 a 3.6 y en el anexo III (tablas III-1 y III-2)<sup>(13)</sup>.

Los resultados muestran que el suelo total disponible para la producción de biomasa en la UE25 será de casi 14 millones de hectáreas en 2010, aumentará a casi 18 millones en 2020 y a 20 millones en 2030 (incluida la actual producción no alimentaria en tierras retiradas de la agricultura). Los resultados también indican que en los próximos decenios podría aumentar la preponderancia de los cultivos energéticos en los nuevos Estados miembros, dado que la proporción de superficie cultivable (en porcentaje de la SAU total) es relativamente grande en esos países, y que se estima que se liberará una superficie relativamente mayor de la producción alimentaria y forrajera (es decir, representan casi el 50% del potencial total de suelo cultivable para la biomasa en 2020 y 2030). Por otro lado, la SAU total de estos ocho países no representa más que una quinta parte de la SAU total de la UE.

De la superficie que quede disponible para biomasa en 2010 en toda la UE, un 88% será liberada en la categoría de superficie cultivable y no en la categoría de pastizal permanente. Esto significa que podrá utilizarse el suelo para la producción de cultivos especializados. También implica que, en el futuro compatible con el medio ambiente, que impide convertir el suelo de las categorías de uso extensivo en superficie cultivable, el 12% restante del terreno disponible sólo podrá producir

**Tabla 3.9 Estimación de disponibilidad futura de suelo para la producción de cultivos de biomasa en Hungría**

(* 1,000 ha)	2011	2020	2030
	Hungría	Hungría	Hungría
Superficie cultivable total (cereales, oleaginosas y leguminosas, otros cultivos) liberada	- 91,8	- 270,9	- 381,7
Suelo liberado en cultivos permanentes y hortalizas	58,5	43,5	36,5
Suelo liberado en olivares	0,0	0,0	0,0
Suelo liberado en forrajes	0,6	158,9	236,6
Suelo liberado en pastoreo y pastizal	56,8	231,2	296,9
Total tierras retiradas	497,0	634,0	711,0
Total suelo liberado y retirado	521,1	796,7	899,2
Total suelo ya en producción de cultivos energéticos (media 1999-2002)	0	0	0
Total suelo principalmente disponible, incluidas tierras retiradas no alimentarias en 2000/2001	521,1	796,7	899,2
Aumento del uso del suelo no agrícola en 10 años (en%)	1%	1%	1%
3% de superficie agrícola intensiva	45,9	45,9	45,9
Disponibles como producto de siega y poda (antiguos pastizales y olivares)	413,2	511,6	547,4
Disponibles como suelo para producción de cultivos especializados	56,8	231,2	296,9
Total suelo disponible neto	470,0	742,8	844,3

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

<sup>(13)</sup> Hay que tener en cuenta que el potencial total de la UE25 se basa en el potencial total por Estado miembro sin contar Luxemburgo (que está incluido en Bélgica) ni Malta ni Chipre, de los que no había datos disponibles. Por este motivo, los resultados de la UE25 sólo pueden especificarse para los grupos de países UE15 y UE8.

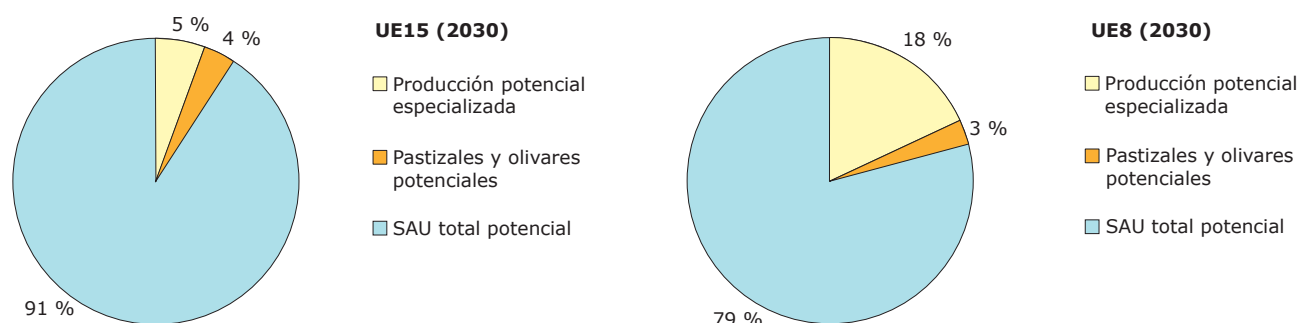
**Tabla 3.10 Suelo disponible para la producción de cultivos de biomasa en la UE25**

	Suelo disponible (*1.000 ha)	UE-15	UE-8	UE-15 + UE-8
2010	Superficie cultivable disponible	6.935,8	5.319,9	12.255,7
	Sólo disponible como producto de siega y poda (antiguos pastizales y olivares)	1.154,0	525,6	1.679,7
	Total	8.089,9	5.845,6	13.935,4
2020	Superficie cultivable disponible	6.948,5	6.484,1	13.432,6
	Sólo disponible como producto de siega y poda (antiguos pastizales y olivares)	3.611,5	908,4	4.519,9
	Total	10.560,0	7.392,4	17.952,5
2030	Superficie cultivable disponible	7.375,5	6.931,7	14.307,2
	Sólo disponible como producto de siega y poda (antiguos pastizales y olivares)	4.759,8	1.097,3	5.857,1
	Total	12.135,2	8.029,1	20.164,3

**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

**Figura 3.2 Pastizal disponible para la producción extensiva de cultivos de biomasa (hierba) y superficie cultivable disponible para toda la producción de cultivos de biomasa especializados para la UE15 y la UE8 en 2030.**



**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa agrícola compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

biomasa mediante la siega de pastizales. En 2030, la proporción de terrenos disponibles en la categoría de pastizales y olivares asciende a casi el 30% del potencial total (véase la tabla 3.10). Esta categoría no incluye los restos de poda de los olivares.

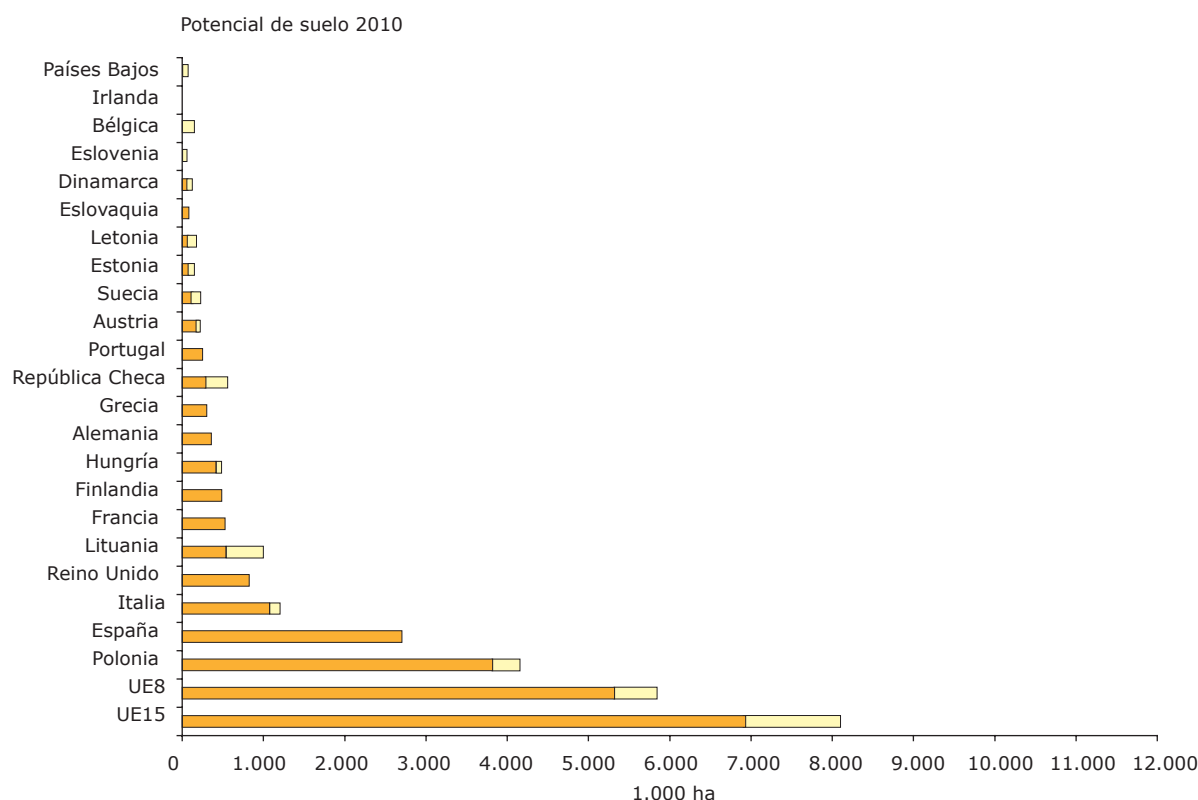
En las condiciones del futuro compatible con el medio ambiente no será difícil satisfacer la necesidad de una mayor proporción de categorías de cultivo de biomasa extensivo, como la siega de pastizales y los cultivos permanentes en 2020 y 2030. Es probable que con el tiempo se desarrollen nuevas técnicas que permitan convertir los materiales lignocelulósicos en energía de

manera más eficiente, tanto desde el punto de vista del coste como del de la producción neta de energía.

Los resultados individuales por país indican que los países con mayor previsión de disponibilidad de suelo no experimentan variaciones significativas en el tiempo. Los principales «aportadores» de suelo disponible para la producción de biomasa son Polonia, España, Italia, el Reino Unido, Francia, Lituania y Hungría. Los nuevos Estados miembros aportarán un importante porcentaje del suelo disponible para biomasa, especialmente en relación con su porcentaje de la SAU total de la UE (véase la figura 3.2).



**Figura 3.3 Pastizal disponible para la producción extensiva de cultivos de biomasa (hierba) y superficie cultivable disponible para toda la producción de cultivos de biomasa especializados para todos los Estados miembros estudiados de la UE25 en 2010.**



**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

### 3.4 Procedimientos adicionales para calcular el suelo disponible

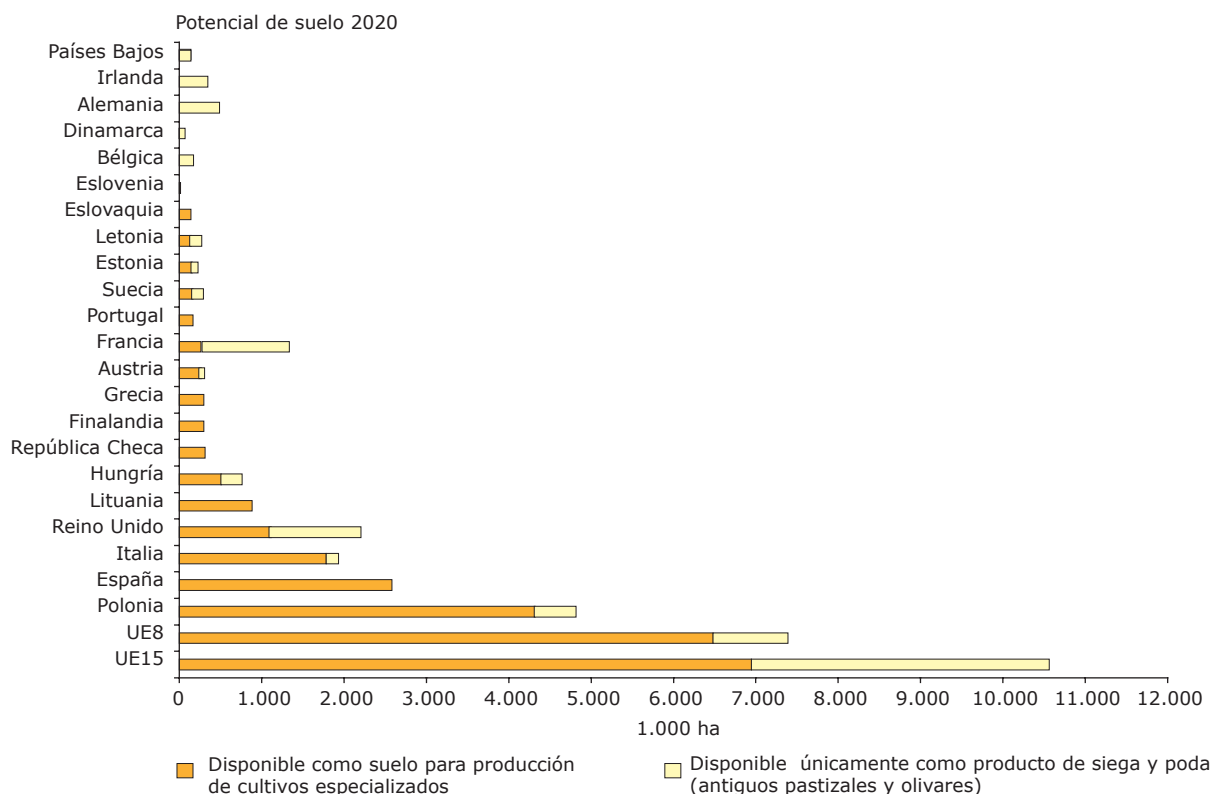
Este estudio está basado en el escenario CAPSIM Animlib, que ha sido modificado para un futuro compatible con el medio ambiente con la premisa de que aumenta la producción de los sistemas AOE y aplicando un factor de corrección a los rendimientos. Sin embargo, aunque el escenario Animlib presupone que se liberalizan los mercados de todos los sectores pecuarios, no presupone que se liberalizan por completo los mercados de productos cultivados<sup>(14)</sup>. Además, el escenario Animlib sólo contempla cambios en los mercados agrícolas derivados de la reforma de la PAC y no incluye ninguna hipótesis sobre objetivos de energía renovable o subidas de los precios de las energías fósiles o de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en realidad, el alza de los precios de las

energías fósiles y la inclusión de emisiones (reducidas) de gases de efecto invernadero a través del comercio de derechos de emisión aumentará el interés de la biomasa para usos energéticos.

De ahí que los resultados relativos a la disponibilidad de suelo en el escenario compatible con el medio ambiente (basado en modificaciones del escenario CAPSIM Animlib) sean una estimación conservadora, ya que los mercados agrícolas clásicos de alimentos y piensos tienen prioridad. En Francia y Alemania, en particular, el método elegido arroja un potencial de terrenos cultivables notablemente bajo, lo que se debe principalmente al elevadísimo excedente de cereales para la exportación que tienen estos dos países. Por consiguiente, la exportación determina una gran parte de la demanda de suelo en el escenario Animlib modificado. Esto implicaría que en estos dos

<sup>(14)</sup> En este escenario, los precios de la mayoría de los cereales son parecidos a los precios del mercado mundial en 2020. Sin embargo, todavía se pagan primas por estos productos. Con respecto al azúcar, no se presupone una liberalización completa. No ha sido posible tener en cuenta la subida de precios de los cereales en la temporada de comercialización de 2006-2007.

**Figura 3.4 Pastizal disponible para la producción extensiva de cultivos de biomasa (siega de hierba) y superficie cultivable disponible para toda la producción de cultivos de biomasa especializados para todos los Estados miembros estudiados de la UE25 en 2020.**



**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

Estados miembros incluso las actuales tierras retiradas volverían a la producción de alimentos y forraje. En consecuencia, los cultivos bioenergéticos se reducirían con respecto al momento actual. Sin embargo, dada la inquietud en Europa con respecto al cambio climático y la expectativa de encarecimiento de las energías fósiles, cabe prever una fuerte demanda de fuentes de energía renovables, incluida la bioenergía obtenida de biomasa (véase un breve análisis de las decisiones relevantes adoptadas por la UE en materia de política energética en el apartado 1.2). Por consiguiente, es necesario considerar también el estímulo adicional que puede recibir la producción de biomasa para obtener bioenergía debido al alza de los precios de las energías fósiles o de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, a costa de las exportaciones alimentarias y forrajeras. Este análisis adicional se basa en el modelo HEKTOR (Simon, 2005).

HEKTOR es un modelo creado para evaluar el futuro potencial de biomasa de la agricultura en diferentes territorios de Europa. HEKTOR es el acrónimo de HEKtar-KalkulaTOR. Está diseñado para analizar tendencias de uso de la superficie agrícola en diferentes escenarios hasta 2030.

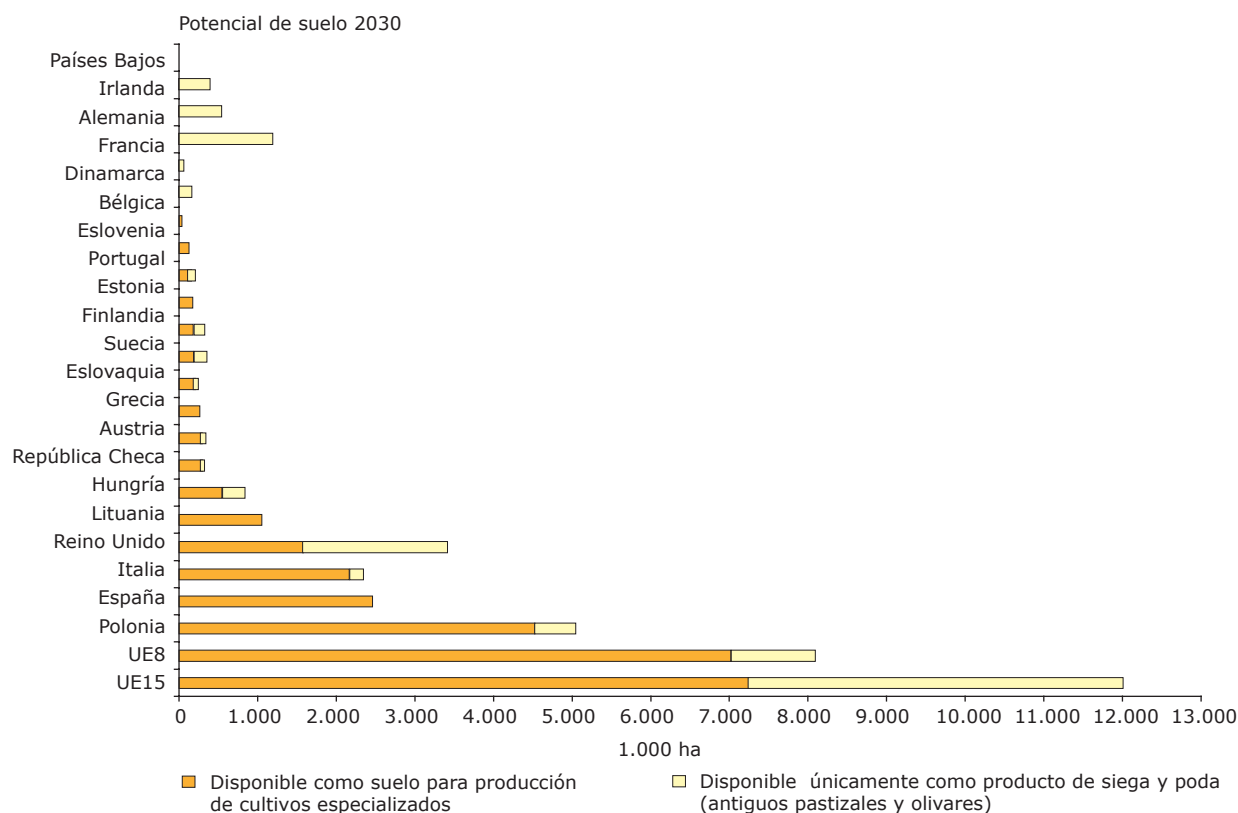
Este modelo presupone que toda la superficie agrícola no utilizada para producir alimentos está disponible para producir biomasa. La figura 3.6 presenta una visión general del criterio seguido en HEKTOR. En el anexo VIII se incluye un diagrama de flujos más detallado.

A diferencia del modelo CAPSIM, el modelo HEKTOR comienza con una proyección ascendente de terrenos necesarios para satisfacer primero las demandas de alimento y forraje de todos los Estados miembros. Por lo tanto, se presupone que hay que garantizar los índices de autosuficiencia mientras las exportaciones desaparecen gradualmente<sup>(15)</sup>.

HEKTOR también presupone que el alza de los precios de la energía alterará las proyecciones de equilibrio de mercado de CAPSIM, ya que desde una perspectiva de renta será más interesante plantar cultivos energéticos que cultivos alimentarios y forrajeros para la exportación. Otra fuerza motriz es el régimen de comercio de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, que elevará el precio de estos derechos. El efecto combinado del interés de la biomasa en relación con el precio de

<sup>(15)</sup> Hay que señalar que este enfoque es contrario a la mayoría de las predicciones actuales sobre la futura evolución de las políticas agrícolas de la UE (y del mundo), que presuponen una mayor liberalización de los mercados agrícolas internacionales.

**Figura 3.5 Pastizal disponible para la producción extensiva de cultivos de biomasa (hierba) y superficie cultivable disponible para toda la producción de cultivos de biomasa especializados para todos los Estados miembros estudiados de la UE25 en 2030.**



**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

**Figura 3.6 Diagrama de flujos general del modelo HEKTOR**



las energías fósiles y del precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> se pone de manifiesto con un sencillo cálculo indicativo: actualmente, el precio de mercado de los cultivos energéticos está vinculado al precio del biocarburante complementario (costes de conversión incluidos). Los precios hipotéticos de 20, 40 y 65 euros que alcanzarán los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> hasta 2030 crean un valor económico que se suma a este «precio de mercado normal» (véase la tabla 3.11).

La tabla 3.12 refleja el valor económico de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> en relación con los precios de los productos. Con respecto al biogás y los cultivos leñosos de ciclo corto, se presupone que será como mínimo el 50% del valor de la producción de biomasa equivalente en los mercados tradicionales de alimentos y forraje.

A partir de 2020, la suma de los precios de las energías fósiles y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> conlleva

en todos los casos, salvo uno, que los precios de la bioenergía sean más altos que los de los productos alimenticios y forrajeros. Esto queda reflejado en la evolución de los mercados europeos de oleaginosas, que demuestra que la demanda de biocarburantes será en el futuro el motor de los precios de la colza (DG Agricultura, 2005). Es probable que el alza de los precios de la biomasa en los mercados energéticos afecte también a los precios de los productos en los mercados de alimentos y forraje (al menos cuando exista competencia directa por la misma biomasa). Sin embargo, no ha sido posible tener esto en cuenta en el procedimiento de modelización actual.

A partir de estos cálculos, salta a la vista que un buen método de determinar el potencial de suelo sería hacer una proyección ascendente de los terrenos necesarios para satisfacer la demanda de alimentos y forraje de todos los Estados miembros. Estos cálculos parecen ser

una buena razón para complementar los cálculos de potencial

de suelo del modelo CAPSIM. Este cálculo adicional mostrará el potencial de suelo —dados los mismos imperativos ambientales que se aplican al escenario CAPSIM Animlib—, pero presupone que los precios de la energía serán más altos, que se dispondrá de precios por los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> y que la producción agrícola en general no superará de muy lejos los niveles de autosuficiencia. Sin embargo, dado el limitado alcance de este estudio, no ha sido posible hacer paralelamente un segundo análisis en profundidad de toda la UE. En lugar de ello, se ha aplicado el modelo HEKTOR a dos grandes países exportadores de productos agrícolas: Francia y Alemania.

### 3.4.1 Aplicación del modelo HEKTOR a Francia y Alemania

Como se ha explicado anteriormente, el equilibrio de masa entre oferta y demanda de alimentos es fundamental para HEKTOR. El consumo total de alimentos se evalúa para cada país aplicando un enfoque ascendente basado en tendencias demográficas y en el consumo *per cápita* de los principales alimentos<sup>(16)</sup>.

A continuación se calcula el suelo utilizado para producir alimentos aplicando varios procesos de producción agrícolas y ganaderos, que pueden adaptarse a cada país. En Francia y Alemania se utilizan dos procesos de producción agrícola: convencional y ecológico. Para la producción ganadera se utiliza además un proceso integrado.

En el sector agrícola, la principal información es el rendimiento de los cultivos, diferenciada por proceso productivo y año. En el período del escenario, los rendimientos de todos los cultivos siguen aumentando. En la ganadería hay plantas forrajeras que representan la masa total de forraje necesario para la vida de un animal. Este valor se convierte en masa forrajera específica por kilogramo de producto final. Los cultivos forrajeros se tratan de forma similar a los cultivos alimentarios. Para el año 2000, el modelo se basa en datos estadísticos de Eurostat. Para este año se ha hecho una validación que no acepta una diferencia superior al 5% entre el suelo calculado y los datos estadísticos. De hecho, en ambos casos el margen de error aproximado es de tan sólo un 2%. Para los demás horizontes temporales, el cálculo se basa en datos extrapolados.

La disponibilidad potencial de terrenos para la producción de cultivos energéticos (suelo potencial)

**Tabla 3.11 Valor económico de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> en relación con los precios de los productos.**

	2010	2020	2030
CO <sub>2</sub> 'precio'	20 EUR/t	40 EUR/t	65 EUR/t
FAME	8%	10%	20%
etanol	6%	8%	17%
SRF	27%	35%	66%
etanol+	10%	13%	27%
biogás 2c	27%	36%	71%

**Nota:** El color amarillo indica que el precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> es superior al 30% del precio del producto.

**Tabla 3.12 «Valor» relativo de la energía y el CO<sub>2</sub> frente al precio del producto**

Combustible	2010	2020	2030
FAME	79%	107%	129%
etanol	61%	84%	108%
SRF	100%	138%	168%
etanol+	74%	107%	136%
biogás 2c	151%	210%	260%

**Nota:** El color amarillo indica que el precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> es superior al 25% del precio del producto.

**Fuente:** Proyección de precios de productos de la FAO.

<sup>(16)</sup> Cereales, remolacha azucarera, oleaginosas, patata, carne de porcino, carne de vacuno, productos lácteos, carne de pollo y huevos.

se calcula restando las necesidades finales de suelo extrapoladas para el futuro a partir de las necesidades de suelo del año 2000 y reduciendo la cifra obtenida en la cantidad de suelo que se estima necesaria para procesos de urbanización y otras actividades no agrícolas, como la conservación de la naturaleza y las actividades recreativas. La superficie restante queda disponible para la producción de cultivos energéticos<sup>(17)</sup>.

De acuerdo con los escenarios de Fritsche *et al.* (2004), se ha calculado un nuevo escenario de referencia (REF) con HEKTOR que incluye las principales tendencias de aumento del rendimiento y la política agrícola común. REF es la base del segundo escenario (EXT), que contempla un aumento de hasta el 30% de la SAU en agricultura extensiva hasta 2030. Un tercer escenario (RedEx) analiza los efectos de la reducción de las exportaciones. En este último escenario, de la producción de los principales productos (cereales, azúcar y carne de cerdo) se resta el porcentaje de producción excedentaria en Europa (la parte que excede del nivel de autosuficiencia).

En este estudio se ha elegido el escenario RedEx porque es similar al escenario compatible con el medio ambiente basado en el enfoque Animlib del modelo CAPSIM. En el escenario RedEx, de la producción de un país se resta un porcentaje equivalente al que se alcanza por encima del 100% de autosuficiencia en el país en cuestión, pero sólo si la producción de la UE25 también se sitúa por encima del 100% de autosuficiencia. Por otra parte, de la producción se resta el porcentaje necesario para alcanzar el 100% de autosuficiencia en todos los cultivos principales de la UE25 (para comparar las premisas del modelo CAPSIM sobre autosuficiencia, véase el anexo IX, tabla IX-9.1). La tabla 3.13 presenta un ejemplo de cómo se realiza este cálculo.

### 3.4.2 Resultados de HEKTOR en Francia y Alemania

En este apartado se describen los cálculos del modelo HEKTOR en los diferentes escenarios y se comparan con los resultados del escenario CAPSIM Animlib. Las tablas 3.14 y 3.15 presentan los cálculos de HEKTOR de Alemania y Francia, respectivamente.

En el escenario REF de Alemania hay en total 4,3 millones de hectáreas de superficie disponible para la producción de biomasa en 2030 y tres cuartas partes de ellas son superficie cultivable. Si en el escenario EXT se presupone una cuota total del 30% de la SAU dedicada a la agricultura extensiva, se reduce drásticamente la superficie potencial para la producción de biomasa. Esto se puede compensar en parte con una reducción de las exportaciones mundiales, como demuestran los resultados de la aplicación del escenario del mercado mundial (RedEx).

El modelo HEKTOR también se ha aplicado a la situación de Francia<sup>(18)</sup>. Sin embargo, en este estudio sólo se ha podido hacer utilizando una aplicación simplificada del modelo HEKTOR (Simon, 2005). En este enfoque se ha utilizado el modelo HEKTOR, pero aplicado únicamente a los principales productos ganaderos (leche, carne de vacuno y porcino), a una selección de los principales cultivos (cereales y remolacha azucarera, piensos) y a los pastizales.

La tabla 3.15 muestra que en el escenario REF de Francia hay un total de 4,4 millones de hectáreas disponibles para cultivos de biomasa en 2030, casi la mitad de las cuales son pastizales. En el escenario EXT se reduce drásticamente la superficie potencial para la producción de biomasa. Sin embargo, la eliminación de las exportaciones por encima de los niveles de autosuficiencia en el escenario RedEx aumenta notablemente el potencial de biomasa de los cultivos.

**Tabla 3.13 Ejemplo de influencia de los niveles de autosuficiencia sobre la disponibilidad de suelo**

Cultivo de muestra	Nivel de autosuficiencia	Reducción en el escenario
Francia	180%	- 10% → 170%
Alemania	120%	- 10% → 110%
UE-25	110%	-/-

<sup>(17)</sup> Véase documentación más detallada de HEKTOR en el anexo de Fritsche *et al.*, 2004.

<sup>(18)</sup> Damos las gracias a Sonja Simon (Universidad Técnica de Múnich), quien ha diseñado el modelo HEKTOR simplificado y calculado todas las cifras correspondientes para este estudio.

**Tabla 3.14 Resultados de HEKTOR de superficie disponible para la producción de biomasa en Alemania hasta 2030 utilizando diferentes escenarios**

	REF		EXT		RedEx	
	Superficie cultivable	Pastizales	Superficie cultivable	Pastizales	Superficie cultivable	Pastizales
	Millones ha	Millones ha	Millones ha	Millones ha	Millones ha	Millones ha
<b>2010</b>	1,4	0,5	0,5	0,1	1,2	0,1
<b>2020</b>	2,4	0,7	1,6	0,3	2,8	0,3
<b>2030</b>	3,2	1,1	2,4	0,6	3,5	0,6

**Tabla 3.15 Resultados de HEKTOR de superficie disponible para la producción bioenergética en Francia hasta 2030 utilizando diferentes escenarios**

	REF		EXT		RedEx	
	Superficie cultivable	Pastizales	Superficie cultivable	Pastizales	Superficie cultivable	Pastizales
	Millones ha	Millones ha	Millones ha	Millones ha	Millones ha	Millones ha
<b>2010</b>	1,3	0,4	0,8	0	2,4	0
<b>2020</b>	1,7	1,4	0,4	0	2,1	0
<b>2030</b>	2,3	2,1	1,1	0,4	2,7	0,5
<b>2030*</b>					2,0	0,0

**Nota:** \* = redondeado.

**Fuente:** S. Simon y AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

### 3.4.3 Comparación de los resultados de HEKTOR con los resultados de CAPSIM

Con HEKTOR, el análisis de sensibilidad sólo se ha podido realizar para la superficie cultivable. La tabla 3.16 presenta estos resultados en una serie ascendente, acumulados en el resultado HEKTOR del año 2030 para el escenario RedEx. Este procedimiento tiene en cuenta el hecho de que la disponibilidad de suelo aumentará más rápidamente que la implementación de tecnologías, los mercados y la producción de la biomasa (por ejemplo, cultivos leñosos de ciclo corto).

Como cabía prever, el modelo HEKTOR calcula un mayor potencial de superficie cultivable para Francia y Alemania que el escenario compatible con el medio ambiente basado en CAPSIM (ver figura 3.7). El potencial de suelo adicional de ambos países juntos es de 1,5 millones de hectáreas en 2010, 3 millones en 2020 y 5 millones en 2030<sup>(19)</sup>. Sin embargo, hay que destacar que las principales diferencias entre los cálculos de HEKTOR y CAPSIM en Francia y Alemania se deben principalmente a la mayor cuota de producción agrícola para la exportación. En los cálculos de HEKTOR, el

componente de exportación se reduce notablemente para dejar espacio a la producción de cultivos de biomasa. Si se aplicase el análisis de sensibilidad de HEKTOR a otros países comunitarios que no tienen una producción tan copiosa para la exportación, el potencial de suelo no sería tan diferente de los resultados del escenario basado en CAPSIM.

El análisis adicional de HEKTOR deja clara la influencia significativa de los supuestos de partida del modelo: el potencial bioenergético viene determinado en gran medida por los precios que se pagan por la bioenergía y los productos que compiten con ella. El alto precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> combinado con el alto precio de los hidrocarburos sumaría en 2030 otros 5 millones de hectáreas de superficie cultivable de Francia y Alemania al potencial de suelo total de la UE. Sin embargo, el descenso de los precios de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> o una mayor subida de los precios mundiales de los alimentos podrían reducir el interés relativo de los cultivos bioenergéticos, así como el suelo disponible para la bioenergía.

<sup>(19)</sup> Hay que señalar que este potencial de suelo adicional no se puede traducir directamente en producción bioenergética adicional, ya que cabe prever un cierto retraso en la sustitución de los mercados de exportación por los mercados energéticos. Además, la tecnología disponible de conversión de biomasa y las diferencias relativas de precio entre los mercados alimentarios y energéticos influirán en el ritmo de transición. Estos factores se han tenido en cuenta para calcular el aumento de la superficie de terrenos disponibles y de la producción bioenergética con la aplicación del modelo HEKTOR (ver también capítulo 7).

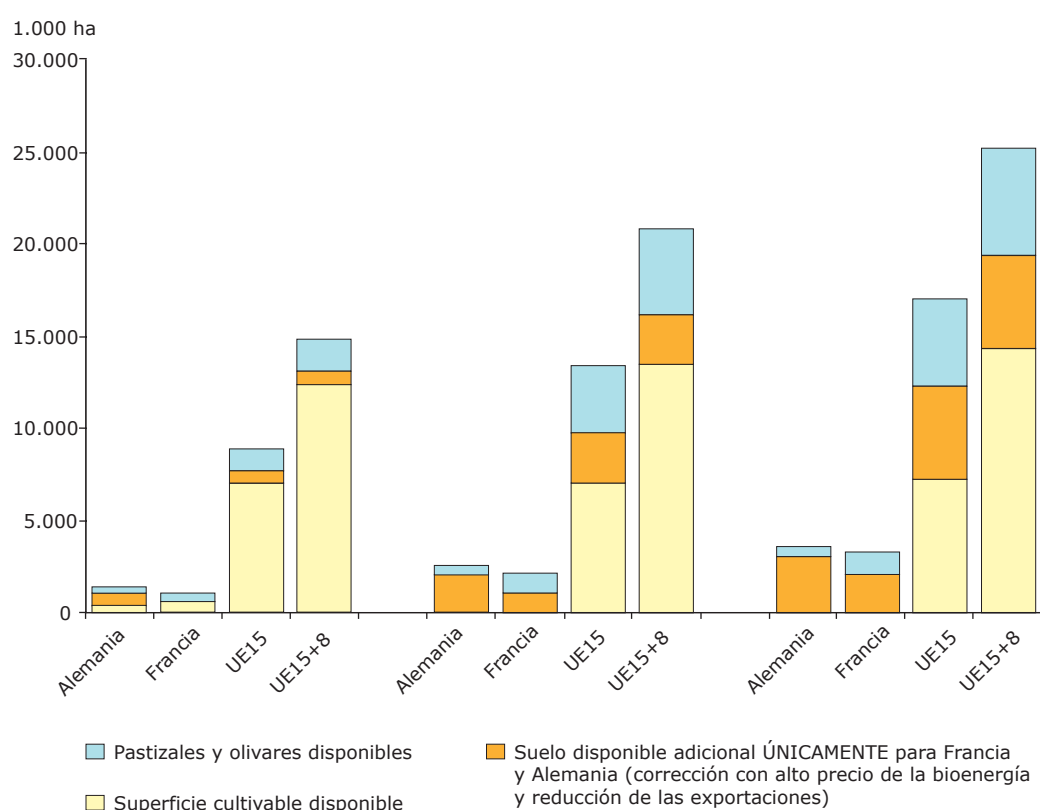


**Tabla 3.16 Potencial de superficie cultivable para la producción bioenergética calculado con HEKTOR (basado en el escenario RedEx)**

	Alemania	Francia
	Millones de hectáreas de superficie cultivable	
<b>2010</b>	1,0	0,5
<b>2020</b>	2,0	1,0
<b>2030</b>	3,0	2,0

**Fuente:** S. Simon y AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

**Figura 3.7 Efecto del procedimiento HEKTOR sobre la disponibilidad de suelo**



**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

### 3.4.4 Suelo no incluido en las estadísticas de superficie agrícola útil (SAU)

En este estudio sólo se ha calculado el potencial de suelo futuro para la producción de cultivos de biomasa a partir del suelo que se considera parte de la superficie agrícola útil (SAU) en el año 2000, según las estadísticas de Eurostat. Sin embargo, es un hecho conocido que en los nuevos Estados miembros, donde buena parte

de las tierras agrícolas se abandonaron, se dejaron en barbecho o se convirtieron en pastizales después de la transición de la economía centralizada a la economía de mercado, la SAU del año 2000 es probablemente menor que la superficie que puede destinarse a la agricultura. Esto implica que las estimaciones del presente estudio, que toma la SAU de 2000 como punto de partida, subestiman el suelo disponible.

Un informe de la DG Agricultura (2002) sobre la ampliación de la UE y su impacto en los mercados y rentas de la agricultura calcula que la superficie de piensos y pastos aumentó en 4,5 millones de hectáreas entre 1987 y 2000. A pesar de ello, la cabaña vacuna y ovina se redujo un 49% durante el mismo período. De ahí que disminuyese la superficie cultivable destinada a la producción de pienso y se transformase en pastizales o en tierras de barbecho (a largo plazo) (con un aumento estimado de unos 2 millones de hectáreas). Además, el informe también dice que grandes extensiones de tierra se destinan ahora a cultivar productos de bajo valor añadido, y que determinadas partes de lo que ahora son pastizales permanentes podrían muy bien ser adecuadas para plantar cultivos herbáceos. En general, el estudio de la DG Agricultura estima que en los nuevos Estados miembros debería haber entre 6,5 y 7,5 millones de hectáreas de suelo adicional disponible para la producción de cultivos herbáceos de biomasa en comparación con la SAU actual.

Este estudio sólo da un total de 4,5 millones de hectáreas de suelo disponible para la producción de cultivos de biomasa en los nuevos Estados miembros hasta 2010, una estimación que probablemente sea demasiado baja si aceptamos que el estudio de la DG Agricultura ofrece una estimación realista de la reciente situación de uso del suelo. Además, nuestro enfoque presupone que los pastizales permanentes no se transforman en superficie cultivable por razones de conservación de la naturaleza y por la gran cantidad de carbono que se liberaría al labrar esas tierras (ver apartado 2.3). Sin embargo, durante el último decenio el abandono de tierras fue un fenómeno a gran escala en casi todos los nuevos Estados miembros, y gran cantidad de superficie cultivable se convirtió en pastizal o se liberó de la producción. Por lo tanto, un análisis detallado deberá examinar si la limitación ambiental de que ningún pastizal debe convertirse en tierra de cultivos herbáceos podría diferenciarse para los nuevos Estados miembros.



## 4 Priorización ambiental de los cultivos

### 4.1 Introducción

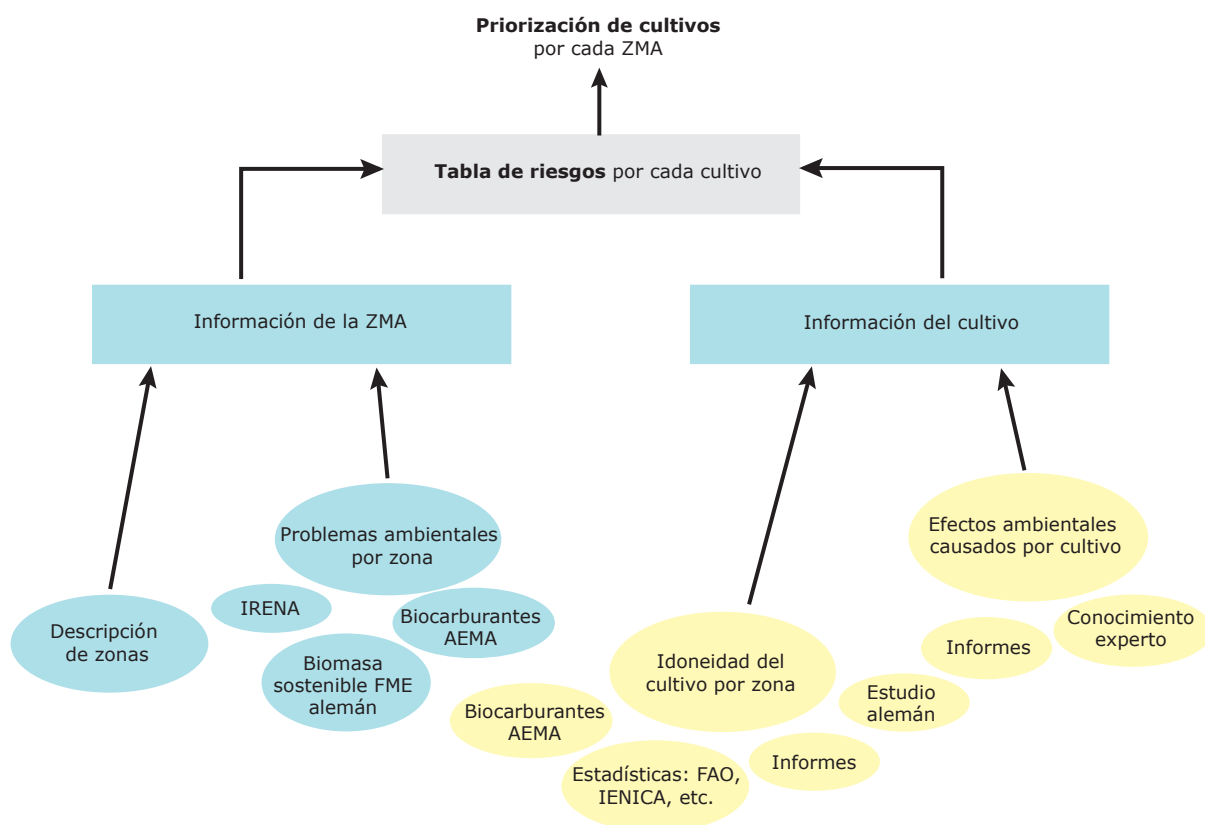
Este capítulo describe la selección inicial de alternativas de cultivos de biomasa consideradas más adecuadas para un futuro compatible con el medio ambiente en distintas zonas de Europa caracterizadas por rasgos ambientales (zonas medio ambientales, ZMA). Para ello se han elaborado tablas de riesgo ambiental, partiendo de la priorización ecológica de los cultivos energéticos establecida para las circunstancias alemanas por un grupo de expertos del método Delphi (Reinhardt y Scheurlen, 2004). La selección de alternativas óptimas de cultivos sólo es, en principio, el primer paso para una producción de biomasa compatible con el medio ambiente. También es importante saber qué prácticas agrícolas se aplican en los cultivos, pero esto no se ha podido investigar en este estudio, ya que la información relevante es muy difícil de obtener y específica del ámbito local.

El empleo de tablas de riesgo permite identificar en cada ZMA de Europa una distribución de cultivos que ejerce una baja presión relativa sobre el medio ambiente y que tiene efectos positivos sobre la fauna y la flora locales. La evaluación de los riesgos se basa en el conocimiento experto general de las prácticas agronómicas típicas de cada cultivo en relación con varios parámetros ambientales. Para seleccionar los cultivos no se han tenido en cuenta prácticas agrícolas (extensivas) o variedades de cultivo específicas. No obstante, las alternativas deben favorecer prácticas agrícolas racionales desde el punto de vista ambiental, específicamente adaptadas para reducir los problemas y riesgos ambientales típicos de las diferentes ZMA de Europa.

El proceso de selección de las alternativas óptimas de cultivos de biomasa comprende cuatro pasos (véase también la figura 4.1):

1. Se seleccionan los principales indicadores de presión ambiental y ecológica que determinan la priorización de los cultivos en cada ZMA. La selección de los indicadores de presión se basa en la experiencia de otros proyectos y en las consideraciones ambientales derivadas de los objetivos de política agroambiental de la UE (por ejemplo, los requisitos legales de gestión y las normas de buenas condiciones agrarias y medioambientales (BCAM) vinculadas a la condicionalidad en el Reglamento 1782/2003 del Consejo). La priorización de cultivos con arreglo a diferentes parámetros de riesgo se basa en la información de las presiones agroambientales por ZMA descrita en proyectos anteriores, como Mirabel I y la operación IRENA (AEMA, 2005b), y en conocimientos adicionales con referencias sobre el actual uso del suelo y los regímenes agrícolas dominantes en diferentes ZMA.
2. Se describen las principales características ambientales y agrícolas de cada ZMA, puesto que constituyen el contexto en el que deben determinarse las alternativas óptimas de cultivos de biomasa. Se han de incorporar las siguientes características:
  - a. Idoneidad climática.
  - b. Uso actual del suelo.
  - c. Regímenes agrícolas actuales.
  - d. Problemas ambientales actuales.
3. Se hace una selección inicial de los cultivos de biomasa potenciales en cada ZMA, basada en los cultivos que se producen con fines alimentarios, no alimentarios y energéticos, ya sea en un marco comercial o en experimentos serios de larga duración.
4. Se priorizan los principales cultivos de biomasa según las presiones que ejercen en cada zona medioambiental. A partir de ahí se hace la selección de una distribución de cultivos de biomasa por ZMA que no debe imponer ninguna presión adicional sobre los recursos ambientales ni sobre la biodiversidad de las áreas agrícolas. Para llevar a cabo la priorización, se especifican tablas en las que se valoran los diferentes cultivos con arreglo a los indicadores de presión ambiental y ecológica especificados en el paso 2. Sin embargo, esta priorización de cultivos no representa más que una indicación aproximada de las alternativas óptimas de cultivos según su efecto ambiental, ya que las diferencias entre las presiones ambientales ejercidas por diferentes cultivos no son fijas, sino graduales. Más aún, dependen en gran medida de las prácticas agrícolas aplicadas. Por lo tanto, las tablas no ofrecen más que una orientación cualitativa y deben interpretarse en el contexto de las características específicas de cada ZMA.

Figura 4.1 Procedimiento de priorización de los cultivos de biomasa por ZMA



## 4.2 Información contextual de los indicadores de presión, ZMA y regímenes agrícolas

### 4.2.1 Selección de indicadores de presión

La selección de los indicadores de presión se basa en una serie de estudios clave que analizan los principales problemas ambientales de la agricultura comunitaria (por ejemplo, AEMA, 1999; AEMA, 2004; AEMA, 2005b; Carey, 2005; Petit *et al.*, 2004; Agra CEAS, 2003; Jørgensen y Schelde, 2001; Boatman *et al.*, 1999; etc.). Además, se han considerado los resultados de un seminario sobre «Cultivos bioenergéticos sostenibles para el Mediterráneo», organizado en febrero de 2006 en Madrid por la AEMA y el CCI (CCI y AEMA, 2006), a fin de conocer mejor las posibles alternativas de cultivos bioenergéticos compatibles con el medio ambiente del Mediterráneo. Los indicadores de presión seleccionados son:

1. La erosión;
2. Compactación del suelo como sistema edáfico;
3. Lixiviación de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales;
4. Contaminación del suelo y del agua por biocidas;
5. Captación de agua;

6. Riesgo de incendio;
7. Biodiversidad de las zonas agrícolas;
8. Variedad de tipos de cultivo.

Los cinco primeros indicadores de presión ambiental están relacionados indirectamente con la biodiversidad de las zonas agrícolas, que se trata como indicador separado, pero dependiente.

### 4.2.2 Contexto: principales características de las ZMA

Una tipificación ambiental de Europa la dividiría en zonas agrupadas por su homogeneidad edafo-geo-climática. Datos relacionados con el clima, como influencia oceánica, posición geográfica latitudinal y altitud se han agrupado estadísticamente (ver anexo IV). Podrían diferenciarse 84 estratos o tipos que se han reagrupado estadísticamente en trece grandes 'zonas medio ambientales' (ZMA) o zonas diferenciadas por estos rasgos ambientales (ver mapa en anexo IV). Las ZMA están estrechamente relacionadas con las zonas europeas diferenciadas por rasgos biogeográficos (DMEER y clasificación Emerald), no siendo exactamente iguales a éstas, ya que estas últimas se han creado con arreglo a criterios de determinados expertos y las ZMA se han obtenido mediante procedimientos estadísticos deductivos a partir del valor medio de un

componente principal que sintetiza, como 'gradiente ambiental norte-sur en Europa', la variabilidad del ambiente<sup>(20)</sup>.

Dado que las trece ZMA obtenidas son relativamente homogéneas en términos de clima y altitud, que son factores determinantes para la capacidad agronómica, se han tomado como principal división regional para este estudio. Así, se han utilizado las principales características de doce zonas (la zona de Anatolia está fuera de la UE25) como información contextual para aplicar las alternativas de cultivos de biomasa iniciales y su priorización ambiental (ver anexo IV, tabla IV-1).

Si se analizan las principales características de las ZMA (ver anexo IV, tabla IV-1), es evidente que las características edafo- climáticas de las ZMA presentan grandes diferencias. Se observa que las zonas con menor porcentaje de superficie agrícola útil están en áreas de montaña (alpinas y mediterráneas) o en las zonas de latitud septentrional (alpina norte, boreal y nemoral). Las que tienen mejores condiciones climáticas para la agricultura —es decir, donde las lluvias y la duración de las temporadas de crecimiento son adecuadas— son las zonas continental, atlántica, lusitana, panónica y mediterránea. Las zonas mediterráneas tienen la temporada de crecimiento más larga, pero la precipitación es un factor limitativo que explica el relativamente bajo porcentaje de superficie cultivable de la superficie agrícola útil (SAU) y el elevado porcentaje de superficie cultivable de regadío. A pesar de ello, las zonas mediterráneas norte y sur se caracterizan por tener el mayor porcentaje de SAU total de la superficie terrestre total.

Las zonas con un porcentaje relativamente elevado de SAU y de superficie cultivable son la panónica, la continental y, en menor medida, la atlántica central y la mediterránea norte. Los Estados miembros que previsiblemente aportarán la mayor parte de los terrenos para la producción de cultivos de biomasa (España, Francia, Italia y Reino Unido) también están situados en estas zonas (capítulo 3). Estas zonas y países tienen un importante potencial de suministro de biomasa en el futuro. Las zonas con una SAU relativamente grande, pero con menor porcentaje de superficie agrícola y, por lo tanto, con un mayor porcentaje de pastoreo, serán en general menos adecuadas para la producción de biomasa, a menos que se trate de biomasa obtenida de cultivos más extensivos y menos exigentes, como los cultivos de biomasa permanentes.

### 4.2.3 Caracterización de los sistemas agrícolas

Cuando se analizan los tipos de explotación agrícola por ZMA (véase el anexo IV), hay que ser consciente de que estas cifras sólo se aplican a la parte de las ZMA que se encuentran en la UE15; en el momento de redactar el presente informe todavía no se disponía de los datos de la red de información contable agrícola (RICA) de la Unión Europea correspondientes a los nuevos Estados miembros. Esto implica que la información sobre los tipos de explotación agrícola que refleja el anexo IV para las zonas continental, panónica, boreal y nemoral sólo es aplicable a las zonas agrícolas que se encuentran en los Estados miembros de la UE15. A fin de conocer los regímenes agrícolas existentes en la parte de estas zonas que corresponde a la UE10, se ha agregado información adicional sobre el uso del suelo en los nuevos Estados miembros.

La tabla V-1 del anexo V refleja que los regímenes agrícolas más intensivos se encuentran en las zonas atlántica central y continental y nemoral, pero sólo en lo que afecta a la UE15. En la zona nemoral, los regímenes agrícolas presentados son muy intensivos. Sin embargo, sólo se derivan de los datos de Finlandia y, por consiguiente, no representan más que una pequeña parte de la superficie total. Las circunstancias climáticas de la zona nemoral crean dificultades para la agricultura, especialmente para el cultivo, lo cual también queda claro con la división de tipos de uso del suelo, y más aún en las zonas boreal y alpina norte. En las zonas mediterráneas y lusitana es donde la diversidad de tipos de explotación agrícola parece ser mayor, ya que tanto el cultivo como la ganadería están bien representados y pueden ser sistemas de alta y baja intensidad. También existe una cuota muy elevada de agricultura AVN en estas zonas. Las zonas continental, atlántica central y mediterránea norte contienen el mayor porcentaje de sistemas de cultivo, dato que encaja perfectamente con el elevado porcentaje general de superficie cultivable existente en estas zonas.

Las zonas con mayor porcentaje de agricultura intensiva son la continental y la atlántica central. Esto no sorprende, ya que las circunstancias edafo-climáticas son óptimas para la agricultura y convierten a estas zonas en las más adecuadas también para los cultivos herbáceos de biomasa especializados. Los sistemas extensivos se encuentran fundamentalmente en las tres zonas mediterráneas y en las zonas nemoral, atlántica norte, alpina sur y lusitana. Esto es evidente por la distribución de tipos de intensidad IRENA (sólo para la UE15) y por el porcentaje de superficie agrícola AVN (aplicable tanto a la UE15 como a la UE10).

<sup>(20)</sup> Para más información sobre la zonificación ambiental, ver Metzger *et al.*, 2005 y la web [http://pan.cultland.org/cultbase/?document\\_id=152&menu\\_top\\_level=doc\\_zone](http://pan.cultland.org/cultbase/?document_id=152&menu_top_level=doc_zone).

### 4.2.4 *Presiones ambientales generadas por las características edafo-climáticas y de los regímenes agrícolas*

Los tipos de presiones ambientales varían de forma considerable según las ZMA debido a la combinación de prácticas agrícolas específicas y características ambientales. Por ejemplo, la erosión es un problema particular para la agricultura que se practica en zonas de montaña y otros terrenos escarpados. Sin embargo, la erosión eólica también puede ser un problema para las regiones llanas que tienen una escasa cobertura vegetal en invierno y primavera, como ocurre en algunas partes de las zonas atlánticas y continental. La eutrofización y la contaminación por biocidas debido al uso intenso de insumos, afecta en particular a las zonas atlánticas y continental con un elevado porcentaje de agricultura intensiva. La compactación del suelo, como sistema edáfico productivo, también está relacionada con la agricultura intensiva que utiliza maquinaria pesada, especialmente en los terrenos con pesados suelos arcillosos de regiones agrícolas de la zona atlántica.

Los problemas de captación de agua son típicos de las zonas donde la precipitación es escasa, sobre todo en las zonas mediterráneas, pero también en la panónica. Lo mismo cabe decir del riesgo de incendio, que es máximo en las zonas mediterráneas y de grado medio en las zonas alpinas, lusitana y panónica. Los problemas de fragmentación de hábitats son especialmente graves en las zonas con más agricultura intensiva, pero también con una fuerte presión de urbanización, como en la parte de la zona continental que corresponde a la UE15 y en la zona atlántica central.

El abandono de las tierras es un problema especialmente importante en las zonas donde las circunstancias edafo-climáticas limitan más la agricultura, como en las zonas de montaña alpinas y mediterráneas, en las zonas mediterráneas más áridas y secas y también en los nuevos Estados miembros de las zonas continental y panónica. Estas son también las zonas con mayor cuota de superficie agrícola AVN, porque estos sistemas de baja intensidad están concentrados sobre todo en zonas donde la agricultura no ha alcanzado altos niveles de producción, ya sea por limitaciones naturales o por falta de recursos para optimizar la explotación agrícola.

En las ZMA donde el uso del suelo es extensivo, existe un mayor riesgo de que se produzca intensificación por la producción de cultivos de biomasa, lo cual podría evitarse siendo cuidadosos en la elección de las alternativas de estos cultivos. Por otra parte, el abandono de tierras es en estas zonas un problema mayor, que podría contrarrestarse utilizando hierba segada (especialmente en pastizales seminaturales) o sistemas extensivos de cultivo de biomasa que utilicen, por ejemplo, cultivos permanentes. En el apartado siguiente se analizan las presiones ambientales en cada zona en relación con la elección ecológicamente racional de alternativas de

cultivos de biomasa. Después de todo, este estudio parte de la base de que el aumento de la producción de biomasa sólo es aceptable si no ejerce presiones adicionales sobre el medio ambiente. En segundo lugar, también ha de ofrecer mejoras adicionales de la biodiversidad en las zonas agrícolas intensivas, donde algunos cultivos de biomasa podrían ayudar a incrementar la diversidad paisajística (véase la evaluación de cultivos en el anexo VI).

### 4.2.5 *Conclusiones sobre las ZMA en relación con las alternativas de cultivos energéticos*

En lo que respecta a la disponibilidad de superficie cultivable, así como a la idoneidad de las circunstancias climáticas y del suelo, las zonas continental y atlántica central son las más adecuadas para diversos cultivos de biomasa: tanto para los cultivos herbáceos que encajan en un sistema convencional de rotación de cultivos como para las vegetaciones herbáceas de biomasa perennes y los cultivos leñosos de ciclo corto. Sin embargo, estas zonas también plantean los mayores problemas ambientales relacionados con la agricultura intensiva. Las principales razones para ello son el alto consumo de nutrientes y biocidas, el alto nivel de mecanización y el alto grado de especialización en relación con la baja diversidad de cultivos y paisajes. Con carácter general, la introducción de los cultivos de biomasa en los regímenes agrícolas de estas zonas no impone presiones adicionales sobre el medio ambiente, ya que estas presiones son de por sí elevadas. Sin embargo, la introducción de los cultivos bioenergéticos debe ir encaminada a reducir las presiones ambientales causadas por la agricultura en estas zonas. Las alternativas de cultivos de biomasa más adecuadas para el escenario compatible con el medio ambiente deberían ayudar a reducir el consumo de nutrientes en los regímenes agrícolas convencionales, aumentar la diversidad de cultivos y paisajes, reducir el uso de maquinaria pesada y el consumo de agua y favorecer que el sistema edáfico tenga cobertura todo el año en la medida de lo posible.

La zona lusitana y las tres zonas mediterráneas, así como algunas partes de las zonas panónica y continental que se encuentran en los nuevos Estados miembros, todavía se caracterizan por un alto porcentaje de regímenes agrícolas de intensidad media-baja, a menudo en áreas agrícolas AVN. En estas zonas suele encontrarse una combinación de agricultura intensiva y extensiva, así como el abandono de tierras. Por lo tanto, el aumento de la producción de cultivos de biomasa en estas zonas podría ser un peligro adicional para la biodiversidad. Sin embargo, también podría ser una oportunidad — si se hace de manera ecológicamente racional — de reducir determinadas presiones de la agricultura. En consecuencia, la elección de alternativas de cultivos de biomasa (y de prácticas de cultivo) resulta muy importante. Con respecto a las tierras abandonadas, cuando se trate de pastizales, utilizar hierba segada para producir energía podría ser la oportunidad de conservar estas zonas y protegerlas de la sucesión natural.



La escasez de agua en las zonas mediterráneas y panónica hace que sea especialmente importante evitar que el aumento de la producción de cultivos de biomasa conlleve un aumento del consumo de agua (por los regadíos) y de productos agroquímicos. Para elegir las alternativas de cultivos adecuadas, es importante tener presente que es preciso mantener o aumentar la diversidad paisajística, y elegir determinados tipos de cultivos de biomasa que no aumenten el riesgo de incendio. La ventaja potencial de los nuevos cultivos de biomasa en estas zonas es que, si se introducen correctamente, pueden ayudar a contrarrestar los riesgos de abandono y erosión del suelo.

En las ZMA de los nuevos Estados miembros, la introducción de cultivos de biomasa también debe realizarse teniendo en cuenta las prácticas extensivas actuales y evitando causar la pérdida de lindes en los campos o monotonía en el paisaje. Al igual que en las zonas mediterráneas, la producción de cultivos de biomasa puede ser la oportunidad de volver a utilizar tierras abandonadas, siempre que no se apliquen prácticas intensivas y que se preserven los pastizales seminaturales.

### 4.3 Priorización de cultivos energéticos por ZMA

Los cultivos bioenergéticos pueden dividirse en tres grupos. Por una parte, dos tipos de rotaciones de cultivos herbáceos:

- 1) Cultivos azucareros/almidonosos (por ejemplo, la remolacha azucarera y la patata).
- 2) Cultivos oleaginosos-almidonosos (por ejemplo, el girasol, la colza, los cereales, el maíz y el sorgo).

Un tercer grupo formado por cultivos lignocelulósicos:

- 3) Cultivos leñosos de ciclo corto (*Short Rotation Coppice*, SRC), por ejemplo, sauce y abedul, y vegetaciones herbáceas de biomasa permanentes (por ejemplo, *miscanto*, *pasto aguja*, *alpieste rosado* y *caña común*).

Los cultivos energéticos de la categoría azucarera, almidonosa y oleaginosa son todos rotaciones de cultivos herbáceos que normalmente se cultivan para producir alimento y forraje. Desde una perspectiva energética, son los más adecuados para la producción de biocarburantes (de primera generación) y biogás. Los impactos que puedan causar estos cultivos en el medio ambiente y la biodiversidad de las zonas agrícolas cuando se destinen a la producción de biomasa no serán muy diferentes de cuando se destinan a la producción de alimento y forraje. Sin embargo, algunas publicaciones basadas en investigaciones y pruebas de campo han demostrado que se pueden introducir nuevas prácticas agrícolas y variedades en la producción de rotaciones de cultivos herbáceos para obtener biomasa. Esta oportunidad

surge porque el principal objetivo es producir grandes cantidades de biomasa seca por hectárea, mientras que la fuente de biomasa del producto final no tiene tanta importancia. Por ejemplo, las variedades de maíz y sorgo más adecuadas para generar bioenergía no son las mismas que las utilizadas para producir alimento y forraje, mientras que el resto de cultivos herbáceos de biomasa mencionados no son diferentes en general de las variedades utilizadas para producir alimento y forraje. Por consiguiente, es probable que las necesidades de calidad del suelo y utilización de insumos (como biocidas) sean en general menores con los cultivos destinados a la producción de biomasa que con los destinados a la producción alimentaria y forrajera. Esto implica que podrían utilizarse menos insumos, especialmente los de protección de cultivos y herbicidas, que podría plantearse la introducción de prácticas sin laboreo y que los períodos y técnicas de recolección también podrían ser diferentes.

Los cultivos lignocelulósicos son todos cultivos permanentes que resultan interesantes con la introducción de tecnología de segunda generación. La tecnología necesaria para una conversión eficiente de estos cultivos no estará disponible durante los próximos cinco años y, por lo tanto, la introducción de estos cultivos a gran escala no ocurrirá hasta después de 2010. La tabla 4.1 ofrece una visión general de las principales características de cuatro cultivos bioenergéticos permanentes, según un estudio bibliográfico. Esto demuestra que la producción de cultivos leñosos de ciclo corto (SRC) y vegetación herbácea de biomasa permanente es fundamentalmente diferente de los cultivos herbáceos. Dado que pueden considerarse cultivos permanentes con un ciclo mínimo de 15 años, la recolección de la biomasa sólo comenzaría en un plazo de entre dos y cinco años. Además, la utilización de insumos y las necesidades de maquinaria son mucho más limitadas que con los cultivos herbáceos. Desde la perspectiva del riesgo de erosión, estos cultivos son una buena protección del sistema edáfico (al menos tras la fase de establecimiento), ya que incluso algunas de sus variedades han sido desarrolladas con este fin (por ejemplo, el pasto aguja). Estos cultivos pueden afectar mucho a la estructura paisajística, ya que tienden a alcanzar de 2 a 5 m de altura. Por lo tanto, su impacto es mayor si ocupan grandes superficies. Sin embargo, cuando se cultivan en franjas, pueden tener un efecto 'positivo' para la diversidad paisajística y crear hábitats (refugios) valiosos para determinados mamíferos y aves. Para evaluar la sección inicial de cultivos de biomasa, en este estudio se han contemplado cuatro fuentes:

- Información de alternativas de cultivos y rendimientos por zona según estadísticas (Eurostat, 2005 y FAOSTAT, 2005).
- Cultivos de producción de biomasa ya existentes (IENICA, 2004).
- Experimentos con cultivos de biomasa en diferentes zonas (estudio bibliográfico).

**Tabla 4.1 Características de los cultivos energéticos permanentes**

Atributo	Miscanto	Pasto aguja	Alpiste rosado	Caña común
Nombre en latín	<i>Miscanthus spp.</i>	<i>Panicum virgatum L.</i>	<i>Phalaris arundinacea L.</i>	<i>Arundo donax L.</i>
Recursos genéticos disponibles	Muchas variedades disponibles; principalmente se utiliza el clon M. giganteus	Se utilizan muchas variedades, según latitud	Muchas variedades disponibles	Amplia base genética disponible
Territorio autóctono	Sureste Asiático, Japón	Norteamérica	Europa	Región mediterránea y otras
Rendimientos en toneladas de materia seca al año	Hasta 10 t en las regiones septentrionales y hasta 30 t en las meridionales	Hasta 10 t en las regiones septentrionales y hasta 30 t MS en las meridionales	Hasta 15 toneladas	Hasta más de 30
Sistema fotosintético	C <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>
Altura	Hasta 4 m	Hasta 2,5 m	Hasta 2 m	Hasta 5 m
Duración del ciclo	15 años	15 años	10/15 años	15 años
Método de propagación	Vegetativa (rizomas), semilla en desarrollo	Semilla	Semilla	Vegetativo (rizomas)
Adaptación	Inviernos moderados, humedad media/baja	Inviernos moderados, humedad media/baja	Regiones más frías y húmedas	Regiones calurosas y húmedas
Territorio de adaptación en Europa	Región fría-templada y calurosa de Europa (Dinamarca a Grecia)	Región fría-templada y calurosa de Europa (Dinamarca a Grecia)	Regiones frías y húmedas del noroeste de Europa (Finlandia, Suecia, Reino Unido, Países Bajos, Europa Oriental)	Europa meridional, sur de Francia, Italia, Grecia, España
Establecimiento	Rizomas o plántulas	Semilla	Semilla	Rizomas
Época de cosecha	De otoño a principios de primavera	De otoño a principios de primavera	De otoño a principios de primavera	De otoño a principios de primavera
Maquinaria necesaria	Equipos agrícolas normales y especiales	Equipos agrícolas normales	Equipos agrícolas normales	Equipos agrícolas especiales
Forma de cosecha	Embalado normal (pesado) de viruta	Embalado normal	Embalado normal	Embalado imposible: tallos o viruta
Consumo de fertilizantes	En el norte de Europa hasta 50 kg N y en el sur de 50 a 100 kg N	En el norte de Europa hasta 50 kg N y en el sur de 50 a 100 kg N	Más que para herbáceas C4	Más que para herbáceas C4
Consumo de biocidas	Bajo, posiblemente el primer año	Bajo, posiblemente el primer año	Bajo, posiblemente el primer año	Bajo, posiblemente el primer año
Potencial de escorrentía	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Consumo de agua	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Frecuencia de paso en el campo	1 al año tras el establecimiento	1 al año tras la cosecha	1 al año tras la cosecha	1 al año tras la cosecha
Control de la erosión	Bueno/muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Bueno/muy bueno
¿Riesgo de convertirse en maleza?	No	No	Sí, es una mala hierba	Según las regiones. En las zonas meridionales es una mala hierba
Requisitos de pendiente	El único límite es el equipo: no hay balas redondas	El único límite es el equipo: no hay balas redondas	El único límite es el equipo	El único límite es el equipo: no hay balas redondas
¿Refugio para animales?	Sí, mucho mejor que el cultivo anual	Sí, mucho mejor que el cultivo anual	Sí, mucho mejor que el cultivo anual	Sí, mucho mejor que el cultivo anual
¿Alimento para animales, insectos?	Menos si no produce semilla	Sí, las semillas son alimento	Sí	?
¿Espacio para otras plantas en el campo?	Limitado, no si está bien establecido	No si está bien establecido	No si está bien establecido	Limitado, no si está bien establecido
Riesgo de incendio	Alto	Alto	Alto	Alto

**Nota:** Datos recientes indican que los cultivos energéticos permanentes pueden necesitar mucha agua, ver informe previo al seminario de CCI/AEMA de octubre de 2007: <http://re.jrc.ec.europa.eu/biof/>.

**Fuente:** W. Elbersen y R. Bakker según sus propias investigaciones y revisión bibliográfica<sup>(21)</sup>.

<sup>(21)</sup> Esta tabla se ha elaborado para el estudio de la AEMA con el contrato EEA/EAS/03/004. Referencia bibliográfica del informe final del estudio: Elbersen. B.; Andersen. E.; R. Bakker; Bunce. R.; Carey P.; Elbersen. W.; Eupen. M. Van; Guldemond. A. Kool. B. Meuleman. G.J. Noij & J. Roos Klein-Lankhorst (2005). Large-scale biomass production and agricultural land use – potential effects on farmland habitats and related biodiversity. EEA study contract EEA/EAS/03/004.



- Información sobre pruebas de campo con nuevos cultivos de biomasa presentada en el seminario «Cultivos bioenergéticos sostenibles para el Mediterráneo», febrero de 2006, Madrid (CCI-AEMA, 2006).

La tabla V-1 del anexo V presenta las alternativas de cultivos iniciales para la producción de biomasa por ZMA. El mayor número de cultivos adecuados se encuentra en las zonas continental, panónica, atlántica central, alpina sur y lusitana. En las zonas mediterráneas, en un reciente seminario de AEMA/CCI se recomendaron algunos cultivos de biomasa adicionales, considerados de gran potencial productivo y bien adaptados al clima mediterráneo. Sin embargo, sólo se han incluido cultivos que ya se han sometido a pruebas de campo con resultados positivos en la situación mediterránea. Otros cultivos analizados después del seminario son (véase también Fernández, 2006):

- Los cultivos oleaginosos mostaza etíope (*Brassica carinata*) y ricino para la producción de biodiésel. El primero es un pariente de la colza y el segundo ya se utiliza para producir biodiésel en Brasil.
- Caña de azúcar y nopal para la producción de bioetanol. El primero es el principal cultivo bioetanólico de Brasil y el segundo es un tipo de cactus.
- El cultivo lignocelulósico cardo (*Cynara cardunculus*). El fruto de esta planta contiene aceite (para fabricar biodiésel) y el resto puede utilizarse como materia prima lignocelulósica.

Además de la distribución de cultivos, hay otro factor importante en el proceso de priorización: la práctica de «doble cultivo». Se trata de un sistema de cultivo específicamente concebido para obtener una producción de biomasa respetuosa con el medio ambiente y que ha dado buenos resultados iniciales en Alemania. Se cree que este procedimiento podría encajar bien en el futuro en un sistema de producción de biomasa respetuoso con el medio ambiente en un mayor número de ZMA. La práctica de doble cultivo se explica con más detalle en el recuadro 8.3.

#### 4.4 Priorización ambiental de cultivos bioenergéticos por cuestión ambiental

Este apartado describe el enfoque adoptado para la evaluación ambiental de los cultivos de biomasa potenciales. Parte de una priorización inicial basada en una evaluación relativa que los clasifica según las presiones entre cultivos. La comparación se basa en gran medida en datos imperfectos, lo que genera incertidumbre en los resultados finales. Sólo se trata, pues, de una evaluación relativa. Además, el impacto ambiental definitivo de los distintos cultivos dependerá mucho de las prácticas agrícolas efectivamente

aplicadas. Sin embargo, las prácticas agrícolas no son objeto del presente informe y deberán analizarse en un estudio complementario.

Los indicadores de presión ambiental se combinan con los cultivos de biomasa potencial a fin de llegar a una descripción inicial de los posibles riesgos ambientales de cada cultivo (véase el anexo VI). Sólo se han elaborado tablas pormenorizadas de los cultivos de biomasa herbáceos, lo cual permite hacer una evaluación comparativa de impactos y beneficios ambientales entre estos cultivos.

También se han desarrollado tablas de riesgos de cultivos permanentes, pero la experiencia de campo y la bibliografía publicada son mucho más limitadas para estos cultivos, a menudo novedosos. Por lo tanto, la evaluación presentada es de índole más bien cualitativa. No obstante, demuestra que existen diferencias significativas entre los cultivos herbáceos y los cultivos permanentes.

##### 4.4.1 Erosión del suelo

El riesgo de erosión del suelo es especialmente elevado en la región mediterránea, que se caracteriza por periodos prolongados de sequía seguidos de fuertes precipitaciones, que caen sobre pendientes pronunciadas con suelos inestables (AEMA, 2005b). La escasez de agua que sufren estas zonas en verano limita la cobertura del suelo en esa época y aumenta el riesgo de erosión en otoño cuando comienzan las lluvias. En el norte de Europa, la erosión hídrica no es tan problemática, ya que las lluvias se reparten de modo más uniforme a lo largo del año y hay menos regiones con pendientes pronunciadas y suelos superficiales. No obstante, la simplificación de las rotaciones de cultivos y el aumento de la superficie de maíz durante los últimos decenios han convertido la erosión en el segundo factor de deterioro del suelo, por detrás de la compactación. Se han observado graves incidentes erosivos, como por ejemplo en el nordeste de Alemania, donde se han perdido más de 40 t de suelo por hectárea y año (Frielinghaus y Winnige, 2002).

La erosión eólica es un problema en terrenos más abiertos, planos u ondulados, con suelos arenosos donde la cobertura es limitada a lo largo del año y no hay elementos paisajísticos que protejan del viento. Las zonas agrícolas más intensivas y llanas de Europa son las que más sufren por este motivo. La erosión y degradación del suelo también afectan a vastas zonas de Europa Central y Oriental, debido a una serie de factores físicos y de gestión agrícola (AEMA, 2004).

La eficacia de cualquier cultivo, sistema de gestión o cubierta protectora depende del grado de protección disponible durante varios períodos a lo largo del año, en relación con la cantidad de lluvia erosiva que cae en dichos períodos. En este sentido, los cultivos que

ofrecen una cubierta protectora durante gran parte del año (como la alfalfa o los cultivos invernales) pueden reducir la erosión mucho más que los cultivos que dejan el suelo desnudo durante más tiempo (por ejemplo, los cultivos que se plantan en hileras, como la remolacha azucarera o el maíz), especialmente durante las épocas de fuertes lluvias erosivas (primera y verano). Sin embargo, la mayor parte de la erosión en las tierras de cultivo anual en hileras puede reducirse dejando una cubierta residual superior al 30% tras la cosecha y durante los meses de invierno, o bien con la intersembrado de un cultivo forrajero (por ejemplo, el trébol violeta).

El riesgo de erosión del suelo también depende de las operaciones de laboreo, como la profundidad, dirección y época de roturación, el equipo utilizado y el número de pasadas. En general, cuanto menos se altere la vegetación o la cubierta residual de la superficie, más eficaz será la práctica de laboreo para reducir la erosión (Boardman y Poesen, 2006; Montanarella, 2006).

En suma, cabe concluir que los cultivos de cobertura anual completa, como los pastos, son muy buenos para contrarrestar la erosión del suelo. En este sentido, cultivos energéticos como las vegetaciones herbáceas de biomasa permanentes de cobertura densa dan resultados tan buenos como los pastos, especialmente uno o dos años después de su establecimiento. Es también por esta razón que alcanzan una buena puntuación en relación con la erosión del suelo en la tabla de presiones ambientales por cultivo del anexo VII.

### 4.4.2 Compactación del suelo

El riesgo de compactación del suelo depende de la utilización de maquinaria pesada, de la textura del suelo y de las características de enraizamiento de las plantas. La compactación puede reducir la capacidad de infiltración hídrica y aumentar el riesgo de erosión acelerando la escorrentía. Además, tiene efectos adversos para la biodiversidad y estructura del suelo y puede causar problemas como la alteración del crecimiento de las raíces.

La compactación del suelo es consecuencia del empleo de maquinaria pesada para cultivar la tierra, por ejemplo, para la roturación y la recolección. A mayor carga por eje y humedad del suelo, mayor profundidad de compactación del suelo. Por ejemplo, la recolección tardía de la remolacha azucarera y el maíz en la cosecha posterior a la primera lluvia de otoño o a la plantación de primavera suele hacerse antes de que el suelo esté suficientemente seco para soportar el peso de la maquinaria de recolección o plantación (Horn *et al.*, 2000; Akker y Schjøning, 2004). La compactación causada por grandes cargas por eje (es decir, más de 10 toneladas por eje) sobre suelos húmedos puede alcanzar más de medio metro de profundidad. Esta compactación tan profunda puede ser más persistente

que la compactación superficial relacionada con otras prácticas agrícolas o de recolección, que puede eliminarse en gran medida al labrar la tierra (Horn *et al.*, 2000; van den Akker y Schjøning, 2004).

Las prácticas de cultivo que reducen el laboreo o alargan los períodos sin roturación —por ejemplo, utilizando trébol en la rotación de cultivos o plantando cultivos permanentes suponen menos problemas de compactación del terreno. Los sistemas de doble cultivo para la producción de biomasa también pueden dar buenos resultados si se combinan con rotaciones limitadas. De todos modos, los cultivos de biomasa permanentes resultan particularmente favorables. El anexo VI contiene información detallada sobre la clasificación de los cultivos en relación con la compactación del suelo.

### 4.4.3 Aportes de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales

Las pérdidas difusas de la agricultura siguen siendo una importante fuente de contaminación por nitratos y fosfatos en las aguas europeas (AEMA, 2005a). Por ejemplo, el 40% de la carga total de nitrógeno en el Danubio y el 50% en el Báltico tienen su origen en la agricultura (Behrend/EuroCat, 2004; AEMA, 2005a). La contaminación difusa de la agricultura sigue siendo un riesgo para la calidad del agua de los nuevos Estados miembros (AEMA, 2004).

Las concentraciones de nitratos en las aguas de las regiones más centrales y meridionales de la UE todavía son elevadas (entre 40 y 20 mg/l  $\text{NO}_3$ ), causan grandes problemas de eutrofización y ponen en riesgo el uso recreativo de lagos y estuarios. En consecuencia, son un peligro para la salud humana y para la diversidad de poblaciones de peces, plantas y animales autóctonos (AEMA, 2003).

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante analizar los riesgos de lixiviación de nutrientes de diferentes cultivos. Para hacerse una idea precisa del riesgo de lixiviación de nutrientes que presenta cada cultivo, es imprescindible tener un conocimiento exhaustivo del ciclo de nutrientes (preferiblemente que abarque todo el proceso de conversión de la biomasa en energía) y de otros factores específicos, como la duración de la cobertura del suelo por cada cultivo, los períodos de crecimiento y recolección y la profundidad de enraizamiento y el excedente de precipitación. Sin embargo, para clasificar los cultivos por orden de prioridad, la evaluación se ha limitado a los aportes relativos de nutrientes, el nitrógeno retirado por cultivo, la cobertura media del suelo y el excedente de precipitación. Estos datos están disponible con carácter general para las rotaciones de cultivos herbáceos convencionales, y pueden considerarse buenos indicadores sustitutivos de las presiones de lixiviación de nutrientes cuando se valoran conjuntamente por

cada cultivo de una determinada ZMA. Sin embargo, estos datos son mucho más difíciles de obtener en el caso de los nuevos cultivos bioenergéticos, porque las experiencias prácticas disponibles son muy limitadas. Es más, las pruebas de campo experimentales también han sido limitadas o no han aportado información sobre la cuestión de la eficiencia de nutrientes. Por este motivo, en lo que respecta a estos nuevos cultivos, sólo ha sido posible realizar una estimación experta. Sin embargo, esto se especifica por cultivo en las tablas de riesgo de los anexos VI y VII.

Los aportes medios de nitrógeno por cultivo se han obtenido a partir de los datos nacionales de aplicación de fertilizantes facilitados por la Asociación Europea de Fabricantes de Fertilizantes (EFMA) (ver tabla 4.2). La tabla 4.3 presenta datos adicionales para la situación concreta de Francia, así como de otros factores relevantes, como la aplicación de nitrógeno mineral y

orgánico y los períodos en que los cultivos no cubren los campos.

Tanto las cifras de la EFMA como las de Francia demuestran que los aportes de nutrientes son mayores con trigo, maíz, patata y colza, pero también que varían mucho según los países. Las cifras de Francia también revelan que los fertilizantes minerales no son la única fuente de nitrógeno, especialmente en lo que respecta al maíz de ensilada.

Si los aportes de nitrógeno son elevados y la captación de nitrógeno por cultivo en el momento de la cosecha es grande, el excedente de nitrógeno seguirá siendo pequeño o incluso negativo. Las razones de una elevada absorción de nitrógeno suelen ser una buena fijación del nitrógeno o un elevado rendimiento por cultivo y hectárea. En el anexo VIII se presenta una estimación de este excedente, en circunstancias concretas de aplicación

**Tabla 4.2 Aportes de nutrientes por cultivo en 1999/2000**

kg N/ha 1999/2000	BE/LU	DK	DE	EL	ES	FR	IE	IT	NL	AT	PT	FI	SE	UK	EU-15
Trigo	155	148	165	70	98	164	160	80	190	105	80	85	125	188	139
Cebada	100	78	150	75	93	118	110	70	85	95	60	72	78	127	107
Centeno, avena, arroz	90	80	120	85	82	105	96	95	85	63	60	70	68	107	96
Maíz de grano incl. maíz de mazorca	70	-	150	190	231	170	-	200	44	107	160	-	-	-	179
Patata	160	120	140	200	142	150	120	110	168	105	100	70	83	158	142
Remolacha azucarera	125	100	145	140	178	130	180	90	110	88	150	120	100	104	126
Colza	150	100	170	-	109	145	150	80	180	125	100	80	110	190	153
Girasol, soja, lino	20	70	50	50	14	45	0	40	0	45	-	-	60	52	33
Leguminosas (guisantes, habas)	20	-	25	40	9	0	0	30	20	2	5	40	-	4	8
Maíz de ensilada	80	30	85	80	80	45	105	150	35	105	80	-	-	58	70

Fuente EFMA.

**Tabla 4.3 Aportes de nutrientes y prácticas por cultivo en Francia 2001**

	Superficie (ha)	Rendimiento toneladas/ha	Nitrógeno mineral en kg/ha	Nitrógeno orgánico en kg/ha	Excedente de N estimado (kg/ha)	Días sin cobertura
Trigo	4.460.192	6,8	172	4	46	50
Trigo duro	306.370	4,4	168	4	64	100
Cebada	1.705.042	5,7	125	8	52	110
Maíz en grano	1.867.079	8,7	159	40	75	200
Maíz de ensilada	1.471.655	12,6	75	163	109	230
Colza	707.609	2,2	44	8	89	60
Guisantes	413.716	4,0	0	1	28	225
Girasol	707.609	2,2	44	2	18	250
Remolacha azucarera	405.351	72,7	127	47	59	..
Patata	155.867	39,9	155	36	73	..

Fuente: Estudio sobre prácticas agrícolas 2001 — SCEES y NOPOLU-System2 BETURE-CEREC/SOLAGRO (sobre excedentes de nitrógeno).

mínima y máxima de nitrógeno (sólo fertilizantes minerales) y rendimientos por cultivo y por grupo de países. Los datos del anexo VIII demuestran que en los países septentrionales de Suecia y Finlandia cabe esperar mayores excedentes de nitrógeno con la cebada, la remolacha azucarera, la colza y el lino, mientras que el trigo, el centeno y la patata registran un excedente nulo o negativo. En los países de la zona atlántica, el cultivo con menor excedente de nitrógeno es la patata, mientras que cultivos como la cebada, la remolacha azucarera, la colza y el lino tienen mayor probabilidad de producir excedentes. En Austria, la mayoría de los cultivos dan relativamente buenos resultados con excedentes bajos. Esto se debe a los bajos índices de aplicación de nitrógeno registrados en este país, junto con rendimientos medio-altos. Los dos únicos cultivos que presentan un riesgo de lixiviación claramente mayor en Austria son la cebada y la colza. En los países europeos centrales y meridionales, sólo el girasol presenta un bajo riesgo de producción de excedente de nitrógeno y la colza y las leguminosas presentan un riesgo medio. Todos los demás cultivos pueden producir grandes excedentes debido a los relativamente elevados índices de aplicación de fertilizantes artificiales registrados por la EFMA, así como por unos rendimientos generalmente medio-bajos por hectárea. Las diferencias entre los excedentes de nitrógeno estimados en las tablas del anexo VIII y las cifras de Francia en la tabla 4.3 se deben en parte a la inclusión del estiércol en el cálculo francés.

Para llevar a cabo la estimación definitiva del riesgo de lixiviación de nitrógeno por cultivo, tal como se especifica en el anexo VI, se han tenido en cuenta la cobertura media del suelo y los excedentes de precipitación por ZMA, junto con los datos de excedentes de nitrógeno estimados en el anexo VIII (en su caso). Aunque la cobertura del suelo por cultivo depende en gran medida de la práctica agrícola, es posible realizar una agrupación aproximada de los cultivos según este factor. La situación de Francia que presenta la tabla 4.3 para determinados cultivos da una idea de los tipos de cultivos herbáceos. Demuestra que el maíz, el guisante y el girasol dan resultados mucho peores que los cereales. No se han facilitado cifras de la remolacha azucarera y la patata. Muchos Estados miembros de la UE15 han instaurado la obligación de mantener una cubierta herbosa durante el invierno en el marco de las normas de condicionalidad. Aunque esto tiene por objeto prevenir la erosión, también ayudará a reducir la lixiviación en invierno. Sin embargo, seguirá habiendo diferencias de cobertura del suelo por cultivo si la estación de crecimiento es corta o los períodos de establecimiento son largos y superan este período mínimo.

Aunque existe mucha menos información sobre los cultivos de biomasa permanentes, cabe suponer que

presentan un menor riesgo ambiental de lixiviación y emisión de nitrógeno. Los aportes de nitrógeno son mucho menores con estos cultivos, especialmente después de su establecimiento, y no requieren laboreo. También tienen una densa cobertura del suelo, sobre todo los tipos herbosos (como el miscanto o el pasto aguja) y echan raíces profundas. Por lo tanto, la eficiencia de nutrientes es mejor con los cultivos de biomasa permanentes que con los cultivos herbáceos convencionales utilizados para la producción de biomasa.

#### 4.4.4 Aportes de biocidas a las aguas subterráneas y superficiales

El indicador IRENA 9 señala que la cantidad total estimada de biocidas utilizados en la agricultura aumentó un 20% entre 1992 y 1999, y que la cantidad total de biocidas vendidos —expresada en ingredientes activos— creció un 11% durante el mismo período (AEMA, 2005b). El indicador IRENA 30.2 sobre biocidas en el agua refleja que sólo hay datos disponibles para una selección de Estados miembros de la UE15, lo que demuestra que existe una tendencia reciente a la reducción de los residuos de biocidas en el agua. No obstante, la presencia de biocidas en las masas de agua por encima de los valores reglamentarios continúa siendo un problema, a pesar de las reducciones de las concentraciones de biocidas observadas en algunos Estados miembros. Los principales efectos negativos de la contaminación por biocidas son para el medio acuático, la flora y la fauna terrestres y la salud humana. Por lo tanto, los cultivos con baja demanda para la protección contra plagas y enfermedades son una elección preferible para la producción de biomasa con fines energéticos.

Sin embargo, no es posible hacer una buena evaluación de los aportes de biocidas debido a la insuficiente disponibilidad de información, ya que en una evaluación ambiental son importantes muchos aspectos, como la dosificación, los efectos y la persistencia. A fin de hallar una relación entre los cultivos y los aportes de biocidas, se ha elegido la sensibilidad del cultivo a las plagas —descrita cualitativamente en la bibliografía— como indicador sustitutivo. Las estimaciones obtenidas por cultivo se indican en el anexo VI.

#### 4.4.5 Captación de aguas

El consumo de agua en la agricultura es un problema grave, especialmente en el sur de Europa, donde el agua es escasa y su disponibilidad varía mucho de un año para otro, y representa el 50% del consumo total de agua<sup>(22)</sup> (AEMA, 2005b). La superficie de regadío de la UE12 pasó de 12,3 a 13,8 millones de hectáreas de 1990 a 2000, lo que supone un aumento del 12%. En los países mediterráneos, España, Francia y Grecia, la superficie de regadío aumentó un 29% durante el

<sup>(22)</sup> Europa del Sur en este contexto incluye Francia, Grecia, Portugal y España.



mismo periodo. El regadío también es importante para la producción agrícola en los nuevos Estados miembros del sureste de la UE, especialmente Bulgaria, Hungría, Rumanía y Eslovaquia (AEMA, 2004). Algunos impactos ambientales del aumento de las extracciones de agua y del riego son la pérdida de humedales y la desaparición de hábitats debido a la construcción de presas y embalses, a la salinización y contaminación del suelo, a la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros y a la destrucción de sistemas de explotación extensiva de suelos con alta biodiversidad, como los de las dehesas, las pseudoestepas cultivables, etc. (AEMA, 2004 y 2005).

Considerando los regadíos por tipo de cultivo, la ficha técnica del indicador IRENA sobre intensidad de consumo de agua (AEMA, 2005b) demuestra que, en España, Francia y Grecia, el maíz de grano es el cultivo más importante en porcentaje de cultivos de regadío. En Francia, el 40% de la superficie de regadío se destina al cultivo de maíz de grano. El aumento de la superficie de este cultivo es la principal razón del fuerte aumento que ha registrado la superficie de regadío en Francia entre 1990 y 2000. La superficie de regadío de trigo, girasol y patata también es bastante importante en el sur de Europa. En estos momentos, no hay cifras disponibles sobre la cuota de cultivos de regadío que ya se destinan a la producción de bioenergía. Sin embargo, es evidente que el aumento de la demanda de cultivos bioenergéticos podría aumentar la presión sobre los recursos hídricos, especialmente si conlleva un aumento de los cultivos de regadío.

En el anexo VI se han clasificado los distintos cultivos de biomasa potenciales por sus prestaciones en términos de eficiencia en el uso del agua (EUA) y consumo de agua, según los datos de Berndes (2002); Jørgensen y Schelde (2001), y Doorenbos y Kassam (1986). La EUA es una indicación de rendimiento, que suele expresarse en cantidad de materia seca (MS) producida por unidad de agua, que es la cantidad de agua evapotranspirada por el campo de cultivo (por ejemplo, evaporada a través de las plantas cultivadas, malas hierbas y directamente por el suelo) durante todo el ciclo de crecimiento.

De acuerdo con los datos de cultivos de regadío de la FAO (Doorenbos y Kassam, 1986), los valores EUA de la biomasa cultivada total con una gestión relativamente buena, oscilan entre 1 y 9 g de materia seca por kg de agua evapotranspirada (ET) (ver tabla 4.4) y los valores típicos de EUA de los cultivos energéticos oscilan entre 1 y 4 g MS/kg agua ET (Berndes, 2002). Los cultivos energéticos mencionados por Berndes pueden ser de biodiésel (colza), de bioetanol (como cereales, maíz, caña de azúcar y remolacha azucarera) y lignocelulósicos (como el miscanto). La máxima eficiencia de uso del agua (por ejemplo, EUA = 4) se obtiene con técnicas de gestión óptimas, para que el crecimiento del cultivo no se frene por estrés de nutrientes, malezas, plagas y enfermedades.

Además, la evaporación de la superficie del suelo se mantiene lo más baja posible promoviendo el cierre anticipado del dosel del cultivo.

La EUA máxima estimada es algo mayor en los cultivos  $C_4$  que en los cultivos  $C_3$  (ver tabla 4.4); esto es así especialmente cuando la gestión es óptima y el clima soleado. Los cultivos  $C_4$  necesitan temperaturas más altas y, por lo tanto, se limitan a las regiones más cálidas de Europa, incluido el Mediterráneo, donde hay problemas de escasez de agua. De acuerdo con las cifras EUA específicas de cada cultivo (plantas enteras) calculadas a partir de los datos de la FAO (Doorenbos y Kassam, 1986), el valor máximo de EUA por cultivo aumenta por este orden: cultivos oleaginosos (colza, girasol), cultivos proteínicos (habas, soja, cacahuetes), alfalfa, cereales  $C_3$  (trigo, cebada, centeno), tubérculos (patata, remolacha azucarera), cereales  $C_4$  (sorgo, maíz) y herbáceas  $C_4$  (caña de azúcar, miscanto) (véase también la tabla 4.4).

Para realizar una completa evaluación de la eficiencia en el uso del agua y la correspondiente clasificación ambiental de cultivos energéticos, es preciso tener en cuenta varios factores. Primero, la EUA baja si se relaciona únicamente con la parte cosechable de la planta. Por ejemplo, el rendimiento de grano del trigo representa alrededor del 40% de la biomasa de toda la planta. Por lo tanto, si se utilizase toda la planta, el valor EUA del trigo aumentaría notablemente.

Segundo, en el caso de los cultivos bioenergéticos, también es útil expresar la EUA en relación con el valor energético de un cultivo. Sin embargo, esta información no estaba disponible para este estudio, pero en general es evidente que puede variar mucho según el cultivo. Los cultivos oleaginosos tienen un valor energético mayor que los cultivos almidonosos y lignocelulósicos. Pero también depende del contenido de agua de la biomasa. Cuanto mayor sea el contenido de agua del cultivo, menor será el valor energético (aunque esto parece aplicarse únicamente al 2% del consumo de agua total por unidad energética; ver Berndes, 2002).

Para evaluar el alto riesgo de captación de agua por los cultivos de biomasa, se ha combinado la EUA expresada en gramos de MS por kg de agua ET (en condiciones óptimas de cultivo) con una estimación de la necesidad media de agua del cultivo. No se ha podido utilizar la información de EUA en relación con el valor energético del cultivo, ya que la información disponible sobre esta cuestión era limitada. Sin embargo, la selección de cultivos del capítulo 5 se ha basado en el supuesto de que aumentará el porcentaje de cultivos de biomasa enteros utilizados para generar bioenergía, por lo que es aceptable utilizar un coeficiente EUA relacionado con la MS total producida por la planta y no sólo el cultivo (grano) cosechado.

**Tabla 4.4 Eficiencia en el uso del agua (EUA) y otras características del cultivo**

Cultivo	Tipo de cultivo	Uso	Periodo de crecimiento		Necesidad total de agua periodo de crecimiento		Estación de crecimiento	Rendimiento cultivo		Rendimiento biomasa MS		EUA g producto/kg agua		EUA g biomasa MS/kg agua		
			Corto	Largo	Corto	Largo		Europa	Templada	Mediterránea	Templada	Mediterránea	Low	High	Low	High
Alfalfa	C <sub>3</sub>	Biomasa	100	365	800	1 600	verano	10,0	21,8	10,2	25,6	1,5	2,0	1,5	2,0	
Maiz	C <sub>4</sub>	Almidón	100	140	500	800	verano	6,0	8,8	13,2	22,0	0,8	1,6	1,8	3,5	
Oliva	C <sub>3</sub>	Aceite	210	300	600	800	invierno/ primavera		7,0		22,6	1,5	2,0	3,4	4,5	
Guisante, fresco	C <sub>3</sub>	Proteína	65	100	350	500	verano	3,0	0,5	1,3	1,3	0,5	0,7	0,2	0,3	
Guisante seco	C <sub>3</sub>	Proteína	85	120	350	500	verano	0,8	0,7	2,0	2,0	0,2	0,2	0,4	0,5	
Patata	C <sub>3</sub>	Almidón	100	150	500	700	verano	40,0	9,5	18,0	15,8	4,0	7,0	1,8	3,2	
Arroz	C <sub>3</sub>	Almidón	90	150	350	700	verano	6,0	5,7	10,9	12,8	0,7	1,1	1,3	2,0	
Cártamo	C <sub>3</sub>	Aceite	120	160	600	1 200	verano		3,6		11,7	0,2	0,5	0,6	1,5	
Sorgo	C <sub>4</sub>	Almidón	100	140	450	650	verano	3,0	4,4	7,5	12,4	0,6	1,0	1,5	2,5	
Soja	C <sub>3</sub>	Proteína	100	130	450	700	verano		3,2		9,2	0,4	0,7	1,1	1,8	
Remolacha azucarera	C <sub>3</sub>	Almidón	160	200	550	750	verano	55,0	10,2	23,4	25,5	6,0	9,0	2,6	3,8	
Caña de azúcar	C <sub>4</sub>	Almidón	270	365	1 500	2 500	verano		28,0		112,0	5,0	8,0	4,0	6,4	
Girasol	C <sub>3</sub>	Aceite	90	130	600	1 000	verano	2,5	3,2	9,2	12,9	0,3	0,5	1,1	1,8	
Tabaco	C <sub>3</sub>	Biomasa	90	120	400	600	verano	2,0	2,3	3,3	4,2	0,4	0,6	0,7	1,0	
Trigo	C <sub>3</sub>	Almidón	100	130	450	650	verano/ invierno	6,0	5,2	12,9	12,9	0,8	1,0	1,7	2,2	

Fuente: Adaptación propia de K. van Diepen<sup>(23)</sup> basada en Doorenbos y Kassam (1986) y Berndes (2002).

#### 4.4.6 Aumento del riesgo de incendio

El riesgo de incendio es mayor en las zonas áridas de Europa con bajo nivel de precipitaciones. El efecto de cualquier incendio puede agravarse por una deficiente gestión del suelo o por su abandono, que aumenta la densidad de biomasa seca inflamable, o por la ausencia de medidas como cortafuegos, etc. Por tanto, para establecer cultivos de biomasa en zonas de este elevado riesgo es importante elegir cultivos con características que dificulten la propagación del fuego, aunque la introducción de cultivos de biomasa permanentes no aumentaría necesariamente el riesgo de incendio en el Mediterráneo (CCI y AEMA, 2006). En efecto, por un lado el riesgo de incendio en estos tipos de cultivo sólo existe durante un corto período del año (es decir, justo antes de la cosecha), que no coincide con el período en el que existe un elevado riesgo de incendio general (verano-otoño). Por otro, si se declara un incendio en un cultivo de biomasa, en general sólo se perderá el cultivo, ya que el riesgo de que se propague a bosques y matorrales es bajo. En consecuencia, al seleccionar cultivos de biomasa para el Mediterráneo hay que tener en cuenta la susceptibilidad del cultivo a la combustión

y su localización. El riesgo de incendio parece ser especialmente importante en el caso de cultivos leñosos de ciclo corto, SRC y plantas perennes, que es más probable que se sitúen cerca de bosques y matorrales.

#### 4.4.7 Diversidad de tipos de cultivo

La pérdida de diversidad de cultivos se debe a la constante especialización de la agricultura en los últimos decenios. Este proceso se ha dado al mismo tiempo que una simplificación de los regímenes de cultivo, que ha reducido la diversidad de cultivos y también los hábitats no agrícolas, como los pastizales, las lindes de los campos y las líneas de árboles. Esta simplificación también ha producido una importante pérdida de diversidad paisajística, en correspondencia con la de la variedad de hábitats agrícolas y la de la flora y fauna asociada (AEMA, 2005b). Pierr *et al.* (2004) han analizado la diversidad de cultivos en Alemania desde que comenzaron las estadísticas agrícolas y han llegado a la conclusión de que la mayor diversidad de cultivos se dio entre 1925 y 1935, y a partir de entonces el declive ha sido constante.

<sup>(23)</sup> Alterra, Wageningen, Centre for Geographic Information.



El cultivo y la correspondiente diversidad estructural de los ecosistemas agrícolas es un factor importante para preservar y desarrollar la biodiversidad. En general, la mayor diversidad de la cobertura del suelo va de la mano con una mayor variedad de nichos ecológicos, creándose hábitats para un mayor número de especies. En este estudio, no obstante, sólo se ha podido incluir la diversidad de cultivos en las tablas de riesgos (de acuerdo con las estadísticas agrícolas). Se supone que la contribución de los cultivos de biomasa a la diversidad de cultivos de una región será 'positiva' si el cultivo en cuestión todavía no se encuentra de forma generalizada en una región. Por lo tanto, las nuevas rotaciones de cultivos herbáceos y los lignocelulósicos resultarían más ventajosos en este sentido que los herbáceos que ya están muy extendidos en la mayoría de las regiones para la producción de alimentos y piensos.

Las alternativas óptimas de cultivos de biomasa elegidas en cada punto de Europa contribuirán a aumentar la diversidad de cultivos y, consecuentemente, de paisajes culturales. En los regímenes agrarios muy especializados, como los que existen en las áreas septentrionales y occidentales de la UE, la diversidad de cultivos aumentaría ya notablemente agregando al menos un cultivo de biomasa a la rotación. Sin embargo, es posible que los nuevos cultivos de biomasa no sean adoptados en estos regímenes agrícolas tan especializados, ya que es posible que los procesos y cultivos actuales sean muy productivos y económicamente competitivos. De ahí que no se pueda esperar una diversificación agrícola con cultivos energéticos en todas las regiones sin contar con ayudas y orientaciones específicas. Para perfilar futuras opciones, este estudio presenta un escenario basado en la introducción de sistemas innovadores de uso del suelo. Actualmente no forman parte de los procesos consolidados de conversión de bioenergía, pero ponen de manifiesto futuras posibilidades.

#### 4.4.8 Vínculo con la biodiversidad de las zonas agrícolas

El estudio IRENA (AEMA, 2005b) concluye que los sistemas agrícolas extensivos son importantes para mantener la diversidad biológica y paisajística de las zonas agrícolas, incluidos los espacios Natura 2000 y las zonas agrícolas AVN. También revela que la mayoría de las aves de campos agrícolas de la UE15 sufrieron un fuerte declive entre 1980 y 2000. Los datos de IRENA sobre zonas importantes de lepidópteros (*Prime Butterfly Areas*, PBA) destacan que el 80% de estas zonas sufren los efectos negativos de la intensificación, el abandono o ambas cosas. El 43% de las zonas agrícolas sufren por la intensificación, mientras que el abandono constituye un problema importante en el 47% de ellas. Ambos impactos coexisten en el 10% de todas las zonas.

Entre los principales usos del suelo, el pastizal permanente se considera en general el más importante desde una perspectiva de conservación de los paisajes y

de la naturaleza (Ostermann, 1998; Bignal y McCracken, 2000; y Beaufoy *et al.*, 1994). El pastizal permanente de explotación extensiva es el hábitat de muchas especies animales y vegetales especializadas (por ejemplo, Brak *et al.*, 2004; y Beaufoy *et al.*, 1996). Por ejemplo, el 92% de las especies de lepidópteros analizadas en Europa habitan pastizales extensivos.

La biodiversidad agrícola de los nuevos Estados miembros también ha resultado perjudicada por la intensificación y por medidas de recuperación, aunque la agricultura es menos intensiva en los nuevos Estados miembros que en los Estados de la UE15 (ver AEMA, 2004). Las tendencias del uso del suelo agrícola en los últimos años apuntan a la intensificación y al abandono de la agricultura como factores clave para la calidad de los hábitats en las zonas agrícolas. BirdLife International estima que, de las 571 zonas importantes para la conservación de las aves existentes en estos países en el año 2000, el 27% resultaron perjudicadas por el abandono y el 33% por la intensificación.

En general, la viabilidad de la fauna y la flora de los paisajes agrícolas depende de cuatro importantes factores: cantidad y calidad de los hábitats, configuración territorial del hábitat en el paisaje y permeabilidad del paisaje. La combinación de estos cuatro factores paisajísticos afecta a la capacidad de las poblaciones:

- para dispersarse en el territorio;
- para tener suficientes oportunidades de alimentarse, hibernar y encontrar refugio;
- para encontrarse con otros individuos para reproducirse;
- para mantener una población suficientemente grande y viable (ver por ejemplo Bouwman *et al.*, 2002; Vos *et al.*, 2001; Opdam *et al.*, 2003; Foppen *et al.*, 2000; y Bruinderink *et al.*, 2003).

Dado que las zonas agrícolas de Europa siguen siendo hábitats importantes para un gran número de especies, las actividades agrícolas influyen significativamente estos cuatro factores paisajísticos. Las presiones ejercidas por la producción de biomasa pueden clasificarse por su influencia directa sobre los factores paisajísticos, que provoca fragmentación y diversificación de los hábitats y cambios de la estructura del dosel vegetal y de la cobertura del suelo. Estos efectos pueden cambiar la cantidad de hábitats, su configuración y también la permeabilidad del paisaje para distintas especies.

Por otra parte, la producción de biomasa también puede tener efectos indirectos a través del medio ambiente, como eutrofización, acidificación y balance hídrico, que suele influir mucho en la 'calidad' de los hábitats. Esto implica que los indicadores de presión ambiental seleccionados para priorizar los cultivos energéticos también están indirectamente relacionados con la biodiversidad agraria. La tabla 4.5 presenta algunas

relaciones importantes entre los cinco primeros indicadores de presión ambiental y la biodiversidad.

Desde la perspectiva de la biodiversidad agrícola, la introducción de cultivos de biomasa no debería acarrear una intensificación adicional de la agricultura, sino más bien aprovecharse como oportunidad de extensificarla y crear una mayor diversidad de paisajes y cultivos. En la priorización de cultivos, esto se incorpora tal como se describe en los apartados siguientes.

#### 4.5 Resultado: tablas de riesgo ambiental por cultivo

Por cada cultivo energético potencial (tanto si es objeto de cultivo generalizado como si no) se ha hecho un

ejercicio de clasificación por cada indicador de presión ambiental aplicando los conocimientos expertos disponibles sobre cada cuestión ambiental. Si el riesgo de impacto o coste ambiental es bajo, se le atribuye la calificación A, y si es alto, la C. Las tablas siguientes reflejan algunos ejemplos del maíz, como cultivo anual (tabla 4.6), y de los cultivos leñosos de ciclo corto (SRC) de sauce y álamo, como cultivos permanentes (tabla 4.7).

En las tablas citadas se observa que el maíz y los SRC obtienen calificaciones muy diferentes en todas las cuestiones ambientales y que estos últimos dan resultados claramente mejores desde una perspectiva ambiental. Sin embargo, el capítulo 5 demuestra que la clasificación ambiental no es motivo suficiente para sustituir por completo los cultivos bioenergéticos por SRC o por cultivos de prioridad similar, ya que las

**Tabla 4.5 Presiones ambientales y su relación con la diversidad en zonas agrícolas**

Presión ambiental	Vínculo con la biodiversidad de las zonas agrícolas
Erosión	Provoca la pérdida de sustancias orgánicas del suelo y de hábitats. Además, se reducen las funciones de filtrado y regulación del agua, con efectos potencialmente negativos para la biodiversidad. Las pérdidas de nutrientes causan eutrofización de las aguas superficiales que afectan a la biocenosis silvestre.
Compactación del suelo	La estructura y otros parámetros del suelo afectados (retención de aire y agua) pueden reducir la biodiversidad edáfica y en general de la biocenosis silvestre.
Lixiviación de nutrientes hacia aguas subterráneas y superficiales	Causa eutrofización de las aguas superficiales y del suelo que afecta a la flora y la fauna silvestres (por ejemplo, sustitución de especies) y puede tener también efectos tóxicos directos para la flora y la fauna.
Contaminación del suelo y del agua por biocidas	Las sustancias tóxicas afectan a la biocenosis directamente.
Captación de agua	La captación de agua puede rebajar el nivel freático y provocar cambios en la biocenosis.

**Tabla 4.6 Presiones ambientales por cultivo: maíz utilizado para la producción de etanol**

Aspecto	Puntuación	Justificación
Erosión	C	Período prolongado sin cobertura del suelo, cultivo en hileras.
Compactación del suelo	C	Sistema radicular poco desarrollado; cosecha tardía en terrenos húmedos, seguida habitualmente de la siembra de cultivos de invierno
Aportes de nutrientes a las aguas superficiales y subterráneas	B/C	Los índices de aplicación de N son en general más altos, pero también hay un buen aprovechamiento de N por cultivo. Se registran elevados excedentes de N en el maíz especialmente en Europa central y meridional. El riesgo de lixiviación es alto debido a la escasa cobertura del suelo (cultivo en hileras).
Contaminación del suelo y del agua por biocidas	B	Escasa capacidad competitiva hasta que se cierra el dosel del cultivo; sujeto a muchas enfermedades y plagas, de ahí que la protección del cultivo sea bastante intensiva
Captación de agua	B	Necesidad media de agua y alta eficiencia de utilización. En el Mediterráneo necesita riego porque es un cultivo típico de verano
Aumento del riesgo de incendio	A	Cosechado antes de secarse
Vínculo con la biodiversidad de las zonas agrícolas	B/C	Impactos generalmente negativos sobre la calidad del hábitat. Impactos más graves en las regiones meridionales debido a la necesidad de regadíos, que conlleva extracciones de agua. Ofrece algunas oportunidades de refugio para la fauna en otoño
Diversidad de tipos de cultivo	C	Cultivo muy común en la casi toda la UE (salvo el norte de Europa)

**Tabla 4.7 Presiones ambientales por cultivo: plantaciones de álamo y sauce (SRC)**

Aspecto	Puntuación	Justificación
Erosión	A	Cultivo permanente
Compactación del suelo	A	Raíces profundas + cultivo permanente
Aportes de nutrientes a las aguas superficiales y subterráneas	A	Alta absorción de nitrógeno
Contaminación del suelo y del agua por biocidas	A	Muy competitivo.
Captación de agua	B	No están claras las necesidades de agua
Aumento del riesgo de incendio	-	-
Vínculo con la biodiversidad de las zonas agrícolas	A	Aplicación de biocidas y nitrógeno escasa o nula, por tanto no tiene impactos negativos directos sobre la calidad del hábitat; es un hábitat de nidificación y ofrece refugio en invierno
Diversidad de tipos de cultivo	A	Actualmente no muy común

**Nota:** Estudios recientes revelan que las plantaciones SRC pueden necesitar mucha agua.

**Tabla 4.8 Priorización ambiental de los cultivos anuales para la zona nemoral y boreal**

Boreo-nemoral	Cultivos herbáceos					
	Linaza (aceite)	Otros cereales (avena, cebada, centeno, triticale)	Trigo	Colza	lacha	Patatas
Erosión	B	B	B	A	C	C
Compactación del suelo	A	A	B	A	C	C
Lixiviación de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	B	B	B	C	C	B/C
Contaminación del suelo y del agua por biocidas	B	B	B	C	C	B/C
Captación de agua	A	A	B	B	A	A/B
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	-	-	-
Vínculo con la biodiversidad de las zonas agrícolas	B	B	B/C	B/C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	C	A/B	B	B

consideraciones de rendimiento y el balance de gases de efecto invernadero también influyen en la elección del cultivo final.

En los pasos finales, los cultivos se han clasificado por orden de prioridad según las presiones por cultivo y la información contextual por ZMA, según se describe en el apartado 4.3. Los resultados de la priorización por ZMA se incluyen en el anexo VII. En general, cabe distinguir tres grupos de zonas con priorizaciones de cultivos similares:

1. Europa septentrional y occidental: regímenes agrícolas que en general no corren riesgo de escasez de agua;
2. Europa meridional: riesgo de escasez de agua y mayor riesgo de incendio;
3. Europa oriental: riesgo de escasez de agua.

En el primer grupo, todos los riesgos presentan indicadores similares y sólo el mayor riesgo de incendio queda exento, ya que en general no constituye ningún problema en esta parte de Europa. En Europa meridional y central, la escasez de agua y el mayor riesgo de incendio (debido a los residuos de los campos secos) llevan a clasificar estos dos factores de riesgo de otra forma. En Europa oriental, sobre todo en la zona panónica, la escasez de agua puede ser un problema serio.

A modo de ejemplo, se muestra la priorización de los cultivos herbáceos anuales de las zonas nemoral y boreal y de las zonas atlántica central y lusitana (tablas 4.8 y 4.9).

En la zona boreo-nemoral, las opciones disponibles de cultivos de biomasa herbáceos son mucho más

**Tabla 4.9 Priorización de los cultivos anuales en la zona atlántica central y lusitana**

Zona atlántica central/lusitana	Cultivos herbáceos												
	Cáñamo	Doble cultivo	Semilla de mostaza	Trébol/Alfalfa	Linaza	Girasol	Sorgo (sólo en Lusitania)	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Colza	Trigo	Patata	Azúcar	Maíz
Erosión	A	A	A/B	A	B	B/C	B	B	A	B	C	C	C
Compactación del suelo	A	A	A	A/B	A	A	A	A	A	B	C	C	C
Lixiviación de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A/B	B	B	A	B	B	C	B	B/C	C	C
Contaminación del suelo y del agua por biocidas	A	B	A	A	B	B	B	B	C	B	C	C	B
Captación de agua	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	B	B	C
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	A/B	-	-	-	-	-	-	-	-	..
Vínculo con la biodiversidad de las zonas agrícolas	B	B	A	A	B	A	B	B	B/C	B/C	C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	A	A	A	A	A	A/C*	B	B	C	B	B	C

\* = muy común en Rumanía y Bulgaria.

**Nota:** A = riesgo bajo, C = riesgo alto; - significa que el criterio no es relevante para esa zona o cultivo en concreto. Los cultivos energéticos permanentes no están incluidos porque se han evaluado por separado debido a sus distintos impactos sobre el medio ambiente y el paisaje. El criterio "vínculo con la diversidad de las tierras de cultivo" está basado en las restantes presiones ambientales y no engloba de forma detallada las interacciones e influencias de los factores bióticos y abióticos. Las semillas de mostaza son relevantes únicamente en la zona lusitana. El criterio de «erosión» es «A» para las semillas de mostaza en general, pero «B» si se cultivan en hileras para obtener aceite.

limitadas que en la zona atlántico-lusitana. En esta última zona hay más opciones disponibles de cultivos con prestaciones agroambientales relativamente mejores, tanto cultivos herbáceos como plantas perennes (véase anexo VII).

En general, los cultivos de mejores prestaciones ambientales en la zona atlántica más templada de Europa son el cáñamo, la mostaza, el trébol-alfalfa y el lino, así como el sistema de doble cultivo. Los cultivos que ofrecen peores prestaciones ambientales son los que se utilizan actualmente para producir biomasa: la colza, el trigo, la patata, la remolacha azucarera y el maíz.

En las zonas centrales de Europa, que se caracterizan por unos veranos más cálidos (zonas continental, panónica y lusitana), los mejores y peores cultivos son parecidos a los de las zonas atlánticas. Sin embargo, hay más opciones de elegir cultivos de rango medio, como el girasol y el sorgo, así como de elegir plantas perennes.

En el Mediterráneo, los cultivos de mejores prestaciones son el trébol/alfalfa, el girasol y otros cereales, mientras que los peores son el trigo, la caña de azúcar, la patata y el maíz. Los nuevos cultivos se sitúan en algún punto intermedio, pero su priorización es menos fiable, ya que no se conocen todos los parámetros ambientales de estos cultivos.

Hay una gran variedad de cultivos permanentes disponibles para el Mediterráneo, aunque el riesgo de incendio de estos cultivos es evidentemente mayor que el de los cultivos herbáceos. El cultivo permanente de peores prestaciones es, con diferencia, el eucalipto, que

plantea riesgos altísimos de erosión, incendio, pérdida de biodiversidad y sobre todo grandes problemas hidrológicos.

#### 4.6 Conclusiones sobre las alternativas de cultivos energéticos por ZMA

La priorización de cultivos por ZMA ofrece recomendaciones iniciales para determinar una alternativa de cultivos compatible con el medio ambiente para la producción de biomasa en la mayoría de ZMA de Europa. Dado el tiempo y los recursos disponibles para este proyecto, las alternativas de cultivos recomendadas son una primera demostración de este procedimiento para determinar los sistemas de producción bioenergética compatibles con el medio ambiente. A pesar de ello, las alternativas de cultivos resultantes deberían constituir una buena base para estimar el potencial bioenergético final calculado en el capítulo 5 del presente estudio. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la alternativa de cultivos definitiva no se determinará únicamente por el factor de compatibilidad con el medio ambiente, sino también por consideraciones como la eficiencia económica (expresada en rendimiento energético por cultivo y hectárea) y el uso actual del suelo, y también interviene la experiencia y el conocimiento de diferentes cultivos y tecnologías. Además, se tiene en cuenta la posibilidad de utilizar toda la planta para producir energía, ya que aumentaría la eficiencia energética del cultivo (contenido de energía por hectárea).

Dado que en la zona mediterránea todavía se conocen poco los nuevos cultivos, como el cardo (*Cynara*

*cardunculus*), la *Brassica carinata*, el ricino y el nopal, no se han incluido en la alternativa de cultivos definitiva en el capítulo 5. Esto es aplicable tanto a las prestaciones agroambientales como al valor energético y los aspectos tecnológicos de la conversión en energía. La única excepción es la caña de azúcar. Brasil tiene gran experiencia en el uso de azúcar como principal fuente de bioetanol. Este cultivo se incluirá en la selección inicial, pero no es adecuado incluirlo en la alternativa definitiva de cultivos «compatibles con el medio ambiente» para la zona mediterránea, porque necesita mucha agua.

En general, los cultivos de biomasa permanentes crean mucho menor riesgo al medio ambiente que los cultivos herbáceos, e incluso pueden ser positivos para la biodiversidad en paisajes de agricultura intensiva con determinadas prácticas de explotación. En vista de ello, desde una perspectiva ambiental es aconsejable incorporar un porcentaje mínimo de plantas perennes en la superficie total de futura producción de biomasa de cada Estado miembro. En otros estudios, que tengan más en cuenta las circunstancias locales (prácticas agrícolas, biodiversidad existente, necesidades energéticas, situación socioeconómica, oportunidades de cadenas de suministro de biomasa, etc.), deberían analizarse con más detalle las mejores alternativas de cultivos, lugares y prácticas de producción de cultivos de biomasa, incluidas las plantas perennes.

Los datos e informaciones sobre el cultivo de plantas perennes en las diferentes ZMA todavía son bastante limitados, a diferencia de los cultivos anuales, para cuya evaluación se disponía de más material. Dos ponencias de conferencias recientemente finalizadas ofrecen nuevas informaciones (Dworak *et al.*, 2007; y Eppler *et al.*, 2007). Pero no estaban disponibles durante la preparación del presente estudio.

En relación con los cultivos anuales, los cultivos energéticos y los procedimientos que aumentan la diversidad de cultivos y permiten introducir sistemas de agricultura extensiva, son muy interesantes, por ejemplo, los cultivos forrajeros y los sistemas de doble cultivo.

De cara a nuevos estudios sobre la priorización ambiental de los cultivos energéticos, es aconsejable hacer una clara diferenciación entre evaluaciones de cultivos energéticos herbáceos (anuales) y cultivos energéticos permanentes. Estos últimos tienen impactos totalmente diferentes sobre el medio ambiente y el paisaje y, por lo tanto, deben evaluarse por separado.

En lo que respecta a las alternativas óptimas de cultivos por ZMA, la mayoría de las plantas perennes de las zonas atlántica, lusitana y continental resultan interesantes, mientras que entre los cultivos herbáceos destacan los cereales (salvo el trigo), el lino, las alternativas de trébol-alfalfa, el cáñamo y los sistemas de doble cultivo. En la zona boreal más septentrional, esta distribución sería similar, salvo por el sistema de doble cultivo, que necesita una estación de crecimiento más larga. En la zona mediterránea, la evaluación ambiental es favorable para los cultivos herbáceos que necesitan relativamente poca agua y la utilizan de modo muy eficiente, como los cereales (salvo el trigo), las alternativas de trébol-alfalfa y el sorgo, y apoyaría también plantas perennes como el miscanto, el pasto aguja y la caña común.

Por último, conviene señalar que serían necesarios nuevos estudios sobre las mejores prácticas agrícolas y nuevas alternativas de cultivos. El sistema de doble cultivo es tan sólo uno de los procedimientos que requiere mucha más investigación práctica, inclusive pruebas de campo en diferentes lugares

de toda Europa utilizando alternativas de cultivos muy diferentes. Esto es especialmente aplicable a alternativas adecuadas de cultivos de biomasa para las regiones europeas meridionales. Hasta la fecha parece que existen varios cultivos potenciales nuevos para esta árida región. Sin embargo, apenas se tienen experiencias en su cultivo en pruebas de campo en Europa que permitan estimar sus prestaciones agroambientales para convertirlos en productos energéticos.



## 5 Conversión de la disponibilidad de suelo en potencial de bioenergía

### 5.1 Introducción

Este capítulo explica el procedimiento de conversión del potencial de suelo en potencial de bioenergía. Los resultados totales en términos de potencial de bioenergía se presentan en el capítulo 6. El potencial de bioenergía primaria disponible se expresa en términos de poder calorífico inferior<sup>(24)</sup>. No se ha intentado especificar los resultados en términos de diferentes productos energéticos (biocarburantes, electricidad y calor), por tener que basarse en excesivas hipótesis.

Para calcular el valor energético, los resultados de las etapas de los trabajos previos se han considerado conjuntamente, incluyendo:

1. el potencial de suelo;
2. la priorización ambiental de los cultivos por zonas medioambientales (ZMA) (alternativas de cultivos sostenibles);
3. los rendimientos de los cultivos.

Se ha añadido un factor de conversión de los kilogramos de materia seca cosechada en julios para incluir la información sobre el rendimiento de los cultivos y así poder calcular el promedio de julios por hectárea de cada cultivo concreto. Estos rendimientos en julios por hectárea son una aproximación al valor de la eficiencia<sup>(25)</sup> de los cultivos de biomasa desde los puntos de vista del balance de los gases de efecto invernadero (GEI), la eficiencia en el uso del suelo y la eficiencia económica. Esta aproximación al valor de la eficiencia se utiliza junto con las alternativas de cultivos compatibles con el medio ambiente para determinar la distribución final de los cultivos en cada país.

Aunque valorar la eficiencia de todo el proceso de conversión de biomasa en energía no es el objetivo de este estudio, es evidente que no se puede ignorar totalmente esta cuestión al elegir la distribución final de los cultivos compatible con el medio ambiente. Por ello, el rendimiento energético en julios por hectárea y cultivo también se ha tenido en cuenta en la identificación de los cultivos más adecuados.

El rendimiento es un buen valor de aproximación para expresar la eficiencia económica e indicar el balance de GEI y la eficiencia en el uso de las tierras. Un balance de GEI eficiente se consigue cuando la producción de energía de la biomasa supone una clara reducción de la emisión neta de CO<sub>2</sub> en comparación con la

referencia fósil. La elección de los cultivos y el aporte de fertilizantes son los primeros factores que influyen en esta eficiencia a nivel de campo. Los cultivos extensivos de bajo rendimiento pueden tener un bajo riesgo de lixiviación de nitrógeno. Sin embargo, si su rendimiento es tan bajo que hay que cultivar el triple de hectáreas para producir la misma energía que con un cultivo intensivo de alto rendimiento de mayor consumo de fertilizantes, el balance de GEI de este último cultivo puede ser mejor. Otro argumento a tener en cuenta en el rendimiento es la eficiencia en el uso de la tierra. El aumento de la demanda de biomasa crea una presión adicional sobre las tierras. La presión para aumentar la superficie cultivada será notablemente mayor si se utilizan sólo los cultivos de bajo rendimiento y con buen resultado desde una perspectiva agroambiental, que si se utilizan también otros cultivos de mayor rendimiento.

Considerando ambos, el rendimiento y las prestaciones agroambientales, resulta más fácil alcanzar un buen balance de los diferentes aspectos ambientales con los criterios económicos. Además se obtienen buenos argumentos para no seleccionar ni cultivos de muy bajo rendimiento, los cuales sólo dan buenos resultados desde una perspectiva agroambiental, ni cultivos de alto rendimiento y alto aporte de insumos con peor perfil de riesgo agroambiental.

La figura 5.1 presenta un esquema detallado de los distintos pasos del procedimiento de cálculo del potencial de energía. Todos los cálculos están basados en los valores iniciales específicos de cada Estado miembro o zona medioambiental y su horizonte se sitúa en los años 2010, 2020 y 2030.

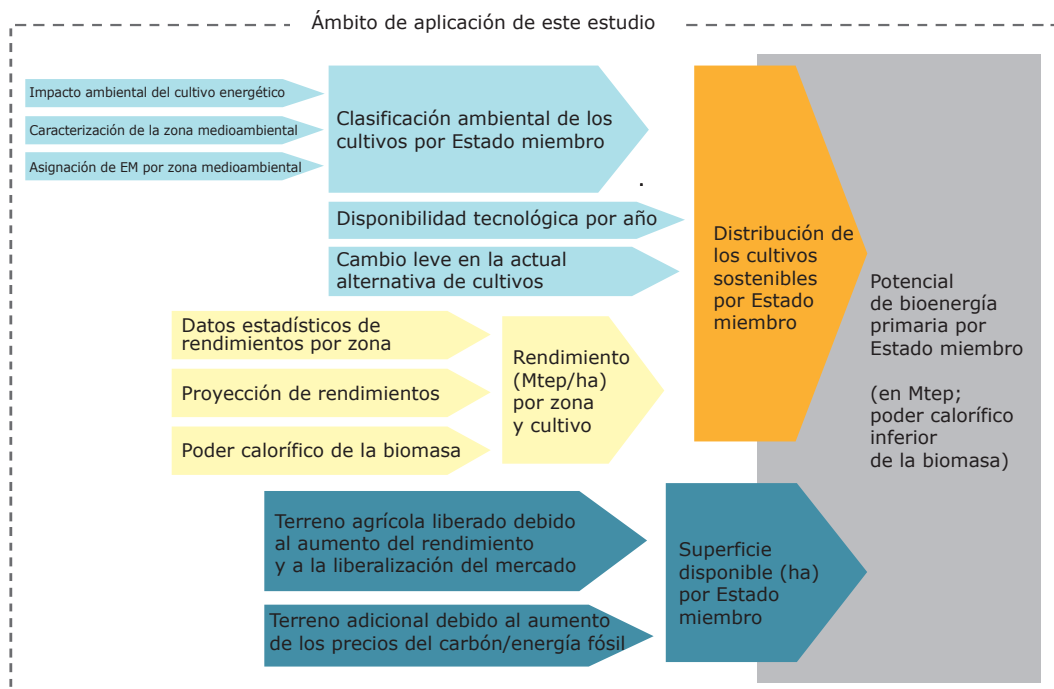
Para elegir la distribución final de los cultivos se ha tomado como base la alternativa de cultivos compatibles con el medio ambiente del capítulo 4 (ver la figura 5.1). Después se ha realizado la optimización entre la clasificación ambiental de los cultivos, la eficiencia expresada en rendimientos de energía por hectárea y el desarrollo previsto de las futuras tecnologías (por ejemplo, en cuanto a la conversión y la utilización de la energía). Como ha de pasar algún tiempo hasta que las futuras tecnologías lleguen a ser comerciales y las nuevas prácticas agrícolas se introduzcan en los nuevos cultivos para la producción de energía, los cálculos incorporan un horizonte temporal en el que se produce una sustitución gradual de la actual alternativa de cultivos por una nueva

<sup>(24)</sup> Para la biomasa verde, el potencial se expresa como poder calorífico inferior del biogás que puede producirse por fermentación.

<sup>(25)</sup> Los rendimientos específicos también indican el uso óptimo de las tierras para obtener la mayor producción de bioenergía.



**Figura 5.1 Visión general de las etapas a seguir para el cálculo del potencial de biomasa compatible con el medio ambiente en cada Estado miembro**



que se ha considerado ambiental y económicamente compatible. Respecto a los cultivos permanentes (especialmente los cultivos leñosos de ciclo corto), también se ha tenido en cuenta el período transcurrido desde su implantación hasta la primera cosecha. Como ya se ha dicho en el capítulo 4 (apartado 4.5), los nuevos cultivos bioenergéticos para el Mediterráneo sólo se han incluido en la priorización agroambiental, pero no en la distribución final de los cultivos «compatibles con el medio ambiente» que se ha descrito en dicho capítulo. Había que tomar esta decisión porque todavía se sabe muy poco acerca de estos cultivos en lo que se refiere a las prácticas de producción, su probable rendimiento energético y los procesos más adecuados para su conversión en productos energéticos.

Es preciso mencionar algunos supuestos básicos sobre el método de evaluación antes de discutir cada paso del procedimiento de cálculo del valor energético final:

1. Para clasificar los cultivos según el Estado miembro se han tenido en cuenta las consideraciones ambientales descritas en el capítulo 4, los rendimientos energéticos por hectárea, los avances tecnológicos previstos y la sustitución gradual de las actuales alternativas de cultivo por otras futuras, siguiendo un proceso «heurístico»<sup>(26)</sup>.

2. Como esta evaluación sólo se ha aplicado a escala nacional, no se han podido tener en cuenta los factores locales.

El elemento experto necesario para elegir la distribución final de los cultivos en cada Estado miembro introduce cierta incertidumbre adicional en el cálculo del rendimiento energético potencial final. Sin embargo, se considera que esto no tiene mucha importancia en comparación con otros factores de incertidumbre que son parte inevitable de cualquier estudio de escenarios. Es probable que las hipótesis necesarias sobre el futuro aumento de los rendimientos, los precios de los alimentos y la energía, los imperativos ambientales, y las limitaciones de las herramientas de modelización empleadas, sean factores aún más importantes en relación con el grado de incertidumbre de los resultados definitivos.

## 5.2 Etapa 1: asignación de Estados miembros a zonas medioambientales

La priorización de cultivos del capítulo 4 se ha especificado según la zona medioambiental (ver en el anexo IV el mapa y la descripción de las zonas medioambientales). Como los límites de estas zonas no

<sup>(26)</sup> Como no es posible calcular un «óptimo» en un espacio de decisión tridimensional (medio ambiente, disminución de CO<sub>2</sub> y economía), las «reglas» definitivas para la combinación de las matrices de riesgo ambiental, rendimientos específicos y condiciones de partida en los Estados miembros (es decir, las alternativas de cultivo agrícola en el año 2000) se han basado en los criterios de los expertos, y no en un modelo cuantitativo.

coinciden necesariamente con las fronteras nacionales, en este apartado se explica cómo se asigna la distribución de cultivos de cada zona medioambiental a cada Estado miembro. Para simplificar los cálculos del modelo, en cada Estado miembro se determina una zona dominante, la cual será la más influyente en la selección de los cultivos y los rendimientos medios. De este modo el error será relativamente pequeño en casi todos los Estados miembros, ya que sólo se verán afectadas zonas vecinas con cultivos y rendimientos similares. Sin embargo, en el caso de Estados miembros con mayor tamaño y diversidad y que abarcan varias ZMA, como Francia, Alemania, España, Suecia y el Reino Unido, se han seleccionado varias ZMA dominantes para poder determinar la distribución final de los cultivos y sus rendimientos. Las zonas medioambientales dominantes en cada Estado miembro se exponen en la tabla 5.1.

### 5.3 Etapa 2: estimación de los rendimientos de los cultivos en cada zona medioambiental

Para calcular el potencial de energía a partir del potencial de las tierras de cada cultivo, se ha especificado el rendimiento, el aumento de rendimiento y la materia seca cosechada en cada zona medioambiental (ver tablas 5.2, 5.3 y 5.4). La mayoría de las cifras de rendimiento son estimaciones a partir de los promedios a largo plazo de FAOSTAT. A falta de estos datos, los rendimientos se han estimado a partir de las investigaciones de campo publicadas y citadas en anteriores estudios sobre la bioenergía (por ejemplo, para el año 2000 se ha tomado la media aritmética de los rendimientos agrícolas en los países de mayor tamaño y que representan la misma zona medioambiental, ver la tabla 5.5).

**Tabla 5.1 Asignación de las zonas medioambientales de cada Estado miembro**

Estado miembro	Principal zona medioambiental	¿Potencial de tierras para cultivos de bioenergía en 2030, o no?	Zonas adicionales incluidas en cada Estado miembro
Austria	CON-PAN	sí	ALS
Bélgica	ATC	no	
Alemania	ATC	sí	Mitad CON
Dinamarca	ATN	no	
España	MDN	sí	MDS, MDM y LUS
Finlandia	BOR-NEM	sí	
Francia	ATC	sí	LUS, MDN y MDM
Grecia	MDN	sí	MDS
Irlanda	ATC	no	
Italia	MDN	sí	MDM y MDS
Países Bajos	ATC	no	
Portugal	LUS	sí	MDN y MDS
Suecia	BOR-NEM	sí	CON y ALN
Reino Unido	ATC	sí	ATN
República Checa	PAN	sí	CON
Estonia	BOR-NEM	sí	
Hungría	PAN	sí	
Lituania	BOR-NEM	sí	
Letonia	BOR-NEM	sí	
Polonia	CON	sí	
Eslovenia	PAN	sí	MDM
Eslovaquia	PAN	sí	CON

BOR-NEM: Boreo-nemoral  
 ALN: Alpina norte  
 ALS: Alpina sur  
 CON: Continental  
 ATN: Atlántica norte  
 ATC: Atlántica central

PAN: Panónica  
 LUS: Lusitana  
 MDM: Mediterránea de montaña  
 MDM: Mediterránea norte  
 MDS: Mediterránea sur

**Tabla 5.2 Rendimiento de los cultivos herbáceos para energía según la zona medioambiental (año 2000, materia seca)**

T MS por ha	Semilla de colza	Semilla de girasol	Remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada o triticale	Sorgo dulce
BOR-NEM	2,7	-	14,5	-	6,2	-	-
ATN	2,9	2,5	14,3	9,5	7,6	5,4	-
ALS	-	-	-	-	-	-	-
CON	2,7	2,4	14,5	7,3	6,2	5,1	5,0
ATC-LUS	3,	2,3	18,1	8,6	6,9	6,1	8,1
PAN	1,6	1,7	10,1	5,3	3,5	3,0	5,0
MDM/MDN/MDS	1,4	1,5	15,8	9,4	2,8	3,1	12,7

BOR-NEM: Boreo-nemoral; ALN: Alpina norte; ALS: Alpina sur; CON: Continental; ATN: Atlántica norte; ATC: Atlántica central; PAN: Panónica; LUS: Lusitana; MDM: Mediterránea de montaña; MDN: Mediterránea norte; MDS: Mediterránea sur.

**Fuente:** Datos estadísticos de la FAO y adaptaciones propias.

**Tabla 5.3 Estimación del rendimiento de los cultivos herbáceos de planta entera para energía según la zona medioambiental (año 2000, materia seca)**

T MS por ha	Maíz planta entera	Triticale planta entera	Trigo planta entera	Doble cultivo Rendimiento óptimo	Doble cultivo Rendimiento reducido
BOR-NEM	-	-	12,5	-	-
ATN	0,0	13,0	15,1	19,3	13,8
ALS	-	-	-	-	-
CON	10,9	11,3	12,5	17,5	12,5
ATC-LUS	12,8	13,1	13,9	20,1	14,4
PAN	7,9	6,5	7,1	14,9	10,6
MDM/MDN/MDS	14,2	5,9	5,7	13,1	9,4

BOR-NEM: Boreo-nemoral; ALN: Alpina norte; ALS: Alpina sur; CON: Continental; ATN: Atlántica norte; ATC: Atlántica central; PAN: Panónica; LUS: Lusitana; MDM: Mediterránea de montaña; MDN: Mediterránea norte; MDS: Mediterránea sur.

**Fuente:** Öko Institut, 2003; y Elbersen *et al.*, 2005.

**Tabla 5.4 Estimación del rendimiento de plantas perennes para energía según la zona medioambiental (año 2000, materia seca)**

T MS por ha	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste rosado	Caña común	Pasto aguja
BOR-NEM	6,7	7,5	-	7,7	-	-
ATN	6,7	7,5	8,8	7,7	16,6	7,7
ALS	-	-	-	-	-	-
CON	6,7	7,5	12,5	9	11,0	9,0
ATC-LUS	7,5	7,5	9,5	6,2	9,0	8,0
PAN	7,5	7,5	9	9	9,0	9,0
MDM/MDN/MDS	6,5	7,5	16,5	16,6	9,0	9,0

BOR-NEM: Boreo-nemoral; ALN: Alpina norte; ALS: Alpina sur; CON: Continental; ATN: Atlántica norte; ATC: Atlántica central; PAN: Panónica; LUS: Lusitana; MDM: Mediterránea de montaña; MDN: Mediterránea norte; MDS: Mediterránea sur.

**Fuente:** Elbersen *et al.*, 2005.

**Tabla 5.5 Estados miembros cuyo rendimiento medio se ha aplicado en toda la zona medioambiental**

Zona medioambiental	Estado miembro representativo
Boreo-nemoral	Finlandia
Atlántica norte	Promedio Reino Unido y Dinamarca
Alpina sur	Potencial cero
Continental	Promedio Alemania y Polonia
Atlántica central	Francia
Panónica	Hungría
Mediterránea norte, sur y de montaña	Promedio Italia y España

**Tabla 5.6 Tasa de aumento del rendimiento por cultivo y año**

	Semillas oleaginosas	Cereales	Plantas enteras, vegetación herbácea permanente para energía, SRC
2000-2010	1%	1,5%	1,0%
2010-2020	1%	1,5%	1,5%
2020-2030	1%	1,5%	2,5%

Las hipótesis relativas a futuros aumentos de rendimiento se diferencian para oleaginosas, cereales (sólo maíz) y otros cultivos energéticos (como plantas enteras de cultivos herbáceos comunes, cultivos leñosos de ciclo corto y vegetación herbácea permanente para energía). En los cultivos para energía, cabe prever que el aumento del rendimiento sea mayor que el de los cultivos agrícolas tradicionales, sobre todo porque la mejora de los cultivos destinados a uso no alimentario es de consideración reciente. Por el contrario, las tasas de aumento del rendimiento de los cultivos herbáceos comunes comenzaron a disminuir en Europa en la década de 1980; por esta razón se supone que el aumento del rendimiento de estos cultivos será limitado (OCDE/FAO, 2005; Fritsche *et al.*, 2004).

### 5.4 Etapa 3: transformación de la biomasa cosechada en energía según cultivo

Para convertir el potencial de biomasa en potencial de energía se utiliza el poder calorífico inferior de la masa cosechada (materia seca). Los datos de la tabla 5.7 no tienen en cuenta las pérdidas en la transformación, es decir, se considera el rendimiento bruto tras la cosecha en campo. Sólo en el caso de la biomasa verde para fermentación (por ejemplo, los sistemas de doble cultivo o el maíz de planta entera) se da el valor del poder calorífico inferior referido directamente a biogás. En la tabla 5.7 se expone que los sistemas de doble cultivo pueden tener un rendimiento de energía por

hectárea relativamente alto, ya que se cosecha la planta entera. Sin embargo, hay que señalar también que estos sistemas de doble cultivo sólo existen en un número reducido de Estados miembros, concentrados en las zonas atlántica y continental, donde en general hay suficiente agua disponible.

Los rendimientos expresados en energía por hectárea y cultivo en cada Estado miembro se han calculado partiendo de una combinación de los datos de poder calorífico inferior y rendimientos de los cultivos por hectárea<sup>(27)</sup>. Dado que el rendimiento aumenta con el tiempo, el modelo incorpora tablas individuales de rendimiento para cada horizonte temporal (ver en el anexo X los datos de todos los Estados miembros y en la tabla 5.8 los de Polonia a modo de ejemplo).

En el caso de Polonia, la tabla 5.8 refleja que las rotaciones de cultivos herbáceos alcanzan los mayores rendimientos de energía por hectárea en todas las aplicaciones de planta entera, sobre todo practicando el doble cultivo. Si sólo se utiliza el “fruto” (semilla, tubérculo o grano) como materia prima, el potencial de bioenergía es mucho menor. Sin embargo, el maíz sigue arrojando un rendimiento relativamente alto, seguido por el trigo, la remolacha azucarera y el grano de cebada-triticale. En los cultivos permanentes de biomasa, los mayores rendimientos se obtienen con plantas herbáceas energéticas, especialmente el miscanto, mientras que a las plantas SRC (cultivos leñosos de ciclo corto) se les supone menor rendimiento.

<sup>(27)</sup> Los rendimientos medios de los cultivos pueden ser engañosos en este contexto porque los cultivos para energía no se sitúan en las mismas tierras que los cultivos alimentarios normales. Sin embargo, como este estudio excluye en general las áreas extensivas y menos productivas de biomasa, este efecto no debe ser una importante fuente de error para los cálculos aquí presentados.

**Tabla 5.7 Poder calorífico inferior (PCI), rendimiento de materia seca y rendimiento de energía por hectárea y cultivo**

	PCI GJ/t <sub>MS</sub>	rendimiento en t <sub>MS</sub> /ha	GJ/ha
Doble cultivo, óptimo	15,2	17,5	266,0
Planta entera de maíz	16,5	13,0	214,5
Planta entera de sorgo		12,0	
Grano de maíz	21,4	9,5	203,3
Planta entera de triticale	16,4	12,0	196,8
Doble cultivo, reducido	15,2	12,5	189,4
Planta entera de trigo	17,1	10,0	171,0
Miscanto	18,0	9,0	162,0
Álamo (SRC)	18,5	7,5	138,8
Sauce (SRC)	18,4	7,5	138,0
Grano de trigo	17,0	6,0	102,0
Grano de cebada, centeno, avena, triticale	17,0	5,5	93,5
Semillas de colza	26,5	2,5	66,3
Semillas de girasol	26,5	2,5	66,3
Semilla de mostaza/linaza	26,5	2,5	66,3
Patata		18	
Remolacha azucarera	1,9	14,0	26,6
Heno, trébol, alfalfa		cálculo en potencial de biogás:	
	21,6 MJ/m <sup>3</sup>		0,67 m <sup>3</sup> biogás/kg <sub>DM</sub>

**Nota:** El poder calorífico inferior citado se relaciona con el contenido de materia seca de la biomasa.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa agrícola compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

## 5.5 Etapa 4: distribución de los cultivos sostenibles por Estado miembro

En esta etapa se realiza la optimización según la clasificación ambiental de los cultivos, sus rendimientos por hectárea y el desarrollo de las futuras tecnologías (conversión y utilización de la energía). Estos aspectos se analizan primero por separado y después de manera integrada.

### 5.5.1 Rendimiento y priorización ambiental

Una vez calculado el poder calorífico inferior por cultivo y hectárea en cada Estado miembro, esta información hay que agregarla al nivel de cada Estado, lo que requiere la incorporación posterior de la clasificación ambiental por cultivo y Estado miembro, según se indica en el capítulo 4, y los rendimientos de los cultivos, incluyendo los incrementos hipotéticos a lo largo del tiempo. Las limitaciones ambientales se tienen en cuenta incorporando las distribuciones de los cultivos compatibles con el medio ambiente determinadas en el capítulo 4. Las consideraciones sobre la eficiencia en términos del balance de GEI, el uso de la tierra y la economía se incorporan

indirectamente mediante la priorización de cultivos según su valor energético expresado en julios por hectárea.

La tabla 5.9 refleja una clasificación de los cultivos con arreglo a consideraciones ambientales y de eficiencia.

En la tabla 5.9, se puede ver que los cultivos con una buena calificación de rendimiento energético («\*») y adecuación agroambiental («\*\*») obtienen la máxima prioridad («\*\*\*»). En la zona atlántica central, por ejemplo, los sistemas de doble cultivo obtienen una puntuación alta en rendimiento y prestaciones agroambientales. En el Mediterráneo, las mejores opciones parecen ser las del sorgo y otros cereales. En conjunto, es evidente que en algunas zonas no hay muchos cultivos que resulten favorables tanto en prestaciones ambientales como en rendimiento, como ocurre en particular en la zona boreo-nemoral y en la mediterránea, donde se parte de rendimientos obtenidos con un riego limitado o sin riego. En estas zonas se tuvieron que tomar decisiones de compromiso para seleccionar los cultivos con al menos un resultado agroambiental bueno y un rendimiento en energía medio.

**Tabla 5.8 Rendimiento en energía en Polonia según cultivo y horizonte temporal en GJ/ha**

**Polonia: rendimiento de los cultivos herbáceos tradicionales [GJ/ha]**

Año	Semillas de colza	Semillas de girasol	Remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada y triticale
2000	55	66	108	203	129	92
2010	66	70	122	181	123	101
2020	73	77	134	210	143	117
2030	81	85	148	244	166	135

**Polonia: rendimiento de las plantas enteras en fermentación [GJ/ha]**

Año	Maíz	Triticale	Trigo	Doble cultivo óptimo	Doble cultivo reducido
2000	215	213	259	293	208
2010	199	205	236	294	209
2020	231	238	273	341	234
2030	282	290	333	416	296

**[GJ/ha]**

Año	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste	Caña común	Pasto aguja
2000	124	199	158	135	286	131
2010	137	152	249	174	209	169
2020	159	177	288	202	243	196
2030	194	216	352	246	296	239

**Polonia: rendimiento de los cultivos herbáceos tradicionales [GJ/ha]**

Año	Semillas de colza	Semillas de girasol	Remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada y triticale
2000	55	66	108	203	129	92
2010	66	70	122	181	123	101
2020	73	77	134	210	143	117
2030	81	85	148	244	166	135

**Polonia: rendimiento de las plantas enteras en fermentación [GJ/ha]**

Año	Maíz	Triticale	Trigo	Doble cultivo, óptimo	Doble cultivo, reducido
2000	215	213	259	293	208
2010	199	205	236	294	209
2020	231	238	273	341	243
2030	282	290	333	416	296

**[GJ/ha]**

Año	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste rosado	Caña común	Pasto aguja
2000	124	199	158	135	286	131
2010	137	152	249	174	209	169
2020	159	177	288	202	243	196
2030	194	216	352	246	296	239

**Fuente:** AEMA, basado en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa agrícola compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005



**Tabla 5.9 Preferencia de los cultivos de bioenergía basada en su clasificación relativa en las zonas medioambientales**

Cultivos potenciales	BOR-NEM	ATN	ATC-LUS	CON	PAN	MDM-MDN-MDS
Vegetación herbácea permanente	**	**	**	**	**	**
Maíz			*	*	*	*
Doble cultivo		***	***	***	**	**
Semilla de mostaza		**	**	**	**	
Cáñamo		**	**	**	**	**
Linaza		**	**	**	**	
Trébol-alfalfa			**	**	**	**
Remolacha azucarera						
Colza						
Girasol			***	***	***	**
Patata						
Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	***	***	***	***	***	**
Trigo	*	*	*	*	*	*
Sorgo					***	**
Caña de azúcar						*
Caña común					***	**
Eucalipto (SRC)			*			*
Álamo, sauce (SRC)	**	**	**	**	**	
Alpiste rosado	***	***				
Miscanto		***	***	***	***	**
Pasto aguja		***	***	***	***	**
Idoneidad de su cultivo en la zona medioambiental						
Rendimiento medio-alto (GJ/ha)	*					
Adecuación agroambiental alta	**					
Rendimiento alto y adecuación agroambiental alta	***					

Para determinar la distribución final de los cultivos en cada Estado miembro se tiene en cuenta también la alternativa actual junto a la diversidad en los usos de las tierras. Esto último implica que si dos cultivos tienen una clasificación similar por prestaciones ambientales y eficiencia económica, el cultivo menos frecuente es el preferido<sup>(28)</sup>. En general, la variedad de cultivos crea una mayor diversidad estructural en el paisaje y genera mayor número de nichos ambientales en el espacio y en el tiempo para un rango de especies pertenecientes a diferentes taxones (ver capítulo 4).

### 5.5.2 Avances tecnológicos y transición suave

Las hipótesis sobre el desarrollo tecnológico se incorporan en los cálculos de conversión porque la tecnología disponible es un factor importante para determinar la demanda de cultivos bioenergéticos específicos. A corto y medio plazo se espera una gran demanda de biocarburantes para poder alcanzar el objetivo del 5,75% del carburante comercializado en el sector del transporte, según lo señalado para 2010 en la Directiva de biocarburantes (2003/30/EC)<sup>(29)</sup>, y el objetivo del 10%

<sup>(28)</sup> Obsérvese que en la «clasificación» de los cultivos al nivel de los Estados miembros se han tenido en cuenta las alternativas de cultivos agrícolas existentes para realizar una integración «suave» a lo largo del tiempo en la distribución total de cultivos.

<sup>(29)</sup> La Directiva de biocarburantes no se refiere de forma expresa a los biocarburantes nacionales; es decir, las importaciones se podrían tener en cuenta para alcanzar la cuota del 5,75%.

del consumo total de carburantes, según lo especificado para 2020 en el paquete energético de la UE propuesto en enero de 2007. Dado que la producción de biocarburantes a partir de la biomasa goza actualmente de una alta prioridad política, se supone que a corto y medio plazo (hasta 2020) la mayor parte del potencial de biomasa se destinará a la producción de combustibles para el transporte. En el sector de cogeneración y calefacción se asume que la biomasa procederá principalmente de los restos forestales y del sector de los residuos, incluyendo los generados por la agricultura. En la actualidad, la mayor parte del potencial de la agricultura proviene de los cultivos oleaginosos que se transforman en biocarburantes (FAME). Sin embargo, es previsible que en el futuro se pase desde los biocarburantes de primera generación (aceite vegetal, FAME y etanol obtenido de los cereales, la remolacha azucarera o la patata) a la producción de biocarburantes de segunda generación, con biocarburantes sintéticos (BtL) y etanol obtenido de material lignocelulósico (etanol+). Los biocarburantes de segunda generación pueden utilizar varias materias primas. Los cultivos que producen estos tipos de biomasa, como la vegetación herbácea permanente y los SRC, suelen caracterizarse por su alto rendimiento por hectárea y su presión ambiental relativamente baja; por ello ocupan un lugar destacado en la clasificación ambiental. También deben resultar económicamente eficientes en cuanto a su utilización como materia prima de biocarburantes de segunda generación. Por consiguiente, cabe prever que la vegetación herbácea permanente y los SRC adquirirán una mayor importancia en las alternativas de cultivo a partir de 2010, cuando estas tecnologías entren en el mercado<sup>(30)</sup>.

La sustitución del etanol tradicional obtenido de cultivos almidonosos por etanol+ no requerirá unas plantas de transformación completamente nuevas, asumiéndose que las fábricas actuales se adaptarán con unos nuevos módulos de digestión lignocelulósica<sup>(31)</sup>.

En el futuro se espera que los cultivos almidonosos lleguen a ser más interesantes que los azucareros como fuentes de materia prima para la producción de biocarburantes. Los requisitos para la producción de etanol a partir de la remolacha azucarera son mucho más complejos. Estos procesos requieren la adaptación especializada de las fábricas existentes, lo que le resta atractivo a esta opción en términos económicos. Sin embargo, dada la importancia de la remolacha azucarera en las rotaciones de cultivos de muchas áreas de la UE con cultivos herbáceos, la presión social y rural para encontrar alternativas al cultivo de la remolacha azucarera en el contexto de la reducción de las ayudas de la PAC puede ser fuerte. No obstante, el enfoque adoptado no ha tenido en cuenta estas consideraciones

sociales y rurales. La remolacha azucarera obtiene por lo tanto una puntuación baja desde una perspectiva económica y ambiental, según lo expuesto en el cap. 3.

La gasificación y los biocarburantes de segunda generación serán interesantes a partir de 2010; lo que supone la sustitución de cultivos herbáceos por plantas perennes en el uso de la tierra para producir biomasa en 2020. Puede ser que la introducción de estas tecnologías sea más rápida, pero ello no supone una correspondencia con el establecimiento de los nuevos cultivos por parte de los agricultores y los operadores de las plantas de transformación de biomasa. Para estos agentes, la incorporación de las nuevas tecnologías costará tiempo y dinero, de manera que la sustitución gradual de los actuales cultivos herbáceos por los cultivos lignocelulósicos sea una previsión más realista.

La introducción de plantas de cogeneración y calefacción depende de los incentivos financieros que promuevan las redes de calefacción, la penetración comercial y la evolución tecnológica de las pequeñas y medianas plantas de gasificación de combustibles sólidos. En paralelo, el biogás obtenido del doble cultivo es bastante interesante y puede utilizarse en los sistemas de cogeneración convencional. Por esta razón, los cultivos de biogás tienen una posición destacada en la alternativa óptima de cultivos<sup>(32)</sup>.

### 5.5.3 Distribución de cultivos por Estado miembro

Dadas todas las consideraciones tecnológicas incorporadas junto con la información sobre rendimientos, los incrementos de rendimiento y la clasificación ambiental de los cultivos, se ha podido determinar la distribución de cultivos en cada Estado miembro. La tabla 5.10 presenta los resultados de estos cálculos para el año 2030 y para todos los horizontes temporales indicados en el anexo X.

Para algunos países, como Bélgica, Irlanda, Grecia, los Países Bajos y Portugal, no se han seleccionado cultivos porque se supone que carecerán de un potencial de tierra disponible en 2030 y que todo el potencial de biomasa residirá en el heno. En los países septentrionales se han incluido los siguientes cultivos de biomasa herbácea en la distribución final: trigo y cebada-triticale más alguna aplicación del doble cultivo. Entre los cultivos permanentes se supone que se incluirán los SRC y la vegetación herbácea de biomasa permanente. En los países de Europa occidental y central, los cereales dominarán en la distribución de los cultivos herbáceos, junto con las aplicaciones de plantas enteras, especialmente como parte de las

<sup>(30)</sup> Aunque se plantasen ahora cultivos SRC, la primera cosecha no llegaría hasta después de 2010.

<sup>(31)</sup> Sería necesario realizar cambios adicionales en el sistema de suministro de energía para poder utilizar los residuos en los procesos internos de generación de calor.

<sup>(32)</sup> Los «cultivos de biogás» incluyen cereales, oleaginosas, hierba (segada), maíz y vegetación herbácea permanente. Como los residuos procedentes de la producción de biogás (fermentación) retornan al campo, el nitrógeno contenido sirve como fertilizante y el ciclo de nutrientes es prácticamente cerrado, lo que permite evitar la utilización de fertilizantes fabricados con combustibles fósiles. Se estima que el proceso de fermentación será cada vez más eficiente debido al avance de la tecnología. También se asume que el biogás podrá procesarse hasta obtener la calidad del gas natural y poder alimentar los gasoductos, lo que permitirá su uso generalizado.

prácticas de doble cultivo. También se contempla una cuota limitada de maíz y colza en estos países, aunque desde la perspectiva ambiental no son los cultivos con mejores prestaciones. Esta decisión se ha tomado porque su rendimiento energético es alto, especialmente en el caso del maíz. Estos cultivos forman parte de las actuales alternativas y rotaciones de cultivos y pueden aportar una diversidad adicional en las rotaciones con predominio de cereales. En la distribución de las plantas perennes, el mayor porcentaje corresponde a miscanto y pasto aguja, aunque también se incluyen los SRC.

En los países europeos meridionales, las opciones de selección de cultivos son en general más limitadas. En la categoría de rotaciones de cultivos herbáceos, predominan los cereales, junto con una cuota limitada de girasol y sorgo en cuanto a las aplicaciones de planta entera. Las plantas perennes seleccionadas para esta parte de Europa sólo incluyen vegetación herbácea para uso energético.

**Tabla 5.10 Distribución final hipotética de cultivos energéticos por Estado miembro en 2030**

EM	Cultivos herbáceos tradicionales						Cultivos de planta entera					
	Semillas de colza	Semillas de girasol	Remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada/triticale	Planta entera de maíz	Planta entera de triticale	Planta entera de trigo	Doble cultivo óptimo	Doble cultivo reducido	Sorgo dulce
AT	10%	10%	0%	30%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	10%	0%	0%	10%	20%	15%	0%	0%	0%	20%	10%	0%
DK	0%	0%	0%	10%	30%	25%	0%	0%	0%	20%	10%	0%
ES	0%	10%	0%	10%	30%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	15%
FI	0%	0%	0%	0%	45%	20%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
FR	0%	5%	0%	15%	40%	10%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
GR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	5%	0%	15%	20%	15%	0%	0%	0%	0%	10%	10%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SE	0%	0%	0%	0%	30%	25%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
UK	0%	0%	0%	15%	40%	20%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
CZ	15%	0%	0%	10%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
EE	0%	0%	0%	0%	35%	40%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
HU	10%	5%	0%	5%	20%	15%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
LT	0%	0%	0%	0%	30%	30%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
LV	0%	0%	0%	0%	30%	30%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
PL	15%	0%	0%	10%	15%	15%	0%	0%	0%	15%	5%	0%
SI	10%	5%	0%	5%	20%	15%	0%	0%	0%	0%	10%	0%

EM	Plantas perennes					
	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste rosado	Caña común	Pasto aguja
AT	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	0%	5%	5%	0%	5%	0%
DK	0%	0%	0%	5%	0%	0%
ES	0%	0%	0%	0%	15%	0%
FI	0%	0%	0%	10%	0%	10%
FR	5%	0%	5%	10%	0%	0%
GR	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	0%	5%	0%	10%	10%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SE	5%	5%	0%	10%	0%	10%
UK	0%	0%	0%	5%	0%	5%
CZ	0%	5%	10%	0%	0%	15%
EE	5%	5%	5%	5%	0%	0%
HU	0%	5%	10%	0%	0%	15%
LT	5%	5%	5%	10%	0%	0%
LV	5%	5%	5%	10%	0%	0%
PL	5%	5%	0%	0%	0%	15%
SI	0%	5%	10%	5%	0%	15%

## 6 Potencial de bioenergía compatible con el medio ambiente

En un futuro compatible con el medio ambiente, el aumento del precio de la energía y el acoplamiento de los mercados de alimentos, piensos y biomasa llegan a ser una opción realista. La evaluación realizada en los capítulos anteriores demuestra que el aumento de los precios de la energía tiene un efecto muy significativo sobre el potencial final del terreno para energía y, por tanto, no debe ignorarse. Por esta razón, se toma como escenario estándar para la discusión de los resultados en este capítulo un escenario con un alto precio de la energía (calculado solamente para Francia y Alemania usando HEKTOR).

### 6.1 Potencial de bioenergía total

La transformación del potencial de terreno derivado de las alternativas de cultivos discutidas en el capítulo 4 se traduce en un potencial de bioenergía total para la UE25 de 47 Mtep en 2010, 96 Mtep en 2020 y 142 Mtep en 2030. Esto implica que entre 2010 y 2030 el potencial de bioenergía se multiplica por un factor de 2,75. La tabla 6.1 presenta el resultado en la UE15 y en la UE10 (estimado en la UE8). Es evidente que la UE15 tiene un mayor potencial de bioenergía que la UE10 y que esta diferencia aumenta en 2030. Este aumento relativamente mayor en la UE15 se relaciona con el hecho de que la liberalización de los mercados agrícolas tiene más efecto en estos Estados miembros. Por otra parte, tanto el consumo de la energía total como el del transporte son mucho menores en la UE10 que en la UE15, y en el momento de redactar este informe, cabe esperar que permanezca una diferencia importante entre ambos, a pesar del aumento de la convergencia. Por lo tanto, es razonable prever una exportación de biomasa o biocarburantes desde algunos Estados miembros nuevos a los Estados miembros de la UE15<sup>(33)</sup>.

En los cálculos se asume que hasta 2010 la mayor parte de la biomasa de la agricultura —cultivos para azúcar, aceite y almidón— se destinará a la producción de biocarburantes para el transporte, para poder cumplir el objetivo del 5,75% del total de combustibles para el transporte fijado en la Directiva comunitaria de biocarburantes (2003/30/CE). Durante este mismo período, en el sector de la calefacción y la electricidad, la energía renovable debe obtenerse de los residuos leñosos de la silvicultura y de otros residuos y subproductos, además de la energía eólica, la geotérmica y la solar.

### 6.2 Cambios en la distribución de cultivos

Se estima que la distribución de cultivos cambiará drásticamente a lo largo del tiempo (ver figura 6.1). Aunque en 2010 un 40% del potencial de bioenergía agrícola se destine a los cultivos herbáceos convencionales para producir biocarburantes, este porcentaje disminuirá rápidamente después de 2010, tras la hipotética introducción de unas tecnologías de conversión avanzadas. Estas tecnologías pueden utilizar otros cultivos generalmente más respetuosos con el medio ambiente y unas prácticas de cultivo con mayor rendimiento energético. Estos cultivos incluyen diferentes tipos de plantas perennes, por ejemplo cultivos herbáceos, como el miscanto o el pasto aguja, y cultivos leñosos de ciclo corto, así como rotaciones con cultivos de cosecha de planta entera. Los cultivos utilizados como materia prima en las instalaciones de biogás (como el maíz o los sistemas de doble cultivo) aumentarán a partir de 2020, especialmente en los países de la zona atlántica y continental. En 2030 es previsible que exista una mayor proporción de biomasa de los cultivos permanentes más resistentes a la sequía en los países mediterráneos,

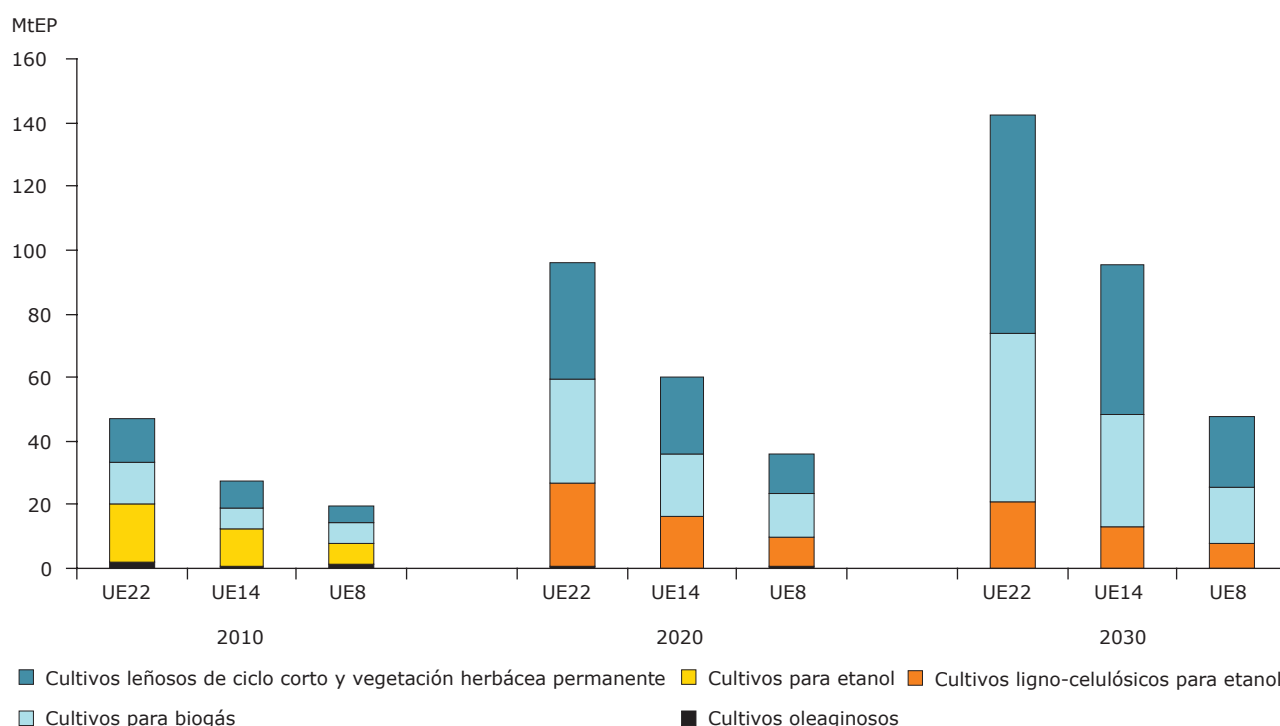
**Tabla 6.1 Potencial de bioenergía en la UE25, la UE15 y la UE8 en Mtep**

Año	Total UE15	Total UE8	Relación UE15 : UE8
2010	27,2	19,5	1,4 : 1
2020	59,8	36,0	1,7 : 1
2030	95,0	47,3	2,0 : 1

**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta, aunque no se prevé que estos países dispongan de un importante potencial de bioenergía debido a su elevada densidad demográfica en comparación con su SAU.

**Fuente:** AEMA, basado en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Environmentally compatible biomass from agriculture». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

<sup>(33)</sup> El potencial de comercio de biomasa se analiza con más detalle en Thrän, 2006.

**Figura 6.1 Potencial de bioenergía en la UE23, la UE15 y la UE8**

**Nota:** Sin datos disponibles de Chipre y Malta. Los «cultivos oleaginosos» comprenden la colza y el girasol. Los «cultivos para etanol» incluyen el potencial de grano de maíz, trigo y cebada/triticale. Los «cultivos ligno-celulósico para etanol» incluyen el valor energético de toda la planta (grano y paja) de trigo y cebada/triticale. Los «cultivos para biogás» son el maíz (planta entera), los sistemas de doble cultivo, el pasto aguja y el heno en los pastizales permanentes. El concepto de «cultivos leñosos de ciclo corto y vegetación herbácea permanente» incluye el álamo, el sauce, el miscanto, el alpiste rosado, la caña común y el sorgo dulce, que pueden utilizarse con frecuencia en los sistemas de conversión de plantas enteras como la gasificación y en los procesos de conversión de biomasa en biocarburantes líquidos.

**Fuente:** AEMA, basado en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «*Environmentally compatible biomass from agriculture*». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

especialmente el alpiste rosado y el pasto aguja. Se podría reducir el aumento potencial del riesgo de incendio mediante el adelanto de la cosecha antes de la llegada de los principales calores estivales. Además, cabe asumir que la mayor parte de los incendios en los terrenos agrícolas pueden atajarse con prontitud, debido al valor económico de los cultivos y la pronta detección de los incendios.

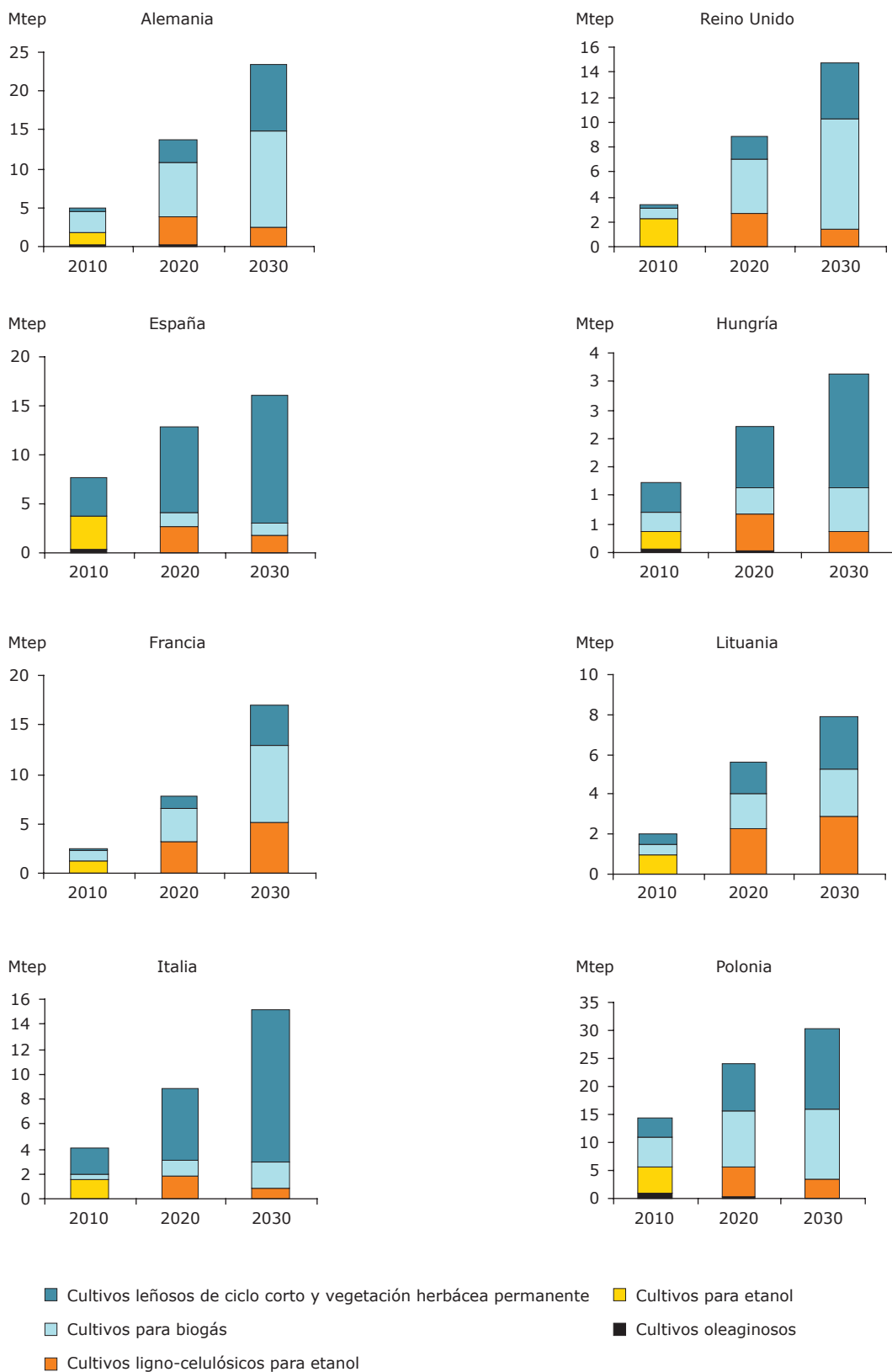
En este estudio, las distribuciones de los cultivos se han especificado a nivel nacional. No se han planteado otras hipótesis sobre la localización de los cultivos de biomasa dentro de cada país. Sin embargo, la hipótesis subyacente es que la mayor parte de los cultivos para energía se distribuirán en cada país de una manera similar a los convencionales de la agricultura actual. Aparte de los sistemas de cultivo permanente, los cultivos para bioenergía entrarán en las rotaciones de las explotaciones agrícolas, junto con los cultivos convencionales de alimentos y piensos. Esto implica además que los cultivos de biomasa se localizarán en terrenos de distinta productividad (alta y baja), con la consiguiente variación en el rendimiento y la renta, como ya viene ocurriendo con las producciones de alimentos y piensos.

### 6.3 Resultados del potencial de bioenergía por Estado miembro

El potencial de bioenergía compatible con el medio ambiente en determinados Estados miembros se presenta en la figura 6.2, y el de todos los Estados miembros en la tabla XII-1 del anexo XII. Aproximadamente un 85% de este potencial corresponde a tan sólo a siete Estados miembros (España, Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, Lituania y Polonia). El tamaño y la densidad de la población, así como la competitividad del régimen agrícola (expresado en renta por hectárea) en cada Estado miembro, son los principales factores que determinan el potencial del territorio. Los países con un potencial bajo o nulo suelen ser los que tienen una elevada densidad de población, un sector agrario muy competitivo, una SAU limitada y una alta presión total sobre el territorio (por ejemplo, Bélgica y los Países Bajos). En estos casos, la opción de que los terrenos agrícolas lleguen a estar disponibles para los cultivos de producción de biomasa es limitada. En otros países, el potencial bajo se debe al hecho de que, aunque una importante cantidad de terreno pueda ser liberado, se trata de terrenos con pastizal permanente, por lo que



**Figura 6.2 Potencial de bioenergía en determinados Estados miembros de la UE**



**Fuente:** AEMA, basado en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa agrícola compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005. Las cifras de Francia y Alemania están basadas en CAPSIM y HEKTOR; el resto sólo en CAPSIM.

dicho potencial no puede transformarse en un potencial de bioenergía intensivo, según los criterios ambientales establecidos en el este estudio. Este es el caso de Irlanda, donde el modelo predice que todo el terreno liberado pertenece a la categoría de pastizal permanente y la hierba segada (heno) produce relativamente poca energía por hectárea. Los Estados miembros con alto potencial de bioenergía son los que liberan una gran cantidad de tierras a causa de la liberalización de los mercados agrarios. También son los Estados miembros en los que el aumento de la competencia de los precios a nivel global causa la disminución de las producciones nacionales de alimentos y piensos. Entre las excepciones se incluyen Alemania y Francia, donde se supone que es posible producir alimentos a los precios del mercado internacional. Por lo tanto, el aumento de la producción de bioenergía dependerá principalmente del aumento del precio del derecho de emisión de carbono, lo que aumentará el atractivo de la producción de biomasa. Dinamarca y Finlandia son excepciones en la tendencia al alza del potencial de bioenergía, lo que probablemente se relaciona con las expectativas de que ambos países lleguen a ser más competitivos en los mercados de alimentos y piensos.

Otros factores que aumentan el potencial de bioenergía en la mayoría de Estados miembros se relacionan con el aumento del rendimiento de determinados cultivos y el desarrollo de las nuevas tecnologías, que son más eficientes en la producción de bioenergía.

En Portugal, la explicación del aumento relativamente pequeño de su potencial se relaciona con la escasa cantidad de terreno agrícola liberado, según los cálculos del modelo CAPSIM, ya que la demanda de alimentos y piensos para el consumo nacional en este país seguirá experimentando un fuerte aumento hasta 2010 y 2020. Por lo tanto, se han liberado pocos terrenos o ninguno de la agricultura para destinarlos a cultivos energéticos.

En España, Lituania y Polonia, se estima que el desarrollo del potencial de bioenergía comenzará a disminuir a partir de 2020, mientras que en Hungría, el Reino Unido e Italia, se supone que el aumento será más o menos lineal desde el momento actual hasta 2030.

#### 6.4 Utilización de la biomasa obtenida de los pastizales y otros terrenos de explotación extensiva

La siega de hierba para producir energía puede ser una buena oportunidad para la conservación de los pastizales seminaturales frente a la sucesión natural de su vegetación, evitándose la pérdida de hábitats abiertos con gran abundancia de especies. Es probable que ocurra una gran pérdida de biodiversidad si los olivares extensivos o las dehesas se abandonan o se transforman para obtener una producción agrícola intensiva. Por esta razón, el estudio considera que los olivares, las dehesas y los montados en abandono deben tratarse de la misma manera que los pastizales permanentes. Su población de árboles debe mantenerse, dejando que la hierba crezca entre los árboles y debajo de ellos. La biomasa a base de heno y material de poda tradicional puede servir como materia prima para la generación de energía. En este apartado se calcula la contribución de estos tipos de hábitats al potencial de bioenergía.

Para tener una visión general, el terreno disponible obtenido a partir de antiguos pastizales, olivares, dehesas y montados se considera como pastizal productor de biomasa. Dado que no se dispone de una información específica sobre la cantidad media de residuos leñosos de los olivares, las dehesas y los montados, el potencial de biomasa sólo se ha podido calcular en función del rendimiento medio de los pastizales en determinadas zonas medioambientales.

En la tabla 6.2 se expone el potencial que asume que el heno fermenta, y que el potencial de energía viene dado por el poder calorífico inferior del biogás generado. Los rendimientos específicos del pastizal son los dados por el modelo CAPSIM modificado. En el cálculo, se considera que los rendimientos no aumentan con el tiempo, para poder reflejar el hecho del abandono de los pastizales, los olivares, las dehesas y los montados de baja productividad.

El biogás obtenido a partir del heno puede alcanzar un 6% del potencial de bioenergía de la UE25. Como actualmente se desconoce el potencial de movilización de la biomasa herbácea<sup>(34)</sup> y la economía de este modelo, posteriormente será necesario un análisis más detallado.

**Tabla 6.2 Potencial de bioenergía por fermentación del heno (poder calorífico inferior del biogás en Mtep) en la UE25 comparado con el potencial de bioenergía del potencial total de la agricultura (basado en los datos de CAPSIM)**

	2010	2020	2030
Potencial del pastizal de la UE25	2,0	5,9	8,4
Potencial total de la agricultura UE25	46,8	95,8	142,4
% de hierba en el total	4%	6%	6%

**Fuente:** AEMA, basado en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

<sup>(34)</sup> El índice de movilización depende de las condiciones económicas, la cosecha y los aspectos relacionados con el transporte, como las posibilidades de mecanización, la distancia a las plantas de transformación y la densidad de energía por unidad de biomasa.

## 7 Análisis de las hipótesis alternativas y discusión de los resultados

### 7.1 Análisis de la sensibilidad y la fiabilidad del planteamiento

El potencial de tierras y bioenergía calculado en este informe depende de numerosas hipótesis. En este apartado se presentan los resultados de un análisis de sensibilidad que estudia el efecto que produce el cambio de algunos parámetros claves, como los siguientes:

1. La cuota de la agricultura ambientalmente orientada.
2. El aumento del precio de los combustibles fósiles y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>
3. El aumento de los rendimientos.

**Punto 1)** En el futuro compatible con el medio ambiente considerado en este estudio, se supone que una parte importante de la superficie agrícola estará sujeta a un modelo de gestión ecológicamente orientado, el cual incluye tres categorías de superficie agrícola extensiva:

- a. Superficie agrícola de alto valor natural (AVN), la cual conservará al menos su actual cuota de terreno agrícola, aunque también puede aumentar.
- b. Agricultura ecológica como principal factor de desarrollo, para alcanzar en 2030 una cuota conjunta de la agricultura ecológica y la AVN del 30% de la SAU en la mayoría de los Estados miembros, excepto en Bélgica, los Países Bajos, Luxemburgo y Malta, donde basta alcanzar una cuota del 20%.
- c. Áreas de compensación ecológica y tierras retiradas del cultivo en áreas agrícolas de explotación intensiva. A partir de 2010, esta categoría debe alcanzar un mínimo del 3% de la superficie agrícola intensiva, sirviendo como «refugio ecológico de paso» para aumentar la tasa de supervivencia y el restablecimiento de las especies propias de las tierras de cultivo.

La implementación de estos tres elementos de la agricultura ambientalmente orientada influye sobremedida en el potencial de tierras disponibles para bioenergía a causa de la limitación del aumento de su productividad y, por lo tanto, de la producción agrícola total. Esto se evidencia mediante la comparación de los resultados en un futuro compatible con el medio ambiente y en un escenario sin aumento de la cuota de superficie agrícola ambientalmente orientada.

**Punto 2)** En el futuro compatible con el medio ambiente se establece la premisa de que los servicios ambientales

se remunerarán económicamente con un precio alto según los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>. Además, se supone que el precio de la energía fósil es relativamente alto, lo que, da ventaja competitiva a los biocarburantes. Estas dos hipótesis se incorporan en el futuro compatible con el medio ambiente mediante la aplicación del modelo HEKTOR en Francia y Alemania (para mayor detalle, ver el apartado 3.4). En el análisis de sensibilidad, el efecto combinado del aumento de los precios de los combustibles fósiles y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> se evalúa comparando los resultados del potencial de biomasa obtenido en un escenario donde el precio de la energía y el de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> no son altos.

**Punto 3)** El cálculo del potencial de biomasa futuro depende significativamente de las premisas establecidas en relación con el aumento del rendimiento de los distintos cultivos de biomasa, estimado en un 1% anual para los cultivos herbáceos en rotación y entre un 1% y un 2,5% anual para los cultivos de biomasa especializados (por ejemplo, la vegetación herbácea permanente y los SRC). El análisis de sensibilidad evalúa el efecto de un menor aumento del rendimiento sobre el potencial disponible.

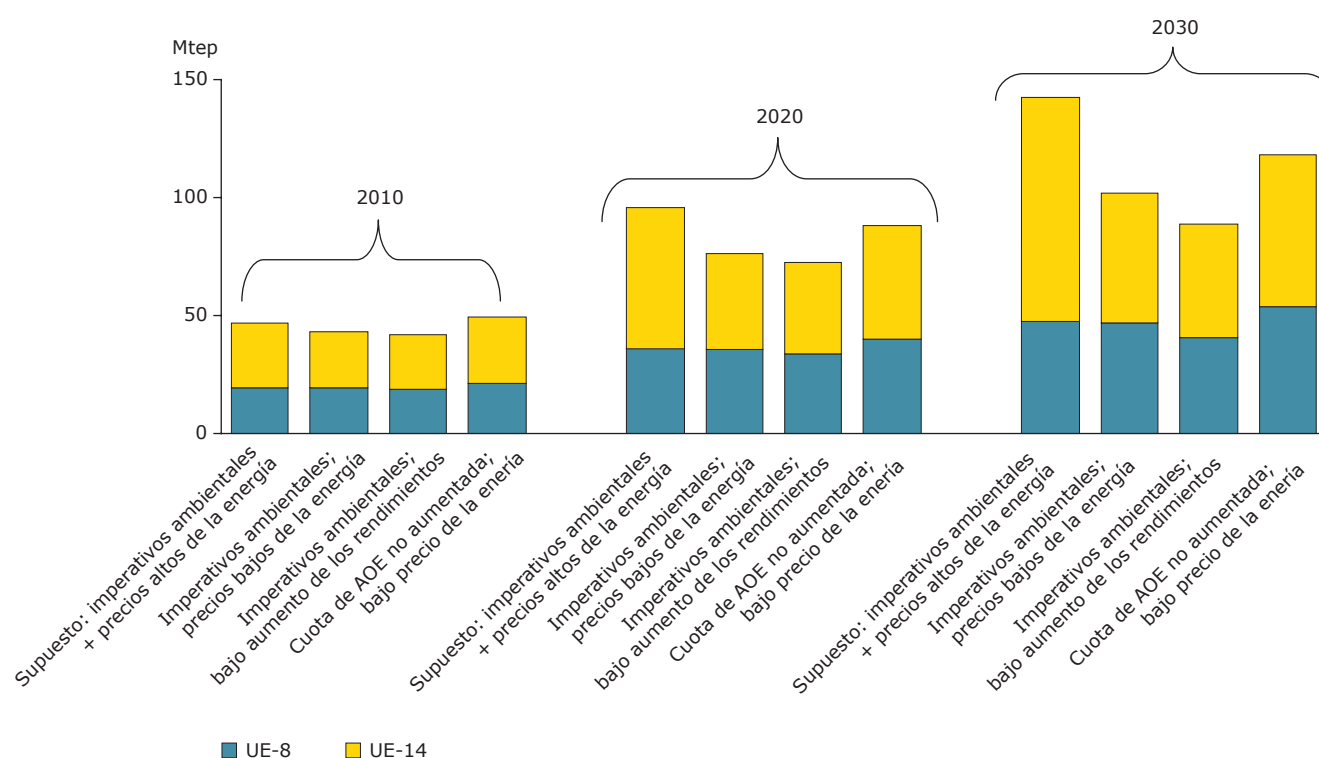
Se han utilizado cuatro escenarios diferentes (ver la tabla 7.1) para ver el efecto de estos tres parámetros claves sobre los potenciales. El escenario predeterminado de la tabla 7.1 se ha aplicado en este estudio para calcular el potencial de biomasa compatible con el medio ambiente, el cual se compara con el de los otros tres escenarios que establecen diferentes premisas en relación con los tres parámetros claves de la modelización, es decir, la cuota de agricultura ambientalmente orientada, los precios de la energía fósil y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> y los aumentos de rendimiento.

La figura 7.1 muestra los resultados de la comparación del potencial de bioenergía total en diferentes escenarios. La hipótesis sobre el rendimiento y el aumento de los precios de la energía fósil y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> tienen un efecto mayor sobre el potencial que la cuota de la agricultura ambientalmente orientada. El aumento del precio de la energía fósil y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> añade unos 5 millones de hectáreas de tierra de cultivo al potencial total de tierras de la UE25 en 2030 (según el modelo aplicado solamente en Francia y Alemania). En este estudio, el precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, utilizado en el cálculo del potencial de 159 Mtep en 2030, se supone que ascenderá como mínimo al 30% del precio

**Tabla 7.1 Hipótesis sobre los escenarios alternativos**

Escenarios	Cuota de la agricultura ecológicamente orientada	Alto precio de la energía fósil y de los derechos de emisión de CO <sub>2</sub>	Aumento de los rendimientos
Predeterminado	Mayor cuota futura	Alto precio + derechos CO <sub>2</sub>	1-2,5%
Imperativos ambientales + bajo precio de la energía	Mayor cuota futura	Bajo precio	1-2,5%
Imperativos ambientales + bajo aumento de los rendimientos	Mayor cuota futura	Alto precio	1%
Cuota de AOE no aumentada + bajo precio de la energía	Cuota futura sin aumento	Bajo precio	1-2,5%

**Figura 7.1 Efecto total de las diferentes hipótesis sobre los escenarios**



**Nota:** Sin datos de Chipre, Luxemburgo y Malta.

del producto comercial. En consecuencia, si el precio de los derechos de emisión de CO<sub>2</sub> disminuye o los precios internacionales de los alimentos aumentan, el interés relativo de los cultivos de bioenergía puede disminuir, lo que afectaría a la cantidad de suelo disponible para la producción de bioenergía. Este análisis revela que hay que pagar un precio más alto para poder conseguir que la producción de biomasa sea compatible con el medio ambiente. Por lo tanto, el precio adicional puede considerarse como el precio que se paga por los imperativos ambientales, lo que puede ser un instrumento para la internalización de los costes ambientales externos. La figura 7.1 muestra que un precio alto de la energía aumenta un 29% el potencial modelizado en comparación con el de un escenario con precio bajo de la energía. Debido a la falta de recursos,

este análisis no se ha podido actualizar de acuerdo con las últimas tendencias de los precios de los alimentos y los combustibles fósiles.

Las hipótesis relativas al futuro aumento de los rendimientos también son importantes, ya que un pequeño aumento del rendimiento de un 1% en todos los cultivos disminuye el potencial de bioenergía en un 9% en 2010, un 23% en 2020 y un 38% en 2030. El efecto del aumento del rendimiento en el escenario predeterminado es mayor cuando se elige una distribución de cultivos que cambia con el tiempo. Aunque los cultivos herbáceos mantienen su predominio en el primer decenio (se asume un aumento del rendimiento en sólo un 1%), serán desplazados en gran parte por los cultivos permanentes en 2030, con un

aumento del rendimiento entre un 1% y un 2,5%, según el tipo de cultivo permanente.

La implementación de los elementos de la agricultura ambientalmente orientada tiene una influencia significativa en el potencial de tierras de producción de bioenergía. Sin embargo, su efecto sobre el potencial total es menor que el de los otros dos parámetros claves. Para cuantificar el efecto de la introducción de una cuota elevada de agricultura ambientalmente orientada sobre el potencial total de tierras de producción de biomasa, se ha calculado la diferencia entre el escenario CAPSIM-Animlib original y el escenario CAPSIM-Animlib compatible con el medio ambiente (para más información sobre estos escenarios, ver el apartado 3.2). Estos cálculos demuestran que la implementación de una cuota mínima de agricultura ambientalmente orientada tiene una influencia significativa en el potencial de tierras disponibles para bioenergía, ya que disminuye su productividad y, por tanto, la producción agrícola total. En 2020, el potencial de tierras en el escenario compatible con el medio ambiente es aproximadamente el 81% del potencial de tierras de cultivo disponibles sin un aumento de la cuota de la agricultura ambientalmente orientada (ver la figura 7.2). Sin embargo, un nuevo análisis sobre la distribución y las características de las áreas agrícolas con alto valor natural en Europa (CCI y AEMA, en preparación) demuestra que la cuota de tierras cultivables en esta categoría agrícola es mucho menor que la contemplada en este estudio, especialmente en Europa septentrional y oriental. Esto no se ha podido tener en cuenta en el análisis de sensibilidad de este informe, aunque probablemente disminuya el impacto

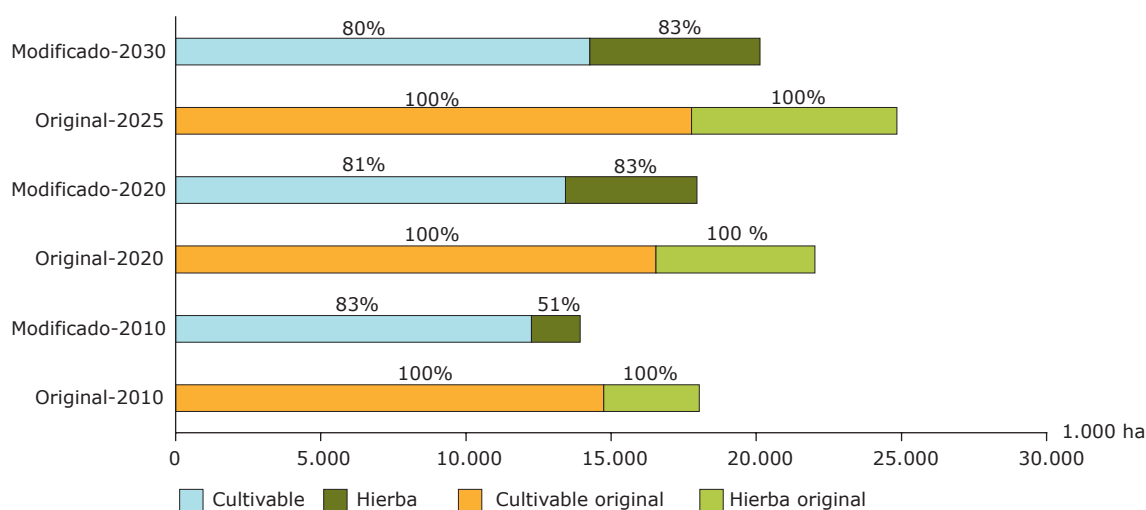
de la cuota del 30% de AOE sobre el potencial total de bioenergía estimado.

El análisis del efecto combinado de los factores claves en los escenarios a escala nacional indica que en el futuro se liberará terreno agrícola en la mayoría de los Estados miembros de la UE. Esto es una consecuencia de la liberalización del mercado (modelizado en el escenario CAPSIM Animlib) y el aumento de los rendimientos. No obstante, los efectos de la liberalización del mercado pueden no afectar a la liberación de tierras en los países con un sector agrícola competitivo, como los Países Bajos, Francia y Alemania, los cuales tienen una elevada tasa de *exportación* de algunos productos agrícolas. Sin embargo, si los mercados bioenergéticos resultan competitivos a causa del alto precio de la energía fósil y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, se asume que se utilizará una mayor cantidad de tierras en la producción de bioenergía a expensas de las tierras cultivadas para producir alimentos y piensos de exportación. El impacto de esta competencia hipotética en Francia y Alemania puede aumentar las superficies disponibles para la producción de biomasa en unos 0,4 millones de hectáreas en 2010, y unos 4,8 millones de ha en 2030, lo que equivale a unos 4 Mtep y 41 Mtep de bioenergía adicional en 2010 y 2030, respectivamente.

*Otros factores que influyen en los resultados del modelo:*

Otros factores adicionales influyen en los resultados del modelo, aunque no pueden sometersr a un análisis de sensibilidad porque algunos datos relevantes no están

**Figura 7.2 Efecto de un futuro aumento de la cuota de la agricultura ambientalmente orientada (incluyendo un 30% de agricultura ambientalmente orientada y un 3% del conjunto de tierras retiradas y áreas de compensación ecológica en áreas de agricultura intensiva) sobre el potencial total de tierras dedicadas a la producción de biomasa**



**Nota:** Las cifras «originales» de los cultivos y la vegetación herbácea son equivalentes a las calculadas con el modelo original CAPSIM Animlib para 2025 (ver también el apartado 3.2.1).

**Fuente:** AEMA, basado en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005



disponibles. En primer lugar, en muchas partes de la UE, especialmente en los nuevos Estados miembros y en el Mediterráneo, existen áreas significativas no utilizadas en gran medida en la agricultura. Estas áreas no figuran en las estadísticas agrarias, por lo que no se han tenido en cuenta en este estudio, cuyo análisis se limita a la superficie agrícola útil (SAU) que es la reflejada en las estadísticas. Sin embargo, es bien conocido que en el año 2000 no aparece registrada como SAU toda la superficie potencialmente agrícola en los nuevos Estados miembros (DG Agricultura, 2002), lo que implica que la cantidad de tierra disponible para la producción de bioenergía puede haberse subestimado en este estudio. Un análisis adicional y más detallado debe servir para estudiar la cantidad y la naturaleza de dichas tierras no utilizadas.

En segundo lugar, el elemento experto necesario para elegir la distribución final de los cultivos en cada Estado miembro introduce una incertidumbre adicional en el cálculo del rendimiento potencial de la bioenergía final. Lo más probable es que el potencial de bioenergía final hubiera sido diferente considerando otros cultivos y otros procesos de producción de bioenergía. Sin embargo, su importancia no se ha tenido muy en cuenta, porque los demás factores de incertidumbre antes mencionados no han podido ser investigados con los recursos disponibles.

En tercer lugar, la evaluación de las distribuciones de los cultivos compatibles con el medio ambiente y los aspectos de la conservación de la naturaleza deben tener en cuenta las circunstancias locales, las cuales determinan el impacto ambiental real de los diferentes cultivos. En este estudio sólo se han especificado las distribuciones de cultivos a escala nacional sin formular otras hipótesis sobre la localización de los cultivos de bioenergía en cada Estado miembro. Una aplicación rigurosa de las limitaciones ambientales introducidas en este estudio requiere su adaptación a las circunstancias ambientales locales. Una vez más, resulta difícil determinar el efecto preciso de esta diferenciación adicional, por lo que su estudio requiere más recursos que los disponibles.

## 7.2 Efecto total y comparación con otros posibles estudios

Para comparar los resultados totales con los de otros estudios, el potencial de tierras se ha elegido como punto de partida. La mayoría de los estudios de referencia calculan el potencial de bioenergía bajo la hipótesis de un aumento de los precios de la energía y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, y consideran que existe una competencia con las exportaciones de alimentos y piensos.

La tabla 7.2 presenta los resultados de la comparación con otros estudios. Los rangos del potencial de tierras oscilan entre 20 y 59 millones de hectáreas, siendo el potencial estimado en este estudio (unos 20 millones de hectáreas) el más bajo. Sin embargo, otros dos estudios que también incorporan las consideraciones ambientales (Thrän *et al.*, 2006; y WBGU, 2004) presentan potenciales similares, aunque algo mayores (22 y 29 millones de hectáreas, respectivamente).

La comparación con otros estudios revela que la aplicación del modelo HEKTOR es sólo una de las distintas posibilidades que aplican un proceso ascendente. Sin embargo, el proceso HEKTOR asume explícitamente que la demanda nacional de alimentos y piensos queda satisfecha en de todos los Estados miembros, mientras que las subvenciones directas e indirectas a la exportación van desapareciendo gradualmente. En total, el análisis ascendente arroja resultados más transparentes en cuanto a la evaluación de los potenciales ambientalmente orientados.

Los resultados del presente estudio arrojan la menor de las estimaciones del potencial de bioenergía ambientalmente orientado de la UE25, lo que puede deberse a que los demás estudios son generalmente más optimistas respecto a la superficie disponible para los cultivos de biomasa y el rendimiento potencial que ofrecen. Además, es la primera vez que este tipo de estudios introduce la hipótesis de una cuota del 30% para la agricultura ambientalmente orientada, que incluye la agricultura AVN y la agricultura ecológica.

**Tabla 7.2 Estudios relativos al potencial de suelo para cultivos energéticos en la UE**

<b>Autores</b>	<b>Potencial</b>	<b>Horizonte temporal</b>
Faaij, 1997	40 millones de ha en la UE15	A partir de 2010, alimento y fibra primero
VIEWLS, 2004	35-44 millones de ha en la UE10	2020; alimento y fibra primero
WBGU, 2004	22 millones de ha en la UE25	imperativos ecológicos (barbecho/tierra liberada)
Yamamoto, 2001	30 millones de ha en Europa	En 2025, alimento y fibra primero
Thrän <i>et al.</i> , 2006	59 millones de ha en la UE25	2020 ascendente
Thrän <i>et al.</i> , 2006	29 millones de ha en la UE25	2020 ascendente + imperativos ecológicos: menores rendimientos y conservación de la naturaleza
<b>Este estudio</b>	<b>20 millones de ha en la UE25</b>	<b>2030 ascendente + imperativos ecológicos</b>

## 8 ¿Cómo conseguir un futuro de bioenergía «compatible con el medio ambiente»?

### 8.1 Introducción

El análisis presentado en este informe muestra que existe un gran potencial de producción de bioenergía a partir de la biomasa agrícola. Gracias a un firme apoyo político, la producción de biocarburantes a partir de la biomasa agrícola en particular ha aumentado muy rápidamente en los últimos años (ver apartado 2..2). Sin embargo, hay una seria preocupación porque la producción a gran escala de bioenergía a partir de la biomasa agrícola puede generar una presión adicional sobre el medio ambiente y la biodiversidad en el campo agrícola (por ejemplo, BirdLife, 2006). El pronóstico sobre el consumo de fertilizantes minerales hasta 2016 predice que el aumento de la producción de biomasa para uso energético conllevará el aumento del consumo de fertilizantes nitrogenados por primera vez en diez años (EFMA, 2006). Este informe ha investigado la manera de asegurar que la producción de biomasa, incluso en el caso de un gran aumento, siga siendo «compatible con el medio ambiente». Con este propósito, se ha formulado y descrito un conjunto de limitaciones ambientales en el apartado 2..2 y en el capítulo 4.

Este capítulo trata de los componentes claves subyacentes al «futuro de la bioenergía compatible con el medio ambiente» desarrollado en este informe. Se analiza la posibilidad de su implementación y se profundiza en la lógica de un escenario de bioenergía compatible con el medio ambiente. En el apartado 8.3 se presentan algunos ejemplos de la producción de bioenergía ambientalmente orientada. Dadas las limitaciones de los recursos disponibles para afrontar este estudio, su análisis no es exhaustivo, por lo que sería ideal su continuación con otros estudios más detallados.

### 8.2 Factores claves para la producción de una bioenergía compatible con el medio ambiente

La aplicación de las condiciones del marco ambiental formulado en el presente estudio favorece la producción de biomasa compatible con el medio ambiente en la agricultura. Sin embargo, la mayoría de las condiciones ambientales propuestas no están directamente contempladas en las políticas bioenergéticas actuales. Por lo tanto las cuestiones son: ¿hasta qué punto es realista su cumplimiento?, y ¿cómo pueden ser implementadas? En este apartado se analiza la lógica y la posible implementación de

cinco condiciones claves en el marco medioambiental propuesto en este estudio. El potencial de medidas políticas y actividades de investigación se discute en el capítulo 9.

#### 1) *Mantener o alcanzar una cuota del 30% de agricultura «ambientalmente orientada»*

Alcanzar en 2030 un 30% de la cuota de agricultura «ambientalmente orientada» (AOA) en la mayoría de los Estados miembros (20% en Bélgica, los Países Bajos, Luxemburgo y Malta) parece un objetivo ambicioso. Sin embargo, al incluir la agricultura ecológica y las áreas agrícolas AVN, en muchos países no se está muy lejos de dicho objetivo. La mayoría de los Estados miembros del Mediterráneo, además de Austria, Irlanda, el Reino Unido, Estonia, Letonia, Eslovaquia y Eslovenia, tienen ya una cuota muy superior al 20% y algunos incluso superan la del 30% (ver el apartado 3.2.1). En otros Estados miembros, como Bélgica, Dinamarca, Luxemburgo y los Países Bajos, no se ha alcanzado ni el 10% de superficie agrícola «ambientalmente orientada», según los datos disponibles en el momento de realizar el análisis.

En los países que tienen ya una alta cuota de superficie agrícola AVN, el principal objetivo político debe ser el mantenimiento de dicha cuota. Se puede conseguir que esta cuota alcance el 30% de la SAU mediante la recuperación de áreas agrícolas AVN recientemente abandonadas o aumentando la cuota de la agricultura ecológica.

Los países con una cuota muy baja de superficie agrícola AVN tienen dificultades para desarrollar una estrategia de recuperación de dichas áreas. La mayor parte de las áreas agrícolas AVN utilizan las prácticas tradicionales en sus agriculturas extensivas adaptadas a las limitaciones naturales. Los valores naturales existentes en estos sistemas están estrechamente relacionados con las prácticas extensivas tradicionales. Si estas prácticas desaparecen debido a la intensificación (incluyendo la mejora del terreno para superar las limitaciones naturales) o el abandono de las tierras, los valores naturales desaparecen. En la mayoría de los casos resulta casi imposible la recuperación de las prácticas extensivas tradicionales y los valores naturales asociados a ellas. En estos casos, puede ser preferible la sustitución de la agricultura convencional por la agricultura ecológica. Muchos Estados miembros con una cuota actual por debajo del 30% (o el 20%) de la agricultura ambientalmente orientada, se han marcado

objetivos ambiciosos para fomentar la agricultura ecológica (AEMA, 2006a).

## 2) *Dedicar un 3% de las tierras de agricultura intensiva a áreas de compensación ecológica en 2030*

Cumplir los objetivos europeos de biodiversidad en las tierras de cultivo agrícola no sólo requiere medidas para preservar los espacios y sistemas agrícolas con un especial valor natural, sino actuar además en las áreas agrícolas con explotación intensiva. Por ejemplo, un estudio de Vickery *et al.* (2004) comprueba que la disminución de las poblaciones de aves de campo agrícolas en el Reino Unido está relacionada con la cantidad y la calidad de los hábitats disponibles, sobre todo en los paisajes de agricultura intensiva. Vickery también comprueba que la creación de hábitats sin cultivos agrícolas y los campos marginales, así como las «bolsas de cultivo» dentro de las regiones de pastizal y las «bolsas de pastizal» dentro de las regiones de cultivo, pueden resultar efectivas para favorecer la biodiversidad ornitológica. La importancia de mantener una red de hábitats dentro de un amplio paisaje se ha confirmado por varios estudios, como los realizados por Vos *et al.* (2001); Bouwman *et al.* (2002), y Opdam *et al.* (2003). En general, recuperar «refugios de paso» dentro de las áreas con agricultura intensiva favorece a las especies adaptadas a los paisajes agrícolas y ayuda al mantenimiento de las conexiones entre los elementos de las redes ecológicas europeas, como los espacios de conservación de la red Natura 2000.

Alcanzar un 3% de tierras retiradas con áreas de compensación ecológica parece factible, dada la extensión de las tierras retiradas en el pasado a causa de las medidas de mercado relacionadas con la PAC y la necesidad de alcanzar los objetivos de biodiversidad de la UE dentro de los espacios naturales. De hecho, otros estudios proponen una cuota del 5% de áreas de compensación de acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica (McCracken, 2007). Además, los campos marginales son menos productivos, por lo que son especialmente adecuados para ser áreas de compensación ecológica. Por otra parte, los objetivos de conservación se pueden combinar con cierta extracción de biomasa de dichas áreas (mediante la siega de hierba a finales del verano o en otoño y la extracción de material leñoso para favorecer las primeras etapas de las sucesiones de vegetación). Por lo tanto, dado el probable avance de la tecnología de los biocarburantes de segunda generación, estas áreas también pueden contribuir, aunque de manera limitada, a la producción de bioenergía.

## 3) *Mantener la actual cobertura del terreno con las categorías de uso de explotación extensiva*

Los pastizales permanentes, olivares, dehesas y montados constituyen una parte importante de las áreas agrícolas más ricas en biodiversidad de Europa,

y son de alto valor natural (AVN) en casi todos los casos. Dejar el pastizal permanente sin labrar es una hipótesis realista porque su mantenimiento forma parte de los requisitos legislativos de condicionalidad (dentro del límite del 10% en cada Estado miembro). El alto potencial de CO<sub>2</sub> que puede liberarse con el laboreo de los pastizales permanentes (y la eliminación de la cubierta agro-forestal del terreno) exige también el mantenimiento de la categoría del uso extensivo de las tierras desde el punto de vista del cambio climático (ver por ejemplo, CCI, 2006). Además, los pastizales permanentes no suelen encontrarse en suelos muy adecuados para la agricultura, por lo que no siempre es posible su laboreo para implantar una rotación de cultivos herbáceos de biomasa, y, cuando es posible, se requieren costosas medidas de mejora del terreno. El uso de este tipo de terreno para cultivos ligno-celulósicos puede ser viable porque generalmente crecen bien en suelos subóptimos, siempre que sea posible la mecanización para el establecimiento del cultivo y exista suficiente agua disponible. Sin embargo, esta transformación debe evitarse con carácter general para poder mantener la calidad ambiental de estos tipos de uso del terreno (el del pastizal permanente y el agroforestal).

El futuro uso agrícola de las tierras de olivar, dehesa y montados es más difícil de predecir, aunque parte de estos sistemas se han transformado en cultivos (regadío) durante los últimos decenios. Esta tendencia parece frenada en la actualidad. A pesar de la fuerte demanda de aceite de oliva, en el futuro es posible que sólo los sistemas de producción intensiva resulten económicamente interesantes. El futuro económico de los sistemas de dehesa y montados parece muy incierto y la pérdida de estos hábitats resulta realmente posible a causa del aumento de la presión sobre el territorio asociada con el aumento de la demanda de biomasa. En consecuencia, el apoyo de estos tipos de uso del suelo mediante una política adecuada, puede ser un factor importante. No obstante, las dehesas y los montados deben conservarse para poder alcanzar el 30% de la cuota de AAO, que forma parte del escenario de bioenergía compatible con el medio ambiente que se ha desarrollado en este informe.

## 4) *Elegir una distribución de cultivos y unas prácticas agrícolas óptimas para el medio ambiente*

Una cuidadosa selección de los cultivos de biomasa es uno de los principales instrumentos necesarios para favorecer la incorporación de los cultivos de biomasa compatibles con el medio ambiente en Europa. Cabe esperar que la futura alternativa de cultivos cambie al utilizarse una mayor cuota de cultivos de biomasa, incluyendo el uso de especies más perennes y la introducción de sistemas agrícolas especializados. El método de este estudio utiliza la regionalización implícita y la diferenciación entre:

- a. plantas perennes (cultivos leñosos de ciclo corto y vegetación herbácea permanente);
- b. cultivos herbáceos tradicionales (cereales, oleaginosas y tubérculos, además de frutos y cultivos de planta entera);
- c. un sistema de cultivo especial: el sistema de doble cultivo.

La elección de estas tres «líneas» de cultivo se ha basado en el conocimiento experto actualmente disponible sobre los sistemas de producción de bioenergía. La priorización de los cultivos para determinar la alternativa compatible con el medio ambiente en cada zona medioambiental debe considerarse como una primera aproximación. Este enfoque puede sin duda ser mejorado mediante la incorporación de más conocimientos expertos, la experiencia de campo y el conocimiento local especializado.

Desde una perspectiva ambiental, cabe concluir que los cultivos permanentes de biomasa ejercen en general menos presión ambiental que los cultivos herbáceos, y además pueden beneficiar la biodiversidad de las áreas agrícolas de explotación intensiva utilizando unas adecuadas prácticas de manejo. En segundo lugar, los cultivos permanentes de biomasa tienen un rendimiento de energía relativamente alto (julios por hectárea). En tercer lugar, la producción de bioenergía a partir de materiales lignocelulósicos tiene una mayor capacidad de disminución neta de la emisión de CO<sub>2</sub> que las alternativas basadas en rotaciones de cultivo que utilizan energía fósil, por lo que se pueden beneficiar especialmente en el mercado de créditos de carbono. Por lo tanto, no sorprende que las alternativas de cultivo especificadas en cada zona medioambiental muestren que los cultivos permanentes lleguen a ser los más interesantes desde una perspectiva ambiental y económica en todas las zonas cuando la utilización de los biocarburantes de segunda generación llegue a ser económicamente viable, lo que no se espera por lo menos hasta 2020.

En las *zonas atlántica, lusitana, continental y panónica* existen más opciones para poder elegir cultivos de biomasa permanentes y rotaciones herbáceas compatibles con el medio ambiente. Estas zonas coinciden con las regiones de Europa que pueden aportar más potencial de biomasa. Algunas plantas perennes medio ambientalmente preferibles para estas zonas incluyen el miscanto, el pasto aguja, los cultivos SRC de sauce y álamo (chopo), el alpiste rosado y la caña común. La hierba segada en pastizales abandonados también puede ser una fuente permanente de biomasa y puede aportar una relación de sinergia con la gestión de la naturaleza en cuanto a la conservación de la biodiversidad en las áreas agrícolas. En el caso de los cultivos herbáceos de biomasa, la mayor prioridad desde una perspectiva ambiental es la del cáñamo, la semilla de mostaza, la asociación trébol-alfalfa, el lino, el girasol y las alternativas de cereal (salvo el trigo). Sin

embargo, desde una perspectiva económica y también desde la perspectiva de su capacidad de disminución de la emisión de CO<sub>2</sub>, estos cultivos no ofrecen muy buenas prestaciones. Por lo tanto, son preferibles los cultivos de mayor rendimiento e impacto ambiental medio, como la colza, el trigo, el maíz y el sorgo, siempre que se mejoren sus prestaciones ambientales mediante la aplicación de unas prácticas agrícolas innovadoras, como la del doble cultivo, el policultivo y los sistemas de acolchado. En pro de un compromiso entre el medio ambiente y la economía, la elección de una eventual alternativa de cultivos herbáceos en estas zonas hasta 2030 incluye la colza, el girasol, el maíz, el trigo, la asociación de cebada y triticale y el sorgo (este último sólo se cultiva en las zonas lusitana y panónica). Todos estos cultivos deben utilizar, en la medida de lo posible, unas prácticas agrícolas innovadoras y respetuosas con el medio ambiente..

En la *zona boreo-nemoral*, que es la más septentrional, las plantas perennes adecuadas se limitan al alpiste rosado y el sauce SRC, mientras que los cultivos herbáceos más adecuados desde el punto de vista ambiental son el lino y diferentes cereales (salvo el trigo). Los sistemas de doble cultivo no son adecuados para estas zonas debido a la corta duración de la estación de crecimiento. Si además se tienen en cuenta las consideraciones económicas, los cultivos herbáceos de biomasa más adecuados para estas zonas incluyen solamente algunos cereales (avena, cebada, centeno y triticale). En consecuencia, las posibilidades de producción de los cultivos de biomasa en esta zona tan septentrional son muy limitadas. Sin embargo, la gran producción silvícola existente en esta región hace mucho más factible el desarrollo de la bioenergía utilizando la madera y sus subproductos como materia prima, y realizando inversiones adicionales encaminadas a la producción de biomasa, incluyendo las plantaciones SRC de sauce, bien en combinación o no con el tratamiento de aguas residuales.

En las *zonas mediterránea y panónica*, la evaluación ambiental aconseja los cultivos herbáceos con una relativamente pequeña necesidad de agua y una alta eficiencia de su uso (EUA). Entre ellos se incluyen los cereales (excluyendo el trigo), la asociación trébol-alfalfa y el sorgo. Hay también algunas opciones limitadas (aunque en gran medida aún inexploradas) de plantas perennes, como el miscanto, el pasto aguja y la caña común. Sin embargo, no se ha podido tomar una decisión clara sobre una alternativa de cultivos compatibles con el medio ambiente en la zona mediterránea, ni siquiera con la aplicación de prácticas agrícolas innovadoras en los actuales cultivos herbáceos de biomasa. En general, los cultivos herbáceos convencionales necesitan el regadío para conseguir unos rendimientos suficientes, aunque cualquier demanda adicional de agua para el riego aumenta la presión sobre unos recursos hídricos que ya son escasos en el Mediterráneo.



Dos conclusiones principales son de interés para esta región: en primer lugar, una producción de bioenergía compatible con el medio ambiente sólo se puede alcanzar cuando la materia prima de la biomasa de los cultivos se combina con la de algunos subproductos y residuos de los bosques y los montes bajos abandonados. La utilización de los residuos, incluyendo la hierba segada, puede servir de ayuda para evitar los incendios forestales y aumentar la biodiversidad en las tierras abandonadas. En segundo lugar, todavía se requiere una considerable labor de investigación y de experimentación de campo con nuevos cultivos para identificar las mejores alternativas de cultivos de biomasa «compatibles con el medio ambiente» en la zona mediterránea. Ya se han identificado varios cultivos nuevos de interés para la aridez de esta región. Además del miscanto, el pasto aguja y la caña común, cabe incluir el tupinambo o alcachofa de Jerusalén, la *Brassica carinata*, el *Cynara cardunculus* y el nopal. Sin embargo, en Europa se dispone de muy poca experiencia respecto a estos cultivos y su conversión en productos energéticos. Por lo tanto, todavía no puede realizarse una buena evaluación sobre su prestación agroambiental y la capacidad de su rendimiento (ver también CCI y AEMA, 2006).

#### 6) *Desarrollar tecnologías avanzadas para la conversión de biomasa y los procesos bioenergéticos*

Varios factores influyen en el desarrollo de las tecnologías de conversión de biomasa y los procesos bioenergéticos. Primero, los objetivos de la política de la UE sobre producción de biocarburantes a partir de la biomasa es probable que garanticen a corto y medio plazo (hasta 2020) el aprovechamiento de casi todo el potencial de biomasa para la producción de combustibles para el transporte. Durante este período, la biomasa para calor y electricidad puede obtenerse en gran medida de restos forestales y del sector de los residuos, (incluyendo los generados por la agricultura). Segundo, la tecnologías de la gasificación y los biocarburantes de segunda generación pueden llegar a ser de interés a partir de 2010, lo que moderará la demanda de aceite, almidón y azúcar (de cultivos herbáceos) y aumentará la demanda de biomasa lignocelulósica (de plantas perennes). Por lo tanto, es lógico esperar un aumento en el porcentaje del uso de tierras para plantas perennes a partir de 2010. Tercero, se supone que a partir de 2010 el biogás se

implantarán de forma generalizada y se utilizará en los sistemas de cogeneración convencionales. Por esta razón, los cultivos de biogás, incluyendo los de los sistemas de doble cultivo, que utilizan toda la planta como biomasa, alcanzarán una posición más destacada en la alternativa de cultivos óptima.

Las hipótesis sobre la sustitución de las alternativas de cultivo y sobre la tecnología de la conversión de biomasa y los procesos bioenergéticos son bastante ambiciosas. Sin embargo, es probable que este proceso experimente un fuerte impulso gracias a una eficiencia mucho mayor en la tecnología de segunda generación, unida a la necesidad de una acusada disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y el uso del capital invertido en bioenergía para producirla de manera eficiente. Los cálculos del modelo de emisión de los gases de efecto invernadero de los diferentes procesos bioenergéticos y los costes relativos a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> utilizando los diferentes enfoques tecnológicos, demuestran la fuerza de la lógica de la superación de los sistemas de primera generación y el interés por los biocarburantes para el transporte (AEMA, en preparación), que puede ser posteriormente incentivada a causa de la introducción prevista de los derechos negociables de emisión de carbono, lo que afectará también al sector bioenergético.

### 8.3 Ejemplos prácticos de sistemas de cultivo bioenergéticos compatibles con el medio ambiente

En la mayor parte de este informe se describen las premisas de los modelos y los resultados de una hipotética producción de bioenergía compatible con el medio ambiente. En este apartado se describen algunos ejemplos prácticos con enfoques beneficiosos para el medio ambiente, basados en la experiencia práctica o en el conocimiento científico. Se analizan tres enfoques principales para obtener el máximo beneficio ambiental de los cultivos bioenergéticos:

- a) la combinación de la producción de biomasa con el tratamiento de las aguas residuales;
- b) el desarrollo de sinergias entre la conservación de la naturaleza y la utilización de la biomasa herbácea;

#### Recuadro 8.1 Plantaciones de sauces para el tratamiento de aguas residuales<sup>(35)</sup>

Si las plantaciones de cultivos energéticos se ubican, diseñan y gestionan correctamente pueden producir energía renovable y también pueden generar beneficios ambientales locales. Un ejemplo son las plantaciones de sauces que producen en el suelo una acumulación de carbono orgánico, más fertilidad, menos lixiviación de nutrientes, menos erosión y la eliminación de cadmio, etc. Otra posibilidad es utilizar las plantaciones de sauces como filtros verdes vegetales para el tratamiento de las aguas contaminadas y ricas en nutrientes, como las aguas residuales urbanas y las de drenaje agrícola. La eficiencia purificadora de los filtros verdes de sauces se ha demostrado en varios países, como Suecia, Polonia, Dinamarca y Estonia, desde principios de la década de 1990.

<sup>(35)</sup> Información facilitada por Pål Börjesson; Estudios sobre los sistemas ambientales y energéticos, Departamento de Tecnología y Sociedad, Universidad de Lund, Gerdagatan 13, SE-223 62 Lund, Suecia; correo electrónico: Pal.Borjesson@miljo.lth.se.



**Recuadro 8.1 Plantaciones de sauces para el tratamiento de aguas residuales (cont.)**

El contenido medio de nutrientes de las aguas residuales urbanas normalmente se corresponde bastante bien con las necesidades de nutrientes del cultivo de sauce. Un volumen anual de aguas residuales urbanas equivalente a 600 mm, conteniendo unos 100 kg de N, 20 kg de P y 65 kg de K, no sólo aporta el agua necesaria, sino que también satisface las necesidades de N y otros nutrientes principales. Las aguas residuales son bombeadas directamente hacia el filtro verde de sauce o hacia unas balsas de almacenamiento en invierno, para poder reenviar los nutrientes hacia la plantación de sauce. Las raíces absorben entre un 75% y un 95% del nitrógeno (N) y el fósforo (P) de las aguas residuales. La producción de lodos de depuradora también disminuye significativamente hasta en un 80% cuando se utilizan los filtros verdes de sauces.

El déficit hídrico suele ser un factor limitador del crecimiento en el cultivo de sauce, incluso en países que registran importantes precipitaciones a lo largo del año. La variación regional en el rendimiento de biomasa puede ser significativa a causa de las diferencias en la disponibilidad del agua durante el período vegetativo. Por ello, la respuesta del rendimiento de biomasa al riego con aguas residuales es más significativa en las regiones con una precipitación relativamente baja durante el período vegetativo. En Suecia, por ejemplo, el rendimiento de biomasa puede aumentar unas 4 a 8 toneladas anuales de materia seca por hectárea, o entre el 30% y el 100%, en comparación con el rendimiento medio de las plantaciones de sauce de secano bien gestionadas y situadas en suelos de buena calidad.

Los filtros verdes de sauce son interesantes desde el punto de vista económico porque el coste del cultivo de sauce es bajo, y también porque los filtros verdes de sauce constituyen una opción del tratamiento de aguas de coste menor que el tratamiento convencional en depuradora. El coste del tratamiento con filtros verdes puede suponer unos 3 a 6 euros menos por kg de N que el tratamiento en depuradoras convencionales, cuyo coste es normalmente del orden de los 10 euros por kg de N. El coste de cultivo puede disminuir entre unos 1,2 y 1,8 euros por GJ de biomasa, debido a la disminución de los costes de fertilización y al aumento del rendimiento en biomasa. Esta disminución equivale a un 30%-50% del coste del cultivo en las plantaciones convencionales.

A pesar de las distintas ventajas de los filtros vegetales de sauce, existen varios obstáculos potenciales para su implantación a gran escala. Algunos se deben a la falta de conocimiento, por ejemplo en lo que respecta al riesgo de propagación de los patógenos. Otros afectan al reparto de los riesgos y los beneficios entre los agentes implicados. Los defectos de este reparto pueden corregirse mediante un acuerdo entre el operador de la depuradora, el operador de la instalación productora de energía y el productor (agricultor) de sauce, lo cual ya ha ocurrido en algunos casos en Suecia.

Se estima que la biodiversidad aumenta ligeramente en las áreas agrícolas abiertas cuando el sauce sustituye a los cultivos alimentarios anuales. Por ejemplo, la diversidad y la presencia de fauna edáfica aumentan, especialmente las de los saprófitos, al igual que aumenta el número de las especies de aves y los grandes mamíferos. Sin embargo, en áreas más amplias, por ejemplo en las regiones que incluyen diversos tipos de paisaje, es poco probable que la diversidad total varíe mucho, ya que los insectos, los mamíferos y otras especies que habitan en las plantaciones de sauces son normalmente comunes en los biotopos externos a las zonas agrícolas.

**Publicaciones relacionadas:**

Börjesson P, Berndes G. The prospects for willow plantations for wastewater treatment in Sweden. Artículo aceptado para su publicación en la revista *Biomass and Bioenergy*, 2005.

Hasselgren K. Use of municipal waste products in energy forestry — Highlights from 15 years of experience. *Biomass and Bioenergy* 1998; 15: 71-74.

Aronsson P. Nitrogen retention in vegetation filters of short-rotation willow coppice. Tesis doctoral, Departamento de Silvicultura de Ciclo Corto, Universidad de Ciencias Agrarias de Suecia, Uppsala, Suecia, 2000.

- c) los sistemas de cultivo innovadores respecto a la protección de los recursos de suelo y agua en los cultivos bioenergéticos herbáceos.

En el recuadro 8.1 se describe el uso multifuncional de las plantaciones de sauce SRC combinadas con los procesos de tratamiento de aguas residuales. Estas aplicaciones son especialmente adecuadas para los territorios que tienen un buen suministro de agua.

dentro de las zonas nemoral, atlántica norte, atlántica central, continental y alpina sur.

El recuadro 8.2 trata del uso de la hierba segada de los pastizales para la generación de bioenergía. Esta opción es interesante en muchos territorios de Europa donde el abandono del pastizal seminatural acarrea pérdidas en la biodiversidad a causa de la desaparición de las prácticas de gestión extensiva de los pastizales.

Muchos sistemas agrícolas existentes en Europa son bastante intensivos y especializados. En esas regiones agrícolas, la diversidad de cultivos puede aumentar al introducir en la rotación de cultivos uno o más cultivos nuevos de biomasa. Además, los cultivos de bioenergía pueden admitir diferentes prácticas de gestión que pueden, por ejemplo, disminuir los insumos o aumentar la cubierta del suelo para

disminuir los riesgos de erosión. El recuadro 8.3 incluye cuatro ejemplos de sistemas innovadores de cultivo de biomasa. No siempre es posible ponerlos directamente en práctica por el momento, pero pueden servir para resaltar los elementos que deben fomentarse mediante los incentivos legislativos y las investigaciones encaminadas a favorecer los cultivos biomasa «compatibles con el medio ambiente». La

### **Recuadro 8.2 Utilización de la hierba segada de los pastizales permanentes (seminaturales) para la producción de bioenergía**

La mayor parte de los pastizales de Europa dependen de la gestión humana a través del pastoreo o la henificación. Las prácticas agrícolas extensivas crean pastizales (seminaturales) con una especial abundancia de especies (ver también el apartado 2.1). Sin embargo, a menudo no resultan económicamente interesantes en los sistemas agrícolas modernos y por lo tanto son abandonados. El abandono del pastoreo y la siega en estos pastizales no sólo puede disminuir la abundancia de especies, sino que también puede causar el aumento del riesgo de incendio a causa de la acumulación de biomasa seca de gran densidad, y la pérdida del carácter paisajístico a causa de la invasión del matorral. Dado que la extracción de biomasa a través de la intervención humana es un elemento esencial para el mantenimiento de la diversidad de los sistemas de pastizal, la recolección mecánica de la biomasa puede sustituir a las prácticas tradicionales, de manera que la diversidad natural se mantiene al tiempo que se obtiene biomasa para producir calor, electricidad y biocarburantes. El reto es diseñar la producción de biomasa y el proceso en cadena para poder cumplir lo requerido para el mantenimiento de pastizales de alto valor natural, al tiempo que se cumplen también los requisitos de eficiencia económica. Sin embargo, las nuevas tecnologías y los nuevos procesos en cadena para el tratamiento de la biomasa pueden favorecer la recolección de grandes cantidades de biomasa en pastizales con gran riqueza natural, manteniendo al mismo tiempo su diversidad.

Desde una perspectiva de gestión de la naturaleza, los sistemas de producción de biomasa en pastizales de alto valor natural deben evitar que el hábitat resulte perjudicado por el uso de maquinaria pesada, la alteración de determinadas especies (por ejemplo, a causa de la destrucción de nidos de aves), la monotonía forzada de la estructura del pastizal y la eliminación de elementos paisajísticos. La recolección y la gestión de la biomasa debe encajar en los ciclos naturales (es decir, en general debe realizarse a finales del verano y principios del otoño) y debe conservar la concentración original de los nutrientes y el nivel freático.

Desde la perspectiva de una producción de biomasa eficiente, se requiere un bajo contenido de nutrientes y cenizas, la disponibilidad a lo largo del año, la facilidad de almacenamiento de la biomasa (es decir, un bajo contenido de humedad) y un bajo coste del transporte (es decir, una alta densidad del material a granel). El precio a pagar por la biomasa depende de la eficiencia de la extracción, el transporte, el almacenamiento, el pretratamiento y la conversión en productos energéticos de alto valor añadido. Es necesario un considerable esfuerzo de investigación y experimentación práctica para que este proceso sea eficiente y adaptable a las circunstancias locales.

No es fácil cumplir los requisitos citados para que el uso de la biomasa de pastizal sea eficiente pero respetuoso con la naturaleza. Es más fácil su cumplimiento en los pastizales productivos de gran escala. Sin embargo, hay numerosos ejemplos de pastizales complejos con una gran riqueza de especies y una buena productividad, que se han retirado o se van a retirar de la producción por razones económicas o sociales, dentro de los espacios de la red Natura 2000 (por ejemplo, Rösch *et al.*, 2006; IEEP, 2007). Por ejemplo, los cambios estructurales y económicos a gran escala pueden afectar a la producción láctea de los Alpes austriacos, generando un excedente de biomasa herbácea que no puede ser utilizada dentro de la producción agrícola tradicional (Pötsch, 2006).

Ya se han puesto en marcha proyectos de producción de biogás a partir de biomasa herbácea en varias regiones europeas con una escala que resulta económicamente eficiente (por ejemplo, Pötsch, 2006; Erdmanski-Sasse, 2007). Varios proyectos de investigación han analizado las opciones del uso energético de la biomasa herbácea obtenida de pastizales seminaturales. Se trata de combinar el objetivo de gestión de la naturaleza con la utilización de la biomasa para obtener energía a nivel teórico y práctico. Existen muy diversas opciones de utilización de esta biomasa para obtener productos energéticos y de otra índole. Entre ellas hay varias opciones de conversión térmica como la gasificación, la pirólisis, la mejora hidrotérmica (HTU) y la producción de biogás (DVL/NABU, 2007).

Otra opción es la del concepto de biorrefinería, que puede generar varios productos, incluyendo los combustibles para el transporte. En Suiza, los Países Bajos, Alemania y Dinamarca se han desarrollado o se van a desarrollar sistemas de biorrefinería que generan varios productos a partir de la vegetación herbácea y biomasa similar. Algunos productos típicos que se obtienen de la vegetación herbácea son: (1) fibras, que pueden utilizarse para fabricar materiales o para obtener calor y electricidad por conversión térmica; (2) proteínas, de utilización en piensos animales; (3) azúcares, que pueden ser transformados en bioetanol; y (4) concentrados minerales, que pueden utilizarse como fertilizantes.

### Recuadro 8.3. Ejemplos de sistemas innovadores para la producción de biomasa

#### 1) Sistemas de acolchado: sin laboreo o con laboreo mínimo

El factor clave de este sistema es que el laboreo no se utiliza o se reduce al mínimo. El principal resultado de esta práctica es una cobertura total o casi total del suelo durante todo el año. Este tipo de sistema es especialmente adecuado para la producción de biomasa cuando la cantidad de biomasa o el contenido de almidón del cultivo son más importantes que la calidad. Si los cultivos tratan de producir biomasa, especialmente para las aplicaciones de biogás y lignocelulósicas, el principal producto cosechado debe ser la biomasa seca. No importa mucho la composición uniforme de la biomasa porque la «contaminación» del cultivo cosechado con hierbas y matas no constituye problema alguno.

El principal beneficio ambiental en comparación con los sistemas convencionales de producción de los cultivos herbáceos rotativos es que aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y la capacidad de retención de agua, ya que disminuye la erosión del suelo gracias a la cobertura permanente durante todo el año y al limitado uso de la mecanización. Si se utiliza para la producción de biomasa, el consumo de pesticidas y herbicidas también será muy bajo, porque la maleza también es biomasa. Las prácticas de acolchado son especialmente beneficiosas en la producción de maíz y parece que ganan terreno en algunos países.

#### 2) Doble cultivo

En la agricultura, el doble cultivo es la práctica de plantar dos o más cultivos en el mismo espacio durante una sola estación de crecimiento. El doble cultivo se encuentra en muchas tradiciones agrícolas y se ha adaptado a los sistemas agrarios modernos a lo largo de los dos últimos decenios, por ejemplo en Alemania (Scheffer y Karpenstein-Machan, 2002; Heinz, 1999; Karpenstein-Machan, 1997). Este sistema ofrece una serie de beneficios ambientales, como la reducción de la lixiviación de nitratos, la combinación de la producción de grandes cantidades de biomasa con una cubierta herbácea durante todo el año, la limitada utilización de insumos y menos tareas de cultivo. Ambos cultivos se cosechan en verde para ser ensilados y producir biogás. Las características fundamentales de los sistemas de doble cultivo son:

- menos laboreo;
- suelo con cobertura casi todo el año;
- al menos dos cultivos y dos cosechas al año en el mismo campo;
- la cosecha en verde (para su ensilado) disminuye el período de crecimiento de un cultivo y deja tiempo para producir otro cultivo (de biomasa) adicional;
- ciclo cerrado de nutrientes al utilizar los residuos de la fermentación para la producción de bioenergía (fermentación anaeróbica);
- una disminución de la aplicación de herbicidas es posible porque las malas hierbas también pueden utilizarse;
- el doble cultivo puede integrarse en las rotaciones de cultivos herbáceos;
- un efecto positivo para la biodiversidad puede darse gracias a una mayor diversidad estructural en los campos (es decir, la existencia de numerosos cultivos y especies diferentes, como cereales, colza, semilla de amapola, cáñamo, girasol, alfalfa y maíz);
- pueden producirse unos impactos ambientales negativos por el aumento de la intensidad de la mecanización para realizar la doble cosecha anual, lo cual puede tener un efecto negativo en la reproducción de las aves y los insectos (DVL/NABU, 2007) y puede aumentar la compactación del suelo, especialmente tras la cosecha tardía de un segundo cultivo en otoño;
- el mínimo laboreo antes de la siembra del segundo cultivo disminuye la intensidad de la mecanización, pero a veces requiere una aplicación de herbicidas;
- el sistema queda restringido a las regiones donde hay suficiente agua disponible y la estación de crecimiento es suficientemente larga (por ejemplo, las zonas atlántica central, continental, lusitana y algunos lugares concretos dentro de la zona mediterránea de montaña).

En conjunto, hace falta seguir investigando los efectos ambientales y la aplicabilidad práctica de los sistemas de doble cultivo en las distintas regiones de Europa. Esta breve introducción al sistema de doble cultivo ilustra el principio aplicado a los cultivos energéticos y las diferencias que los distinguen de los cultivos herbáceos tradicionales.

#### 3) Policultivo o cultivos asociados

Para aumentar la eficiencia de los sistemas de cultivo de biomasa, varios investigadores están trabajando con sistemas de policultivo en los que conviven dos o tres cultivos al mismo tiempo y en el mismo terreno; uno de ellos es el cultivo principal y los otros son los secundarios. El principal producto de la biomasa de este sistema es el aceite o el almidón.

### Recuadro 8.3 Ejemplos de sistemas innovadores para la producción de biomasa (cont.)

Algunos ejemplos de cultivos asociados son los siguientes:

- centeno de invierno con guisante de invierno o cebada de invierno
- maíz con girasol o sorgo
- nabo francés con guisante o girasol.

Los sistemas de policultivo tienen muchas ventajas:

- la asociación de un mayor número de cultivos aumenta la diversidad de los cultivos y la diversidad estructural, lo cual potencia la biodiversidad en las tierras agrícolas;
- si las asociaciones incluyen leguminosas para la fijación del nitrógeno del aire, se necesita muy poca o ninguna aportación de este fertilizante;
- los cultivos tienen una mayor tolerancia al estrés hídrico y es mayor su garantía de rendimiento (aunque el rendimiento medio de cada cultivo es menor que en los sistemas convencionales);
- se necesitan menos pesticidas y herbicidas porque las plagas ejercen una menor presión (al no ser monocultivo), la cobertura del suelo es mayor y no es necesario que los cultivos alcancen unos niveles de calidad tan altos.

La introducción de los sistemas de policultivo requiere avances técnicos adicionales para facilitar la siembra y la cosecha de los cultivos múltiples asociados.

Paulsen *et al.* (2003 y 2006) obtuvieron buenos resultados con una asociación de cultivos de nabo francés (*Camelina sativa*) como cultivo oleaginoso principal, guisantes y otros cultivos. La investigación del policultivo está bien consolidada en distintos países (Aufhammer, 1999; Weik *et al.*, 2002). No obstante, su aplicación práctica en el campo requiere comprobaciones adicionales.

#### 4) Cultivo en hileras, franjas o calles

En este sistema, los cultivos permanentes de biomasa (SRC o matas altas) se plantan en los paisajes agrícolas en franjas lineales, por ejemplo, alrededor de los campos y a lo largo de ríos y acequias. Estos cultivos producen un material lignocelulósico para diferentes usos bioenergéticos (por ejemplo, la gasificación, la bioelectricidad o los biocarburantes Fischer-Tropsch). El principal beneficio ambiental de estas franjas es el aumento de la diversidad paisajística, lo que potencia la biodiversidad en las zonas agrícolas, ayuda a prevenir la erosión (eólica) y disminuye la lixiviación de nitratos por las aguas superficiales. La prevención de la erosión eólica también puede favorecer el aumento del rendimiento de los cultivos. Se ha realizado un estudio de estos sistemas por el proyecto Agroscope (SAFE) de la Estación Federal de Investigación de Suiza para la Agroecología y la Agricultura. Una aplicación específica de este sistema, recomendada para el Mediterráneo, es la creación de franjas de encina.

Más información en la dirección de Internet <http://www.montpellier.inra.fr/safe/>.

#### Bibliografía:

Paulsen, H. M.; Schochow, M.; Ulber, B.; Kühne, S. & Rahmann G. (2006): Mixed cropping systems for biological control of weeds and pests in organic oilseed crops. En: Atkinson, Ch. & D. Younie (Eds.): What will organic farming deliver? Universidad Heriott-Watt, Edinburgo, Reino Unido, Aspects of Applied Biology 79, pp. 2150220.

Paulsen, H. M.; Dahlmann, C. & Pscheidl M. (2003): Anbau von Ölpflanzen im Mischbau mit anderen Kulturen im ökologischen Landbau. In: Freyer, Bernhard, (Hrsg.) Ökologischer Landbau der Zukunft—Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Seite(n) 49–52.

Aufhammer, W., 1999: Mischbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ein Beitrag zur Nutzung von Biodiversität im Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart.

Rauber, R., 2001: Pflanzenbauliche Optimierung von Gemengen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 26–27. Weik, L.; Kaul, H.-P.; Kübler, E. & Aufhammer W. (2002): Grain Yields of Perennial Grain Crops in Pure and Mixed Stands. Journal of Agronomy and Crop Science, Vol. 188, 342–349.

implementación práctica de los sistemas de producción de biomasa con cultivos herbáceos respetuosos con el medio ambiente es ya objeto de estudio de varios proyectos y organizaciones. Entre los ejemplos cabe

citar el proyecto EVA <http://www.energiepflanzen.info/cms35/EVA.1594.0.html> y la Red de Bioenergía del Mar del Norte: [http://www.3-n.info/index.php?con\\_kat=81&con\\_art=430&con\\_lang=1](http://www.3-n.info/index.php?con_kat=81&con_art=430&con_lang=1).

## 9 Análisis del marco político y perspectivas

### 9.1 Introducción

En este informe se ha formulado un escenario compatible con el medio ambiente para la producción de bioenergía a partir de biomasa agrícola en la UE25. Esto demuestra que el sector agrícola puede realizar una contribución importante para alcanzar los objetivos de energía renovable de la UE sin comprometer los objetivos ambientales, por ejemplo en materia de biodiversidad<sup>(36)</sup>. No obstante, una conclusión esencial del estudio es que un uso de biomasa incluso significativamente por debajo de este potencial no implica necesariamente que sea compatible con el medio ambiente. Si no se establecen los incentivos y medios de control adecuados, las presiones ambientales podrían aumentar aunque la explotación de los recursos biomásicos fuera notablemente inferior. De hecho, es improbable que se cumplan las condiciones ambientales básicas establecidas en el informe si no se realiza un esfuerzo considerable en el ámbito de la investigación bioenergética y de la política agrícola y energética de ámbito nacional y comunitario, y si no hay una respuesta positiva de los productores y consumidores de energía.

Estudios recientes y un seminario organizado por la Agencia Federal de Medio Ambiente de Alemania han puesto de relieve que existe considerable preocupación por las implicaciones que pueda tener la producción bioenergética (incluido el biogás) para la protección de las aguas. Esta preocupación tiene que ver con la transformación de pastizales o tierras retiradas de la agricultura en cultivos herbáceos biomásicos, con la posible aplicación inadecuada del digestato de biogás en la tierra de cultivo y con los efectos ambientales indirectos que tenga la intensificación del uso del suelo cultivable y de pastizal (Osterburg y Nitsch, 2007)<sup>(37)</sup>.

En este capítulo se realiza una breve evaluación de políticas que podrían adoptarse dentro y fuera del sector bioenergético y que son relevantes para cumplir las limitaciones ambientales establecidas en el capítulo 2. Las políticas útiles para cumplir las tres primeras condiciones básicas se tratan en el apartado 9.2. En el apartado siguiente se analizan medidas tecnológicas y de política que podrían favorecer la orientación de la producción agrícola bioenergética hacia la

compatibilidad con el medio ambiente. Además, en el apartado 9.4 se analiza la necesidad de continuar las investigaciones sobre las materias objeto del presente estudio y se ponen de manifiesto algunas cuestiones que requieren la atención de los científicos y los responsables políticos.

### 9.2 Posibles medidas políticas para preservar la agricultura orientada ambientalmente

Tres condiciones básicas del escenario compatible con el medio ambiente formulado en este informe afectan principalmente a la producción agrícola en general:

- el mantenimiento o expansión de los sistemas de agricultura orientada ambientalmente hasta el 30% (o el 20%) de la SAU por Estado miembro (agricultura AVN y agricultura ecológica);
- la prohibición de transformar los pastizales permanentes, olivares y dehesas/montados en cultivos herbáceos; y
- la retirada de un 3% de las tierras de cultivo de explotación intensiva en concepto de «zonas de compensación ecológica».

Para que estas limitaciones ambientales sean realidad, se pueden adoptar una serie de medidas de política y de mercado que no es posible analizar aquí con detalle, pero que se basan principalmente en tres planteamientos<sup>(38)</sup>:

- a) la introducción de una normativa ambiental mínima de obligado cumplimiento para los agricultores;
- b) la petición de ayudas selectivas para una determinada gestión ambiental por parte de los agricultores; y
- c) el incremento del valor añadido o el alza de los precios de mercado de los productos agrícolas obtenidos con sistemas de explotación respetuosos con el medio ambiente.

Un ejemplo muy claro del planteamiento a) es el instrumento regulador de la condicionalidad (Reglamento 1782/2003), que adquirió carácter

<sup>(36)</sup> Los objetivos relevantes se pueden consultar en la Estrategia comunitaria sobre la biodiversidad (COM (1998)42), el Plan de acción sobre la biodiversidad (PAB) en la agricultura (COM (2001)162 (03) y el Plan de acción de la Unión Europea para frenar la pérdida de biodiversidad (COM (2006)216).

<sup>(37)</sup> Más información y presentaciones del seminario sobre «Utilización de la biomasa para producir energía: ¿nuevos problemas para la protección del agua?» en la siguiente dirección de Internet (en alemán): <http://www.umweltbundesamt.de/wasser-und-gewaesserschutz/index.htm>.

<sup>(38)</sup> Un cuarto planteamiento se basa en la introducción de instrumentos de mercado para reflejar mejor los costes ambientales en el precio de los productos. Aunque favorecidos por la teoría económica, estos instrumentos apenas se utilizan actualmente en la agricultura, ni en el ámbito de la UE ni en los Estados miembros.



obligatorio con la reforma de la PAC de 2003. La PAC incluye ya una norma que limita la pérdida de pastos permanentes (hasta un máximo del 10%) y exige una mínima gestión del suelo agrícola. Al igual que con la política actual de retirada de tierras, sería posible exigir un porcentaje mínimo de «zonas de compensación ecológica» para algunos o todos los tipos de explotaciones agrícolas. En segundo lugar, también cabría imaginar la traducción del concepto de Zonas Vulnerables a los Nitratos a zonas con una elevada proporción de suelo agrícola de AVN. Este planteamiento podría fijar límites al uso de determinados cultivos intensivos (posiblemente para usos biomásicos) e insumos como determinados productos agroquímicos o el digestato de biogás. En las Zonas Vulnerables a Nitratos, estos límites ya se aplican a los fertilizantes nitrogenados y a la gestión del estiércol. Sin embargo, esta clase de medidas no hacen otra cosa que mantener el *status quo* y no favorecen una mejora o gestión activa. Además, suelen ser difíciles de llevar a cabo, especialmente cuando la norma en cuestión no lleva aparejados incentivos económicos importantes.

El planteamiento b) es el concepto que justifica muchas de las medidas de desarrollo rural que se han adoptado de acuerdo con el segundo pilar de la Política Agrícola Común (PAC) de la Unión Europea. Las medidas relevantes con objetivos ambientales son programas agroambientales, ayudas para zonas desfavorecidas, subvenciones para aplicar limitaciones ambientales en áreas designadas como parte de la red Natura 2000, o ayudas a la inversión ambiental en las explotaciones agrícolas. En este estudio no es posible analizar el potencial y la eficacia de cada medida; este análisis se ha realizado en AEMA (2006a) o IEEP, 2007 (*Institute for European Environmental Policy*). Un reto fundamental para este tipo de planteamiento es garantizar que las medidas concretas se dirijan efectivamente a las áreas o sistemas agrícolas relevantes.

La agricultura ecológica es un ejemplo fundamental del planteamiento c), ya que los agricultores ecológicos ven compensado el menor rendimiento que obtienen con la gestión ambiental de sus explotaciones por los precios más altos que se pagan en el mercado por sus productos. Sin embargo, los beneficios ambientales asociados a los sistemas agrícolas de alto valor natural tienden a no remunerarse en el mercado, si este tipo de explotaciones no participan en programas específicos de marketing de calidad (como los sellos de calidad regionales, o de hecho la agricultura ecológica). En consecuencia, las ayudas para que los productos de los sistemas agrícolas de AVN adquieran valor añadido podrían ser una herramienta útil, por ejemplo, a través de medidas de diversificación o marketing en los

programas comunitarios de desarrollo rural. Por último, el éxito de un enfoque de mercado depende en gran medida del interés del consumidor. En consecuencia, sería necesario sensibilizar al público sobre los efectos beneficiosos de la agricultura orientada ambientalmente.

Una importante medida transversal que favorece a los tres planteamientos es impartir formación y prestar asesoramiento adecuados a los agricultores, a fin de capacitarles para mejorar la calidad ambiental de su explotación<sup>(39)</sup>.

En conjunto se ha avanzado mucho en la UE en el desarrollo de instrumentos reguladores que puedan cumplir los objetivos ambientales anteriormente señalados en este informe. Sin embargo, el grado de aplicación de la política agroambiental varía mucho según el Estado miembro y actualmente no está claro, por ejemplo, en qué medida estos instrumentos benefician realmente a la agricultura ecológica y a la agricultura de alto valor natural (AEMA, 2006a).

Un componente fundamental de una política efectiva es que se disponga de información territorial y ambiental adecuada, que pueda utilizarse para adaptar y orientar los instrumentos legislativos hacia los sistemas y áreas agrícolas de mayor interés ambiental. En el ámbito de la UE, el Centro Conjunto de Investigación (CCI, *Joint Research Centre*) y la AEMA están realizando estudios relevantes para mejorar aún más la metodología de cartografía de las zonas agrícolas AVN (más información en la dirección de Internet <http://eea.eionet.europa.eu/Public/irc/envirowindows/hnv/information>).

Además, la DG Agricultura ha publicado un estudio sobre el indicador de sistemas agrícolas y selvícolas de AVN en el marco común de seguimiento y evaluación<sup>(40)</sup>. Esto ayudará a los Estados miembros a detectar y controlar las tendencias de los sistemas agrícolas AVN, lo que les permitirá evaluar la repercusión de los programas de desarrollo rural sobre estos sistemas. Este tipo de información detallada será un paso adelante importante en la formulación de políticas apropiadas.

### 9.3 Favorecer prácticas de cultivo bioenergético compatibles con el medio ambiente

El modelo de potencial bioenergético compatible con el medio ambiente establecido en este informe depende no sólo de evidentes limitaciones ambientales para el uso general del suelo agrícola, sino también de la rápida introducción de tecnologías avanzadas, de combinaciones específicas de cultivos bioenergéticos

<sup>(39)</sup> Por ejemplo, la AEMA, llevó a cabo el estudio CIFAS en nombre de la Comisión Europea para contribuir a desarrollar sistemas de asesoramiento para favorecer la gestión ambiental de las explotaciones agrícolas en el contexto de la ecocondicionalidad. Más información en la web del proyecto: <http://ew.eea.europa.eu/cifas>.

<sup>(40)</sup> El informe está publicado en la dirección de Internet [http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/evaluation/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/evaluation/index_en.htm).

**Tabla 9.1 Posibles medidas políticas para influir en el efecto ambiental del cultivo bioenergético**

Medida	Ventajas	Desventajas	Preguntas relativas a la aplicación
1) Certificación medioambiental de la producción bioenergética	<p>Crea incentivos para modificar conductas</p> <p>Fomenta un aprovechamiento óptimo de los recursos</p>	<p>Puede no ser fácil de establecer</p> <p>Puede ser difícil definir criterios</p> <p>No comprende los cambios indirectos de uso del suelo</p>	<p>¿Voluntaria u obligatoria?</p> <p>¿Cuáles son las normas y las bases de referencia ambientales precisas?</p> <p>¿Son sólo medidas de ahorro de insumos y recursos o también podrían prescribir combinaciones de cultivos?</p> <p>¿Quién organiza y paga los controles?</p>
2) Normas de condicionalidad para cultivos bioenergéticos	<p>Utiliza un instrumento ya existente</p> <p>Podría aplicarse a los agricultores de forma generalizada</p> <p>Ya tiene un ámbito de aplicación ambiental</p>	<p>Sólo aplica normas mínimas</p> <p>Eficacia incierta si no existe relación con incentivos económicos</p>	<p>Es necesario adaptar la legislación vigente y aprobar normas.</p> <p>¿Podría vincularse a aranceles de conexión a la red energética?</p> <p>¿Sólo comprende la utilización de insumos, etc. o podrían también proscribir determinadas rotaciones de cultivos?</p> <p>¿Cuál es la interacción con la legislación nacional que define la capacidad de almacenamiento de estiércol, etc.?</p>
3) Normas específicas de una zona, que p. ej. limitan el uso de determinados cultivos en determinadas superficies o establecen una cuota mínima para zonas de compensación ecológica.	<p>Potencialmente un instrumento muy directo y vigoroso</p> <p>Protege zonas de gran interés ambiental</p> <p>Puede introducir elementos ambientales en paisajes de agricultura intensiva</p>	<p>Muy probablemente difícil de llevar adelante sin compensación</p> <p>Es previsible que encuentre resistencia política</p> <p>No es muy flexible y es «injusto» para algunos agricultores en las zonas afectadas</p>	<p>¿Es apropiada una prohibición global de ciertos cultivos (en zonas específicas)?</p> <p>¿Cómo identificar los cultivos y delimitar las zonas?</p> <p>¿Uso de Natura 2000 y/o zonas agrícolas de AVN?</p>
4) Proyectos de asesoramiento y demostración ambiental para las explotaciones agrícolas	<p>Aumenta la concienciación y buena disposición de los agricultores</p> <p>Debería mejorar la eficiencia de gestión de los insumos</p> <p>Puede promover cambios de comportamiento de los agricultores a largo plazo</p>	<p>Su efecto depende en gran medida de la aceptación que suscite entre los agricultores</p> <p>No se garantiza la realización de las actividades de asesoramiento o demostración</p>	<p>¿Tenemos los conocimientos suficientes para gestionar los cultivos energéticos desde un punto de vista ambiental?</p> <p>¿Cómo podemos garantizar una capacidad de asesoramiento y una difusión suficientes?</p> <p>¿Quién y cómo lleva a cabo los proyectos de demostración?</p>
5) Favorecer determinadas combinaciones de cultivos con ayudas específicas	<p>Permite cierta flexibilidad a los agricultores</p> <p>Podría tener efectos de gran alcance</p>	<p>Difícil imaginar cómo favorecer determinadas combinaciones de cultivos, parece bastante complejo</p> <p>Los efectos pueden ser sólo indirectos</p>	<p>¿Qué sucede si los cultivos objetivo pasan a ser los dominantes?</p> <p>¿Uso de un pago a tanto alzado para niveles altos de diversidad de cultivos?</p>
6) Apoyo a la inversión o créditos de carbono para sistemas de conversión específicos	<p>Pueden fomentar enfoques innovadores y eficientes</p> <p>Pueden ser rentables si se limitan a la fase inicial</p>	<p>Beneficios ambientales no garantizados si no se vigila de cerca</p> <p>Implantación generalizada no automática a nivel de explotación</p>	<p>¿Podría favorecer a los pastizales seminaturales a través de las nuevas tecnologías?</p> <p>¿Cómo establecer las normas que sirvan de base a estos sistemas? ¿Enfoque sobre la gestión de la biodiversidad, el balance de gases de efecto invernadero u otros factores?</p>
7) Medidas de desarrollo rural para redes locales de «cultivos para la energía»; inclusión de los programas LEADER	<p>Garantizaría el abastecimiento local</p> <p>Podría beneficiar a los sistemas bioenergéticos de calor y electricidad</p> <p>Aumenta la comprensión entre gran variedad de agentes sociales a nivel local</p>	<p>La política de desarrollo rural ya está sujeta a muchas exigencias</p> <p>Puede ser un instrumento complejo de utilizar</p> <p>Su impacto depende las solicitudes de los receptores potenciales</p>	<p>¿Cuáles serían las medidas adecuadas?</p> <p>¿Se deben introducir medidas adicionales en los programas de desarrollo rural?</p> <p>¿Cómo abordar el aspecto integrado de sistemas tan locales?</p>
8) Planificación regional/análisis DAFO/ programas de medidas con arreglo a la Directiva marco sobre el agua (DMA)	<p>Debe promover un planteamiento integral</p> <p>Compromete a las partes interesadas (locales)</p> <p>Ayuda a evaluar los efectos colaterales no intencionados, p. ej., para el valor turístico de determinados paisajes</p>	<p>Planteamiento de medio a largo plazo</p> <p>Aplicación incierta</p> <p>Depende de otros instrumentos para la aplicación de las decisiones</p>	<p>¿Qué procesos estratégicos existentes deberían abordar la planificación estratégica de los cultivos energéticos?</p> <p>¿Existe un interés/conocimiento suficiente en el ámbito local?</p> <p>¿Cómo se puede combinar con medidas de ayuda complementarias?</p> <p>¿Cuáles son los recursos y opciones legales de aplicación de los programas de medidas con arreglo a la DMA?</p>
9) Seguimiento y evaluación	<p>Aumenta el conocimiento sobre los efectos ambientales de los cultivos bioenergéticos</p> <p>Clave para mejorar la (planificación) política</p>	<p>Impacto potencial sólo a largo plazo</p> <p>«saber» no es lo mismo que «actuar»</p> <p>Renuencia a gastar dinero en este tema</p>	<p>¿Cómo diseñarlas de forma adecuada?</p> <p>¿Recursos presupuestarios?</p> <p>¿Cómo integrarlas en las decisiones políticas?</p>

y de procesos bioenergéticos eficientes. En este apartado se analizan posibles instrumentos de política y opciones de aplicación para promover un enfoque de la producción agrícola bioenergética compatible con el medio ambiente, y se proponen orientaciones prácticas para conseguir una producción de cultivos de biomasa respetuosa con el medio ambiente. Las propuestas aquí presentadas deberán considerarse únicamente como un punto de partida. Es necesario seguir trabajando en este ámbito, en especial respecto a la formulación de normas y políticas nacionales o regionales.

La tabla 9.1 recoge una serie de políticas que podrían adoptarse para minimizar o mejorar el efecto ambiental del cultivo bioenergético. Muchas de ellas son bastante ambiciosas, mientras otras son más conservadoras; todas parten de la base de instrumentos de regulación ya existentes. Su aplicación requiere un importante esfuerzo regulador, desde el nivel comunitario hasta el regional. Por lo tanto, la tabla contiene columnas adicionales, con observaciones sobre ventajas, desventajas y preguntas de aplicación sobre cada

medida. No se profundiza más, ya que estas propuestas sólo tienen carácter exploratorio. Sin embargo, las cuatro primeras medidas posibles son especialmente adecuadas como refuerzo o apoyo de las normas

generales de gestión ambiental. Las medidas 5, 6 y 7 son las que tienen el mayor potencial para facilitar sistemas de cultivo específicos o tecnologías de conversión, como por ejemplo, el uso de pastizales para la producción de energía. Las medidas 8 y 9 son herramientas importantes para la planificación y mejora de las políticas, desde la escala regional hasta la europea.

Entre las medidas propuestas, la formulación y aplicación de un sistema de certificación ambiental para la producción bioenergética ya está en marcha en el ámbito de la UE. En el recuadro 9.1 se resumen los aspectos positivos y negativos de las prácticas de cultivo y uso del suelo destinadas a la producción bioenergética y que parecen relevantes para un sistema de este tipo. No se pueden considerar propuestas de normas concretas, porque para ello sería necesario profundizar más, pero sí pueden ser útiles como puntos de control en la formulación de normas de certificación.

Para elaborar un sistema de este tipo sería necesario contar con directrices comunitarias. Lo ideal sería que participasen las autoridades nacionales y regionales, las partes interesadas en los aspectos agrícolas y ambientales y las empresas productoras de energía y grupos de consumidores, que tendrían una influencia importante en su aplicación práctica.

#### **Recuadro 9.1 Uso del suelo y prácticas de cultivo de relevancia potencial para la certificación de sistemas de cultivo energético**

##### **Impactos negativos potenciales:**

- Evitar la transformación de tierras de cultivo de baja intensidad en cultivos de biomasa (por ejemplo, pastizales permanentes y seminaturales, dehesas/montados, olivares extensivos, etc.) si ello requiere labrar y/o drenar esas tierras. Sin embargo, la siega de pastizales o la utilización de los restos de la poda tradicional de árboles como biomasa sí sería una opción para estos sistemas de uso del suelo.
- No introducir más cultivos intensivos en la rotación: por ejemplo, se prefieren los cultivos permanentes de biomasa (como el sauce SRC y las matas altas) a los cultivos herbáceos.
- No introducir cultivos biomásicos si ello requiere un incremento relativo (en comparación con la situación actual) de los regadíos, del consumo de pesticidas y fertilizantes y de la mecanización.
- Evitar cambios en la estructura del paisaje, como la eliminación de setos o lindes entre los campos al introducir cultivos biomásicos.

##### **Impactos positivos potenciales:**

- Intentar introducir una combinación de cultivos de biomasa a fin de mantener y/o aumentar la diversidad paisajística y evitar forzar más la rotación de cultivos.
- Intentar introducir prácticas agrícolas innovadoras de baja utilización de insumos y alto rendimiento, como los sistemas de acolchado del suelo, el doble cultivo, el policultivo o el cultivo en franjas.
- Intentar reducir la intensidad de mecanización, por ejemplo con técnicas de menor laboreo y arado.
- Elegir cultivos de alto rendimiento y resistencia a la sequía para zonas áridas que se adecúen a los sistemas agrícolas existentes.
- Estudiar soluciones de cultivo de biomasa que resulten ventajosas para todas las partes, de manera que se produzca biomasa mientras se potencia la biodiversidad de las tierras de cultivo, se hace extensivo el uso del suelo y se evitan problemas ambientales (por ejemplo, la erosión del suelo y el riesgo de incendio). Esto puede afectar a suelo actualmente improductivo si el uso de biomasa favorece la gestión de los hábitats y evita impactos negativos.

## 9.4 Conclusión y perspectivas

Aumentar la cuota de las fuentes de energía renovables, incluida la producción de bioenergía en la agricultura, es un importante objetivo político de la Unión Europea. Dadas las presiones ambientales que ejerce la producción agrícola actual, en el desarrollo de sistemas de cultivo y procesos para la producción de bioenergía hay que tener en cuenta los riesgos asociados con la producción bioenergética a gran escala. Esta consideración también se reconoce en el informe de la Comisión Europea sobre los biocarburantes (SEC(2006) 1721), donde se dice lo siguiente:

*Es posible potenciar en mayor medida las ventajas de la política sobre biocarburantes respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar los riesgos ambientales mediante la aplicación de un sencillo mecanismo de incentiviación o ayuda que, por ejemplo, disuada de la transformación de terrenos con un elevado valor en términos de biodiversidad para el cultivo de materias primas destinadas a la fabricación de biocarburantes o de la utilización de métodos perjudiciales de producción de biocarburantes, y fomente la aplicación de sistemas de producción de segunda generación. Dicho mecanismo debe orientarse a evitar cualquier discriminación entre la producción interior y las importaciones y no debe suponer un obstáculo al comercio. El impacto de dicho mecanismo deberá someterse a evaluación y su aplicación deberá ser objeto de seguimiento a fin de poder perfeccionarlo en el futuro.*

En este estudio se han intentado establecer condiciones y planteamientos que sirvan de base para lograr una producción agrícola bioenergética compatible con el medio ambiente. El marco de evaluación conceptual resultante se describe en la figura 9.1.

La producción energética a partir de biomasa agrícola tiene implicaciones para alcanzar objetivos políticos en

tres ámbitos diferentes: la energía, la agricultura y el medio ambiente. Afecta a la política energética porque contribuye a incrementar la cuota de renovables en el consumo total de energía, lo cual supone una mejora general de la seguridad del suministro. Además, la producción de energía a partir de biomasa puede favorecer la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero durante todo el ciclo de vida de los distintos procesos de producción energética.

La bioenergía es relevante para la política agrícola porque:

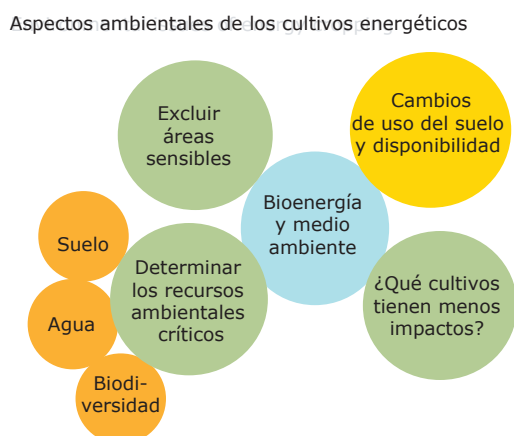
- los cultivos energéticos pueden ser una nueva fuente de ingresos para los agricultores;
- la PAC reformada aspira a conseguir una agricultura diversificada y respetuosa con el medio ambiente;
- la probabilidad de que compitan los usos alimentarios y energéticos de la producción agrícola puede elevar el precio de los alimentos para los consumidores.

Por último, la producción bioenergética también afecta en gran medida a la política ambiental, debido a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a su influencia sobre la forma e intensidad de los principales usos del suelo en Europa (agricultura y silvicultura). Cualquier cambio en el uso del suelo tiene un gran impacto sobre los recursos de agua y suelo, así como sobre la biodiversidad y los paisajes.

El hecho de que la producción bioenergética influya en tres políticas diferentes obliga a analizar posibles conflictos y sinergias entre distintos objetivos políticos que resulten afectados por la agricultura bioenergética a gran escala. Algunos de los diferentes objetivos políticos pueden conciliarse, mientras que para otros es necesario aceptar compromisos y prioridades. La forma y la escala del sector bioenergético serán factores de crucial influencia para el potencial de integración de las tres políticas mencionadas. Por otra parte, a la hora de formular dichas políticas en sus ámbitos respectivos debe también tenerse en cuenta la necesidad de encontrar sinergias entre diferentes políticas de la UE, orientando así el desarrollo de la producción bioenergética hacia una perspectiva ambiental.

Este informe analiza los riesgos y sinergias potenciales entre la producción de biomasa y los objetivos ambientales relacionados con el uso agrícola del suelo. También examina posibles políticas y sistemas de cultivo energético que puedan favorecer un futuro compatible con el medio ambiente para la producción bioenergética del sector agrícola. Sin embargo, el análisis exhaustivo de las políticas relevantes y su aplicación está fuera del alcance y del cometido de este estudio. Serán precisos nuevos estudios sobre varios

**Figura 9.1 Marco de evaluación ambiental para estimar el potencial bioenergético compatible con el medio ambiente**





aspectos, que determinarán el impacto ambiental de la producción bioenergética en Europa y en otros lugares. Algunas de estas cuestiones se tratan brevemente a continuación.

#### **9.4.1 Modelización del potencial de suelo agrícola considerando las limitaciones ambientales**

Las estimaciones de suelo disponible para los cultivos bioenergéticos podrían mejorarse utilizando escenarios y modelos adicionales. Podrían utilizarse diferentes escenarios CAPSIM mejorados, y adaptar los escenarios y modelos HEKTOR a todos los Estados miembros de la UE. Además, podría estudiarse en profundidad el papel que desempeña la transformación de suelo para usos no agrícolas, incluida la urbanización y el desarrollo de infraestructuras, como factor de reducción del potencial energético. Un requisito fundamental en futuros planteamientos es que la modelización sea más explícita desde el punto de vista territorial.

También puede ser conveniente una diferenciación adicional de las limitaciones ambientales empleadas en este estudio. Parte de los pastizales permanentes liberados/disponibles podrían utilizarse para producir cultivos especializados de biomasa (permanentes). ¿En qué afecta al balance de gases de efecto invernadero de estas transformaciones, dada la gran cantidad de carbono que se pierde cuando se labran los pastizales? Si se mantiene en pastizal, ¿cuánta biomasa podría extraerse del mismo sin dañar la calidad ecológica de estos hábitats? ¿Cuál es el potencial de biomasa leñosa de otras categorías de uso extensivo del suelo, como las dehesas/montados?

Por último, gran cantidad de suelo (pastizales extensivos y suelo anteriormente cultivable) se abandona y deja de incorporarse a las estadísticas agrícolas. Esto se aplica especialmente a los nuevos Estados miembros. Es necesario formular criterios prácticos para estimar la localización, extensión y calidad de este suelo, en términos de idoneidad para la producción de biomasa y sensibilidad ambiental, en los Estados miembros correspondientes. En este contexto, las tierras en barbecho han de tomarse en consideración por separado, sobre todo en la Península Ibérica, ya que se sabe que la duración y el tipo de barbecho es de gran importancia para la biodiversidad de las zonas agrícolas.

#### **9.4.2 Desarrollo de sistemas de cultivo energético óptimos desde la perspectiva ambiental**

La priorización de cultivos que se ha realizado en este estudio para determinar la alternativa de cultivos compatible con el medio ambiente en cada zona medioambiental, debe considerarse una primera aproximación. No cabe duda de que este planteamiento puede mejorarse incorporando más conocimientos expertos y experiencia de campo y teniendo en cuenta las circunstancias locales concretas.

También es necesario investigar prácticas agrícolas alternativas, nuevas combinaciones de cultivos y sistemas agrícolas que incorporen la producción alimentaria/forrajera y de biomasa en una rotación. Las prácticas de doble cultivo y policultivo son tan sólo una nueva posibilidad. Aunque son prometedoras, todavía requieren mucho más trabajo de investigación práctica, con pruebas de campo en diferentes lugares de Europa. Estas investigaciones deberán tener en cuenta los rendimientos energéticos, las consideraciones ambientales y el posible efecto del futuro cambio climático.

En Europa meridional hacen falta estudios para determinar nuevas combinaciones de cultivos y prácticas de cultivo de biomasa, en especial para regiones áridas. Hasta la fecha, las opciones de cultivo adecuadas parecen ser limitadas en estas regiones. Los cultivos herbáceos de biomasa pueden incrementar las extracciones de agua, lo cual resulta desaconsejable en regiones donde el agua es ya la principal limitación agronómica. La mayoría de los actuales cultivos permanentes de biomasa no son adecuados para la producción de biomasa en veranos especialmente áridos, y pueden acarrear un cierto incremento del riesgo de incendio.

#### **9.4.3 Optimización de los procesos de conversión de biomasa**

Una evaluación ambiental holística de los sistemas de cultivo energético no sólo debe incluir los impactos ambientales de las prácticas agrícolas, sino que debe incorporar además la cadena de conversión de bioenergía y sus emisiones de gases de efecto invernadero y eficiencia energética. Dos criterios fundamentales que es preciso incorporar en el proceso de decisión de cada cultivo energético son que tenga un balance eficiente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que se creen vías óptimas de reciclado en todos los eslabones de la cadena. Es necesario seguir investigando posibles vías de reciclado en los procesos de conversión completa de la biomasa en energía, que pueden utilizarse para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de biomasa.

A modo de ejemplo, se pueden utilizar las cenizas que quedan en las instalaciones de transformación como abono para mantener la fertilidad del suelo, o se pueden utilizar los subproductos de las fábricas de bioetanol (granos de destilería desecados o DDG) como piensos para animales.

#### **9.4.4 La dimensión global**

Los potenciales de biomasa sostenibles de Europa han de situarse en el contexto global, incluyendo los mercados agrícolas y energéticos. Las importaciones de biomasa y bioenergía desde fuera de la UE ya son una realidad. Varios estudios muestran una



extrema diversidad de potenciales bioenergéticos globales de entre 10.000 y 160.000 PJ/año (Thrán *et al.*, 2006; VIEWLS, 2004; Yamamoto, 2001; Fischer y Schrattenholzer, 2000; Hoogwijk, 2003; G. Berndes *et al.*, 2003). En la mayoría de estos estudios, el potencial de África y Sudamérica es mucho mayor que su propia demanda energética primaria actual. Dicho esto, es evidente que los criterios ambientales de la biomasa no sólo se aplican a la materia prima producida en la UE, sino también a los productos de biomasa y bioenergéticos importados. La explotación agrícola de suelo (virgen), la tala de bosques (tropicales), los posibles monocultivos, los efectos de los pesticidas y los fertilizantes, los efectos paliativos (las evaluaciones del ciclo de vida) y los efectos sobre el empleo local, son todos ellos aspectos que es necesario analizar de forma crítica en relación con la energía de producción propia y la biomasa/bioenergía importada. En el contexto internacional también sería importante investigar los sistemas de cultivo y los procesos bioenergéticos que combinan el uso del suelo ecológicamente sostenible con grandes reducciones de las emisiones de GEI y rendimientos energéticos (véase por ejemplo Tilman *et al.*, 2006).

Además, la producción bioenergética no sólo produce impactos directamente a través de los cultivos energéticos, sino también por la competencia directa e indirecta con la producción alimentaria y forrajera (por ejemplo, von Lampe, 2006; OCDE/FAO, 2007). Por consiguiente, la evaluación de sostenibilidad de los procesos bioenergéticos debe incorporar también el análisis de la influencia de la oferta y la demanda de biomasa sobre los mercados agrícolas mundiales y las tendencias de uso del suelo (por ejemplo, Bringezu *et al.*, 2007). Para ello sería necesario adoptar un enfoque intersectorial en el que se combinaran los mercados alimentarios, forrajeros y bioenergéticos y que tuviera en cuenta la influencia del alza de los precios energéticos y los derechos de emisión de CO<sub>2</sub>.

### 9.4.5 Creación de un marco regulador efectivo

La cita del informe comunitario sobre los biocarburantes que se reproduce al principio de este apartado demuestra que los responsables políticos son

conscientes de la necesidad de orientar el desarrollo de la producción bioenergética hacia una perspectiva compatible con el medio ambiente. En la UE son varias las medidas que tienen esta finalidad (ver también el apartado 9.2). Casi todos los instrumentos reguladores potenciales que recoge la tabla 9.1 se basan en ejemplos de otros ámbitos de la acción política, en particular la política agroambiental y de desarrollo rural de la UE. Por lo tanto, vale la pena analizar la experiencia adquirida con instrumentos similares en estos dos ámbitos de regulación a fin de conocer mejor qué probabilidad de éxito tienen y qué recursos necesitan las distintas opciones políticas en el ámbito de la bioenergía. Esto podría ayudar a orientar la actuación política y la aplicación de medidas que puedan resultar eficaces para resolver los problemas que están en su origen.

El diseño y aplicación de sistemas de certificación ambiental para la producción bioenergética suscita actualmente un interés político considerable. Los sistemas de certificación parecen especialmente importantes para resolver los aspectos de sostenibilidad de las importaciones de biomasa y biocarburantes. Pueden ser muy eficaces para crear un mercado para la producción orientada al medio ambiente, como demuestra el ejemplo de la agricultura ecológica en la UE. Sin embargo, se enfrentan a un reto difícil, ya que la demanda adicional (de biomasa) es causa indirecta de cambios en el uso del suelo.

Muchos instrumentos de regulación necesitan de la cooperación entre responsables políticos, consumidores y productores para ser eficaces. En el contexto de la bioenergía, también hace falta cooperación entre tres áreas de política: la energía, la agricultura y el medio ambiente. Desde una perspectiva ambiental, éste es probablemente el aspecto más importante para el desarrollo de la producción energética comunitaria a partir de biomasa agrícola. Es esencial «promover la sostenibilidad ambiental y luchar contra el cambio climático» para la producción de biocarburantes, tal como se especifica en las Conclusiones de la Presidencia del Consejo de la Unión Europea de 8 y 9 de marzo de 2007<sup>(41)</sup>.

(41) Conclusiones del Consejo de la Unión Europea de 8 y 9 de marzo de 2007: [http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf](http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf).

# Bibliografía

- Aebischer, N. J., 1991. *Twenty years of monitoring invertebrates and weeds in cereal fields in Sussex*. En: *The ecology of temperate cereal fields* (eds L. G. Firbank, N. Carter, J. F. Derbyshire & G. R. Potts), págs. 373–397. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- AEMA, 1998. *El Medio Ambiente Europeo: Segunda Evaluación*. Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidad Europea, Luxemburgo/ Elsevier Science.
- AEMA, 1999. *El Medio Ambiente en la Unión Europea en el umbral del siglo XX*. Informe de evaluación ambiental No 2. AEMA, Copenhague. <http://www.eea.eu.int/>
- AEMA, 2003. *El Medio Ambiente Europeo: Tercera Evaluación — 2003*. Informe de evaluación ambiental N° 10. Preparado para la Conferencia Ministerial 'Medio ambiente para Europa celebrada bajo los auspicios de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa en Kiev, Ucrania 21–23 mayo 2003.
- AEMA, 2004. *Agriculture and the environment in the EU accession countries*. Informe de temas ambientales No 37. EEA, Copenhague. <http://www.eea.eu.int/>
- AEMA/PNUMA, 2004. *High nature value farmland. European Environmental Agency and UNEP regional office for Europe*. Informe de la AEMA No. 1/2004 Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA, 2005a. *Source-apportionment of N and P inputs into the aquatic environment*. Informe de la AEMA No 7/2005, Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague.
- AEMA2005b. *Agricultura y medio ambiente en la UE15: informe sobre los indicadores IRENA*. Informe de la AEMA No. 6/2005. Agencia Europea de Medio Ambiente; Copenhague.
- AEMA, 2006a. *The integration of environment into EU agriculture policy — the IRENA indicator-based assessment report*. Informe de la AEMA No. 2/2006 Agencia Europea de Medio Ambiente; Copenhague.
- AEMA, 2006b. *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?* Informe de la AEMA N°. 7/2006 Agencia Europea de Medio Ambiente; Copenhague.
- AEMA (de próxima publicación). *[GREEN-X report]* Agencia Europea de Medio Ambiente; Copenhague.
- Agra CEAS Consulting Ltd, 2003. *Accession of Central and Eastern European Countries to the EU and its impact on land use and the environment*. Informe final para la Royal Society for the Protection of Birds. Wye.
- Alonso, I., S. E. Hartley & M. Thurlow, 2001. Competition between heather and grasses on Scottish moorlands: interacting effects of nutrient enrichment and grazing regime. *Journal of Vegetation Science* 12, 2, págs. 249–260.
- Akker Van den J. J. H. y Schjøning, P., 2004. *Subsoil compaction and ways to prevent it*. En: Schjøning, P., Elmholt, S. y Christensen, B. T. (eds.): *Management Soil Quality: Challenges in modern agriculture*, CABI Publishing, CAB. International, Wallingford, Oxon, Reino Unido. págs. 163–184.
- Andersen, E. et al., 2003. *Developing a High Nature Value Farming area indicator*. Informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente. Copenhague.
- Angelstam, P., 1992. *Conservation of communities: the importance of edges, surroundings, and landscape mosaic structure*. En: L. Hansson, (ed.), *Ecological principles of nature conservation*. Londres, Elsevier, págs. 9–70.
- Anger, M. et al., 2002. An evaluation of the fodder values of extensively utilised grasslands in upland areas of Western Germany. En: *Botanical composition of the sward and DM yield*. *Journal of Applied Ecology* 76, págs. 1–2, 41–46.
- Arblaster, K.; Baldock, D. y T. Cooper, 2007. *Meeting international environmental commitments: strategies for the CAP*. Resumen de las conclusiones y recomendaciones del proyecto MEACAP. Institute for European Environmental Policy (IEEP); Londres. <http://www.ieep.eu/projectminisites/meacap/paperandreports.php>.
- Asher, J. et al., 2001. *The millennium atlas of butterflies in Britain and Ireland*. Oxford University Press, Oxford.
- Baillie, S. R. et al., 2001. *Breeding birds in the wider countryside: their conservation status 2000*. Informe n° 252, British Trust for Ornithology, Thetford.

- Beaufoy, G. *et al.*, 1994. *The Nature of Farming – low intensity farming systems in nine European countries*. IEEP, Londres.
- Behrendt/EuroCat, 2004. *Past, present and future changes in catchment fluxes*. Producto 4.4 del proyecto EuroCat.
- Berndes, G., 2002. Bioenergy and water – the implications of large-scale bioenergy production for water use and supply. *Global Environmental Change* 12, págs. 253–271.
- Berndes, G. *et al.*, 2003. The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass & Bioenergy* 25 (1), págs. 1–28.
- Bignal, E. M. & D. I. McCracken, 2000. The nature conservation value of European traditional farming systems. *Environmental Reviews* 8, págs. 149–171.
- Bignal, E. M. & D. I. McCracken, 1996. Low- intensity farming systems in the conservation of the countryside. *Journal of Applied Ecology* 33, págs. 413–424.
- Bioenergy Workshop Report, 2000. <http://www.nf-2000.org/publications/grass.pdf>.
- Birdlife International, 2004. *Biodiversity Indicator for Europe: Population trends of wild birds*.
- Boardman, J. & J. Poesen (Eds.), 2006. *Soil Erosion in Europe*. Wiley, West Sussex, págs. 878.
- Boatman, N. *et al.*, 1999. *The environmental impact of arable crop production in the European Union*. Practical options for improvement. Contrato de la CE nº B4-3040/98/000703/MAR/D1. Fundación Allerton Research and Educational.
- Bokdam, J., 2002. Grazing and the conservation of low-nutrient open landscapes. En: Expertisecentrum LNV (ed.), número especial: 'Grazing and Grazing animals', *Vakblad Natuurbeheer* 41, págs. 24–27.
- Bouwma, I. M. *et al.*, 2002. *The indicative map of Pan-European Ecological Network – technical background document*. (ECNC Technical report series). ECNC, Tilburg, Países Bajos/Budapest Hungría. 111 págs. + anexos.
- Bringezu, S., Ramesohl, S., Arnold, K., Fishediek, M., von Geibler, J., Liedtke, C. & H. Schütz, 2007. *Towards a sustainable biomass strategy*. Propuesta del Wuppertal Institute, Alemania. [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org).
- Bruinderink, G.; T. v/d Sluis *et al.*, 2003. Designing a coherent ecological network for large mammals in Northwestern Europe. *Conservation biology*, vol. 17, nº 2.
- Buckwell, A. E. y Armstrong-Brown S., 2004. Changes in farming and future prospects: technology and policy. *IBIS International Journal of Avian Science*, 146, s2, págs. 14–21.
- Bunnett, R. B., 2002. *Interactive Geography* 4, pp. 98. SNP Pan Pacific Publishing.
- Campbell, L. H. & Cooke, A. S., eds., 1997. *The indirect effects of pesticides on birds*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Carey, P., 2005. *A Review of Research into the Environmental Impacts of Arable Cropping Systems for Biofuels and Crops used for Biomass*. Revisión de la literatura disponible para el contrato de estudio para la AEMA EEA/EAS/03/004. CEH- Monkswood-Copenhague (previsto).
- CCI, 2006. JRC/CONCAWE/EUCAR – *Well-to-wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*. Centro Común de Investigación, Ispra (Italia); Versión de mayo 2006.
- CCI, 2005. *Soil Atlas*. Centro Común de Investigación, Ispra (Italia), págs. 115.
- CCI & AEMA, 2006. *Proceedings of the expert consultation 'Sustainable bioenergy cropping systems for the Mediterranean'*. Madrid, 9–10 febrero 2006.
- CE, 2000. *Libro Verde - Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético*, COM (2000)769 final, Comisión Europea, 2000.
- CE, 2002. 2002/358/CE: *Decisión del Consejo, de 25 de abril de 2002, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo*.
- CE, 2005a. *Informe sobre el Libro Verde sobre la eficiencia energética – Cuatro años de iniciativas Europeas*, Comisión Europea 2005.
- CE, 2005b. *Comunicación de la Comisión - Plan de acción sobre la biomasa*, COM(2005)628 final. Comisión Europea, 2005.

- CE 2005c. *Biomass, Green Energy for Europe*. Comisión Europea, DG Investigación. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidad Europea.
- CE, 2006a. *Informe de la Comisión al Consejo sobre la revisión del régimen de cultivos energéticos (con arreglo al artículo 92 del Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores)* SEC(2006) 1167, Comisión Europea, 2006.
- CE, 2006b. *Press release. Biofuels Strategy: Background Memo*. MEMO/06/65. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/06/65&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>.
- CE, 2007: *An energy package for Europe*. Nota de prensa del 10 de enero 2007: [http://europa.eu/press\\_room/presspacks/energy/index\\_en.htm](http://europa.eu/press_room/presspacks/energy/index_en.htm).
- DG Agricultura, 2002. *European Agriculture entering the 21<sup>st</sup> century*. Octubre, 2002.
- DG Agricultura, 2003). *Reform of the common agricultural policy: A long term perspective for a sustainable agriculture*. Análisis de impactos; marzo 2003.
- DG Agricultura, 2005. *Prospects for agricultural markets and income 2005–2012*. Bruselas.
- Directiva 2003/30/CE. *Fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte*.
- Donald P. F.; Pisano, G.; Rayment, M. D.; & Pain, D. J., 2002. *The Common Agricultural Policy, EU enlargement and the conservation of Europe's farmland birds*. Agriculture, Ecosystems & Environment.
- Donald, P. F.; Green, R. E. & Heath, M. F., 2001. *Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations*. Actas de la Royal Society de Londres B, 268, 25–29.
- Donald, P. F., 1998. Changes in the abundance of invertebrates and plants on British farmland. *British Wildlife*, 9, págs. 279–289.
- Doorenbos, J., y A. H. Kassam, 1986. *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Doublet, S., 2004. *Calcul des surplus agricoles — NOPOLU — System2*. Beture-CEREC/ SOLAGRO.
- DVL/NABU, 2007. *Bioenergie? – Aber natürlich! Nachhaltige Rohstoffe aus der Sicht des Umwelt- und Naturschutzes*. Heft 12 der DVL-Schriftenreihe, Landschaft als Lebensraum'. [www.lpv.de](http://www.lpv.de). Fürth, Alemania.
- Dworak, T., Eppler, U., Petersen, J.-E., Schlegel, S. & C. Laaser, 2007. *WFD and Bioenergy production at the EU Level — A review of the possible impact of biomass production from agriculture on water*. Ponencia de fondo para la conferencia WFD meets CAP — Looking for a consistent approach; París, septiembre 2007. <http://www.ecologic.de/>.
- EBB 2006. European Biodiesel Board. Estadísticas. <http://www.ebb-eu.org/>.
- eBio, 2006. European Bioethanol Fuel Association. [http://www.ebio.org/production\\_data\\_pcc.html](http://www.ebio.org/production_data_pcc.html).
- EFMA, 2006. *Forecast of food, farming and fertiliser use in the European Union 2006–2016*. Asociación Europea de Fabricantes de Fertilizantes, Bruselas.
- Elbersen, W.; Bakker, R. & Elbersen B.S., 2005. *A simple method to estimate practical field yields of biomass grasses in Europe*. Ponencia presentada como poster de la 14<sup>a</sup> Conferencia sobre Biomasa Europea, 17–21, octubre 2005. París.
- Elbersen. B.; Andersen. E; R. Bakker. R. Bunce. P. Carey. W. Elbersen. M. van Eupen. A. Guldmond. A. Kool. B. Meuleman. G.J. Noij & J. Roos Klein-Lankhorst, 2005. *Large-scale biomass production and agricultural land use – potential effects on farmland habitats and related biodiversity*. Informe final bajo el contrato de estudio de la AEMA EEA/EAS/03/004.
- EPA, 1999. *Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sink 1990–1997*. Agencia de Protección Ambiental, Washington.
- Eppler U. & H.-P. Piorr, 2006. *Current state of installed and planned biofuel processing units in EU-27*. Informe no publicado bajo el contrato marco de la AEMA3604/B2006/EEA.52693. Eberswalde-Copenhague.
- Eppler, U., Petersen, J.-E & C. Couturier, 2007. Short Rotation Coppice and Perennial Energy Grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives. Informe de fondo para una conferencia conjunta de CCI/AEMA/Rothamsted Research in Rothamsted, octubre 2007. <http://re.jrc.ec.europa.eu/biof/>.



- Erdmanski-Sasse, W., 2007. *Pflanzenpower für die Zukunft*. Unabhängige Bauernstimme, April 2007. Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft — Bauernblatt e.V.; Hamm, Alemania.
- EuroCare, 2004. *Outlooks on selected agriculture variables for the 2005 State of the Environment and the Outlook Report*. EEA/RNC/03/016.
- Eurostat, 2005. Base de datos de la Unión Europea. <http://www.eurostat.org/>.
- Evans, M., 2000. *Intensive Farming Threatens Europe Bird Sites*. Newsreport by Reuters News Service, 31 marzo 2000.
- Faaij, A. *et al.*, 1998. Exploration of the land potential for the production of biomass for energy in the Netherlands. En: *Biomass & Bioenergy* 14 (5/6), págs. 439–456.
- FAOSTAT, 2005. Base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. <http://www.fao.org/>.
- FAO, 2005. *Grasland Species Profiles*. Roma. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/Gbase/>.
- Feehan, J. & Petersen, J. E., 2003. *A framework for evaluating the environmental impact of biofuel use*. Ponencia presentada en la conferencia de la OCDE sobre biomasa y agricultura. Junio 2003. [http://www.oecd.org/docum ent/63/0,3343,en\\_2649\\_33791\\_33701567\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/docum ent/63/0,3343,en_2649_33791_33701567_1_1_1_1,00.html).
- Fernández, J., 2006. *Sustainable energy cropping systems for the Mediterranean*. Session 1: Bioenergy crops in the Mediterranean, practical experiences. En: CCI & AEMA, Actas de una consulta de expertos 'Sustainable bioenergy cropping systems for the Mediterranean'. Madrid, 9–10 febrero 2006.
- Fischer, G. y Schrattenholzer, L., 2000. Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass & Bioenergy* 20 (3), págs. 151–159.
- Foppen, R. P. B. *et al.*, 2000. *Corridors in the Pan-European Ecological Network*. ECNC Technical Series. ECNC, Tilburg.
- Foster, C., 1997. *Biodiversity of wildlife in energy crop plantations*. p. 87–108. En: Bijl. G. van der and E. E. Biewinga. Environmental impact of biomass for energy. Actas de una conferencia en Noordwijkerhout. Países Bajos, 4–5 noviembre 1996.
- Frede, H. G. & S. Dabbert, 1998. *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Ecomed, Landsberg, 451 págs.
- Freibauer, A; M. D. A. Rounsevell, P. Smith, A. Verhagen, 2004. *Carbon sequestration in European agricultural soils*, Soil Science Review, 2004.
- Frielinghaus, M. & B. Winnige, 2002. Informationsheft zum landwirtschaftlichen Bodenschutz im Land Brandenburg – Teil Bodenerosion. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Potsdam, pag. 72.
- Fritsche, Uwe R. *et al.*, 2004. *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse*. Öko-Institut/FhG-UMSICHT/IZES/IE/IFEU/TU München; informe final para el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear, Darmstadt etc. ([www.oeko.de/service/bio](http://www.oeko.de/service/bio)).
- Geisler, G., 1988. *Pflanzenbau: Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion*. Parey, Berlín.
- Harris, R. A. & R. M. Jones, 1998. *The Nature of Grazing – Farming with flowers at Loft and the hill of White Hamars*. Ten Management Advisory Notes.
- Heath, M. F. *et al.*, 2000. *Important Bird Areas in Europe: priority sites for conservation*. Volume 1: Northern Europe, Volume 2: Southern Europe. BirdLife International Conservation Series No. 8. Cambridge, Great Britain, BirdLife International, 791 págs.
- Heinz, A. *et al.*, 1999. *Feucht- und Trockengutlinien zur Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen – Vergleich anhand von Energie- und Emissionsbilanzen sowie anhand der Kosten*. Institut für Rationelle Energieanwendung, Band 63. Stuttgart.
- Hoogwijk, M., Faaij, R. *et al.*, 2003. Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy. *Biomass & Bioenergy* 25 (2), págs. 119–133.
- Horn, R.; van den Akker J. J. H. & J. Arvidsson, 2000. *Subsoil Compaction*. Advances in GeoEcology 32, 462 págs.
- IEEP, 2007. *Biodiversity, land abandonment and the CAP*. Informe de una conferencia en Varsovia, 2006. [www.ieep.org/reports/](http://www.ieep.org/reports/).
- IENICA (Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications), 2004. Informes, <http://www.ienica.net/ienicareports.htm>



- Jacques, S., R. K. Bacon & L. D. Parsch, 1997. Comparison of single cropping, relay cropping and double cropping of soybeans with wheat using cultivar blends. *Cambridge University Press, Experimental Agriculture*, 33, págs. 477–486.
- Jongman, R.; Bunce, R.; Metzger, M.; Mucher, C. & Howard, D., 2005. *A statistical Environmental classification of Europe: Objectives and Applications*. Landscape Ecology.
- Jørgensen, U. y Schelde, K., 2001. *Energy crop water and nutrient use efficiency*. Report for the International Energy Agency. Tjele (Dinamarca).
- Kaltschmitt, M., 2001. *Energie aus Biomasse — Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer, Berlín.
- Karpenstein-Machan, M., 1997. *Konzepte für den energiepflanzenbau — Perspektiven eines pestizidfreien Anbaus von Energiepflanzen zur thermischen Verwertung im System der Zweikulturnutzung*. DLG- Verlag, Frankfurt.
- Lampe M. v., 2006. *Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels*. Working Party on Agricultural Policies and Markets. Informe de la OCDE AGR/CA/APM(2005)24/FINAL.
- MAFF, 1998. *Official Group on OPs: Report to Ministers 1998*. MAFF, Londres.
- McCracken, D., 2007. *Meeting the 2010 biodiversity target: a three-tiered approach*. Ponencia presentada en la conferencia final de MEACAP. Institute for European Environmental Policy (IEEP); Londres.
- Mehlin, M. et al., 2003. *Renewable Fuels for Cross Border Transportation*. Informe para la Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente, Berlín.
- Metzger, M.; Bunce, R. G. H.; Jongman, R. H. G.; Mucher, C. A. & Watkins, J. W., 2005. A climatic stratification of the environment in Europe. En: *Global Ecology and Biogeography*.
- Miguel, J. M. de, 1999. Nature and configuration of the agrosilvopastoral landscape in the conservation of biological diversity in Spain. *Revista Chilena de Historia Natural*. 72, 4: págs. 547–557.
- Mitchell, R. J. & S. E. Hartley, 2001. *Changes in moorland vegetation following 6 years of fencing and fertiliser treatment*. Presentado durante la 7ª Conferencia Europea sobre Brezales en Stromness, Orkney desde el 30 de agosto al 5 de septiembre 2001 organizada por Scottish Natural Heritage.
- Montanarella, L., 2006. *Soil at the interface between Agriculture and Environment*. [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/inter\\_en/report.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/inter_en/report.htm).
- Müller-Sämann, K. M. et al., 2003. *Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren*. Informe final para el Ministerio de Medio Ambiente y Tráfico de Baden-Württemberg, Müllheim (Alemania).
- Nagy, G., 2002. *The multifunctionality of grasslands in rural development in a European context*. *Acta Agronomica Hungarica*, 50, 2: págs. 209–222.
- Nieder, R., 1997: *Die Rolle der N-Transformationen und Translokationen in der Bilanz des Stickstoffhaushalts von Mitteleuropäischen Ackerböden*. En: *Deutsche Hochschulschriften* 2385 pág. 189. Egelsbach (Alemania).
- OCDE/FAO, 2005. *Agricultural Outlook: 2005–2014*. <http://www.oecd.org/dataoecd/32/51/35018726.pdf>.
- OCDE/FAO, 2007. *Agricultural Outlook: 2007 – 2016*. [http://www.oecd.org/document/38/0,3343,en\\_2649\\_37401\\_38891878\\_1\\_1\\_1\\_37401,00.html](http://www.oecd.org/document/38/0,3343,en_2649_37401_38891878_1_1_1_37401,00.html)
- Offermann, F., 2003. *Quantitative Analyse der sektoralen Auswirkungen einer Ausdehnung des ökologischen Landbaus in der EU*. Berliner Schriften zur Agrar- und Umweltökonomik. Berlín.
- Ollier C., 2006a. *Less Cereals and Sugar Beet, more Rape seeds in EU-25 for 2005*. Main crop: harvest 2005 in EU. *Statistics in Focus. Agriculture and Fisheries* 3/2006. Eurostat, Luxemburgo.
- Ollier C., 2006b. *Harvest in EU-25 — early estimates*. *Statistics in Focus. Agriculture and Fisheries*. 2006. 9/2006. Eurostat, Luxemburgo.
- Opdam, P. J. et al., 2003. Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. *Landscape Ecology* 18: págs. 113–126.
- Osterburg, B. & H. Nitsch, 2007. *Energiepflanzenanbau und Wasserschutz – Zwischenergebnisse von Studie und Befragung. Presentation at UBA Workshop on 'Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur Energiegewinnung – neue Probleme für die Gewässer?'*, Berlín, 10 diciembre 2007: <http://www.umweltbundesamt.de/wasser-und-gewaesserschutz/index.htm>.

- Ostermann, O. P., 1998. The need for management of nature conservation sites under Natura 2000. *Journal of Applied Ecology* 35: págs. 968–973.
- Palmer, S. C. F. & A. J. Hester, 2000. Predicting spatial variation in heather utilization by sheep and red deer within heather/grass mosaics. *Journal of Applied Ecology* 37: págs. 616–631.
- Paulsen, H. M., 2003. *Fruchtfolgegestaltung im Ökobetrieb zur Erlangung einer Treibstoffautarkie*. Ponencia para el Centro Federal de Investigación Agrícola. Braunschweig (Alemania). <http://orgprints.org/2211/01/OLFF.pdf>.
- Paulsen, H. M., M. Schochow, B. Ulber, S. Kühne, & G. Rahmann, 2006. Mixed cropping systems for biological control of weeds and pests in organic oilseed crops. En: Atkinson, Ch. & D. Younie (Eds.): What will organic farming deliver? Heriott-Watt University, Edinburgo, Reino Unido, *Aspects of Applied Biology* 79, págs. 215–220.
- Petit, S. et al., 2004. *MIRABEL II-Models for predicting the impact of terrestrial eutrophication, farming intensification and land abandonment on Biodiversity in European landscapes*. CEH, Lancaster.
- Pierr, H.-P., Lehmann, K & M. Reutter, 2004. *TAPAS ACTION 2002/2003: Biodiversity in Agricultural Landscapes*. Informe final para Eurostat, Luxemburgo.
- Pötsch, E. M., 2006. *Biogasproduktion in Österreich – Energiegewinnung aus Grünland und Feldfutter*. Ponencia presentada en la conferencia Futterpflanzen-Perspektiven für die energetische Nutzung; [www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/index.php](http://www.lfl.bayern.de/ipz/gruenland/18480/index.php).
- Pretty J. N., 1998. *The Living Land: Agriculture, Food and Community Regeneration in Rural Europe*. Earthscan, Londres.
- Rehm, S. and G. Espig, 1991. *The Cultivated Plants of the Tropics and Subtropics*. De Rietkampen, Wageningen (Países Bajos).
- Reijnders, 2005. *Conditions for the sustainability of biomass based fuel use, Energy policy*. En imprenta.
- Reinhardt, G. y Scheurlen, K., 2004. *Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien*. Anexo del informe para la Agencia Federal Alemana para la Conservación de la Naturaleza. Leipzig.
- Royal Society for the Protection of Birds, 1993. *Agriculture in Scotland*. RSPB; Edinburgo.
- Royal Society for the Protection of Birds, 1995. *The farmland waders of Scotland*. RSPB; Edinburgo.
- Rösch, C., Raab, K. & V. Stelzer, 2006. Potenziale der Biogasgewinnung aus Gras von Überschussgrünland in Baden-Württemberg. *Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg & Akademie Ländlicher Raum (Hrsg.): Bioenergienutzung in Baden-Württemberg. Tagung vom 13.02.2006*. Haus der Wirtschaft, Stuttgart: págs. 1–5.
- SRU, 2007. Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen; Erich-Schmidt-Verlag GmbH, Berlin.
- Scheffer, K. y. M. Karpenstein-Machan, 2001. *Ökologischer und Ökonomischer Wert der Biodiversität am Beispiel der Nutzung von Energiepflanzen*. Symposium der AG Ressourcen der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung am 23./24.11. 2000 in Witzenhausen. Schriftenreihe der Zentralstelle für Agrardokumentation und – information, Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR), Band 16, págs. 177–192.
- SCEES, 2001. Encuesta sobre prácticas agrícolas en Francia.
- Scheffer/Schachtschabel, 2002. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg, Berlin.
- Schöne, F., 2007. *Segen oder Fluch? Energie aus Biomass boomt*. Naturschutz heute, 1/2007. Naturschutzbund Deutschland; Berlin.
- Simon, S., 2005. *Nachhaltige Energetische Nutzung von Biomasse – dynamische Ermittlung von Biomassepotenzialen in der Landwirtschaft zur Generierung von Szenarien*. En: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 40/05, págs. 351–360.
- Söderström, B. & T. Pärt, 2000. Influence of Landscape scale on Farmland birds breeding in semi-natural pastures. *Conservation Biology* 14: págs. 522–533.
- Sotherton, N. W., 1998. Land use changes and the decline of farmland wildlife: an appraisal of the set-aside approach. *Biological Conservation*, 83, págs. 259–268.
- Stevenson, A. C. & D. B. A. Thompson, 1993. *Long-term changes in the extent of heather moorland in upland Britain and Ireland: palaeoecological evidence for the importance of grazing*. *The Holocene* 3: págs. 70–76.

- Thrän, D. *et al.*, 2006. *Nachhaltige Biomassennutzungsstrategien im europäischen Kontext – Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern*. IE/BFH/UH/Öko-Institut; informe para el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (en imprenta), Leipzig etc. [www.ie-leipzig.de/Biomassennutzung/Biomasse.htm](http://www.ie-leipzig.de/Biomassennutzung/Biomasse.htm).
- Tilman, D., J. Hill, C. Lehmann, 2006. Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass. 1598 (2006); 314 *Science*.
- Trindade, H., J. Coutinho, M. L. Van Beusichem, D. Scholefield & N. Moreira, 1997. Nitrate leaching from sandy loam soils under a double-cropping forage system estimated from suction-probe measurements. *Plant and Soil*, Vol. 195, 2, págs. 247–256.
- Tucker, G. M. & M. I. Evans, 1997. *Habitats for Birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment*. BirdLife Conservation Series No. 6. Cambridge, Great Britain, BirdLife International. 464 págs.
- Vellinga, V.; A. van den Pol-van Dasselaar and P. J. Kuikman, 2005. *The impact of grassland ploughing on CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions in the Netherlands*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 70: págs.33–45.
- Vickery, J. *et al.*, 2004. *The role of agri-environment schemes and farm management practices in reversing the decline of farmland birds in England*. *Biological conservation* 119, págs. 19–39.
- VIEWLS, 2004. *Biomass production potentials in Central and Eastern Europe under different scenarios*. Informe final del WP3 del proyecto VIEWLS ([www.viewls.org](http://www.viewls.org)).
- Vleeshouwers, L. M. & A. Verhagen, 2002. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology*.
- Vos, C. C. *et al.*, 2001. Toward Ecologically scaled landscape indices. *The American Naturalist*, vol: 183, nr. 1.
- Wadsworth, R. A., Carey, P. D.; Heard, M. S.; Hill, M. O.; Hinsley, M. S.; Meek, W. R.; Panell, D.; Ponder, V.; Renwick, A. & James, K., 2003. *A review of Research into the environmental and socio-economic impacts of contemporary and alternative cropping systems*. Informe para Defra, págs. 85.
- WBGU, 2003. *World in Transition – Towards Sustainable Energy Systems*. Flagship Report 2003. Earthscan, Londres.
- Weik, L., H.-P. Kaul, E. Kübler & W. Aufhammer, 2002. Grain Yields of Perennial Grain Crops in Pure and Mixed Stands. *Journal of Agronomy and Crop Science*, Vol. 188, págs. 342–349.
- T. Wiesenthal; G. Leduc; L. Pelkmans; P. Christidis, P. Georgopoulos. *Assessment of biofuel policies – lessons learnt and future policy options*. *Policy Synthesis of the Premia project*. Informe WP7 de PREMIA, de próxima aparición.
- Wolters, D., 1999. *Bioenergie aus ökologischem Landbau – Möglichkeiten und Potentiale*. Wuppertal Papers 91/1999. Wuppertal.
- Yamamoto, H. *et al.*, 2001. Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. In: *Biomass and Bioenergy*, vol. 21/2001, no. 3, págs. 185–203(19).
- Zöphel, B. and Kreuter, T., 2001. *Nachwachsende Rohstoffe (Hanf, Flachs, Salbei und Kamille) – Anbau und Bedeutung für den Lebensraum Acker*. Informe para el Instituto de Investigación Agrícola de Sajonia. Dresden.

# Lista de abreviaturas y nombres para nuevos cultivos bioenergéticos

AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente	LUS	zona lusitana
AIE	Agencia Internacional de la Energía	MED	zona mediterránea
AOE	agricultura orientada ecológicamente	MJ	megajulios
ATC	zona atlántica central	MS	materia seca
ATN	zona atlántica norte	Mtep	millones de toneladas de equivalentes del petróleo
AVN	tierras de cultivo de alto valor natural	PAC	política agrícola común (de la UE)
BFH	Instituto Federal de Investigación Forestal y Maderera, Hamburgo ( <i>Bundesanstalt für Forst- und Holzforschung</i> )	PAN	zona panónica
BOR	zona boreal	PCI	poder calorífico inferior (también potencia calorífica neta)
BtL	biomasa a líquido (biocarburantes obtenidos por síntesis Fischer-Tropsch)	PJ	petajulios
CLC	Corine Land Cover (inventario Corine de cobertura y usos del suelo)	PMA	programa de acción en materia de medio ambiente
CON	zona continental	PRIMES	modelo energético de la UE (DG TREN)
EM	Estados miembros de la Unión Europea	SAU	superficie agrícola útil
EUA	eficiencia del uso del agua	SRC	cultivos leñosos de ciclo corto ( <i>short-rotation coppice</i> )
FAME	metiléter de ácidos grasos	SRF	silvicultura de ciclo corto ( <i>short-rotation forestry</i> )
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma	UE	Unión Europea
GJ	gigajulios	UK	Reino Unido
ha	hectárea	ZMA	zona medioambiental
HEKTOR	HektarKalkulator (modelo de uso del suelo del Öko-Institut)	<b>Índice de nombres comunes y científicos de plantas utilizadas como nuevos cultivos de biomasa</b>	
HU	Universidad de Hohenheim	<b>Común</b>	<b>Científico</b>
IE	Instituto de Energética y Medio Ambiente, Leipzig ( <i>Institut für Energetik und Umwelt</i> )	Alpiste rosado	<i>Phalaris arundinacea</i>
LCC	clases de Corine Land Cover	Caña común	<i>Arundo donax</i>
		Cardo	<i>Cynara cardunculus</i>
		Jatrofa	<i>Jatropha curcas</i>
		Mostaza etíope	<i>Brassica carinata</i>
		Nopal	<i>Opuntia ficus-indica</i>
		Pasto aguja	<i>Panicum virgatum</i>
		Ricino	<i>Ricinus communis</i>
		Sorgo dulce	<i>Sorghum bicolor</i>
		Tupinambo	<i>Helianthus tuberosus</i>

# Anexo I Aumento del rendimiento en el escenario CAPSIM Animlib original

**Tabla I-1 Aumento del rendimiento en el escenario Animlib del modelo CAPSIM original**

	2000-2011	2011-2020	2020-2025	2000-2011	2011-2020	2020-2025
	UE8			UE15		
Trigo blando	-	0,58%	0,76%	-	0,57%	0,98%
Trigo duro	2,58%	1,68%	- 6,33%	1,03%	0,67%	0,48%
Centeno y morcajo	1,19%	0,54%	0,82%	0,71%	0,57%	0,83%
Cebada	1,34%	0,83%	1,07%	0,84%	0,63%	0,84%
Avena	1,34%	0,96%	0,84%	0,54%	0,44%	0,40%
Maíz en grano						
Otros cereales	3,94%	2,60%	0,59%	0,73%	0,40%	0,71%
Arroz con cáscara						
Leguminosas	1,02%	0,33%	0,33%	0,97%	0,15%	0,12%
Patata	1,77%	1,16%	1,16%	0,47%	0,35%	0,69%
Remolacha azucarera media A-C	-	-	-	-	-	-
Colza y nabo	0,20%	0,37%	0,39%	1,40%	0,70%	0,98%
Semilla de girasol	0,65%	0,76%	- 0,50%	0,51%	0,70%	0,96%
Grano de soja	3,99%	2,58%	1,19%	1,05%	1,03%	0,83%
Hortalizas	0,27%	0,27%	1,14%	1,14%	- 0,79%	- 0,05%
Maíz forrajero	2,45%	0,96%	0,51%	0,66%	0,58%	0,75%
Hierba de pastizal	- 2,01%	0,62%	- 3,31%	- 1,25%	- 0,64%	- 0,89%

Fuente: EFMA.



## Anexo II Aplicación de factores de corrección a los rendimientos y los «refugios de paso» ambientales

Con la información relativa a la agricultura AVN y la agricultura ecológica, se han calculado las cuotas del suelo cultivable y el pastizal dentro de la agricultura ambientalmente orientada, según se expone en la tabla siguiente. Hay que hacer notar que los datos correspondientes reflejan el estado del conocimiento en el momento de realizar el análisis.

Después se ha calculado el factor de corrección del rendimiento de cada cultivo según el país y el año, lo que se expone en la última columna de la tabla II-2.

Observando la diferencia entre el escenario de base original (Animlib) y el escenario Animlib adaptado y

**Tabla II-1 Cálculo del suelo cultivable y el pastizal dentro de la AGRICULTURA AMBIENTALMENTE ORIENTADA, con Bélgica como ejemplo**

N.º	Categoría	Bélgica	Fuente y cálculo*
(1)	Cuota de agricultura ecológica en la SAU	1,0%	IRENA. 2005
(2)	Cuota de terreno cultivable en la SAU total	62,3%	FSS 2000
(3)	Cuota AVN/SAU	1,0%	Corine LC 2000
(4)	Terreno cultivable en la agricultura AVN	0,0%	Corine LC 2000
(5)	Cuota de agricultura ambientalmente orientada	2,0%	(5) = (2) + (3)
(6)	Cuota de agricultura ambientalmente orientada, cultivos herbáceos	0,6%	(6) = (1)*(2) + (3)*(4)
(7)	Cuota de agricultura ambientalmente orientada, pastizales permanentes	1,4%	(7) = 1 - (6)

Fuente: EFMA

**Tabla II-2 Factores de adaptación del rendimiento para el objetivo de un 30% de agricultura ambientalmente orientada y según la superficie (ejemplo del trigo en Bélgica en 2010)**

N.º	Categoría		Fuente y cálculo*
(A)	Rendimiento	kg/ha	CAPSIM
(B)	Rendimientos agr. ecológica	%	Offermann. 2003
(C)	Rendimiento ecol./externo	kg/ha	(1)*(2)
(D)	Rendimiento AVN	kg/ha	Rendimiento ecol. 2000
(E)	Rendimiento corregido (total)	kg/ha	(E) = (1)*(2)*(B) + (3)*(4)*(D) + (1-(6))*(A)
(F)	Factor de corrección de la superficie a partir de 2010	%	(F) = (A)/(E)
(G)	Superficie CAPSIM	1.000 ha	CAPSIM
(H)	SUPERFICIE CORREGIDA	1.000 ha	(H) = (G)*(F)
(I)	Corr. balance - CAPSIM	1.000 ha	(I) = (H) - (G)

\*(1) a (6) = Líneas de la tabla 2-5  
 (1)\*(2)\*(B) : agricultura ecológica  
 (3)\*(4)\*(D) : AVN  
 (1-(6))\*(A) : convencional

Fuente: EFMA.

ambientalmente compatible, el resultado para el caso de Bélgica es el siguiente:

En el modelo CAPSIM original, la SAU desde 2001 hasta 2020 disminuye desde 1,52 hasta 1,48 millones de ha (sin contar las tierras dedicadas a los cultivos no alimentarios, las retiradas del cultivo y las de barbecho<sup>(40)</sup>). La diferencia define el suelo que puede utilizarse para los cultivos de biomasa.

Las tierras adicionales de barbecho y las retiradas del cultivo también pueden dedicarse a los cultivos energéticos. En Bélgica suponen unas 27.700 ha en 2001, aumentando a 31.300 ha en 2025. Por último, las destinadas a la producción no alimentaria suponen unas 4.200 ha en 2001 y 3.800 ha en 2025. En esta categoría se incluyen los cultivos industriales y las fibras.

Para el escenario con más agricultura ambientalmente orientada, el modelo CAPSIM se ha modificado. La extensificación de la agricultura conlleva una mayor demanda de tierras y, en consecuencia, supone algunos cambios en la SAU. Por este motivo, la disminución de la SAU es menor que en el escenario original y se libera menos suelo: la SAU (sin contar las tierras de producción no alimentaria y las retiradas del cultivo) en el año base 2001 es de unos 1,52 millones ha, aumentando hasta unos 1,54 millones ha en 2030, sin quedar suelo para el aumento de los cultivos energéticos.

Las demás entradas para el balance son ahora las tierras de barbecho retiradas del cultivo y las tierras destinadas a la producción no alimentaria, como en el caso de los datos del modelo CAPSIM original. Dado que estas cifras no evolucionan de forma muy dinámica, la extrapolación de los datos originales (2025) al año 2030 no produce ningún cambio. Por esta razón, los datos del CAPSIM original se utilizan en el escenario con más agricultura ambientalmente orientada.

### Estimación del porcentaje de las áreas de compensación ambiental en la agricultura intensiva

Para determinar la cuota de un 3% de áreas de compensación ambiental dentro de los paisajes de agricultura intensiva, se han analizado las categorías de uso de la tierra dedicada a cereales, oleaginosas y otros cultivos herbáceos en 2010. Para estas categorías de uso se ha estimado la parte de la superficie total de cultivo que puede someterse a explotación muy intensiva. Después se ha aplicado una cuota del 3% en la superficie total estimada para el cultivo intensivo. Se supone que esta cuota puede alcanzarse en 2010 y que, después de dicha fecha, la cantidad total de tierra dedicada a los «refugios de paso» puede permanecer constante.

**Tabla II-3 Cuota estimada para la superficie de explotación intensiva en la categoría de suelo cultivable en 2010 (incluyendo cereales, oleaginosas y otros cultivos herbáceos) por Estado miembro**

Estado miembro	Cuota de superficie con explotación intensiva
Bélgica, Dinamarca, Alemania, Países Bajos, Finlandia, Suecia, Reino Unido y República Checa	70%
Grecia, España, Francia, Austria, Portugal, Irlanda e Italia	50%
Estonia, Hungría, Lituania, Letonia, Estonia, Polonia, Eslovenia y Eslovaquia	40%

<sup>(40)</sup> La producción no alimentaria en las tierras retiradas del cultivo y las tierras en barbecho forma parte del potencial del suelo. Las tierras retiradas incluyen ambas, las retiradas de manera obligatoria y las retiradas de manera voluntaria.

# Anexo III Disponibilidad de suelos para producir biomasa

**Tabla III-1 Suelo disponible para los cultivos de producción de biomasa en la UE15 (UE14)**

Suelo disponible (*1.000 ha)		Bélgica	Dinamarca	Alemania	Grecia	España	Francia	Irlanda	Italia	Países Bajos	Austria	Portugal	Finlandia	Suecia	Reino Unido
2010	Superficie cultivable disponible	0,0	73,7	290,3	356,4	2705,6	535,8	0,0	1074,2	0,0	204,5	250,3	486,5	134,5	824,1
	Sólo disponible para hierba (antiguos pastizales y olivares)	152,3	29,7	264,1	0,0	0,0	453,6	0,0	116,8	51,6	8,1	0,0	0,0	77,8	0,0
	Total	152,3	103,4	554,4	356,4	2.705,6	989,4	0,0	1.191,1	51,6	212,6	250,3	486,5	212,3	824,1
2020	Superficie cultivable disponible	0,0	0,0	0,0	298,1	2.582,4	262,4	0,0	1.785,5	0,0	266,2	168,7	299,2	168,4	1.117,5
	Sólo disponible para hierba (antiguos pastizales y olivares)	161,5	45,0	482,0	0,0	0,0	1.058,3	344,1	137,7	139,2	20,7	0,0	0,0	109,1	1.114,0
	Total	161,5	45,0	482,0	298,1	2.582,4	1.320,7	344,1	1.923,2	139,2	286,9	168,7	299,2	277,5	2.231,5
2030	Superficie cultivable disponible	0,0	0,0	0,0	266,2	2.459,2	0,0	0,0	2.164,8	0,0	298,1	124,6	173,8	177,6	1.584,4
	Sólo disponible para hierba (antiguos pastizales y olivares)	168,2	53,7	572,6	0,0	0,0	1.208,0	409,2	172,3	183,4	28,2	0,0	0,0	133,2	1.831,0
	Total	168,2	53,7	572,6	266,2	2.459,2	1.208,0	409,2	2.337,2	183,4	326,3	124,6	173,8	310,8	3.415,4

**Tabla III-2 Suelo disponible para los cultivos de producción de biomasa en la UE10 (UE8)**

Suelo disponible (*1.000 ha)		República Checa	Estonia	Hungría	Lituania	Letonia	Polonia	Eslovenia	Eslovaquia
2010	Superficie cultivable disponible	302,7	88,3	413,2	525,0	83,3	3.823,2	3,2	81,1
	Sólo disponible para hierba (antiguos pastizales y olivares)	0,0	42,7	56,8	0,0	83,8	332,9	9,4	0,0
	Total	302,7	131,0	470,0	525,0	167,1	4.156,1	12,6	81,1
2020	Superficie cultivable disponible	314,3	154,2	511,6	882,3	144,3	4.321,2	16,2	140,0
	Sólo disponible para hierba (antiguos pastizales y olivares)	0,0	54,9	231,2	0,0	130,0	492,3	0,0	0,0
	Total	314,3	209,2	742,8	882,3	274,2	4.813,5	16,2	140,0
2030	Superficie cultivable disponible	301,0	159,3	547,4	1.054,6	182,7	4.525,1	35,7	212,8
	Sólo disponible para hierba (antiguos pastizales y olivares)	10,6	62,4	296,9	0,0	177,5	520,6	14,6	14,8
	Total	311,6	221,7	844,3	1.054,6	360,2	5.045,7	50,3	227,6

# Anexo IV Zonas medioambientales: producción y características

## Estratificación estadística del medio ambiente europeo

Marc Metzger<sup>1</sup>, Bob Bunce<sup>2</sup>, Rob Jongman<sup>2</sup>, Sander Múcher<sup>2</sup>

### introduction

Stratification into homogeneous regions is essential for strategic random sampling and consistent modeling across large heterogeneous areas. Tried and tested statistical procedures were used to create the 84 class Environmental Classification of Europe (EnC) at a 1km<sup>2</sup> resolution.

### methodology

The twenty most relevant available variables were selected. Principal Component Analysis (PCA) was used to compress 88% of the variation in three layers, which were clustered into 84 classes using ISODATA clustering. All classes can now be described using available environmental datasets (see below).

### aggregating and naming

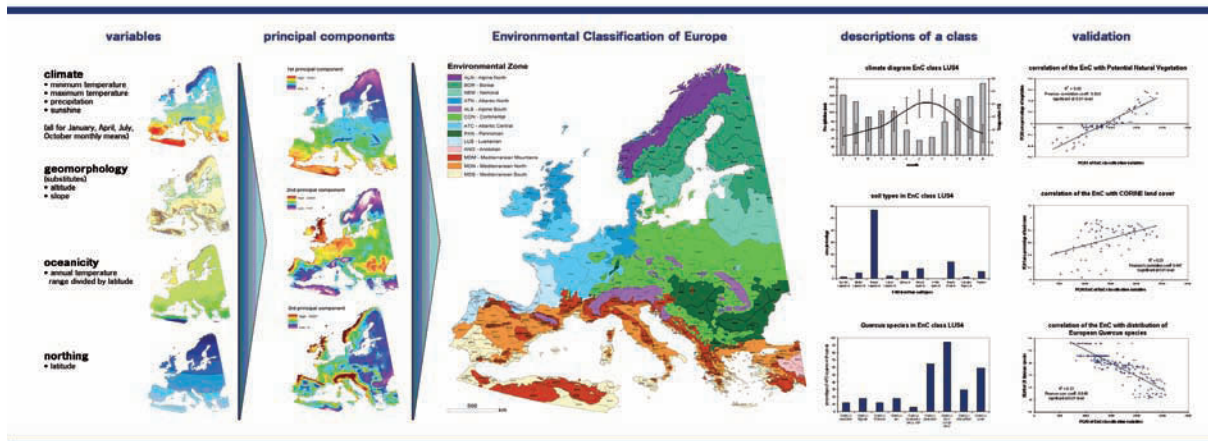
The 84 classes were aggregated into 13 Environmental Zones (EnZs) based on the mean 1<sup>st</sup> principal component value of the classes. Within each EnZ the EnC classes are numbered by their 1<sup>st</sup> principal component value. For example, the class with the highest value in the Boreal EnZ is named BOR1.

### validation

Correlations with available ecological datasets, e.g. soil, vegetation, land cover and species distribution, were all significant (Pearson correlation coefficient at 0.01 level), emphasizing that the EnC is an appropriate environmental stratification for Europe.

### applications

On a national scale similar stratifications have proven successful in among others: integration of diverse datasets -assessment of ecological resources -assessment of environmental change -scenario testing (e.g. climate change) The EnC is used in several EU projects and is available for science on request.



<sup>1</sup> Plant Production Systems, Wageningen University

<sup>2</sup> Alterra, Green World Research

Tabla IV-1 Características generales de las zonas medioambientales

Características	Alpina norte	Boreal	Nemoral	Atlántica norte	Alpina sur	Continental	Atlántica central	Panónica	Lusitana	Mediterránea de montaña	Mediterránea norte	Mediterránea sur
Altitud media (m)	572	216	127	190	1.253	435	140	160	371	905	433	277
Pendiente media (grados)	5,0	1,0	0,4	2,0	7,8	2,1	0,7	0,9	2,6	4,6	2,4	2,3
Duración de la estación de crecimiento (días)	130	157	196	255	220	227	296	250	353	298	335	363
Suma de las temperaturas activas (+ 10 °C)	1.416	1.966	2.717	3.198	3.005	3.294	3.849	4.099	4.749	4.548	5.104	6.021
Precipitación media anual (mm)	1.317	624	679	1.356	1.144	743	892	570	1.118	794	734	529
% urbano <sup>(1)</sup>	0,1	1,0	1,6	4,9	1,8	1,0	8,0	6,5	3,4	2,5	2,7	2,9
% forestal <sup>(1)</sup>	39,5	59,9	28,9	13,8	49,8	33,0	15,7	15,3	27,8	41,0	17,5	10,0
% suelo agrícola <sup>(1)</sup>	51,0	30,4	27,6	79,4	40,2	63,0	75,0	75,8	67,5	54,9	78,5	85,6
% arable del % agrícola <sup>(1)</sup>	0,0	15,0	48,5	30,5	7,6	61,8	45,8	72,9	27,8	20,5	44,2	26,9
% cultivos herbáceos en secano <sup>(1)</sup>	0,0	15,0	48,5	30,5	7,5	61,8	45,8	72,8	27,4	18,6	38,4	22,3
% Cultivos de regadío <sup>(1)</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	1,9	5,8	4,6
% pastizal del % agrícola <sup>(1)</sup>	3,0	3,2	11,9	41,3	46,1	16,8	36,4	10,2	19,3	20,8	5,7	7,1
% áreas AVN del % agrícola (1 + 2)	0,1	14,9	43,0	29,2	34,7	8,7	3,8	14,4	33,9	60,9	27,9	40,3
Sistemas intensivos más importantes (% SAU) <sup>(2)</sup>												
			100 (basado únicamente en datos RICA de Suecia)									
Insumos altos <sup>(2)</sup>	0	42		41	28	60	58	..	43	26	18	8
Insumos medios <sup>(2)</sup>	0	45	0	31	60	39	33	..	43	47	39	25
Insumos bajos <sup>(2)</sup>	0	6	0	28	12	1	9	..	14	27	42	67
Sistemas más importantes de uso del suelo (% SAU) <sup>(3)</sup> :												
Cultivo de cereales <sup>(3)</sup>	0	26	0	21	24	48	25	..	20	21	36	11
Barbecho <sup>(3)</sup>	0	14	0	1	6	0	2	..	7	19	22	15
Policultivo <sup>(3)</sup>	0	7	0	5	6	11	10	..	3	5	10	5
Cultivos especializados <sup>(3)</sup>	0	0	0	2	2	0	5	..	11	4	12	14
Cultivos forrajeros de pastoreo <sup>(3)</sup>	0	21	23	9	19	16	11	..	12	9	6	10
Pastizal permanente en pastoreo <sup>(3)</sup>	0	0	0	59	43	24	42	..	19	34	10	43
Pastizal temporal en pastoreo <sup>(3)</sup>	0	33	77	3	0	2	5	..	28	9	4	0
Cultivos permanentes <sup>(3)</sup>	0	0	0	0	0	0	0	..	0	0	1	1
Policultivo para el ganado <sup>(3)</sup>	0	0	0	0	0	0	0	..	0	0	0	1
Presiones ambientales más importantes <sup>(4)</sup> :												
Erosión	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
Compactación del suelo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Eutrofización	Bajo	Medio	Medio	Medio/Alto	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Contaminación por pesticidas	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio



Características	Alpina norte	Boreal	Nemoral	Atlántica norte	Alpina sur	Continental	Atlántica central	Panónica	Lusitana	Mediterránea de montaña	Mediterránea norte	Mediterránea sur
<i>Captación de agua</i>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
<i>Riesgo de incendio</i>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
<i>Abandono de tierras</i>	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
<i>Fragmentación de hábitats</i>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio

(<sup>1</sup>) Corine Land Cover 2000.

(<sup>2</sup>) Corine land cover 2000. El mapa AVN es una selección de las clases de cobertura del suelo de AVN (según Erling et al., 2003, y los ajustes adicionales del CCI).

(<sup>3</sup>) Tipología IRENA de los sistemas agrícolas (indicador 13: Modelos agrícolas y ganaderos. Ind. 15: Intensificación/Extensificación. Fuente de los datos: FADN 2000. Esta tipología solamente es aplicable en la UE15, lo que significa que, en las zonas total o parcialmente localizadas en los nuevos Estados miembros, la información sobre los sistemas agrícolas sólo está disponible en los sistemas agrícolas existentes en la UE15 (es decir, en la zona continental, la nemoral, la mediterránea de montañas y la alpina sur) o es totalmente inexistente (por ejemplo, en la zona panónica).

(<sup>4</sup>) Presiones tomadas del proyecto MIRABEL I con la adición del conocimiento de los expertos.

**Fuente:** FAO: FAOSTAT, rendimiento medio nacional, 2000–2005.

# Anexo V Cultivos potenciales para la producción de bioenergía, especificados según las Zonas Medioambientales

**Tabla V-1 Cultivos potenciales de biomasa según la Zona Medioambiental**

Descripción general	Pequeña superficie agrícola de verano en el sur	Agricultura de verano en el sur	Agricultura de verano									
<b>Doble cultivo</b>	No	No	Sólo en áreas costeras con bajo rendimiento	Sí, con bajo rendimiento	Sí, en valles: sí	Sólo en humedales/ áreas húmedas	Sí	Con riego	Sí	Sí, en valles y con bajo rendimiento-sí	Sólo con regadío (intensivo)-no	Sólo con regadío (intensivo)-no
Elementos de las asociaciones de cultivos	Alpina norte	Boreal	Nemorai	Atlántica norte	Alpina sur	Continental	Atlántico E. Central	Panónica	Lusitana	Medit. Montaña	Medit. Nórdicos	Med. sur
<b>Cultivos herbáceos comunes</b>												
Trigo	-	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo+	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo	Trigo
Colza (aceite)	-	Colza	Colza	Colza+	Colza+	Colza	Colza+	Colza	Colza+			
Remolacha azucarera	-	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera	Remolacha azucarera			
Cebada	-	Cebada	Cebada	Cebada+	Cebada+	Cebada	Cebada+	Cebada	Cebada+	Cebada	Cebada	
Girasol	-			Girasol	Girasol	Girasol	Girasol+	Girasol	Girasol+	Girasol	Girasol	Girasol
Patata	-	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata	Patata
Maíz	-			Maíz+	Maíz	Maíz+	Maíz	Maíz+	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz
Sorghum bicolor (sorgo)	-							Sorgo	Sorgo+		Sorgo	Sorgo
Triticale	-		(Triticale)	Triticale+	Triticale+	Triticale	Triticale	Triticale	Triticale			
Centeno	-	Centeno	Centeno	Centeno+	Centeno+	Centeno	Centeno+	Centeno	Centeno+	Centeno	Centeno	Centeno
Avena	-	Avena	Avena	Avena+	Avena+	Avena	Avena+	Avena	Avena+	Avena	Avena	Avena
Trébol/alfalfa	-			Trébol	Trébol	Trébol	Trébol	Trébol	Trébol	Alfalfa	Alfalfa	
<b>«Nuevos» cultivos herbáceos</b>												
Cáñamo	-			Cáñamo+	Cáñamo+	Cáñamo	Cáñamo+	Cáñamo	Cáñamo+	Cáñamo		
Mostaza	-			Mostaza	Mostaza	Mostaza	Mostaza	Mostaza	Mostaza+			
Lino	-	Lino	Lino	Lino+	Lino+	Lino	Lino+	Lino+	Lino+			
Ricino											Ricino	Ricino
Brassica carinata (colza)										Brassica carinata	Brassica carinata	Brassica carinata
Caña de azúcar											Caña de azúcar	Caña de azúcar
Chumbera											Chumbera	Chumbera
Cynara cardunculus (cardo)										Cynara cardunculus	Cynara cardunculus	Cynara cardunculus
Patata										Patata	Patata	Patata
<b>Cultivos permanentes (lignocelulósicos)</b>												
Hierba verde	-	Hierba	Hierba	Hierba	Hierba	Hierba	Hierba	Hierba	Hierba			
Caña común	-						Caña común		Caña común	Caña común	Caña común	Caña común
Miscanto	-			Miscanto	Miscanto	Miscanto	Miscanto	Miscanto	Miscanto	Miscanto	Miscanto	Miscanto
Pasto aguja				Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja	Pasto aguja
Alpiste rosado		Alpiste rosado	Alpiste rosado	Alpiste rosado		Alpiste rosado	Alpiste rosado	Alpiste rosado	No			
Cynara cardunculus (cardo)											cardo	cardo
<b>Varietades de cultivos leñosos de ciclo corto (cultivos lignocelulósicos)</b>												
Álamo				Álamo SRC	Álamo SRC	Álamo SRC	Álamo SRC	Álamo SRC	Álamo SRC			
Sauce		Sauce SRC	Sauce SRC	Sauce SRC	Sauce SRC	Sauce SRC	Sauce SRC	Sauce SRC	Sauce SRC			
Eucalipto										Eucalipto SRC	Eucalipto SRC	Eucalipto SRC

Fuente: FAO: FAOSTAT rendimiento medio nacional, 2000–2005.

# Anexo VI Presiones ambientales por cultivo

**Tabla VI-1 Estimación de las presiones ambientales por cultivo, análisis por cultivos (lista de cultivos sin un orden concreto. Comparación con el anexo VII) – Parte A**

<b>Vegetación herbácea permanente</b>		<b>Justificación</b>	<b>Maíz</b>	<b>Justificación</b>
Erosión	A	Cobertura todo el año	C	Período prolongado sin cobertura del suelo, cultivo en hileras.
Compactación del suelo	A	Sin maquinaria o con uso extensivo (sólo para la fertilización y la siega)	C	Sistema radicular poco desarrollado; cosecha tardía en suelos húmedos, a veces seguida de la siembra de los cultivos de invierno
Aportación de nutrientes a las aguas superficiales y subterráneas	A	En los pastizales seminaturales no se aplica N. La aplicación de N mejorada puede ser baja-media; la fijación de nitrógeno alta-media en herbazales; bajo riesgo de lixiviación gracias a la cobertura permanente	B/C	Índices de aplicación de N en general más altos pero también buena fijación de N por los cultivos. Se registran elevados excedentes de N en el cultivo de maíz, especialmente en Europa central y meridional. El riesgo de lixiviación es alto debido a la escasa cobertura del suelo (cultivo en hileras).
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	No en los pastizales permanentes extensivos, pero uso limitado en los tipos más intensivos	B	Plantas C4: poca capacidad para competir hasta el cierre de la cubierta del cultivo; sujeta a muchas enfermedades y plagas
Captación de agua	A	Disponibilidad de especies y variedades herbáceas adaptadas	B	Necesidad de agua media y eficiencia de utilización alta. En el Mediterráneo es necesario el riego porque es un cultivo típico de verano
Contribución al riesgo de incendio	B	Riesgo medio en las regiones de verano seco (pero depende del manejo de la hierba)	A	Cosecha antes de secarse
Vínculo con la biodiversidad en las áreas agrícolas	A	Sin insumos químicos en los pastizales antiguos o extensivos con gran riqueza de especies (de flora y fauna)  Los pastizales más intensivos y mejorados tienen menos diversidad de flora, pero pueden seguir siendo hábitats importantes para las aves invernales vinculadas a tierras agrarias	B/C	Impacto generalmente negativo sobre la calidad del hábitat. Impacto más severo en las regiones meridionales debido a la necesidad del regadío, lo que conlleva la extracción de agua.  Ofrece algunas oportunidades para el refugio de la fauna en otoño
Diversidad de tipos de cultivo	A	Alta, varias especies de trébol de pastizal en cada campo, especialmente en los tipos seminaturales antiguos	C	Cultivo muy común en casi toda la UE (excepto en el norte de Europa).

Doble cultivo*		Justificación	Cáñamo		Justificación
Erosión	A	Laboreo mínimo	A/B	Arroyadas profundas	
Compactación del suelo	A	Laboreo mínimo	A	Enraizamiento profundo	
Aportes de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	Demanda moderada; con buena fijación de N y poca lixiviación gracias a la buena cobertura del suelo y al laboreo restringido	A	Baja demanda; buena fijación y cosecha de la planta entera	
Contaminación por pesticidas del suelo y el agua	B	Necesita algunas aplicaciones de herbicidas para disminuir las labores de arar y cultivar	A	Aplicación limitada de pesticidas	
Captación de agua	B	Normalmente un cultivo para ensilado en verde (planta entera) seguido de maíz con gran requerimiento de agua	B	Necesita un suelo profundo y con buen suministro de agua, pero alta EUA (altos rendimientos). No adecuado para el Mediterráneo	
Contribución al riesgo de incendio	-	Cosechado antes de secarse	-	-	
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	Impacto directo sobre la calidad del hábitat por aplicación de pesticidas y nitrógeno a un nivel medio. Pero más espacio para las malas hierbas. Se puede segar varias veces al año, causando un trastorno directo a la vida silvestre	B	Baja utilización de insumos y, por lo tanto de limitado impacto directo sobre la calidad del hábitat. Demanda de agua alta, pero no es un problema en las zonas de clima templado donde crece y es un refugio atractivo. Es muy competitivo y por lo tanto resulta un posible supresor de hierbas silvestres	
Diversidad de tipos de cultivo	A	Media-alta ya que la mezcla de especies y los altos umbrales de maleza favorecen la biodiversidad	A	Actualmente no es común	

\* Para más detalles sobre el doble cultivo, ver el recuadro 8.3.

**Tabla VI-2 Estimación de las presiones ambientales por cultivo, análisis por cultivo (lista de cultivos sin un orden concreto. Comparación anexo VII) — Parte B**

Lino (aceite de linaza)		Justificación	Trébol Alfalfa		Justificación	Azúcar (remolacha)		Justificación
Erosión	B	Algún riesgo, debido a la cobertura media, aunque el lino de invierno tiene mejor cobertura	A	Cobertura todo el año		C	Tubérculo. Cultivo en hileras de cobertura limitada	
Compactación del suelo	A	Cultivo de cobertura invernal con raíces primarias largas que pueden paliar los efectos de la compactación del suelo	A/B	El uso de la maquinaria debe ser extensivo		C	La maquinaria pesada y la masa cosechada causan la compactación del suelo	
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	B	Demanda de N media-baja, pero el índice de aplicación de N varía mucho según los países. Como la extracción de N es muy baja debido a los rendimientos bajos, la pérdida de N puede ser muy alta cuando el índice de aplicación es alto	B	Pérdida de N tras la arada (cultivo de leguminosas) pero menos mineralización de N que en el pastizal permanente		C	Índice de aplicación de N generalmente alto y no compensado por el alto rendimiento, en combinación con una cobertura limitada (riesgo de erosión) y también un alto riesgo de lixiviación	
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	B	Poco competitivo según el índice de crecimiento, así que la aplicación de herbicidas puede ser alta	A	Escasa aplicación de herbicidas		C	Poca capacidad de competición en la fase joven	
Captación de agua	A	Demanda de agua baja pero también EUA baja a causa del bajo rendimiento	A	Exigencia de agua alta (necesita suelos húmedos) y EUA media-baja. Se puede cultivar sin regar en climas húmedos, pero no es muy adecuado para los climas mediterráneos		B/C	Necesidad media de agua y alta EUA. Inadecuado para el Mediterráneo salvo regadío	
Contribución al riesgo de incendio	-	-	A/B	Cierto riesgo aunque limitado ya que está seco durante la estación con riesgo de incendio		-	-	
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	Aplicación de pesticidas y nitrógeno media-baja, lo que causa algún impacto negativo directo sobre la calidad del hábitat. Pero la estructura de cultivo abierto con malas hierbas, puede suministrar forraje en otoño	A	Baja utilización de nitrógeno y pesticidas y por lo tanto el impacto directo sobre la calidad del hábitat es muy limitado; aunque es una fuente de alimento para los animales (néctar) y puede suministrar refugio		B/C	Impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat debido a la aplicación de una gran cantidad de pesticidas y nitrógeno, pero puede servir de hábitat para la nidificación y suministrar refugio en otoño	
Diversidad de tipos de cultivo	A	Alta, pues no es común actualmente	A	Mayor que los cultivos herbáceos Introduce más de una especie		B	Común en zonas intensivas. Pero no es autotolerante	

Alfalfa (regadío)  
para el sur de Europa también

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

	<b>Colza</b>	<b>Justificación</b>	<b>Girasol</b>	<b>Justificación</b>	<b>Patata</b>	<b>Justificación</b>
Erosión	A	Siembra temprana con gran cobertura del suelo	B/C	Cobertura limitada, pero es posible el laboreo restringido	C	Tubérculo de cultivo en hileras
Compactación del suelo	A	Enraizamiento intensivo	A	Sistema radicular bien desarrollado	C	La maquinaria pesada y la masa cosechada causan la compactación del suelo
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	C	Índice de aplicación de nitrógeno generalmente alto y poca recuperación de N en la cosecha	A	Aplicación limitada de nitrógeno y muy buena fijación por cultivo	B/C	Demanda baja y una buena fijación por el cultivo de  rendimiento alto, especialmente en el norte, oeste y centro de la UE (no en el sur). Pero un riesgo de lixiviación relativamente alto en invierno. Uso intensivo de la maquinaria y erosión del suelo
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	C	Varias plagas y enfermedades	B	Diferentes enfermedades; insectos y caracoles	B	Sensible a plagas y enfermedades. Necesita combinación de pesticidas. Pero posible control mecánico de plagas
Captación de agua	B	Necesidad de agua media-alta y EUA media. El éxito depende mucho del suministro de agua. Inadecuado para las regiones con estrés hídrico	B/C	Necesidad de agua media-alta y EUA media. Puede crecer sin riego, incluso en circunstancias de sequía pero con un rendimiento mínimo. Este cultivo suele ser de regadío en el Mediterráneo, ya que su rendimiento aumenta mucho	A/B	Necesidad media de agua y alta EUA. En las regiones secas es necesario el riego
Contribución al riesgo de incendio	-	-	A	Cosechado antes de secarse	-	-
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B/C	Impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat por la aplicación de una gran cantidad de pesticidas y nitrógeno. Fuente de alimento para animales (polen). Cultivo denso que ofrece refugio y espacio para la maleza	A/B	Uso medio de pesticidas pero bajo de nitrógeno con algún impacto sobre la calidad del hábitat. Sin regadío no hay un efecto adverso de extracción de agua; de lo contrario aumenta el estrés hídrico. Fuente de alimento para animales (polen), espacio para la maleza y una posible rastrojera en invierno	B/C	Uso de pesticidas alto pero riesgo de lixiviación de nitrógeno medio. Alto riesgo de erosión y compactación del suelo. Impacto negativo general sobre la calidad del hábitat, especialmente el suelo. Sin riego no hay un efecto adverso de captación de agua; de lo contrario aumenta el estrés hídrico. Puede suministrar refugio en otoño
Diversidad de tipos de cultivo	A/B	En algunos Estados miembros es muy común, aunque ya ocasiona una gran monotonía	A (B/C)	Según regiones. Es muy común en Bulgaria, Rumanía, España y Portugal	A/B	Muy común en algunos Estados miembros



Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)			Trigo	Justificación	Sorgo	Justificación
Erosión	A/B	Suelo cubierto sin duda en el caso de los cereales de invierno, pero el suelo con los cereales de primavera es más erosionable	B	El trigo de invierno suele sembrarse tarde en otoño y con una cobertura de suelo limitada	B	Generalmente la cobertura es media. También es posible su cultivo en verano en las regiones secas con riego
Compactación del suelo	A	Enraizamiento intensivo y cosecha en tiempo seco	A/B	La siembra tardía en los suelos húmedos ocasiona la suela de arado (sobre todo en el noroeste de Europa), aunque también influye el enraizamiento intensivo y la cosecha realizada habitualmente durante los inviernos secos (especialmente en el sur de Europa)	A	Enraizamiento profundo
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	B	Demanda de agua entre media (cebada) y baja (centeno, avena, triticale), fijación media y extracción baja según el rendimiento	A/B	Mayor demanda de nitrógeno que otros cereales pero mayor fijación según su mayor rendimiento. El trigo de alta calidad necesita una aplicación extra de nitrógeno al final del período de vegetación que es cuando la absorción es menor en las condiciones de clima seco	B	Necesita un aporte medio de nitrógeno. La absorción y el rendimiento son medios.  Es necesario un abono básico NPK
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	B	Aplicación de pesticidas normal aunque menor debido a la menor duración del período de crecimiento	B/C	Cultivo intensivo con varias aplicaciones de pesticidas (de 6 a 12) en invierno en el norte de Europa, y menos en el sur	B/C	Numerosas enfermedades. No es muy competitivo al principio
Captación de agua	A/B	Demanda de agua generalmente baja de la cebada, la avena y el centeno, aunque mayor la de la avena	B	El cereal con mayor demanda de agua	B	Necesidad media de agua y de EUA. Se cultiva en áreas demasiado secas para el maíz, aunque el riego es necesario para obtener un rendimiento alto
Contribución al riesgo de incendio	A	Se cosechan antes de secarse, por lo que el cultivo no coincide con el calor estival	A	-	A	Se cosecha antes de secarse, por lo que el cultivo no coincide con el calor estival
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	Aplicación de pesticidas y nitrógeno media-baja, lo que causa algunos impactos negativos directos sobre la calidad del hábitat. Pero puede tener una estructura abierta; hábitat para la nidificación cuando el cultivo es de primavera y algo más de espacio para la maleza	B/C	Aplicación de pesticidas y nitrógeno media-alta, lo que causa un impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat. Cultivo denso, de nidificación limitada, refugio y sin maleza	B	Aplicación de pesticidas y nitrógeno media, lo que causa un impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat. Pero puede ser un cultivo abierto y una fuente de alimento para animales
Diversidad de tipos de cultivo	B	Depende del tipo de cereal pero en general menos común que el trigo	C	Muy común	A/B	No es común salvo en algunas regiones meridionales

	<b>Ricino</b>	<b>Justificación</b>	<b><i>Cynara cardunculus</i> (Cardo)</b>	<b>Justificación</b>	<b><i>Brassica carinata</i></b>	<b>Justificación</b>
Erosión	A/B	Cobertura del suelo media	A/B	Cobertura del suelo media, pero puede establecerse sin laboreo	A	Similar a la colza, siembra temprana con gran cobertura del suelo
Compactación del suelo	A	No necesita maquinaria pesada y se planta y se cosecha en suelo seco	A	Enraizamiento intensivo, cosecha en tiempo seco	A	Enraizamiento intensivo
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	?	?	A	Bajo aporte de nitrógeno	C	Similar a la colza, índice de aplicación de nitrógeno generalmente alto y poca recuperación de nitrógeno según el rendimiento
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	?	?	A	Muy resistente a plagas	?	?
Captación de agua	B	Consumo de agua medio, EUA desconocida	B	Muy poca demanda de agua	B	Necesidad de agua media- alta y EUA media. Menos adecuado para regiones con estrés hídrico
Contribución al riesgo de incendio	A	No muy seco	C	Seco en la estación con riesgo de incendio. Quema bien porque contiene aceite	A	No está seco en la estación con riesgo de incendio.
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas		?	B/C	Aplicación de pesticidas y nitrógeno baja, por lo que no causa un impacto negativo directo sobre la calidad del hábitat. Captación de agua también muy limitada. La estructura abierta favorece la nidificación y suministra refugio y espacio para la maleza	B/C	Impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat por la aplicación de una gran cantidad de pesticidas y nitrógeno. Fuente de alimento para animales (polen). Cultivo denso que suministra refugio y espacio para la maleza
Diversidad de tipos de cultivo	A	No es nada común	A	No es nada común	A	No es nada común
	<b>Chum-bera</b>	<b>Justificación</b>	<b>Caña de azúcar</b>	<b>Justificación</b>	<b>Patata</b>	
Erosión	C	Poca cobertura	A	Cobertura del suelo densa	A	Cobertura del suelo densa
Compactación del suelo	A	No requiere laboreo	A	Enraizamiento intensivo. Cosecha con suelo seco	A	Enraizamiento intensivo. Cosecha con suelo seco
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	?	?	B	Aporte de nitrógeno medio-alto pero alta extracción según rendimiento	B	Aporte de nitrógeno medio-alto pero alta extracción según rendimiento
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	?	?	?	?	?	?
Captación de agua	A	Cultivo estepario (cactus)	B/C	Alta necesidad de agua y alta eficiencia de utilización. Sólo es posible en el Mediterráneo y con regadío	B/C	Necesidad de agua alta y EUA media-alta. En el Mediterráneo requiere regadío
Contribución al riesgo de incendio	-	-	B	Arde bien cuando está seco y es denso	A	Riesgo no alto
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	?	?	B/C	Alta demanda de agua, conduciendo a una alta captación de agua. Cultivo denso sin dejar espacio para refugio y maleza	B/C	Alta demanda de agua, conduciendo a una alta captación de agua. Suministra espacio de refugio bastante denso. Alimento para animales durante la floración (néctar)
Diversidad de tipos de cultivo	A	No es nada común	A	No es nada común	A	No es nada común

## Anexo VI

<b>Caña común</b> <i>Arundo donax</i>		<b>Justificación</b>	<b>Miscanto</b>	<b>Justificación</b>	<b>SRC eucalipto</b>	<b>Justificación</b>
Erosión	A	Cultivo permanente	A	Cultivo permanente	C	Árbol, pero sin sotobosque
Compactación del suelo	A	Raíces profundas, cultivo permanente	A	Raíces profundas, cultivo permanente	A	Raíces profundas, cultivo permanente
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A/B	Mayor demanda de nutrientes que el miscanto	A	Baja necesidad de nutrientes	B	No utiliza mucho nitrógeno, crece bien incluso en suelos muy pobres
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	Muy competitivo.	A	Prácticamente no necesita pesticidas, sólo en su establecimiento	A	Muy competitivo.
Captación de agua	B/C	Suelos bien drenados donde hay abundante humedad disponible, se cree que altera el régimen hidrológico y disminuye la disponibilidad de agua subterránea al transpirar gran cantidad de agua de los acuíferos semiáridos.	A	Resistente a la sequía (no tanto como el pasto aguja) y con uso del agua muy eficiente (C4), pero debido a sus profundas raíces, es posible la captación de aguas subterráneas	C	Necesita mucha agua, pero también tiene alta EUA. Debido a sus raíces profundas no necesita riego, pero al necesitar mucha agua, afecta negativamente al régimen hídrico y baja el nivel del agua subterránea de los acuíferos
Contribución al riesgo de incendio	C	La caña común es muy inflamable durante casi todo el año y parece muy adaptada a las situaciones «extremas» de incendio	B	Arde fácilmente en seco, pero está seco en invierno y no en verano que es cuando más alto es el riesgo de incendio	C	Es muy inflamable durante casi todo el año y parece muy adaptado a las situaciones «extremas» de incendio. Arde muy bien si el contenido en aceite es alto
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	Aplicación de pesticidas y nitrógeno escasa o nula y por lo tanto no causa un impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat. Puede ser hábitat de nidificación y ofrece refugio en invierno	A	Aplicación de pesticidas y nitrógeno escasa o nula y por lo tanto no tiene un impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat; ofrece refugio en invierno; con nidificación de las aves dentro de las plantas	C	Efecto muy adverso de captación de agua. Ya es una causa de aumento del estrés hídrico en muchas regiones mediterráneas. Muy competitivo con otras plantas
Diversidad de tipos de cultivo	A	Actualmente no muy común. Las aves nidifican dentro de las plantas	A	Actualmente no muy común	C	Actualmente muy común en el sur
<b>SRC Álamo, sauce</b>		<b>Justificación</b>	<b>Alpiste rosado</b> <i>Phalaris arundinacea</i>	<b>Justificación</b>	<b>Pasto aguja</b> <i>Panicum virgatum</i>	<b>Justificación</b>
Erosión	A	Cultivo permanente	A	Cultivo permanente	A	Cultivo permanente
Compactación del suelo	A	Raíces profundas, cultivo permanente	A	Raíces profundas, cultivo permanente	A	Raíces profundas, cultivo permanente
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	Alta absorción de nitrógeno	A/B	Mayor demanda de nutrientes que el miscanto	A	Baja necesidad de nutrientes
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	Muy competitivo.	A	Aporte necesario muy bajo	A	Prácticamente no necesita pesticidas, salvo en su establecimiento
Captación de agua	B	No están claras las necesidades de agua	A/B	Necesita hábitats húmedos y fértiles; alta demanda de agua	A	Resistente a la sequía y uso del agua muy eficiente (C4), pero, debido a sus profundas raíces, es posible la captación de aguas subterráneas
Contribución al riesgo de incendio	-	-	-	-	B	Arde fácilmente en seco, pero está seco en invierno y no en verano que es cuando más alto es el riesgo de incendio
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	Aplicación de pesticidas y nitrógeno escasa o nula, por lo tanto no tiene impactos negativos directos sobre la calidad del hábitat; hábitat de nidificación y ofrece refugio en invierno; las aves nidifican dentro de las plantas	A	Aplicación de pesticidas y nitrógeno escasa o nula y por lo tanto no tiene un impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat; posible hábitat de nidificación, ofreciendo refugio en invierno; las aves nidifican dentro de las plantas	A	Aplicación de pesticidas y nitrógeno escasa o nula y por lo tanto no tiene un impacto negativo y directo sobre la calidad del hábitat; ofrece refugio en invierno; nidificación de las aves dentro de las plantas
Diversidad de tipos de cultivo	A	Actualmente no muy común	A	Actualmente no muy común	A	Actualmente no muy común

**Fuente:** FAO: FAOSTAT rendimiento medio nacional 2000–2005

## Referencias en las que se basa la priorización de cultivos:

### Erosión y compactación del suelo:

Akker Van den J. J. H. y Schjøning, P., 2004. *Subsoil compaction and ways to prevent it*. En: Schjøning, P., Elmholt, S. y Christensen, B.T. (eds.): *Management Soil Quality: Challenges in modern agriculture*, CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon, Reino Unido, págs. 163–184.

Boardman, J. & Poesen, J. (Eds.), 2006. *Soil Erosion in Europe*. Wiley, West Sussex, p. 878.

CCI, 2005. *Soil Atlas*. Centro Común de Investigación, Ispra (Italia), pág. 115.

Frede, H. G. & S. Dabbert, 1998. *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Ecomed, Landsberg, pág. 451.

Horn, R.; van den Akker J. J. H. & J. Arvidsson, 2000. *Subsoil Compaction*. *Advances in GeoEcology* 32, 462 págs.

International, Wallingford, Oxon, Reino Unido. págs. 163–184.

Kaltschmitt, M., 2001. *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer, Berlín.

Montanarella, L., 2006. *Soil at the interface between Agriculture and Environment*. [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/inter\\_en/report.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/report/en/inter_en/report.htm).

Scheffer/Schachtschabel, 2002. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg, Berlín.

### Consumo de agua:

Berndes, G., 2002. *Bioenergy and water – the implications of large-scale bioenergy production for water use and supply*. *Global Environmental Change* 12: 253–271.

Doorenbos, J., y A. H. Kassam, 1986. *Yield response to water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

Elbersen, B.; Andersen. E. R. Bakker; Bunce, R.; Carey, P.; Elbersen, W.; Eupen, M. Van; Guldmond, A.; Kool, B. Meuleman. G. J. Noij & J. Roos Klein- Lankhorst (forthcoming). *Large-scale biomass production and agricultural land use – potential effects on farmland habitats and related biodiversity*. Contrato de estudio de la AEMA EEA/EAS/03/004.

Fernández, J., 2006. *Sustainable energy cropping systems for the Mediterranean*. Sesión 1: *Bioenergy crops in the Mediterranean, practical experiences*. En: CECCI, *Actas de una consulta de expertos ‘Sustainable bioenergy*

*cropping systems for the Mediterranean’*. Madrid, 9-10 de febrero de 2006.

Geisler, G., 1988. *Pflanzenbau: Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion*. Parey, Berlín.

Rehm, S. y G. Espig, 1991. *The Cultivated Plants of the Tropics and Subtropics*. De Rietkampen, Wageningen (Países Bajos).

### Lixiviación de nutrientes hacia el agua:

Bioenergy Workshop Report, 2000. <http://www.nf-2000.org/publications/grass.pdf>

Britz, W., 2005. *CAPRI Modelling System Documentation: common agricultural policy regional impact analysis*. Development of a regionalised EU wide operational model to assess the impact of current Common Agricultural Policy on farming sustainability. Bonn. J05/30/2004 Deliverable 1.

Doublet ; S., 2004. *Calcul des surplus agricoles – NOPOLU – System2*. Beture-CEREC/SOLAGRO.

European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA), 2005. *National fertiliser application rates per crop*. <http://www.efma.org/>.

Nieder, R., 1997. *Die Rolle der N-Transformationen und Translokationen in der Bilanz des Stickstoffhaushalts von Mitteleuropäischen Ackerböden*. En: *Deutsche Hochschulschriften* 2385 p. 189. Egelsbach (Alemania).

SCEES, 2001. *Agricultural Practices Survey in France*.

Wolters, D., 1999. *Bioenergie aus ökologischem Landbau – Möglichkeiten und Potentiale*. Wuppertal Papers 91/1999. Wuppertal.

### Pesticidas:

Agrarberatungsservice Hans Tatzber, [http://www. abs.at/begrueung.htm](http://www.abs.at/begrueung.htm)

Mehlin, M. et al., 2003. *Renewable Fuels for Cross Border Transportation*. Informe para la Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente, Berlín.

Müller-Sämann, K. M. et al., 2003. *Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren*. Informe final al Ministerio de Medio Ambiente y Tráfico en Baden-Württemberg, Mühlheim (Alemania).

Paulsen, H. M., 2003. *Fruchtfolgegestaltung im Ökobetrieb zur Erlangung einer Treibstoffautarkie*. Documento del Centro Federal de Investigación Agrícola de Alemania.

Brauschweig (Alemania). <http://orgprints.org/2211/01/OLFF.pdf>.

Reinhardt, G. y Scheurlen, K., 2004. *Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien*. Anexo del informe a la Agencia Federal de Conservación de la Naturaleza. Leipzig.

Wolters, D., 1999. *Bioenergie aus ökologischem Landbau – Möglichkeiten und Potentiale*. Wuppertal Papers 91/1999. Wuppertal.

[www.FAO.org](http://www.FAO.org) (Grassland Species Profiles)

#### **Diversidad de cultivos y biodiversidad de las áreas agrícolas:**

Elbersen, B.; Andersen, E.; R. Bakker; Bunce, R.; Carey, P.; Elbersen, W.; Eupen, M. Van; Guldemond, A. Kool, B. Meuleman, G. J. Noij & J. Roos Klein- Lankhorst (de próxima aparición): *Large-scale biomass production and agricultural land use – potential effects on farmland habitats and related biodiversity*. Contrato de estudio de la AEMA EEA/EAS/03/004.

Reinhardt, G. y Scheurlen, K., 2004. *Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien*. Anexo del informe a la Agencia Federal de Conservación de la Naturaleza. Leipzig.

Scheffer, K. y M. Karpenstein-Machan, 2001. *Ökologischer und Ökonomischer Wert der Biodiversität am Beispiel der Nutzung von Energiepflanzen*. Symposium der AG Ressourcen der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung am 23./24.11. 2000 in Witzenhausen. Schriftenreihe der Zentralstelle für Agrardokumentation und – information, Informationszentrum Genetische Ressourcen (IGR), Band 16, S. 177–192. <http://tncweeds.ucdavis.edu/esadocs/documnts/arundon.pdf>.

Tubby, I & A. Armstrong, 2002. *The establishment and management of short rotation coppice – a practitioner's guide*. Nota de Práctica de la Comisión Forestal. Comisión Forestal, Edinburgo.

#### **Riesgo de incendio:**

[www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/arudon/fire\\_ecology.html](http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/arudon/fire_ecology.html)



# Anexo VII Clasificación de diferentes cultivos según el riesgo ambiental

Este anexo presenta la clasificación de diferentes cultivos según el riesgo ambiental en cada zona medioambiental. Esta clasificación se deriva de la integración de las demandas de la planta y la importancia de una determinada presión en cada zona medioambiental. Las zonas medioambientales se agrupan cuando en ellas la distribución de los cultivos y los problemas son similares. Las letras A, B y C indican que el riesgo ambiental es bajo, medio y alto, respectivamente.

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005 (hoja Excel «descripción de las plantas»).

**Tabla VII-1** Tabla de riesgos en la zona boreo-nemoral

Boreo-nemoral	Cultivos herbáceos						Plantas perennes		
	Lino (aceite de linaza)	Otros cereales (avena, cebada, centeno, triticale)	Trigo	Colza	Remolacha azucarera	Patatas	Vegetación herbácea permanente	Alpiste rosado	Sauce (SRC)
Erosión	B	B	B	A	C	C	A	A	A
Compactación del suelo	A	A	B	A	C	C	A	A	A
Lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas y superficiales	B	B	B	C	C	B/C	A	B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	B	B	B	C	C	B/C	A	A	A
Captación de agua	A	A	B	B	A	A/B	A	C	B
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	-	-	-	...		
Vinculación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	B	B/C	B/C	B	C	A	A	A
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	C	A/B	B	B	A	A	A

**Fuente:** EFMA.

**Tabla VII-2 Tabla de riesgos en la zona atlántica norte**

Zona atlántica norte	Cultivos herbáceos									Plantas perennes				
	Cáñamo	Doble cultivo	Semilla de mostaza	Lino	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Trigo	Colza	Patata	Remolacha azucarera	Vegetación herbácea permanente	Miscanto	Pasto aguja	Alpiste rosado	SRC: sauce y álamo
Erosión	A	A	A/B	B	B	B	A	C	C	A	A	A	A	A
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	B	A	C	C	A	A	A	A	A
Lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A/B	B	B	B	C	B/C	C	A	A	A	A/B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	B	A	B	B	B	C	C	C	A	A	A	A	A
Captación de agua	B	B	B	A	A	B	B	A	B	A	A	A	B	B
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	B	A	B	B	B/C	B/C	C	B	A	A	A	A	A/B
Diversidad de tipos de cultivos	A	A	A	A	B	C	A/B	B	B	A	A	A	A	A

Fuente: EFMA.

**Tabla VII-3 Tabla de riesgos en la zona alpina sur**

Zona alpina sur	Cultivos herbáceos												
	Cáñamo	Doble cultivo	Semilla de mostaza	Trébol Alfalfa	Lino	Girasol	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Colza	Trigo	Patatas	Remolacha azucarera	Maíz	
Erosión	A	A	A/B	A	B	B/C	B	A	B	C	C	C	
Compactación del suelo	A	A	A	A/B	A	A	A	A	B	C	C	C	
Lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A/B		B	A	B	C	B	B/C	C	C	
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	B	A	A	B	B	B	C	B	C	C	B	
Captación de agua	B	B	B	A	A	B	A	B	B	A	B	B	
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	A/B	-	-	-	-	-	-	-	..	
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	B	A		B	A	B	B/C	B/C	C	B	C	
Diversidad de tipos de cultivos	A	A	A	A	A	A	B	B	C	B	B	C	

Fuente: EFMA.

Plantas perennes				
Zona alpina sur	Vegetación herbácea permanente	Miscanto	Pasto aguja	SRC: sauce y álamo
Erosión	A	A	A	A
Compactación del suelo	A	A	A	A
Lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	A	A
Captación de agua	A	A	A	B
Aumento del riesgo de incendio	C	B	B	A
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	A	A/B
Diversidad de tipos de cultivos	A	B	A	B/C

Fuente: EFMA.

**Tabla VII-4** Tabla de riesgos en la zona continental y panónica

Cultivos herbáceos													
Zona continental/panónica	Cáñamo	Doble cultivo (no en la zona panónica)	Semilla de mostaza	Trébol Alfalfa	Lino	Girasol	Sorgo (sólo en la zona panónica)	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Colza	Trigo	Patata	Remolacha azucarera	Maíz
Erosión	A	A	A/B	A	B	B/C	B	B	A	B	C	C	C
Compactación del suelo	A	A	A	A/B	A	A	A	A	A	B	C	C	C
Lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A/B	B	B	A	B	B	C	B	B/C	C	C
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	B	A	A	B	B	B	B	C	B	C	C	B
Captación de agua	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A	B	B
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	A/B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Relación con la biodiversidad de las zonas agrícolas	B	B	A	A	B	A	B	B	B/C	B/C	C	B	C
Diversidad de tipos de cultivos	A	A	A	A	A	A	A/C	B	B	C	B	B	C

\* Muy común en Rumanía y Bulgaria.

Fuente: FAO: FAOSTAT rendimiento medio nacional, 2000–2005.

Plantas perennes					
Zona continental/panónica	Veget. herbácea permanente	Miscanto	Pasto aguja	Alpiste rosado	SRC: sauce y álamo
Erosión	A	A	A	A	A
Compactación del suelo	A	A	A	A	A
Lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A	B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	A	A	A
Captación de agua	A	A	A	B	B
Aumento del riesgo de incendio	B	B	B	A	A
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	A	A	A/B
Diversidad de tipos de cultivos	A	B	A	A	B/C

Fuente: FAO: FAOSTAT rendimiento medio nacional, 2000–2005.

**Tabla VII-5 Tabla de riesgos en la zona atlántica y lusitana**

Zona atlántica central/ lusitana	Cultivos herbáceos												
	Cáñamo	Doble cultivo	Semilla de mostaza	Trébol Alfalfa	Lino	Girasol	Sorgo (sólo en la zona lusitana)	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Colza	Trigo	Patata	Remolacha azucarera	Maíz
Erosión	A	A	A/B	A	B	B/C	B	B	A	B	C	C	C
Compactación del suelo	A	A	A	A/B	A	A	A	A	A	B	C	C	C
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A/B	B	B	A	B	B	C	B	B/C	C	C
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	B	A	A	B	B	B	B	C	B	C	C	B
Captación de agua	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	B	B	C
Aumento del riesgo de incendio	-	-	-	A/B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	B	B	A	A	B	A	B	B	B/C	B/C	C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	A	A	A	A	A	A/C*	B	B	C	B	B	C

\* Muy común en Rumanía y Bulgaria.

**Fuente:** FAO FAOSTAT rendimiento medio nacional, 2000–2005.

Zona atlántica central/lusitana	Plantas perennes					
	Veget. herbácea permanente	Miscanto	Pasto aguja	SRC: sauce y álamo	Caña común (sólo en la zona lusitana)	SRC: eucalipto (sólo en la zona lusitana)
Erosión	A	A	A	A	A	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A	A	B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	A	A	A	A
Captación de agua	A	A	A	B	C	C
Aumento del riesgo de incendio	B	B	B	A	C	C
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	A	A/B	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	A	B/C	A	C

**Fuente:** FAO: FAOSTAT rendimiento medio nacional 2000–2005.

**Tabla VII-6 Tabla de riesgos en la zona mediterránea de montaña**

Zona mediterránea de montaña	Cultivos herbáceos										
	Trébol Alfalfa	Cáñamo	Doble cultivo	Girasol	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Pataca	Brassica carinata (colza)	Cynara cardunculus (cardo)	Trigo	Patata	Maíz
Erosión	A	A	A	B/C	B	A	A	A/B	B	C	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	C
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	B	A	A	A	B	B	C	A	B	C	C
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	B	B	B	?	?	A	B	C	B
Captación de agua	A	B	B	B	A	B/C	B	B	B	B	C
Aumento del riesgo de incendio	B	A	-	A	A	A	A	C	A	A	A
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	B	B	A	B	B/C	B/C	B/C	B/C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	A	A	A	B	A	A	A	C	B	C

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005.

Zona mediterránea de montaña	Plantas perennes					
	Veget. herbácea permanente.	Miscanto	Pasto aguja	SRC: sauce y álamo	Caña común	Eucalipto (SRC)
Erosión	A	A	A	A	A	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A	A	B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	A	A	A	A
Captación de agua	A	A	A	B	C	C
Aumento del riesgo de incendio	B	B	B	A	C	C
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	A	A/B	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	A	B/C	A	C

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005.

**Tabla VII-7** Tabla de riesgos para la zona mediterránea norte

Mediterránea norte	Cultivos herbáceos												
	Trébol Alfalfa	Girasol	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Ricino	Pataca	Brassica carinata (colza)	Cynara cardunculus (cardo)	Chumbera	Sorgo	Trigo	Caña de azúcar	Patatas	Maíz
Erosión	A	C	B	A/B	A	A	A/B	C	B	B	A	C	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	C	C
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	B	A	B	?	B	C	A	?	B	B	B	C	C
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	B	B	?	?	?	A	?	B	B	?	C	B
Captación de agua	A	B	A	A	B/C	B	B	A	B	B	C	B	C
Aumento del riesgo de incendio	B	A	A	A	A	A	C	-	A	B	A	A	A
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	B	?	B/C	B/C	B/C	?	B	B/C	B/C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	B	C

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005

Mediterránea norte	Plantas perennes					
	Veget. herbácea permanente	Miscanto	Pasto aguja	Cynara cardunculus (cardo)	Caña común	Eucalipto (SRC)
Erosión	A	A	A	A/B	A	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A	A	B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	A	A	A	A
Captación de agua	A	A	A	B	C	C
Aumento del riesgo de incendio	B	B	B	C	C	C
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	A	B/C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	A	A	A	C

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005.



Tabla VII-8 Tabla de riesgos en la zona mediterránea sur

Cultivos herbáceos												
Mediterránea sur	Girasol	Otros cereales (cebada, centeno, avena, triticale)	Ricino	Pataca	<i>Brassica carinata</i> (colza)	<i>Cynara cardunculus</i> (cardo)	Chumbera	Sorgo	Trigo	Caña de azúcar	Patata	Maíz
Erosión	C	B	A/B	A	A	A/B	C	B	B	A	C	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	C	C
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	B	?	B	C	A	?	B	B	B	C	C
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	B	B	?	?	?	A	?	B	B	?	C	B
Captación de agua	B	A	A	B/C	B	B	A	B	B	C	B	C
Aumento del riesgo de incendio	A	A	A	A	A	C	-	A	B	A	A	A
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	B	?	B/C	B/C	B/C	?	B	B/C	B/C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	B	C

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005.

Plantas perennes						
Mediterránea sur	Vegetación herbácea permanente	Miscanto	Pasto aguja	<i>Cynara cardunculus</i> (cardo)	Caña común	Eucalipto (SRC)
Erosión	A	A	A	A/B	A	C
Compactación del suelo	A	A	A	A	A	A
Aporte de nutrientes a las aguas subterráneas y superficiales	A	A	A	A	B	A
Contaminación del suelo y el agua por pesticidas	A	A	A	A	A	A
Captación de agua	A	A	A	B	C	C
Aumento del riesgo de incendio	B	B	B	C	C	C
Relación con la biodiversidad de las áreas agrícolas	A	A	A	B/C	B	C
Diversidad de tipos de cultivo	A	B	A	A	A	C

**Fuente:** AEMA, basada en Wiegmann, K., Fritsche, U. y Elbersen, B.: «Potencial de biomasa de la agricultura compatible con el medio ambiente». Informe de consultoría para la AEMA, 2005.

# Anexo VIII Presión de nitrógeno según cultivo

**Tabla VIII-1 Riesgo estimado de la pérdida de nitrógeno según el tipo de cultivo**

Suecia y Finlandia								
	Aplicación mínima de N (kg /ha) (1)	Aplicación máxima de N (kg /ha) (2)	kg de N cosechado (por tonelada de rendimiento)	Rendimiento mínimo (tonelada ha) (4)	Rendimiento máximo (tonelada ha) (5)	Pérdida de N rendimiento mín. (6)	Pérdida de N rendimiento máx. (7)	Pérdida media de N (8)
Trigo	85	125	22	3,5	6	- 8	7	- 0,5
Cebada	72	78	15	3	4	- 27	- 18	- 22,5
Centeno	68	70	15	2,2	5,3	- 35	9,5	- 12,8
Avena	68	70	16	3	4	- 20	- 6	- 13,0
Patata	70	83	4	24	28	26	29	27,5
Tubérculo de la remolacha azucarera	100	120	2	32	48	- 36	- 24	- 30,0
Colza (semilla)	80	110	30	1	2,5	- 50	- 35	- 42,5
Lino (semilla)	20	60	3	0,7	2	- 17,9	- 54	- 36,0

(6) Pérdida de N con una aplicación mínima de N (1) y un rendimiento mínimo (4); (6) = ((3)\*(4)) - (1)

(7) Pérdida de N con una aplicación máxima de N (2) y un rendimiento máximo (5); (7) = ((3)\*(5)) - (2)

(8) Pérdida media de N: (8) = ((6) + (7))/2

Fuente: EFMA.

**Tabla VIII-2 Riesgo estimado de la pérdida de nitrógeno según el tipo de cultivo**

Luxemburgo, Bélgica, Alemania, Países Bajos y Dinamarca								
	Aplicación mínima de N (kg /ha) (1)	Aplicación máxima de N (kg /ha) (2)	kg de N cosechado (por tonelada de rendimiento)	Rendimiento mínimo (tonelada ha) (4)	Rendimiento máximo (tonelada ha) (5)	Pérdida de N rendimiento mín. (6)	Pérdida de N rendimiento máx. (7)	Pérdida media de N (8)
Trigo	148	190	22	7	8	6	- 14	- 4,0
Cebada	78	150	15	5	6	- 3	- 60	- 31,5
Centeno	80	120	15	4,5	5	- 12,5	- 45	- 28,8
Avena	80	120	15	4,2	5,2	- 17	- 42	- 29,5
Maíz de grano incl. maíz de mazorca	70	150	14	6	9	14	- 24	-5,0
Patata	120	168	3,5	36	46	6	- 7	- 0,5
Tubérculo de la remolacha azucarera	100	145	1,8	55	64	- 1	- 29,8	- 15,4
Colza (semilla)	100	180	30	3	4	- 10	- 60	- 35,0
Girasol	20	70	28	2	2,5	36	0	18,0
Lino (semilla)	20	50	0,6	1,2	5,3	- 19,28	- 46,82	- 33,1

(6) Pérdida de N con una aplicación mínima de N (1) y un rendimiento mínimo (4); (6) = ((3)\*(4)) - (1)

(7) Pérdida de N con una aplicación máxima de N (2) y un rendimiento máximo (5); (7) = ((3)\*(5)) - (2)

(8) Pérdida media de N : (8) = ((6) + (7))/2

Fuente: EFMA.

**Tabla VIII-3 Riesgo estimado de la pérdida de nitrógeno según el tipo de cultivo**

Francia, España, Italia, Grecia y Portugal								
	Aplicación mínima de N (kg /ha) (1)	Aplicación máxima de N (kg /ha) (2)	kg de N cosechado (por tonelada de rendimiento)	Rendimiento mínimo (tonelada ha) (4)	Rendimiento máximo (tonelada ha) (5)	Pérdida de N rendimiento mín. (6)	Pérdida de N rendimiento máx. (7)	Pérdida media de N (8)
Trigo	70	164	22	1,4	7	- 39,2	- 10	- 24,6
Cebada	75	120	15	1,2	6,5	-57	- 22,5	- 39,8
Centeno	60	105	15	1	5	-45	- 30	- 37,5
Avena	60	105	15	1	4,8	-45	- 33	- 39,0
Maíz grano incluido maíz de mazorca	160	230	14	5,5	9	-83	- 104	- 93,5
Patata	100	200	3,5	15	42	- 47,5	- 53	- 50,3
Tubérculo de la remolacha azucarera	140	180	1,8	58	78	- 35,6	- 39,6	- 37,6
Colza	100	110	30	2,5	3,5	- 25	-5	- 15,0
Girasol	14	50	28	1,4	2,5	25,2	20	22,6
Leguminosas	5	40	4	1,2	3	- 0,2	- 28	- 14,1

(6) Pérdida de N con una aplicación mínima de N (1) y un rendimiento mínimo (4);  $(6) = ((3)*(4)) - (1)$

(7) Pérdida de N con una aplicación máxima de N (2) y un rendimiento máximo (5);  $(7) = ((3)*(5)) - (2)$

(8) Pérdida media de N :  $(8) = ((6) + (7))/2$

Fuente: EFMA.

**Tabla VIII-4 Riesgo estimado de la pérdida de nitrógeno por tipo de cultivo**

Reino Unido e Irlanda								
	Aplicación mínima de N (kg /ha) (1)	Aplicación máxima de N (kg /ha) (2)	kg de N cosechado (por tonelada de rendimiento)	Rendimiento mínimo (tonelada ha) (4)	Rendimiento máximo (tonelada ha) (5)	Pérdida de N rendimiento mín. (6)	Pérdida de N rendimiento máx. (7)	Pérdida media de N (8)
Trigo	160	180	22	6	8	- 28	- 4	- 16,0
Cebada	110	127	15	5,3	5,9	- 30,5	- 38,5	- 34,5
Centeno	90	110	15	4,5	6,2	- 22,5	- 17	- 19,8
Avena	90	110	15	5,5	6,2	- 7,5	- 17	- 12,3
Patata	120	160	3,5	39	44	16,5	- 6	5,3
Tubérculo de la remolacha azucarera	100	180	1,8	47	57	- 15,4	- 77,4	- 46,4
Colza	150	190	30	2,8	3,4	- 66	- 88	- 77,0
Lino	20	50	0,6	0,6	1,7	- 19,64	- 48,98	- 34,3

(6) Pérdida de N con una aplicación mínima de N (1) y un rendimiento mínimo (4);  $(6) = ((3)*(4)) - (1)$

(7) Pérdida de N con una aplicación máxima de N (2) y un rendimiento máximo (5);  $(7) = ((3)*(5)) - (2)$

(8) Pérdida media de N :  $(8) = ((6) + (7))/2$

Fuente: FAO: Rendimiento medio nacional, FAOSTAT 2000–2005.

**Tabla VIII-5 Riesgo estimado de la pérdida de nitrógeno por tipo de cultivo**

Austria								
	Aplicación mínima de N (kg /ha) (1)	Aplicación máxima de N (kg /ha) (2)	kg de N cosechado (por tonelada de rendimiento)	Rendimiento mínimo (tonelada ha) (4)	Rendimiento máximo (tonelada ha) (5)	Pérdida de N rendimiento mín. (6)	Pérdida de N rendimiento máx. (7)	Pérdida media de N (8)
Trigo	105	105	22	4,3	5,9	- 10,4	24,8	7,2
Cebada	95	95	15	3,8	5,2	- 38	- 17	- 27,5
Centeno	60	60	15	3,3	4,7	- 10,5	10,5	0,0
Avena	60	60	15	3,6	4,6	- 6	9	1,5
Maíz grano incluido maíz de mazorca	110	110	14	8,4	9,9	7,6	28,6	18,1
Patata	105	105	3,5	26,5	31,6	- 12,25	5,6	- 3,3
Tubérculo de remolacha azucarera	88	88	1,8	57	65	14,6	29	21,8
Colza	125	125	30	1,8	3,4	- 71	- 23	- 47,0
Girasol	45	45	28	2,5	2,8	25	33,4	29,2
Lino	2	2	0,6	0,7	1	- 1,58	- 1,4	- 1,5

(6) Pérdida de N con una aplicación mínima de N (1) y un rendimiento mínimo (4); (6) = ((3)\*(4)) - (1)

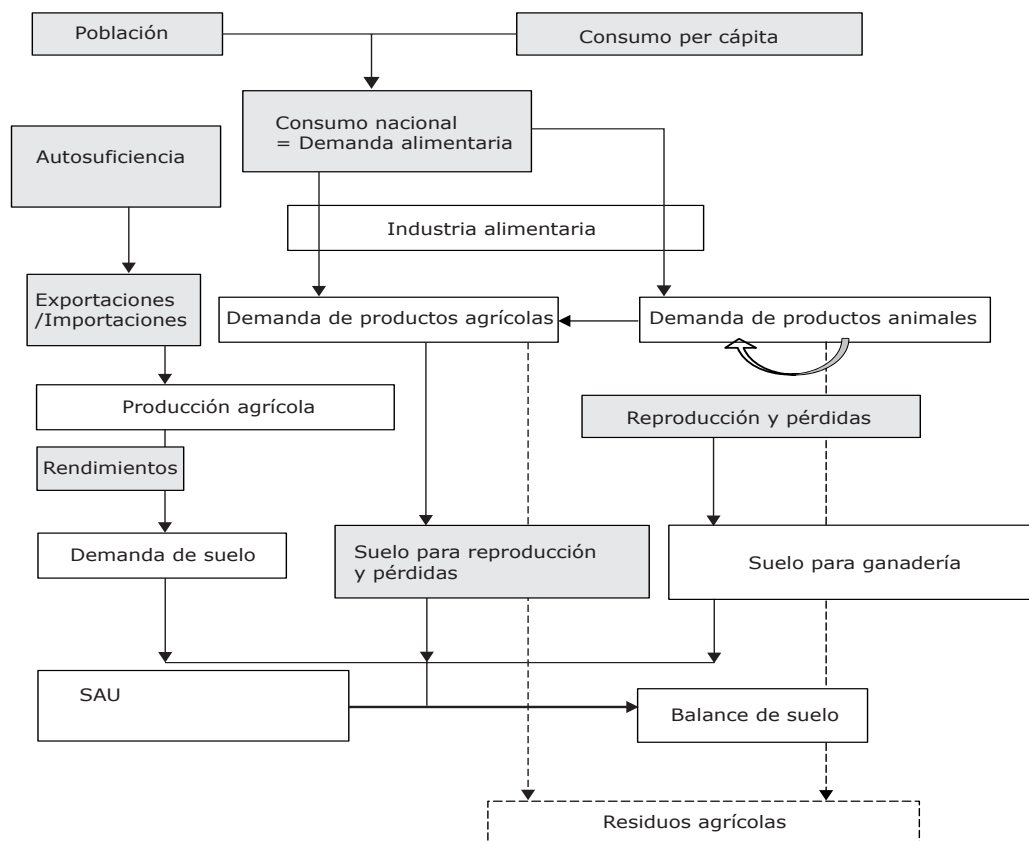
(7) Pérdida de N con una aplicación máxima de N (2) y un rendimiento máximo (5); (7) = ((3)\*(5)) - (2)

(8) Pérdida media de N : (8) = ((6) + (7))/2

**Fuente:** FAO: Rendimiento medio nacional, FAOSTAT 2000-2005.

# Anexo IX El modelo HEKTOR

Figura IX-1 Diagrama detallado de los flujos del modelo HEKTOR



Recuadro gris: basado en datos estadísticos, dinámica temporal mediante análisis de tendencias  
 Recuadro blanco: basado en cálculos propios



**Tabla IX-1 Grado de autosuficiencia de la UE25 asumido por el modelo CAPSIM**

	<b>2001</b>	<b>2011</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Cereales	108%	105%	107%	109%
Oleaginosas y leguminosas	51%	51%	52%	52%
Otros cultivos herbáceos	98%	99%	99%	99%
Plantas perennes	63%	63%	62%	62%
Forrajes	100%	100%	100%	100%

**Tabla IX-2 Aumento del precio de los productos comerciales respecto al año 2000**

	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2020</b>
Aceite de colza	110%	121%	200%
Madera troceada	115%	132%	152%
Azúcar	115%	127%	200%
Trigo, maíz	113%	125%	138%

# Anexo X Distribución de los cultivos energéticos según el Estado miembro y el horizonte temporal

**Tabla X-1 Distribución de los cultivos según el Estado miembro en el año 2000**

2000	Semilla de colza	Semilla de girasol	Tubérculo de remolacha azucarera	Maíz total	Trigo total	Cebada, centeno, etc.	Otras semillas oleaginosas
<b>UE15</b>							
AT	1,4%	0,6%	1,4%	7,4%	8,9%	11,2%	0,6%
BE	0,3%	0,0%	6,2%	14,8%	13,8%	5,3%	1,0%
DE	5,0%	0,1%	2,7%	9,1%	17,7%	21,8%	0,3%
DK	2,4%	0,0%	2,2%	2,9%	22,7%	34,0%	0,0%
ES	0,1%	3,9%	0,6%	2,8%	11,7%	19,0%	0,6%
FI	2,4%	0,0%	1,2%	0,0%	5,9%	38,5%	0,1%
FR	3,1%	2,0%	1,5%	11,7%	18,2%	7,8%	0,0%
GR	0,0%	0,3%	0,9%	4,4%	17,7%	3,5%	7,6%
IE	0,0%	0,0%	0,7%	0,4%	2,0%	4,5%	0,0%
IT	0,2%	1,8%	1,7%	10,0%	17,0%	3,8%	0,0%
NL	0,0%	0,0%	5,7%	12,1%	6,9%	3,9%	0,3%
PT	0,0%	1,3%	0,2%	8,4%	7,0%	4,6%	0,0%
SE	1,1%	0,0%	2,0%	0,0%	13,9%	28,6%	0,2%
UK	2,5%	0,0%	1,2%	0,8%	12,8%	8,7%	0,3%
<b>UE8</b>							
CZ	7,7%	0,7%	1,7%	6,6%	21,4%	15,0%	1,3%
EE	3,6%	0,0%	0,0%	0,1%	7,8%	27,0%	0,0%
HU	2,0%	5,8%	1,0%	22,6%	18,6%	10,0%	0,5%
LT	1,9%	0,0%	0,9%	0,5%	12,0%	20,1%	0,2%
VL	0,5%	0,0%	0,6%	0,0%	6,7%	11,2%	0,0%
PL	2,8%	0,0%	2,0%	2,6%	16,1%	36,9%	0,1%
IS	0,2%	0,0%	1,1%	13,7%	7,2%	3,4%	0,5%
SK	4,6%	2,8%	1,4%	10,6%	18,1%	11,6%	0,3%

Fuente: CAPSIM.

Cultivos herbáceos tradicionales							Cultivos de planta entera					
EM	Semilla de colza	Semilla de girasol	Tubérculos de remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada/triticale	Planta entera de maíz	Planta entera de triticale	Planta entera de trigo	Doble cultivo opc.	Doble cultivo opc.	Sorgo dulce
AT	10%	10%	0%	30%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	10%	0%	0%	10%	20%	15%	0%	0%	0%	20%	10%	0%
DK	0%	0%	0%	10%	30%	25%	0%	0%	0%	20%	10%	0%
ES	0%	10%	0%	10%	30%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	15%
FI	0%	0%	0%	0%	45%	20%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
FR	0%	5%	0%	15%	40%	10%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
GR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	5%	0%	15%	20%	15%	0%	0%	0%	0%	10%	10%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SE	0%	0%	0%	0%	30%	25%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
UK	0%	0%	0%	15%	40%	20%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
CZ	15%	0%	0%	10%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
EE	0%	0%	0%	0%	35%	40%	0%	0%	0%	0%	5%	0%
HU	10%	5%	0%	5%	20%	15%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
LT	0%	0%	0%	0%	30%	30%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
VL	0%	0%	0%	0%	30%	30%	0%	0%	0%	10%	5%	0%
PL	15%	0%	0%	10%	15%	15%	0%	0%	0%	15%	5%	0%
IS	10%	5%	0%	5%	20%	15%	0%	0%	0%	0%	10%	0%

Plantas perennes						
EM	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste rosado	Caña común	Pasto aguja
AT	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	0%	5%	5%	0%	5%	0%
DK	0%	0%	0%	5%	0%	0%
ES	0%	0%	0%	0%	15%	0%
FI	0%	0%	0%	10%	0%	10%
FR	0%	0%	5%	10%	0%	0%
GR	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	0%	5%	0%	10%	10%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SE	5%	5%	0%	10%	0%	10%
UK	0%	0%	0%	5%	0%	5%
CZ	0%	5%	10%	0%	0%	15%
EE	5%	5%	5%	5%	0%	0%
HU	0%	5%	10%	0%	0%	15%
LT	5%	5%	5%	10%	0%	0%
VL	5%	5%	5%	10%	0%	0%
PL	5%	5%	0%	0%	0%	15%
IS	0%	5%	10%	5%	0%	15%

**Tabla X-3 Distribución de los cultivos energéticos según el Estado miembro en el año 2020**

EM	Cultivos herbáceos tradicionales						Cultivos de planta entera					
	Semilla de colza	Semilla de girasol	Tubérculos de remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada/triticale	Planta entera de maíz	Planta entera de triticale	Planta entera de trigo	Doble cultivo opc.	Doble cultivo opc.	Sorgo dulce
AT	5%	5%	0%	5%	10%	10%	0%	15%	15%	10%	0%	0%
DE	5%	0%	0%	0%	5%	5%	0%	5%	10%	25%	10%	0%
ES	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	15%	20%	0%	5%	25%
FI	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	15%	10%	0%
FR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	35%	15%	10%	0%
GR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	15%	0%	0%	5%
IT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	20%	0%	5%	25%
SE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	20%	10%	15%	0%
UK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	20%	15%	10%	0%
CZ	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	20%	0%	15%	0%
EE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	25%	5%	10%	0%
HU	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	20%	0%	15%	0%
LT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	25%	15%	10%	0%
VL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	25%	15%	10%	0%
PL	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	20%	10%	0%
IS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	20%	0%	15%	0%
SK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	0%	10%	0%

EM	Plantas perennes					
	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste rosado	Caña común	Pasto aguja
AT	0%	0%	15%	5%	0%	5%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	5%	5%	10%	0%	10%	5%
DK	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ES	0%	0%	5%	0%	25%	0%
FI	5%	5%	5%	15%	0%	15%
FR	5%	5%	10%	5%	0%	5%
GR	0%	0%	20%	0%	25%	25%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	0%	5%	0%	20%	10%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SE	10%	10%	0%	10%	0%	10%
UK	5%	5%	0%	15%	0%	15%
CZ	0%	10%	15%	0%	0%	20%
EE	5%	10%	10%	20%	0%	5%
HU	5%	10%	10%	0%	0%	20%
LT	5%	5%	5%	20%	0%	5%
VL	5%	5%	5%	20%	0%	5%
PL	10%	10%	0%	0%	0%	25%
IS	5%	10%	10%	0%	0%	25%
SK	10%	10%	10%	10%	0%	10%

Fuente: Hipótesis propias.

Tabla X-4 Distribución de los cultivos energéticos según el Estado miembro en el año 2030

EM	Cultivos herbáceos tradicionales						Cultivos de planta entera					
	Semilla de colza	Semilla de girasol	Tubérculos de remolacha azucarera	Grano de maíz	Grano de trigo	Grano de cebada/triticale	Planta entera de maíz	Planta entera de triticale	Planta entera de trigo	Doble cultivo opc.	Doble cultivo opc.	Sorgo dulce
AT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	20%	5%	0%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	25%	5%	0%
DK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%
ES	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	10%	30%
FI	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	25%	15%	10%	0%
FR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	20%	0%	0%
GR	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	5%	0%	25%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%
SE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	15%	20%	0%
UK	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	20%	15%	0%
CZ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	20%	0%
EE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	10%	15%	0%
HU	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	10%	0%	20%	0%
LT	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	10%	15%	0%
VL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	20%	10%	15%	0%
PL	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	20%	10%	0%
IS	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	5%	0%	20%	0%

## Plantas perennes

EM	Álamo (SRC)	Sauce (SRC)	Miscanto	Alpiste rosado	Caña común	Pasto aguja
AT	0%	0%	25%	10%	0%	10%
BE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
DE	10%	15%	10%	0%	15%	10%
DK	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ES	0%	0%	10%	0%	30%	0%
FI	5%	5%	5%	15%	0%	15%
FR	5%	5%	10%	10%	0%	10%
GR	0%	0%	30%	0%	30%	30%
IE	0%	0%	0%	0%	0%	0%
IT	0%	0%	10%	0%	25%	15%
NL	0%	0%	0%	0%	0%	0%
PT	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SE	15%	15%	0%	10%	0%	10%
UK	10%	10%	0%	20%	0%	15%
CZ	5%	15%	15%	0%	0%	25%
EE	10%	10%	10%	5%	0%	10%
HU	10%	15%	10%	0%	0%	30%
LT	10%	10%	10%	5%	0%	10%
VL	10%	10%	10%	5%	0%	10%
PL	15%	15%	0%	0%	0%	30%
IS	10%	15%	15%	0%	0%	30%

Fuente: Hipótesis propias.

# Anexo XI Enfoque regional para determinar las prácticas agrícolas óptimas de los cultivos energéticos

El clima y la altitud son factores importantes de la capacidad agronómica de las regiones y por esta razón se han utilizado para dividir Europa en 13 zonas medioambientales (ver anexo IV). Analizando las principales características de las zonas medioambientales (ver anexo IV, tabla IV-1), resulta evidente que las características edafo-climáticas son muy diferentes, al igual que las presiones ambientales sobre dichas zonas. Sólo se pueden encontrar soluciones óptimas para los cultivos de biomasa sostenibles si se tienen en cuenta las circunstancias regionales. En general, la división regional de Europa utilizada en el presente estudio es demasiado preliminar para considerar todas las características regionales relevantes. Por lo tanto, sólo debe considerarse como una primera orientación para poder evaluar la solución de una biomasa sostenible dentro de un contexto local.

Hay pocos estudios basados en investigaciones de campo que demuestran el efecto de la producción de los cultivos de biomasa, pero hay muchos estudios que demuestran el efecto de los cultivos herbáceos sobre el medio ambiente y la biodiversidad de las áreas agrícolas. En los últimos decenios, el aumento de la producción de alimentos en Europa ha causado muchos impactos negativos sobre el medio ambiente a causa de la intensificación en el uso del terreno (por ejemplo, Buckwell y Armstrong-Brown, 2004; Wadsworth *et al.*, 2003; Boatman *et al.*, 1999; MAFF, 1998; Pretty, 1998; EPA, 1999; Campbell y Cooke, 1997). Este aumento de la producción de alimentos fue acompañado por la pérdida de grandes superficies de pastizal permanente, pastizal estepario seco y humedales, que fueron reemplazados por cultivos agrícolas, lo que supone una gran pérdida de biodiversidad. Carey (2005) menciona el fuerte declive sufrido por algunas especies de las áreas agrícolas a finales del siglo XX. Se han encontrado evidencias en muchos estudios basados en la observación a nivel nacional y a largo plazo de las aves, las mariposas, los invertebrados beneficiosos y las flores de los cultivos herbáceos anuales (Birdlife International, 2004; Vickery *et al.*, 2004; Asher *et al.*, 2001; Baillie *et al.*, 2001; Donald *et al.*, 2001 y 2002; Aebischer, 1991; Donald, 1998; Sotherton, 1998, etc.). En general, es claro que la disminución de la biodiversidad agrícola en Europa ha coincidido con el aumento de la intensidad de la producción agrícola. Por ejemplo, Heath *et al.* (2000) han demostrado la existencia de una correlación entre la intensificación de la agricultura y la disminución de la población de las aves de campo.

## Zonas alpina norte, boreal y nemoral

Los países de la Unión Europea de estas zonas donde predomina el uso agrícola del terreno son Suecia, Finlandia y todos los Estados bálticos. La priorización de cultivos evidencia que muy pocos cultivos herbáceos y permanentes son adecuados para la producción de biomasa en estas zonas. Los cultivos de colza, remolacha azucarera y patata no son adecuados desde un punto de vista ambiental. Por lo tanto, el aumento de la demanda de biomasa no debe acarrear un aumento de sus superficies de cultivo. Desde una perspectiva ambiental, pueden resultar mejor distintos cereales, el lino y los cultivos permanentes, como el alpiste rosado y el sauce SRC. Dado que en estas zonas el terreno adecuado para la agricultura es relativamente escaso y que la estación de crecimiento es corta, los cultivos de biomasa suponen una fuerte competencia para los cultivos alimenticios y forrajeros, aumentando la probabilidad de la intensificación. Las plantas perennes pueden ser una opción mejor, ya que pueden cultivarse en suelos carentes de unas condiciones óptimas, por ejemplo en las tierras marginales y en los terrenos abandonados, donde no entran en competencia con la producción de alimentos y forraje. Plantas perennes, como el sauce SRC, también pueden ser muy adecuadas para unas aplicaciones multifuncionales. Un ejemplo relevante es el de las plantaciones de material lignocelulósico para obtener biogás y (en el futuro) para bioetanol de segunda generación, las cuales se pueden utilizar al mismo tiempo para el tratamiento de las aguas residuales. Estas aplicaciones sinérgicas, existentes ya en Suecia, Polonia, Dinamarca y Estonia, aparecen descritas con más detalle en el recuadro 8.3.

## Zona atlántica norte

Las principales regiones de la UE comprendidas dentro de esta zona son Dinamarca, el norte de Alemania, Escocia, el norte de Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte. Es una zona donde el uso agrícola del suelo es todavía relativamente importante (casi un 80%) en términos de porcentaje de uso del territorio. La producción de heno es el uso dominante del suelo agrícola de esta zona, cuyo terreno cultivable ocupa aproximadamente un tercio de la SAU. Sin embargo, en algunas regiones del norte de Alemania y Dinamarca, el cultivo es más dominante; siendo estas regiones donde cabe prever un mayor aumento de los cultivos de biomasa. A la luz de la priorización parece claro que la gama de cultivos herbáceos y permanentes adecuados para la producción



de biomasa no es muy amplia en esta zona. Al igual que en la mayoría de zonas septentrionales, entre los cultivos herbáceos la colza para aceite, la remolacha azucarera y la patata no parecen adecuados desde un punto de vista ambiental. Por lo tanto, el aumento de la demanda de biomasa no debe acarrear un aumento de su superficie de cultivo. Sin embargo, el área de cultivo de colza ya ha aumentado mucho en esta región debido a la demanda de biocarburantes. Una opción mejor desde la perspectiva ambiental incluye el cáñamo, la mostaza, el lino y diferentes cereales, especialmente el centeno, la avena, la cebada y el triticale. Los cereales son la mejor opción de compromiso entre la economía (rendimiento) y el medio ambiente. La práctica del doble cultivo también parece viable en esta zona, aunque su rendimiento no es aquí tan alto como en las regiones meridionales atlántica central y continental. Los cultivos permanentes parecen ser la mejor solución desde un punto de vista ambiental y los tipos más adecuados para esta zona son los de la vegetación herbácea permanente, el miscanto, el pasto aguja, el alpiste rosado, y el álamo y el sauce SRC.

Los riesgos ambientales en esta zona están relacionados fundamentalmente con la intensidad de la agricultura y con el abandono de áreas agrícolas extensivas, que a menudo tienen un alto valor natural. Lo primero crea problemas de calidad en el suelo y el agua como la eutrofización, la contaminación por pesticidas y la compactación del suelo, mientras que lo segundo altera el paisaje y el hábitat y con frecuencia es causa de la pérdida de biodiversidad. Por lo tanto, una demanda adicional de tierras para la producción de los cultivos de biomasa en esta zona puede aumentar la presión sobre las tierras y puede favorecer una mayor intensificación en las áreas dedicadas a la producción agrícola ya intensiva. Sin embargo, también puede acarrear cambios en el uso de las tierras desaconsejables en las áreas agrícolas más extensivas, que a menudo coinciden con las áreas de alto valor natural. La introducción de los cultivos de biomasa en esta zona debe adoptarse con otras medidas que eviten un ajuste excesivo de la rotación, una mayor monotonía del uso del terreno (cultivable) y un aumento de los insumos y la mecanización. Los sistemas productivos innovadores, como el acolchado del suelo, el doble cultivo, el policultivo y la siembra entre hileras y en franjas (ver el recuadro 8.3) pueden ser opciones sostenibles para la producción de biomasa en esta zona. Incluso pueden ofrecer oportunidades para la extensificación de las áreas agrícolas más intensivas. En las áreas más remotas y montañosas de esta región, donde la agricultura AVN sigue siendo importante, la introducción de plantas perennes como el sauce y el álamo SRC puede ser una opción, pero sólo si no acarrea el laboreo de pastizales seminaturales y otros hábitats valiosos (de brezos y helechos). Estas plantaciones SRC también pueden ser adecuadas en las aplicaciones multifuncionales de obtención de material lignocelulósico para la

producción de biogás y (en el futuro) bioetanol de segunda generación, y que al mismo tiempo sean utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales (ver recuadro 8.3). La recolección de heno en las tierras de pastoreo abandonadas también pueden ser una opción de biomasa interesante dentro del uso multifuncional (ver el recuadro 8.2).

### Zona alpina sur

Las principales regiones de la UE dentro de esta zona incluyen todas las regiones alpinas de Austria, Francia, Italia y Eslovenia, la parte alta de los Pirineos en la frontera entre Francia y España y las cadenas montañosas de los Cárpatos en el este de Europa. En general, la agricultura de esta zona está muy limitada por la topografía (la altitud y las pendientes abruptas) y el clima (el frío y la cubierta de nieve de larga duración por encima de los 1.000 metros). Sólo una pequeña parte del terreno es agrícola (40%) y el suelo cultivable es una parte muy pequeña de la SAU (8%). Esto implica que prácticamente no hay espacio para los cultivos de biomasa en esta región y, si se introducen, pueden suponer una fuerte competencia para otros usos agrícolas y no-agrícolas de las tierras.

Los cultivos de biomasa herbácea que pueden ser adecuados para esta región son muchos, pero las opciones más sostenibles desde el punto de vista ambiental son el cáñamo, la mostaza, el trébol/alfalfa, el lino, el girasol y las asociaciones de cereales. Los cereales, el girasol y algo de colza son las mejores opciones de compromiso entre la economía (rendimiento) y el medio ambiente. La práctica del doble cultivo también puede ser una opción en esta zona. Los cultivos permanentes son la mejor opción desde una perspectiva ambiental, siendo los más adecuados para esta zona la vegetación herbácea permanente, el miscanto, el pasto aguja, y el álamo y el sauce SRC.

La intensificación en los valles y el abandono en las las montañas son problemas en esta región. La introducción de los cultivos de biomasa a gran escala debe descartarse debido a la limitada cantidad disponible de terreno cultivable. Una significativa producción agrícola de bioenergía puede aumentar sin duda la ya elevada presión sobre las tierras de esta zona. La introducción de cultivos de biomasa a pequeña escala debe acompañarse de medidas que eviten el aumento de la presión ambiental a causa de una mayor intensificación y la transformación de pastizales seminaturales en tierras de cultivo, sobre todo en las pendientes abruptas. La introducción de sistemas productivos innovadores como el acolchado, el doble cultivo, el policultivo y la siembra en hileras y franjas (ver recuadro 8.3) también pueden ser opciones sostenibles para la producción de biomasa en esta zona. La recolección de heno en las tierras de pastoreo abandonadas también puede ser una opción interesante de la producción de biomasa con un

propósito multifuncional (ver el recuadro 8.2), pero no cabe prever que esta práctica sea adoptada a gran escala dado que el carácter remoto de esta región encarece mucho los costes de transporte y dificulta la viabilidad económica de estas aplicaciones.

### **Zonas continental y panónica**

Estas zonas comprenden grandes partes de Europa, prácticamente todos los nuevos Estados miembros, las áreas más meridionales de Suecia, los Estados bálticos y dos terceras partes de Alemania. Los cultivos herbáceos predominan en el uso agrícola de las tierras, suponiendo unos dos tercios del uso total del terreno en la zona continental y más del 75% en la zona panónica, donde hay muchos cultivos que pueden ser adecuados para producir biomasa. Los cultivos herbáceos más sostenibles desde un punto de vista ambiental incluyen el cáñamo, la mostaza, el trébol-alfalfa, el lino, el girasol, el sorgo (sólo en la zona panónica) y las asociaciones de cereales (excepto el trigo). Pero de nuevo, las mejores opciones de compromiso entre economía y medio ambiente incluyen el girasol, el sorgo, las asociaciones de cereales y la colza. La práctica del doble cultivo también es una opción válida para la zona continental, pero no para la panónica, donde el agua es relativamente escasa, especialmente durante los veranos largos y calurosos. Los cultivos permanentes pueden ser la mejor opción desde una perspectiva ambiental, siendo el rango de elección bastante amplio, incluyendo la vegetación herbácea permanente, el miscanto, el pasto aguja, el alpiste rosado, el álamo y el sauce SRC.

Las oportunidades para una introducción generalizada de los cultivos de biomasa son bastante buenas en estas zonas, ya que existe mucha disponibilidad de terreno relativamente adecuado para el cultivo, aunque ciertamente con un aumento de los riegos en cuanto a los problemas ambientales y la pérdida de biodiversidad en las áreas agrícolas. El uso agrícola del terreno varía mucho en intensidad. La intensificación y el abandono de las tierras son problemas en esta región, sobre todo en donde las limitaciones naturales son mayores a causa de la topografía (pendientes acusadas y altitudes elevadas), la calidad de los suelos (poco profundos, húmedos, turbosos, alcalinos) o el clima (por ejemplo, las semi-estepas muy áridas y las cadenas montañosas donde los inviernos son fríos y prolongados), y donde las estructuras agrícolas continúan dominadas por pequeñas explotaciones familiares dentro de áreas AVN.

La introducción de cultivos de biomasa en estas zonas debe venir acompañada por medidas que eviten un posterior aumento de la intensidad de la rotación, la monotonía en el uso del terreno (cultivable), la utilización de insumos y la mecanización. La introducción de sistemas productivos innovadores como el acolchado, el doble cultivo, el policultivo y la

siembra en hileras o franjas (ver el recuadro 8.3) pueden ser opciones sostenibles para la producción de biomasa en esta zona, pudiendo ofrecer incluso oportunidades para la extensificación de las áreas con agricultura más intensiva, como en Alemania, la República Checa, Polonia y Hungría. En las áreas más remotas y montañosas y en los humedales de esta región, donde la agricultura AVN sigue siendo importante, la introducción de las plantas perennes, como el sauce y el álamo SRC, y la vegetación herbácea de biomasa permanente puede ser una opción válida, pero sólo si no supone el laboreo de los pastizales seminaturales, la desecación de humedales o el deterioro de otros hábitats valiosos. Algunas plantaciones de SRC también pueden ser adecuadas en aplicaciones multifuncionales obteniendo material lignocelulósico en el tratamiento de las aguas residuales (ver el recuadro 8.2). Dado que el abandono de tierras es un problema importante en estas zonas, puede resultar interesante la investigación de las oportunidades que ofrece la siega de la hierba de los pastizales para obtener biomasa (ver el recuadro 8.2).

### **Zonas atlántica central y lusitana**

Estas zonas, junto con la zona continental, son las que tienen un mayor potencial para satisfacer las necesidades de los cultivos de biomasa en Europa. Las regiones más importantes comprendidas en estas zonas son Irlanda, el centro y el sur de Inglaterra, los Países Bajos, Bélgica, las mayores áreas de producción de cultivos herbáceos de Francia, el norte de España y la mitad norte de Portugal. El uso agrícola del terreno es muy importante, suponiendo un 70% del uso del terreno en ambas zonas. El terreno cultivado supone casi el 50% de la SAU en la parte atlántica, pero menos del 30% en la parte lusitana. Los cultivos de biomasa más adecuados desde la perspectiva ambiental son los mismos que en las zonas continental y panónica, al igual que la asociación de mejor compromiso entre la economía y el medio ambiente. El doble cultivo también puede practicarse en ambas zonas. Sin embargo, si en la zona lusitana llega a sufrir de escasez de recursos hídricos a causa del cambio climático, la situación cambia. Los cultivos permanentes constituyen la mejor opción desde una perspectiva ambiental, siendo los más adecuados para esta zona los de vegetación herbácea permanente, el miscanto, el pasto aguja, el álamo y el sauce SRC. La caña común y el eucalipto SRC son posibles pero no aconsejables desde una perspectiva ambiental, ya que pueden ocasionar problemas de captación de agua.

Las oportunidades para la introducción generalizada de los cultivos de biomasa son buenas en estas zonas, ya que el terreno disponible es abundante y resulta relativamente adecuado para el cultivo. Sin embargo, estas zonas sufren ya graves problemas ambientales relacionados en particular con la alta intensidad del uso agrícola del suelo, lo que crea problemas de erosión

y compactación, eutrofización, contaminación por pesticidas y fragmentación de los hábitats. El abandono de tierras es un problema menor, salvo en algunas áreas de la zona lusitana. La introducción de los cultivos de biomasa puede ocasionar una mayor intensificación, pero también puede ofrecer oportunidades para la extensificación si va acompañada de sistemas innovadores de cultivo de biomasa, incluyendo el acolchado del suelo, el doble cultivo, el policultivo y la siembra en hileras o en franjas (ver el recuadro 8.3). Al igual que en el resto de las zonas, la introducción de los cultivos de biomasa debe ir acompañada de otras medidas que eviten el aumento de la intensidad excesiva de la rotación, la monotonía en el uso del terreno cultivado, la utilización de los insumos y la mecanización. En las áreas más remotas y montañosas de la zona lusitana, donde la agricultura AVN todavía es importante, se pueden introducir las plantas perennes como el álamo y el sauce SRC (con o sin las aplicaciones de tratamiento de las aguas residuales) y la vegetación herbácea de biomasa permanente, pero sólo cuando no conducen a pérdidas en las categorías de uso extensivo del terreno y en otros hábitats valiosos. También se deben investigar las oportunidades que ofrece en esta zona la biomasa procedente de la siega de hierba en los pastizales (ver el recuadro 8.2).

### **Zona mediterránea de montaña**

Esta zona comprende todas las regiones de montañas no alpinas del Mediterráneo. Las limitaciones naturales son importantes en esta zona a causa de la topografía (altitud elevada y pendientes acusadas), la calidad de los suelos (poco profundos, húmedos y alcalinos) y el clima (corta estación de crecimiento en la alta montaña y precipitación baja en general). A pesar de ello, más del 50% del terreno se usa todavía en la agricultura. Sin embargo, menos del 20% de la SAU es cultivable. Igual que la zona alpina, esta zona se caracteriza por la intensificación en las partes menos limitadas por los factores naturales, mientras que el abandono de tierras es un problema importante en el resto de la zona. En consecuencia, no hay suficiente espacio en esta zona para los cultivos de biomasa. Su introducción supone una fuerte competencia para los demás usos, agrícolas y no-agrícolas del terreno.

La elección de cultivos herbáceos de biomasa que pueden ser adecuados para esta región es limitada e incluye cultivos que sólo son eficientes con riego en el resto del Mediterráneo. Los cultivos herbáceos más sostenibles desde un punto de vista ambiental son el trébol-alfalfa, el cáñamo, el girasol y las asociaciones de cereales. Los cereales y el girasol constituyen la mejor opción de compromiso entre la economía (rendimiento) y el medio ambiente en esta zona. La opción del doble cultivo también es posible en esta zona. Hay también algunos cultivos nuevos en las zonas mediterráneas, los cuales sólo han sido experimentales hasta la fecha, pero pueden llegar a constituir una opción sostenible

a corto plazo, como por ejemplo, la patata, la *Brassica carinata* y el cardo. El atractivo de estos cultivos radica en que pueden producir un rendimiento en biomasa relativamente alto dentro de condiciones de aridez. Las plantas perennes con una mejor prestación ambiental incluyen la vegetación herbácea permanente, el miscanto, el pasto aguja y los tipos SRC de sauce y álamo (con más humedad) y la robinia y el olmo ibérico (con menos humedad) combinados o no con el tratamiento de las aguas residuales.

Aunque la intensificación puede causar problemas ambientales, el abandono de las tierras es un problema importante en esta región. La introducción de los cultivos de biomasa a gran escala debe descartarse debido a la limitada cantidad disponible de terreno cultivable y a las características de los terrenos, que no son adecuadas para la producción de biomasa a gran escala, lo que hace económicamente inviable el transporte de unas cantidades de biomasa suficientes para las necesidades de las instalaciones de conversión. Si se introducen los cultivos de biomasa en pequeñas cantidades, deben incorporar unos sistemas innovadores de producción como el acolchado, el doble cultivo y el policultivo (ver el recuadro 8.3). La recolección de heno en las tierras abandonadas de pastoreo también puede ser una opción de biomasa interesante para fines multifuncionales (ver el recuadro 8.4). Sin embargo, no cabe prever que esta práctica se desarrolle a una gran escala debido a la lejanía de las áreas de producción de biomasa en esta región, lo que la hace económicamente inviable a causa de los altos costes del transporte.

### **Zona mediterránea norte y sur**

Esta región comprende todo el centro y el sur de España y gran parte de Italia y Grecia, salvo sus áreas de montaña. El 80% de las tierras de esta región se usa en la agricultura, siendo cultivable casi un 45% en el Mediterráneo norte y un 27% en el Mediterráneo sur. Estas zonas tienen grandes problemas ambientales, como la erosión, la captación de agua, el riesgo de incendio y el abandono de las tierras. Las opciones de biomasa en estas zonas no deben agravar dichos problemas, sino ayudar a paliarlos. Por lo tanto, la producción de los cultivos de biomasa no debe aumentar el consumo de agua en la agricultura.

La elección de los actuales cultivos herbáceos convencionales, que podrían utilizarse en una producción de biomasa sostenible desde el punto de vista ambiental, es muy restringida e incluye el trébol-alfalfa, el girasol y el sorgo. Estos dos últimos son los de mejor rendimiento, pero agravan el actual riesgo de la captación de agua en la región al aumentar la demanda de agua para la agricultura. La producción de biomasa dentro de estas zonas sólo puede ser sostenible con unos cultivos nuevos con un rendimiento en biomasa relativamente alto, dentro de unas condiciones de aridez. Entre estos tipos de cultivo se pueden incluir los

de ricino, pataca, *Brassica carinata*, cardo y chumbera, pero aún es necesario un considerable trabajo de investigación y las comprobaciones en campo para poder incorporarlos en los actuales sistemas agrícolas de estas zonas. Lo mismo cabe decir de los cultivos permanentes, como el miscanto, el pasto aguja y el cultivo nuevo de cardo, los cuales parecen ser los más prometedores desde una perspectiva ambiental. La caña común y el eucalipto SRC son posibles, pero no aconsejables desde una perspectiva ambiental, sobre todo porque aumentan los problemas de captación de agua.

Además de la investigación con los cultivos de biomasa, también puede ser útil investigar la utilización de la biomasa residual de los bosques y las áreas de monte bajo abandonadas. La extracción de biomasa de estos tipos de terreno puede ser de gran ayuda en la prevención y la disminución de los incendios forestales, los cuales constituyen un grave problema en el Mediterráneo. Por otro lado, los subproductos tienen

sus propios problemas, especialmente en relación con la calidad, la seguridad del suministro, la normativa, la inelasticidad del mercado y la densidad energética (por ha), lo que acarrea unos problemas logísticos específicos. El mejor camino a seguir en el Mediterráneo parece ser el desarrollo de cadenas de bioenergía que utilicen una combinación de fuentes de biomasa (ver CCI, 2006). Otro nicho para el Mediterráneo puede ser la introducción de sistemas de cultivo que combinen la producción de los cultivos de biomasa permanentes con la prevención de la erosión, que es uno de los principales problemas ambientales en estas zonas. En Estados Unidos, el pasto aguja se ha desarrollado especialmente con este fin. En las regiones del Mediterráneo con agricultura intensiva, donde predomina el monocultivo (por ejemplo, de cereales o de algodón), la introducción de los cultivos de energía puede aumentar la diversidad de los cultivos a escala regional. Los sistemas de producción sostenible que podrían probarse en estas regiones incluyen el acolchado y los cultivos en hileras o franjas.

## Anexo XII Resultados finales: potenciales en Mtep por Estado miembro

Tabla XII-1 Potencial por Estado miembro, para un *alto* precio de la energía y con un rendimiento *alto*

País	Mtep			PJ		
	Año 2010	Año 2020	Año 2030	Año 2010	Año 2020	Año 2030
	Total	Total	Total	Total	Total	Total
AT	0,6	1,4	2,1	25,5	60,1	86,4
BE	0,1	0,1	0,1	4,4	3,8	3,0
DE	5,0	13,7	23,4	211,3	573,8	977,8
DK	0,4	0,1	0,1	15,7	2,5	3,0
ES	7,8	12,9	16,0	324,7	539,6	670,8
FI	1,9	1,8	1,3	78,4	75,4	54,0
FR	2,6	7,8	17,0	106,8	327,9	712,2
GR	0,0	1,7	2,2	0,0	71,4	91,0
IE	0,0	0,1	0,1	0,0	4,8	5,9
IT	4,1	8,9	15,2	170,4	371,9	636,5
NL	0,2	0,5	0,7	6,9	20,3	29,1
PT	0,7	0,8	0,8	30,0	35,3	34,0
SE	0,6	1,1	1,4	24,1	46,8	58,3
UK	3,4	8,8	14,7	141,6	369,8	616,5
<b>UE15 (UE14)</b>	<b>27,2</b>	<b>59,8</b>	<b>95,0</b>	<b>1.139</b>	<b>2.503,4</b>	<b>3.978,5</b>
CZ	0,8	1,3	1,6	32,0	54,5	68,8
EE	0,4	1,1	1,3	15,4	45,0	56,3
HU	1,2	2,2	3,1	51,1	92,0	130,5
LT	2,0	5,6	7,9	84,8	233,8	332,1
VL	0,4	1,0	1,5	16,4	42,9	64,6
PL	14,5	24,1	30,4	608,2	1.011,0	1.271,4
IS	0,0	0,1	0,2	0,9	2,8	9,2
SK	0,2	0,6	1,2	9,2	24,4	49,4
<b>UE10 (UE8)</b>	<b>19,5</b>	<b>36,0</b>	<b>47,3</b>	<b>817,9</b>	<b>1.506,4</b>	<b>1.982,5</b>
<b>UE25</b>	<b>46,8</b>	<b>95,8</b>	<b>142,4</b>	<b>1.957,8</b>	<b>4.009,8</b>	<b>5.960,9</b>

**Tabla XII-2 Potencial por Estado miembro, para un *bajo* precio de la energía y con un rendimiento *alto***

	Mtep			PJ		
	Año 2010	Año 2020	Año 2030	Año 2010	Año 2020	Año 2030
País	País	Total	Total	Total	Total	Total
AT	0,6	1,4	2,1	25,5	60,1	86,4
BE	0,1	0,1	0,1	<b>4,4</b>	<b>3,8</b>	<b>3,0</b>
<b>DE</b>	<b>1,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	76,4	42,6	56,1
DK	0,4	0,1	0,1	15,7	2,5	3,0
ES	7,8	12,9	16,0	324,7	539,6	670,8
FI	1,9	1,8	1,3	78,4	75,4	54,0
FR	2,7	3,0	1,6	112,9	126,0	65,7
GR	0,0	1,7	2,2	0,0	71,4	91,0
IE	0,0	0,1	0,1	0,0	4,8	5,9
IT	4,1	8,9	15,2	170,4	371,9	636,5
NL	0,2	0,5	0,7	6,9	20,3	29,1
PT	0,7	0,8	0,8	30,0	35,3	34,0
SE	0,6	1,1	1,4	24,1	46,8	58,3
UK	3,4	8,8	14,7	141,6	369,8	616,5
<b>UE15 (UE14)</b>	<b>24,2</b>	<b>42,3</b>	<b>57,6</b>	<b>1.011,1</b>	<b>1.770,3</b>	<b>2.410,3</b>
CZ	0,8	1,3	1,6	32,0	54,5	68,8
EE	0,4	1,1	1,3	15,4	45,0	56,3
HU	1,2	2,2	3,1	51,1	92,0	130,5
LT	2,0	5,6	7,9	84,8	233,8	332,1
VL	0,4	1,0	1,5	16,4	42,9	64,6
PL	14,5	24,1	30,4	608,2	1.011,0	1.271,4
IS	0,0	0,1	0,2	0,9	2,8	9,2
SK	0,2	0,6	1,2	9,2	24,4	49,4
<b>UE10 (UE8)</b>	<b>19,5</b>	<b>36,0</b>	<b>47,3</b>	<b>817,9</b>	<b>1.506,4</b>	<b>1.982,5</b>
<b>UE25</b>	<b>43,7</b>	<b>78,3</b>	<b>104,9</b>	<b>1.829,0</b>	<b>3.276,7</b>	<b>4.392,8</b>