

5.8 Ocupación del territorio

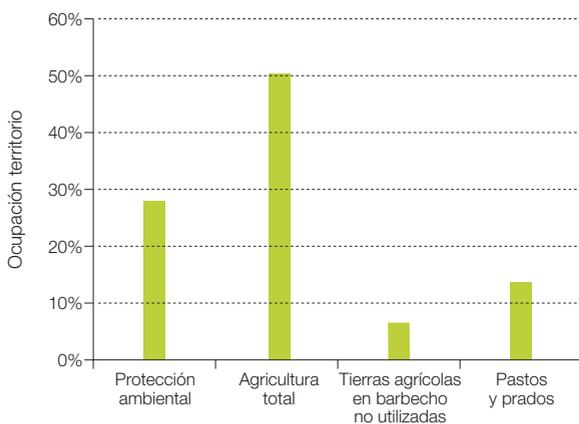
En este punto vamos a presentar la información relativa a las implicaciones en términos de ocupación del territorio de los distintos escenarios de cobertura de la demanda considerados^{1.063}, así como a comentar una serie de consideraciones relativas a este aspecto que proporcionen la perspectiva adecuada para analizar los resultados.

5.8.1 Elementos de contextualización sobre la ocupación del territorio

A modo de referencia, para ubicar mejor los resultados presentados, la figura 776 nos recoge la ocupación del territorio asociada a otros usos, como son la protección ambiental y la producción de alimentos. Por lo que respecta a los espacios con alguna figura de protección ambiental, tal y como se indica en

el estudio R2050 (GP, 2005), se han excluido totalmente de la evaluación del potencial de las energías renovables y, por tanto, en ellos no se ha situado capacidad de generación alguna de los mix de generación considerados en el análisis de la cobertura de la demanda. Por lo que respecta a las tierras destinadas a la producción de alimento, que en su conjunto representan algo más del 50% de la superficie del territorio peninsular, también resulta una referencia adecuada puesto que junto a los usos del territorio para protección ambiental constituyen los usos que generan una mayor sensibilidad, al plantear un incremento de ocupación del territorio para el sistema energético. Dentro de las tierras destinadas a la producción de alimento, la figura 776 distingue por su relevancia de cara al análisis de la ocupación del territorio planteada para el sistema energético, las tierras agrícolas en barbecho o no utilizadas, y las tierras dedicadas a prados y pastos.

Figura 776. Ocupación del territorio, en términos relativos a la superficie peninsular española de los usos de protección ambiental y de producción de alimentos.



1.063 Las implicaciones en términos de ocupación del territorio de los distintos mix de generación analizados para la cobertura de la demanda eléctrica, y de hidrógeno, ya se anticiparon al presentar el análisis de cobertura de la demanda de estos mix de generación. Sin embargo, en este punto presentaremos esta información con un mayor grado de detalle, y la extendemos al conjunto del sistema energético.

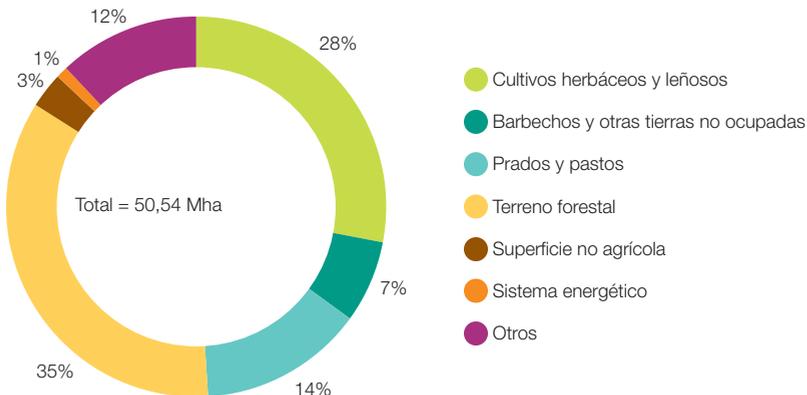
La figura 777 nos muestra la estructura actual del uso del territorio (Anuario estadístico 2009 del Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) en España en el año 2008, donde hemos añadido una valoración del uso del territorio por parte del sistema energético en ese año.

Hasta hace poco tiempo, la ocupación del territorio por parte del sistema energético se encontraba por debajo del 1%, de tal forma que la infraestructura del sistema energético, y especialmente la correspondiente a la generación, pasaba desapercibida a la mayoría de la población. En los últimos años, y como consecuencia del incremento de la participación de las energías renovables en la producción de energía, ha empezado a aumentar la presencia del sistema de generación energética en el territorio, con parques eólicos, huertas fotovoltaicas y centrales termoeléctricas desplegándose por el territorio de la mayoría de las CCAA, de tal forma que la ocupación actual del territorio por el sistema energético es algo superior al 1%. En un contexto 100% renovable, la ocupación del territorio por parte del

sistema energético pasa a ser bastante superior a este valor, lo cual puede producir ciertas reticencias iniciales o críticas al despliegue de un sistema de generación renovable. Pero, ¿tienen estas críticas algún fundamento o razón de ser, más allá de la alteración del uso histórico del suelo? En este punto argumentaremos que no, y resulta perfectamente compatible con los otros usos requeridos del suelo para el funcionamiento de nuestra sociedad y el mantenimiento de nuestro medio natural, y en esencia, resulta una consecuencia del necesario y responsable proceso de internalización de los impactos de nuestro sistema energético actual.

En efecto, el hecho de que el sistema energético haya requerido hasta la fecha un uso aparentemente tan bajo del territorio, no es más que una consecuencia de la externalización de la mayoría de impactos de nuestro sistema energético, totalmente dependiente de unos combustibles fósiles procedentes de explotaciones energéticas en otros países, y cuya utilización genera una serie de impactos en el medio ambiente

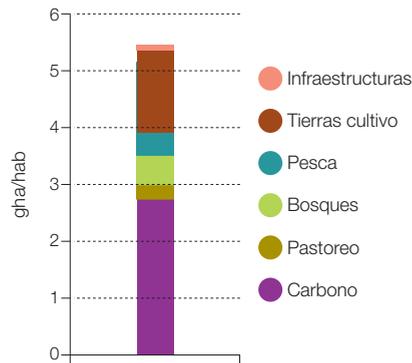
Figura 777. Estructura del uso del territorio en el año 2008.



que también se pueden traducir en un requerimiento de ocupación del territorio.

Una primera cuantificación de estas externalidades la podemos encontrar en la huella ecológica (National Footprint Accounts-2010 elaborado por la Global Footprint Network) de España, en la que se expresan los principales usos e impactos de la actividad humana en términos del requerimiento de superficie de productividad media planetaria (hectáreas globales). La figura 778 recoge la estructura de la huella ecológica en España para el año 2007, que con un total de 5,42 gha/hab es un 300% de la biocapacidad promedio del planeta, por lo que podríamos concluir que en España estamos ya viviendo a un ritmo que requeriría de tres planetas Tierra en el caso de extrapolarlo a todos los habitantes del planeta: un claro indicador de insostenibilidad. En esta figura, podemos observar cómo ya en la actualidad la contribución dominante^{1.064} a la huella ecológica de España es la correspondiente al carbono, que refleja tan solo una de las externalidades^{1.065} del sistema energético, esto es, el requerimiento de reabsorción del CO₂ emitido, y que el sistema energético actual tiene prácticamente externalizada en su totalidad. Otro elemento que también podemos observar en esta figura, teniendo además en cuenta que la superficie para tierras de cultivo aparece magnificada al expresarla en términos de superficie de productividad media, por tratarse de la superficie de mayor productividad, es la descompensación entre la huella ecológica y la dedicación actual del territorio: mientras el sistema energético ocupa en la actualidad poco más de un 1% del territorio, dedicamos más del 50% a la producción de alimentos, lo cual está claramente desproporcionado en relación a la contribución de cada uno de estos servicios a la huella ecológica.

Figura 778. Huella ecológica de España en el año 2007 según el National Footprint Accounts-2010 elaborado por la Global Footprint Network, expresada en términos de hectáreas globales (hectáreas de productividad media) per cápita.



De hecho, resulta interesante comparar el porcentaje de ocupación del territorio asociado a la contribución del carbono a la huella ecológica con los otros valores de referencia que introdujimos anteriormente. La figura 779 nos muestra esta comparación, y en ella podemos apreciar que el uso del territorio requerido para internalizar nuestras emisiones de CO₂ resulta del orden del 226%, muy superior a los usos del territorio dedicados a la protección de espacios naturales, e incluso del dedicado a la producción de alimentos, y de hecho es tan elevado que no disponemos de territorio suficiente para su internalización. Es precisamente en este contexto en el que se aprecia la gran eficiencia de un sistema basado en energías renovables, que nos permite internalizar completamente los impactos del sistema energético, con un requerimiento de ocupación del territorio tremendamente inferior al correspondiente a la huella ecológica de carbono actual.

1.064 Además, debemos tener en cuenta que en términos de hectáreas de productividad promedio, la superficie dedicada a tierras de cultivo aparece muy distorsionada (incrementada), pues al tratarse de las tierras de mayor productividad, su superficie aumenta al pasar de hectáreas reales a hectáreas globales.

1.065 Otras externalidades no recogidas son, por ejemplo, las correspondientes a toda la minería de recursos fósiles y nucleares que se realiza fuera de nuestro país, así como las infraestructuras asociadas. Por tanto, adoptamos esta contribución del carbono a la huella ecológica como una cota inferior de la externalización del sistema energético en términos de superficie.

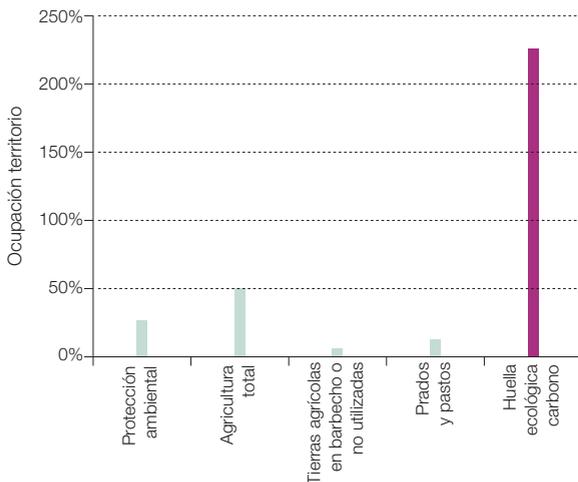
Otro factor que resulta interesante analizar en este contexto es el relativo al grado de autoabastecimiento alcanzado para la cobertura de estos servicios. La figura 780 nos muestra el autoabastecimiento energético en España^{1.066} en los años 2000 a 2009, tanto el total^{1.067} como el que podemos considerar sostenible^{1.068}, en términos relativos al consumo de energía primaria. Como podemos observar, el autoabastecimiento energético es muy bajo, y por tanto la dependencia energética muy elevada. También podemos observar en esta figura la tendencia creciente al autoabastecimiento sostenible a lo largo de los últimos años, como consecuencia directa del despegue de las energías renovables distintas de la hidroeléctrica.

En estas condiciones, parece perfectamente justificado desde el punto de vista de la sostenibilidad el aumentar la ocupación

del territorio para incrementar el autoabastecimiento energético con energías renovables, pues ello reduce la tremenda externalidad que en términos de superficie tiene el uso de combustibles fósiles para cubrir el resto de nuestra demanda de energía.

Por lo que respecta al uso del territorio empleado para configurar los sistemas de generación 100% renovables de este informe, conviene recordar que el potencial con el que contamos, y a partir del cual se han confeccionado estos mix de generación, es el potencial presentado en el informe R2050 (GP, 2005), que se evaluó a partir de un análisis SIG^{1.069} imponiendo restricciones bastante severas sobre el uso del territorio. Así, además de excluirse completamente el uso del territorio asociado a espacios con alguna figura de protección ambiental^{1.070}, tal y como puede contrastarse en el informe R2050 (GP, 2050),

Figura 779. Ocupación del territorio, en términos relativos a la superficie peninsular de los usos de protección ambiental y de producción de alimentos, comparado con la ocupación del territorio que corresponde a la contribución del carbono en la huella ecológica (situación actual).



1.066 Datos procesados a partir de la referencia (La Energía en España 2009) del Ministerio de Industria.

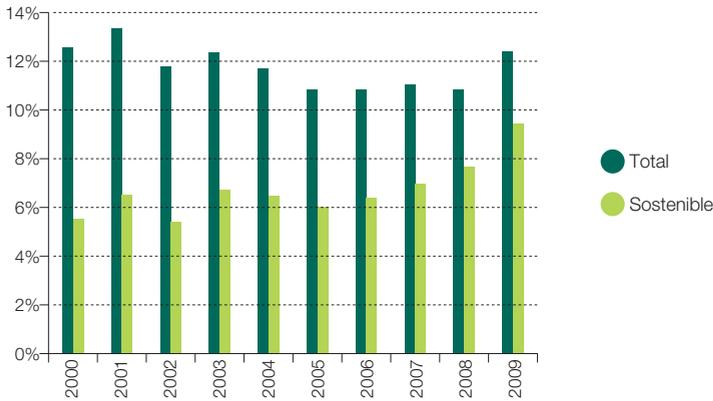
1.067 Debemos resaltar que, a diferencia del criterio del Ministerio de Industria, la generación nuclear no la hemos considerado como autoabastecimiento, puesto que tanto la materia prima (uranio), como la mayoría de etapas de procesado (extracción y concentración de uranio, conversión a hexafluoruro de uranio, enriquecimiento del hexafluoruro y conversión a dióxido de uranio) se llevan a cabo fuera de España, y es tan solo la última etapa, la de fabricación de los elementos combustibles, la que se lleva a cabo en España. Por tanto, desde nuestro punto de vista, el hecho de que el recurso energético venga del exterior de España, hace que la aportación nuclear no pueda considerarse como abastecimiento.

1.068 Es decir, descontando las aportaciones del carbón, petróleo y gas natural nacionales.

1.069 Sistema de Información Geográfica.

1.070 Esta exclusión constituye el 28% del territorio peninsular, y sería perfectamente posible plantear el aprovechamiento de la biomasa residual, asociada a la limpieza y conservación de parte de estos espacios, como una fuente adicional de biomasa sostenible, que además, al contribuir a evitar la proliferación de incendios forestales, redujera el efecto de escalón de desplazamiento del CO₂ de la biosfera a la fase gaseosa que nos condujo a plantear la limitación en el uso de las biomásas residuales.

Figura 780. Autoabastecimiento energético en España durante los años 2000 a 2009, en términos relativos al consumo total de energía primaria.



la gran mayoría de los espacios destinados actualmente a la producción de alimentos también fueron excluidos^{1.071} de cara a evaluar el potencial de generación, basado en energías renovables, y existen tan solo algunas pequeñas intersecciones en los terrenos de menor productividad (secanos muy áridos) en los que a lo largo de los últimos años se ha ido reduciendo la actividad agrícola. Pero es más, la cantidad del potencial de generación renovable que es preciso articular para cubrir la demanda de energía, constituye una fracción realmente pequeña del potencial disponible (figura 781), especialmente en el caso de desplegar medidas de eficiencia (contexto E3.0), en cuyo caso es del orden del 3%. En estas condiciones, si se considerara adecuado, sería perfectamente posible prescindir de cualquier intersección entre el territorio dedicado a la producción de energía y el históricamente empleado para la producción de alimentos.

Como ya hemos indicado en varias ocasiones existen muchas opciones para proporcionar una cobertura total de la demanda

con energías renovables, tanto en el contexto BAU como en el E3.0. Sin embargo, desde el punto de vista de ocupación del territorio, las implicaciones de emplear un mix tecnológico u otro tienen un efecto muy importante. En las figuras 782 a 784 recogemos los requerimientos de ocupación del territorio para la producción de electricidad, para la producción de biocombustibles e hidrógeno, y para la producción de biomasa sólida e hidrógeno. En todas estas figuras, además de los resultados para la biomasa (promedio de cultivos energéticos y CFRR), la eólica, la fotovoltaica de suelo, y la termoeléctrica, presentamos también los resultados para el mix energético empleado para complementar los requerimientos de generación eléctrica para producir hidrógeno una vez empleada toda la electricidad procedente de la regulación del sistema eléctrico. Como podemos observar, los requerimientos de ocupación del territorio asociados al uso de la biomasa procedente de cultivos energéticos y CFRR son considerablemente superiores a los de las otras alternativas.

1.071 Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en algunos casos la producción de energía y de alimentos no resultan incompatibles, y se puede compartir un mismo territorio para ambos usos (eólica terrestre, invernaderos con chimenea solar, etc.).

Figura 781. Uso del potencial renovable disponible, en términos de potencia instalada, para la cobertura de la demanda con 100% renovables en los contextos BAU y E3.0.

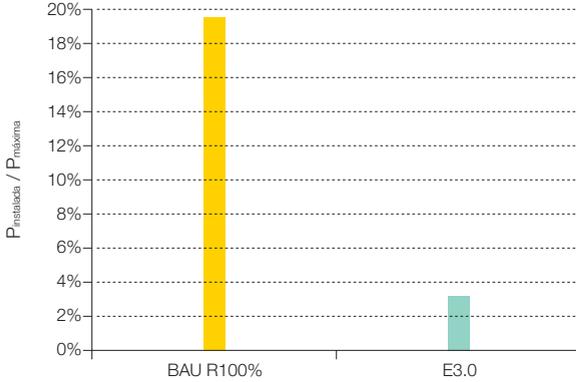
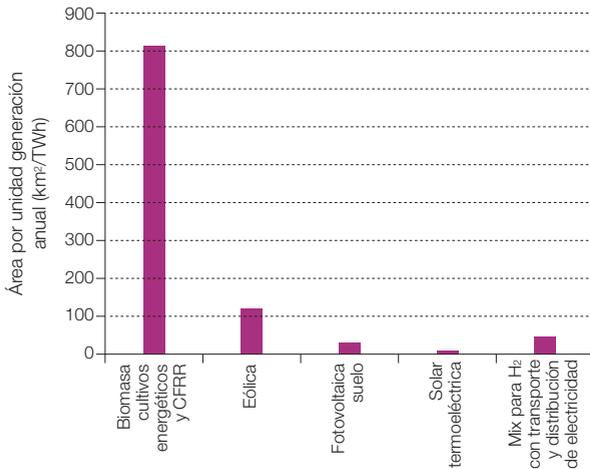


Figura 782. Comparativa del requerimiento de ocupación del territorio para la producción de electricidad.



Esto es especialmente cierto para la generación de electricidad (figura 782), lo cual, junto a la escasez del recurso biomasa es la causa de que tanto en este informe como en el informe R100% (GP, 2007), en el sistema eléctrico se haga un uso muy limitado de la biomasa, y se destine tan solo a aquellos aspectos de mayor valor añadido como es la regulación del sis-

tema, empleando la hibridación de las centrales termoelectricas como estrategia eficaz para disponer de elevada potencia de regulación con un bajo consumo de biomasa. Esta estrategia conduce a un bajo uso de la biomasa en el sistema eléctrico, y libera este recurso para poder emplearlo en la cobertura de la demanda energética en forma de combustibles.

Figura 783. Comparativa del requerimiento de ocupación del territorio para la producción de biocombustibles e hidrógeno.

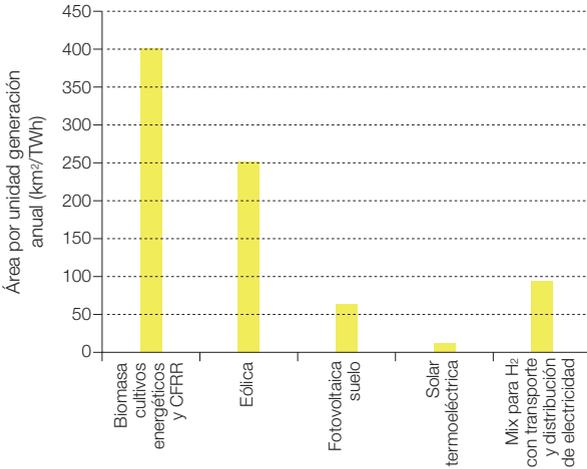
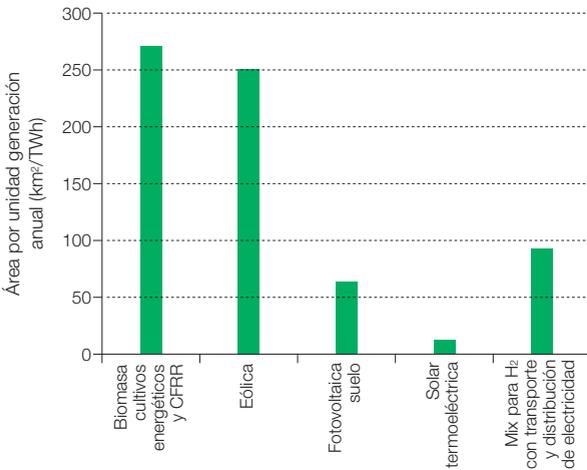


Figura 784. Comparativa del requerimiento de ocupación del territorio para la producción de biomasa sólida e hidrógeno.



Para el caso de emplear la biomasa para producir biocombustibles, la alternativa de la que disponemos es la producción de hidrógeno a partir de electricidad renovable. En este caso, tal y como nos muestra la figura 783,

la biomasa sigue siendo la opción con una mayor ocupación del territorio, aunque ya se encuentra mucho más cercano a la ocupación del territorio de la eólica terrestre^{1.072}, pero su requerimiento de ocupación del

1.072 Debemos recordar, sin embargo, que en el caso de la eólica terrestre el territorio por ella ocupado puede emplearse simultáneamente para satisfacer otros servicios (prados, agricultura, bosques, etc.).

territorio sigue siendo muy superior a la del mix empleado con el fin de complementar la producción de hidrógeno.

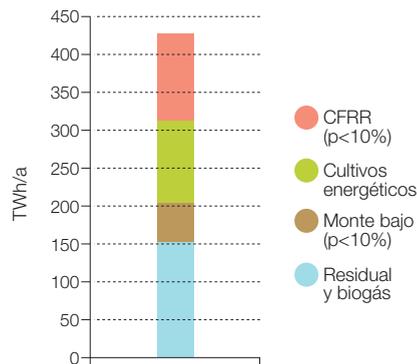
En el caso de emplear la biomasa en forma sólida, sin confeccionar otro tipo de biocombustibles a partir de la biomasa primaria, la ocupación del territorio asociada al uso de la biomasa pasa a ser del orden del correspondiente a la eólica, aunque prácticamente tres veces superior al del mix empleado para complementar la producción de hidrógeno (figura 784).

Por tanto, según el balance entre el uso de biomasa e hidrógeno empleado para la cobertura de la demanda de combustibles, el efecto sobre la ocupación del territorio del sistema energético diferirá de forma importante. En este informe hemos evaluado distintos casos en cuanto al balance entre el uso de la biomasa y del hidrógeno, para proporcionar cobertura a la demanda de combustibles. Para el contexto de demanda BAU, tal y como indicamos anteriormente, el recurso de biomasa disponible es insuficiente para proporcionar la cobertura de la demanda de combustibles, por lo que en el caso de la cobertura de la demanda BAU con 100% renovables, se debe recurrir extensamente a la producción de hidrógeno. Sin embargo, para el contexto de demanda E3.0, la participación de la biomasa y el hidrógeno en la cobertura de la demanda de combustibles puede ser mucho más equilibrada, aunque evidentemente también existe la opción de prescindir totalmente del uso de la biomasa y proporcionar esta cobertura exclusivamente basada en hidrógeno.

La figura 785 recoge la estructura del potencial de biomasa obtenido en R2050 (GP, 2005). Este potencial total de biomasa, para el desarrollo de este estudio, lo hemos limitado todavía más de tal forma que en ningún mix

de generación se superara una cantidad de recurso equivalente a la suma de los potenciales de cultivos energéticos y CFRR (221 TWh/a), de tal forma que fuera posible recurrir a la biomasa sin producir escalón alguno en la concentración de CO₂. El hecho de que se haya limitado la cantidad de biomasa a estos valores, hace que prácticamente el total de la biomasa implementada en cualquiera de los mix energéticos considerados pudiera suministrarse a partir de biomasa residual, en el caso de que la ocupación del territorio constituyera un criterio de más peso que el escalón de concentración de CO₂ asociado al cambio de uso de esta biomasa residual^{1.073}. Adicionalmente es preciso recordar que en el caso de usar biomasa de origen marino^{1.074}, la ocupación del territorio correspondiente a la biomasa sería nula, por lo que en estos casos, y desde la perspectiva de la ocupación del territorio, la opción de la biomasa pasaría a ser la más adecuada.

Figura 785. Estructura del potencial de biomasa empleado como condición de contorno para la cobertura de la demanda (GP, 2005).



1.073 Por lo que respecta a las biomásas residuales, en general hemos adoptado el planteamiento de minimizar su uso para evitar el escalón en la concentración de CO₂ que llevan asociado. Existe una excepción a esta situación, que es la constituida por la biomasa residual correspondiente a las labores de limpieza y mantenimiento de las superficies, con algún grado de protección ambiental, cuya explotación permitiera aumentar la protección contra incendios de estas masas vegetales.

1.074 Por lo que respecta a la biomasa de origen marino, su potencial no se encuentra incluido en el evaluado en R2050 (GP, 2005).

Finalmente resulta conveniente hacer una mención explícita del tratamiento correspondiente

al requerimiento de combustibles para el subsector de usos no energéticos^{1.075}. La figura 786 reproduce la estructura sectorial de la demanda de energía final para los contextos BAU y E3.0 en el año 2050. Como podemos observar, con el fin de proporcionar un balance completo de los requerimientos de energía final en términos comparables a los balances actuales del sistema energético y a otros escenarios, hemos incluido el subsector “usos no energéticos” dentro de la evaluación de la demanda. Para el contexto BAU, este subsector representa una contribución relativamente pequeña (3,5%), pero para el caso del contexto E3.0, con un mayor despliegue de eficiencia en los otros subsectores, el peso relativo del subsector “usos no energéticos” asciende hasta el orden del 10%, lo cual hace que en el caso de cubrir dicha demanda con biocombustibles, su peso relativo en el consumo total de biomasa, y por tanto en la ocupación del territorio, pase a ser muy importante.

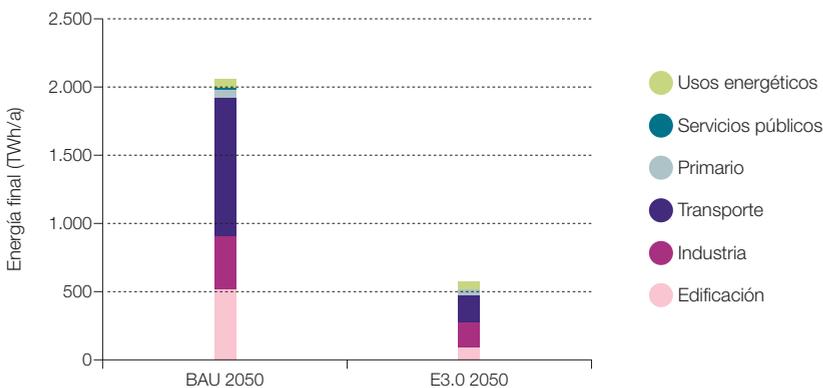
La cobertura de la demanda del subsector “usos no energéticos” cae en principio fuera de las fronteras del sistema energético en el

cual hemos centrado este estudio, sin embargo, para la mayoría de los resultados presentados, hemos incluido su efecto, al igual que haremos para el caso de las repercusiones en la ocupación del territorio.

Sin embargo, existen distintas opciones para proporcionar la cobertura de la demanda del subsector “usos no energéticos”:

- Seguir empleando combustibles fósiles para cubrir esta demanda. Si bien este planteamiento no puede considerarse estrictamente sostenible por conducir al eventual agotamiento de los recursos fósiles, pero en el caso de que se elimine el uso de estos recursos con fines energéticos^{1.076}, y desarrollando los procesos de reciclado adecuados, el consumo sería tan bajo que resultaría comparable al consumo de otras materias primas no fósiles en otros procesos productivos.
- Emplear combustibles sintetizados a partir de hidrógeno generado con electricidad renovable y carbono procedente, por ejemplo, de la fijación de CO₂ atmosférico.

Figura 786. Estructura sectorial de la demanda de energía final para el año 2050.



1.075 Los usos no energéticos de los combustibles fósiles son todos aquellos usos en que estos productos se emplean como materia prima para fabricar otros productos.

1.076 Que es dónde se encuentra actualmente su mayor consumo.

- Emplear biocombustibles elaborados con biomasa para sustituir a los combustibles fósiles actualmente empleados como materias primas en estos procesos productivos.

La opción que hemos elegido en este estudio para ilustrar el efecto de eliminar los combustibles fósiles del subsector de “usos no energéticos” ha sido la de los biocombustibles, que es la que conduce a un mayor requerimiento de ocupación del territorio. Pero dado que existen otras opciones, y que este subsector realmente queda fuera de la “responsabilidad” del sector energético, estos requerimientos adicionales de biomasa (y ocupación del espacio) deben entenderse tan solo como una cuantificación del efecto de sustituir los combustibles fósiles por biocombustibles en este subsector, pero no como un requerimiento asociado al sector energético, ni como una penalización inamovible en términos de ocupación del territorio.

5.8.2 Resultados de ocupación del territorio del sistema energético

Pasamos en este punto a reproducir los resultados de ocupación del territorio de los distintos casos de cobertura de la demanda analizados para los contextos BAU y E3.0.

Los casos del análisis de la cobertura de la demanda con 100% renovables que hemos analizado con más detalle, corresponden a dos casos particulares del balance entre el uso de la biomasa y el hidrógeno, para proporcionar la cobertura del requerimiento de combustibles:

- Para el contexto BAU hemos considerado un caso en el que se mantiene un desarrollo continuo del uso de la biomasa en relación a la situación actual, que cubre el grueso de la demanda de combustibles

mediante la generación de hidrógeno con electricidad renovable.

- Para el contexto E3.0 hemos planteado un caso con un equilibrio entre el uso de biomasa y de hidrógeno para proporcionar la cobertura a la demanda de combustibles.

Puesto que, tal y como hemos indicado anteriormente, el consumo de biomasa empleado en la cobertura de la demanda tiene un peso muy importante sobre la ocupación del territorio al emplear biomasa procedente de cultivos energéticos, vamos a empezar por recopilar los consumos de biomasa planteados para los distintos casos de cobertura de la demanda desarrollados en este estudio.

La figura 787 nos muestra el consumo total de biomasa para el contexto BAU 100% renovable (al inicio del desarrollo del escenario en el año 2007 y en el año 2050) y para el contexto E3.0, comparado con el consumo de biomasa durante el año 2009, y la planificación en el uso de la biomasa correspondiente al PER 2010, es decir, el desarrollo en el uso de la biomasa que se debería haber alcanzado en el año 2010 en el caso de haberse cumplido la planificación energética. Para los casos BAU y E3.0 en el año 2050, los resultados presentados en esta figura incluyen la biomasa empleada para proporcionar los biocombustibles que cubran la demanda del subsector de “usos no energéticos”. Del análisis de esta figura, aparte de la gran desviación entre el uso actual de la biomasa y la planificación establecida para el año 2010, podemos extraer varias conclusiones interesantes:

- El uso de la biomasa planteado para el contexto BAU en el año 2050 es del orden del uso actual de la biomasa, e inferior a la planificación para el año 2010. En este contexto BAU 100%R (BAU con generación

100% renovable), el grueso de la demanda de combustibles se cubre vía hidrógeno, y resulta el uso de la biomasa muy continuista en relación a la situación actual

- En el caso del contexto E3.0, a pesar de la gran reducción en la demanda total de energía asociada al despliegue de eficiencia, el planteamiento de repartir responsabilidades para la cobertura de la demanda de combustibles entre la biomasa y el hidrógeno conduce a un requerimiento de biomasa sensiblemente superior al del contexto BAU. Sin embargo, el uso de biomasa planteado para el año 2050 está muy en línea con la planificación energética que existía para el año 2010, por lo que se puede considerar como un escenario tendencial en el caso de que se proporcionaran los elementos necesarios para hacer realidad esta planificación energética.

Pero como indicábamos anteriormente, la figura anterior incluye en los requerimientos

de biomasa la producción de biocombustibles para dar cobertura total a los requerimientos del subsector “usos no energéticos” que, como su nombre indica, no es responsabilidad directa del sector energético, y para el cual, tal y como mostrábamos anteriormente, existen otras alternativas distintas a la biomasa. Por tanto, resulta más interesante realizar la comparativa de los recursos de biomasa directamente asociados al sector energético, cuyo resultado aparece reflejado en la figura 788. Como podemos ver, en estas condiciones, el uso de biomasa planteado para el año 2050 en el contexto E3.0 (el de mayor uso de biomasa) es sensiblemente inferior al correspondiente a la planificación energética para el año 2010, y el uso de la biomasa en el contexto BAU 100%R para el año 2050 es incluso inferior al que ya realizábamos en el año 2009. En estas condiciones resulta evidente que el uso de la biomasa planteado para proporcionar cobertura a la demanda del

Figura 787. Comparación entre el uso de biomasa planteado en los casos de cobertura de la demanda 100% renovable para los contextos BAU y E3.0, el uso de biomasa en 2009 del sistema energético, y la planificación correspondiente al desarrollo de la biomasa energética en 2010. Resultados incluyendo el subsector de “usos no energéticos”.

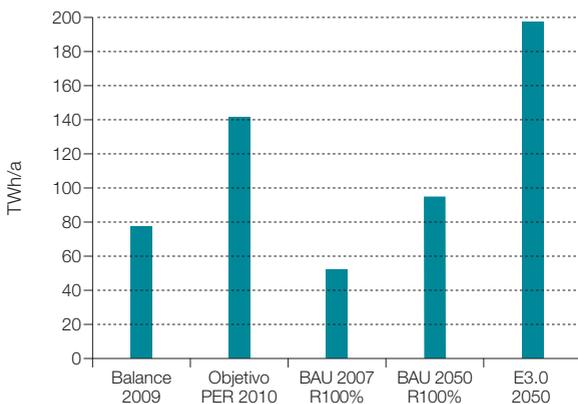


Figura 788. Comparación entre el uso de biomasa planteado en los casos de cobertura de la demanda 100% renovable para los contextos BAU y E3.0, el uso de biomasa actual del sistema energético, y la planificación actual correspondiente al desarrollo de la biomasa energética. Resultados sin incluir el subsector de “usos no energéticos”.

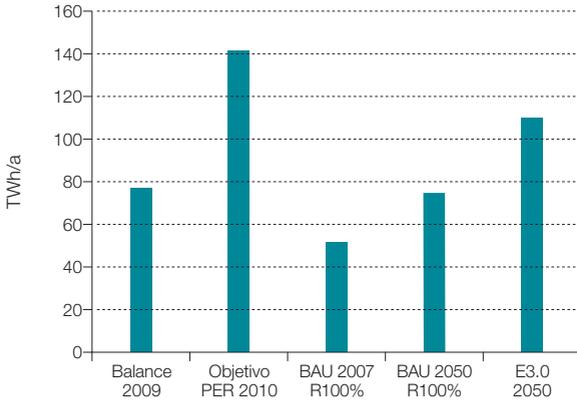
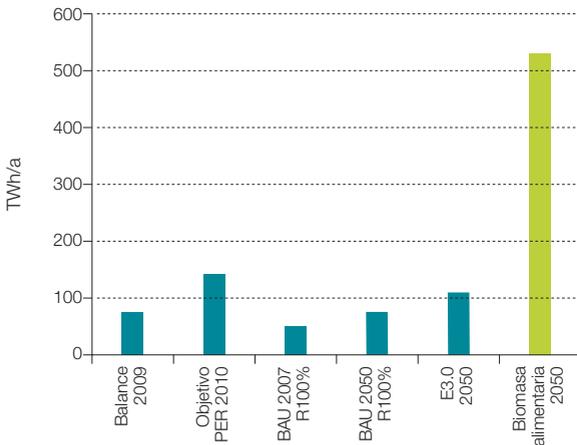


Figura 789. Comparación entre el uso de biomasa planteado en los casos de cobertura de la demanda 100% renovable para los contextos BAU y E3.0, el uso de biomasa actual del sistema energético, y la planificación actual correspondiente al desarrollo de la biomasa energética. Resultados sin incluir el subsector de “usos no energéticos”. Comparativa con los requerimientos de biomasa alimentaria para el año 2050.



sector energético en el año 2050, tanto en los contextos BAU como E3.0 no resulta en absoluto excesivo, sino más bien se podría interpretar como conservador.

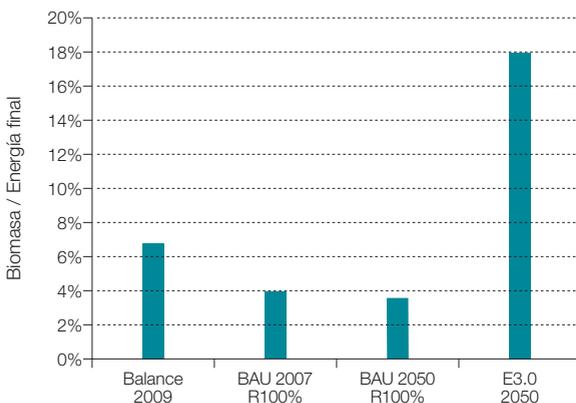
Pero es más, si comparamos estos resultados bajo la perspectiva del uso de biomasa alimenticia, la figura 789 nos muestra cómo el uso de biomasa con fines energéticos planteada para el año 2050 (tanto para el contexto BAU como para el E3.0) es muy pequeño en comparación con el uso de biomasa alimenticia que cabría esperar para el año 2050, si mantenemos una dieta promedio con una estructura parecida a la actual.

Para profundizar más en la participación de la biomasa para cubrir la demanda de energía, la figura 790 nos presenta el ratio de biomasa a energía final, mientras que la figura 791 nos reproduce el ratio de biomasa a hidrógeno empleados para proporcionar la cobertura de la demanda del sistema energético. Como podemos observar, en términos relativos a la demanda de energía final, los casos del contexto BAU suponen porcentajes inferiores al

actual, mientras que el caso del contexto E3.0 conduce a incrementar el peso de la participación de la biomasa hasta el orden del 18%, significativamente superior al actual. Por lo que respecta al ratio de biomasa a hidrógeno, en el contexto BAU es muy bajo, e indica el dominio del hidrógeno en la estructura de estos mix, mientras que en el contexto E3.0 vemos que la participación de la biomasa y del hidrógeno están muy equilibradas.

Profundizando más en la estructura de los recursos energéticos empleados para proporcionar la cobertura de la demanda en el contexto E3.0 (el de mayor uso de biomasa), la figura 792 nos muestra cómo el sistema energético total está dominado por el uso de la electricidad, con una cantidad muy importante de esta electricidad dedicada a la producción de hidrógeno, y con un equilibrio entre el uso de biomasa y de hidrógeno. El planteamiento para asignar los recursos a este caso de análisis ha sido emplear biomasa para complementar^{1.077} la cobertura de la demanda en el sector industria (mediante cogeneración y combustión directa), y para cubrir la demanda

Figura 790. Participación porcentual de la biomasa en la cobertura de la energía final. Resultados sin incluir el subsector de “usos no energéticos”.



1.077 Después de la aplicación de bombas de calor, solar térmica y electricidad directa.

del subsector “usos no energéticos”, por considerar que estas dos aplicaciones pueden ser cubiertas de forma más sencilla mediante el uso de biomasa o biocombustibles que mediante el uso de hidrógeno^{1.078}. Posteriormente, el remanente de demanda de combustibles (subsectores transporte y primario),

fue cubierto entre biomasa e hidrógeno imponiendo el criterio^{1.079} de igualdad de ocupación del territorio que, como podemos apreciar en esta figura, conduce a una contribución sensiblemente superior del hidrógeno como consecuencia de su mayor eficacia por lo que respecta a la ocupación del territorio.

Figura 791. Ratio entre la participación de la biomasa y del hidrógeno en la cobertura de la demanda. Resultados sin incluir el subsector de “usos no energéticos”.

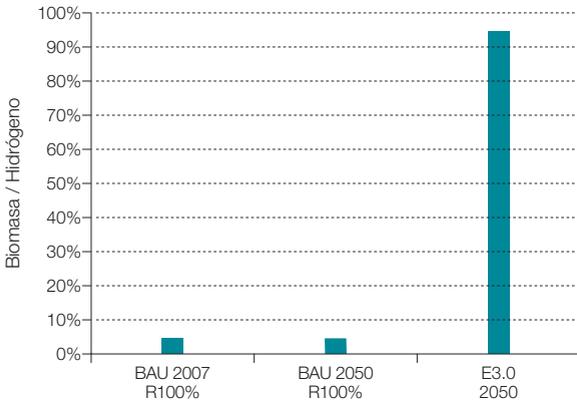
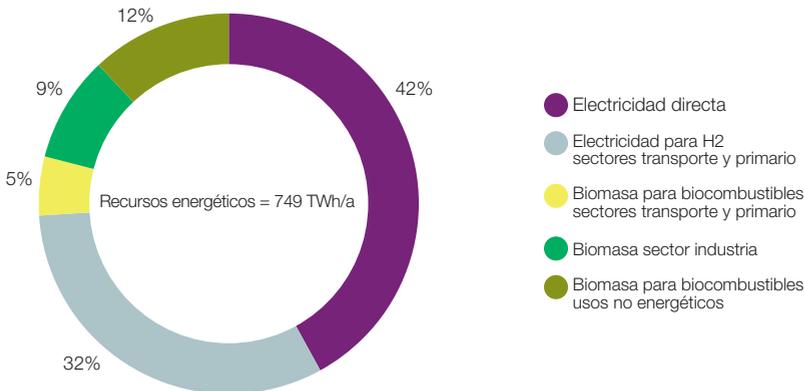


Figura 792. Recursos energéticos empleados para proporcionar la cobertura de la demanda del contexto E3.0.



1.078 Sin embargo, como comentábamos anteriormente es perfectamente posible extender el uso del hidrógeno a estas aplicaciones para reducir el uso de biomasa y con él la ocupación del territorio.

1.079 Este criterio se adoptó como un ejemplo de los posibles criterios a emplear para establecer la configuración final del mix energético a partir de las múltiples opciones disponibles.

En la figura 793 reproducimos la estructura del consumo de biomasa para el caso analizado de cobertura de la demanda en el contexto E3.0 para el año 2050, incluido el efecto de los “usos no energéticos”. Como podemos apreciar, el consumo total de biomasa se encuentra dominado por el requerimiento de

biomasa para producir los biocombustibles que cubran la demanda de materias primas en el subsector “usos no energéticos”.

Si comparamos el uso de biomasa requerido para el caso analizado en el contexto E3.0 (incluyendo el requerimiento para usos no

Figura 793. Estructura del consumo de biomasa para el caso de cobertura de la demanda analizado en el contexto E3.0.

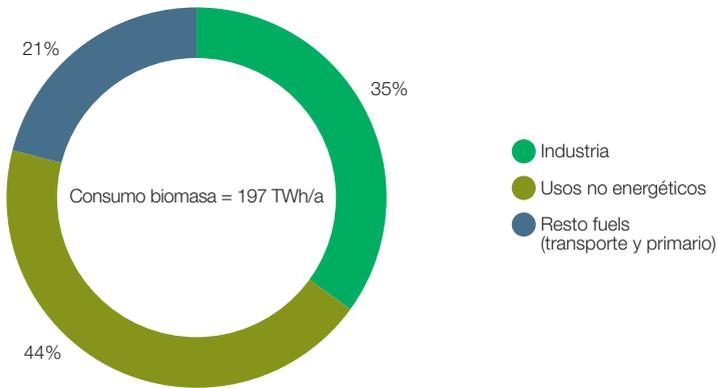
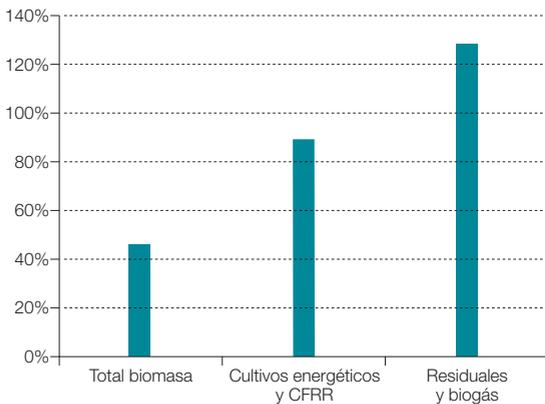


Figura 794. Valor relativo del consumo de biomasa para el caso analizado de cobertura de la demanda en el contexto E3.0. Incluyendo el consumo de biomasa para el subsector “usos no energéticos”.



energéticos) con el potencial disponible de biomasa evaluado en R2050 (GP, 2005), en la figura 794 vemos cómo el uso planteado del recurso es inferior al 50%, aunque asciende al orden del 90% del recurso de cultivos energéticos y CFRR, y es ligeramente superior al recurso de biomasa residual.

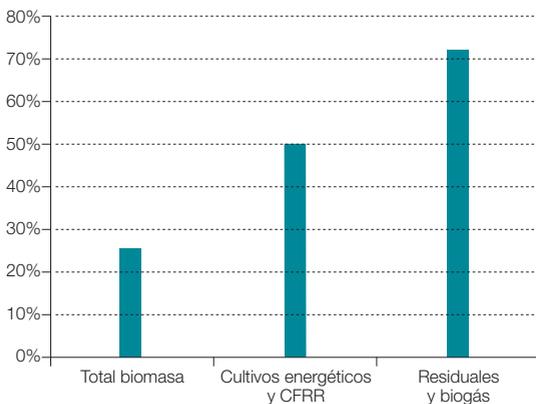
Sin embargo, si dejamos de lado el requerimiento de biomasa para el subsector “usos no energéticos”, y nos centramos en el uso de biomasa directamente imputable al sistema energético, la figura 795 nos muestra cómo el caso analizado de cobertura de la demanda en el contexto E3.0 representa un 26% del potencial total de biomasa, el 50% del potencial de cultivos energéticos y CFRR, y el 72% del potencial de biomasa residual. Es decir, en el caso de priorizar los aspectos de ocupación del territorio sobre otras consideraciones^{1.080} que pudieran favorecer a los cultivos energéticos, sería posible cubrir todo el requerimiento de biomasa para el sistema energético con biomasas residuales, es decir, sin efecto alguno sobre la ocupación del territorio.

A continuación pasamos a presentar los resultados correspondientes a la ocupación del territorio para los distintos análisis de la cobertura de la demanda realizados.

En la figura 796 presentamos la estructura de ocupación del territorio en el contexto BAU con un mix BAU. Como podemos apreciar, incluso en este contexto totalmente continuista, la ocupación del territorio asociada al sistema energético (incluido el subsector “usos no energéticos”) crecería de forma muy importante desde valores del orden del 1,5% hasta situarse por encima del 10%. Este crecimiento se encontraría dominado por las contribuciones de la biomasa (sólida y para biocombustibles) y de la participación creciente de las energías renovables en el sistema eléctrico^{1.081}.

Pero este crecimiento de la ocupación del territorio para el contexto BAU con mix BAU, todavía esconde la realidad de las grandes externalidades asociadas a un sistema energético con una elevada dependencia de combustibles fósiles. En efecto, en la figura

Figura 795. Valor relativo del consumo de biomasa para el caso analizado de cobertura de la demanda en el contexto E3.0. Sin incluir el consumo de biomasa para el subsector “usos no energéticos”.



1.080 Evitar el escalón en concentración de CO₂ asociado al cambio en el uso del recurso de biomasa residual, potenciar la agroenergética como elemento para mantener la actividad tradicional en el mundo rural, etc.

1.081 El mix eléctrico para el contexto BAU con mix BAU es el que se presentó anteriormente en este informe para la evaluación de costes.

Figura 796. Estructura de ocupación del territorio para el contexto BAU con un mix BAU.

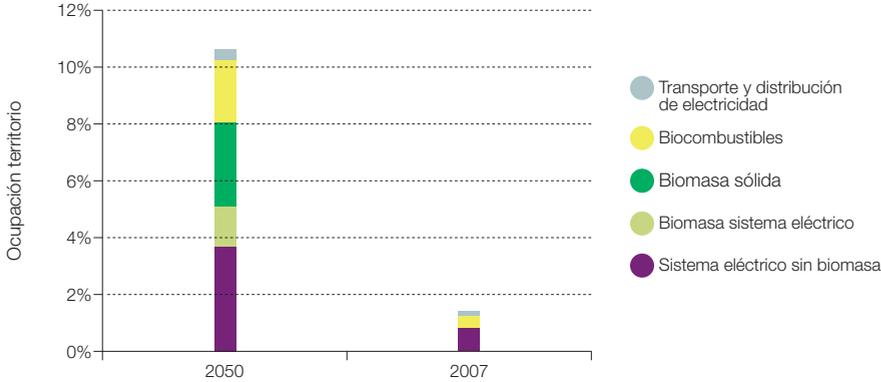
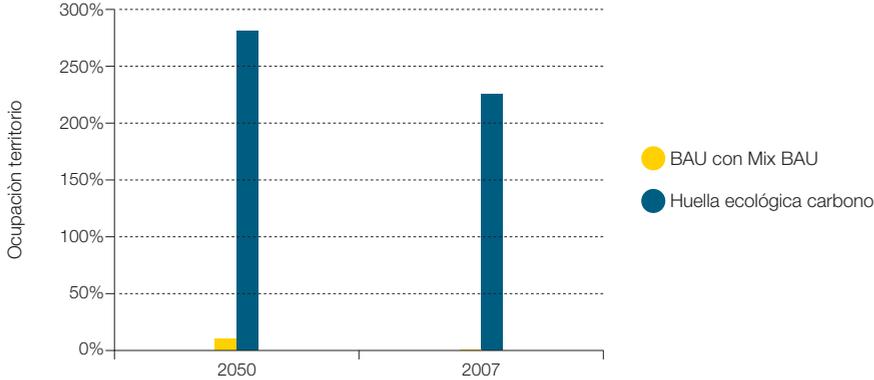


Figura 797. Comparativa entre la ocupación del territorio asociada al contexto BAU con el mix BAU, y la huella ecológica asociada al carbono.



797 recogemos la comparativa entre la ocupación del territorio asociada al sistema energético, en el contexto BAU con mix BAU y la huella ecológica de carbono^{1.082}, que como hemos comentado anteriormente estamos empleando como una primera aproximación de la huella ecológica asociada al sistema energético. Como podemos observar, el contexto BAU con mix BAU sigue externalizando la mayor parte del efecto del sistema energético sobre la ocupación del territorio.

En el caso de proceder a la cobertura total de la demanda del contexto BAU con renovables, la figura 798 nos muestra la estructura de ocupación del territorio asociada. Como podemos observar, el requerimiento de ocupación del territorio crece de forma muy significativa respecto al caso del mix BAU, y para el año 2050 pasa de requerir del orden del 10% del territorio a prácticamente llegar al 25%.

1.082 Para el año 2050, el crecimiento de la huella ecológica de carbono para el mix BAU se ve atenuado por el crecimiento en la participación de las renovables incluso en este mix BAU. Si no se produjera este crecimiento en la participación relativa de las renovables para la cobertura de la demanda, la huella ecológica de carbono en el año 2050 ascendería al 358% del territorio peninsular.

Sin embargo, aunque pueda parecer un gran incremento de ocupación del territorio, la realidad es que el territorio se emplea de forma mucho más eficiente en este caso con un mix 100% renovable que en el caso con el mix BAU, pues para el mix-100% renovable se internaliza completamente el impacto del sistema energético sobre el uso del territorio.

En efecto, la figura 799 nos muestra el ratio entre la ocupación del territorio del mix-R100% y la huella ecológica del carbono para el mix BAU, en el caso del contexto de demanda BAU. Como podemos apreciar, la ocupación del territorio al emplear el mix R100% es, en el año 2050, inferior al 9% de la huella ecológica de carbono al emplear

Figura 798. Estructura de la ocupación del territorio para el contexto BAU con mix 100% renovable.

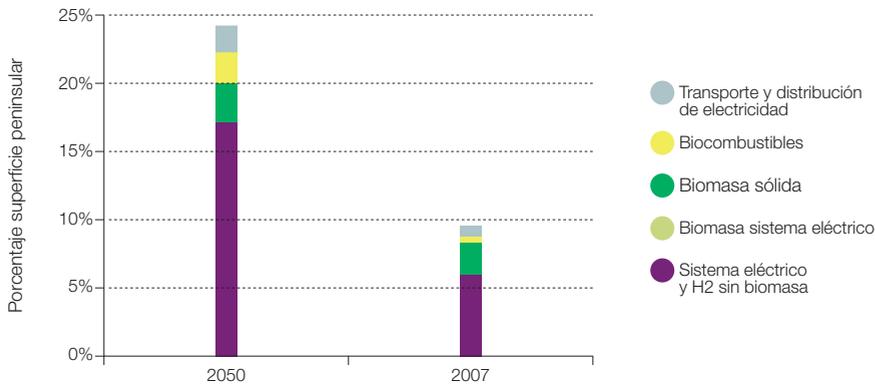
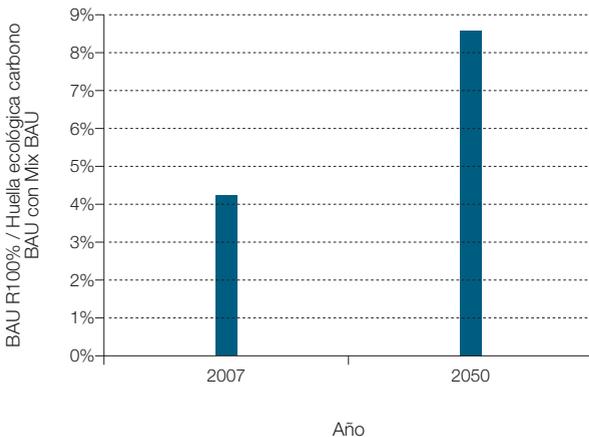


Figura 799. Relación entre la ocupación del territorio del mix R100% y la huella ecológica del carbono para el mix BAU, en el caso del contexto de demanda BAU.



el mix BAU, por lo que el proceso de inter-nalización de la huella ecológica del sistema energético al emplear el mix-R100% es muy eficiente.

Para el caso del contexto E3.0, el despliegue de eficiencia e inteligencia conduce a una gran reducción de la demanda, y en el caso de emplear un mix energético con la misma estructura (especialmente por lo que concierne al peso relativo de la biomasa), el requerimiento de ocupación del territorio se reduciría proporcionalmente. Pero tal y como hemos indicado anteriormente, el caso de cobertura de la demanda que hemos analizado para el contexto E3.0 incorpora un uso considerablemente superior de la biomasa, tanto en términos relativos como absolutos, y plantea un equilibrio entre el uso de biomasa y de hidrógeno, lo cual tiene el efecto de atenuar^{1.083} la reducción en la ocupación del territorio.

La figura 800 nos muestra la estructura de ocupación del territorio para los casos de cobertura de la demanda considerados en el contexto E3.0, sin y con participación de la gestión de la demanda. Como podemos observar, la gestión de la demanda tiene un pequeño efecto, lo que reduce ligeramente la ocupación requerida del territorio, pero en esencia, ambos casos presentan una estructura muy similar de la ocupación del territorio. Otras conclusiones que podemos extraer de esta figura son:

- El gran peso asociado a la producción de biocombustibles para cubrir la demanda del subsector “usos no energéticos”, que hace subir el requerimiento de ocupación del territorio desde valores del orden del 10% a valores del orden del 15%. Como ya hemos comentado anteriormente, este requerimiento no está directamente asociado al sistema

energético, y además existen otras opciones para su cobertura con un impacto muy inferior en términos de ocupación del territorio.

- La biomasa empleada para el sector industria (cogeneración y combustión directa) en estos mix también tiene un efecto muy importante sobre la ocupación del territorio. La priorización del uso de hidrógeno en lugar de biomasa para este sector permitiría, por tanto, reducir de forma significativa el impacto en la ocupación del territorio.
- La biomasa requerida para complementar la demanda del sector transporte tiene un impacto relativamente limitado, consecuencia directa de la gran electrificación que hemos planteado para este sector.
- El requerimiento de ocupación del territorio del sistema eléctrico y de producción de hidrógeno es del orden del 4%, a pesar de ser el que cubre la gran mayoría de la demanda de energía en el mix planteado.
- La estructura de ocupación del territorio se encuentra fuertemente dominada por la biomasa.

Pero tal y como hemos venido comentando anteriormente, los relativamente elevados requerimientos de ocupación del territorio asociados al caso analizado en el contexto E3.0 son una consecuencia directa de dos factores no estructurales: la cobertura con biomasa de la demanda del subsector “usos no energéticos”, y el elevado uso de biomasa que resulta de plantear un equilibrio entre biomasa e hidrógeno para cubrir la demanda de combustibles. Ambos elementos son perfectamente prescindibles, y corresponden tan solo a una de las múltiples opciones disponibles para la cobertura de la demanda, por lo

1.083 Aspecto que como también hemos comentado anteriormente, no es ni mucho menos estructural, y es perfectamente posible plantear casos de cobertura de la demanda con un uso muy inferior o incluso nulo de la biomasa procedente de cultivos energéticos (la de mayor impacto sobre la ocupación del territorio). El caso analizado de cobertura de la demanda, con un equilibrio entre el uso del hidrógeno y el de la biomasa, corresponde simplemente a una de las múltiples opciones disponibles.

que en el caso de priorizar el aspecto de ocupación del territorio frente a las otras consideraciones que podrían conducir al mix empleado para el análisis de la cobertura de la demanda del contexto E3.0, existe un gran potencial de reducción de la ocupación del territorio. La figura 801 nos muestra este hecho al presentar los resultados correspondientes a dos casos adicionales de cobertura de la demanda en el contexto E3.0:

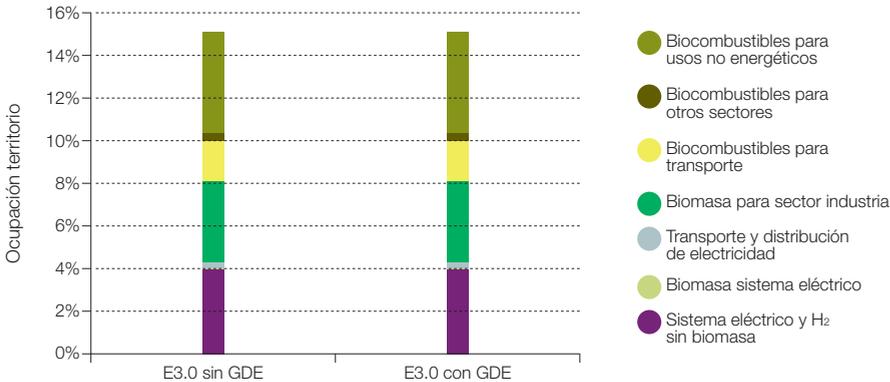
- El uso exclusivamente de hidrógeno para la cobertura de la demanda de combustibles. No considera el subsector “usos no energéticos”, y el uso de biomasa se limita a la pequeña cantidad de biomasa empleada para la regulación del sistema eléctrico^{1.084}.
- El uso de biomasa residual o marina para sustituir toda la biomasa procedente de cultivos energéticos o CFRR planteado en el caso original de cobertura de la demanda del contexto E3.0.

Como podemos observar en esta figura, de la ocupación del territorio original para dar cobertura de la demanda al contexto E3.0,

incluido el sector usos no energéticos (15,1%), puede reducirse la ocupación del territorio hasta un 6,2% en el caso de emplear exclusivamente hidrógeno^{1.085} para la cobertura de la demanda de combustibles^{1.086}, y hasta un 4,3% si sustituimos el uso planteado de biomasa procedente de cultivos energéticos y CFRR por biomasa residual y/o marina.

Pero es más, el potencial de reducción del uso del territorio para la cobertura de la demanda de energía puede ir mucho más allá de lo expuesto en el párrafo anterior, si se prioriza este aspecto sobre otras consideraciones, entre las que se encuentra el coste de generación. En efecto, el mix de generación eléctrica que hemos planteado para el análisis de la cobertura de la demanda en el contexto E3.0 partía de un planteamiento de diversidad tecnológica ponderado con los costes de generación de cada tecnología y su potencial disponible, así como para tener en cuenta la situación actual de desarrollo de las distintas tecnologías. Pero existen múltiples opciones que conducen a una menor^{1.087} ocupación del territorio si se priorizan las tecnologías de

Figura 800. Estructura de la ocupación del territorio para el contexto E3.0 en el año 2050, en los casos sin y con participación de la gestión de la demanda.



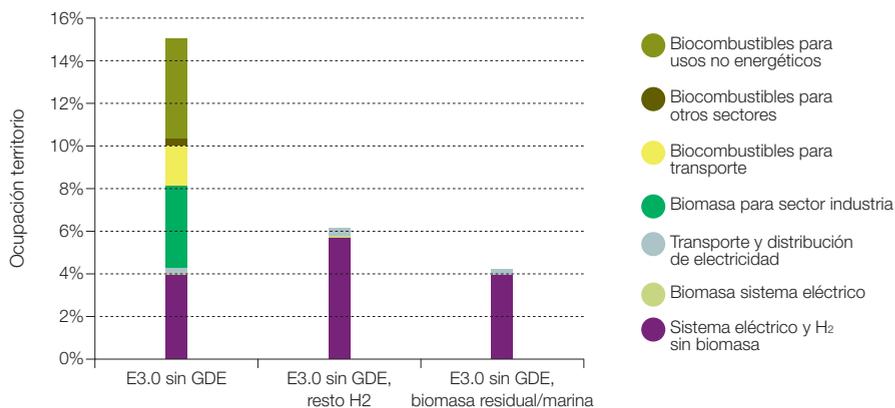
1.084 Unos 14 TWh/a, del orden del 3% del recurso disponible.

1.085 Con el mix de generación eléctrica anteriormente presentado para complementar la cobertura del requerimiento de generación de hidrógeno una vez empleada la electricidad “residual” procedente de los requerimientos de regulación del sistema eléctrico.

1.086 Es decir, sustituyendo el uso planteado de la biomasa de cultivos energéticos y CFRR por hidrógeno.

1.087 De todas formas, es preciso tener en cuenta que la ocupación del territorio del mix de generación eléctrica empleado para el análisis de la cobertura de la demanda del contexto E3.0, se encuentra fuertemente dominada por la edificación terrestre, y para esta tecnología la ocupación del territorio es muy relativa, pues puede compartir el territorio con otros usos, como la producción de alimentos.

Figura 801. Efecto sobre la ocupación del territorio de plantear la cobertura total de la demanda de combustibles con hidrógeno, o de emplear biomazas residuales o marinas para este fin. Contexto E3.0 en año 2050.



generación con menor ocupación del territorio (como la termoeléctrica), o incluso las de ocupación nula del territorio (como la fotovoltaica integrada, la eólica marina o las olas), a lo que hay que añadir la biomasa sin efectos en ocupación del territorio (biomasa residual y biomasa marina). Por tanto, en el extremo de priorizar el aspecto de ocupación del territorio por encima de los otros criterios asociados al desarrollo de un mix de generación 100% renovable para el contexto E3.0, existe potencial de generación más que suficiente^{1.088} para cubrir la demanda con una ocupación nula del territorio para la generación, y por tanto limitar la ocupación del territorio a los aspectos asociados a T&D de la electricidad, es decir, en el orden del 0,2%-0,3% según el uso que se haga de la biomasa residual y marina para proporcionar cobertura a la demanda de combustibles (sustituyendo al hidrógeno).

Por lo que respecta a la comparativa con los casos correspondientes al contexto BAU, la figura 802 nos muestra cómo el mix originalmente planteado (que incluye la cobertura con

biomasa del subsector de usos no energéticos) conduce a una ocupación del territorio que se encuentra entre las del contexto BAU para mix BAU y mix-100%R. Pero si dejamos de lado el sector de usos no energéticos, y sustituimos el uso de biomasa procedente de cultivos energéticos o CFRR por el hidrógeno o la biomasa residual/marina, el uso del territorio correspondiente a la cobertura de la demanda del contexto E3.0 es del orden de la mitad del requerido para cubrir la demanda del contexto BAU con un mix BAU, y del orden de una quinta parte del requerido para la cobertura de la demanda del contexto BAU con un mix-100%R.

Pero no conviene olvidar el hecho de que tanto en el contexto E3.0 como en el BAU con mix-100%R, se lleva a cabo una internalización completa del impacto del sistema energético sobre la ocupación del territorio, mientras que en el caso del contexto BAU con mix BAU existe una gran externalización de este efecto. La figura 803 nos presenta los requerimientos de ocupación del territorio de cada uno de los casos analizados junto a la

1.088 En efecto, considerando la demanda de electricidad directa y para producción de hidrógeno para el caso analizado en el contexto E3.0, tanto la fotovoltaica integrada como la suma de la eólica marina y las olas, podrían cada una de ellas cubrir el total de la demanda de electricidad de acuerdo con el potencial disponible.

Figura 802. Comparativa de los requerimientos de ocupación del territorio y su estructura para el año 2050 en los contextos BAU y E3.0 y con distintos mix para la cobertura de la demanda. Año 2050.

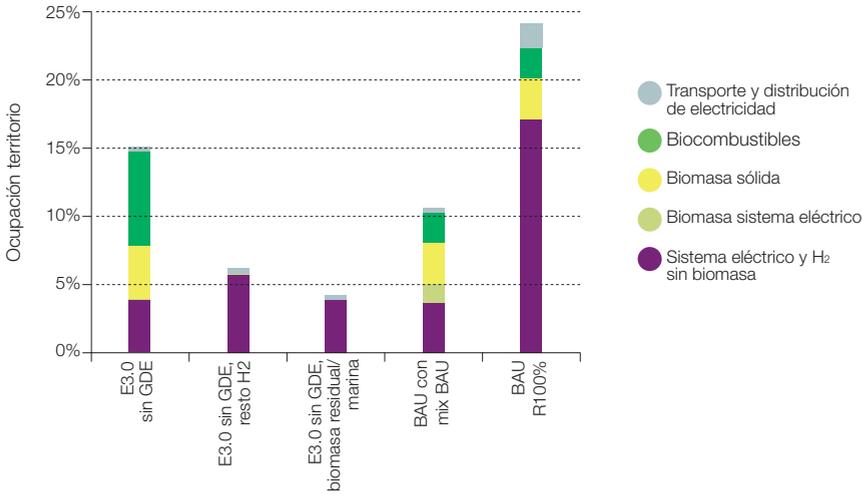
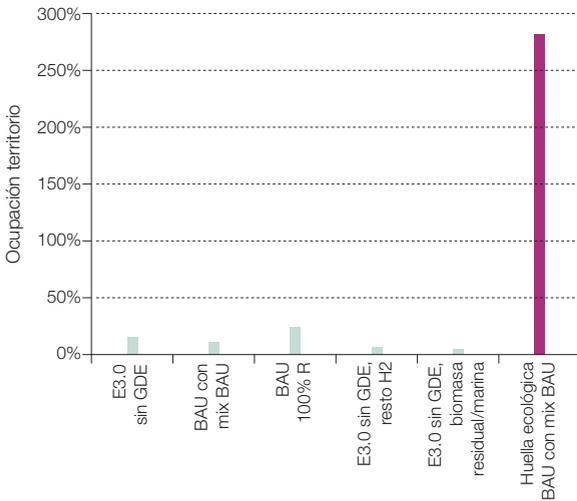


Figura 803. Comparativa de la ocupación del territorio para los contextos BAU y E3.0, con distintos mix para la cobertura de la demanda, y la huella ecológica de carbono para el contexto BAU con mix BAU.



huella ecológica de carbono del caso del contexto BAU con mix BAU para ganar esta perspectiva.

Por lo que respecta al sistema eléctrico y de producción de hidrógeno, tal y como nos muestra la figura 804, el contexto E3.0 también proporciona una gran reducción de la

ocupación del territorio, incluso en el caso de cobertura de la demanda analizado, por lo que puede alcanzar en el contexto E3.0 una ocupación prácticamente^{1.089} nula del territorio si se prioriza el uso de tecnologías sin efecto alguno en la ocupación del territorio (fotovoltaica integrada, eólica marina, olas).

Figura 804. Comparativa de la ocupación del territorio asociada al sistema eléctrico y de producción de hidrógeno para los contextos BAU y E3.0 con cobertura 100% renovable en el año 2050.

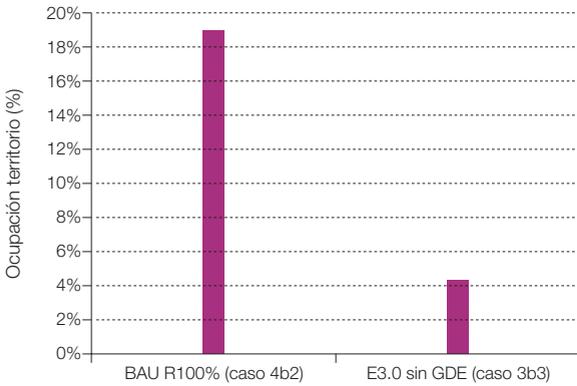
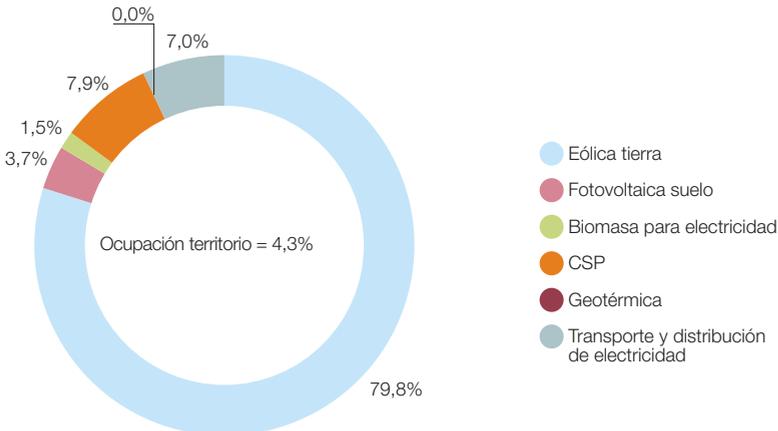
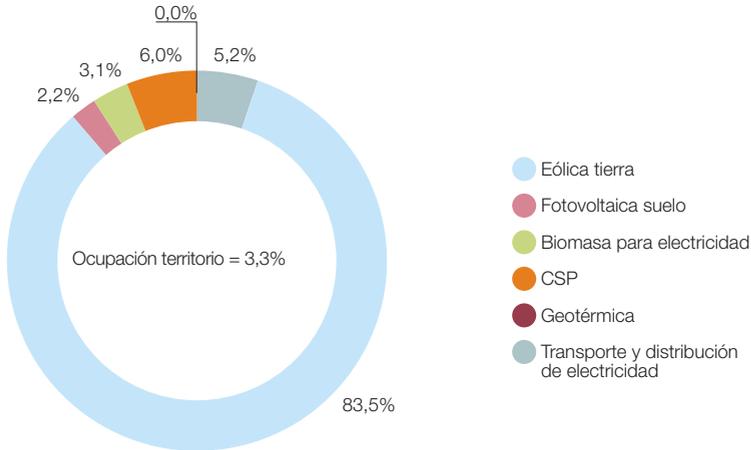


Figura 805. Estructura de ocupación del territorio del sistema eléctrico y de producción de hidrógeno para el caso E3.0 sin GDE (caso-3b3).



1.089 Tan solo quedaría el requerimiento para T&D de la electricidad, que oscila entre el 0,2% y el 0,3% dependiendo del uso que se haga de la biomasa para la cobertura de la demanda de combustibles.

Figura 806. Estructura de ocupación del territorio del sistema eléctrico (excluida la producción de hidrógeno) para el caso E3.0 sin GDE (caso-3b2).



Por último, si analizamos la estructura de la ocupación del territorio asociada a las tecnologías de generación eléctrica empleadas en el mix considerado para el análisis de la cobertura de la demanda en el contexto E3.0, en la figura 805 podemos observar cómo se encuentra fuertemente dominado por la eólica terrestre. Si tenemos en cuenta que para esta tecnología, como para el T&D de electricidad, el uso del terreno no es exclusivo de la función energética, es decir, que el sistema energético puede compartir el territorio con otros usos del terreno (como la producción de alimentos), la ocupación del territorio exclusiva para el sistema energético se reduce a un 0,6%.

Pero es más, en el caso anterior las tecnologías de generación eléctrica se emplean tanto para dar cobertura a la demanda de electricidad directa como para generar hidrógeno destinado a la cobertura parcial de la demanda de combustibles. Si nos centramos tan solo en la parte del sistema eléctrico destinada a la cobertura de la electricidad directa, a fin de poder realizar una comparativa

más equitativa^{1.090} con el sistema eléctrico actual, la estructura resultante en la ocupación del territorio es la que aparece reproducida en la figura 806. Como podemos observar, la ocupación se reduce a un 3,3%, y si le descontamos la ocupación correspondiente a la eólica terrestre y al T&D de electricidad (que pueden compartir el territorio con otros usos como la producción de alimento), la ocupación del territorio se reduce a un 0,4%, del orden de una tercera parte de la del sistema eléctrico actual (a pesar de la mayor electrificación planteada en el contexto E3.0).

1.090 De hecho sigue sin ser totalmente equitativa, pues en el contexto E3.0 se plantea una electrificación de la demanda muy superior a la del sistema energético actual, por lo que la comparativa todavía no hace suficiente justicia a los méritos del contexto E3.0.