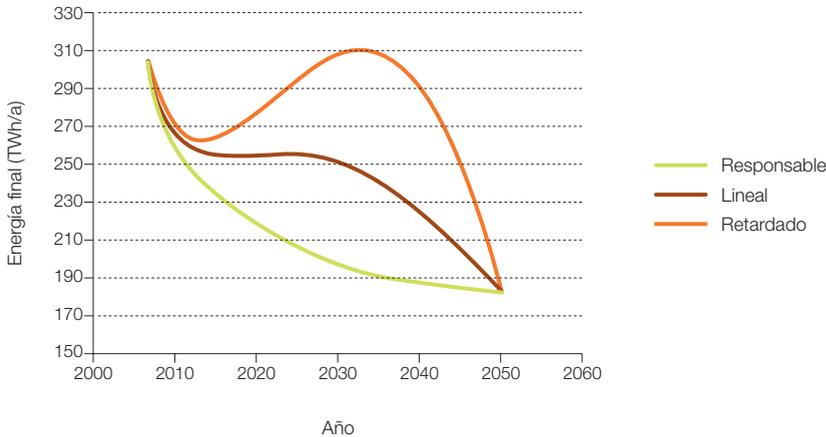


Figura 508. Escenarios de transición del contexto BAU al contexto E3.0 en el sector industria.



los escenarios de transición resultantes de la aplicación de las tasas retardada, lineal o responsable para desarrollar esta transición.

Es de resaltar el acusado pico interior⁸⁴⁹ de consumo que se genera con el escenario retardado en torno al año 2035, así como las elevadas tasas de reducción que habría que mantener posteriormente durante periodos de tiempo muy elevados. Por el contrario, en el escenario responsable las tasas elevadas de reducción se encuentran limitadas a un corto periodo inicial, en el que aprovechando el tirón de la recesión ocasionada por la crisis se podría desplegar el cambio de una forma mucho menos costosa.

3.9 Escenarios para los otros sectores energéticos

Con la finalidad de completar la imagen proyectada del sector energético, y especialmente por el interés en contrastar los requerimientos sobre el recurso renovable más limitado que tenemos, en términos relativos a sus potenciales aplicaciones (la biomasa), hemos añadido a los escenarios de los principales sectores energéticos anteriormente desarrollados otros escenarios para el resto de sectores con implicaciones sobre los recursos energéticos, que a pesar de su carácter más simplificado nos proporcionen una visión de conjunto.

3.9.1 Escenario del sector primario

El sector primario (agricultura y pesca) tiene unas implicaciones en términos de GEI que van mucho más allá que su participación en el consumo de energía. Sin embargo, su consumo energético resulta también relevante desde el punto de vista de la asignación de

⁸⁴⁹ Estos picos interiores tienen como consecuencia el requerimiento de sobredimensionar tanto el sistema de generación como el de distribución de energía respecto a lo que sería finalmente necesario, con los correspondientes impactos asociados al desarrollo de esta infraestructura.

recursos de biomasa, pues en gran parte está formado por combustible para la maquinaria agrícola y la flota pesquera. En este punto vamos a elaborar un escenario para la evolución de consumo de energía en este sector, tanto para los contextos BAU como E3.0, si bien el análisis de las medidas de eficiencia que es posible implementar para desplegar el contexto E3.0 es superficial y constituye tan solo una primera aproximación conservadora

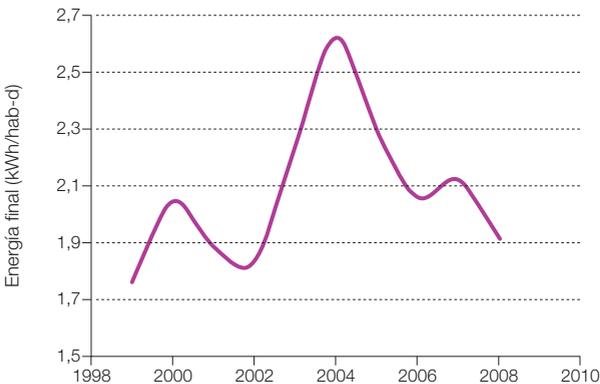
a la implementación de medidas de eficiencia en este sector.

La figura 509 nos muestra la evolución de energía final en este sector a lo largo de los últimos 20 años, mientras la figura 510 reproduce la evolución del consumo per cápita en los últimos 10 años. Como podemos observar, a pesar de la tendencia creciente del consumo de energía en este sector en el pasado,

Figura 509. Evolución del consumo de energía final del sector primario (datos Eurostat).



Figura 510. Evolución del consumo de energía final per cápita del sector primario (datos Eurostat).



los últimos años muestran una tendencia decreciente del consumo de energía, que probablemente en parte se explique por un mayor peso de la importación de alimentos.

En la E4 (IDAE, 2003) se recoge una tendencia decreciente del peso del consumo de energía en este sector sobre el consumo total de energía primaria (figura 511), a pesar de eso, esta referencia considera que en el fu-

turo crecerá en términos absolutos el consumo en agricultura por el paso a cultivos de regadío (mayor valor añadido) desde los de secano. En la figura 512 reproducimos los escenarios de referencia y de eficiencia de la E4 hasta 2012 (IDAE, 2003) en los que se aprecia una tendencia creciente a lo largo del tiempo⁸⁵⁰. Por lo que respecta a las medidas de eficiencia del escenario E4, se centran en la maquinaria agrícola y la migración del riego

Figura 511. Evolución del peso del sector primario sobre el consumo de energía primaria total [datos E4 (IDAE, 2003)].

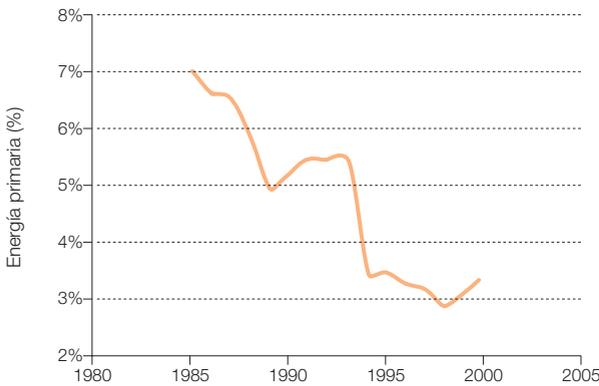
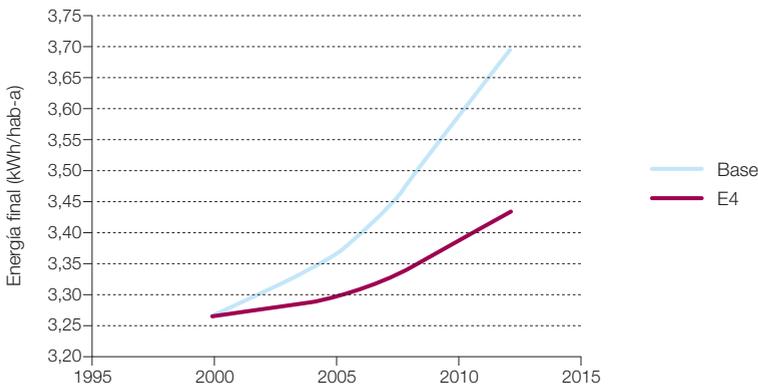


Figura 512. Escenarios de referencia y eficiencia para el sector primario según la E4 (IDAE, 2003).



850 En el Plan de Acción 2008-2012 se añade un escenario con alguna medida de eficiencia adicional (E4+) que supone un ligero ahorro (0,6% para el año 2012) respecto al escenario E4 pero que no modifica el pronóstico de tendencia creciente del incremento de consumo en este sector. La E4+ introduce como medidas de eficiencia adicionales a las de la E4 la mejora en la propulsión de la flota pesquera y la migración desde la agricultura tradicional a la agricultura de conservación.

por aspersión al localizado, por ser en estos subsectores donde se localiza la mayoría del consumo.

Por lo que respecta a la estructura subsectorial de la demanda de energía en este sector, en las figuras 513 y 514 recogemos la existente en el año 2001 y la proyectada por la E4 para el año 2012 en el escenario de referencia.

Para el desarrollo del escenario BAU adoptamos uno que pase por los puntos definidos por el escenario E4+ del plan de acción 2008-2012 (IDAE, 2007) hasta 2012, con un tendencial de consumo creciente pero con tasas anuales decrecientes a partir de ese momento. Por lo que respecta a la electrificación, planteamos un escenario de electrificación creciente en el sector, asociado a mantener la

Figura 513. Reparto subsectorial del consumo de energía final en el sector primario en el año 2001 [datos (IDAE, 2003)].

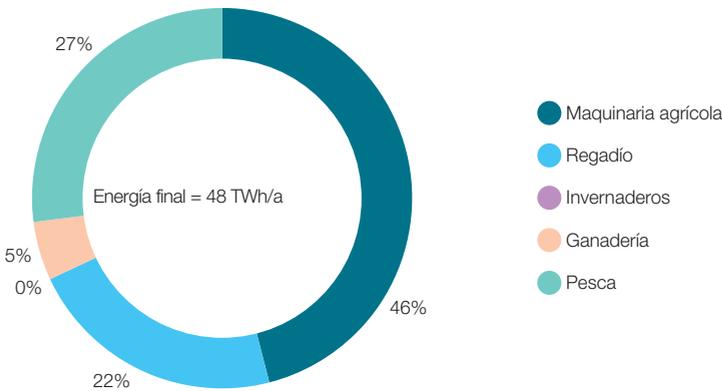
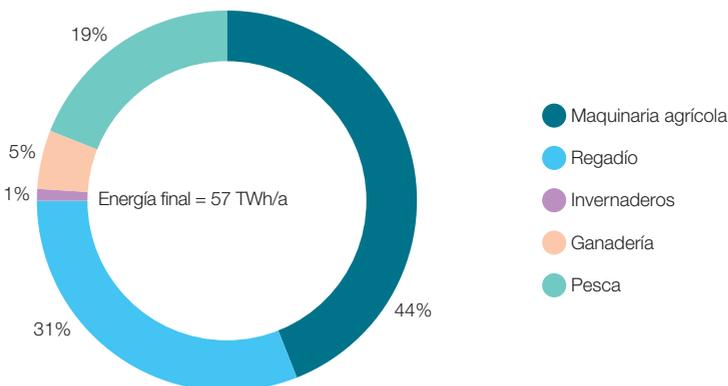


Figura 514. Reparto subsectorial del consumo de energía final en el sector primario en el año 2012 para el escenario de referencia de la E4 [datos (IDAE, 2003)].



tendencia de electrificación de los regadíos y de introducir mayor electrificación en invernaderos y explotaciones ganaderas. La figura 515 reproduce el escenario BAU resultante que vamos a adoptar para este estudio.

Para el desarrollo del escenario E3.0 partimos del escenario BAU para el año 2050 y le aplicamos medidas adicionales de eficiencia que pueden resumirse de la siguiente forma⁸⁵¹:

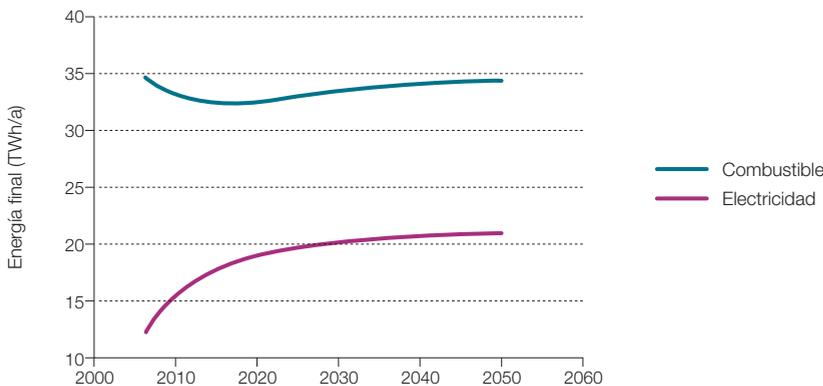
- Maquinaria agrícola:
 - Reducción de laboreos no productivos (5%).
 - Mejora de eficiencia en tractores operados con combustible (10%).
 - Electrificación de un 20% de la maquinaria agrícola⁸⁵².
- Regadío:
 - Mejora de bombeo y redes (5%).
 - Riego inteligente (20%).
- Invernaderos:
 - Ingeniería bioclimática (50%).
 - Mejora de la eficiencia en sistemas de climatización (30%).

- Ganadería:
 - Ingeniería bioclimática (40%).
 - Mejora de la eficiencia en sistemas de climatización (30%).
 - Reducción del consumo de carne⁸⁵³ (30%).
- Pesca:⁸⁵⁴
 - Mejora de la eficiencia de propulsión (10%).
 - Mejora de los motores de combustión interna (20%).
 - Electrificación de un 20% de la flota⁸⁵⁵.

La contribución al ahorro total en este sector de cada uno de los subsectores considerados es la que recogemos en la figura 516.

En estas condiciones, la figura 517 nos recoge la evolución del consumo de energía final del sector primario en los contextos BAU y con la tecnología E3.0.

Figura 515. Escenario BAU para el sector primario.



⁸⁵¹ Entre paréntesis indicamos el porcentaje de mejora de la medida correspondiente. Sin embargo, estos porcentajes no son aditivos por actuar sobre valores de referencia afectados por las otras medidas de eficiencia.

⁸⁵² En términos del combustible originalmente usado. Es decir, el planteamiento es de sistema híbridos que puedan realizar parte de sus labores (por ejemplo desplazamiento de tractores) mediante sistemas de propulsión eléctricos, pudiendo desarrollar otras labores alimentadas por motores de combustión interna. Lo cual no quita que en algún caso particular alguna maquinaria pueda ser completamente electrificada.

⁸⁵³ En este caso, el porcentaje se refiere a la implicación de la medida sobre la reducción del consumo de energía de operación para producir los alimentos.

⁸⁵⁴ Para el caso de la ganadería hemos incluido una medida de eficiencia asociada a la reducción del consumo de carne, pero en el caso de la pesca no hemos considerado como medida adicional la reducción del consumo de pescado. En ambos casos se trata de medidas muy relacionadas con el cambio de hábitos de la población, por lo que en principio no hemos querido tirar demasiado de ellas para configurar el contexto E3.0. Sin embargo, para el caso del consumo de carne, consideramos que existe un mayor margen de maniobra (elasticidad) para implementar un cierto porcentaje de cambio, en base tanto a argumentos energéticos como argumentos de cambio climático (emisiones de metano). Pero para el caso de la pesca, consideramos que existe un menor margen de maniobra como para justificar una medida de este estilo basado en argumentos energéticos.

⁸⁵⁵ Planteamiento de operación híbrida de los sistemas de propulsión.

Figura 516. Efecto agregado de las medidas de eficiencia en cada uno de los subsectores del sector primario sobre el ahorro total obtenido para el contexto E3.0.

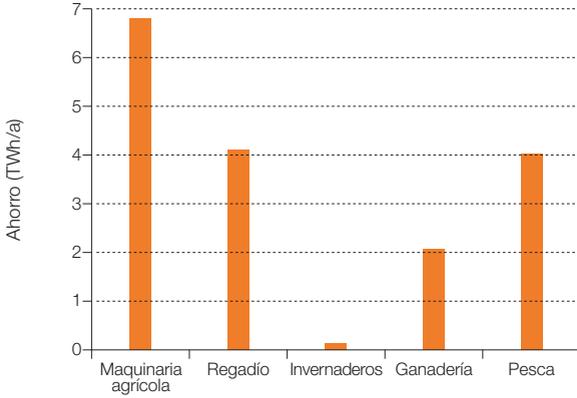


Figura 517. Escenarios BAU y de tecnología E3.0 para el sector primario.

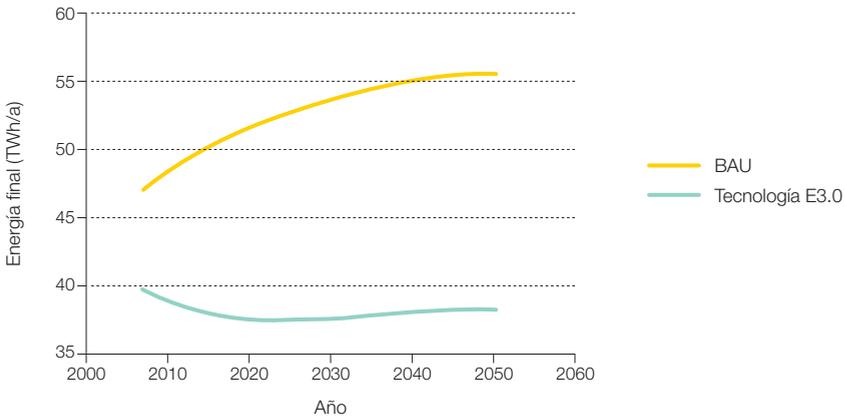
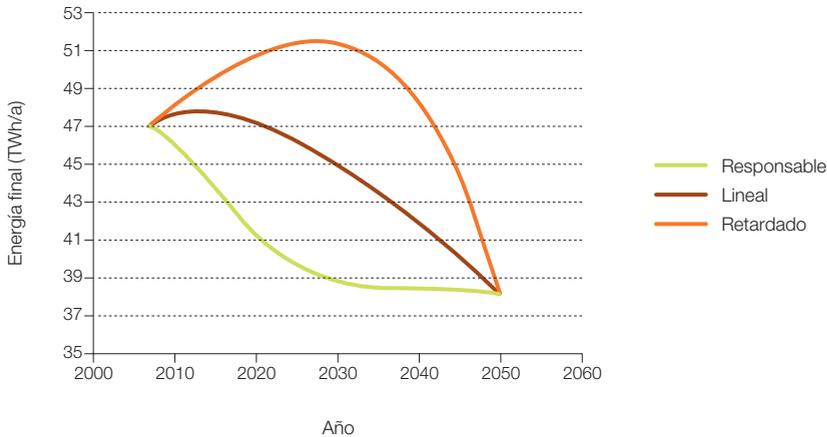


Figura 518. Escenarios de transición del contexto BAU al E3.0 para el sector primario.



Y en línea con el planteamiento realizado con los escenarios de otros sectores, en la figura 518 recogemos los tres escenarios de transición (retardado, línea y responsable) del contexto BAU al E3.0.

Los resultados hasta aquí presentados recogen el impacto energético del sector primario en términos de la energía final contabilizada por el sector energético. En estos términos el sector primario puede parecer relativamente poco importante. Pero realmente el sector primario involucra unos flujos energéticos considerablemente superiores debido, por un lado, a la biomasa alimenticia que maneja y que no aparece contabilizada en los balances energéticos del sector primario y, por otro lado, a sus interacciones con otros sectores. Para proporcionar una valoración del peso de la biomasa alimenticia, así como para cuantificar las implicaciones de los cambios de actitud en elementos tan cercanos a nosotros como es nuestra alimentación, y para apreciar en términos relativos las interacciones entre este sector y otros como el transporte o el industrial, vamos a analizar algunos resultados

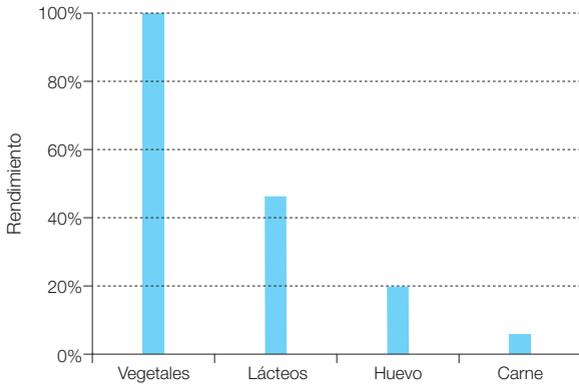
relativos a las implicaciones energéticas de la forma en que nos alimentamos⁸⁵⁶.

Nuestro metabolismo requiere el aporte de una cantidad de energía del orden de 3 kWh/p-d para su correcto funcionamiento. Esta energía la obtenemos a partir de la biomasa que ingerimos, y no aparece reflejada en los balances energéticos del sector primario, así como tampoco aparecen reflejados gran parte de los efectos de la ineficiencia con la que producimos esta biomasa alimentaria pues, en gran medida afectan a un mayor requerimiento de este tipo de biomasa. Sin embargo, las implicaciones energéticas de la forma en la que decidamos alimentarnos son importantes como consecuencia de las grandes diferencias entre los rendimientos energéticos asociados a la elaboración de los distintos tipos de alimentos. En efecto, tal y como nos muestra la figura 519, en términos exclusivamente⁸⁵⁷ del uso de la biomasa para la producción de distintos tipos de alimentos, los rendimientos energéticos pueden oscilar entre del orden del 100% para los vegetales hasta un 6% para la carne.

⁸⁵⁶ Buena parte de los valores numéricos de partida que hemos empleado para elaborar este aspecto corresponden a las estimaciones presentadas en (MacKay, D.J.C., 2008).

⁸⁵⁷ La producción de alimentos requiere de otros consumos energéticos adicionales a los aportes de biomasa que no están contabilizados en estos rendimientos.

Figura 519. Rendimiento energético asociado al uso de biomasa para producir distintos tipos de alimentos.



Adicionalmente al consumo de biomasa, la producción de alimentos requiere de otros aportes energéticos para la operación de maquinaria, la climatización e iluminación de edificios del sector primario, la producción de fertilizantes, la fabricación de elementos de empaquetado, el transporte por carretera y barco de los alimentos y sus embalajes, y la operación de supermercados u otros comercios donde se distribuyen estos alimentos. Y tanto los consumos energéticos en términos de biomasa, como los correspondientes a los otros elementos de consumo comentados, presentan una fuerte dependencia de la forma con que nos alimentemos.

Por tanto, como vemos, la alimentación tiene implicaciones energéticas que van bastante más allá de parte de los requerimientos energéticos del sector primario recogidos en los balances de energía, y abarcan todos los otros sectores energéticos principales (edificación, transporte e industria), y se extienden más allá de la frontera de los balances energéticos para abarcar a la biomasa alimentaria. Y el consumo energético total asociado a nuestra alimentación se ve fuertemente

afectado por nuestros hábitos y actitudes frente a ella.

Para ilustrar estos efectos con un ejemplo numérico, consideremos cuatro dietas tipo con el mismo aporte energético total: vegana, ovo-lacto vegetariana, omnívora y carnívora. La vegana consiste exclusivamente de vegetales, mientras que para las otras tres, las figuras 520 a 522 recogen su estructura en términos de aportes energéticos. Adicionalmente consideremos distintos grados de dependencia de aportes energéticos adicionales a la biomasa alimenticia, que caracterizaremos por el carácter “bio”⁸⁵⁸ y “local”⁸⁵⁹ del origen de los alimentos.

858 Refleja el origen de los alimentos en agricultura y/o ganadería ecológicas, y la limitación de los embalajes.

859 Refleja la producción de los alimentos cercana al punto de consumo final.

Figura 520. Ejemplo de dieta ovo-lacto vegetariana en términos de aportes energéticos.

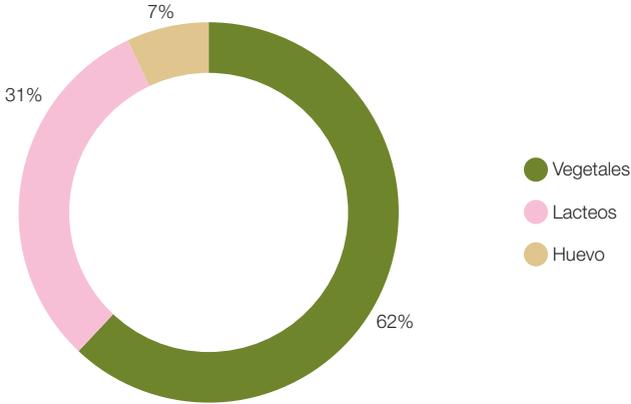


Figura 521. Ejemplo de dieta omnívora en términos de aportes energéticos.

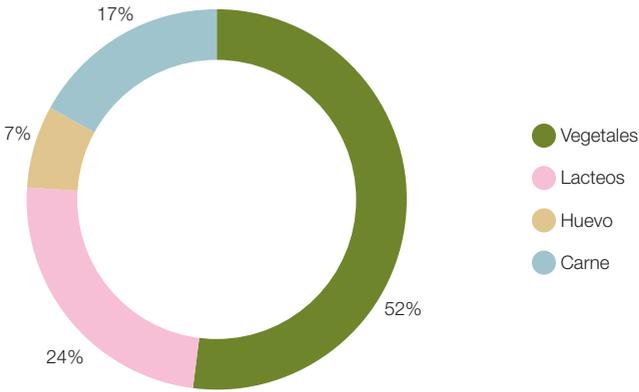


Figura 522. Ejemplo de dieta carnívora en términos de aportes energéticos.

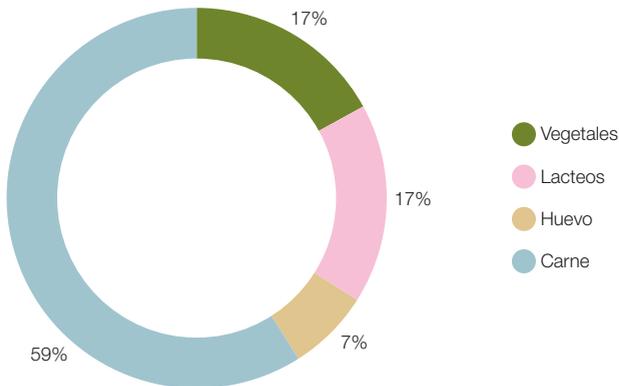


Figura 523. Implicaciones en términos del consumo de energía total de distintos hábitos alimenticios en términos de consumo diario per cápita.

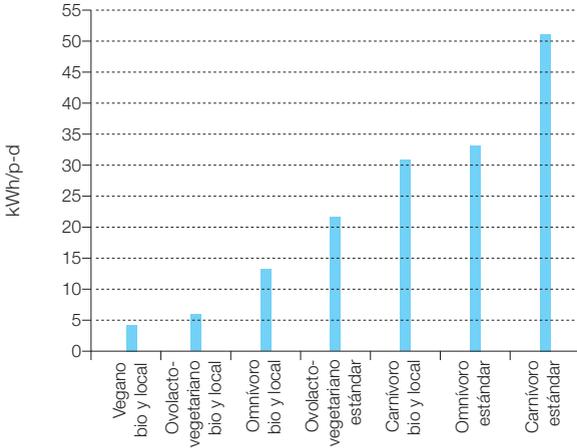
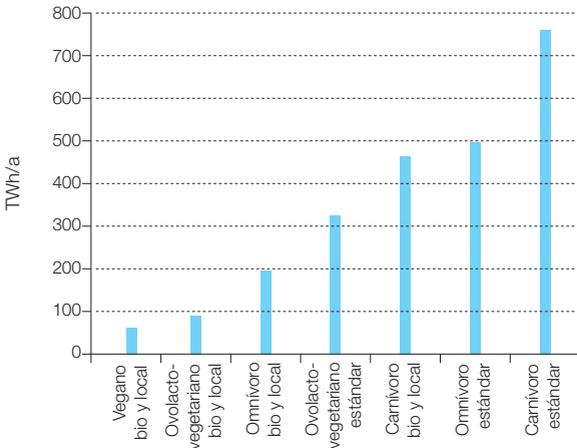


Figura 524. Implicaciones en términos del consumo de energía total de distintos hábitos alimenticios en términos del consumo anual total correspondiente a la población peninsular en el año 2007.



En estas condiciones, la figura 523 nos recoge las implicaciones del consumo energético total per cápita y día asociado a distintas combinaciones de dieta y de su carácter “bio” y “local”⁸⁶⁰. Como podemos apreciar, las diferencias entre los distintos hábitos alimenticios

son muy importantes, con un factor de 1 a 12 entre una dieta vegana bio y local a una dieta carnívora estándar.

Si extrapolamos estos resultados a la población peninsular en el año 2007, las implicaciones

860 Estos resultados hay que interpretarlos tan solo como un ejemplo numérico para cuantificar el abanico de posibilidades existente. Pero en la práctica hay otras variables independientes no reflejadas en estos resultados. Una de ellas es el hecho de que en ciertos emplazamientos (por ejemplo regiones montañosas) la dieta carnívora o la producción de productos lácteos puede no introducir penalización energética alguna por el hecho de constituir la única opción para la producción de biomasa alimenticia, y el ganado constituye la única alternativa para recolectar la producción de biomasa de estos ecosistemas, sin que los prados en los que se alimentan sustituyan a otros cultivos alimenticios. Otro caso donde se da esta situación es en las ocasiones en que el ganado se alimenta con biomasa residual, como en las aplicaciones familiares tradicionales.

energéticas asociadas a los distintos hábitos alimenticios en términos del consumo total de energía serían las mostradas en la figura 524. Para contextualizar estos niveles de consumo energético conviene recordar que el consumo total de energía final que figura en el balance⁸⁶¹ de la AIE para el año 2007 es de 1193 TWh/a, y que el techo del recurso de biomasa energética en la España peninsular asciende a 426 TWh/a, y se queda en 273 TWh/a si excluimos la biomasa residual (GP, 2005).

De los resultados correspondientes a este ejemplo, podemos concluir el gran impacto que nuestros hábitos⁸⁶² y actitudes pueden tener sobre nuestra demanda de recursos, y en particular de energía.

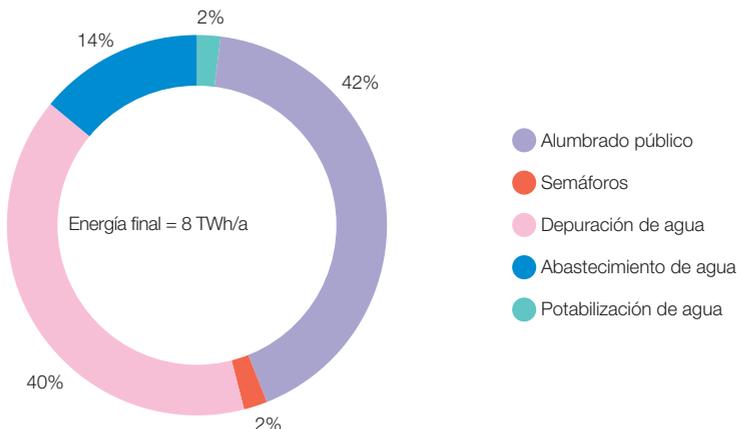
3.9.2 Escenario sector servicios públicos

La figura 525 nos recoge la estructura subsectorial del consumo de energía final del sector servicios públicos en el año 2004. Como

podemos observar, este sector se encuentra dominado por el alumbrado público y por los consumos de bombeo y aireación asociados al suministro y depuración de aguas. Planteando medidas de eficiencia en estos subsectores y sustituyendo los semáforos incandescentes por LED, en el Plan de Acción de la E4 para el periodo 2008-2012 se plantea revertir la tendencia creciente histórica de este sector tal y como recoge la figura 526.

Para el desarrollo del escenario BAU, partimos del escenario E4+ del Plan de Acción 2008-2012 (IDAE, 2007). Con las TAE de reducción de consumo planteado en esta referencia para el periodo 2004-2012, extrapolándolas hasta el año 2050, definimos el consumo BAU de este sector al final del escenario. Sin embargo, a la vista de la evolución tendencial en los últimos años, parece difícil pasar por el punto definido por la E4+ para el año 2012, por lo que relajamos esta condición permitiendo que el consumo en ese año para el contexto BAU sea ligeramente superior, pero manteniendo el valor final para el año 2050.

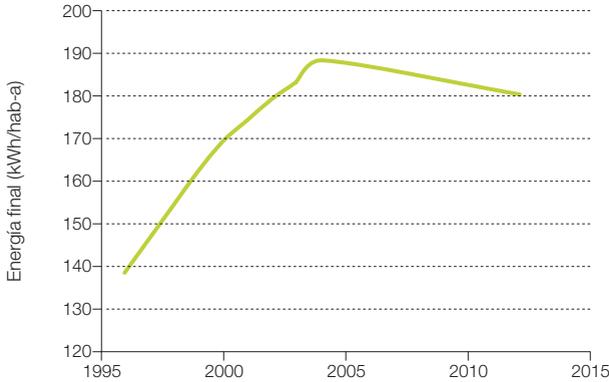
Figura 525. Estructura subsectorial del consumo de energía final del sector servicios públicos en el año 2004 [Datos de (IDAE, 2007)].



861 Es preciso recordar que estos balances no incluyen la contribución de la biomasa alimenticia que sí que recogemos los resultados que presentamos en este punto.

862 Evidentemente esto no quiere decir que todo el mundo se tenga que pasar a una dieta vegana, lo cual representaría un cambio de hábitos excesivamente brusco y por tanto poco sostenible, pero sí que nos proporciona una llamada de atención para que tomemos conciencia de las implicaciones de nuestros hábitos e introduzcamos actitudes adaptativas en la medida de lo posible. De hecho, resulta interesante resaltar el hecho de que los atributos "bio" y "local", pueden tener un efecto energético del orden de magnitud del asociado al tipo de dieta, y estos son elementos que se pueden incorporar sin las implicaciones asociadas a un cambio brusco de dieta.

Figura 526. Evolución histórica y proyección para el escenario eficiente (E4+) del consumo de energía final del sector servicios públicos (IDAE, 2007).



Para la elaboración del escenario E3.0 partimos del hecho de que en el escenario E4+ no se ha completado el despliegue de medidas de eficiencia indicadas en la E4, cuyo potencial permitiría reducir significativamente más el consumo de energía en este sector. Partiendo del potencial indicado por la E4, de cara al contexto E3.0 para el año 2050, añadimos las siguientes medidas de eficiencia, que conducen a la reducción adicional de consumos indicada en la figura 527:

- Lámparas:
 - Incremento eficacia lumínica a 200 lm/W.
- Luminarias:
 - Mejora de su rendimiento, acoplado al de la envolvente de las superficies iluminadas para reducir la contaminación lumínica.
- Controles inteligentes de iluminación:
 - Variación dinámica del nivel de iluminancia con las necesidades reales y con discretización espacial.
- Bombeo: baja la caída de presión por reducción del consumo de agua debido al
 - incremento de la eficiencia en uso y distribución, así como al aprovechamiento de aguas pluviales y grises reutilizadas.
 - Velocidad variable y motores inteligentes.
- Depuración:
 - Motores más eficientes.
 - Regulación inteligente.
 - Reducción volumen aguas residuales por separación aguas grises.
- Semáforos:
 - Mejora LEDs respecto a actuales.
- Potabilización:
 - Mejora de bombeos.
 - Reducción en el consumo de agua por incremento de la eficiencia en el uso y distribución.

Figura 527. Comparación de la estructura de consumo de energía final del sector servicios públicos en el año 2004, desplegando el total del potencial de medidas de eficiencia indicadas en la E4 (potencial E4), y con el conjunto de medidas de eficiencia consideradas para el contexto E3.0 en el año 2050.

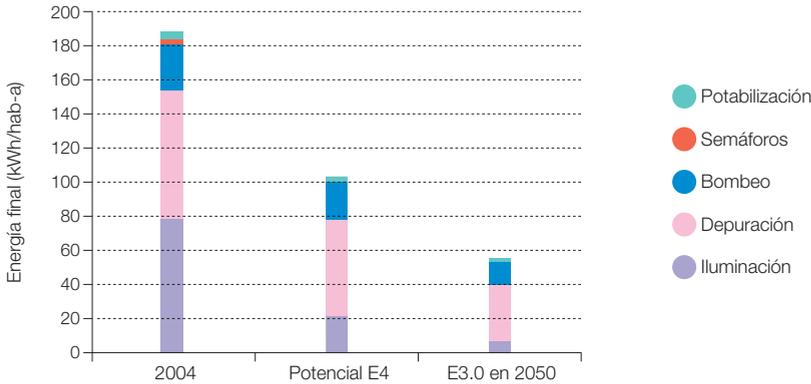
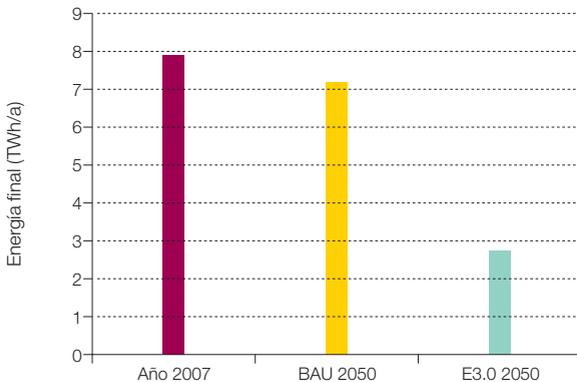


Figura 528. Comparativa del consumo de energía final actual y en el año 2050 para los contextos BAU y E3.0.



En estas condiciones, la figura 528 nos muestra la comparativa entre el consumo en el año 2007 y los consumos en el año 2050 para los contextos BAU y E3.0 para el sector servicios públicos, mientras que la figura 529 recoge la evolución del contexto BAU y la tecnología E3.0 a lo largo del tiempo.

Por último, siguiendo con el planteamiento de los otros escenarios, en la figura 530 plasmamos tres posibles escenarios de transición del contexto BAU al E3.0.

Figura 529. Evolución del consumo de energía en los contextos BAU y con la tecnología E3.0.

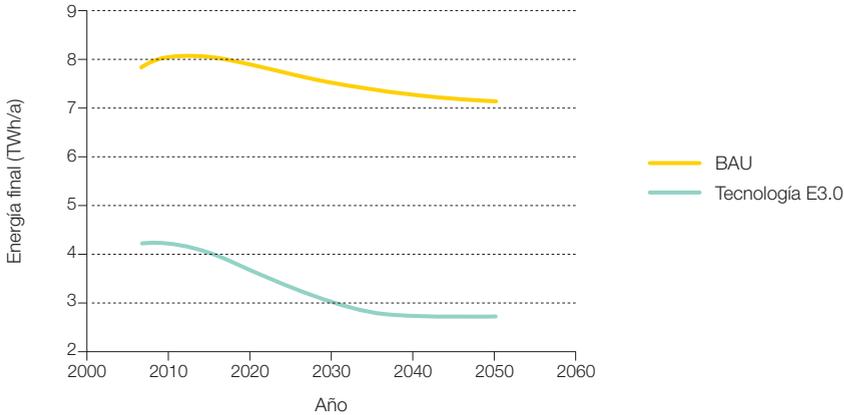
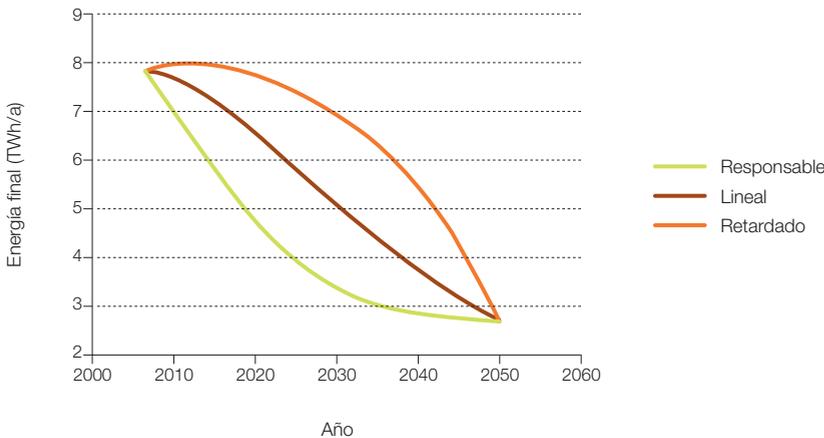


Figura 530. Escenarios de transición desde el contexto BAU al contexto E3.0 del sector servicios públicos.



3.9.3 Escenario del sector usos no energéticos

Por último, recogemos el sector de usos no energéticos⁸⁶³ que es relevante desde nuestro punto de vista por su total dependencia actual de los combustibles fósiles. En este sentido resulta interesante disponer de una estimación

de cuáles serían sus requerimientos de biomasa si fuera necesario producir biocombustibles por el eventual agotamiento de los combustibles fósiles.

La contribución en términos energéticos de este sector es relevante y alcanza en España los 92 TWh/a para el año 2007⁸⁶⁴.

863 Los usos no energéticos son las aplicaciones de combustibles fósiles como materia prima para elaborar otros productos, sin que del proceso se obtenga energía, y se encuentran fuertemente dominados por las materias primas a la industria petroquímica. Así pues, la producción de productos plásticos y otros productos químicos emplea como materia prima una cierta cantidad de combustibles fósiles que son los recogidos en esta categoría, y que por orden de importancia serían productos petrolíferos, gas natural y carbón. Adicionalmente, la producción de estos productos requiere de un consumo de energía, que en la actualidad está también asociado a un consumo adicional de combustibles fósiles, cuyo monto aparece contabilizado dentro del sector industria.

864 Datos del balance energético de la AIE para el año 2007.

En los escenarios desarrollados en (GP, 2010) para este sector en el marco de la OCDE-Europa se plantea una evolución decreciente como la mostrada en la figura 531, considerando el mismo escenario para el caso de referencia que para los escenarios eficientes, y manteniendo el reparto modal entre los tipos de combustibles fósiles.

Para el desarrollo del escenario BAU adoptaremos las tasas de decrecimiento del escenario

de referencia del estudio Energy [R]evolution, partiendo de la condición en el año 2007 correspondiente al balance de la AIE para España.

De cara al contexto E3.0 existen una serie de medidas que pueden conducir a la reducción de la demanda de este sector, tanto por la mejora de procesos de producción, como por la desmaterialización de la economía. A falta de un análisis más detallado sobre el potencial de estas medidas, limitaremos la reducción a

Figura 531. Consumo de energía del sector usos no energéticos para los escenarios desarrollados en el estudio Energy [R]evolution (GP, 2010).

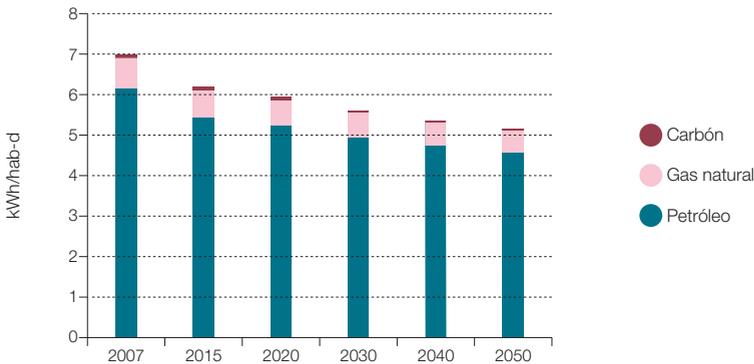


Figura 532. Escenarios del contexto BAU y el de tecnología E3.0 para el sector de usos no energéticos.

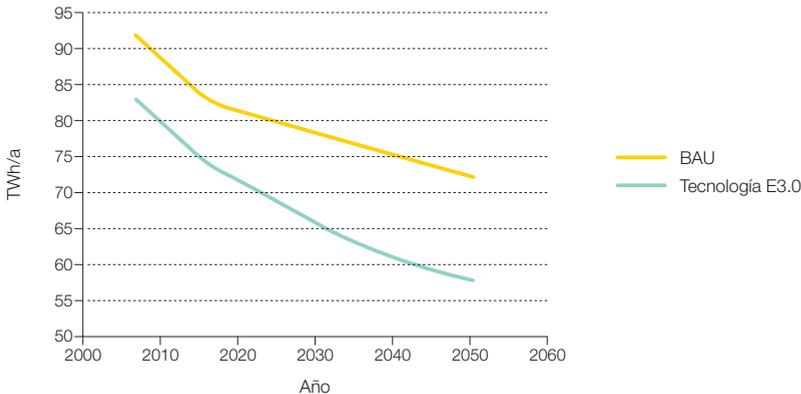
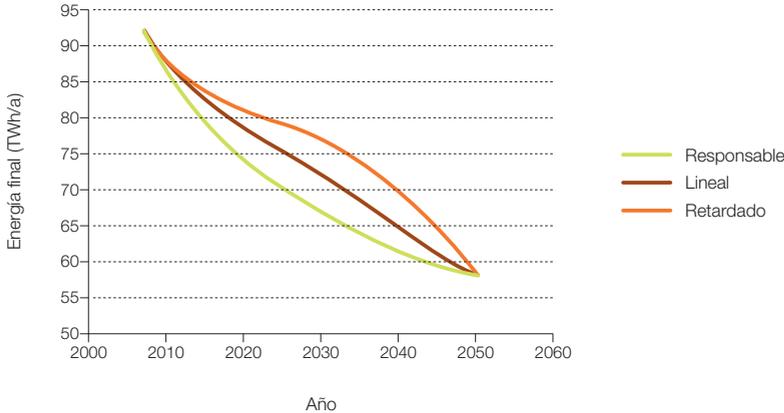


Figura 533. Escenarios de transición del contexto BAU al E3.0 en el sector de usos no energéticos.



un 20% en el año 2050. En estas condiciones los escenarios BAU y de tecnología E3.0 resultantes son los indicados en la figura 532, mientras que la figura 533 recoge tres posibles escenarios de transición del contexto BAU al E3.0.

3.10 Escenarios de demanda energética total

En este punto agrupamos todos los escenarios anteriormente desarrollados para obtener la visión global del conjunto del sector energético por lo que respecta a la evolución de su consumo de energía en los contextos BAU y E3.0.

En la figura 534 recogemos los valores acumulados de consumo de energía final, tanto en el año 2007, como para el año 2050 en los contextos BAU y E3.0. En esta misma figura presentamos el desglose por tipo de energía final, distinguiendo entre electricidad y combustibles, diferenciando dentro de los combustibles la parte de biomasa ya comprometida en el sector industria para el contexto

E3.0. El resto de demanda de combustibles, en un contexto E3.0 100% renovable deberá cubrirse con combustibles derivados de la biomasa o con hidrógeno generado con electricidad procedente de fuentes renovables. Más adelante retomaremos estas dos posibilidades para evaluar su viabilidad y sus implicaciones. En el contexto BAU los combustibles son fósiles.

De estos resultados, lo primero que podemos concluir es el gran potencial de las medidas de eficiencia energética, proporcionado en el año 2050 un consumo que es un 45% del registrado en el año 2007, y un 28% del que nos proporcionaría un escenario BAU.

El contexto BAU⁸⁶⁵ nos conduciría en 2050 a un consumo del 157% del registrado en el año 2007, siendo el incremento en la demanda de combustibles de un 146% y en la electricidad de un 199%. Esta situación es totalmente insostenible la miremos por donde la miremos:

- Si nos centramos en la demanda de combustibles, para esas fechas probablemente

865 Conviene recordar aquí que en muchos sentidos el BAU desarrollado en este estudio es significativamente más eficiente que otros BAU a los que podría conducirnos la trayectoria actual, y por tanto, hay que entender estos resultados como una evaluación conservadora de los problemas que nos podría acarrear permitir que los acontecimientos se desarrollen por una trayectoria BAU.