

LA ENERGÍA EN NAVARRA, 1984-2006. UNA MIRADA DESDE LA SOSTENIBILIDAD*

Alejandro Arizkun Cela ¹

Científicos por el Medio Ambiente
Universidad Pública de Navarra

Fecha de recepción: febrero de 2009

Fecha de aceptación de la versión final: septiembre 2009

Resumen

Este artículo se propone analizar la generación y uso de energías en Navarra entre 1984 y 2006 desde el punto de vista de la sostenibilidad. Comienza trazando una panorámica en el periodo de la evolución en la generación y uso de energías finales en Navarra, así como del uso de energías primarias global, por su renovabilidad y por sus emisiones de CO₂. A continuación, aplicando un método de descomposición de factores, se analizan los elementos que subyacen a esas evoluciones para concluir que el gran aumento de uso de energías en Navarra desborda los avances en el uso de energías renovables.

Palabras clave: CO₂, factores de descomposición, energía, Navarra, sostenibilidad.

Abstract

This paper attempts to analyze the generation and use of energy in Navarra between 1984 and 2006 from the standpoint of sustainability. Start by drawing a panoramic on the period of evolution in the generation and end use of energy in Navarra, and the global primary energy use by its renewability and its CO₂ emissions. Then, applying a factor decomposition method, we analyze the factors underlying these developments to conclude that the large increase in energy use in Navarre outpacing advances in the use of renewable energy.

Key words: CO₂, energy, factor decomposition, Navarra, sustainability.

* Este artículo es una versión revisada y ampliada de una ponencia que con el título "Factores de cambio en el uso de energías primarias en Navarra, 2000-2006" fue presentada en las *XI Jornadas de Economía Crítica* (Bilbao, 2008). Agradezco a Jordi Roca Jusmet los comentarios que me hizo en los primeros pasos de elaboración de aquella ponencia. Del mismo modo agradezco las observaciones de dos relatores anónimos a la primera versión de este artículo. Asimismo mi agradecimiento a Gaspar Domenech y Fernando Señas de la Sección de Energía del Servicio de Promoción Industrial de la Consejería de Innovación, Empresa y Empleo del Gobierno de Navarra y a Pedro Melero de la Secretaría General de Energía en el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno español por las facilidades ofrecidas para la interpretación de los procedimientos de elaboración de los Balances Energéticos de Navarra y de España en sus respectivos ámbitos.

¹ arizkun@unavarra.es

INTRODUCCIÓN

En múltiples ocasiones los medios de comunicación y ciertos responsables políticos han puesto a Navarra como un ejemplo de comunidad activa en la sostenibilidad energética por el desarrollo que ha experimentado en el aprovechamiento de las energías renovables. El indudable crecimiento en la obtención de electricidad con energía eólica entre 1995 y 2002 y el inicio de aprovechamiento de residuos para la obtención de biogás o biodiesel, así como de biomasa para la obtención de electricidad han sido las bases que han apoyado aquellos juicios.

Merece la pena examinar con un cierto detalle esos avances y los resultados obtenidos desde el punto de vista de la sostenibilidad para obtener un juicio más preciso sobre esas conclusiones.

CONSIDERACIONES CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS

EL CONCEPTO DE SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA

Un conjunto complejo de elementos, entre los que tienen un papel muy destacado las acciones de la sociedad humana, ponen en cuestión los equilibrios dinámicos del ecosistema planetario sometiendo a un grave riesgo las bases materiales sobre las que se asienta la vida humana. Hay un acuerdo amplio entre los científicos en que a finales del siglo XX se ha sobrepasado la *capacidad de carga*² del Planeta.

El crecimiento de la población mundial de forma exponencial en los dos últimos siglos y, más aún, el crecimiento de la producción a un ritmo mayor, que se expresa en el crecimiento del producto per cápita, han conducido a una ocupación progresivamente mayor del espacio físico disponible en la Tierra en detrimento de otras especies, muchas de las cuales han desaparecido al encontrarse desprovistas de sus bases materiales de supervivencia. Aquellos crecimientos han sido posibles al apoyarse en el uso de energías exosomáticas de origen fósil que han ampliado de forma espectacular la capacidad humana para controlar y apoderarse del espacio en su propio provecho muy por encima de las posibilidades que ofrecía el uso exclusivo de energías renovables. Pero estas energías de origen fósil, no renovable, presentan límites en el tiempo por su agotabilidad. Además en el empleo de materiales ha predominado la pulsión por ampliar su uso en el corto plazo sobre la prudencia para facilitar su reutilización dando lugar a un incremento de residuos por encima de la capacidad de su procesamiento por la Naturaleza dando lugar a muy variadas contaminaciones sólidas, líquidas y gaseosas.

² Llamamos *capacidad de carga* a la presión máxima que las actividades vivas pueden ejercer sobre las bases materiales de la Tierra sin hipotecar esas actividades en el futuro.

Las acciones en todos los ámbitos que realizamos los humanos deben de tomar en consideración esos límites, reducir la presión que realizamos sobre el espacio y tomar en cuenta los límites físicos del planeta en todas nuestras decisiones si queremos evitar aquellos problemas y mantener unas formas de vida **sostenibles**.

Comencemos con algunas precisiones sobre el concepto de **sostenibilidad**. Vivimos en un mundo físicamente finito que limita nuestras posibilidades. Tenemos limitaciones en la cantidad de recursos que utilizamos para satisfacer nuestras necesidades y deseos. Tenemos limitaciones en los sumideros que absorben los residuos que generamos. Tenemos limitaciones de espacio en competencia con otros seres vivos. Un mundo sostenible es aquél en el que nuestras actividades no sobrepasan esos límites. Alcanzar la **sostenibilidad** es conseguir un funcionamiento que nos permita actuar dentro de esos límites sin hipotecar un funcionamiento similar de nuestra próxima generación.

La Tierra es un sistema cerrado de materiales y un sistema abierto de energía por la entrada continua de energía proveniente del sol, de este modo podemos clasificar a los materiales y las energías en renovables y no renovables.

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran en cantidades dadas en la corteza terrestre como el petróleo, el carbón o el gas³ y energías renovables aquellas que provienen directamente del sol como la electricidad fotovoltaica y el calor solar, o indirectamente como la obtenida del viento o de las mareas⁴. Los límites a la utilización de energías vendrán, a su vez, dados, en un caso, por las cantidades disponibles, y, en el segundo caso, por el volumen de energía solar que pueda ser captada por unidad de tiempo, sin comprometer su uso por otros seres vivos o su papel en la generación de servicios ambientales globales (regulación del clima, del ciclo hidrológico, de los ciclos bioquímicos...) como más adelante veremos. **Podemos establecer, por tanto, que un mundo sostenible en energía será aquel se apoye para su funcionamiento en la energía solar.**

Naturalmente para hacer una valoración desde el punto de vista de la sostenibilidad global habrá que atender además de la sostenibilidad energética, la sostenibilidad de materiales, de residuos y de ocupación del espacio.

En este artículo, por el tipo de información estadística que se maneja, nos limitaremos a valorar parcialmente la sostenibilidad energética estudiando exclusivamente el uso de energías por su renovabilidad y las emisiones de CO₂ que producen, sin incluir el estudio de otras emisiones de residuos, de la utilización de materiales que exigen y la ocupación del espacio que generan. Por tanto los juicios

³ En rigor estas fuentes se han ido formando durante más de un millón de años a partir de materia orgánica y, por tanto, no es imposible que se formen de nuevo en un periodo semejante. Sin embargo, esa duración desborda nuestra capacidad de análisis y pueden ser considerados no renovables a escala humana.

⁴ Dentro de los recursos energéticos no renovables hay que considerar el uranio, fuente de energía nuclear. Se ha estimado que la disponibilidad de uranio para sustituir todas las fuentes energéticas hoy utilizadas por energía de fisión nuclear durarían entre 25 y 50 años.

provisionales sobre la sostenibilidad del sistema energético navarro vendrán ligados al aumento y disminución en el uso de energías no renovables y a las emisiones de CO₂ que producen.

EL CONCEPTO DE ENERGÍAS PRIMARIAS

En el sistema productivo se utilizan ciertas cantidades de determinados tipos de energía y lo mismo sucede en las unidades de consumo. Llamamos a estas energías *energías finales*. Pero para disponer de estos tipos de energía, adaptadas a las tecnologías disponibles, ha habido que recorrer un camino, más o menos largo, de transformación energética desde su obtención de la Naturaleza. En ese camino se ha utilizado y dispersado energía, de tal manera que la extracción de energía resulta superior en volumen a la energía efectivamente utilizada en su uso directo. La extracción de fuentes energéticas desde los depósitos en que se encuentran, su transformación en energías utilizables y su transporte hasta los lugares de su uso comportan gasto de energías que no están contenidas en la fuente final utilizada. Además en ese proceso se pierde energía por derrames y dispersiones en forma de calor. A las fuentes energéticas obtenidas directamente de la Naturaleza llamamos *energías primarias*. Naturalmente el volumen de energías primarias será superior al volumen de energías finales. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, de los límites de las energías utilizadas, resulta de mayor interés el análisis en términos de energías primarias. Del mismo modo este análisis permitirá aproximar mejor el volumen de emisiones realizadas por el uso de energías.

La utilización de la información contenida en los balances energéticos permite una aproximación al conocimiento de esas **energías primarias**. Como Navarra resulta muy deficitaria en energías y debe importar buena parte de la energía que usa se han utilizado, además de los balances energéticos de Navarra, los balances españoles para aproximar las energías primarias que están por detrás de las energías finales importadas.

LAS BASES DE DATOS: BALANCES ENERGÉTICOS

Los balances energéticos nos informan de las interrelaciones entre los sectores energéticos y muestran los consumos de energía final de los distintos sectores económicos.

La información contenida en los balances permite mejorar la aproximación a las energías primarias arrastradas por las energías finales, sin embargo presentan algunas limitaciones que hay que tomar en cuenta.

Una primera limitación radica en que no permite conocer el gasto energético realizado en la elaboración de los inputs industriales que abastecen al sector energético. La construcción de instalaciones de extracción, de transformación y de transporte de energías consumen energías que habría que incluir dentro de las energías primarias,

pero los balances energéticos no contienen esa información. Un ejemplo: en rigor el conocimiento de las energías primarias del sector transporte debería considerar las energías utilizadas en la construcción y mantenimiento de carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos; y en la fabricación de vehículos.

Una posibilidad de mejora para sustituir esta carencia podría realizarse manejando tablas input-output energéticas, es decir expresadas en unidades energéticas y monetarias, que permitirían conocer el contenido energético de los inputs industriales que utilizan las instalaciones productivas y de usos sociales y particulares. En Navarra sólo disponemos de tablas input-output, expresadas en valores monetarios, para los años 1980, 1995, 2000 y 2005. La transformación de valores monetarios a unidades físicas podría estimarse con un cierto margen de error, pero la insuficiente desagregación de los sectores energéticos impiden obtener información de cada tipo de energía utilizada.

Una segunda limitación radica en que tampoco se conocen las energías consumidas y dispersadas en la extracción, transformación y transporte energéticos fuera de las fronteras españolas. Esto resulta especialmente grave para las energías no renovables utilizadas directa o indirectamente en Navarra. El petróleo o el gas natural, y una parte del carbón, que se utilizan proceden de otros países y, por el momento, no resulta posible disponer de información para calcular esas energías primarias.

Un método que viene utilizándose en los últimos tiempos con muchas posibilidades es el cálculo de las Tasas de Retorno Energético (TRE⁵) que aplican el Análisis de Ciclo de Vida a instalaciones productivas concretas y estudian el origen y recorrido de los inputs que utilizan *de la cuna a la tumba*, es decir, desde la extracción de los componentes materiales y energéticos básicos que utilizan hasta su reciclaje⁶. Sin embargo en pureza las TRE's son distintas para cada instalación productiva concreta y todavía disponemos de estudios escasos en esta dirección para poder estimar esas tasas por sector o por tipo de fuente energética.

EL MÉTODO DE CÁLCULO DE LAS ENERGÍAS PRIMARIAS

Para conocer estas energías primarias (Alcántara y Roca 1995) se ha partido de la matriz de energías finales **EF** ($m \times n$) donde **m** es el número de sectores económicos y **n** el número de fuentes finales; de los balances se obtiene la matriz **E** ($i \times i$) donde **i** es el número de fuentes energéticas tanto primarias como finales. Cada columna de esta

⁵ En inglés: Energy Returned On Invested (EROI).

⁶ Se ha señalado con acierto que debería utilizarse la expresión *de la cuna a la cuna* ya que los residuos reciclados volverán a formar parte de un nuevo proceso productivo.

matriz **E** refleja el uso directo de unidades de cada tipo de energía que contiene una unidad de cada fuente de energía. Aplicando el procedimiento habitual en el análisis input-output obtenemos la matriz de transformación **T** ($n \times p$) en la que cada fila refleja el uso directo e indirecto de unidades de cada energía primaria (**p**) que contiene cada fuente de energía final (**n**). Siendo $\mathbf{T1} = (\mathbf{I} - \mathbf{E})^{-1}$, donde **I** es la matriz unitaria. De esta matriz **T1** eliminamos las filas correspondientes a las fuentes exclusivamente finales como la electricidad y las columnas de fuentes exclusivamente primarias como la energía nuclear, la hidroeléctrica..., para obtener la matriz **T** ($n \times p$) que buscamos. El producto de esta matriz con la primera nos dará la matriz de energías primarias **EP** ($m \times p$) que nos informa del uso de cada tipo de energía primaria que realiza cada sector económico: $\mathbf{EP} = \mathbf{T} * \mathbf{EF}$.

EL MÉTODO DE CÁLCULO DE DESCOMPOSICIÓN DE FACTORES

Conocida la evolución en el uso de energías primarias⁷ cabe preguntarse por los factores que explican esa evolución. Los métodos utilizados para realizar esa descomposición de factores han sido muy diferentes⁸. Aquí optaremos por utilizar un método de tipo "Laspeyres".

Como ya hemos visto las energías primarias son

$$(1) \mathbf{EP} = \mathbf{T} * \mathbf{EF}$$

y a su vez las energías finales pueden descomponerse en dos matrices:

- la matriz **A** ($m \times n$) en la que cada columna expresa la proporción de cada tipo de energía final que utiliza cada sector económico respecto del total de energía que utiliza cada uno de ellos.
- La matriz **B** ($n \times n$) que una matriz diagonal con el uso global de energías finales que realiza cada sector económico, por tanto será

$$(2) \mathbf{EF} = \mathbf{A} * \mathbf{B}, \text{ y de ahí puede deducirse que}$$

$$(3) \mathbf{EP} = \mathbf{T} * \mathbf{A} * \mathbf{B}$$

Repárese en que en esta expresión la matriz **T** representa la medida de la eficiencia energética del sector energético, la matriz **A** representa los cambios en la utilización de energía debidos a la sustitución de energías finales y la matriz **B** representa los cambios por sectores en el volumen de energía final utilizada.

Suponiendo que permanecen inalterados dentro del periodo considerado dos de cada uno de esos tres elementos podemos calcular la parte que corresponde a cada factor en

⁷ Véase el apartado "La evolución del uso de energías primarias" en este mismo artículo.

⁸ Ang (2000) ha realizado un repaso valorativo de los diferentes métodos utilizados.

los cambios en el uso de energías primarias. Obtendríamos así el peso del efecto Transformación (**ET**)⁹, el peso del efecto Sustitución (**ES**)¹⁰ y el peso del efecto Consumo (**EC**)¹¹ entre año **1** y el año **t**¹², de modo que

$$(4) \text{ EP} = \text{ET} + \text{ES} + \text{EC}, \text{ donde}$$

$$(5) \text{ ET} = (\text{T}_t - \text{T}_1) * \text{A}_1 * \text{B}_1$$

$$(6) \text{ ES} = \text{T}_1 * (\text{A}_t - \text{A}_1) * \text{B}_1$$

$$(7) \text{ EC} = \text{T}_1 * \text{A}_1 * (\text{B}_t - \text{B}_1)$$

los cálculos de descomposición de factores por este método dan lugar a un efecto Residual (**ER**) debido a la interacción de los tres factores considerados, de modo que la anterior expresión debería escribirse:

$$(8) \text{ EP} = \text{ET} + \text{ES} + \text{EC} + \text{ER}$$

Para eliminar formalmente este efecto residual tomaremos el método propuesto por Sun (1998) que distribuye el efecto Residual entre los otros tres factores según el principio "conjuntamente creado, igualmente distribuido"¹³. Según este método de cálculo las expresiones de descomposición de factores quedarían así:

$$(9) \text{ ET} = (\Delta\text{T} * \text{A}_1 * \text{B}_1) + 1/2 (\Delta\text{T} * \Delta\text{A} * \text{B}_1) + 1/2 (\Delta\text{T} * \text{A}_1 * \Delta\text{B}) + 1/3 (\Delta\text{T} * \Delta\text{A} * \Delta\text{B})$$

$$(10) \text{ ES} = (\text{T}_1 * \Delta\text{A} * \text{B}_1) + 1/2 (\text{T}_1 * \Delta\text{A} * \text{B}_1) + 1/2 (\text{T}_1 * \Delta\text{A} * \Delta\text{B}) + 1/3 (\Delta\text{T} * \Delta\text{A} * \Delta\text{B})$$

$$(11) \text{ EC} = (\text{T}_1 * \text{A}_1 * \Delta\text{B}) + 1/2 (\Delta\text{T} * \text{A}_t * \Delta\text{B}) + 1/2 (\text{T}_t * \Delta\text{A} * \Delta\text{B}) + 1/3 (\Delta\text{T} * \Delta\text{A} * \Delta\text{B})$$

donde

$$(12) \Delta\text{T} = \text{T}_t - \text{T}_1$$

$$(13) \Delta\text{A} = \text{A}_t - \text{A}_1$$

$$(14) \Delta\text{B} = \text{B}_t - \text{B}_1$$

Para conocer con más detalle los cambios experimentados en el tiempo, además de realizar los cálculos para el periodo global considerado, hemos establecido tres subperiodos:

- **1984-1994**, caracterizado por una escasa generación de energía eléctrica apoyada en energías tradicionales: hidráulica y biomasa.
- **1995-2002**, en el que se expande la generación de electricidad con energía eólica.

⁹ El efecto transformación (**ET**) incluye los ahorros energéticos en los procedimientos de elaboración de energías finales, los ahorros en el transporte de todas las fuentes de energía y los ahorros derivados de la sustitución de fuentes de energía primaria en la elaboración de energías finales.

¹⁰ El efecto sustitución (**ES**) expresa los cambios en el uso de energías primarias debidos a sustitución de fuentes de energías finales en la producción no energética y en el consumo.

¹¹ El efecto consumo (**EC**) expresa los cambios en el uso de energías primarias debidos a cambios en el volumen de consumo final de energía en la producción no energética y en el consumo.

¹² Este método fue utilizado por Alcántara y Roca (1985); Alcántara, Padilla y Roca (2008) han utilizado la corrección propuesta por Sun (1998).

¹³ Hay que señalar que este método es formalmente más elegante, pero no introduce ninguna mejora explicativa.

- **2003-2006**, se detiene el crecimiento en el uso de energía eólica, adquiere un peso decisivo la generación de electricidad con gas natural a través de procedimientos de ciclo combinado y aparece el uso de nuevas energías renovables: energía solar fotovoltaica y térmica, biogás y biodiesel.

Para evitar la influencia de las oscilaciones anuales, importantes en el caso de la hidroelectricidad, hemos tomado la media de los tres primeros y últimos años de cada periodo, excepto del último en que su pequeño recorrido no lo permite.

La información utilizada y los métodos aplicados a ella, a pesar de las limitaciones múltiples señaladas, permiten una notable mejora en el conocimiento de la realidad energética de Navarra.

Agregando las fuentes por su renovabilidad podemos analizar los factores que explican los cambios en la renovabilidad del uso energético en Navarra. La mejora en la sostenibilidad resultará de una disminución en el uso de energías no renovables.

Aplicados los mismos procedimientos, después de multiplicar las matrices **EP** por un vector de emisiones de CO₂ para cada tipo de energía primaria, podremos conocer el peso de cada uno de esos factores en los cambios en las emisiones de CO₂ debidas al sistema energético. Estos factores se obtienen de la media de las proporciones de emisiones por Mtep de Energías primarias utilizadas en los países europeos de la OCDE en los años 1990 y 2004 que se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1: Emisiones de CO₂ por fuentes de Energía Primaria

Mt/Mtpe	1990	2004	1990-2004
Carbón	3,881	3,885	3,883
Petróleo	2,648	2,553	2,600
Gas	2,225	2,298	2,262
TOTAL	2,974	2,776	2,875

Fuente: International Energy Agency 2006.

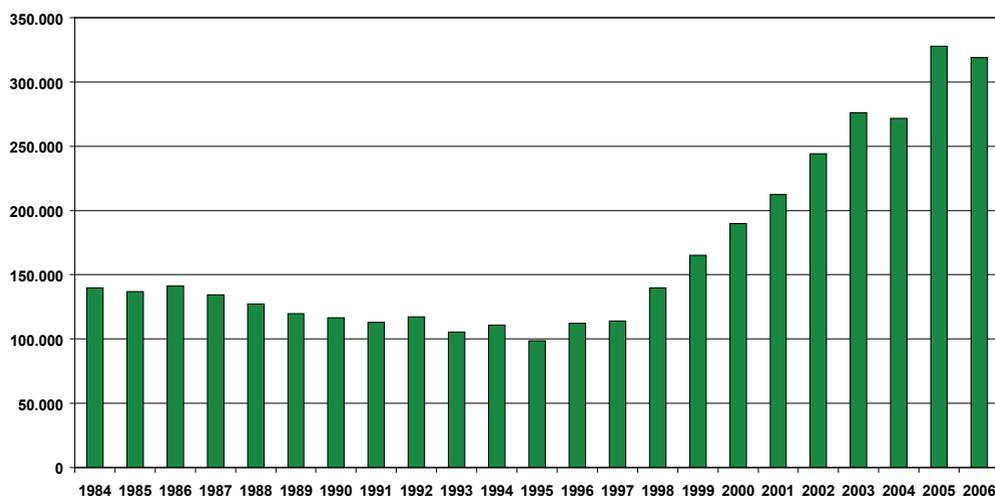
Repárese en que al ser diferentes las emisiones unitarias de cada tipo de energías de origen fósil una sustitución entre estas fuentes modifica el volumen de emisiones de CO₂ de un mismo tamaño de energía fósil utilizada. Naturalmente, desde el punto de vista de las emisiones de CO₂, experimentaremos una mejora en la sostenibilidad si se reducen estas emisiones. Pero la diferencia entre las emisiones de un año y otro son mínimas por lo aquí utilizaremos la media entre 1990 y 2004.

DESCRIPCIÓN DE UNA EVOLUCIÓN: OBTENCIÓN Y USO DE ENERGÍAS

LA TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍAS PRIMARIAS EN ENERGÍAS FINALES¹⁴

La transformación energética en Navarra para obtener fuentes finales de energía ha sido históricamente pequeña¹⁵. Hasta 1993 la obtención de energías finales se limitaba a la generación de electricidad con minicentrales hidroeléctricas y al uso de la biomasa (leña) como combustible, el resto de la energía utilizada debía ser importada. El crecimiento a partir de ese año tiene un protagonista: la electricidad obtenida con energía eólica desde 1994 y con gas natural ya en el siglo XXI, ya que la biomasa pierde terreno de forma suave y las nuevas energías finales que aparecen en los últimos años (biodiésel y solar térmica) tienen poco peso cuantitativo y su mayor interés radica en las perspectivas de futuro que contienen.

Fig. 1: Producción de Energías Finales en Navarra (tep)



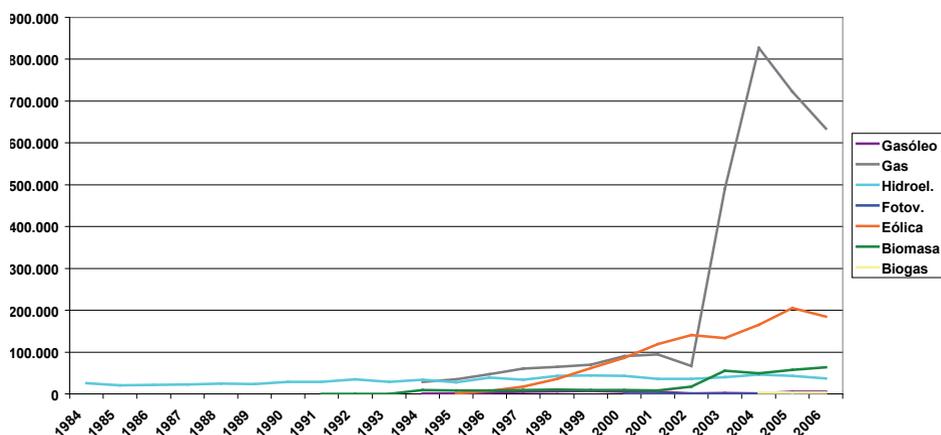
Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006.

¹⁴ En rigor la energía ni se crea ni se destruye sólo se transforma, en el texto para economizar palabras se usan términos como “generación”, “producción” u “obtención”, pero deben ser entendidos en el sentido que expresa el título. En todo el artículo sigo el criterio de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) que utiliza como unidad de referencia la Tonelada Equivalente de Petróleo (tep: en inglés toe) que permite sumar las distintas fuentes de energía homogeneizándolas por su contenido energético.

¹⁵ En este artículo nos referiremos únicamente a la energía exosomática, aunque no consideraremos la energía animal.

La generación de energías finales en Navarra ha crecido de forma notable en el periodo considerado multiplicándose por 2,2. Esto representa un crecimiento anual de 3,85%. Sin embargo, hasta 1995 se experimenta una caída en la producción de -3,12% al año, compensada por un crecimiento importante desde entonces de 9,15% anual. Hay que resaltar que en los tres últimos años del periodo considerado ese crecimiento parece titubear.

Fig. 2: Generación de Electricidad en Navarra (según el tipo de Energías Primarias usadas) (tep)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006 y Balances de Generación Eléctrica en Navarra, 1994-2006.

El aumento de la producción eléctrica se ha apoyado desde 1994 en la energía eólica que ha ido aumentando progresivamente hasta paralizar su crecimiento en el último año del periodo y desde 2002 en dos centrales de ciclo combinado que utilizan gas natural y aportan más del 50% de la electricidad producida en Navarra.

Los hitos que pueden señalarse en la evolución de la generación de energías finales en Navarra son los siguientes (Gobierno de Navarra 2007a):

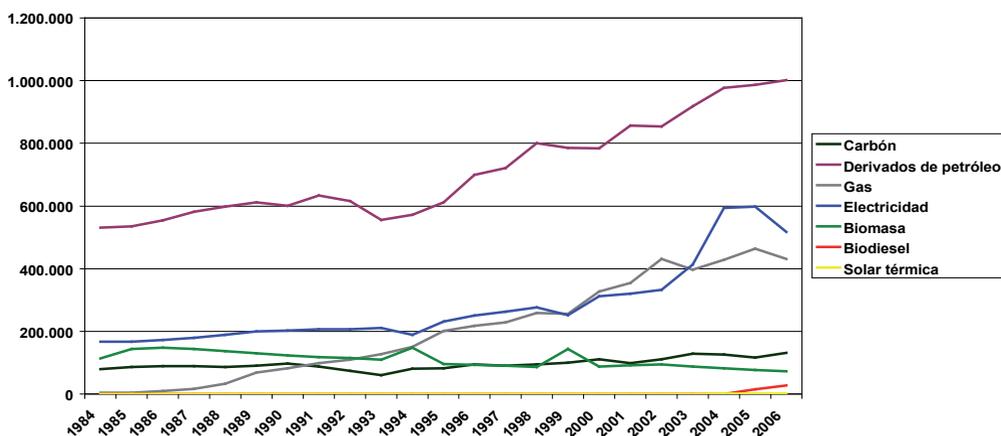
- 1991. Instalación de una planta de generación de electricidad con biomasa (paja de cereal) en Sangüesa.
- 1994. Instalación del primer parque eólico en la sierra del Perdón.
- 2000. Instalación de la primera "huerta solar" de obtención de energía fotovoltaica.
- 2002. Puesta en marcha de dos centrales de ciclo combinado de generación de electricidad con gas natural en Castejón.
- 2004. Inicio de la obtención de calor con placas solares térmicas.
- 2005. Comienzo de la producción comercial de biodiesel a partir de aceites vegetales en Caparroso.
- 2006. Inauguración de la planta de biometanización de residuos urbanos para obtener biogás con el que se genera electricidad en Tudela.

EL USO DE ENERGÍAS FINALES

A pesar del incremento en la producción, su uso ha aumentado más todavía multiplicándose por 2,6 con un crecimiento continuo, excepto a principios de los años 90 en que decreció por efecto de la desaceleración económica que se vivió en esos años.

Todas las fuentes de energía final experimentan aumento en su uso, excepto la biomasa que cae hasta casi la mitad. Destaca el aumento en el uso del gas natural que se multiplica por 100, pasando a ocupar la segunda posición. Sin embargo hay que señalar el gran peso de los derivados del petróleo que ocupan entre un 59% y un 49% manteniendo un protagonismo destacado.

Fig. 3: Utilización de Energías Finales en Navarra (por fuentes) (tep)

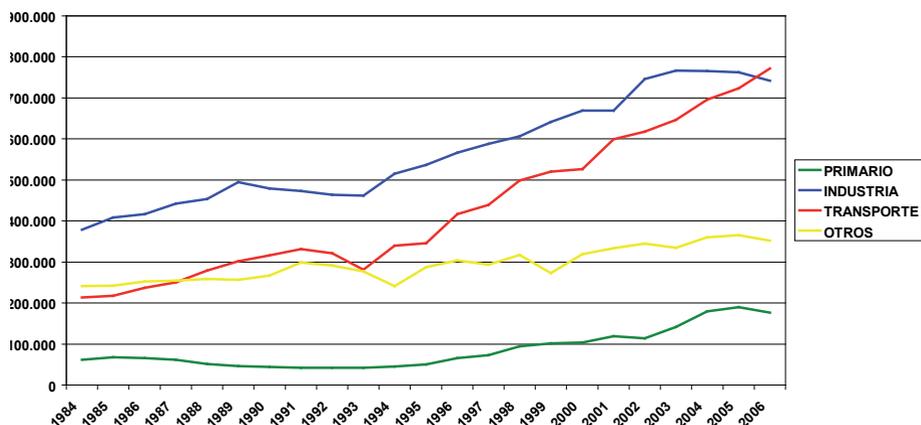


Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006.

En el uso de energías por sectores comienza en 1993 un periodo de crecimiento en todos ellos. Hay que destacar el mayor peso relativo del uso energético de la industria, aunque en los últimos tres años experimenta un leve descenso del 3% siendo superado por el transporte. Este sector es responsable del 40% del aumento conjunto de uso de energía entre 1993 y 2006¹⁶.

¹⁶ El sector "Industria" incluye construcción y obras públicas y el sector "Otros" incluye comercio y servicios, administración y servicios públicos, alumbrado público y usos domésticos, excepto el consumo de gasolina y gasoil particulares que está incluido en el sector "Transporte".

Fig. 4: Utilización de Energías Finales en Navarra (por sectores) (tep)

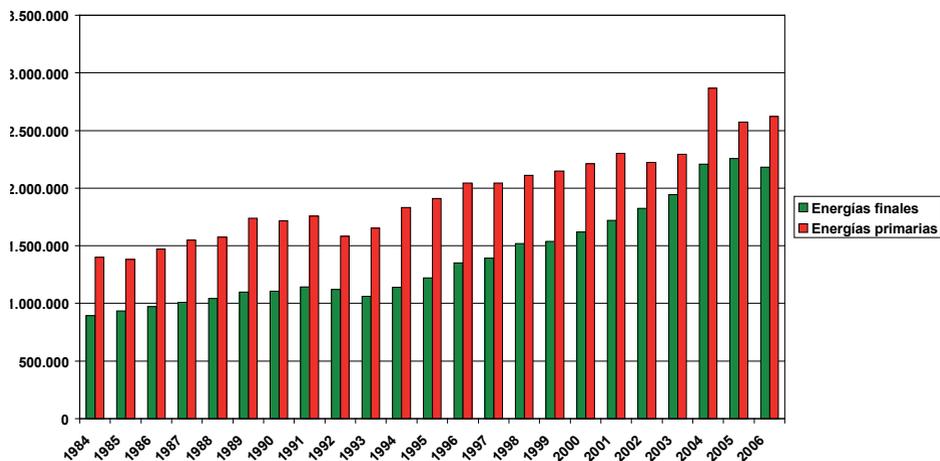


Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006.

LA EVOLUCIÓN DEL USO DE ENERGÍAS PRIMARIAS

El consumo de energías primarias crece algo menos que el consumo de energías finales en el conjunto del periodo multiplicándose por 1,9. El mayor responsable de esta mejora es la obtención de electricidad por procedimientos menos consumidores de energía que ya fueron señalados. La evolución en el tiempo de energías finales y primarias tiene un perfil semejante y a un nivel superior el uso de energías primarias como cabría esperar.

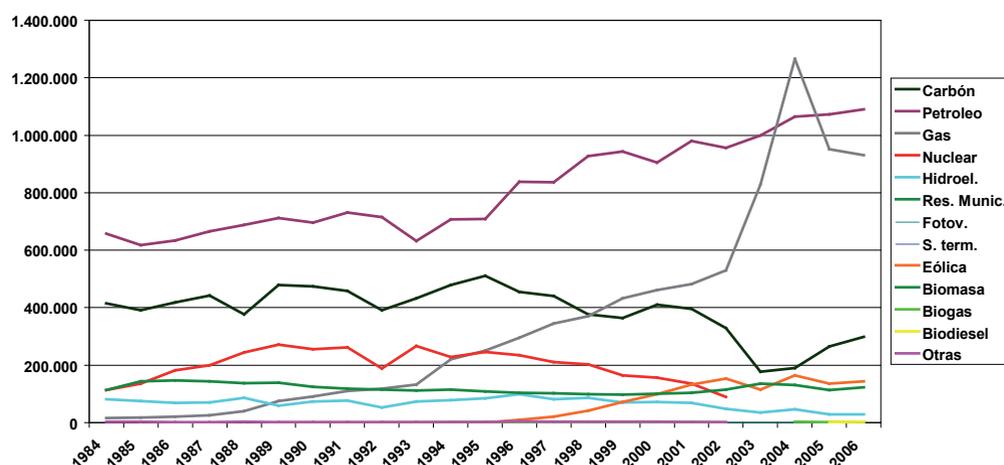
Fig. 5: Evolución del consumo de Energía en Navarra (tep)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

El carbón disminuye lentamente en importancia en todo el periodo con un leve repunte en los últimos tres años; la energía hidráulica desciende algo; la biomasa mantiene su nivel; el uso de energía eólica tiene un rápido crecimiento desde su origen, pero se estabiliza desde 2002; el gas crece primero lentamente, da un gran salto desde 2002 que se detiene e invierte en 2004; por último el petróleo mantiene una posición de protagonismo y crece aunque por debajo del gas.

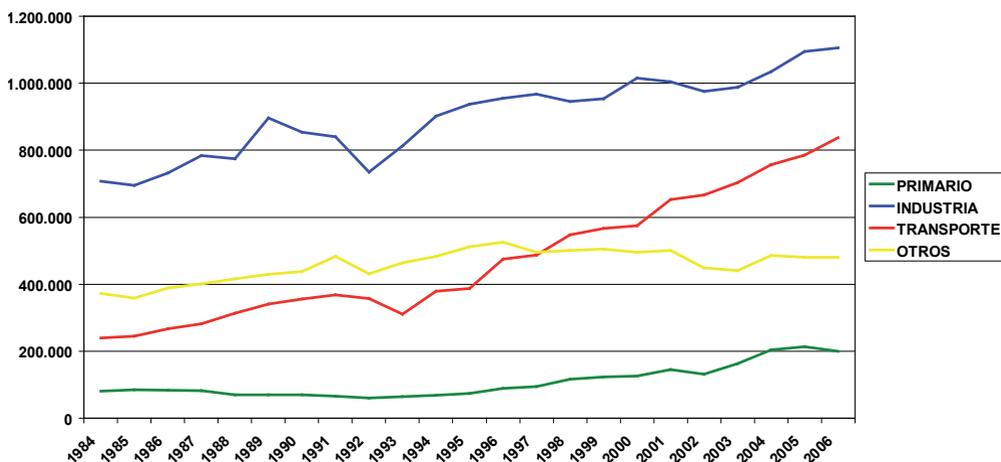
Fig. 6: Utilización de Energías Primarias en Navarra (por fuentes) (tep)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

La evolución del consumo de energías primarias por sectores presenta un perfil similar a la evolución de energías finales, pero hay diferencias de nivel entre ellos que merece la pena resaltar. La industria tiene una diferencia con el sector de transporte en el consumo de energías primarias mayor que en el consumo de energías finales, su mayor uso de electricidad, con mayor contenido de energías primarias que el petróleo lo explica. La misma explicación sirve para el recorte en las diferencias de nivel entre el sector de transporte y el sector otros.

Fig. 7: Utilización de Energías Primarias en Navarra (por sectores) (tep)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

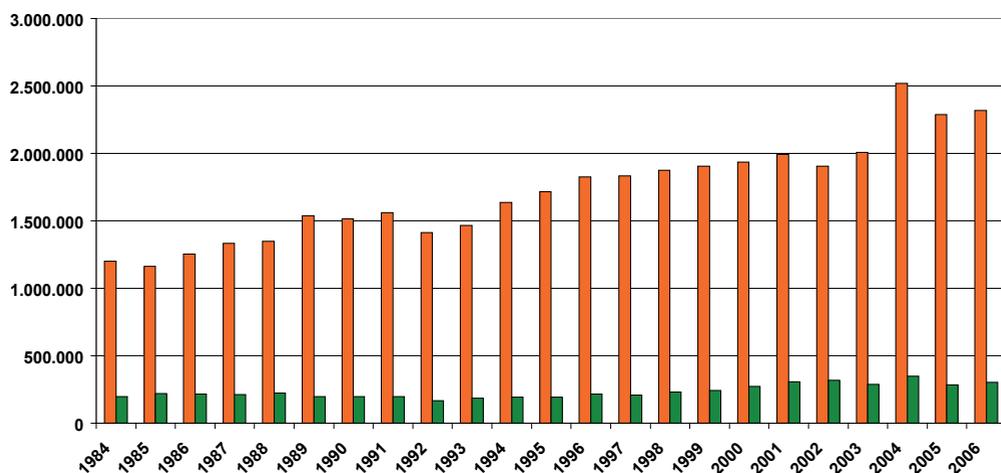
En 2006 el petróleo es la energía que tiene mayor peso en el conjunto; le sigue el gas que casi le alcanza; crece mucho la energía eólica aunque a distancia; disminuyen en términos absolutos el carbón y la hidroelectricidad; y desaparecen la energía nuclear, los residuos municipales¹⁷; aparecen con peso pequeño la energía solar fotovoltaica, la solar térmica, el biogás y el biodiesel.

EL USO DE ENERGÍAS PRIMARIAS POR SU RENOVABILIDAD

Si observamos la evolución de energías primarias por su renovabilidad detectamos pocos cambios relativos en el conjunto del periodo, con un leve retroceso del peso de las energías renovables.

¹⁷ Esta desaparición se debe a la interrupción de la importación de electricidad desde España en cuya producción participan.

Fig. 8: Evolución de uso de las Energías en Navarra por su renovabilidad (tep)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Hasta 1995 pierden peso las energías renovables que pasan de un 14% a un 9%, desde ese año hasta 2002 aumenta su papel hasta un 14%, para caer de nuevo hasta 2006 al 11.6%. Pero para conocer la renovabilidad energética resulta más significativo observar la evolución del uso de fuentes en términos absolutos. El uso de energías no renovables crece con oscilaciones en todo el periodo. Podemos deducir que el avance significativo del uso de energías renovables no ha significado una sustitución de fuentes no renovables sino una suma.

Fig. 9: Uso de Energías Primarias del Sector Primario de Navarra (por su renovabilidad) (tep)

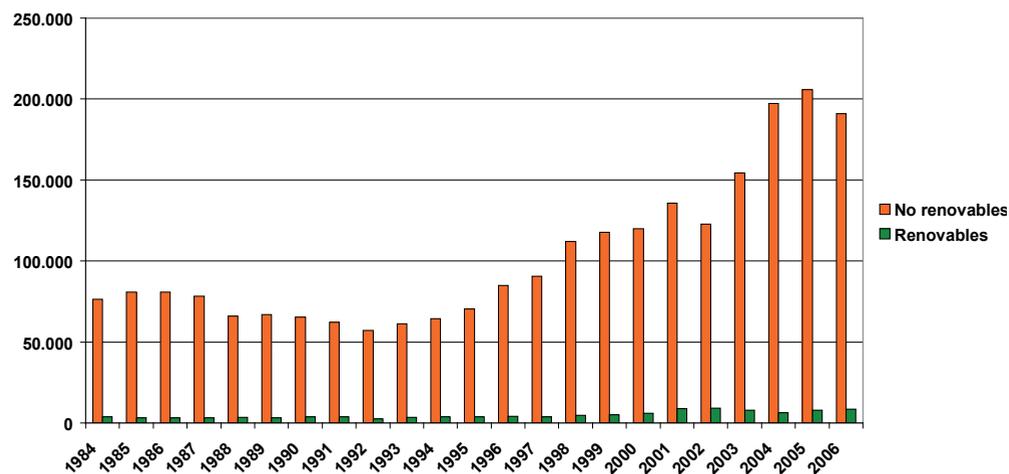


Fig. 10: *Uso de Energías Primarias del Sector Industrial de Navarra (por su renovabilidad) (tep)*

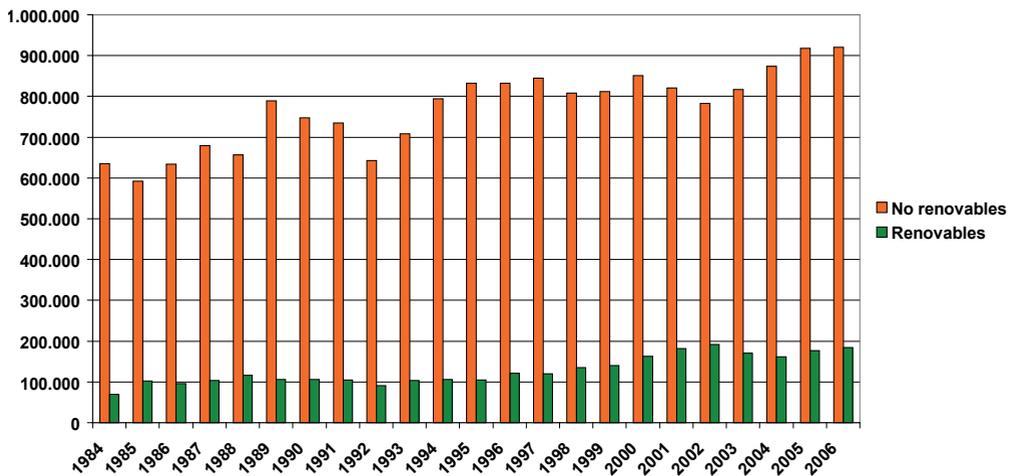


Fig. 11: *Uso de Energías Primarias del Sector Transporte de Navarra (por su renovabilidad) (tep)*

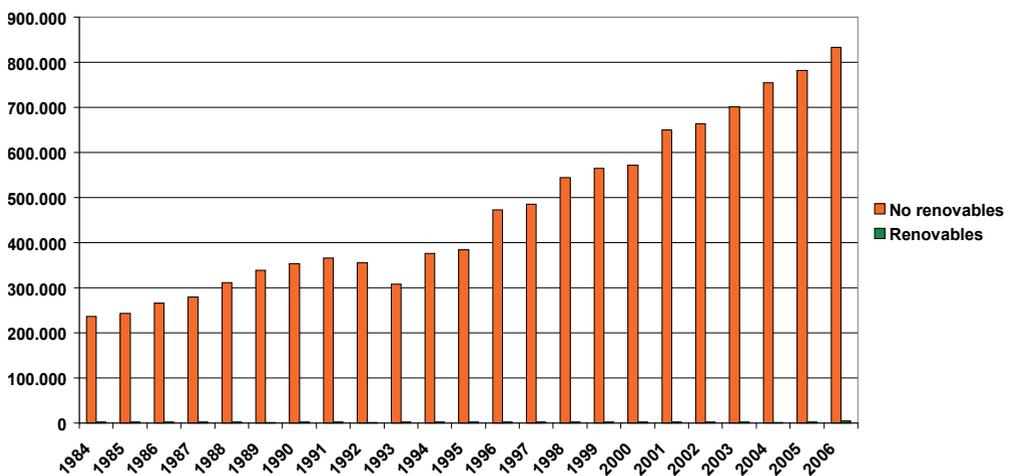
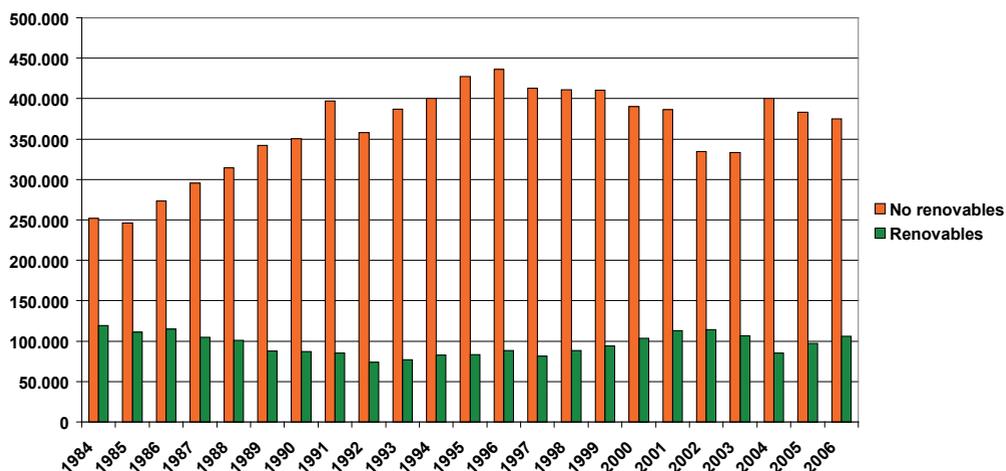


Fig. 12: *Uso de Energías Primarias del Sector Otros de Navarra (por su renovabilidad)(tep)*



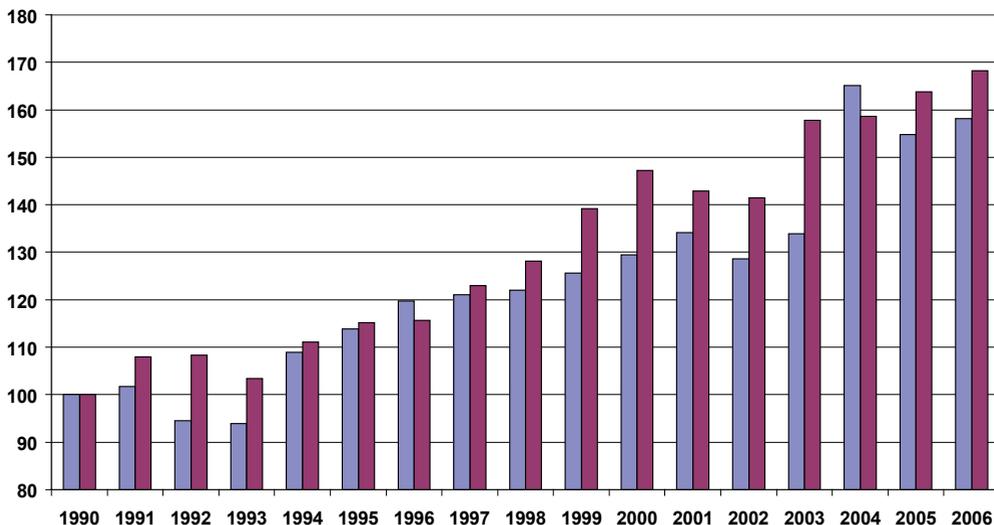
Fuente fig 9-10-11-12: *Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).*

El sector con menos uso de energías renovables es el Transporte por su uso casi exclusivo de gasolinas y gas-oil, el sector primario presenta un perfil paralelo y algo mayor. El sector Industria refleja las mejoras en la obtención de electricidad, la mayor energía final que utiliza. Por su parte el sector Otros presenta un doble efecto que se compensa: el avance en la utilización de electricidad y la sustitución como combustible de la leña por el gas natural.

LAS EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DEL USO DE ENERGÍAS

El aumento en las emisiones de CO₂ debidos al uso de energías creció en todo el periodo en un 81.9%, equivalente a un crecimiento del 2.8% anual. Este crecimiento resulta inferior al aumento en el consumo global de energías y al aumento global en el consumo de energías de combustibles fósiles. Resulta muy llamativo el gran incremento que se produce en 2004 y es debido al inicio de la obtención de electricidad con gas natural.

Fig. 13: Emisiones de CO₂ energéticas y emisiones de gei globales. Índices (1990=100)

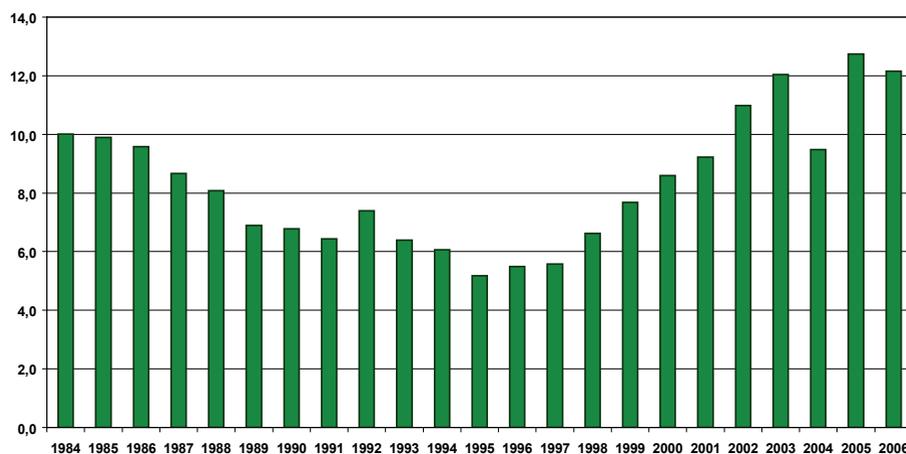


Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA); y Plan Energético de Navarra, 2005-2010.

EL AUTOABASTECIMIENTO DE ENERGÍA

La obtención de energías primarias en Navarra está a mucha distancia del uso que hace de ellas no llegando a superar un 13% en ningún año. Sin embargo presenta un perfil en forma de “U” que hay que resaltar. Desde un 10% que alcanza en 1984 descendiendo hasta un 5% en 1995 y se recupera hasta el 12.7% en 2005. Mientras que en el último año cae hasta el 12.2%. La caída en los primeros años se debe al descenso en el uso de biomasa (leña), mientras que en el ascenso a partir de 1995 tiene protagonismo el crecimiento del uso de la energía eólica y otras energías renovables.

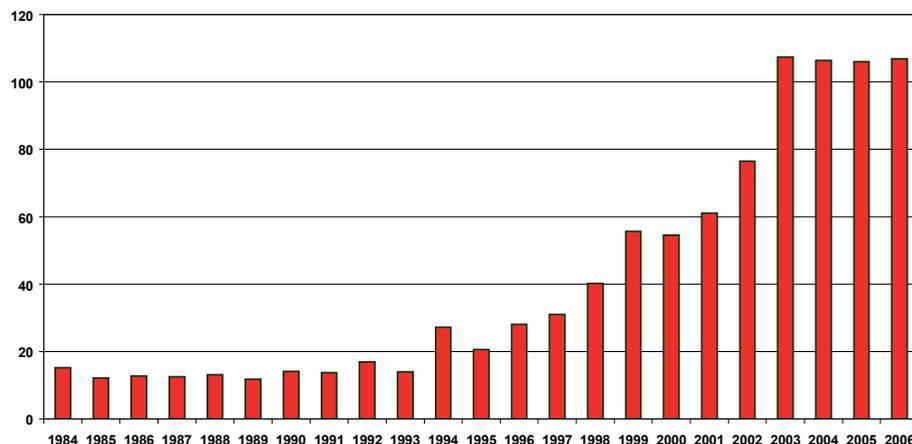
Fig. 14: Autoabastecimiento de Energías Primarias en Navarra (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Si observamos la obtención de la principal energía final: la electricidad, el panorama es diferente. A partir de 1995 va aumentando el porcentaje de electricidad usada que se genera en Navarra por el crecimiento en su producción de la energía eólica y da un salto en 2003 que le conduce a tener una generación de electricidad excedentaria por la puesta en marcha de las centrales de ciclo combinado con gas natural.

Fig. 14: Obtención / uso de Electricidad en Navarra (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Naturalmente este “autoabastecimiento eléctrico” no es real porque el principal componente de energía primaria en la generación de electricidad: el gas natural, debe ser importado.

LOS FACTORES DE CAMBIO EN EL USO DE LA ENERGÍA EN NAVARRA

EL USO GLOBAL DE ENERGÍAS PRIMARIAS

Ya vimos que entre 1984 y 2006 el uso de energías primarias ha aumentado en un 89,6%, lo que equivale a un 3,3% anual. En la Tabla 2 puede observarse la descomposición de factores de este crecimiento.

Tabla 2: Factores en el crecimiento de uso de energías primarias (por periodos)

Tep	ET	ES	EC	TOTAL
1984-2006	-447,535	130,974	1.449,527	1.132,966
1984-1993	-51,576	39,510	248,093	236,026
1994-2002	-429,520	48,639	755,113	374,231
2003-2006	137,311	18,091	311,965	467,368

Fuente: Elaboración propia a partir de los *Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006*; los *Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA)* y los *Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA)*.

En el conjunto del periodo se detecta una disminución en el uso de energías primarias debido al efecto transformación (**ET**), es decir debido a los procedimientos de transformación de las energías primarias en energías finales y a la sustitución de fuentes primarias en ese mismo proceso. Sin embargo este efecto positivo se ve compensado por un aumento en el efecto sustitución (**ES**), es decir en la sustitución de fuentes de energías en su uso final, y, sobre todo, por un aumento del efecto consumo (**EC**), es decir por el aumento en el consumo de energías finales.

En la Tabla 3 podemos observar este mismo proceso separadamente por fuentes de energía.

Tabla 3: Factores en el crecimiento de uso de Energías Primarias 1984-2006 (por fuentes de energías)

Tep	ET	ES	EC	TOTAL
Carbón	-421,823	18,750	237,555	-165,518
Petróleo	-109,272	-257,067	805,46	439,308
Gas	304,635	418,404	211,405	934,445
Nuclear	-234,996	28,752	63,105	-45,897
Hidroeléctrica	-102,709	17,904	38,908	-143,138
Residuos muni.	0	0	0	0
Fotovoltaica	0,983	0,136	0,279	1,398
Solar térmica	0	1,120	0,211	1,331
Eólica	90,518	12,507	25,739	128,764
Biomasa	27,916	-110,973	64,783	-18,274
Biogas	1,356	0,187	0,386	1,929
Biodiesel	0	0,747	0,397	1,144
Otras	-4,144	0,507	1,113	-2,524

Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Hay que destacar el descenso en el uso del carbón, la energía nuclear, la energía hidroeléctrica, la biomasa y otras energías. En todos los casos, excepto en la biomasa, este descenso se debe al efecto transformación **(ET)**. Hay que recordar que a partir de 2003 Navarra deja de importar energía eléctrica procedente de España y, por tanto, deja de utilizar las energías primarias que se arrastran en la generación de esa electricidad. En el caso de la biomasa, disminuye su uso como energía final sustituido por otras energías **(ES)**, compensado en parte por su uso arrastrado en el aumento del consumo de energía eléctrica **(ET)** y **(EC)**.

En el caso del petróleo, disminuye su uso por efecto del cambio del saldo importador eléctrico **(ET)** y por la sustitución de sus derivados especialmente por el gas **(ES)**, pero esta disminución se ve compensada y anulada por el aumento de consumo de gasolinas y gasoil **(EC)**.

Pero este comportamiento ha tenido expresiones muy distintas en cada subperiodo considerado. Nos centraremos en el segundo subperiodo, en el que crece la generación de electricidad con energía eólica y el tercero en el que crece la generación de electricidad con gas natural. El subperiodo 1994-2002 puede observarse en la Tabla 4.

Tabla 4: Factores en el crecimiento de uso de energías primarias 1994-2002 (por fuentes de energías)

Tep	ET	ES	EC	TOTAL
Carbón	-324,226	27,466	119,048	-177,711
Petróleo	-43,076	-114,910	403,390	245,404
Gas	111,154	143,259	114,009	368,422
Nuclear	-222,713	20,911	49,133	-152,669
Hidroeléctrica	-62,882	8,887	20,818	-33,178
Residuos muni.	-0,939	0,113	0,264	-0,561
Fotovoltaica	0,145	0,110	0,260	0,182
Solar térmica	0,110	0,010	0,020	0,130
Eólica	107,578	7,160	16,464	131,202
Biomasa	7,800	-44,569	31,232	-5,537
Biogas	0	0,560	0,131	0,188
Biodiesel	0	0	0	0
Otras	-2,362	0,254	0,597	-1,511

Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Este subperiodo presenta las mismas características generales que el periodo global considerado y resulta clave para explicar el comportamiento general: cambios en la generación de electricidad y sustitución de petróleo por gas en el uso final.

El tercer subperiodo puede verse en la Tabla 5. Ahora, incorporados en el periodo anterior los cambios estructurales señalados, los efectos hacia la reducción de uso de energías primarias son mínimos. Hay un efecto sustitución (**ES**) reductor en el petróleo por la expansión de la distribución de gas natural también compensado por el aumento del consumo final (**EC**) de gasolinas y gasoil; disminuye el consumo final de carbones¹⁸; la energía hidroeléctrica disminuye relativamente en la generación eléctrica por el gran aumento de uso del gas natural y continúa el descenso en el uso de la biomasa y la hidroelectricidad. En este subperiodo ha desaparecido el uso de energía nuclear, de residuos municipales y de otras energías ya que ha desaparecido la compra en España de electricidad y en Navarra no se utilizan en la generación de electricidad.

Como ya fue apuntado antes las dos grandes transformaciones en el abastecimiento energético de Navarra: la generación de electricidad con energía eólica y con gas natural

¹⁸ El efecto consumo (**EC**) negativo en el carbón se debe a su uso casi exclusivo en la industria, que como se vio al principio tiene en este periodo una disminución de uso de energías finales. En las demás fuentes energéticas la disminución de uso en la industria se ve compensado por el aumento en el uso de otros sectores.

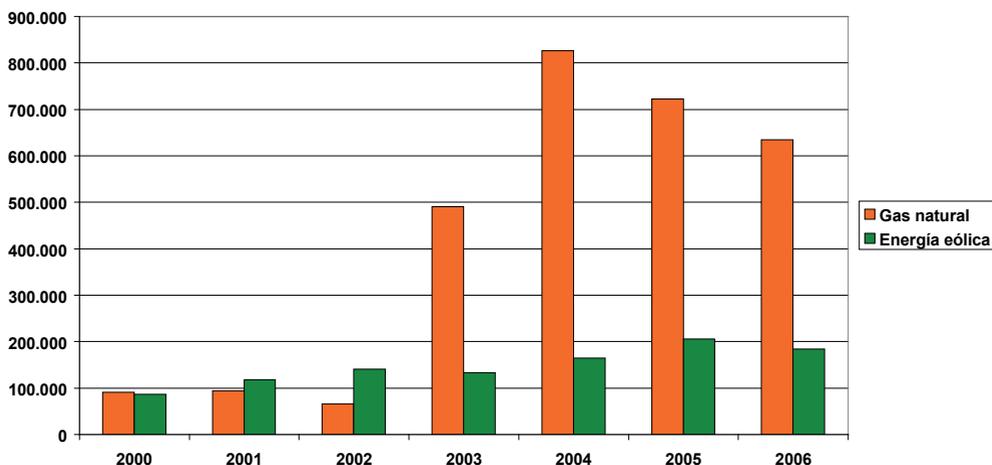
en instalaciones de ciclo combinado han agotado sus efectos relativos, incluso retroceden.

Tabla 5: Factores en el crecimiento de uso de energías primarias 2003-2006 (por fuentes de energías)

Tep	ET	ES	EC	TOTAL
Carbón	115,408	13,502	-7,870	121,040
Petróleo	0,126	-77,547	168,466	91,045
Gas	18,632	62,864	98,001	179,496
Nuclear	0	0	0	0
Hidroeléctrica	-12,645	1,921	6,943	-3,781
Residuos muni.	0	0	0	0
Fotovoltaica	2,379	0,710	0,278	2,727
Solar térmica	0	1,579	0,410	1,620
Eólica	16,202	7,523	27,697	5,422
Biomasa	-5,321	-11,746	10,253	-6,814
Biogas	2,531	0,530	0,213	2,797
Biodiesel	0	19,872	7,943	27,815
Otras	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Fig. 16: La Energía Eólica y el Gas Natural en la generación de electricidad en Navarra (tep)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

EL USO DE ENERGÍAS PRIMARIAS POR SU RENOVABILIDAD

Agregando las fuentes energéticas por su renovabilidad podemos obtener una visión más precisa de los cambios desde el punto de vista de la sostenibilidad del abastecimiento energético de Navarra.

Tabla 6: Factores en el crecimiento de uso de energías renovables en Navarra (por periodos)

Tep	ET	ES	EC	TOTAL
1984-2006	18,065	-78,373	130,702	70,394
1984-1993	-22,407	-35,401	29,397	-28,411
1994-2002	51,703	-28,342	68,935	92,296
2003-2006	3,146	19,272	53,369	75,786

Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

En el conjunto del periodo hay un aumento en el uso de energías renovables como muestra la Tabla 6. El efecto transformación (**ET**) es positivo, aunque resulta negativo el efecto de sustitución de energías finales (**ES**) como resultado de la caída en el uso de la biomasa, pero en conjunto crece su utilización. Aquí, de nuevo resulta clave el aumento en el uso de energías finales (**EC**).

En el subperiodo 1984-93 el aumento en el consumo final (**EC**) que tira del uso de energías renovables se ve compensado con la caída en el uso relativo de la hidroelectricidad y en uso final de la biomasa. En los dos últimos subperiodos aumenta en términos absolutos el uso de energías renovables en gran medida por efecto del consumo final (**EC**), pero con dos diferencias a resaltar: en 1994-2002 el efecto transformación (**ET**) se suma por el avance de aprovechamiento de la energía eólica mientras que el efecto sustitución (**ES**) resta por el descenso en el uso de la biomasa; mientras que en 2003-06 se ha agotado el efecto transformación (**ET**) que resulta muy pequeño, sin embargo se ha vuelto positivo el efecto de sustitución de energías finales (**ES**) por efecto del aumento en el uso de biodiesel y en menor medida de la biomasa.

En conclusión podemos señalar que el positivo aumento en el uso de energías renovables ha venido acompañado de un aumento muy superior del uso de energías no renovables situando a Navarra en una situación progresivamente peor desde el punto de vista de la renovabilidad energética. Los efectos positivos que han tenido los cambios estructurales de transformación y de sustitución de fuentes finales han sido sobradamente compensados por el aumento en el consumo final de energía y que en 2003-06 han desaparecido esos efectos de transformación positivos del periodo anterior.

LAS EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DEL USO DE ENERGÍA

El efecto transformación **(ET)** ha tenido un papel muy positivo en la reducción de estas emisiones en el conjunto del periodo considerado, sin embargo tanto la sustitución **(ES)** de energías finales como el aumento en el consumo energético final **(EC)** han compensado esa disminución en todos los subperiodos.

Tabla 7: Factores en el crecimiento de emisiones de CO₂ debidos al uso de energía (por periodos)

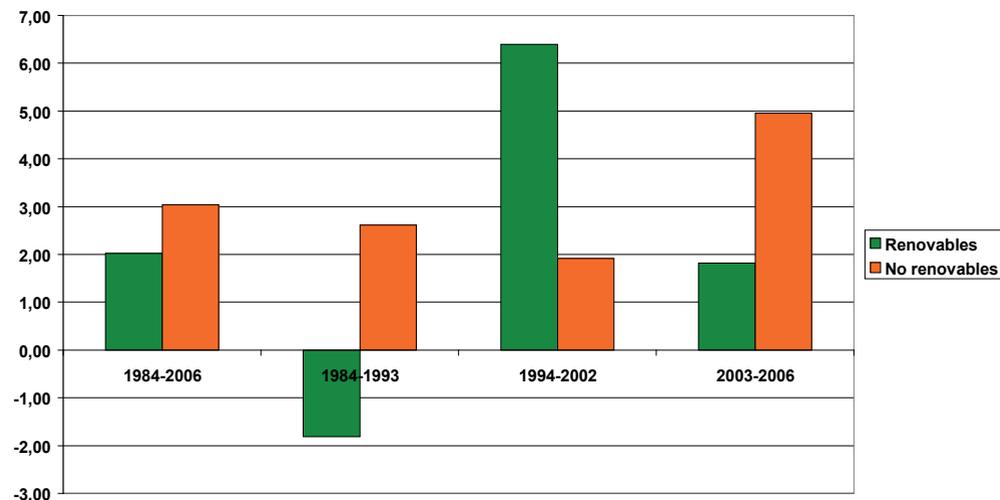
Tep	ET	ES	EC	TOTAL
1984-2006	-1.232,960	350,862	3.495,304	2.613,206
1984-1993	-249,686	113,748	573,752	437,814
1994-2002	-1.119,536	131,937	1.768,969	781,370
2003-2006	481,860	42,304	411,697	935,861

Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

Hay que destacar que entre 2003 y 2006 ha desaparecido ese papel reductor del efecto transformación **(ET)** que también resulta ampliador de las emisiones. La sustitución de carbón y petróleo por gas natural y las nuevas energías renovables en la generación de la electricidad utilizada explican esos efectos reductores, pero también en el caso de las emisiones de CO₂ esos efectos positivos se ven anulados por el efecto sustitución **(ES)** y, sobre todo, por el aumento de uso global de energías finales **(EC)**. Aquí, también se deja notar, el agotamiento de las renovaciones estructurales en el último subperiodo.

UN BALANCE SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA ENERGÉTICO NAVARRO

Fig. 17: Incremento anual en el uso de Energías Primarias (por su renovabilidad %)



Fuente: Elaboración propia a partir de los Balances de Energía Final Navarra, 1984-2006; los Balances Energéticos de España, 1984-2005 (IEA) y los Balances Energéticos Extendidos de España, 1984-2005 (IEA).

El aumento en el uso de las energías renovables en Navarra puede considerarse un elemento parcial positivo en la última década, pero tanto desde el punto de vista de la renovabilidad de las energías utilizadas, como de las emisiones de CO₂ la situación ha empeorado desde 1984. Puede afirmarse que hoy Navarra es más insostenible que hace dos décadas en lo que se refiere a la energía. Además, ciertos aspectos positivos en el periodo 1994-2002, han desaparecido en los últimos tres años debido al agotamiento del cambio estructural. Quizá el elemento a resaltar en este empeoramiento ha sido el aumento en el consumo de energías finales que ha absorbido, compensado y anulado los efectos positivos de las energías renovables cuando estas se han manifestado. Podemos decir que el indudable aumento del uso de energías renovables y no fósiles no ha tenido un papel sustitutivo de las energías no renovables y contaminadoras, sino que se ha sumado a ellas haciendo insuficiente, desde el punto de vista de la sostenibilidad, el esfuerzo que ha significado su puesta en marcha y su desarrollo.

La industria ha experimentado una leve reducción en el uso de energías finales en los últimos tres años, pero no se ha traducido en disminución del uso de energías primarias debido a un mayor uso de electricidad que tiene mayor contenido de energías primarias.

Por su parte el sector transporte es el mayor responsable del aumento en el uso de energías primarias y de energías fósiles, siendo, por esta razón, el sector que más ha contribuido a las emisiones de CO₂.

CONCLUSIONES

A la vista de este pequeño balance cabe deducir que parece necesario reorientar la política energética Navarra para dirigirla hacia la sostenibilidad. La mejora en la renovabilidad del sistema energético navarro pasa por una reducción continua en el uso de energías no renovables y en la emisión de CO₂ que permitan eliminar el uso de energías no renovables y situar las emisiones en parámetros procesables por la Naturaleza. Un objetivo parcial, en esta dirección sería reducir estas emisiones hasta un 15% más de las emitidas en 1990 acorde con los compromisos internacionales adoptados en el protocolo de Kioto. Además, para contemplar la sostenibilidad en su conjunto, requiere estar atentos a la ocupación del espacio y las afecciones a los hábitats de otras especies vivas. En esta dirección podemos establecer las siguientes observaciones:

I) El importante avance del uso de energías renovables no se ha traducido en una mejora de la sostenibilidad energética de Navarra, ya que ha continuado creciendo, todavía en mayor medida, el uso de energías fósiles no renovables y, por lo tanto, las emisiones de CO₂.

II) Los cambios en los procedimientos de transformación de las energías primarias han tenido un efecto de contención en el aumento del uso de energías no renovables entre 1995 y 2002. Sin embargo, este efecto se ha visto sobradamente compensado por el efecto sustitución de fuentes y, sobre todo, por el aumento global en el consumo de energía, muy superior al uso de energías renovables y que ha necesitado, por tanto, aumentar, también, el uso de energías no renovables.

III) Agotados los efectos parcialmente positivos de los cambios en los procedimientos de transformación en 2002, en el periodo 2003-2006, tanto los cambios en la transformación energética como la sustitución de fuentes se han sumado a los aumentos finales de consumo energético para aumentar el uso de las energías primarias no renovables.

IV) Este cambio en el periodo 2003-2006 tiene su base en la opción por detener el crecimiento en la generación de electricidad con fuentes eólicas y por su incremento en las centrales de ciclo combinado de gas natural.

V) Del mismo modo han actuado esos factores sobre las emisiones de CO₂: los resultados parcialmente positivos de los cambios en la transformación energética hasta 2002 se han visto compensados y anulados por la sustitución de fuentes y por el aumento global en el consumo de energías fósiles y entre 2003 y 2006 han contribuido al aumento de las emisiones.

VI) Las previsiones gubernamentales hasta 2010 muestran un aumento en el uso de energías fósiles y un alejamiento del objetivo de Kyoto, incluso en el escenario más optimista de alcanzar los objetivos de desarrollo de energías renovables previsto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara Escolano, Vicent; Padilla Rosa, Emilio y Roca Jusmet, Jordi (2008): "De los consumos finales de energía a los requerimientos de energía primaria y las emisiones de CO₂. Aproximación a partir de los balances de energía. Aplicación a Cataluña, 1990-2005", *Ekonomiaz* Nº 67, pp. 302-337.

Alcántara, Vicent y Roca, Jordi (1995): "Energy and CO₂ emissions in Spain. Methodology of analysis and some results for 1980-1990", *Energy Economics* vol. 17, Nº 3, pp. 221-230.

Alcantara, Vicent y Roca, Jordi (1996): "Tendencias en el uso de la energía en España (1975-1990). Un análisis a partir de los balances energéticos", en *Economía Industrial* Nº 311, pp. 161-167.

Ang, B.W. y Lee, S. Y. (1994): "Descomposition of industrial energy consumption some methodological and application issues", en *Energy Economics* vol. 16, Nº 2, pp. 83-92.

Daly, Herman E. (1999): *Ecological economics and the ecology of economics: essays in criticism*, Cheltenham (UK)-Northampton (Mass.): Edward Elgar.

Gobierno de Navarra (1984-2005): *Balances de energía final*. Los correspondientes al año 2004 y al año 2005 pueden encontrarse en: <http://www.cfnavarra.es/INDUSTRIA/areas/energia/Balances%20energeticos%20de%20Navarra%202004-2005.pdf>

Gobierno de Navarra (1994-2005): *Balances de generación de energía eléctrica*. Los correspondientes al año 2004 y al año 2005 pueden encontrarse en: <http://www.cfnavarra.es/INDUSTRIA/areas/energia/Balances%20energeticos%20de%20Navarra%202004-2005.pdf>

Gobierno de Navarra (2007a): *Navarra. Energías renovables. Horizonte 2010*.

Gobierno de Navarra (2007b): *Plan energético de Navarra, 2005-2010*.

International Energy Agency (2006): *World Energy Outlook, 2006*, OECD/IEA, pp. 504-505.

International Energy Agency (2007a): *Energy Balances of OECD Countries - Energy Balances Vol 2007*

International Energy Agency (2007b): *Energy Balances of OECD Countries - Extended Balances Vol 2007*

Jacobs, Michael (1997): *La Economía verde: medio ambiente, desarrollo sostenible, y la política del futuro*, Barcelona: Icaria.

Alejandro Arizkun Cela

Meadows, Donella H. (2006): *Los Límites del crecimiento: 30 años después*, Barcelona: Círculo de Lectores-Galaxia Gutenberg.

Sun, J. W. (1998): "Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model", *Energy Economics* Vol. 20, pp. 85-100.