



CAMPUS OF  
INTERNATIONAL  
EXCELLENCE



## TRABAJO FIN DE MÁSTER

### MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN ECONOMÍA: INSTRUMENTOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

## EXPOSICIÓN DE LA ECONOMÍA VASCA A UNA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

**Autora:** Sandra El Debal Duque

**Directores:** Alberto Ansuategi e Iñaki Arto

Bilbao y Santander, septiembre de 2018

Vº Bº de los DIRECTORES

Vº Bº de la AUTORA



## RESUMEN

El cambio climático ocasionado por las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta el mundo en la actualidad. Es necesario avanzar hacia una descarbonización de la economía y la Comunidad Autónoma de País Vasco, alineada con las políticas energéticas de la UE, ha desarrollado estrategias cuyo objetivo a largo plazo contemplan el consumo de cero petróleo para el 2050. Esta transición hacia una economía baja en carbono podría traer consigo riesgos para aquellos sectores que directa o indirectamente dependen de los combustibles fósiles.

Este trabajo propone una metodología para medir la exposición que una economía tiene a los efectos no deseados de esa transición energética, tanto desde el lado de la oferta como del de la demanda de energía. Desde el lado de la oferta, se propone utilizar el Método de Extracción Hipotética para analizar la exposición de una economía a la desaparición de sectores específicos dedicados a la extracción, transformación y procesamiento de recursos energéticos de origen fósil. Desde el lado de la demanda, se propone evaluar la exposición de la economía a través del cálculo de las subvenciones necesarias para hacer frente al riesgo de fuga de carbono en aquellos sectores con mayores intensidades de emisiones y/o exposición al comercio internacional. A continuación, se aplica la metodología descrita al caso de la economía vasca.

**Palabras claves:** Transición energética, Análisis de exposición, Método de extracción hipotética, Fuga de carbono, Subvenciones.

## **ABSTRACT**

Climate change caused by emissions of greenhouse gases of anthropogenic origin is one of the most important challenges facing the world today. It is necessary to advance towards a decarbonisation of the economy and the Autonomous Community of the Basque Country, aligned with the EU's energy policies, has developed strategies whose long-term objective includes the consumption of zero oil by 2050. This transition towards a low carbon economy could bring risks for those sectors that directly or indirectly depend on fossil fuels.

This paper proposes a methodology to measure the exposure that an economy has to the undesired effects of that energy transition, both from the supply side and the demand side of energy. From the supply side, it is proposed to use the Hypothetical Extraction Method to analyze the exposure of an economy to the disappearance of specific sectors dedicated to the extraction, transformation and processing of fossil energy resources. From the demand side, it is proposed to evaluate the economy's exposure through the calculation of the necessary subsidies to deal with the risk of carbon leakage in those sectors with higher emission intensities and / or exposure to international trade. Then, the methodology described is applied in the case of the Basque economy.

**Keywords:** Energy transition, Exposure analysis, Hypothetical extraction method, Carbon leakage, Subsidies

*A Germain... Siempre vivirás en nuestros corazones,  
tu recuerdo nos llena de fortaleza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores de Trabajo Fin de Master, el Dr. Alberto Ansuategi (Universidad de País Vasco) y el Dr. Iñaki Arto (Basque Centre for Climate Change) por su valiosa orientación, dedicación y paciencia, que me permitió completar este trabajo.

Quiero también agradecer a la BBK Fundazioa por la ayuda económica recibida para la elaboración del mismo, en el marco del Convenio de Colaboración entre BBK Fundazioa, El Basque Centre for Climate Change (BC3) y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, para apoyar el proyecto sobre Crecimiento Verde en Bizkaia. Las opiniones expresadas en este documento son de mi exclusiva responsabilidad y no son atribuibles a BBK Fundazioa.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA .....	14
3. EL ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN DE UNA ECONOMÍA A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA .....	21
3.1. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA OFERTA: EL MÉTODO DE LA EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA .....	25
3.2. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA DEMANDA: LA MEDIDA DEL RIESGO DE LA FUGA DE CARBONO .....	26
4. LA EXPOSICIÓN DE LA ECONOMÍA VASCA A UNA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO .....	30
4.1. LA ECONOMÍA VASCA.....	30
4.2. LA ESTRATEGIA ENERGÉTICA VASCA .....	32
4.3. LA SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LA ECONOMÍA VASCA .....	33
4.4. MIDIENDO EL GRADO DE EXPOSICION DE LA ECONOMÍA VASCA A UNA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMIA BAJA EN CARBONO .....	39

4.4.1. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN DE LA ECONOMIA VASCA A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA OFERTA: EL MÉTODO DE LA EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA.....	40
4.4.2. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN DE LA ECONOMIA VASCA A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA DEMANDA: LA MEDIDA DEL RIESGO DE LA FUGA DE CARBONO .....	52
CONCLUSIONES .....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
APENDICE .....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2. 1. EVOLUCIÓN DE CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE GEI DESDE EL SIGLO XIX .....	15
GRÁFICO 2. 2. OBJETIVO DE REDUCCIÓN DE EMISIONES POR SECTORES EN LA UE PARA EL 2050 .....	18
GRÁFICO 2. 3. PORCENTAJE DE HOGARES CON PROBLEMAS PARA CALENTAR CORRECTAMENTE EN PAÍSES DE LA UE .....	20
GRÁFICO 4. 1. TASA DE VARIACIÓN DEL PIB TRIMESTRAL DE LA CAPV. ....	31
GRÁFICO 4. 2. EVOLUCIÓN DE LA TASA DE PARO DE LA CAPV.....	31
GRÁFICO 4. 3. EVOLUCIÓN DEL COMERCIO EXTERIOR EN LA CAPV. (PRECIOS CORRIENTES EN MILLONES DE EUROS) .....	32
GRÁFICO 4. 4. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA DE LA CAPV. (KTEP).....	34
GRÁFICO 4. 5. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA DEL SECTOR INDUSTRIAL Y DEL SECTOR TRANSPORTE DE LA CAPV. (KTEP) .....	35
GRÁFICO 4. 6. EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LA CAPV Y LA UE-28. (TEP/ MILES DE EUROS PIB).....	36
GRÁFICO 4. 7. REPARTO DEL CONSUMO INTERIOR BRUTO EN LA CAPV POR ENERGÍAS 2000- 2016.....	37
GRÁFICO 4. 8. CONSUMO INTERIOR BRUTO EN LA CAPV POR ENERGÍAS 2016.....	37
GRÁFICO 4. 9. DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DEL DEL VAB EN LA CAPV (%). 2015 .....	38
GRÁFICO 4. 10. PORCENTAJE DE PUESTOS DE TRABAJO EQUIVALENTES A TIEMPO COMPLETO POR SECTOR DE LA CAPV 2015 .....	39



GRÁFICO 4. 11. RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA QUE PRESENTAN UNA PÉRDIDA DE MÁS DE 20 EMPLEOS DIRECTOS, DEBIDO A LA ELIMINACIÓN DE LA RAMA DE COQUERÍA Y REFINO DE PETRÓLEO (16) .....	47
GRÁFICO 4. 12. ANÁLISIS COMPARATIVO DE REDUCCIÓN DE EMPLEO QUE EXPERIMENTARÍA LA ECONOMÍA VASCA (I) EXTRACCIÓN DEL SECTOR REFINO (16) Y (II) EXTRACCIÓN DEL SECTOR (16) Y EL SUBSECTOR (50A).....	51
GRÁFICO 4. 13. SECTORES CON MAYOR CANTIDAD DE EMISIONES EN TONELADAS DE CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE DE ORIGEN ENERGÉTICO REGISTRADAS EN LA CAPV EN EL AÑO 2012 .....	53
GRÁFICO 4. 14. SECTORES EN RIESGO DE FUGA DE CARBONO. CAPV (2012) .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1. HITOS RELEVANTES DENTRO DEL DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS ACUERDOS INTERNACIONALES PARA HACER FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	17
FIGURA 2. 2. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EUROPA Y ESPAÑA.....	19
FIGURA 3.1. CADENA DE VALOR DEL PETRÓLEO .....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4. 1. PESO RELATIVO DE LA SUB RAMA COMERCIO AL POR MENOR DE COMBUSTIBLE PARA AUTOMOCIÓN RESPECTO AL TOTALIDAD DEL COMERCIO AL POR MENOR (2015). .....	41
TABLA 4. 2. CONTRIBUCIÓN DEL SECTOR COQUERÍA Y REFINO EN LA CAPV AL VAB (EN MILES DE EUROS Y %) Y EL EMPLEO (NÚMERO DE EMPLEADOS Y %) 2015. ....	42
TABLA 4. 3. RESULTADOS POR RAMAS DE ACTIVIDAD DE LAS PÉRDIDAS QUE OCASIONARÍA LA EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA DEL SECTOR 16 DE COQUERÍA Y REFINO A LA CAPV EN EMPLEO, VAB E IMPUESTOS DE PRODUCCIÓN. ....	43
TABLA 4. 4. EFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE LA EXTRACCIÓN DEL SECTOR COQUERÍA Y REFINO EN LA CAPV SOBRE EL VAB (EN MILES DE EUROS Y %) Y SOBRE EL EMPLEO (NÚMERO DE EMPLEADOS Y %) 2015. ....	46
TABLA 4. 5. RESULTADOS POR RAMAS DE ACTIVIDAD DE LAS PÉRDIDAS QUE OCASIONARÍA LA EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA DEL SECTOR 16 Y EL SECTOR 50B A LA CAPV EN EMPLEO, VAB E IMPUESTOS DE PRODUCCIÓN. ....	51
TABLA 4. 6. SECTORES EXPUESTOS AL RIESGO DE FUGA DE CARBONO 2012 Y SU APOORTE EN PORCENTAJE AL VAB DE LA CAPV .....	54
TABLA 4. 7. RESULTADO DE LOS CALCULOS DE LAS SUBVENCIONES OPTIMAS PARA HACER FRENTE AL RIESGO DE FUGA DE LOS SECTORES EXPUESTOS EN LA CAPV .....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

Tras el Acuerdo de París sobre cambio climático, el planeta ha comenzado a dar pasos decididos en la transición hacia una economía baja en carbono. La comunidad internacional está convencida de que esta transición es necesaria para generar empleo, crecimiento y oportunidades de inversión para las generaciones actuales y futuras, al tiempo que se mitigan los riesgos que entraña el calentamiento global. El modelo económico está llamado a cambiar. Sin embargo, hay que asegurarse de que sea una transición lo menos traumática posible.

Se espera que la transición hacia una economía baja en carbono reduzca las ocupaciones en actividades relacionadas con los combustibles fósiles y, en particular, las industrias de alta emisión de carbono, mientras que se crearán nuevos puestos de trabajo en actividades relacionadas con las energías renovables, la eficiencia energética y la electrificación de los vehículos de transporte. Los responsables de los diferentes países y regiones han comenzado a diseñar sus propias políticas climáticas y energéticas y, si bien se ha puesto mucho énfasis en tratar de evaluar los beneficios de la cooperación en materia de mitigación, para determinadas regiones es igualmente importante anticipar y tratar de minimizar el impacto económico y social que la transición puede tener en la economía local.

La Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) se enfrenta al reto de cumplir con objetivos muy exigentes de descarbonización de su economía en las próximas décadas sin renunciar al papel tractor que tradicionalmente ha desempeñado la industria. Por tanto, es crucial conocer el grado de exposición de la economía vasca a la transición hacia una economía baja en carbono.

El presente trabajo de fin de máster aspira a realizar una modesta contribución en esta dirección, proponiendo en primer lugar una metodología que sirva para evaluar la exposición de una economía a los efectos no deseados de la transición energética y aplicándola a continuación a la economía de la CAPV.

El trabajo está estructurado en 5 secciones. Tras esta breve introducción, la sección 2 describe las causas y posibles consecuencias del calentamiento del planeta así como las características de la transición energética necesaria para preservar las condiciones de habitabilidad del planeta para las generaciones futuras. Posteriormente, en la sección 3, se proponen una serie de indicadores y aproximaciones metodológicas para analizar la exposición de la economía de una región a la descarbonización del sistema. A continuación, se aplica la metodología de exposición a la economía de la CAPV en la sección 4. Finalmente, la sección 5 recoge las conclusiones principales del análisis.

## 2. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El cambio climático, que afecta a todas las regiones del mundo, es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la Humanidad. Así, el aumento de la temperatura media del planeta está provocando que los casquetes de hielo polar se derritan y el nivel del mar esté subiendo. En algunas regiones, los eventos climáticos extremos como inundaciones, sequías u olas de calor son cada vez más frecuentes, generando importantes impactos económicos (e.g. pérdidas de cosechas o daños en infraestructuras) y sociales (e.g. pérdidas de vidas humanas o migraciones). Además, se espera que estos impactos se intensifiquen en las próximas décadas.

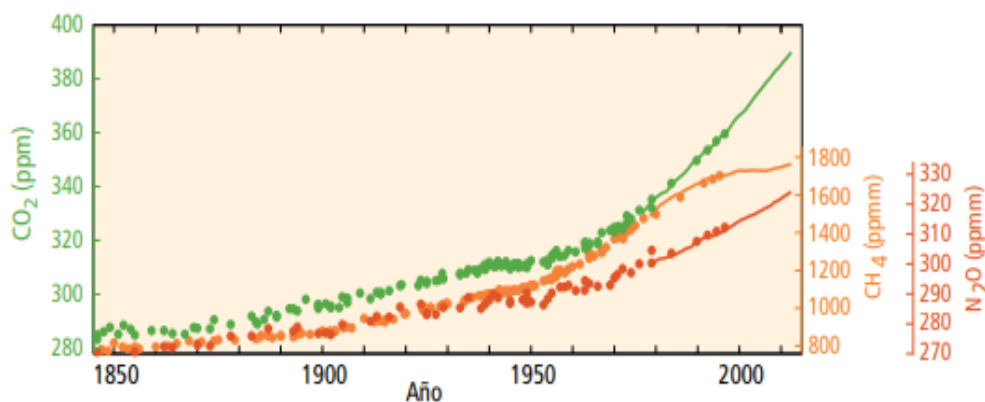
En las últimas tres décadas la comunidad científica ha llegado a un consenso sobre el origen antropogénico del cambio climático que estamos experimentando actualmente (IPCC, 2014) y lo ha ligado a la emisión de los denominados “gases de efecto invernadero” (GEI) (principalmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )) derivada de actividades humanas que conllevan cambios de uso de suelo y, sobre todo, combustión de fuentes de energía de origen fósil.

Las concentraciones atmosféricas de GEI han aumentado de manera exponencial desde el siglo XIX, como puede observarse en el Gráfico 2.1. De hecho, la mitad de las emisiones de  $\text{CO}_2$  (principal GEI) entre 1850 y 2011 se han producido en los últimos 40 años, siendo la combustión de energías fósiles la principal fuente de emisión de GEI (72% del total de emisiones en 2013).

Los científicos consideran que la comunidad internacional no se puede permitir emitir más de 600 gigatoneladas (Gt) de carbono a la atmósfera antes de que el planeta se caliente, peligrosamente, en más de 1,5-2°C por encima de los niveles preindustriales ( Figueres, et al., 2017). Por otro lado, las proyecciones de diferentes estudios consideran que, si no se ponen en marcha políticas ambiciosas de mitigación de emisiones de GEI, las emisiones de  $\text{CO}_2$  alcanzarán los 57 Gt de C /año para 2050 (IEA, 2010). Por tanto, las estrategias de estabilización climática que se barajan contemplan una descarbonización profunda del sistema económico mundial, del orden del 50-90% por debajo niveles actuales para 2050 (Loftus, et al., 2015).

Si el objetivo de la casi total descarbonización de la economía del planeta ya es suficientemente exigente, el problema se agrava por la escala temporal y espacial que caracterizan al problema del cambio climático. Por un lado, los incentivos para actuar como “polizones” en la política climática son muy importantes, puesto que el esfuerzo de mitigación de emisiones supone un coste para los agentes/países que realicen dicho esfuerzo, y sin embargo, los beneficios en términos climáticos son los mismos, independientemente de quién realice el esfuerzo. Por otro lado, requiere un compromiso ético de preservar las condiciones de habitabilidad del planeta para las generaciones futuras, pues supone sacrificios presentes para evitar daños que principalmente afectarán a generaciones venideras.

**Gráfico 2. 1. Evolución de concentraciones atmosféricas de GEI desde el siglo XIX**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Am, (2016)

La coordinación internacional en la lucha contra el cambio climático fue abordada por primera vez a nivel internacional en la Conferencia Mundial sobre el Clima, que dio lugar en 1988 a la creación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, siglas en inglés). Desde su creación, el IPCC ha elaborado 5 informes quinquenales que han permitido concluir que la atmósfera y los océanos están aumentando su temperatura media. Asimismo, estos informes señalan que muchos de los cambios observados desde mediados del siglo pasado no tienen precedentes en décadas ni en milenios, lo que ha llevado a que la mayoría de países muestren actualmente un alto compromiso con la lucha contra el cambio climático y la búsqueda de un desarrollo más sostenible, tratando de coordinar esfuerzos a través de acuerdos internacionales. Así, la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC o, en inglés, UNFCCC) creada en

1994, cuenta actualmente con 197 países miembros, los cuales se reúnen anualmente en la conferencia de las partes (COP, en inglés) con el objetivo de articular mecanismos de cooperación internacional en la mitigación y adaptación al cambio climático (Andreucci, et al., 2017).

En el marco de la UNFCCC, en 1997 se adoptó el denominado “Protocolo de Kioto”, que constituyó el primer acuerdo de la comunidad internacional en la lucha contra el cambio climático. El acuerdo de 1997 era del tipo “de arriba abajo”, es decir, se acordaron reducciones obligatorias para los países firmantes. De esta forma, en el Protocolo de Kioto, los países desarrollados se comprometieron a cumplir con ciertos compromisos de reducción de emisiones, aplicando y elaborando políticas y medidas que fomentaban la eficiencia energética de los diferentes sectores de la economía, la protección y mejora de los sumideros de carbono, la promoción de la agricultura sostenible, la promoción de la investigación, desarrollo y uso de nuevas energías renovables, y el fomento de reformas para promover medidas y políticas que limitaran la emisión de GEI. Dos décadas más tarde podemos decir que este primer acuerdo ha sido parcialmente satisfactorio porque sólo 9 de los países que adoptaron el compromiso incumplieron el acuerdo y porque a nivel mundial, el número de leyes y políticas nacionales sobre cambio climático aumentó de alrededor de 60 en 1997 a casi 1400 en 2017. Sin embargo, nos es menos cierto que el Protocolo de Kioto fracasó en el objetivo último de alcanzar un esfuerzo suficiente de mitigación de las emisiones de carbono.

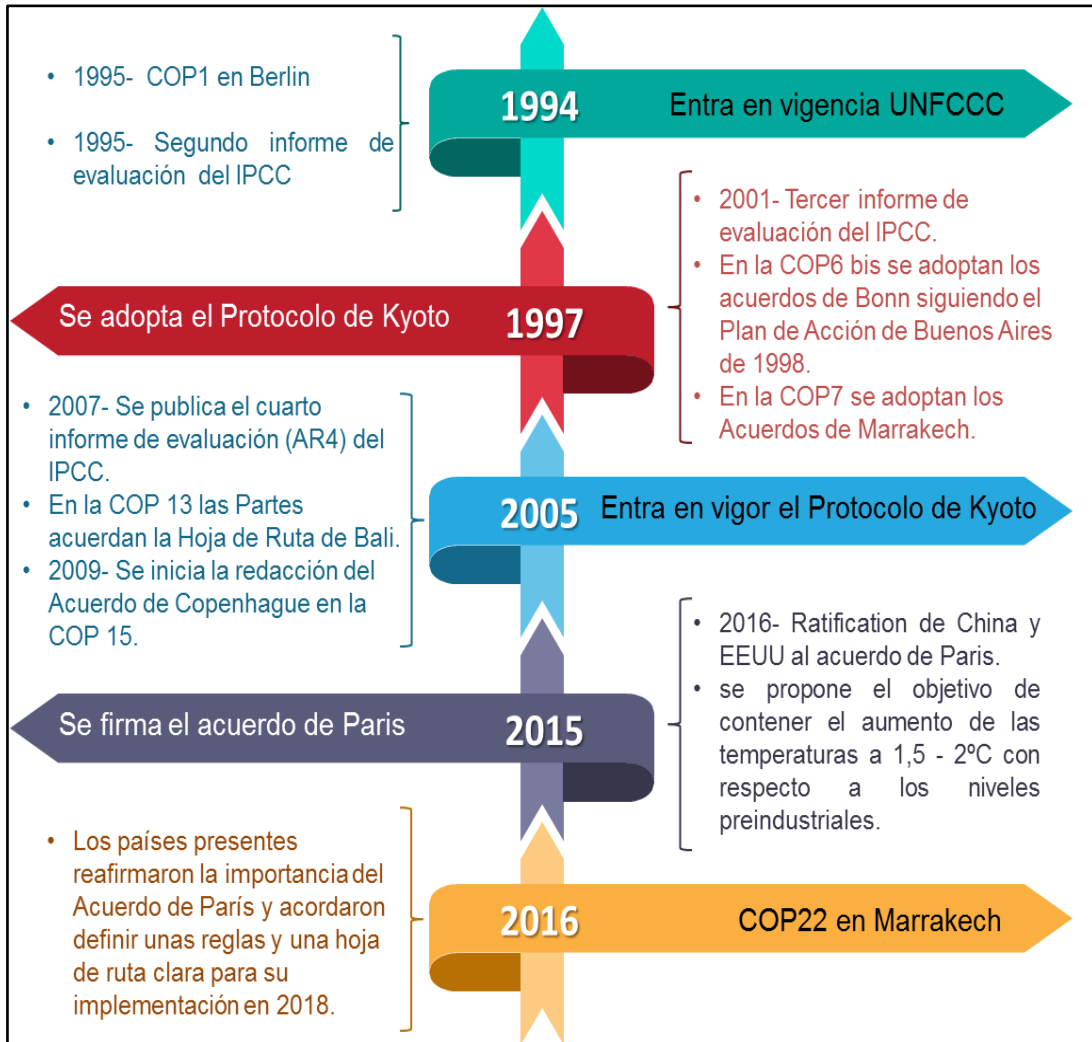
Es por ello por lo que la comunidad internacional ha adoptado en esta última década una aproximación radicalmente opuesta a la gobernanza climática. Frente a la imposición “de arriba abajo” de unos compromisos de mitigación (insuficientes) en el Protocolo de Kioto, hemos pasado a establecer un objetivo ambicioso, aunque difuso, de estabilización climática (por debajo de los 2°C sobre la temperatura media pre-industrial) para tratar de lograrlo a través de la suma “de abajo arriba” de acciones declaradas por los propios estados en el Acuerdo de París de 2015.

Los compromisos expresados son a toda luz insuficientes para alcanzar el objetivo de estabilización antes mencionado. Sin embargo, el éxito del acuerdo reside en la esperanza de que la ambición de los 195 países firmantes del acuerdo crezca en sucesivas rondas quinquenales de renovación de los compromisos de mitigación. La



Figura 2.1 resume los hitos más importantes de la colaboración internacional en la lucha contra el cambio climático.

**Figura 2. 1. Hitos relevantes dentro del desarrollo histórico de los acuerdos internacionales para hacer frente al cambio climático**

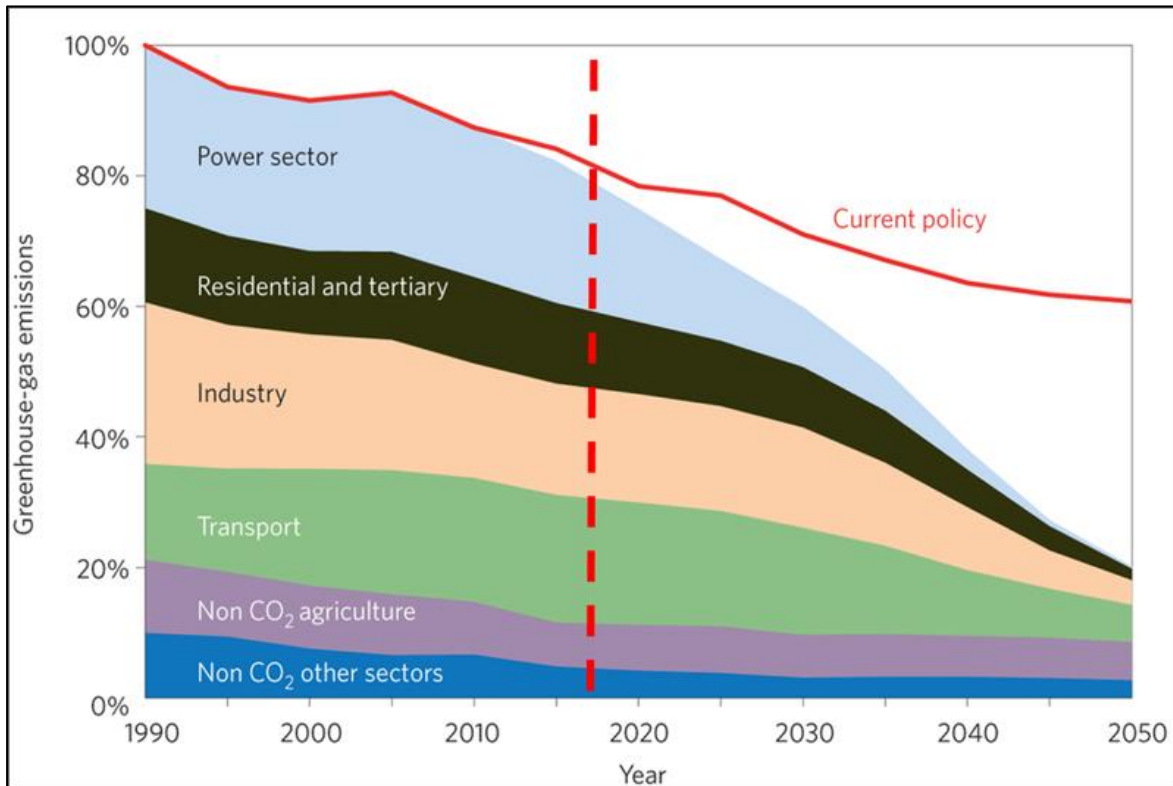


Elaboración propia, fuente: Club Español de la Energía (2014) y Andreucci, et al., (2017)

Amparado por el Acuerdo de París, el Consejo Europeo ha aprobado el objetivo de reducir las emisiones un 40% para el año 2030 respecto a las emisiones de 1990; incrementar la presencia de las renovables en el mix energético hasta situarlas no por debajo del 27% y mejorar la eficiencia energética en un 30%. Para el año 2050 el objetivo de la UE es el de reducir las emisiones de GEI entre un 80% y un 95% respecto a 1990.

Tal y como se puede apreciar en el Gráfico 2.2, en el caso de la Unión Europea (UE) dos de los sectores económicos que se enfrentan a mayores cambios en la transición hacia una economía baja en carbón son el sector del transporte y el sector eléctrico. La descarbonización del sector eléctrico pasa por una sustitución decidida de fuentes de energía de origen fósil por fuentes de energía renovables en el mix energético. En cuanto al sector del transporte, el objetivo es recortar las emisiones en un 60% para mediados de siglo a través de la eliminación de los automóviles de combustible convencional en las ciudades, una reducción del 40% de las emisiones del transporte marítimo y la consecución de que el 40% del combustible de aviación sea sostenible y de bajas emisiones de carbono (Comisión Europea, 2011).

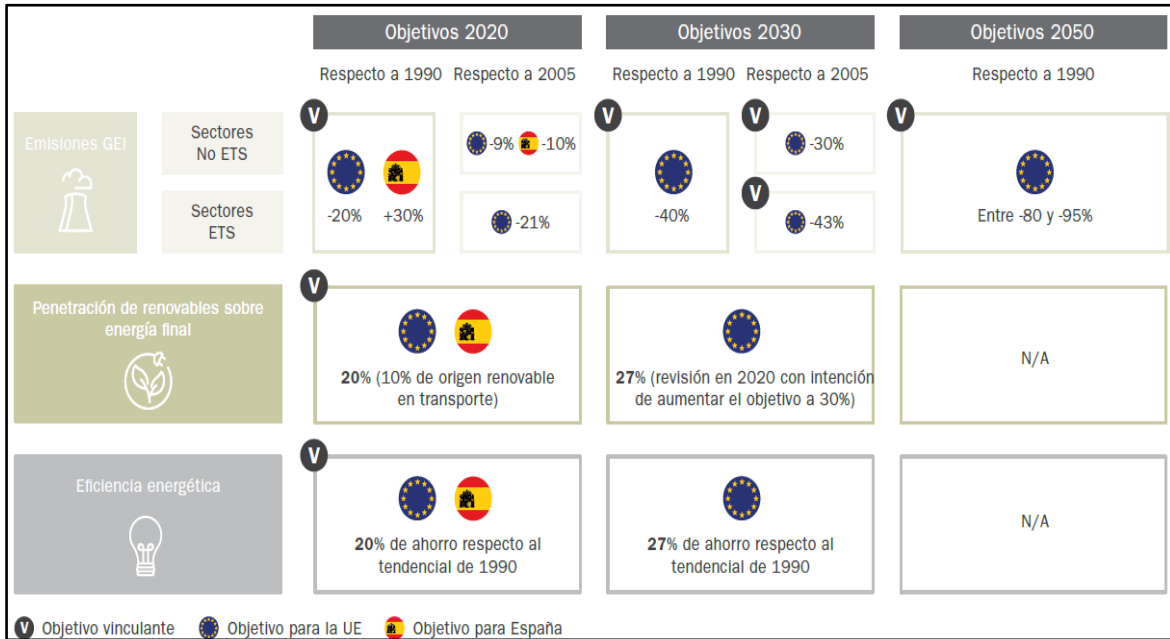
**Gráfico 2. 2. Objetivo de reducción de emisiones por sectores en la UE para el 2050**



Fuente: Comisión Europea. 2050 Low-Carbon Economy

En cuanto a la política climática española, ésta se encuentra perfectamente alineada con la política de la UE, enfocada principalmente en reducciones de emisiones GEI, el aumento de energías renovables y la eficiencia energética (véase Figura 2.2).

**Figura 2. 2. Objetivos estratégicos en la lucha contra el cambio climático para Europa y España.**

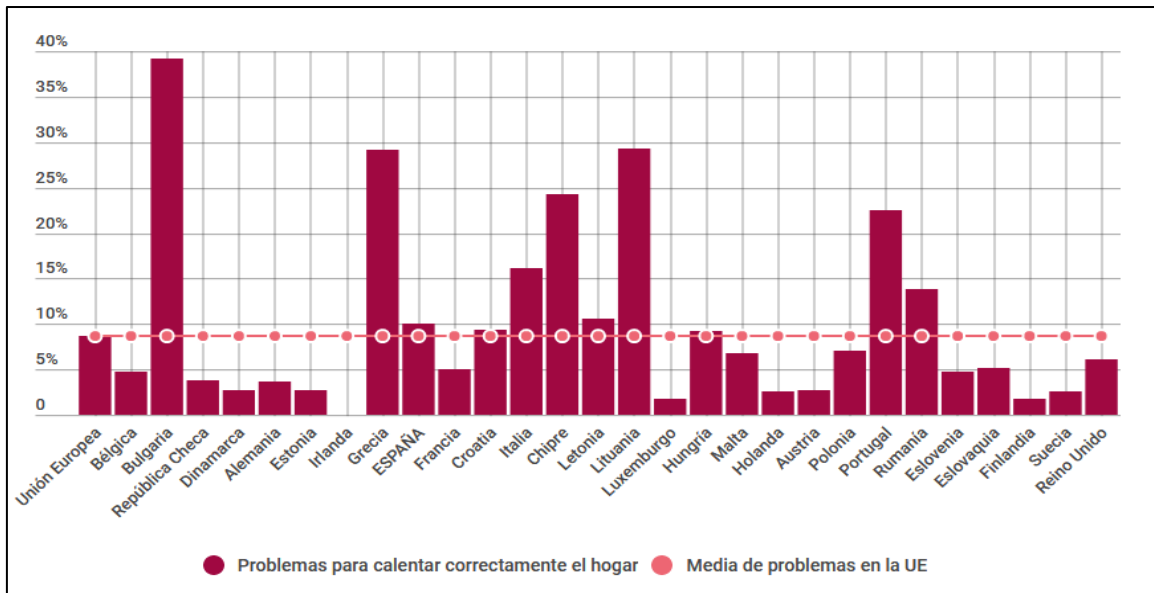


Fuente: Deloitte (2016)

A nivel de la CAPV, cabe mencionar que: (1), en el medio plazo, la Estrategia Energética de Euskadi 2030 prevé reducir el consumo de petróleo en 790.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep) en el año 2030, es decir, un 26% respecto al escenario tendencial, incidiendo el incremento de la eficiencia de los vehículos y la utilización de vehículos alternativos y (2), en el largo plazo, la Estrategia Klima 2050 aboga por el consumo cero de petróleo en el 2050, con las energías renovables como único suministro energético.

La transición energética requerirá de importantes transformaciones del tejido productivo generando oportunidades en sectores como el de la eficiencia energética, la electromovilidad o las energías renovables. Además, un sistema energético más limpio afectará positivamente a la calidad de vida y la salud de la ciudadanía, pues la quema de combustibles fósiles es una de las principales fuentes de emisión de contaminantes perjudiciales para la salud de las personas. Por otro lado, la transición energética permitirá a los consumidores gestionar mejor la demanda e incluso participar en la oferta de energía y, si la transición energética se diseña adecuadamente, podría suponer la oportunidad para aliviar la situación de pobreza energética que padece una de cada diez personas en España (véase el Gráfico 2.3).

**Gráfico 2. 3. Porcentaje de hogares con problemas para calentar correctamente en países de la UE**



Fuente: Datos de EU-SILC, Eurostat (2016).

Sin embargo, esta transición también presenta importantes retos para aquellas regiones, actividades económicas y sectores sociales que directa o indirectamente dependen de la producción y consumo de energía de origen fósil. En concreto, este proceso, destruirá empleos en los sectores de producción y distribución de energía fósil y en industrias con altas emisiones de GEI. Además, la transición a un sistema energético descarbonizado puede tener un impacto significativo en las cuentas públicas de los Estados y las regiones, en especial en la estructura y nivel de recaudación impositiva, pues un volumen importante de la recaudación está ligada al consumo de energías. Por ejemplo, en el año 2016, los impuestos sobre gasolinas y gasóleos (principalmente impuesto especial de hidrocarburos e IVA) supusieron a las arcas del estado español cerca de 19.000 millones de €, es decir, un 11% de la recaudación impositiva.

Para garantizar la aceptación y el éxito de la transición hacia una economía baja en carbono hace falta diseñar políticas que (1) sean capaces de prever los cambios, (2) permitan conducir el proceso de transición y (3) aporten las medidas de corrección de los impactos sociales no deseados. Para ello, como paso previo, es imprescindible realizar un análisis en profundidad de la exposición de la economía a los efectos de la transición energética.

### **3. EL ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN DE UNA ECONOMÍA A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

Para garantizar la aceptación y el éxito de la transición hacia una economía baja en carbono es necesario anticipar las consecuencias económicas y sociales que dicha transición puede acarrear, con el fin de diseñar políticas que permitan amortiguar y corregir los impactos no deseados de la descarbonización de la economía. En esta sección proponemos una serie de indicadores y aproximaciones metodológicas para realizar un análisis de la exposición de una economía regional a la transición energética.

Existe una rama emergente de la literatura sobre la gestión del cambio climático que se ha centrado en el concepto de “riesgo de carbono” (el riesgo financiero de las empresas asociadas con la transición hacia una economía baja en carbono) y el marco conceptual para su gestión (Thomä & Dupré, 2014). Sin embargo, no nos consta la existencia de estudios que formalicen cómo se podría evaluar la exposición de las economías regionales a la transición energética. En esta sección queremos hacer una modesta contribución en esa dirección.

Hemos visto en la sección anterior que la transición energética que van a experimentar la mayor parte de las economías del planeta va a suponer la sustitución de fuentes de energía fósil (petróleo, gas natural y carbón) por fuentes de energía renovables y que la transición va a suponer una serie de costes económicos y sociales en las economías locales que dependerán de la exposición de esas economías a dicha sustitución.

La vinculación de la actividad económica con los combustibles de origen fósil y, por tanto, la exposición de una economía a la transición energética, debería ser analizada tanto desde el lado de la oferta como desde el lado de la demanda. Desde el lado de la demanda, los combustibles fósiles son fuentes de una gran parte del consumo energético de las sociedades modernas además de materia prima para ciertos procesos industriales. En la UE, los combustibles fósiles representan alrededor de las tres cuartas partes del consumo total de energía. Es posible que la transición hacia una economía baja en carbono se produzca de una manera incompleta y fragmentada y que las políticas que regulen las emisiones de GEI se apliquen con cierto grado de asimetría. Esto significará que en aquellas economías/sectores que sean más intensivos en el uso de la energía y

tengan regulaciones más exigentes, los costes operativos de las actividades reguladas vean mermada su capacidad para competir en un mercado global y se enfrenten a un riesgo de “fuga de carbono”.

Desde el lado de la oferta, el grado de exposición que tiene una economía local dependerá de la especialización que pueda tener en la extracción de combustibles fósiles o en otras actividades a lo largo de la cadena de valor. Para determinar en qué punto de la cadena de valor del combustible fósil se encuentra determinada región, es necesario saber qué porcentaje de su industria y PIB proviene o depende de cada una de las etapas o fases de procesamiento, agrupadas generalmente en dos tipos de operaciones: “aguas arriba”, que va desde la exploración, perforación, y extracción hasta su llegada al proceso industrial en refinerías o plantas de tratamiento y “aguas abajo” donde se encuentran los procesos industriales para generar los derivados o productos finales y la etapa de comercialización como se presenta, para el caso del petróleo, en la Figura 3.1.

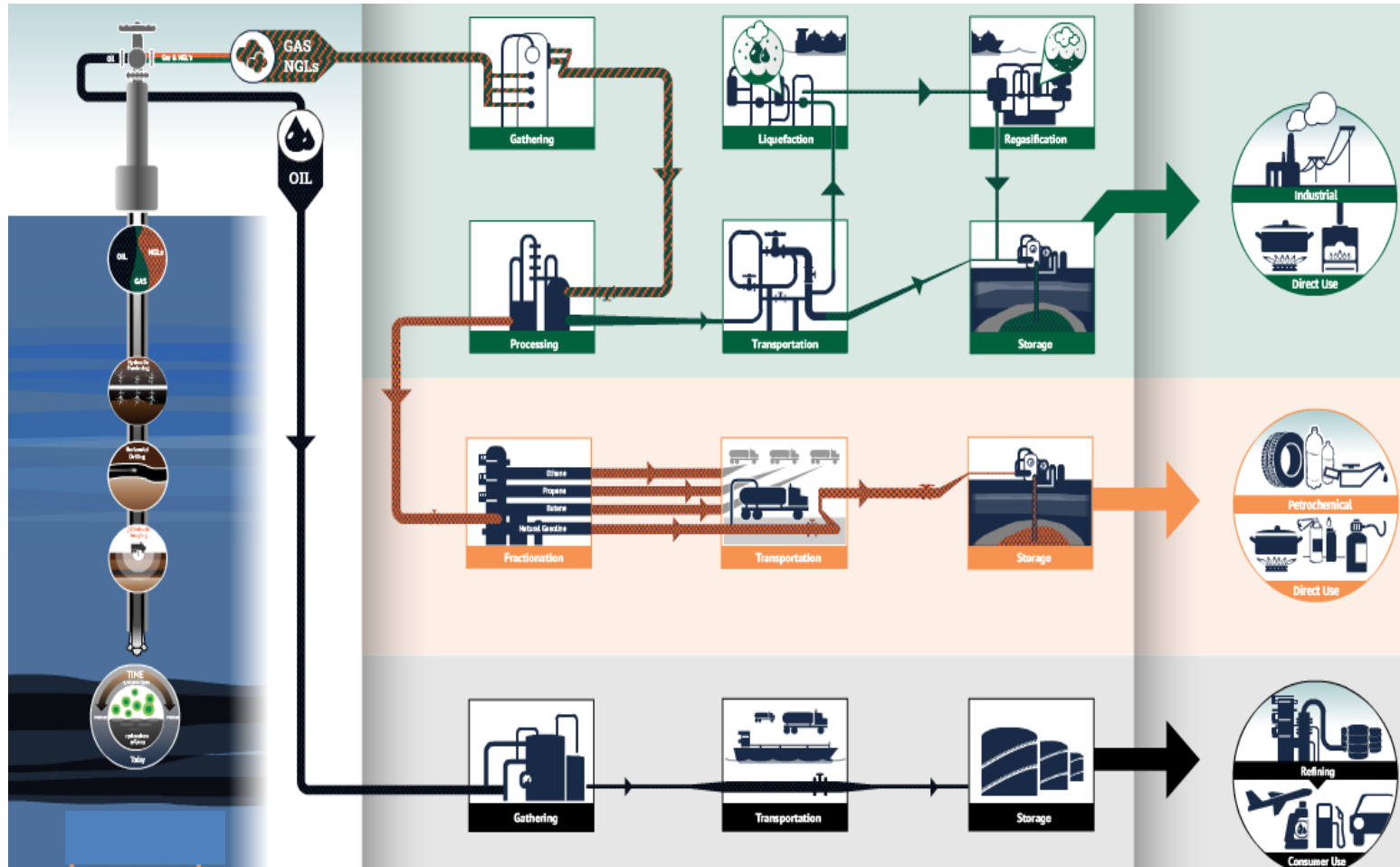
En base a las diferentes vías a través de las cuáles se puede materializar la exposición de una economía y sus diferentes sectores productivos a la transición energética, podemos distinguir tres grandes tipologías (no excluyentes) que requerirán diferentes métricas y métodos de evaluación de la exposición.

1. Tipo 1: Economías especializadas en la exploración, extracción y producción de combustibles de origen fósil.
2. Tipo 2: Economías especializadas en actividades de transformación y procesamiento de productos intermedios derivados de combustibles de origen fósil.
3. Tipo 3: Economías especializadas en actividades de producción que requiere un uso intensivo de energía.

En relación a las métricas que se podrían utilizar para evaluar el grado de exposición de una economía a la transición energética, consideramos que en el caso de las economías que se encuentran expuestas desde el lado de la oferta (los tipos 1 y 2) se podrían utilizar el valor añadido bruto (VAB), el nivel de empleo y la recaudación impositiva. En cuanto a la exposición desde el lado de la demanda (el tipo 3), el indicador sería el nivel de subvenciones requerido para hacer frente al riesgo de fuga de carbono de los sectores que hacen un uso intensivo de energía.

A continuación, describimos en detalle la metodología que se emplearía para obtener las medidas de exposición a la transición energética, tanto para el caso de la exposición desde el lado de la oferta como para el caso de la exposición desde el lado de la demanda.

Figura 3.1. Cadena de valor del Petróleo



Fuente: <https://www.alerian.com/education/energy-value-chain/>



### **3.1. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA OFERTA: EL MÉTODO DE LA EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA**

Desde el lado de la oferta, sabemos que la transición energética prevista en las economías desarrolladas va a suponer la desaparición paulatina de algunas actividades económicas, en concreto aquéllas que están relacionadas con la exploración, extracción y producción de combustibles fósiles, así como las relacionadas con la transformación y el procesamiento de productos intermedios derivados de estos combustibles. Para poder evaluar las consecuencias económicas de la desaparición de estas actividades e industrias se puede echar mano de la técnica conocida como de “extracción hipotética”, desarrollada por Paelink et al. (1965) y Miller (1966) con el objetivo de cuantificar cuánto se reduciría el producto de una economía si un sector en concreto desapareciera.

La cuantificación del método de extracción hipotética (MEH) se efectúa utilizando las tablas input-output de la economía. Para ello se “extraen” las filas y columnas de la industria que se pretende analizar haciéndolas igual a cero. Posteriormente, utilizando el modelo de demanda de Leontief, se calcula el vector de producción bruta que satisface la demanda final de la economía. La diferencia entre el vector de producción antes y después de la “extracción” indica la importancia del sector en relación a la economía en su totalidad. Por lo general, se espera que las grandes industrias o las industrias que están fuertemente interconectadas con la estructura de producción del país presenten mayores impactos económicos asociados a su “extracción”. Asimismo, la cuantificación en producción bruta o valor añadido se puede traducir a otros agregados macroeconómicos tales como el empleo o la recaudación tributaria haciendo uso de las cuentas de empleo e información específica del sistema tributario del país.

Este método también ha sido utilizado para cuantificar encadenamientos hacia atrás y hacia adelante (Dietzenbacher & Van Der Linden, 1997). En particular, el MEH se puede utilizar para analizar los efectos hacia atrás de la desaparición hipotética de un sector y que, por tanto, dejaría de comprar inputs intermedios a otros sectores. Para captar este efecto, en lugar de eliminar la fila y la columna se elimina únicamente la columna y tras ello se aplica el modelo de demanda de Leontief. Este último método es especialmente útil para analizar los efectos derivados de la hipotética desaparición de determinados sectores como consecuencia de la transición energética. Véase el Apéndice 1, donde se detalla la aplicación del MEH.

### **3.2. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA DEMANDA: LA MEDIDA DEL RIESGO DE LA FUGA DE CARBONO**

El carácter mundial del problema del cambio climático supone un reto importante para el diseño de las políticas de mitigación a nivel internacional. Tal y como hemos visto en la sección anterior, la cooperación internacional a partir del Acuerdo de París se está construyendo a través de la agregación de contribuciones individuales de los países “de abajo arriba” y esto supone que en la transición hacia una economía baja en carbono se producirán asimetrías importantes en cuanto a la ambición de las políticas de mitigación. En estas circunstancias, se puede producir situaciones a corto/medio plazo en las que los costes de operación de algunas empresas o industrias crecen en comparación con los costes de sus rivales que no están sujetos al mismo nivel de regulación, lo que podría conllevar a un desplazamiento de la actividad de estos sectores a ámbitos jurisdiccionales con regulaciones más laxas. Se ha mostrado (véase, por ejemplo, Fischer y Fox (2007, 2012), (Fowlie, et al., 2016) y Meunier et al. (2014)) que se puede evitar dicha “fuga de carbono” a través de una política de subvenciones/reembolsos basados en la producción. Por tanto, en esta sección trataremos de establecer la métrica de la exposición de una economía a la transición energética desde el lado de la demanda en base a los reembolsos necesarios para corregir el riesgo de “fuga de carbono”.

La metodología para identificar sectores en riesgo de “fuga de carbono” es muy similar para tres de los principales programas de control de emisiones de GEI a nivel internacional: el European Union’s Emission Trading Scheme (EU-ETS), el American Clean Energy and Security Act (ACES) y el Australia’s Carbon Pollution Reduction Scheme (CPRS)<sup>1</sup>. En todos ellos se procede en cuatro pasos: (1) se define un sector o un conjunto de actividades de producción para el que potencialmente existe riesgo de fuga de carbono, (2) se acuerda una métrica para cuantificar la intensidad de emisiones y la exposición al comercio internacional, (3) se establecen unos umbrales para cada métrica

---

<sup>1</sup> Se puede hallar información detallada de la identificación de los sectores en riesgo de fuga de carbono en estos programas en los siguientes enlaces: en el caso del EU-ETS en [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/allowances/leakage_en) , en el caso del ACES en [http://energycommerce.house.gov/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1633&catid=155&Itemid=55](http://energycommerce.house.gov/index.php?option=com_content&view=article&id=1633&catid=155&Itemid=55) , y en el caso del CPRS en <http://www.climatechange.gov.au/publications/cprs/white-paper/~media/publications/white-paper/V2012Chapter-pdf.ashx> .

que servirán para identificar a los sectores intensivos en emisiones y expuestos al comercio internacional, respectivamente, y (4) se determina si el sector está o no está expuesto a riesgo de fuga de carbono en base a la combinación de la identificación de la intensidad de emisiones y exposición al comercio internacional realizada en los dos pasos anteriores.

La definición de sectores en cada uno de los tres programas se hace en base a los sistemas de clasificación de la actividad industrial empleados en la jurisdicción correspondiente: el NACE para el EU-ETS, el NAICS para el ACES y un sistema de clasificación específicamente diseñado por el Gobierno Australiano para el CPRS.

En relación a la métrica de la intensidad de emisiones, el EU-ETS y el ACES tratan de estimar la proporción del valor de la producción que suponen los costes potenciales de cumplimiento con el programa, multiplicando las emisiones por un precio dado por permiso (30 €/tCO<sub>2</sub> en el EU-ETS y 20 \$/tCO<sub>2</sub>e en el ACES) y dividiéndolo entre el VAB. Así, ambos programas consideran que aquellos sectores para los que la ratio arriba indicada supera el 5% son sectores intensivos en emisiones. En el caso del CPRS, las emisiones se miden en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> y se dividen entre millones de dólares de valor añadido. Así, cuando las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por millón de dólares australianos supera el valor de 3.000 se considera que el sector es moderadamente intensivo en emisiones y si supera el valor de 6.000, entonces se considera que es altamente intensivo en emisiones.

En relación a la métrica de la exposición de la actividad al comercio internacional, existen varios documentos que describen las complicaciones para determinar la capacidad de los sectores para trasladar los costes de cumplimiento con los programas de reducción de emisiones (véase, por ejemplo, Carbon Trust (2004)). En concreto, se considera importante disponer de información sobre (1) la elasticidad precio de la demanda del producto, (2) el número de competidores, nivel de regulación y grado de participación del sector público en la actividad y (3) el ámbito geográfico de la competencia y, en concreto, las diferencias en política de mitigación. Dada la dificultad que entraña el disponer de toda esta información (en particular, la información relativa a las elasticidades precio de la demanda de los diferentes productos), las métricas propuestas por el EU-ETS, el ACES y el CPRS se han basado en variaciones sobre el peso del comercio internacional. Así, el EU-ETS y el ACES consideran que un sector es intensivo en comercio internacional si la

proporción de la suma de las importaciones y exportaciones sobre la suma del valor de la actividad más las importaciones supera el 10% y el 15%, respectivamente. El CPRS considera que un sector es intensivo en comercio internacional si la proporción de la suma de las importaciones y exportaciones sobre la producción interior supera el 10%.

Una vez se dispone de medidas para evaluar la intensidad de emisiones y la intensidad del comercio internacional, los diferentes programas proponen cómo combinar esta información para determinar si un sector está expuesto al riesgo de “fuga de carbono”. El EU-ETS determina que habrá riesgo de “fuga de carbono” si la intensidad de emisiones es superior al 5% y la ratio de comercio internacional es superior al 10%, o si la intensidad de emisiones es superior al 30%, o si la ratio de comercio internacional es superior al 30%. El ACES determina que habrá riesgo de “fuga de carbono” si la intensidad de emisiones es superior al 5% y la ratio de comercio internacional es superior al 15%, o si la intensidad de emisiones es superior al 20%. El CPRS considera que hay alto riesgo de “fuga de carbono” si la intensidad de emisiones es mayor que 6.000 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por millón de dólares australianos y la ratio de comercio internacional es superior al 10% y hay riesgo moderado de “fuga de carbono” si la intensidad de emisiones es mayor que 3.000 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por millón de dólares australianos y la ratio de comercio internacional es superior al 10%.

Una vez que se han identificado los sectores sujetos a riesgo de fuga de carbono, los responsables de los programas de mitigación de emisiones establecen subvenciones compensatorias en forma de permisos gratuitos. La determinación de dichos permisos se hace de manera diferente en cada uno de los programas, si bien por lo general, la compensación aumenta con la intensidad de las emisiones, la exposición al comercio internacional y el nivel de producción. Algunos artículos e informes critican la naturaleza ad-hoc de la forma de determinar estas compensaciones (Carbon Trust, 2010; Martin et al. 2014). Recientemente, Fowlie et al. (2016) y Reguant and Fowlie (2017) han explorado los fundamentos microeconómicos para un diseño óptimo de dichas compensaciones. A través de un modelo simplificado muestran que la subvención óptima es el producto del coste externo de una unidad de emisiones, la intensidad de las emisiones de las importaciones y la tasa a la que las importaciones de equilibrio cambian a medida que los niveles de producción interna cambian. La intuición que subyace a este resultado es la siguiente: la subvención internaliza una externalidad positiva asociada al fomento de la producción nacional, pues supone el desplazamiento de emisiones asociadas con la

producción extranjera. Así, el grado de efectividad de la subvención dependerá de la medida en que el subsidio conlleva un aumento de la producción (elasticidad precio de la demanda) y la tasa de transferencia de producción a través del mercado internacional. Fowlie et al. (2016) y Reguant and Fowlie (2017) muestran cómo se podría estimar empíricamente para la economía de Estados Unidos las elasticidades precio y las tasas de transferencia de producción para los sectores en riesgo de “fuga de carbono”.

## **4. LA EXPOSICIÓN DE LA ECONOMÍA VASCA A UNA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO**

### **4.1. LA ECONOMÍA VASCA**

La economía vasca es una de las regiones industriales maduras de Europa, donde aún hoy la industria representa el 24% del valor agregado total. A lo largo del siglo XX la economía vasca alcanzó grandes cotas de desarrollo gracias a las industrias del carbón y el acero. Sin embargo, durante los años setenta y ochenta, la economía experimentó una reconversión industrial, entrando las industrias pesadas en declive y forjando un nuevo perfil industrial basado en sectores de tecnología media-alta como la máquina-herramienta, el aeroespacial, los electrodomésticos, la electrónica y el energético. Estos sectores se han organizado alrededor de un gran número de pequeñas y medianas empresas y algunas grandes empresas, lo cual ha dado lugar a una profunda transformación del sector industrial vasco.

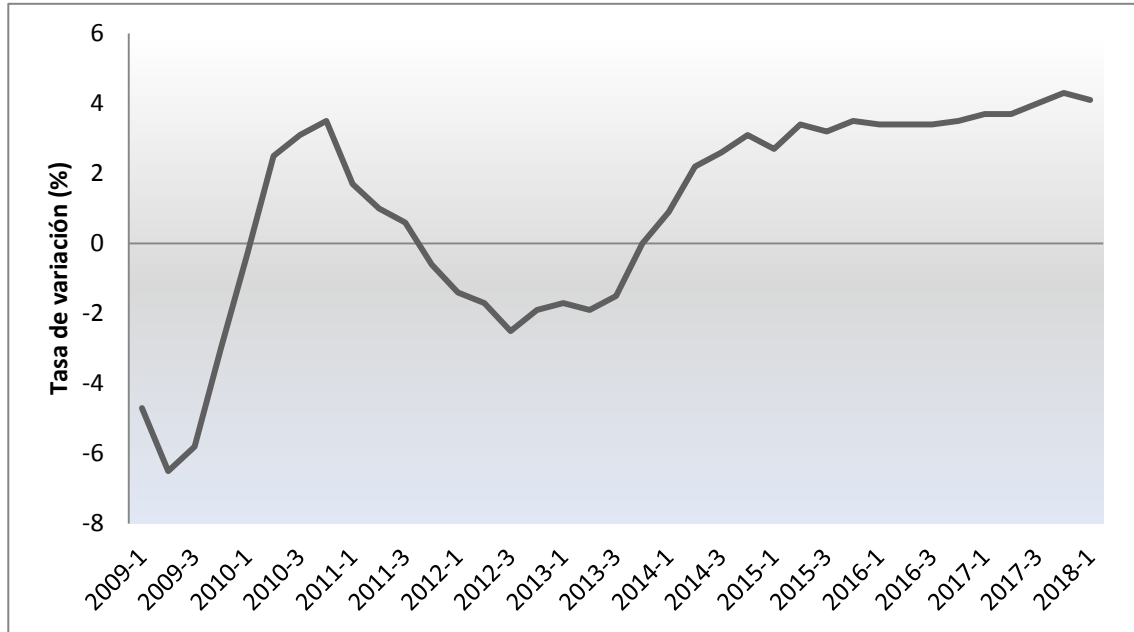
Al mismo tiempo, el sector de servicios, que representa alrededor del 69% del PIB regional, también ha experimentado una transformación sustancial, partiendo de la fortaleza tradicional del sector financiero y produciéndose importantes avances en los servicios avanzados para empresas y en el comercio y turismo.

Todo esto ha hecho que la economía vasca se sitúe entre las economías más prósperas de Europa. En 2017, el PIB per cápita de la CAPV se situó cerca del 23% por encima de la media de la Unión Europea de 28 miembros (UE-28) y, además, superó en un 14% la media de la UE-15. En términos de empleo, la tasa de desempleo en Euskadi en 2017 era del 11,1%, por encima de la media de la UE-28 que se sitúa en el 7,6%. Los Gráficos 4.1 y 4.2 muestran el crecimiento del PIB trimestral y la evolución de la tasa de desempleo de la economía vasca a partir de la crisis del 2008.

Asimismo, cabe mencionar que la economía vasca tiene una gran apertura al exterior. Así, las exportaciones de la región llegaron a la primera mitad del 2017 a 11.942 millones de euros y las importaciones de 9.398 millones de euros, teniendo como resultado una balanza comercial con saldo positivo y ocupando el quinto puesto de las Comunidades Autónomas de España en relación al nivel de exportaciones netas (EUSTAT, 2017). Sin

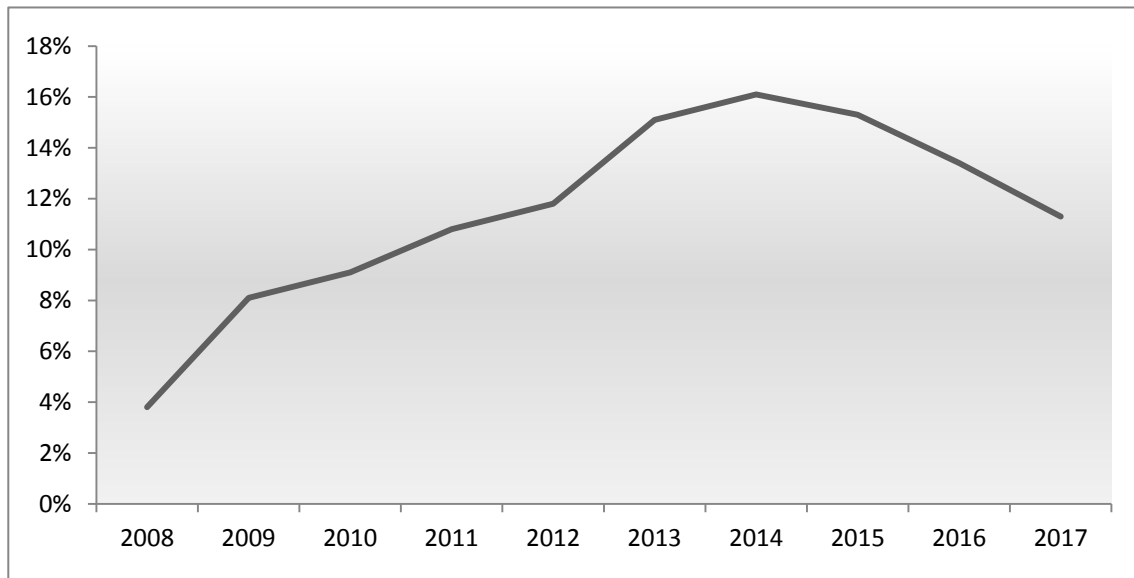
embargo, este grado de apertura hace que el tejido industrial de la economía vasca sea más vulnerable a shocks de demanda externa, algo que se evidencia en los picos que muestra la evolución del comercio exterior de la economía vasca en el Gráfico 4.3.

**Gráfico 4. 1. Tasa de Variación del PIB trimestral de la CAPV.**



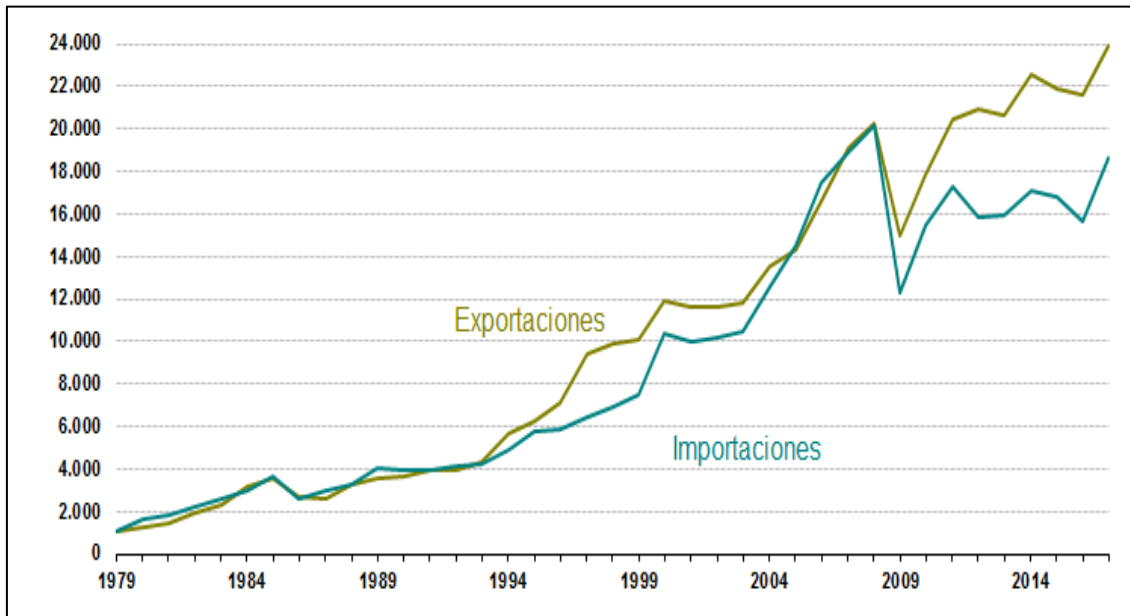
Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

**Gráfico 4. 2. Evolución de la tasa de paro de la CAPV.**



Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

**Gráfico 4. 3. Evolución del comercio exterior en la CAPV. (Precios corrientes en millones de euros)**



Fuente: EUSTAT. Estadísticas de comercio exterior (2018).

#### 4.2. LA ESTRATEGIA ENERGÉTICA VASCA

La capacidad de autogobierno de la CAPV nace en el contexto de la crisis económica y energética de los años 80, donde un sector industrial obsoleto del que depende una gran parte de la población se enfrenta a la necesidad de competir a nivel internacional. La economía de la CAPV depende totalmente del petróleo, carece de inversiones y es muy ineficiente. Es en este contexto de necesidad de reconversión industrial y energética en el que el Parlamento Vasco crea el Ente Vasco de la Energía (EVE) y comienza a fomentar la eficiencia energética en el sector industrial y el desarrollo de nuevas infraestructuras energéticas.

Para 1992 se aprueba la primera estrategia energética de Euskadi (Plan 3E-2000), donde se refuerzan las directrices básicas que habían orientado las actuaciones en materia energética hasta el momento: ahorro y eficiencia energética, diversificación y aprovechamiento de recursos renovables y autóctonos. La segunda estrategia energética (Plan 3E-2005) nace a partir de un mandato del Parlamento Vasco en el año 2000, que



insta al Gobierno a la revisión de la política energética para que tome en cuenta la política de la Unión Europea.

En 2006 se aprueba el Plan 3E-2010, a través del cual el Plan energético se integra en los principios directores de la política ambiental vasca reflejados en la Ley General de Protección del Medio Ambiente y de un modo más operativo en la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible 2002-2020 y el Programa Marco Ambiental 2002-2006 que la desarrolla. Así, el Plan 3E-2010 analiza la evolución de las emisiones y establece tres “criterios energéticos de desarrollo sostenible”, que son (1) la eficiencia energética con el objetivo de avanzar hacia la reducción del consumo de combustibles fósiles, (2) el aumento de la participación de las energías renovables y (3) el fomento del uso de energías menos contaminantes (EVE, 2005).

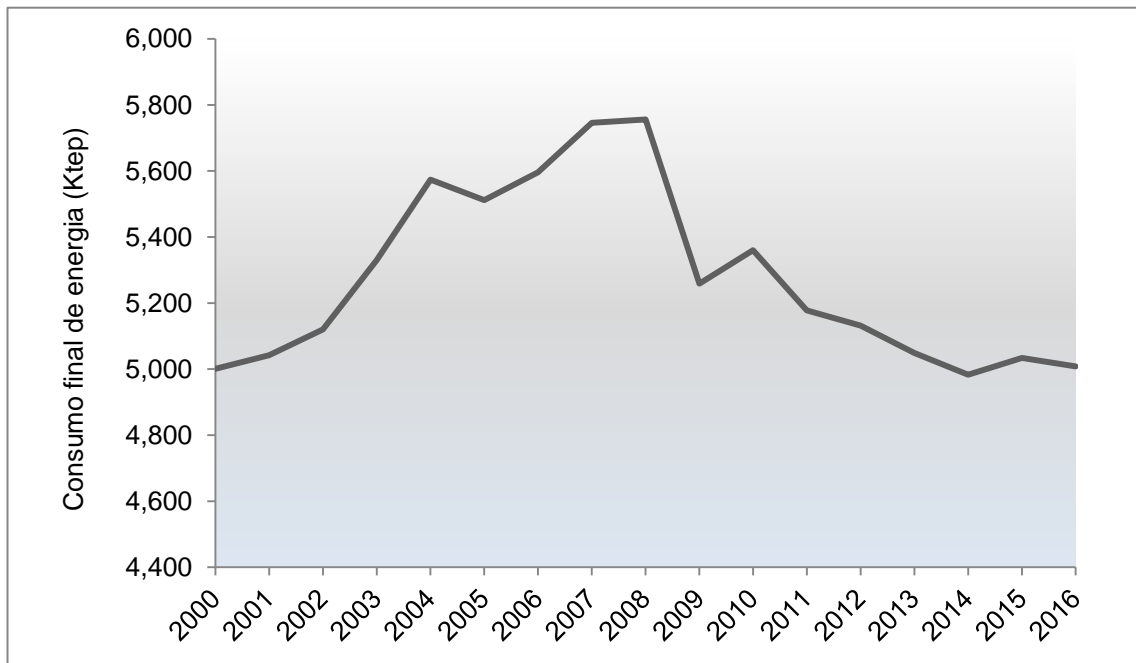
Los objetivos y retos de futuro de la política energética vasca vienen reflejados en la Estrategia Energética de Euskadi 2030, que persigue profundizar en la transición hacia un modelo energético más sostenible, competitivo, y bajo en carbono, para lo cual las energías renovables serán las protagonistas, con el gas natural como principal fuente de energía fósil de transición. La visión de la Estrategia Energética 2030 a largo plazo incorpora, por tanto, los objetivos de reducción de emisiones y fomento de renovables establecidos en la Estrategia Klima 2050, donde se tienen dos hitos que afectan directamente al sector del refino: el consumo cero de petróleo en el 2050 así como emisiones netas cero de GEI para finales de este siglo.

### **4.3. LA SITUACIÓN ENERGÉTICA DE LA ECONOMÍA VASCA**

Una de las prioridades de las actuaciones en materia energética en la CAPV ha sido la búsqueda del ahorro y la eficiencia energética. Esto explica que de 1980 a 2016 el consumo de energía final en la economía vasca sólo haya aumentado en un 16,24%, pasando de 4.308 a 5.008 miles de toneladas equivalentes de petróleo (Ktep) (véase Gráfico 4.4), mientras que en el mismo período el Producto Interior Bruto (PIB) real de la CAPV se ha incrementado en más de un 950 %, pasando de 6.747,78 a 70.857,30 millones de euros de 1980 a 2016. Esto supone que la intensidad energética (energía consumida por unidad de PIB) de la economía vasca ha mejorado sustancialmente, precisando un 88,93% menos energía para producir la misma cantidad de PIB.

En el Gráfico 4.4 se presenta la evolución del consumo energético final de la CAPV, entendido como toda la energía suministrada a la industria, transporte, viviendas, servicios y agricultura (excluye las entregas para el sector de transformación de la energía y las propias industrias de energía) desde el año 2000 donde con un consumo final de energía era de 5.001 Ktep, presentando los picos más altos de consumo en el año en que comienza la crisis (2008) con 5.756 Ktep, pero que luego desciende a valores cercanos a los que se muestran al inicio del gráfico, representando apenas una variación de 0,14% para este período.

**Gráfico 4. 4. Evolución del consumo final de energía de la CAPV. (Ktep)**

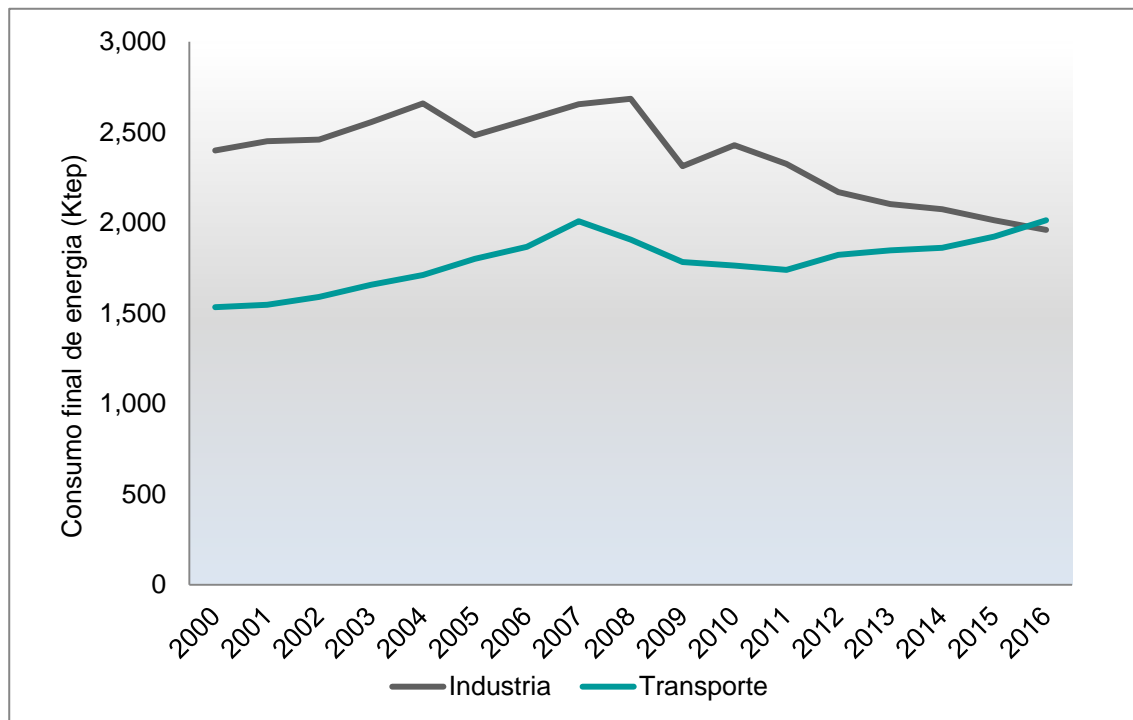


Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

En 2016 el 79,3% del consumo final de energía está representado por dos sectores: el sector industrial y el sector transporte. Así, el 39,1% del consumo final de energía de 2016 corresponde a un sector industrial cuyo consumo ha disminuido notablemente en el período 2000-2016, pasando de 2.399 Ktep en 2000 a 1.960 Ktep en 2016 (una reducción del 18,30%). Gran parte de esta reducción del consumo energético se puede explicar a través de la desaparición de la siderurgia integral vasca y el aumento de la eficiencia energética de los procesos industriales (IKEI Research & Consultancy, 2008). En contraposición tenemos el sector del transporte, que en 2016 era responsable del 40,2%

del consumo final de energía y que ha experimentado un aumento de 31,31% en el periodo 2000-2016, pasando de un consumo de 1.533 Ktep en el año 2000 a 2.013 Ktep en el año 2016. Este aumento del consumo energético en el sector transporte se debe fundamentalmente al incremento del transporte de personas y mercancías por carretera (véase Gráfico 4.5).

**Gráfico 4. 5. Evolución del consumo final de energía del sector industrial y del sector transporte de la CAPV. (Ktep)**



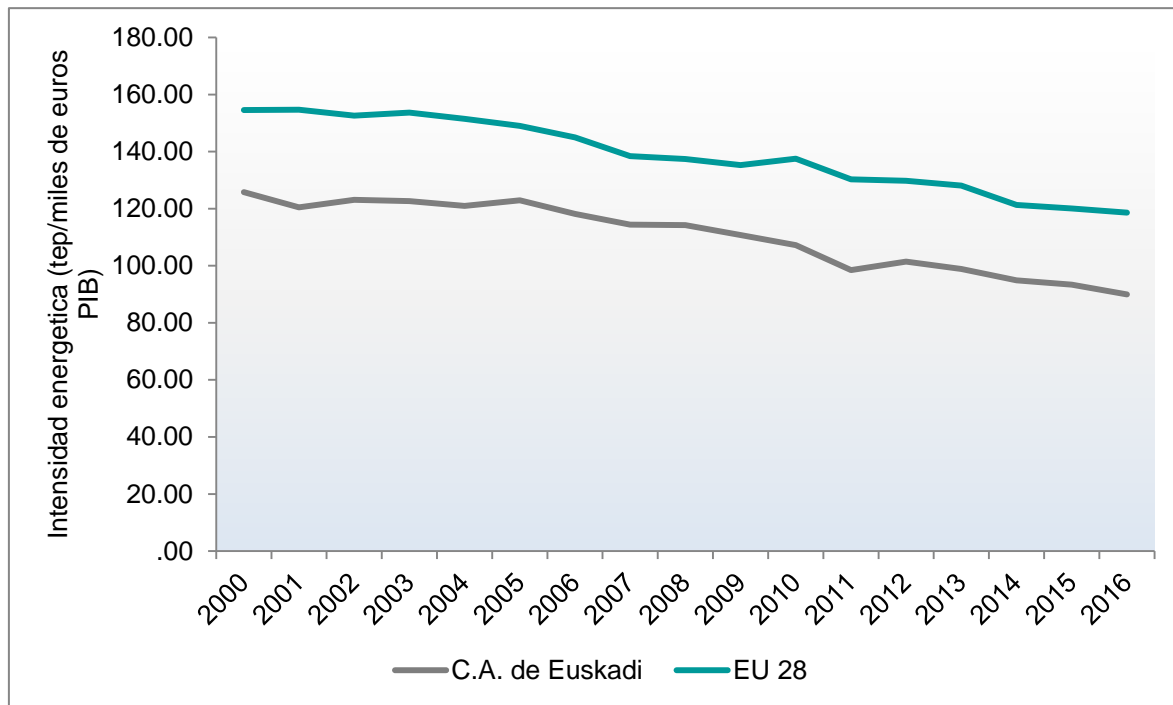
Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

Históricamente el crecimiento económico de las diferentes regiones del mundo ha venido acompañado de un mayor consumo energético. Sin embargo, muchas economías han desarrollado formas de desacoplar, al menos de manera relativa, el crecimiento económico del consumo energético. La intensidad energética, que se define como la cantidad de energía consumida por cada mil euros de PIB generado (EUSTAT, 2018), mide la eficiencia energética de una economía. En el caso de la economía vasca, en el año 2016 la intensidad energética fue de 89,96 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por cada mil euros de PIB, lo cual sitúa el nivel de eficiencia energética de la economía

vasca por encima del de la UE-28, donde se requieren 118,16 tep para producir mil euros de valor añadido.

La intensidad energética de la economía vasca ha disminuido de manera constante desde el año 2000 al año 2016, acumulando una disminución del 28,47%, tal y como se puede observar en el Gráfico 4.6.

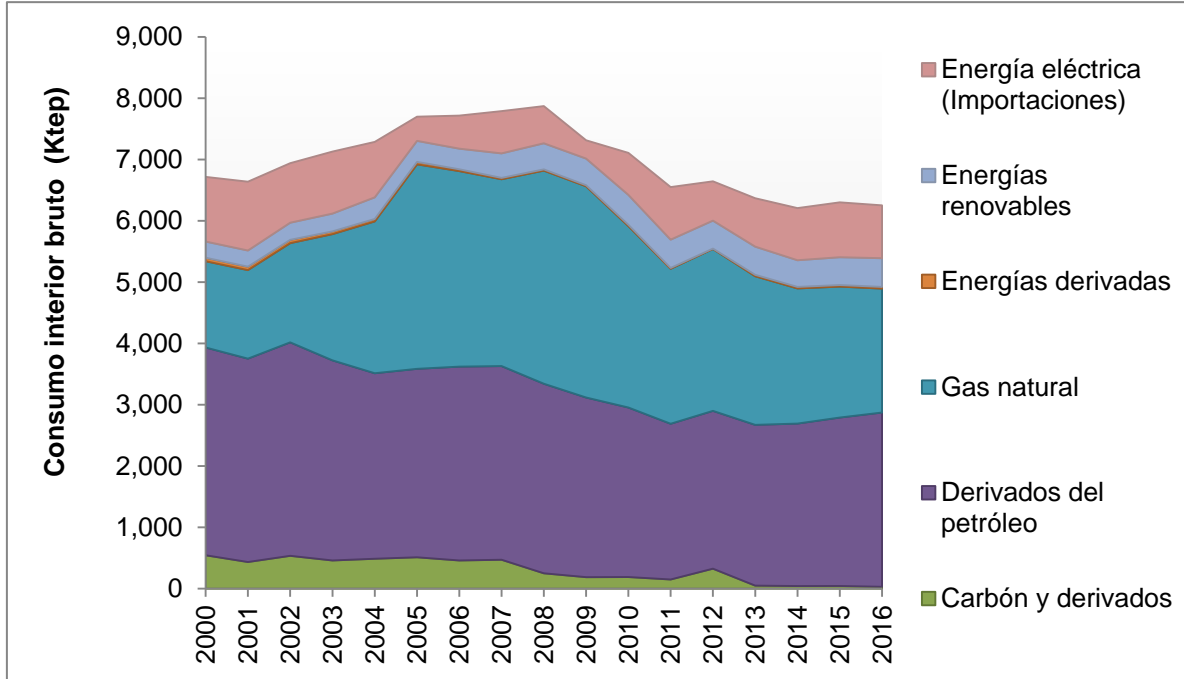
**Gráfico 4. 6. Evolución de la intensidad energética de la CAPV y la UE-28. (tep/ miles de euros PIB)**



Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

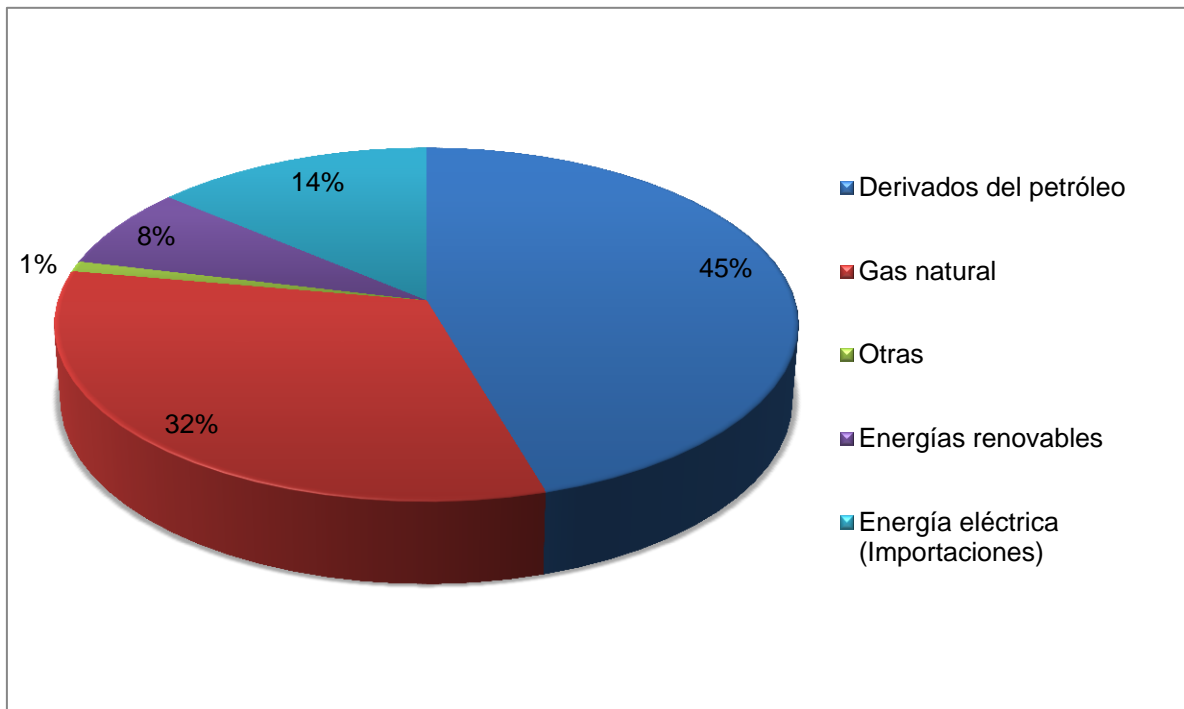
En cuanto a la composición del consumo energético de la economía vasca, cabe señalar que a lo largo de las últimas décadas el gas natural y las energías renovables han tomado mayor participación dentro del mix energético. El Gráfico 4.7 muestra la evolución del mix energético de la CAPV en el periodo 2000-2016, donde a pesar de que los derivados de petróleo siguen siendo la principal fuente de energía (véase el Gráfico 4.8), el consumo de éstos por parte de la CAPV experimenta una reducción de más del 5% a lo largo de esta década y media y se espera continúe en el futuro inmediato.

**Gráfico 4. 7. Reparto del consumo interior bruto en la CAPV por energías 2000-2016**



Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

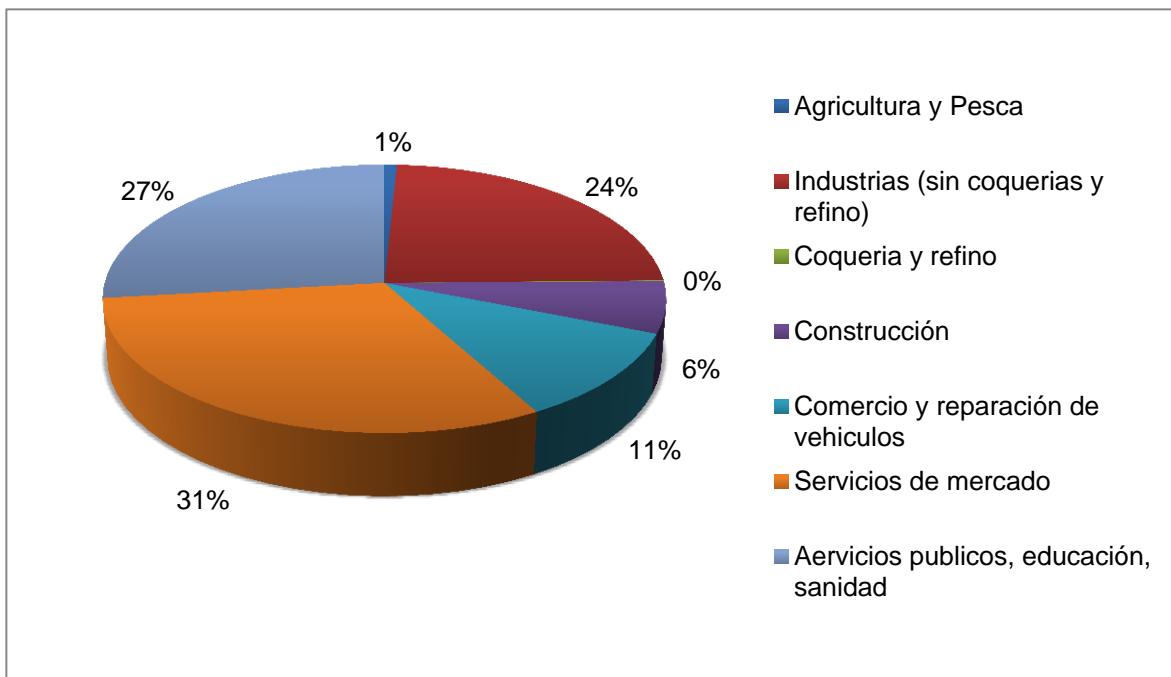
**Gráfico 4. 8. Consumo interior bruto en la CAPV por energías 2016**



Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

La economía vasca se ha transformado en los últimos años, con una mayor participación del sector terciario, manteniendo de esta misma forma una fuerte especialización industrial. Este protagonismo sectorial va desde la perspectiva de su aportación al VAB, sustentado principalmente en los sectores económicos de servicios en general, el sector de comercio y reparación de vehículos y, dentro del sector industrial, el sector de energía eléctrica, metalurgia, cauchos y plásticos, que son, como ya se ha descrito anteriormente, sectores con un alto consumo de energía (véase Gráfico 4.9).

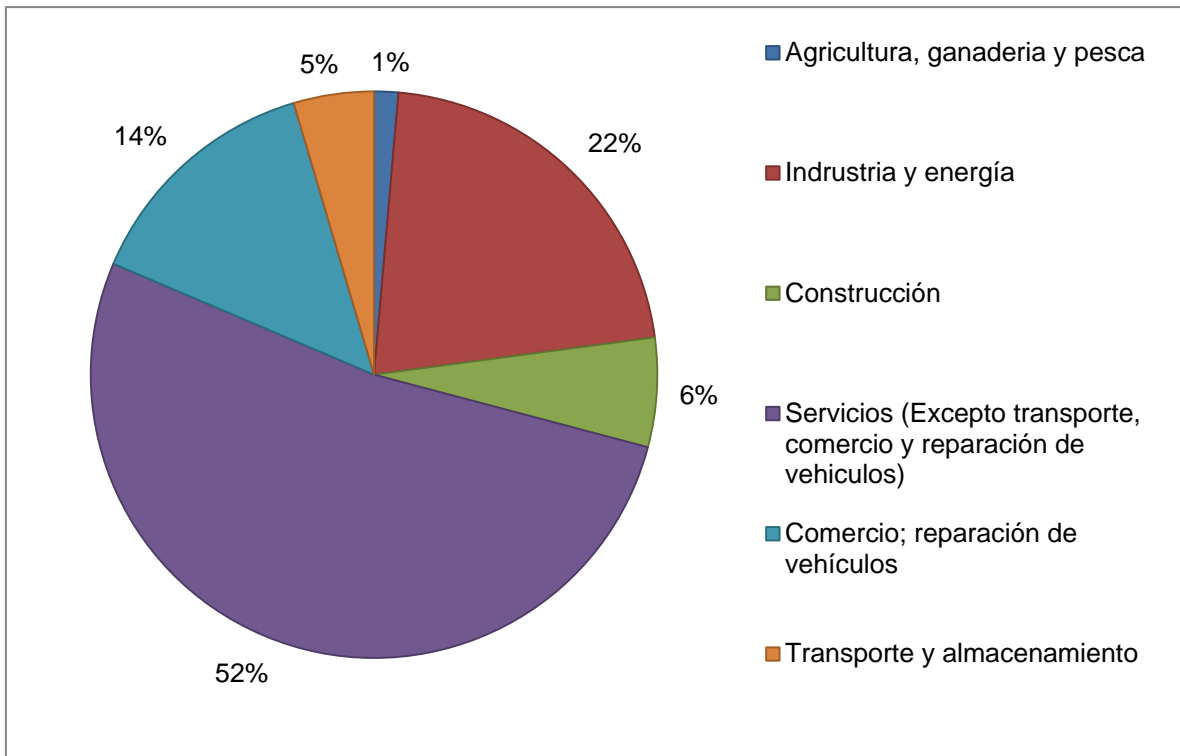
**Gráfico 4. 9. Distribución sectorial del del VAB en la CAPV (%). 2015**



Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

Una de las principales características del sector industrial de la CAPV es que cuenta con sectores altamente intensivos en el uso de energía, que generan gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono, pero al mismo tiempo tienen un gran aporte a su VAB y generan gran cantidad de empleos (véase Gráfico 4.10). Centrándonos en el sector industrial y más específicamente en el subsector de energía, cabe señalar que el aporte directo del sector de coquería y refino de petróleo al VAB en la CAPV es muy reducido (0,1%) en el 2015.

**Gráfico 4. 10. Porcentaje de puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo por sector de la CAPV 2015**



Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

#### 4.4. MIDIENDO EL GRADO DE EXPOSICIÓN DE LA ECONOMÍA VASCA A UNA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

La economía vasca está expuesta a la transición hacia una economía baja en carbono tanto desde el lado de la oferta como desde el lado de la demanda de energía. Desde el lado de la oferta cabe mencionar que la CAPV, al igual que el Estado Español, apenas tiene recursos fósiles. Sin embargo, la provincia de Bizkaia acoge la mayor refinería del Estado, Petronor, con una capacidad de 11 millones de toneladas anuales de hidrocarburos. Así, en el año 2016 la refinería de Petronor procesó un total de 71,1 millones de barriles de petróleo, con una aportación de 674 millones de euros a la Hacienda Foral de Bizkaia, equivalente a un 10% de la recaudación en este mismo año y una generación de 1.043 empleos directos (Petronor, 2016). En el contexto de la transición energética que se producirá en el medio/largo plazo, el sector del refino de

petróleo y gas se enfrenta a la desaparición, algo que definitivamente supondrá un desafío importante para la estabilidad económica de la CAPV.

Desde el lado de la demanda, la CAPV se enfrenta al reto de aplicar políticas climáticas tan ambiciosas como las que acabamos de describir en la sección anterior con la estructura económica de una región industrial madura que compite en mercados internacionales. Ya hemos argumentado que cuando se producen asimetrías a nivel internacional con respecto a la ambición de la política climática, aquellos sectores con gran consumo energético y/o más expuesto al comercio internacional, se enfrentan en el corto/medio plazo a un riesgo significativo de fuga de carbono que suele requerir un trato especial para mantener su competitividad.

Por tanto, y dado que la economía vasca presenta características de las economías tipo 2 y tipo 3 descritas anteriormente, en esta sección vamos a tratar de medir su grado de exposición a la transición energética utilizando las metodologías correspondientes a cada una de las tipologías.

#### **4.4.1. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN DE LA ECONOMIA VASCA A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA OFERTA: EL MÉTODO DE LA EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA.**

La importancia del sector energético y sus sub-sectores, como es el caso de la coquería y el refino del petróleo, no se puede entender exclusivamente por su aportación directa al VAB y el empleo, sino que viene determinada por sus interrelaciones con el resto de sectores productivos. En este sentido, el objetivo de este apartado es analizar la articulación del sector de la coquería y el refino del petróleo con el resto de sectores que comprenden la economía vasca.

Para la aplicación del MEH descrito en la sección anterior y el apéndice de este trabajo, haremos uso de las cuentas económicas y el marco input output de la CAPV, referentes al año 2015 y tomadas de la web del Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT, en Euskera). Específicamente los datos se corresponderán con la “Tabla simétrica de la C.A. de Euskadi (miles de euros) (SEC 2010. Base 2015) por origen geográfico, producto y componentes de valor añadido, período y rama y componentes de la demanda”, en la que la estructura económica de la CAPV se desglosa en 86 ramas de actividad.



La tabla simétrica se compone de tres matrices: (1) la matriz de transacciones intermedias con la información de las compras y ventas de mercancías y servicios realizadas entre las 86 ramas económicas de actividad, (2) la matriz de demanda final, que muestra las ventas de las 86 ramas de actividad a los componentes de la demanda final y (3) la matriz de inputs primarios, que refleja la compra de inputs de cada una de las ramas de actividad económica a los factores productivos primarios que son trabajo y capital.

La aplicación del MEH se hará bajo dos hipótesis diferentes. En primer lugar, se trabajará con la hipótesis de que únicamente se elimina la rama 16 “Coquerías y refino de petróleo”. En segundo lugar, se repetirá el análisis eliminando además de la rama 16 parte de la actividad 50 “Comercio al por menor”, en concreto la sub-rama de comercio al por menor de combustible para automoción, cuyo desglose se obtiene de las “Macromagnitudes de la C.A. de Euskadi (miles de euros) por grupo CNAE-09, periodo, territorio histórico y principales agregados”. Los resultados de la medición del peso relativo de esta sub-rama con respecto a la actividad 50 se muestran en la Tabla 4.1.

**Tabla 4. 1. Peso relativo de la sub rama comercio al por menor de combustible para automoción respecto al totalidad del comercio al por menor (2015).**

	<b>Comercio al por menor total (miles de euros)</b>	<b>Comercio al por menor de combustible para automoción</b>	<b>Peso relativo del combustible para la automoción</b>
Personal ocupado (número)	77742	1868	2,4028%
VA Bruto a coste de factores	2513227	86915	3,4583%
Costes de personal	1708229	56448	3,3045%
Excedente Bruto de Explotación	804998	30467	3,7847%
Dotaciones para amortizaciones	234811	7326	3,1200%
<b>Promedio total</b>			<b>3,2666%</b>

Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

Los resultados del modelo input output aplicado a la economía vasca, sin la extracción aún de este sector para el año 2015, refleja que la contribución del sector de coquerías y refino de petróleo al VAB de la CAPV asciende a un total de 379,212 millones de euros, lo que supone un 0,61% del VAB de la CAPV en el año 2015. El empleo directo generado por la propia rama, es de 1.051 empleos en el 2015, que comparando esta cifra con el total de la comunidad autónoma, representaría una contribución de este sector de un 0,10% (véase la Tabla 4.2).

**Tabla 4. 2. Contribución del sector coquería y refino en la CAPV al VAB (en miles de euros y %) y el empleo (número de empleados y %) 2015.**

	<b>Coquería y Refino</b>	<b>Total CAE</b>	<b>% Coquería y Refino</b>
<b>Empleo</b>	1.051	379.212	<b>0,10%</b>
<b>VAB (miles de euros)</b>	1.012.363	61.923.275	<b>0,61%</b>

Elaboración propia, fuente: EUSTAT (2018)

Los resultados de la extracción hipotética del sector 16 “Coquería y Refino” de las tablas input output de la economía vasca para el 2015, se pueden observar en la Tabla 4.3, donde la primera columna denominada “puestos de trabajo total” muestra el efecto que tendría sobre el empleo en cada una de las 86 ramas (incluida la actividad 16), la desaparición hipotética de este sector. El efecto, comparado con los valores observados en la Tabla 4.2, es mucho mayor, pasando de 1.051 empleos directos (0.10% respecto al total de empleos de la CAPV) a una reducción de 2.827 empleos (0,28% respecto al total de empleos de la CAPV). Al observar el sector desde las relaciones intersectoriales que tiene con todo el conjunto de la economía vasca, se obtiene que pueden experimentarse reducciones de más del doble de empleos. En la segunda columna la variable que se representa es el VAB en miles de euros, donde sólo el sector de coquerías y refino de petróleo representaba el 0,61% (véase la Tabla 4.2) y al momento de extraer esta rama de actividad económica, la economía en conjunto experimenta una pérdida de 538.285 millones de euros de VAB, lo que supone una reducción de un 0,87% del VAB de la CAPV. La Tabla 4.4 resume estos resultados.

**Tabla 4. 3. Resultados por ramas de actividad de las pérdidas que ocasionaría la extracción hipotética del sector 16 de coquería y refino a la CAPV en empleo, VAB e impuestos de producción.**

	<b>Puestos de trabajo. Total (Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
1. Agricultura, ganadería y caza	-2	-37	5
2. Silvicultura y explotación forestal	0	-24	1
3. Pesca y acuicultura	0	-6	0
4. Industrias extractivas	0	-42	-1
5. Industrias cárnicas	0	-20	0
6. Procesado de pescados	0	-14	0
7. Productos lácteos	0	-4	0
8. Panadería y molinería	-1	-19	0
9. Otras industrias alimentarias	0	-10	0
10. Bebidas	0	-27	0
11. Tabaco	0	0	0
12. Textil, confección, cuero y calzado	-2	-73	1
13. Industria de la madera y del corcho	-3	-99	0
14. Industria del papel	-3	-201	-3
15. Artes gráficas y reproducción	-11	-405	-3
16. Coquerías y refino de petróleo	-1.051	-379.212	-3.571
17. Productos químicos básicos	-8	-1.011	-3
18. Pinturas y otra química final	-6	-359	-4
19. Productos farmacéuticos	0	-11	0
20. Productos de caucho	-1	-60	0
21. Productos de plástico	-1	-69	1
22. Industria del vidrio	0	-8	0
23. Cemento. cal y yeso	0	-15	4
24. Otra industria no metálica	-2	-113	0
25. Siderurgia	-3	-139	0

Continúa

Tabla 4.3. continua

	<b>Puestos de trabajo. Total(Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
26. Producción de metales no férreos	0	-21	0
27. Fundición de metales	-3	-177	0
28. Construcción metálica	-29	-1.137	0
29. Forja y estampación de metales	0	-29	0
30. Ingeniería mecánica	-13	-605	7
31. Artículos metálicos	-6	-333	2
32. Prod. informáticos y electrónicos	-8	-395	30
33. Material y equipo eléctrico	-5	-273	7
34. Aparatos domésticos	0	-3	0
35. Maquinaria de uso general	-7	-429	4
36. Máquinas herramienta	-3	-186	4
37. Fabricación de vehículos de motor	-1	-95	0
38. Construcción naval	0	-21	-1
39. Otro material de transporte	-1	-46	1
40. Fabricación de muebles	-1	-41	0
41. Otras industrias manufactureras	-1	-51	1
42. Reparación e instalación	-134	-13.302	-6
43. Energía eléctrica	-35	-23.305	-1.522
44. Gas. vapor y aire acondicionado	-24	-12.401	-916
45. Suministro de agua	-17	-1.953	581
46. Saneamiento y gestión de residuos	-23	-1.732	139
47. Construcción	-74	-4.398	-71
48. Venta y reparación de vehículos	-16	-842	-11
49. Comercio al por mayor	-79	-6.442	-5
50 <sup>a</sup> . Resto del comercio al por menor	-1	-40	0
50. Cpm de comb. para la automoción	-37	-1.171	-7
51. Transporte por ferrocarril	-1	-88	3

Continua

Tabla 4.3. continua

	<b>Puestos de trabajo. Total (Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
52. Otro transp. terrestre de pasajeros	-4	-272	3
53. Otro transp. terrestre mercancías	-142	-9.679	-108
54. Transporte marítimo y fluvial	-54	-4.975	-13
55. Transporte aéreo	0	-62	1
56. Actividades anexas al transporte	-71	-7.072	-40
57. Actividades postales y de correos	-15	-695	59
58. Hostelería	-14	-683	1
59. Edición	-12	-1.059	20
60. Audiovisuales. cine. radio y tv	-4	-185	13
61. Telecomunicaciones	-16	-6.288	-154
62. Informática	-49	-2.994	67
63. Serv. financieros. excepto seguros	-124	-17.830	-958
64. Seguros	-14	-2.486	-25
65. Auxiliares financieros	-17	-1.384	4
66. Actividades inmobiliarias	-3	-3.347	-140
67. Activ. jurídicas y de contabilidad	-58	-3.807	-70
68. Serv. de arquitectura e ingeniería	-37	-2.408	61
69. Investigación y desarrollo	0	0	0
70. Publicidad y estudios de mercado	-14	-693	8
71. Otras activ. Profesionales	-35	-1.496	10
72. Actividades de alquiler	-16	-2.096	-175
73. Activ. relacionadas con el empleo	-22	-778	9
74. Agencias de viajes	-2	-76	4
75. Otras actividades auxiliares	-315	-8.643	190
76. Administración pública	-10	-442	-2
77. Educación	-77	-3.094	-2
78. Actividades sanitarias	-23	-1.603	-2
79. Servicios sociales	0	-5	0
80. Actividades culturales; juego	-2	-142	-11

Continua

Tabla 4.3. continua

	Puestos de trabajo. Total (Numero)	VAB (miles de euros)	Impuestos (miles de euros)
81. Activ. deportivas y recreativas	-29	-1.440	33
82. Actividades asociativas	-23	-768	10
83. Rep. ordenadores y otros artículos	-5	-188	0
84. Otros servicios personales	-3	-105	1
85. Actividades de los hogares	0	0	0
<b>Pérdida Total Extracción rama 16</b>	<b>-2.827</b>	<b>-538.286</b>	<b>-6.536</b>

Elaboración propia

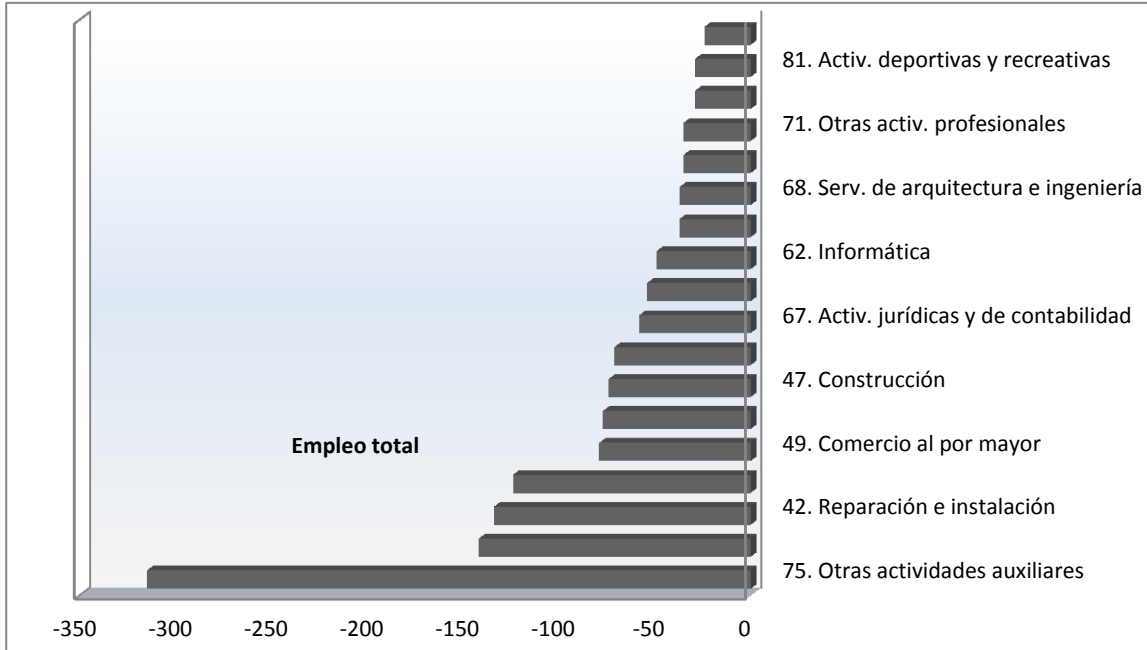
**Tabla 4. 4. Efectos directos e indirectos de la extracción del sector coquería y refino en la CAPV sobre el VAB (en miles de euros y %) y sobre el empleo (número de empleados y %) 2015.**

	Coquería y Refino	Total CAPV	% Coquería y Refino
<b>Empleo</b>	-2.827	1.012.363	-0,28%
<b>VAB (miles de euros)</b>	-538.286	61.923.275	-0,87%

Elaboración propia.

El Gráfico 4.11 presenta aquellas ramas de actividad que experimentan una mayor disminución en la variable empleo en respuesta a la extracción del sector de coquería y refino de petróleo. Puede observarse que el sector 75 “Otras actividades auxiliares” es el que experimenta una mayor pérdida de empleos, con una reducción de 315 puestos de trabajo, seguida por la actividad 53 “Otro transporte terrestre de mercancías” con una pérdida de 142 empleos, la actividad 42 “reparación e instalación” y la actividad 63 “Servicios financieros excepto seguros con pérdidas” de 134 y 124 puestos de trabajo, respectivamente.

**Gráfico 4. 11. Ramas de actividad económica que presentan una pérdida de más de 20 empleos directos, debido a la eliminación de la rama de coquería y refino de petróleo (16)**



Elaboración propia

El tercer indicador que se observa en la última columna de la Tabla 4.3 nos muestra la pérdida de ingresos que supone la extracción de este sector vía impuestos sobre la producción (impuestos que gravan el ejercicio de una actividad productiva independientemente de la cantidad de los bienes y servicios producidos). En el modelo input output el sector refino representa el 1,02% de los ingresos que se recaudan por esta vía. Sin embargo, al eliminarse este sector, la economía en su conjunto experimenta una disminución de este indicador de 1,86%, del orden de más de 6,5 millones de euros.

Nótese, sin embargo, que una de las actividades que se encuentra expuesta a un declive importante como consecuencia de la desaparición del sector del refino de petróleo es el comercio al por menor (50), debido a que una parte significativa de este sector recoge el comercio al por menor de combustible para automoción. Por tanto, decidimos dividir la actividad del sector en dos partes: 50a “comercio al por menor de combustible para automoción” y 50 “resto del comercio al por menor”, tal y como se muestra en la Tabla 4.1. Aplicando el mismo procedimiento anterior (HEM) para la extracción conjunta de las ramas 16 y 50<sup>a</sup>, obtenemos los resultados que se muestran a continuación.

**Tabla 4. 5. Resultados por ramas de actividad de las pérdidas que ocasionaría la extracción hipotética del sector 16 y el sector 50b a la CAPV en empleo. VAB e impuestos de producción.**

	<b>Puestos de trabajo. Total (Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
1. Agricultura. ganadería y caza	-4	-69	10
2. Silvicultura y explotación forestal	-1	-40	1
3. Pesca y acuicultura	0	-7	0
4. Industrias extractivas	-1	-55	-1
5. Industrias cárnicas	0	-36	0
6. Procesado de pescados	0	-17	0
7. Productos lácteos	0	-7	0
8. Panadería y molinería	-1	-48	0
9. Otras industrias alimentarias	0	-16	0
10. Bebidas	-1	-69	1
11. Tabaco	0	0	0
12. Textil, confección. cuero y calzado	-2	-77	1
13. Industria de la madera y del corcho	-3	-137	1
14. Industria del papel	-7	-474	-8
15. Artes gráficas y reproducción	-19	-707	-4
16. Coquerías y refino de petróleo	-1.051	-379.212	-3.571
17. Productos químicos básicos	-8	-1.024	-3
18. Pinturas y otra química final	-6	-389	-4
19. Productos farmacéuticos	0	-30	0
20. Productos de caucho	-1	-86	0
21. Productos de plástico	-2	-118	1
22. Industria del vidrio	0	-13	0
23. Cemento. cal y yeso	0	-23	6
24. Otra industria no metálica	-3	-146	0
25. Siderurgia	-3	-148	-1
26. Producción de metales no férreos	0	-23	0
27. Fundición de metales	-3	-187	0

Continúa



Tabla 4.5. continua

	<b>Puestos de trabajo. Total(Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
28. Construcción metálica	-30	-1.194	0
29. Forja y estampación de metales	-1	-33	0
30. Ingeniería mecánica	-13	-624	7
31. Artículos metálicos	-7	-375	3
32. Prod. informáticos y electrónicos	-10	-444	34
33. Material y equipo eléctrico	-6	-305	8
34. Aparatos domésticos	0	-5	0
35. Maquinaria de uso general	-7	-459	4
36. Máquinas herramienta	-3	-194	4
37. Fabricación de vehículos de motor	-1	-116	0
38. Construcción naval	-1	-22	-1
39. Otro material de transporte	-1	-59	1
40. Fabricación de muebles	-2	-70	0
41. Otras industrias manufactureras	-2	-66	1
42. Reparación e instalación	-141	-14.004	-6
43. Energía eléctrica	-39	-25.777	-1.684
44. Gas. vapor y aire acondicionado	-25	-12.558	-927
45. Suministro de agua	-18	-2.116	630
46. Saneamiento y gestión de residuos	-24	-1.848	148
47. Construcción	-96	-5.753	-93
48. Venta y reparación de vehículos	-22	-1.106	-15
49. Comercio al por mayor	-91	-7.487	-6
50. Resto del Comercio al por menor	-53	-1.686	-10
50a. Cpm de comb. para la automoción	-2.612	-82.343	-479
51. Transporte por ferrocarril	-1	-138	5
52. Otro transp. terrestre de pasajeros	-7	-412	5
53. Otro transp. terrestre mercancías	-161	-10.966	-123
54. Transporte marítimo y fluvial	-55	-4.989	-13

Continua

Tabla 4.5. continua

	<b>Puestos de trabajo. Total (Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
54. Transporte marítimo y fluvial	-55	-4.989	-13
55. Transporte aéreo	-1	-95	2
56. Actividades anexas al transporte	-79	-7.809	-45
57. Actividades postales y de correos	-22	-992	84
58. Hostelería	-17	-827	2
59. Edición	-14	-1.267	24
60. Audiovisuales, cine. radio y tv	-5	-218	16
61. Telecomunicaciones	-17	-6.681	-163
62. Informática	-55	-3.327	75
63. Serv financieros excepto seguros	-139	-19.922	-1.070
64. Seguros	-17	-2.853	-28
65. Auxiliares financieros	-21	-1.693	5
66. Actividades inmobiliarias	-11	-13.963	-585
67. Activ. jurídicas y de contabilidad	-96	-6.320	-116
68. Serv. de arquitectura e ingeniería	-43	-2.806	71
69. Investigación y desarrollo	0	0	0
70. Publicidad y estudios de mercado	-25	-1.223	13
71. Otras activ. Profesionales	-42	-1.808	13
72. Actividades de alquiler	-23	-3.058	-255
73. Activ. relacionadas con el empleo	-40	-1.435	18
74. Agencias de viajes	-3	-87	4
75. Otras actividades auxiliares	-446	-12.225	269
76. Administración pública	-16	-745	-3
77. Educación	-90	-3.635	-3
78. Actividades sanitarias	-33	-2.294	-3
79. Servicios sociales	0	-8	0
80. Actividades culturales; juego	-2	-155	-12
81. Activ. deportivas y recreativas	-31	-1.519	35
82. Actividades asociativas	-29	-970	13

Continua

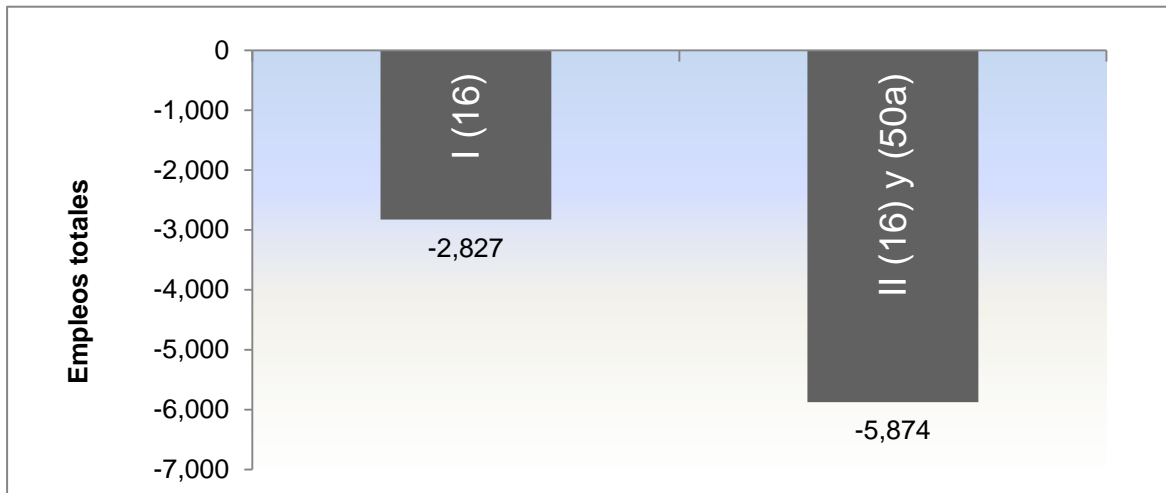
Tabla 4.5. continua

	<b>Puestos de trabajo. Total (Numero)</b>	<b>VAB (miles de euros)</b>	<b>Impuestos (miles de euros)</b>
83. Rep. ordenadores y otros artículos	-10	-348	-1
84. Otros servicios personales	-4	-136	2
85. Actividades de los hogares	0	0	0
<b>Pérdida Total Extracción rama 16 y 50<sup>a</sup></b>	<b>-5.874</b>	<b>-656.728</b>	<b>-7.717</b>

Elaboración propia

En la primera columna de la Tabla 4.5 se observa que el efecto de extraer conjuntamente los sectores 16 y 50a generaría una pérdida de 5.874 empleos, lo cual supone más del doble de lo que la extracción del sector 16 representaba (2.827 empleos). Es así como podemos ver el hecho de que los efectos indirectos, la interdependencia de unos sectores con otros de la economía, podría tener un impacto negativo sobre la CAPV mayor al esperado. Esta reducción en los puestos de trabajo representa un 0,58% respecto al número total de empleos de Euskadi (véase Gráfico 4.12).

**Gráfico 4. 12. Análisis comparativo de reducción de empleo que experimentaría la economía vasca (I) extracción del sector refino (16) y (II) Extracción del sector (16) y el subsector (50a)**



Elaboración propia

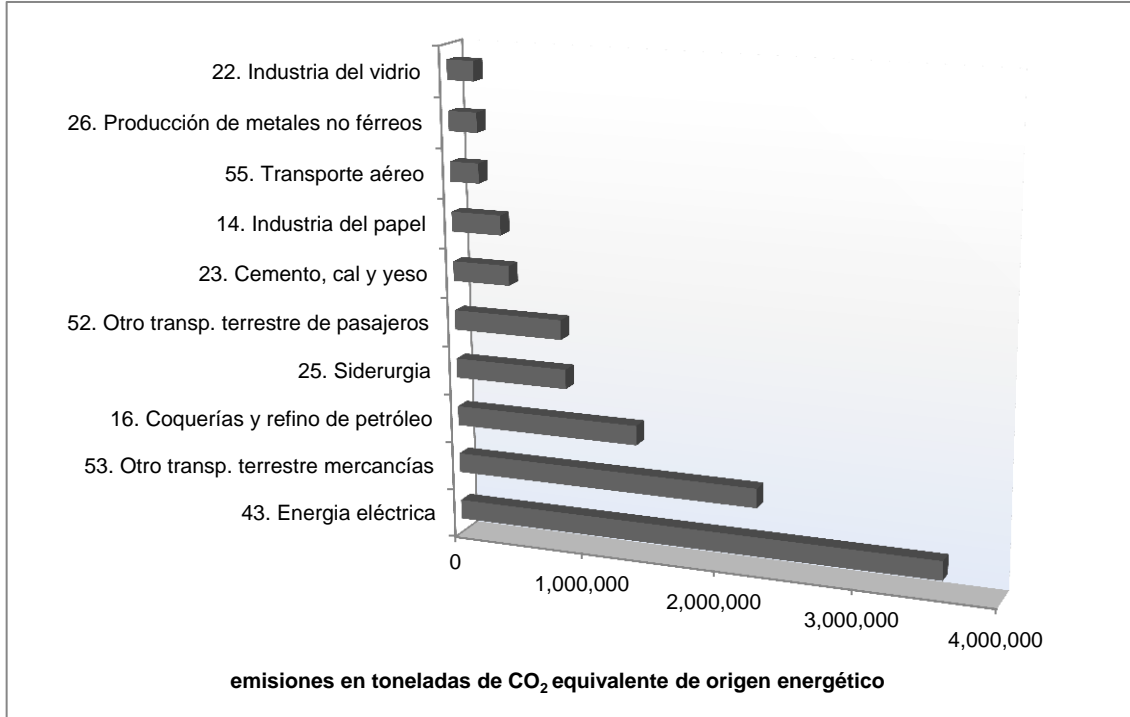
#### **4.4.2. MIDIENDO LA EXPOSICIÓN DE LA ECONOMIA VASCA A LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DESDE EL LADO DE LA DEMANDA: LA MEDIDA DEL RIESGO DE LA FUGA DE CARBONO**

Según el EU-ETS, la fuga de carbono puede producirse cuando, por motivos de costes derivados de las políticas climáticas, las empresas trasladan su producción a otros países con políticas energéticas menos estrictas, algo que es más probable que ocurra en determinadas industrias con gran consumo energético. Los sectores que, estando sujetos al mercado europeo de derechos de emisión, se consideran expuestos a un riesgo significativo de fuga de carbono reciben una cuota más alta de derechos de emisión gratuitos por parte de la UE para intentar mitigar este riesgo.

Uno de los indicadores que debemos analizar para determinar el riesgo de fuga por sectores de la economía vasca es la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por cada uno. Desafortunadamente, no hay datos oficiales sobre las emisiones generadas por la industria vasca a un nivel de desagregación sectorial similar al de la clasificación de las tablas input output. Sin embargo, el Instituto Vasco de Cambio Climático (BC3), en colaboración con el EVE, ha calculado dichas emisiones para el año 2012 y estos cálculos (que se recogen en un tabla en el Apéndice) servirán de base para el análisis de esta sección. En el Gráfico 4.13 se presentan los datos de aquellos sectores con mayores niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen energético, siendo los sectores con mayor cantidad de emisiones el sector de energía eléctrica (24,46% de las emisiones totales), seguido por el de transporte terrestre de mercancías (15,44%) y el de coquería y refino de petróleo (9,92%). La suma de todos estos sectores supone más del 70% de las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en el año de 2012 y constituyen más del 7% del VAB de la CAPV. Algunos de estos sectores estarán probablemente más expuestos desde el lado de la demanda a efectos no deseados de la transición energética.

Tal y como hemos detallado en la sección 3.2, según la directiva sobre el régimen de comercio de derechos de emisión (RCDE) (artículo 10 bis), habrá riesgo de fuga de carbono si la intensidad de emisiones (entendida como el peso del coste externo ambiental sobre el VAB) es superior al 5% y la ratio de comercio internacional con países no pertenecientes a la UE es superior al 10%, o si la intensidad de emisiones es superior al 30%, o si la ratio de comercio internacional es superior al 30%.

**Gráfico 4. 13. Sectores con mayor cantidad de emisiones en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente de origen energético registradas en la CAPV en el año 2012**



Elaboración propia, fuente: instituto vasco de cambio climático (BC3) (2018)

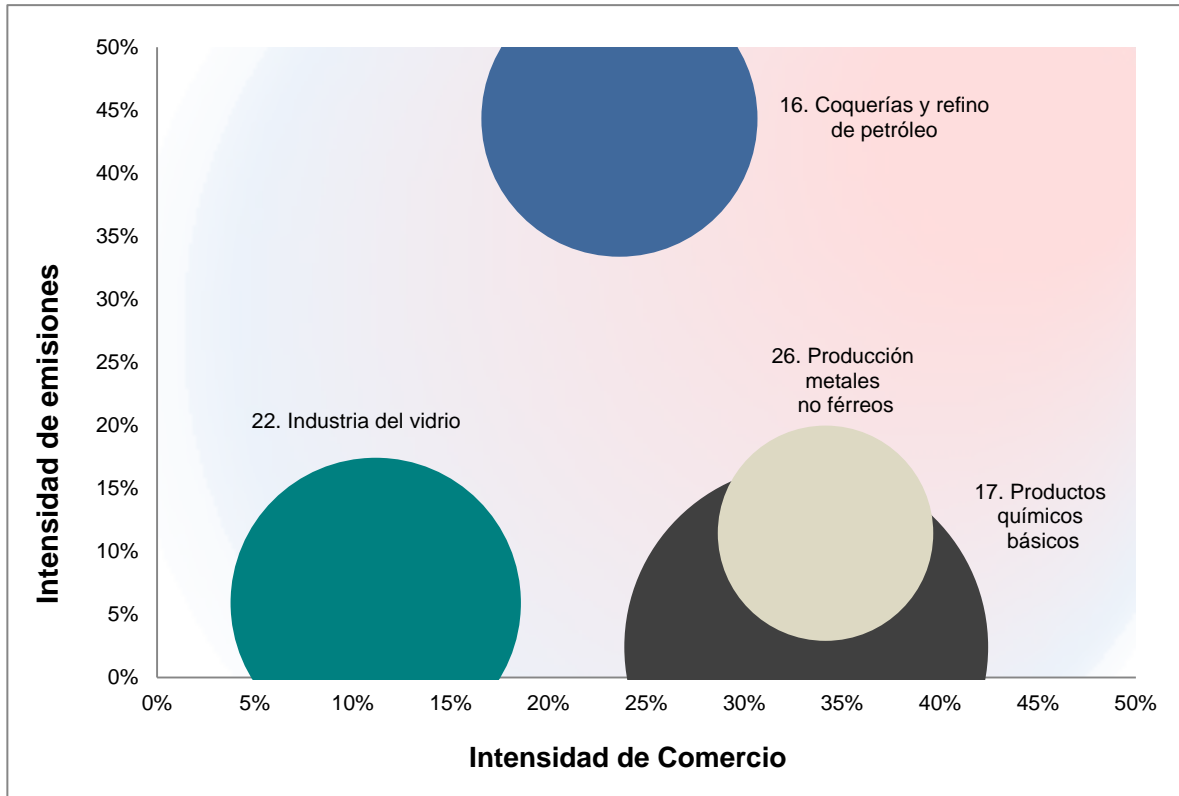
Una vez realizados los cálculos de la intensidad de emisiones (IE) y de la exposición al comercio internacional (IC) de los 86 sectores, y centrándonos en aquellos sectores que están sujetos al régimen de comercio de derechos de emisión, hallamos que los siguientes cuatro sectores: 16 “Coquerías y Refino de Petróleo”, 22 “Industria del vidrio”, 17 “Productos químicos básicos” y 26 “Producción de Metales No Férreos” son los sectores que en 2012 estaban expuestos a riesgo de fuga de carbono y, por tanto, requerirían de compensaciones en forma de permisos gratuitos. Los resultados para estos sectores se detallan en la Tabla 4.6 y el Gráfico 4.14. Véase que los sectores 43 “Energía eléctrica” y 23 “Cemento, cal y yeso”, a pesar del alto grado de intensidad energética (representado en el eje vertical) no están expuestos a riesgo de fuga de carbono debido a que presentan una intensidad comercial con países fuera de la Unión Europea menor al 10% y por ello no entran dentro de los criterios del EU-ETS. En el Gráfico 4.14 el tamaño de la burbuja representa el VAB de cada sector respecto al VAB total de la CAPV.

**Tabla 4. 6. Sectores expuestos al riesgo de fuga de carbono 2012 y su aporte en porcentaje al VAB de la CAPV**

Sector	Intensidad de emisiones	Intensidad de Comercio	%VAB
16. Coquerías y refino de petróleo	44,3282%	23,619%	0,15%
17. Productos químicos básicos	2,4127%	33,158%	0,27%
22. Industria del vidrio	5,9126%	11,168%	0,17%
26. Producción de metales no férreos	11,4397%	34,148%	0,09%

Elaboración propia, fuente: BC3 (2018) y EUSTAT (2018)

**Gráfico 4. 14. Sectores en riesgo de fuga de carbono. CAPV (2012)**



Elaboración propia

El desafío a la hora de diseñar una política de subvenciones para mitigar los riesgos de fuga de carbono es que ésta logre el equilibrio apropiado entre la reducción de emisiones locales de GEI y la protección de la posición competitiva de los sectores intensivos en emisiones, lo cual requiere conocimiento detallado de la estructura y dinámica de las industrias sujetas a la regulación, además de información acerca de los competidores. En realidad, las compensaciones a los diferentes sectores se calculan de manera *ad hoc*. No obstante, Fowlie et al. (2016) y Reguant y Fowlie (2017) aportan cierta luz sobre la forma de determinar las subvenciones que internalicen la externalidad positiva asociada al fomento de la producción nacional, pues supone el desplazamiento de emisiones asociadas con la producción extranjera. Aquí trataremos de ilustrar cómo se podría calcular el montante de dichas compensaciones. Sin embargo, si bien en el trabajo de Fowlie. et al. (2016) y Reguant y Fowlie (2017) se muestra cómo podrían estimarse empíricamente para la economía de Estados Unidos las elasticidades precio y las tasas de transferencia de producción para los sectores en riesgo de “fuga de carbono”, nosotros no disponemos de los datos suficientes para estimar dichas elasticidades para los diferentes sectores de la economía vasca. Por ello, en esta sección nos limitaremos a ilustrar numéricamente el cálculo de las compensaciones extrapolando las elasticidades estimadas para la economía estadounidense y suponiendo que las elasticidades para la economía vasca son de magnitud similar.

Así, la subvención óptima para hacer frente a ese riesgo de fuga de carbono de cada sector será igual al producto del coste externo de una unidad de emisiones, la intensidad de las emisiones de las importaciones y la tasa a la que las importaciones de equilibrio cambian a medida que los niveles de producción interna cambian (la tasa de transferencia del mercado), como se muestra en la siguiente ecuación.

$$S^* = C_E * IE^F * TR * VAB_{CAPV}$$

Dónde:

$S^*$  = Subvención óptima

$C_E$  = Coste externo de una unidad de emisión

$IE^F$  = Intensidad de emisiones de las importaciones

$TR$ = Tasa de transferencia de mercado (transfer rate)

$VAB_{CAPV}$ = VAB de la CAPV

Como se observa en la ecuación anterior, para el coste externo ( $C_E$ ) se utilizara el valor estándar de 30 euros por tonelada de dióxido de carbono ( $\text{€}/\text{tCO}_2$ ) que se emplea el EU-ETS para valorar monetariamente el coste externo de las emisiones de carbono.

La tasa de transferencia del mercado ( $TR$ ) representa la respuesta de la producción extranjera a una variación en la producción interior. Dado que la respuesta de la producción extranjera no se puede medir directamente, Fowlie et al. (2016) argumentan que la suma del cambio en las importaciones más las exportaciones se pueden interpretar como un límite superior al cambio en la producción extranjera y proponen calcular la tasa de transferencia del mercado a través de la siguiente expresión:

$$TR = \frac{M * (Elast.M) + X * (Elast.X)}{PT * (Elast.PT)}$$

Para poder realizar el cálculo de la tasa de transferencia de mercado, nosotros tomaremos las elasticidades precio de las importaciones, de las exportaciones y de la producción estimada por los trabajos arriba mencionados para la economía estadounidense.

Como último indicador para el cálculo de las subvenciones óptimas, se tiene la intensidad de emisiones de las importaciones ( $IE^F$ ). Una vez más, nos vemos forzados a adoptar un supuesto simplificador para poder calcular las subvenciones óptimas: supondremos que gran parte de las actividades que se trasladan fuera de Europa lo hacen a China o a países con intensidades de emisión similares a China. Así, en el cálculo de las subvenciones utilizaremos las intensidades de emisiones de los sectores en China para el año 2008 calculados por Lu y Price (2012).

Los resultados de la subvención óptima para hacer frente al riesgo de fuga de carbono de los cuatro sectores de la economía vasca, se presentan en la Tabla 4.7. En la segunda columna de dicha tabla los valores de la tasa de transferencia de mercado ( $TR$ ) se



calculan con las estimaciones del percentil 50 de las elasticidades precio de importaciones, exportaciones y producción para la economía estadounidense.

Para culminar el análisis de exposición de la economía vasca a la transición hacia una economía baja en carbono por el lado de la demanda, presentamos en la cuarta y quinta columnas de la Tabla 4.7 los resultados obtenidos del cálculo de las subvenciones óptimas (compensaciones) que serán necesarias para mitigar el riesgo de fuga de carbono. En los dos sectores sujetos a riesgo de fuga de carbono donde la tasa de transferencia de mercado presenta valores positivos, el sector de coquería y refino de petróleo y el sector del vidrio, la subvención óptima nos da un valor de 3,2 millones de euros ( 3,46% de VAB sectorial) y 386 mil euros (0,36% del VAB sectorial), respectivamente.

**Tabla 4. 7. Resultado de los calculos de las subvenciones optimas para hacer frente al riesgo de fuga de los sectores expuestos en la CAPV**

<b>Sector</b>	<b>TR</b>	<b>Emisiones de las importaciones (China)</b>	<b>Subvención óptima (miles de euros)</b>	<b>% VAB destinado a la subvención</b>
16. Coquerías y refino de petróleo	0,13	0,00087	3236,17	3,46%
17. Productos químicos básicos	-0,01	0,00094	-391,31	-0,24%
22. Industria del vidrio	0,03	0,00046	371,76	0,36%
26. Producción de metales no férreos	-0,05	0,00061	-560,23	-0,99%

Elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

La CAPV prevé reducir el consumo de petróleo en un 26% para el año 2030 y, siguiendo la Estrategia Klima 2050, aboga por el consumo cero de petróleo en el 2050, con las energías renovables como único suministro energético. Este proceso de transición hacia una economía baja en carbono requerirá de importantes transformaciones del tejido productivo vasco, generando oportunidades en sectores como el de la eficiencia energética, la electro-movilidad o las energías renovables. Sin embargo, en contrapartida también destruirá empleos en los sectores de producción y distribución de energía fósil y en industrias con altas emisiones de GEI. Además, puede tener un impacto significativo en las cuentas públicas, en especial en la estructura y nivel de recaudación impositiva.

Tal y como hemos argumentado a lo largo de este trabajo, para garantizar la aceptación y el éxito de la transición hacia una economía baja en carbono hace falta diseñar políticas que sean capaces de prever los cambios, que permitan conducir el proceso de transición y que aporten las medidas de corrección de los impactos sociales no deseados. Un ejemplo paradigmático de una reestructuración bien planificada, es la transformación industrial que experimentó el Bilbao Metropolitano en la década de los 70, donde se acompañaron una renovación urbana, una regeneración ambiental, un fortalecimiento de la identidad cultural y el desarrollo de un sector de alta tecnología que permitieron convertir el reto de la regeneración de la ciudad en una oportunidad para dar un salto cualitativo en calidad de vida y prosperidad (Kumar, et al.. 2016) .Ahora la economía vasca se enfrenta a un reto similar. Por ello es imprescindible realizar un análisis en profundidad de la exposición de la economía vasca a los efectos de la transición energética, algo que ha constituido el principal objetivo de este trabajo.

La economía vasca está expuesta a la transición hacia una economía baja en carbono tanto desde el lado de la oferta como desde el lado de la demanda de energía. Desde el lado de la oferta, la CAPV acoge la mayor refinería del Estado, Petronor, y previendo que su desaparición supondrá un desafío importante para la estabilidad económica de la CAPV, hemos tratado de medir la exposición de la economía vasca a dicha transformación aplicando el MEH. El resultado de nuestro análisis arroja un impacto moderado aunque no despreciable del 0,87% del VAB y 0,28 % del empleo si desapareciera el sector de coquería y refino de petróleo y un impacto mayor, que en el

caso del empleo se duplica, si además contemplamos la desaparición del comercio al por menor de venta de combustible para automoción. Obviamente, este resultado no se puede interpretar como la predicción de que la economía vasca va a sufrir indefectiblemente una reducción de su VAB y empleo en las tasas señaladas por el análisis como consecuencia de la transición a una economía baja en carbono. Es previsible que a lo largo de la transición energética se produzcan cambios importantes, tanto en el impulso de las energías renovables como en la electrificación de la demanda, que cambiarán la estructura de la economía y generarán nuevas oportunidades. Por tanto, nuestro análisis sólo sirve como punto de referencia para comprender el grado de exposición de la economía vasca a la desaparición de algunas actividades relacionadas con el procesamiento de combustibles fósiles al margen de las oportunidades que, por descontado, van a surgir a raíz de las políticas energéticas y ambientales que se van a impulsar en las próximas décadas.

Otra dimensión de la exposición de la economía vasca a la transición energética viene del lado de la demanda de energía. Tal y como se ha explicado, la política climática internacional se está construyendo “de abajo arriba” y eso significa que las diferentes regiones del planeta no regulan las emisiones de carbono con el mismo rigor. La CAPV, como parte de la economía europea, se encuentra en la vanguardia de las políticas climáticas y esto significa que su industria se enfrenta a políticas climáticas más exigentes que la mayoría de los países del planeta. Esta asimetría en las políticas energéticas a nivel internacional puede exponer a la industria vasca a una desventaja competitiva que se traducirá en lo que se ha dado en denominar “fuga de carbono”. Para poder evaluar la exposición de la economía vasca a este riesgo de fuga de carbono, hemos empleado la metodología del EU-ETS para determinar los sectores en riesgo de fuga de carbono y adoptado el análisis propuesto por Fowlie et al. (2016) y Reguant y Fowlie (2017) para calcular las subvenciones óptimas que permitirían “corregir” dicha fuga de carbono. Los resultados numéricos que hemos obtenido no son especialmente fiables, teniendo en cuenta que por falta de datos hemos tenido que tomar prestadas estimaciones de elasticidades precio de los sectores de la economía estadounidense. Sin embargo, sí podemos concluir que las características de estos sectores no son muy diferentes en la CAPV y Estados Unidos, algunos sectores como el vidrio y la coquería y el refino del petróleo se enfrentan también a un riesgo de fuga de carbono que requerirá de ayudas públicas que podrían llegar a ser del 3% del VAB generado por el sector.

## BIBLIOGRAFÍA

Arroyo. T. y otros. 2015. Carbon leakage in a fragmented climate regime: The dynamic response of global energy markets. *Technological Forecasting and Social Change*. Volumen 90. pp. 192-203.

Figueres. C. y otros. 2017. Three years to safeguard our climate. *Nature*. Volumen 546. pp. 593-595.

Mehrara. M.. 2007. Energy consumption and economic growth: The case of oil. *Energy Policy*.

Agencia Europea de Medio Ambiente. 2017. *La energía en Europa: situación actual*. s.l.: s.n.

Aldy. J. & Pizer. W.. 2015. The Competitiveness Impacts of Climate Change Mitigation Policies. *The national bureau of economic research*. Issue 17705.

Andreucci. D.. Buckland. H. & Arenas. D.. 2017. *La transición hacía una economía baja en carbono. una mirada sobre el sector financiero y el sector alimentario*. s.l.: Fundación Caja de Ingenieros.

Anon.. 2015. *Estrategia energética de Euskadi 2030*. Comunidad Autonoma de País Vasco: Departamento de desarrollo económico y competitividad.

Böhringer. C.. Fischer. C. & Rosendahl . K. E.. 2010. *The Global Effects of Subglobal Climate Policies* . s.l.: Statistics Norway. Research Department.

Club Español de la Energía. 2014. *El Sector energético español y su aportación a la sociedad*. s.l.: Endesa.

Comisión Europea. 2011. *Libro Blanco del Transporte: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Comisión Europea. 2018. *Eur-Lex Legislación Union Europea*. [En línea] Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2014/746/oj>

Consejo asesor para una transición ecológica de la economía. España.. 2018. *Propuesta de bases para una estrategia de transición energética. Hacia una economía descarbonizada 2030-2050..* s.l.: s.n.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2007. *Unidos por el clima.* s.l.: s.n.

Dietznbacher. E. & Lahr. M.. 2013. Expanding extractions. *Economic system research.* pp. 341-360.

Dietzenbacher . E. & Van Der Linden. J.. 1997. Sectoral and Spatial Linkages in the EC Production Structure. *Journal of Regional Science.* 37(2). pp. 235-257.

Dietz. S.. Bowen. A.. Dixon. C. & Gradwell. P.. 2016. Climate value at risk of global financial assets. *Nature Climate Change.* 6(10.1038). pp. 676-679.

EUROSTAT. 2018. <http://ec.europa.eu/eurostat>. [En línea].

Eustat. 2017. *Comercio exterior.* s.l.: s.n.

Eustat. 2017. *Proyecciones de población 2031.* s.l.: Instituto Vasco de estadística.

Eustat. 2018. <http://www.eustat.eus>. [En línea].

Fowlie. M.. Reguant. M. & Ryan. S.. 2016. *Measuring leakage risk.* s.l.: s.n.

Gobierno Vasco. 2018. <http://www.euskadi.eus/contenidos>. [En línea].

González. M.. 2009. Competitividad y fuga de carbono:el caso de la economía vasca. *Ekonomiaz.* 2(71). pp. 114-135.

Hassler. J.. Krusell. P.. Olovsson. C. & Reiter. M.. 2018. *Integrated Assessment in a Multi-region World with Multiple Energy Sources and Endogenous Technical Change.* [En línea] Available at: <https://www.sv.uio.no/esop/english/research/projects/conservation/events/conferences/hassler-john-integrated-assessment-in-a-multi-region-world-with-multiple-energy-sources-and-endogenous-technical-change.pdf>

[Último acceso: 12 07 2018].

Hidalgo García. M. d. M.. 2014. *Marco 2030 de la UE: Cambio climático y política energética*. s.l.: Instituto Español de Estudios Estratégicos.

IKEI Research & Consultancy. 2008. *El petróleo y la energía en la economía: Los efectos económicos del encarecimiento del petróleo en la economía vasca*. San Sebastian: Servicio central de publicaciones del gobierno vasco.

Institute for Public Policy Research. 2009. *The Future's Green: Jobs and the UK low-carbon transition*. s.l.: s.n.

IPCC. 2014. *Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas*. s.l.. s.n.

Kumar. S.. Americo. A. & Billingham. C.. 2016. *The new social contract: A Just Transition*. Bruselas: Foundation for European Progressive Studies.

Loftus. P.. Cohen. . A.. Long. J. & Jenkins. J.. 2015. A critical review of global decarbonization scenarios: what do they tell us about feasibility?. *WIREs Clim Change*. Volumen 6. pp. 93-112.

Lu . H. & Price. L.. 2012. *China's Industrial Carbon Dioxide Emissions in Manufacturing Subsectors and in Selected Provinces*. s.l.: China Energy Group. Energy Analysis and Environmental Impacts Department.

Madrid. C.. 2007. *Las Matemáticas del cambio climático*. s.l.: Universidad Complutense de Madrid.

Ministerio de Agricultura. Alimentación y Medio Am. 2016. *Cambio Climático: Informe de síntesis. Guía de resumida del quinto informe de evaluación del IPCC*. s.l.: s.n.

Newell. P. & Mulvaney. D.. 2013. The political economy of the 'just transition'. *The Geographical Journal*. 179(2). pp. 132-140.

Petronor. 2016. *2016 Informe Anual Petronor: Una nueva estrategia: Nace Petronor innovación* . s.l.: s.n.

Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. 1998. *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. [En línea]

Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Schuster. P., Schmitt. C. & Traub. S.. 2013. The retreat of the state from entrepreneurial activities: A convergence analysis for OECD countries. 1980–2007. *European Journal of Political Economy*.

Soytas. U. & Sari. R.. 2003. Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets. *Energy economics*.

Tarnoczi. T. J.. 2017. An assessment of carbon offset risk: a methodology to determine an offset risk adjustment factor. and considerations for offset procurement. Carbon Management. *Carbon Management*. 8:2(10.1080). pp. 143-153.

Thomä. J. & Dupré. S.. 2014. *2 Degrees investing initiative*. [En línea] Available at: [http://2degrees-investing.org/wp-content/uploads/2018/02/2ii\\_stress\\_testing\\_v0.pdf](http://2degrees-investing.org/wp-content/uploads/2018/02/2ii_stress_testing_v0.pdf)

[Último acceso: 07 2018].

Villanueva. A.. 1995. Los indicadores energéticos y su evolución en el País Vasco. en relación con los económicos. La influencia de una política energética vasca. *Ekonomiaz*. Issue 2.

## APÉNDICE

### A.1. MÉTODO DE EXTRACCIÓN HIPOTÉTICA

La metodología usada para medir el impacto que tendría sobre la economía la desaparición de una industria es el Método de Extracción Hipotética (MEH). Este método está basado en técnicas del análisis Input-Output (I-O) desarrollado por Leontief en los años 40 del pasado siglo. El elemento central del análisis I-O es la tabla I-O que representa, en términos monetarios, los flujos de bienes y servicios de todos los sectores que intervienen en una economía. Esta tabla tiene tres elementos principales:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & \dots & z_{nn} \end{bmatrix}, \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \mathbf{w}' = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

- Matriz de compras y ventas intermedias ( $\mathbf{Z}$ ): Es una matriz de dimensión  $n \times n$ , siendo  $n$  el número de industrias de la economía, cuyo elemento  $z_{ij}$  denota las compras realizadas por la industria  $j$ -ésimo del bien producido por la industria  $i$ -ésimo.
- Vector de demanda final ( $\mathbf{y}$ ): Es un vector dimensión  $n \times 1$  que representa la demanda fina total (consumo privado, consumo público, inversión y exportaciones) de la economía, cuyo elemento  $y_i$  denota la producción del sector  $i$ -ésimo destinada a satisfacer la demanda final.
- Vector de inputs primarios ( $\mathbf{w}$ ): Es un vector dimensión  $1 \times n$  que representa el uso de factores productivos primarios por cada uno de los sectores de la economía (i.e. salarios, cargas sociales de las empresas, excedente neto de explotación y consumo de capital fijo).

En las tablas I-O debe darse para cada sector una igualdad en la suma de las ventas totales y sus compras totales. Es decir,

$$\mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{y} = (\mathbf{u}'\mathbf{Z})' + \mathbf{w}' = \mathbf{x} \quad (1)$$



Siendo  $\mathbf{u}$  un vector columna de suma (i.e. de unos) de dimensión  $n \times 1$  y  $\mathbf{x}$  el vector de producción bruta de las  $n$  industrias.

Partiendo de la tabla I-O se define la matriz de coeficientes técnicos  $\mathbf{A} = \mathbf{Z}(\hat{\mathbf{x}})^{-1}$ , cuyo elemento  $a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$  representa la cantidad de inputs intermedios de la industria  $i$  que utiliza la industria  $j$  para producir una unidad de output. Utilizando esta matriz, tenemos que la expresión (1) se puede escribir de la siguiente forma:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y} \quad (2)$$

Operando en (2) tenemos que la demanda final se puede escribir como función de la matriz de coeficientes técnicos y el vector de output:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{y} \quad (3)$$

Donde en la ecuación (3)  $\mathbf{I}$  se refiere a la matriz identidad. La solución a la ecuación (3) viene dada por la siguiente expresión:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \quad (4)$$

Siendo  $\mathbf{L} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$  la matriz inversa de Leontief cuyo elemento  $l_{ij}$  denota la producción total de la industria  $i$  necesaria para satisfacer una unidad de demanda final de productos producidos por la industria  $j$ . La ecuación (4) es habitualmente utilizada para cuantificar los efectos que provoca una variación en una unidad en la demanda final de una industria determinada en la propia industria y en el resto industrias. La ecuación (4) puede ser también utilizada para analizar los efectos en términos valor añadido. Para ello, definimos el vector de coeficientes de valor añadido como  $\mathbf{v} = \mathbf{w}(\hat{\mathbf{x}})^{-1}$  de esta se pueden expresar el vector de inputs primarios añadido de la siguiente forma:

$$\mathbf{w} = \hat{\mathbf{v}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \quad (5)$$

De forma análoga, utilizando información de empleo por sector, la ecuación (5) se puede utilizar para analizar el efecto en el empleo.

Como ya se ha explicado en el texto principal, vamos a utilizar el MEH para analizar los efectos hacia atrás de la hipotética desaparición de un sector  $j$ . La aplicación del método es relativamente sencilla, y basta con reemplazar la columna  $j$  de la matriz de coeficientes técnicos por un vector de ceros. De esta forma obtendríamos una nueva matriz de coeficientes técnicos que denotaremos  $\bar{\mathbf{A}}$ . El output total de la economía tras la eliminación del sector  $j$  se calcularía de la siguiente forma:

$$\bar{\mathbf{x}} = (\mathbf{I} - \bar{\mathbf{A}})^{-1}\mathbf{y} \quad (6)$$

El cambio en el output debido a la desaparición del sector  $j$  se calcularía como la diferencia entre las expresiones (4) y (6), es decir:

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} - (\mathbf{I} - \bar{\mathbf{A}})^{-1}\mathbf{y} \quad (7)$$

La expresión (7) permite calcular, por ejemplo, en qué medida la hipotética desaparición de una industria afectaría a la producción de todos y cada uno de los sectores de la economía. En este caso, únicamente hemos extraído la columna  $j$ , de tal forma que la expresión (7) recoge la pérdida en la producción del sector eliminado ( $j$ ) y la pérdida en los sectores que suministran inputs intermedios al sector  $j$ .

De la misma forma se pueden calcular los efectos en términos de valor añadido y empleo.

**A.2. Emisiones en toneladas de CO2 equivalente de origen energético registradas en la CAPV en el año 2012 según la clasificación por sectores A86 (tablas IO de la CAPV).**

<b>Sectores (A86) Tablas Input Output CAPV</b>	<b>contribución por sectores %</b>	<b>Emisiones de CO2 de origen energético (toneladas de CO2)</b>
43. Energía eléctrica	20.20%	2.813.119
53. Otro transp. terrestre mercancías	16.31%	2.271.863
16. Coquerías y refino de petróleo	9.92%	1.381.015
25. Siderurgia	6.11%	850.417
52. Otro transp. terrestre de pasajeros	5.89%	820.449
23. Cemento. cal y yeso	3.10%	432.085
14. Industria del papel	2.71%	376.741
55. Transporte aéreo	1.58%	219.340
26. Producción de metales no férreos	1.56%	216.789
22. Industria del vidrio	1.46%	203.446
1. Agricultura. ganadería y caza	1.28%	178.186
17. Productos químicos básicos	0.94%	130.444
20. Productos de caucho	0.70%	97.191
27. Fundición de metales	0.64%	88.689
30. Ingeniería mecánica	0.60%	84.074
58. Hostelería	0.52%	72.716
37. Fabricación de vehículos de motor	0.47%	65.489
29. Forja y estampación de metales	0.47%	65.096
9. Otras industrias alimentarias	0.45%	63.240
12. Textil. confección. cuero y calzado	0.42%	58.344
3. Pesca y acuicultura	0.36%	50.809
24. Otra industria no metálica	0.34%	46.901
76. Administración pública	0.34%	46.659
18. Pinturas y otra química final	0.31%	43.700
35. Maquinaria de uso general	0.30%	42.452
31. Artículos metálicos	0.29%	40.370

49. Comercio al por mayor	0.23%	31.341
56. Actividades anexas al transporte	0.20%	28.029
50. Comercio al por menor	0.20%	27.915
8. Panadería y molinería	0.20%	27.596
28. Construcción metálica	0.17%	23.095
7. Productos lácteos	0.16%	22.326
39. Otro material de transporte	0.16%	21.813
21. Productos de plástico	0.13%	18.554
54. Transporte marítimo y fluvial	0.12%	17.086
44. Gas. vapor y aire acondicionado	0.12%	16.362
19. Productos farmacéuticos	0.12%	16.242
10. Bebidas	0.10%	13.907
67. Activ. jurídicas y de contabilidad	0.10%	13.774
32. Prod. informáticos y electrónicos	0.10%	13.397
36. Máquinas herramienta	0.09%	12.758
33. Material y equipo eléctrico	0.09%	12.752
4. Industrias extractivas	0.09%	12.454
48. Venta y reparación de vehículos	0.07%	10.166
84. Activ. deportivas y recreativas	0.07%	10.128
75. Otras actividades auxiliares	0.07%	9.658
68. Serv. de arquitectura e ingeniería	0.07%	9.589
46. Saneamiento y gestion de residuos	0.06%	8.529
34. Aparatos domésticos	0.06%	8.377
80. Actividades sanitarias no mercado	0.06%	8.349
77. Educación de mercado	0.05%	7.426
45. Suministro de agua	0.05%	6.841
72. Actividades de alquiler	0.04%	5.641
63. Serv. financieros. excepto seguros	0.04%	5.601
2. Silvicultura y explotación forestal	0.04%	5.261
13. Industria de la madera y del corcho	0.04%	5.206
40. Fabricación de muebles	0.04%	5.179
87. Otros servicios personales	0.04%	5.154
82. Servicios sociales no mercado	0.03%	4.824

79. Actividades sanitarias de mercado	0.03%	4.819
78. Educación no de mercado	0.03%	4.635
6. Procesado de pescados	0.03%	4.436
85. Actividades asociativas	0.03%	3.923
64. Seguros	0.03%	3.598
47. Construcción	0.02%	3.126
15. Artes gráficas y reproducción	0.02%	3.035
5. Industrias cárnicas	0.02%	2.962
61. Telecomunicaciones	0.02%	2.853
83. Actividades culturales; juego	0.02%	2.492
69. Investigación y desarrollo	0.02%	2.380
38. Construcción naval	0.02%	2.239
70. Publicidad y estudios de mercado	0.02%	2.153
81. Servicios sociales de mercado	0.02%	2.145
66. Actividades inmobiliarias	0.01%	1.888
86. Rep. ordenadores y otros artículos	0.01%	1.498
74. Agencias de viajes	0.01%	1.453
41. Otras industrias manufactureras	0.01%	1.303
62. Informática	0.01%	1.048
73. Activ. relacionadas con el empleo	0.01%	852
71. Otras activ. profesionales	0.01%	851
42. Reparación e instalación	0.01%	801
57. Actividades postales y de correos	0.00%	588
60. Audiovisuales. cine. radio y tv	0.00%	557
65. Auxiliares financieros	0.00%	211
59. Edición	0.00%	99
11. Tabaco	0.00%	0
51. Transporte por ferrocarril	0.00%	0
88. Actividades de los hogares Residencial	19.14%	2.665.113
<b>Total</b>		<b>13.926.012</b>

Fuente: Instituto vasco de cambio climático (BC3). 2018