



**IIT**  
**INSTITUTO DE**  
**INVESTIGACIÓN**  
**TECNOLÓGICA**

## **INFORME TÉCNICO**

# **El futuro de las materias primas en España**

Timo Gerres

Dr. José Pablo Chaves Ávila

Prof. Pedro Linares Llamas

Mayo de 2019

Estudios para la preparación de la estrategia de Descarbonización de la economía española

Versión: 1.0

**Titularidad y responsabilidad**

El derecho de autor corresponde a los miembros del equipo investigador, los cuales deberán ser citados en cualquier uso que se haga del resultado de su trabajo.

Conforme a los usos de la comunidad científica, las conclusiones y puntos de vista reflejados en los informes y resultados son los de sus autores y no comprometen ni obligan en modo alguno a la Universidad Pontificia Comillas ni a ninguno de sus Centros e Institutos o al resto de sus profesores e investigadores.

Por tanto, cualquier cita o referencia que se haga de este documento deberá siempre mencionar explícitamente el nombre de los autores, y en ningún caso mencionará exclusivamente a la Universidad.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I. MATERIAS PRIMAS EN LA ECONOMÍA DESCARBONIZADA</b>	<b>2</b>
1.1 LA VISIÓN ESTRATÉGICA EUROPEA A LARGO PLAZO	2
1.2 EL FUTURO DE MATERIAS PRIMAS A NIVEL GLOBAL EN EL CONTEXTO EUROPEO	3
1.3 LA DEMANDA DE MATERIAS PRIMAS EN EUROPA EN 2050	6
1.4 CONSUMO ACTUAL DE MATERIAS PRIMAS EN LA UE Y ESPAÑA	9
<b>II. CONSUMO HISTÓRICO DE MATERIAS PRIMAS EN EUROPA Y ESPAÑA Y PREVISIONES A FUTURO</b>	<b>12</b>
2.1 METODOLOGÍA	12
2.2 ANÁLISIS DEL CONSUMO DE DIFERENTES MATERIAS PRIMAS	13
2.2.1 <i>Cemento</i>	13
2.2.2 <i>Acero</i>	15
2.2.3 <i>Aluminio</i>	20
2.2.4 <i>Pasta y Papel</i>	22
2.2.5 <i>Plásticos</i>	25
2.3 PROYECCIONES PARA ESPAÑA Y EUROPA	26
<b>III. MATERIAS PRIMAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>28</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>29</b>



---

## Introducción

En los últimos años el enfoque de la política energética de la Unión Europea se ha orientado claramente hacia una economía de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>. La Comisión Europea (CE) cree que será necesaria una descarbonización profunda de la Unión Europea (UE) con emisiones netas cero en 2050 (CE COM (2018) 773 final)[1] para cumplir con los objetivos del acuerdo de París (2015) y limitar el calentamiento global a 1,5 grados.

Actualmente, los estados miembros de la UE desarrollan sus estrategias energéticas para los horizontes 2030 y 2050. En este contexto el Gobierno de España presentó el "ANTEPROYECTO DE LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA", y el borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima el 20 de febrero de 2019 [2]. La transformación de la sociedad hacia una economía descarbonizada requiere el profundo conocimiento de posibles escenarios y el reconocimiento de incertidumbres hasta 2050. En este sentido, la demanda futura de materiales, productos y servicios, así como la disponibilidad de ciertas tecnologías y posibles innovaciones en el sector industrial son algunas de las principales incógnitas, dada la relevancia de las emisiones procedentes de este sector.

Este informe, creado por el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de la Universidad Pontificia Comillas para el Ministerio de la Transición Ecológica (MITECO) abarca tres aspectos principales para la evaluación de la futura producción y del consumo de las materias primas en España. En el primer parte (I) se analizan las perspectivas de la Comisión Europea respecto a una industria descarbonizada y en particular acerca del uso y la producción de materias primas. Además, se contrastan las rutas hacia una descarbonización hasta 2050 con otros estudios europeos y a nivel global. En la segunda parte (II) se estudia el consumo histórico de las materias primas con mayores emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, con el objetivo de identificar tendencias en los diferentes países de la Unión Europea y evaluar los factores que pueden explicar las distintas intensidades del uso de materias primas en los países estudiados. Esta metodología nos permitirá llegar a ciertas conclusiones sobre las posibles tendencias del futuro desarrollo de la demanda de materias primas en España, y, por tanto, de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a las mismas. Por último (parte III), una revisión de posibles tecnologías de producción para las materias primas más usadas permite evaluar las emisiones no evitables que permitirían satisfacer la futura demanda de materias primas en la UE y España.

Este documento es uno de los "Estudios para la preparación de la estrategia de Descarbonización de la economía española" realizados por el Ministerio de la Transición Ecológica (MITECO).

## I. MATERIAS PRIMAS EN LA ECONOMÍA DESCARBONIZADA

### 1.1 La visión estratégica europea a largo plazo

La visión estratégica de la UE fue publicada el 28 de noviembre de 2018 con la comunicación 773 [1]. Con este documento la CE reconoce que una economía neutra en emisiones es necesaria para luchar el calentamiento global. El documento hace referencia al informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicado en octubre de 2018 y presenta una posible trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por los diferentes sectores de la economía hacia 2050 para alcanzar una economía descarbonizada [3].

La trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) presentada en la comunicación 773 distingue entre los diferentes sectores de la economía y detalla sus emisiones hasta 2050 (Figura 1). Con respecto a la industria se observa que una política neutra en emisiones requiere que la industria empiece a bajar sus emisiones significativamente después de 2025 y aún más después del año 2035. Para el año 2050 está previsto que las emisiones sectoriales alcancen su nivel mínimo.

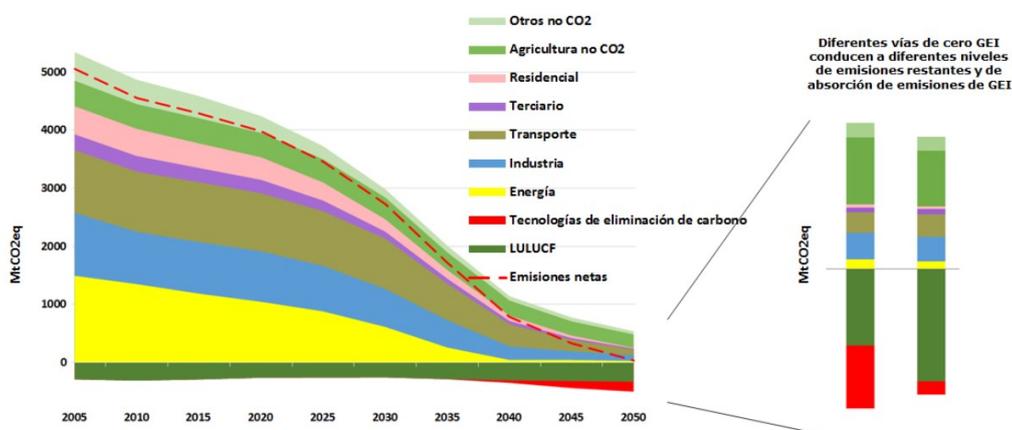


Figura 1. Trayectoria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) según la hipótesis de 1,5°C [1]

A continuación, se analiza esta trayectoria con respecto a la transición de la industria y se explicitan los supuestos correspondientes en la comunicación 773 a nivel global y europeo. La comunicación 773 refiere a las siguientes fuentes específicamente:

- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Global warming of 1.5°C*. Geneva: IPCC, 2018.
- [4] European Commission, "In-Depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773," European Commission, Brussels, COM(2018) 773 final, Nov. 2018.
- [5] Organization for Economic Co-Operation and Development, *GLOBAL MATERIAL RESOURCES OUTLOOK TO 2060: economic drivers and environmental consequences*. Paris: OECD Publishing, 2019.
- [6] Joint Research Centre, "Global Energy and Climate Outlook 2018: Sectoral mitigation options towards a low-emissions economy," European Commission, JRC, Sevilla, 2018.

A continuación, estas fuentes se contrastan con otros estudios sobre el consumo de materias primas a nivel global, europeo y nacional.

## 1.2 El futuro de materias primas a nivel global en el contexto europeo

Muchas de las materias primas más consumidas en la UE se comercializan a nivel global y las importaciones son claves para satisfacer la demanda europea. Una reflexión sobre la trayectoria de la producción y del consumo mundial de materias proporciona una valiosa perspectiva sobre el futuro de las materias primas en Europa.

El estudio clave para la CE para definir su visión a largo plazo es un informe recientemente publicado por el IPCC que define las medidas a nivel global para limitar el calentamiento a 1,5°C. Los resultados del IPCC se basan en estudios con los modelos FAIR and MAGICC sobre la trayectoria global de las emisiones, aunque no incluye detalles sobre la futura demanda de materias primas y producción industrial [3]. Según este informe, para alcanzar la reducción necesaria se deben (i) reducir la demanda industrial, (ii) mejorar la eficiencia energética, (iii) aumentar la electrificación de la demanda energética, (iv) reducir el contenido de carbono de combustibles no eléctricos y (v) implementar procesos innovadores y la aplicación de la captura de CO<sub>2</sub> (CCS). Este informe reconoce que la demanda energética del sector industrial va a subir un 40% entre 2010 y 2050 en el escenario base, y este incremento se debe limitar entre 5% y 30% para a su vez limitar el calentamiento global a valores menores que un 1,5°C (dependiendo del escenario). La reducción de emisiones de la industria se considera un factor crítico y la principal fuente de reducción de emisiones para evitar un escenario con un calentamiento de 2,0°C y alcanzar un calentamiento de solo 1,5°C. En cuanto a la información detallada sobre la demanda por materias primas en la UE para 2050, la comunicación 773 hace referencia a un estudio de la OCDE [5] sobre la demanda de materias primas hasta 2060 y cita que la demanda de materias primas global puede doblarse hasta 2050, con los minerales no metálicos como responsables de más de la mitad del consumo total. La razón de este crecimiento de la demanda a nivel global es el consumo de materias primas en países de desarrollo, especialmente en Asia y África. La OCDE cree que el sector de construcción de infraestructuras será el principal impulsor del crecimiento de la demanda. En Europa, la implantación de toda la infraestructura necesaria para facilitar la transición energética causaría un crecimiento significativo de este sector y especialmente del uso de minerales no metálicos (Figura 2 y Figura 3).

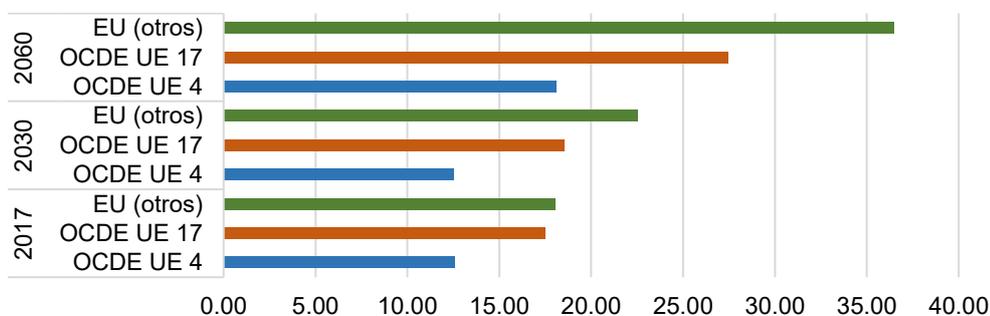


Figura 2. Consumo per cápita de materias primas en la UE (UE-4: Francia, Alemania, Italia, Reino Unido) (t/cápita)[5]

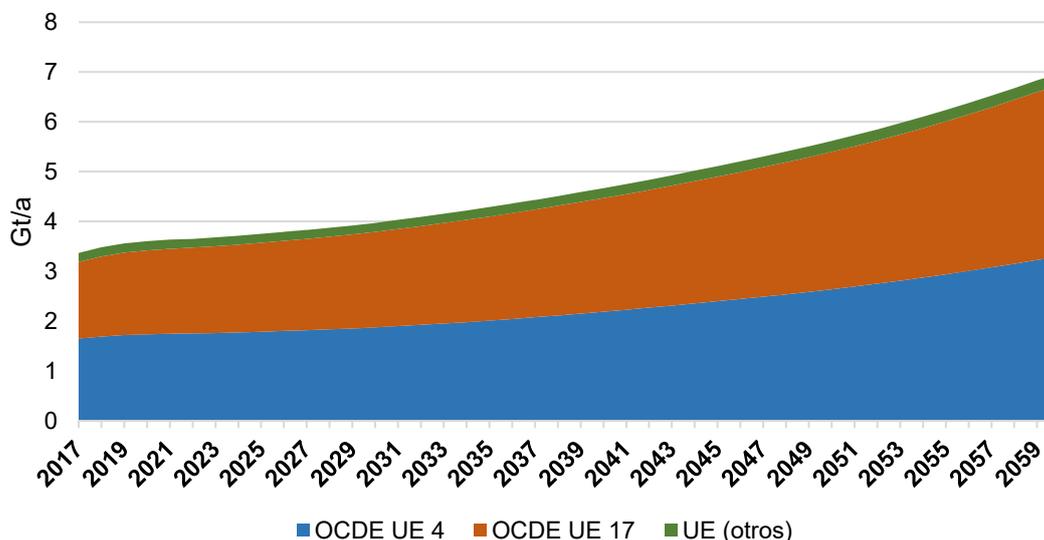


Figura 3. Uso de materias primas en el sector de construcciones (Gt/a) [5]

Contrastando estos datos de la OCDE con los datos sobre intensidad energética de las industrias de minerales no metálicos recogidos en el documento suplementario a la comunicación 773 (capítulo 7.6.3) se puede concluir que la CE no espera un crecimiento del sector de construcción tal como prevé la OCDE. La demanda energética de la industria de los minerales no metálicos baja un 9% hasta 2050 en el escenario base. Esto indica que la producción de este tipo de materias primas se estancaría.

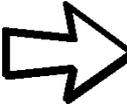
El Joint Research Center (JRC) recientemente publicó un otro informe que hace referencia a la comunicación 773 y se presenta como un documento suplementario para la misma comunicación [6]. Usando el modelo energético POLES desarrollado por el JRC, los autores analizan la transición de la economía desde una perspectiva global. Se consideran cuatro escenarios; (i) el escenario de referencia sin la implementación de nuevas políticas, (ii) un escenario NDC (Nationally Determined Contribution) con las contribuciones nacionales según el acuerdo de París, (iii) reducciones necesarias para limitar el calentamiento global a 2°C y (iv) reducciones para mantenerse por debajo de los 1,5°C. Los datos sobre el desarrollo de producción (en \$) para los diferentes sectores de la economía europea muestran un crecimiento anual de un 0,8% de la industria intensiva en energía (Tabla 1), aunque hay que recordar que este aumento se refiere a valor económico de la producción y no a producción física (y por lo tanto podría ser compatible con una reducción física, si los precios aumentan). Tomando en cuenta que el informe estima un crecimiento del GDP global de un 128 % entre 2020 y 2050, el peso de la producción industrial intensiva en energía a nivel global disminuye. No hay sin embargo información detallada sobre el uso de materias primas y la producción en toneladas.

Tabla 1. Cambios en la producción económica para cumplir con el escenario de 2°C [6]

	2050 vs. 2015	Tasa de crecimiento anual
Agricultura	40%	1.0%
Combustibles fósiles	-46%	-1.7%
Otra industria	60%	1.4%
Construcción	69%	1.5%
Servicios	69%	1.5%
Transporte	64%	1.4%
Generación eléctrica	19%	0.5%
Industrias intensivas en emisiones	33%	0.8%

Una iniciativa multinacional que no ha publicado cifras sobre el futuro consumo de materias primas, pero aporta unos análisis profundos sobre las posibles trayectorias de este sector, es el Observatorio Internacional de Materias Primas (INTRAW). INTRAW ha publicado tres escenarios descriptivos como parte de sus estudios prospectivos [7]. Sin cuantificar la producción o el consumo, se puede concluir que dos de sus tres escenarios cuentan con un estancamiento o reducción del uso de materias primas y solamente un escenario espera una subida significativa del consumo global de materias primas. El escenario titulado "Alianza para la Sostenibilidad" cuenta con un crecimiento global y sostenible y así el peso del reciclaje en la provisión de suficientes recursos para el crecimiento sostenible aumenta significativamente. El escenario de "Muros Nacionales" plantea un estancamiento económico global y así resulta en un estancamiento tecnológico, de producción y consumo de materias primas. El crecimiento del uso y de la producción de materias primas es el resultado de un escenario de "Comercio sin Límites". Como resumen de las tendencias globales, se puede concluir que a nivel global el uso de materias primas seguirá creciendo si el entorno económico a nivel global permite que los países en desarrollo sigan creciendo (Tabla 2).

Tabla 2. Tendencias en las publicaciones al nivel global

Fuente:	Tendencia:	Explicación:
IPCC [3, p. 5]		Esperan que la demanda energética suba un 40% entre 2010 y 2040, lo que implicaría una subida en la producción y el uso de materiales.
OCDE [5]		La producción y el uso de materias primas se doblarán hasta 2060.
EC – JRC [6]		Tomando en cuenta el crecimiento a nivel global, los sectores como las industrias intensivas en emisiones y construcciones disminuye en su importancia.
INTRAW [7]		Dos de sus tres escenarios describen tendencias de estancamiento con respecto al uso de materias primas.

### 1.3 La demanda de materias primas en Europa en 2050

Los países desarrollados con infraestructuras existentes deberían registrar un crecimiento en uso de materias primas menos intenso que el de los países en desarrollo. Esta observación se encuentra reflejada en múltiples estudios sobre la futura demanda de materias primas en Europa. Varias organizaciones científicas, gubernamentales, no-gubernamentales y sectoriales han publicado informes que cuantifican la demanda europea y el uso de materias primas en 2050. Algunas de estas publicaciones están dirigidas especialmente a la transformación de la industria, y otros presentan escenarios alternativos para la transición energética de la UE. No todas las publicaciones presentadas en este capítulo cuantifican la trayectoria del uso de materias primas hasta 2050 o/y se refieren a proyectos de investigación en curso. Pero la perspectiva es similar. Nuestra sociedad necesitará materias primas en 2050, pero su uso y consumo en la UE se estancará.

El documento suplementario a la comunicación 773 de la CE es un informe muy detallado sobre los diferentes supuestos sobre la transición de la economía hasta 2050 [4]. Con respecto a la transición de la industria se utilizaron en primer lugar el modelo FORECAST<sup>1</sup> y adicionalmente el modelo PRIMES. Se presentan los resultados del modelo especialmente en lo que respecta a la demanda energética de la producción industrial, las emisiones y el impacto de la economía circular a nivel europeo. En los escenarios base, la demanda energética baja incrementalmente en todos los sectores industriales que se estudian en detalle (acero, química, los minerales no metálicos, papel, metales no ferrosos, refinerías), y aun se podría reducir más si se emplean tecnologías como el CCS. Los supuestos sobre la producción de materias primas para los diferentes escenarios estudiados con el modelo FORECAST están basados en los escenarios de referencia sobre el crecimiento económico de 2016 [8]. Para los ocho escenarios diferentes y para todos los tipos de materias primas, la trayectoria de la producción varía entre una subida de casi todas las materias primas en el escenario de referencia y una bajada de casi todas las materias primas en el escenario más agresivo de una descarbonización de la industria del 95% (Tabla 3). Estos datos implican que si la producción doméstica de materias primas y las tasas de importación permanecen constantes hasta 2050, el uso de materias primas también se mantendría en los niveles actuales. En este contexto, el documento suplementario a la comunicación 773 se refiere a un informe publicado por la industria europea intensiva en energía [9]. Los datos históricos sobre la producción europea muestran que desde la crisis económica de 2008/2009 la producción doméstica de diferentes materias primas es relativamente estable (Figura 4). Las importaciones varían para las diferentes industrias intensivas en energía. En general, las importaciones cubren entre 70% y 160% de la demanda europea de metales. Estas altas tasas se explican por las exportaciones de productos manufacturados. En caso de minerales no metálicos Europa cubre cerca de 100% de su demanda con la producción doméstica.

---

<sup>1</sup>Desarrollado por Fraunhofer Institute for Systems- and Innovation Research, TEP Energy GmbH y IREES GmbH.

Tabla 3. Producción industrial para los escenarios de FORECAST

Producción (Mt)	2015		2020		2030		2050		Δ% hasta 2050	
	MIN (95%)	MAX (REF)	MIN (95%)	MAX (REF)						
Acero	167	169	169	174	168	178	153	172	-8%	2%
Cemento	167	174	177	190	184	208	177	214	-2%	23%
Vidrio	36	36	37	38	36	37	35	37	-4%	2%
Papel	93	96	95	98	100	103	103	106	10%	10%
Aluminio	5	7	5	7	5	7	5	7	4%	6%
Cobre	3	3	3	3	3	3	3	3	0%	0%
Refino	723	723	663	678	513	628	152	608	-16%	-79%

En el documento suplementario a la comunicación 773 de la CE el impacto de la economía circular se evalúa en el escenario CIRC [4]. Los supuestos de este escenario se aplican tanto para casos de estudio que implican una reducción de emisiones de, 80% como para escenarios de una economía neutra en emisiones en 2050 (Tabla 4). La producción de materias primas se reduce entre el 3 y el 12 % en las diferentes industrias hasta 2050 comparado con el escenario de referencia.

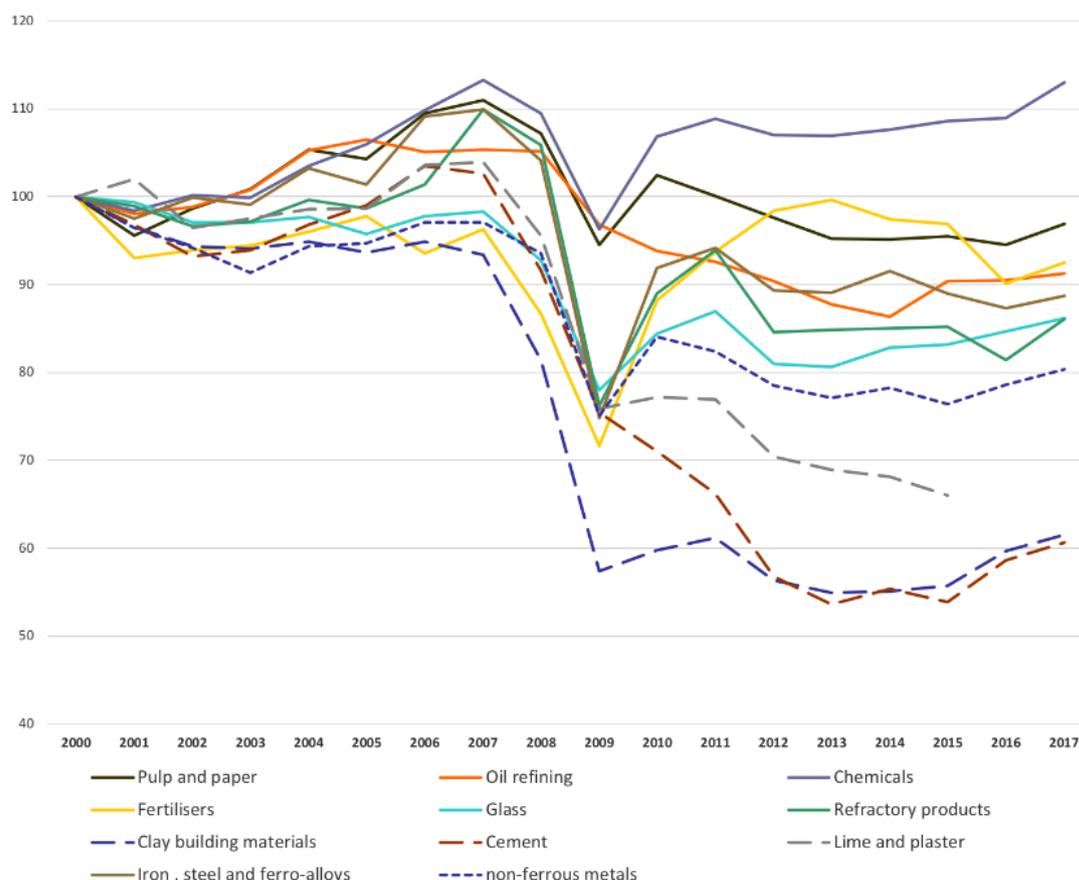


Figura 4. Cambios en producción comparado con el año 2000 (=100)[9]

Tabla 4. Reducción de volúmenes de producción por la economía circular (%) comparado con el escenario de referencia según el documento suplementario a la comunicación 773 [4]

	2050
Acero	-6%
Metales no ferrosos	-3%
Química	-9%
Papel	-12%
Minerales no metálicos	-8%

En 2016, Lechtenböhmer et. al. [10], publicaron un informe sobre el impacto de la electrificación de la producción de materias primas. Basado en datos estadísticos, los autores suponen un escenario base para la producción y el consumo de materias primas en la UE para 2050. Comparado con 2010 la producción de acero, minerales y químicos básicos no cambia significativamente hasta 2050 (Tabla 5).

Tabla 5. Producción, uso global y europeo de los 7 materias primas y proyecciones para la UE [10]

	Producción global 2010	Consumo UE28 2010	Producción UE28 2010	Producción UE28 2050
<b>Acero</b>	<b>1431</b>	<b>161</b>	<b>173</b>	<b>180</b>
Primario	1010		101	100
Secundario	420		72	80
<b>Minerales</b>			<b>253</b>	<b>250</b>
Cemento	3290	185	192	190
Vidrio			34	34
Cal	313	26	27	17
<b>Productos químicos básicos</b>			<b>69</b>	<b>67</b>
Petroquímicos		43	42	40
Cloro		9	10	10
Amoniaco		17	17	17

Un estudio profundo sobre la economía circular liderado por el think-tank Material Economics [11] evalúa la demanda para cuatro grupos de materias primas en la UE hasta 2050. Los autores estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> si seguimos con las rutas de producción utilizadas hoy en día. En línea con la trayectoria de la UE publicada en 2011 [11] suponen que el uso de las materias primas será el mismo que en 2015 o, en el caso de aluminio, subirá ligeramente (Tabla 6).

Tabla 6. Consumo de materias primas en la UE (Mt/a) per cápita (t/a) [11]

	Demanda total (Mt/a)		Consumo per cápita (t/a)		Comentario:
	2015	2050	2015	2050	
Acero	160	160	13	13	Basado en el consumo actual en la OCDE
Plásticos	49	62	0,10	0,12	Convergencia a nivel mundial
Aluminio	12	16	0,025 (cálculo IIT)	0,03 (cálculo IIT)	Convergencia a nivel mundial
Cemento	184	184	15	15	Cálculos propios basado en los datos del estudio

El proyecto VERAM, que desarrolla una trayectoria para las materias primas hasta 2050 está organizado y financiado por la UE. El enfoque de este proyecto se basa en la producción sostenible de materias primas. Su trayectoria 2050 para innovación e investigación [13] presenta los cambios tecnológicos y organizativos necesarios para reducir el impacto ambiental de la producción de materias primas sin cuantificar ni producción ni demanda. Clave para esta trayectoria son nuevas tecnologías que permiten la minería de cero emisiones, el reciclaje y la economía circular y el desarrollo de productos de base biológica. Como resumen de las tendencias comentadas, se puede concluir que a nivel europeo el uso de materias primas se estabilizará, con una posibilidad de que aumente el uso de materias primas para construcción (Tabla 7).

Tabla 7. Tendencias en las publicaciones para Europa (UE)

Fuente:	Tendencia:	Explicación:
OCDE [5]		El consumo de minerales no metálicos incrementa significativamente por su uso en la construcción, pero el consumo del resto de materias primas no cambia mucho hasta 2060.
COM(2018) 773 documento suplementario [4]		Subida de producción de papel y aluminio. Escenarios de subida y bajada de producción por acero, cemento y vidrio. Bajada de producción de productos petroquímicos.
Lechtenböhmer et. al. [10]		La producción europea para todas las materias primas mantiene niveles similares a 2010 hasta 2050.
Material Economics [11]		Subida del consumo para plástico y aluminio. El uso de acero y cemento en 2050 se mantiene igual que en 2015.

#### 1.4 Consumo actual de materias primas en la UE y España

Basado en el análisis previo se puede concluir que se espera que el consumo de materias primas en la UE se mantenga a niveles estables en las próximas décadas. Aunque las predicciones sobre las tendencias a nivel europeo no reflejan adecuadamente las diferencias entre el consumo actual de materias primas a nivel nacional y las tendencias históricas.

Según las estadísticas de EUROSTAT sobre el consumo nacional de materias primas y los datos actuales sobre los residentes de los estados miembros de la UE se puede calcular el consumo actual per cápita de metales y minerales no metálicos en toneladas per

cápita por año (t/año)<sup>2</sup>. El rango del consumo en 2017 varió significativamente con Finlandia consumiendo 10 veces más materias primas por cápita que los Países Bajos (Figura 5). En general, se puede concluir que los países nórdicos, con las densidades de población más bajas de la UE (Finlandia, Suecia y Estonia) lideran en el consumo. Los países del este de Europa cuales se incorporaron a partir del año 2004 tienen la tendencia de un consumo más alto que los antiguos miembros de la UE como Reino Unido, Italia, Francia, Bélgica, Países Bajos y España con un consumo que es más bajo que el promedio de la UE.

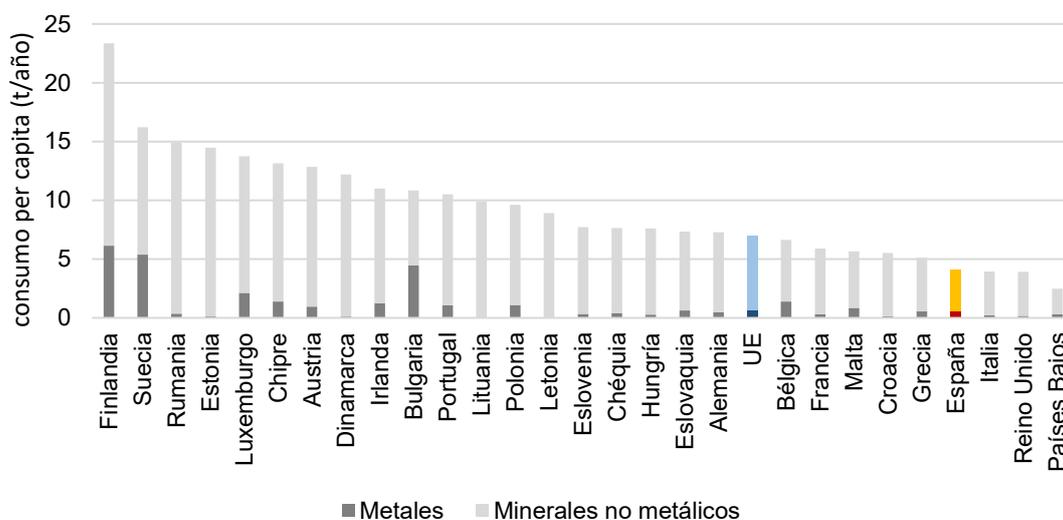


Figura 5. Consumo de metales y minerales no metálicos en la UE en el año 2017 según EUROSTAT [14]

Especialmente en caso de España, es necesaria una reflexión sobre el desarrollo histórico del consumo para entender la situación actual de 2017, según la cual España se encuentra como uno de los países más eficientes con respecto al consumo de materias primas. La Figura 6 muestra la trayectoria histórica de del consumo de minerales no metálicos per cápita para todos los miembros de la UE desde 2000, que es representativo para muchas de las otras materias primas. Mientras el consumo a nivel europeo se mantiene a un nivel estable durante las últimas dos décadas (línea azul), la trayectoria de los diferentes países miembros refleja el desarrollo económico a nivel nacional durante este periodo. Rumania, miembro de la UE desde 2007, atraviesa un periodo de reducción del retraso socio-económico a los otros miembros con inversiones significativas en su infraestructura y tasas elevadas de consumo de minerales no metálicos per cápita (línea verde). España vivió una grave crisis económica desde 2008 y el consumo per cápita se recortó a un 75% entre 2007 y 2012, y se mantiene a un nivel bajo desde entonces (línea roja). Otros miembros de la UE con economías sólidas como Alemania (línea amarilla) o Francia (línea gris oscuro) han mantenido su nivel de consumo per cápita durante el periodo analizado.

<sup>2</sup> Se han excluido materias primas como biomasa y productos periféricos que se utilizan principalmente como fuentes energéticas.

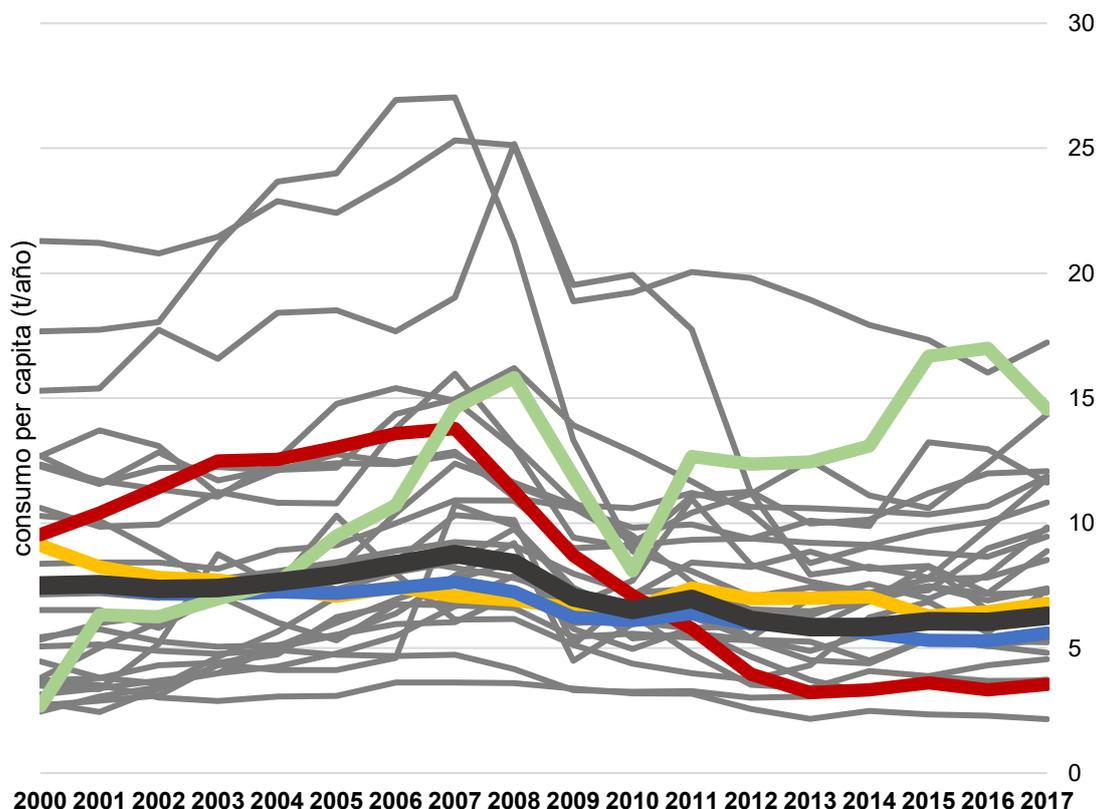


Figura 6. Trayectoria histórica del consumo de minerales no metálicos per cápita en los países de la UE según EUROSTAT (gris-oscuro: UE-28, rojo: España, amarillo: Alemania, verde: Rumania, azul: Francia) [14]

La gran pregunta para el caso de España es el futuro desarrollo económico del país. ¿Cuál será el consumo de materias primas comparando datos actuales con datos históricos? En la tabla siguiente se recogen las tasas de crecimiento mostradas en los estudios anteriores:

Tabla 8. Tasas del crecimiento de las materias primas en Europa basadas en estudios citados

	OCDE	INTRAW	Lechtenböhrer et. al.	Material Economics	CE CIRCular	Modelo FORECAST	
						MIN (95%)	MAX (REF)
Acero	0%	0%	0%	0%	-6%	-8%	2%
Cemento	50-100%		0%	0%	-8%	-2%	23%
Vidrio	0%		0%		-8%	-4%	2%
Papel					-12%	10%	10%
Aluminio			33%	-3%	4%	6%	
Cobre				-3%	0%	0%	
Plásticos / Química			0%	25%	-9%		
Refino							-16%

---

## II. CONSUMO HISTÓRICO DE MATERIAS PRIMAS EN EUROPA Y ESPAÑA Y PREVISIONES A FUTURO

### 2.1 Metodología

El estudio de la economía española sin considerar su rol en el mercado único europeo y el comercio global es prácticamente imposible. La industria productora transforma las materias primas en numerosos productos intermedios que se intercambian entre los diferentes mercados múltiples veces hasta que los productos finales llegan al consumidor.

Varias organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, y del sector privado ofrecen datos sobre la producción y el comercio de materias primas, pero pocas fuentes evalúan el consumo final de materias primas per cápita. Y, en un contexto global y de largo plazo, es el consumo y no la producción doméstica la que dirige la evolución de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Al considerar además el hecho de que la producción doméstica es más incierta en el largo plazo, en este informe se ha optado por analizar el consumo, y no la producción, como indicador más robusto de las emisiones asociadas a la economía española en 2050. Evidentemente, el que la producción de las mismas sea doméstica o no tendrá importantes consecuencias sobre el PIB, el consumo de energía, o el empleo (además de, evidentemente, sobre las emisiones domésticas de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes), que no se analizan en el presente documento.

El principal dato de entrada para la estimación han sido las publicaciones de organizaciones como EUROSTAT, UNSD, IDAE y las diferentes asociaciones sectoriales españolas y europeas. El contraste de los balances de producción, importación y exportación permite estimar los valores del consumo neto de la industria en los diferentes países. Aunque hay que recordar que, por la importancia del comercio internacional, el consumo de materias primas también puede venir influido por otros elementos asociados a este comercio. Por ejemplo, los países con una fuerte industria exportadora de bienes (por ejemplo, automoción o bienes de equipo) pueden consumir más materias primas per cápita (por ejemplo, de aluminio) que otros países importadores de bienes de equipo. Este análisis de detalle no se ha realizado en el presente documento, aunque sí se evalúan factores explicativos a nivel agregado. En general diferenciamos entre consumo industrial de materias primas procesadas por la industria europea o española, y consumo final per cápita que toma en cuenta el consumo real de los ciudadanos europeos y españoles sin incluir los productos finales exportados como automóviles, máquinas y otros productos industriales.

Así, para realizar un análisis del consumo histórico de diferentes países hay que ser consciente de los distintos patrones de evolución económica a nivel nacional y global. El caso de España durante las últimas 2 décadas es un buen ejemplo. Después un boom económico, el país estaba atravesando una profunda crisis de la cual se sigue recuperando, especialmente con respecto al sector de la construcción, responsable en un gran parte del consumo doméstico de materias primas como cemento y acero. Para

tratar de aislar las estimaciones de los efectos de estas crisis, en este estudio se contrasta el desarrollo del consumo histórico español con otros países europeos en un estado similar de desarrollo como Francia, Reino Unido, Alemania, Italia, y que además son los más poblados de la Unión Europea. Finlandia, parecido en superficie a Alemania, se ha incluido como referencia de los países nórdicos y, especialmente en caso de cemento, permite unas observaciones interesantes sobre la relación entre superficie del país y demanda de materias primas por parte del sector de la construcción.

Este estudio analiza en detalle la producción y el consumo del cemento, acero, aluminio, papel y plástico. El sector de cemento es el más robusto con respecto al consumo final de la sociedad porque se utiliza casi exclusivamente para la construcción doméstica. El acero y el aluminio son materias primas con altas tasas de importación y exportación de productos finales en todos los países de la Unión Europea. Esto complica la evaluación del consumo de materias primas de las diferentes sociedades. El papel permite una evaluación más detallada del consumo nacional, porque su producción es más regional y hay disponibles estadísticas sobre su uso en productos finales.

## 2.2 Análisis del consumo de diferentes materias primas

### 2.2.1 Cemento

El consumo de cemento depende en gran medida del sector nacional de la construcción. Este sector ha sido uno de los más afectados por la burbuja inmobiliaria y la crisis económica a partir de 2007. Durante los últimos 25 años la producción anual de las cementeras españolas se dobló entre 1995 y 2007 y cayó a un mínimo de 13 Mt/a en 2013. Desde entonces el sector sigue recuperándose lentamente (Figura 7). Sin embargo, hay que hacer notar que, aunque la demanda nacional ha crecido levemente de 2013 hasta 2017, el origen principal del crecimiento es la subida relativa de las exportaciones. En vez de importar cemento como sucedió durante los años del boom entre 2001 y 2007, el sector ahora exporta entre el 25% y 30% de su producción.

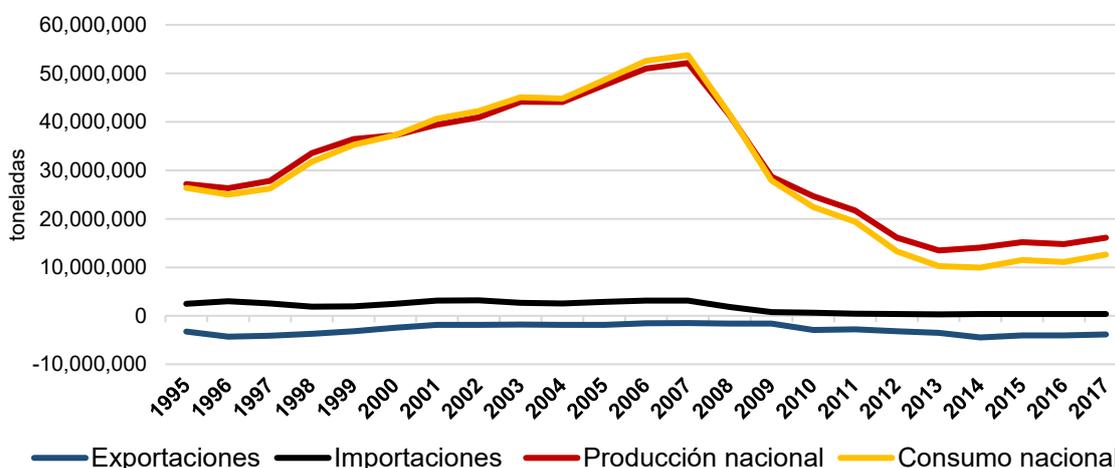


Figura 7. Producción y consumo nacional según EUROSTAT-PRODCOM [15]

Una comparación del consumo español con otros países europeos permite evaluar el impacto de la burbuja inmobiliaria y estudiar un posible consumo futuro por cápita. Como se ve en Figura 8, especialmente Italia y ligeramente Finlandia han sufrido una baja del consumo per cápita entre 2007 y 2013, aunque no tan abultada como en España. En caso de Francia, Alemania e Inglaterra el desarrollo histórico ha sido mucho más estable comparado con los otros países de estudio. La continua bajada del consumo alemán está vinculada a la reconstrucción de Alemania oriental después de la guerra fría, que resultó en unos elevados niveles de demanda. Desde 2013 el consumo per cápita de todos los países estudiados se encuentra entre 200 y 350 kg/cápita, comparado con un rango entre 200 y 1200 kg/cápita en el año 2006.

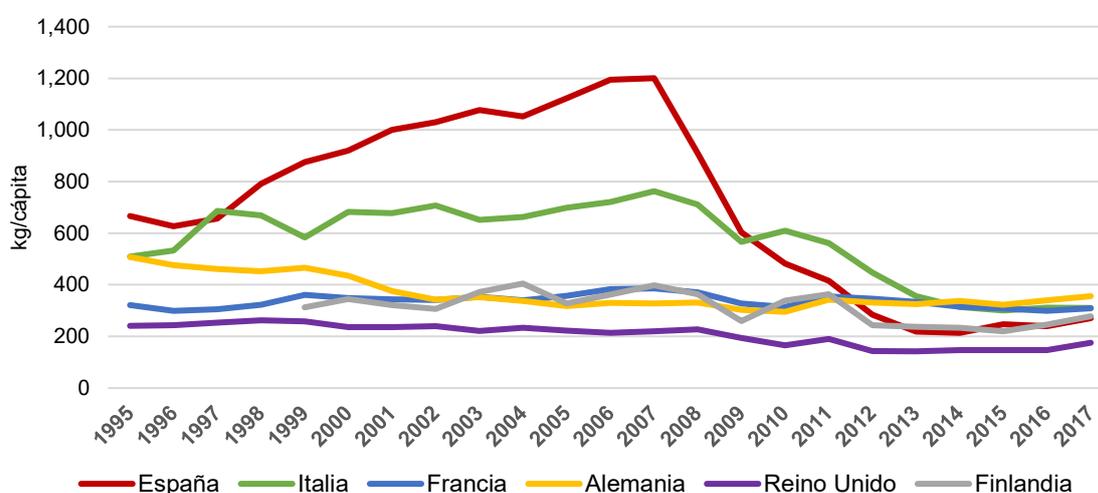


Figura 8. Consumos nacionales de cemento. Evaluación propia del IIT basado en EUROSTAT-PRODCOM [15]

Aparte del desarrollo económico, la demanda de cemento depende mucho del tipo de construcciones que se realizan en los diferentes países. Especialmente con respecto a las infraestructuras, las características geográficas determinan el tipo y la cantidad de infraestructuras de hormigón que se construyen (carreteras, puentes, puertos, túneles, cimentaciones, ...). La Figura 9 muestra el desarrollo histórico del consumo de cemento por habitante y por km<sup>2</sup> de la superficie nacional (g/cápita por km<sup>2</sup>). Aunque este coeficiente solamente incluye la superficie como parámetro de comparación y no toma en cuenta otros aspectos geográficos, los resultados muestran que la demanda se hace más comparable. Tomando en cuenta la reunificación de Alemania y la recesión de la economía inglesa desde 2007, las 3 economías nacionales más grandes de Europa (Alemania, Inglaterra y Francia) muestran niveles cuasi estables de demanda para el cemento durante los últimos 25 años. En caso de Alemania e Inglaterra el valor es en orden de 1 g/cápita por km<sup>2</sup> y en caso de Francia 0,5 g/cápita por km<sup>2</sup>. Tomando en cuenta la superficie de los dos países del sur de Europa, en Italia se consumió más cemento per cápita que en España durante el boom económico, alcanzando los 2,5 g/cápita por km<sup>2</sup>, para luego estabilizarse cerca de 1 g/cápita por km<sup>2</sup>. En general, se puede concluir que el nivel medio de consumo en los países estudiados por el periodo de los últimos 25 años se encuentra en torno a 1 g/cápita por km<sup>2</sup>. Francia es el único país que no cuadra con esa observación, aunque su consumo en kg per cápita (aprox.

300 kg/cápita) es parecido a otras economías grandes como Alemania (aprox. 340 kg/cápita) o Italia (aprox. 310 kg/cápita). Con esta aproximación es posible poner en perspectiva el consumo de cemento en España. Hay que reconocer que el consumo actual todavía se encuentra a niveles más bajos (aprox. 270 kg/cápita) y 0,5 g/cápita por km<sup>2</sup> que en todos los otros países estudiados. Basado en las observaciones históricas de los últimos 25 años se podría esperar que el consumo anual español aumentara a valores entre 300 y 500 kg/cápita con carácter estable, y en todo caso inferior al consumo total en los últimos 25 años.

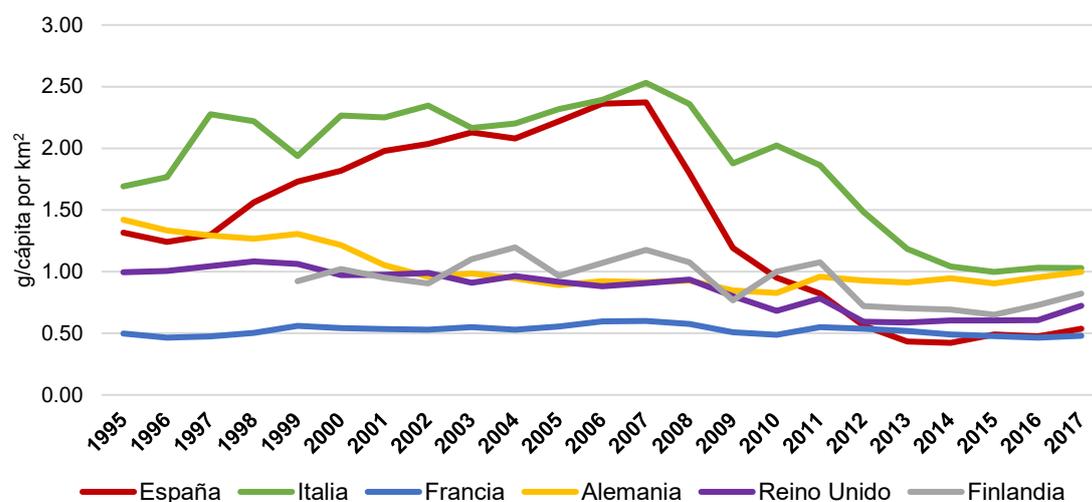


Figura 9. Consumos nacionales de acero en kg/cápita por km<sup>2</sup>. Evaluación propia del IIT basado en EUROSTAT-PRODCOM [15]

### 2.2.2 Acero

El metal más relevante y más usado en las naciones industriales es el hierro. Comparado con el cemento que se utiliza casi exclusivamente en la construcción, el hierro, el acero y sus derivados son utilizados en varios sectores de la economía. Según un informe del JRC para la Comisión Europea [16], aproximadamente la mitad del consumo europeo se debe al sector de construcción, y la otra mitad se divide principalmente entre la ingeniería mecánica, el transporte y la producción de estructuras metálicas (Figura 10). Los productos finales de estos tres sectores tienen en común que se comercializan a escala europea y mundial. Así, una gran parte de los productos del acero consumidos en la Unión Europea han sido producidos en otras regiones del mundo y muchos productos producidos en los estados miembros se exportan a países fuera de la UE.

Esto se refleja en las estadísticas sobre la producción de productos siderúrgicos publicadas en el informe de JRC. En general, se produce más acero para los sectores del transporte (vehículos) (21% del consumo industrial) e ingeniería mecánica (17% del consumo industrial) que el que finalmente se consume en la UE (ambos sectores no superan el 15% del consumo de productos usados). Esto debe a que hay niveles altos de exportación de acero desde la UE en forma de productos finales de estos sectores (Figura 10).

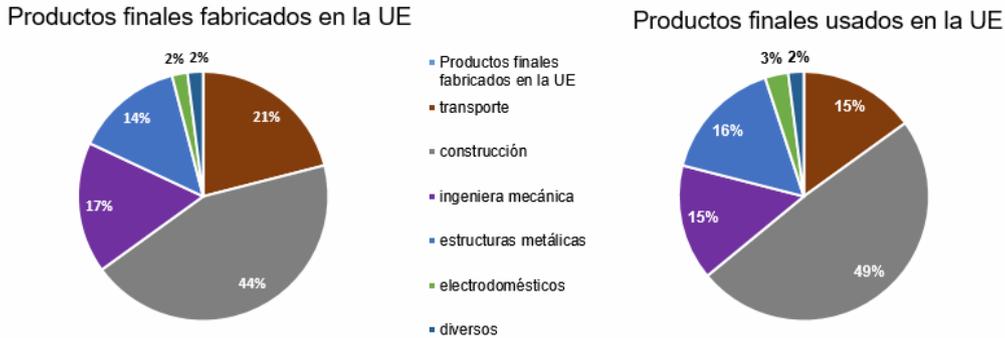


Figura 10. Tasa consumo industrial y final de productos que contienen acero

Así, la demanda de acero para producción industrial es más elevada que el consumo final de acero en Europa, debido a los elevados niveles de exportación de productos que contienen acero. Según la evaluación de Wyns et. al. [9] esta observación es válida para casi todos los metales primarios. En caso del níquel, por ejemplo, la industria importa más del 150% del consumo doméstico en materias primas. En el acero la tasa de importaciones es alrededor del 80%. Como se ve en la Figura 11, las empresas de la UE fabrican 160.677 toneladas de acero en productos finales, de cual 61.527 toneladas se exportan y 99.150 toneladas se consumen en los mercados domésticos. Se importan solamente 16.912 toneladas de productos siderúrgicos.

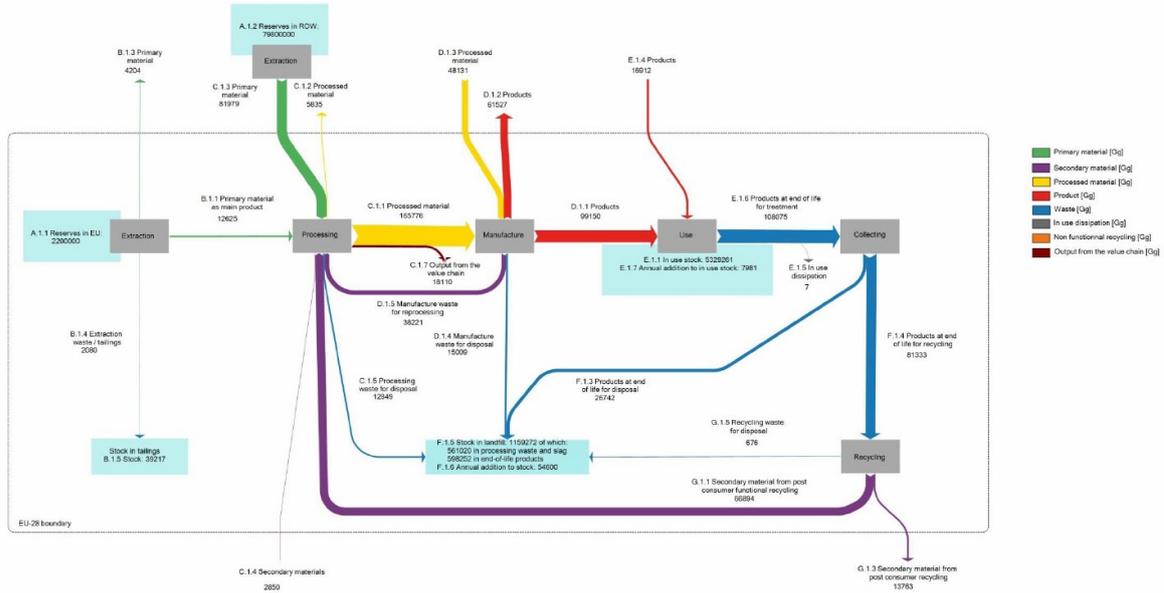


Figura 11. Diagrama Sankey representando los flujos de hierro en la UE en 2015 (en toneladas) [16]

En todos los casos, esto introduce una gran complejidad en las estimaciones, ya que el balance de importaciones y exportaciones no refleja bien el consumo interno de la industria (y sus correspondientes emisiones), al no incluir el acero exportado en productos finales. A su vez, esta diferencia entre el consumo industrial y el consumo final dificulta la evaluación del consumo real per cápita en los diferentes países desde el balance de importaciones y exportaciones. Basado en la base de datos de EUROSTAT

sobre los flujos de materiales y la productividad de recursos (EW-MFA) [14] se puede estudiar la trayectoria de la demanda doméstica y estimar el consumo industrial per cápita de acero por los diferentes países europeos.

En caso de España el consumo de acero por la industria creció de manera continuada desde el año 1996 hasta 2006 (Figura 12). Entre 2007 y 2009 el consumo industrial disminuyó más de un 50%, hasta 8.224 toneladas por año. Desde entonces el consumo no se ha recuperado y se mantiene en torno a las 10.000 toneladas por año. Las importaciones de acero desde el extranjero siguen la misma tendencia que el consumo durante todo el periodo de estudio, mientras que las exportaciones no resultaron afectadas por la crisis de 2007, e incluso su volumen ha subido ligeramente desde entonces. Aunque la caída del consumo industrial de acero a partir de 2007 ha sido menos acusada que para el sector del cemento, sí se puede relacionar con el declive del sector de la construcción en España. También se debe tener en cuenta que la crisis económica de 2007 fue una crisis de la economía global con graves efectos sobre la demanda de otros productos industriales que utilizan acero.

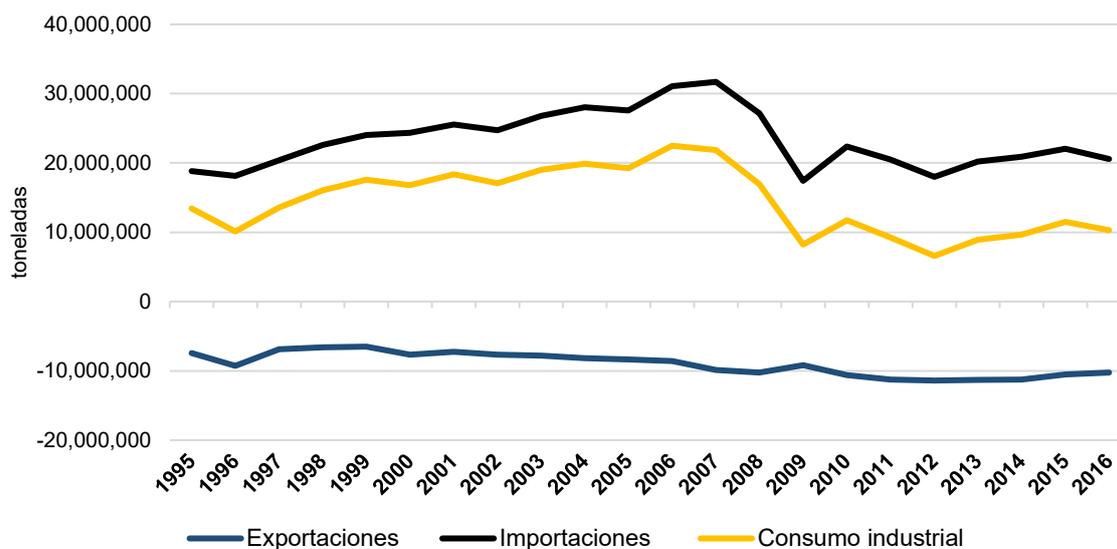


Figura 12. Consumo de acero industrial, importaciones y exportaciones en España según EUROSTAT (EW-MFA) [14]

La evolución del consumo industrial de acero muestra que la demanda per cápita está vinculada a la tasa de industrialización de los diferentes países estudiados. Alemania, Francia y Reino Unido, las tres economías más grandes de la UE, se caracterizan por los consumos más extremos de todos los países estudiados. Durante todo el periodo entre 1995 y 2016 Reino Unido y Francia han sido las economías con el mínimo consumo per cápita (Figura 13). Ambos países tienen economías orientadas hacia los servicios con una tasa de contribución de estos al producto interno bruto (PIB) de respectivamente 79,2 % (Reino Unido) y 78,7 % (Francia) en 2017 [17]. El peso de la industria, como consumidor nacional de acero, se encuentra alrededor del 14% en ambos países. Alemania, con un consumo superior a los 500 kg/cápita, tiene la economía más industrializada de todos los países estudiados con una contribución de la industria del 25,8% del PIB. La importancia del sector de la construcción al PIB nacional es parecida

en todos los países estudiados y ha contribuido entre 4,7% (Italia) y 7,1% (Finlandia). La estructura de la economía española actual está dominada por el sector servicios (72,8%), con una contribución industrial del 17,8% y del 6,5 % para la construcción.

Tomando en cuenta el desarrollo histórico de las diferentes economías europeas durante los últimos 25 años, la estructura de sus economías y el peso de sector de la construcción en la demanda total (véase Figura 10), se puede contrastar el consumo español con los diferentes consumos de otros países. Para las tres economías de Alemania, Francia y Reino Unido, el efecto de la crisis post-2007 ha sido más leve que para los otros países estudiados. Sin embargo, estos países muestran una tendencia de declive del consumo per cápita de acero durante todo el periodo estudiado, que puede relacionarse con la desindustrialización de estas naciones (Figura 15). El peso de la industria en la economía alemana se mantiene acerca de 25 % desde 2000. Esto está reflejado en su consumo de acero per cápita. Con excepción del año 2009 el consumo se mantiene a niveles casi estables. Italia, Finlandia y España sufrieron una fuerte caída de la demanda industrial a partir de 2008 y el consumo actual se mantiene a niveles bajos desde entonces y muestra tendencias similares al consumo de cemento (véase 2.2.1) en los tres países. La correlación entre la superficie del país y el consumo doméstico en g/cápita es menos fuerte para el acero (Figura 14). Esto se debe a que la demanda de productos y servicios de las otras industrias que son responsables del consumo de acero, además del sector de la construcción, no está necesariamente vinculada a la superficie de los países.

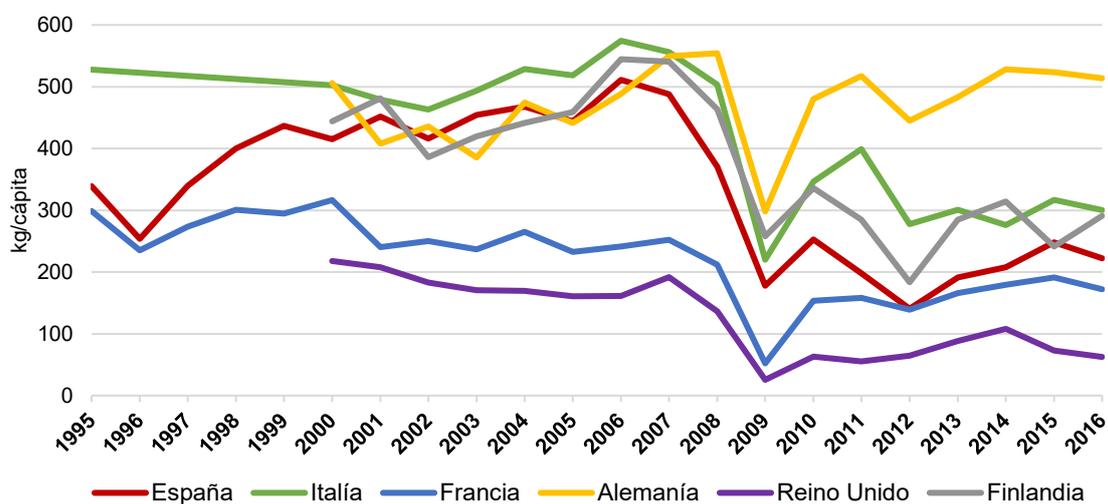


Figura 13. Consumos nacionales de acero en kg/cápita. Evaluación propia del IIT basado en EUROSTAT (EW-MFA) (No datos disponibles para Italia entre 1996 y 1999) [14]

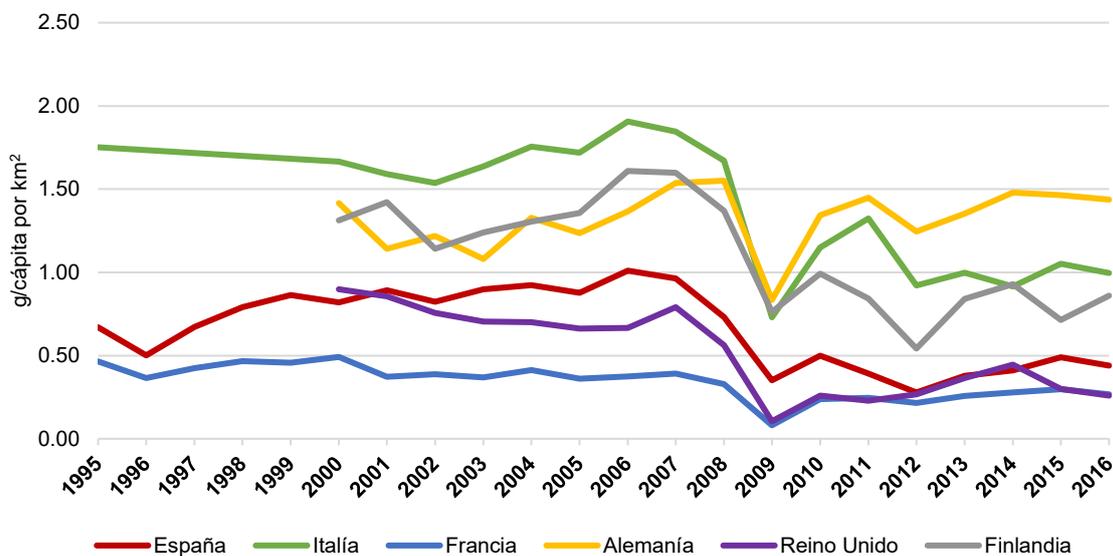


Figura 14. Consumos nacionales de acero en kg/cápita por km². Evaluación propia del IIT basado en EUROSTAT (EW-MFA) (No datos disponibles para Italia entre 1996 y 1999)[14]

La futura demanda de acero en España dependerá de las dos tendencias observadas en los otros países de estudio. De forma similar a Francia, Reino Unido y Italia, el peso de la industria y así del consumo industrial de acero está disminuyendo continuamente durante todo el periodo de estudio (Figura 15). Incluso aunque el ritmo de desindustrialización se desacelerara en el futuro, el consumo industrial de acero no alcanzaría los niveles históricos de hace 20 o 30 años. No obstante, se puede esperar que el consumo de acero per cápita suba en comparación con el nivel actual. Con referencia al análisis presentado sobre el futuro consumo de cemento en la sección 2.2.1 y la importancia de sector de la construcción para la demanda de acero (Figura 10) la cantidad de acero que se utiliza en el sector de la construcción podría subir en el futuro. Basado en el análisis presentado se espera una demanda estable para acero de 250 a 300 kg/cápita.

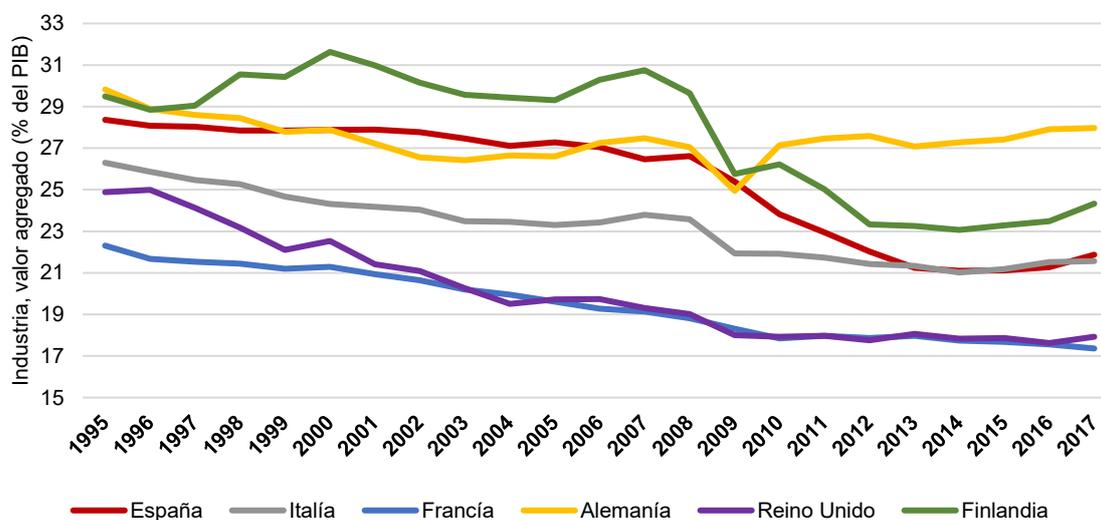


Figura 15. Trayectoria del valor añadido por la industria como porcentaje del producto interno bruto (PIB)[18]

### 2.2.3 Aluminio

El metal ligero más importante para la industria es el aluminio. Como el acero, se utiliza en los sectores de transporte, construcción e ingeniería mecánica. Además, se utiliza en las industrias de ingeniería eléctrica debido a sus buenas propiedades eléctricas. Aproximadamente el 10% del consumo total se utiliza en la industria del embalaje. Aunque la distribución del consumo en los diferentes sectores industriales se ha mantenido relativamente constante durante los últimos 20 años (Figura 16), la importancia del aluminio para la economía europea ha crecido considerablemente desde 1980 (Figura 17). Especialmente la industria del automóvil ha sustituido componentes hechos de acero por aluminio, para reducir el peso y así el consumo de los nuevos vehículos.

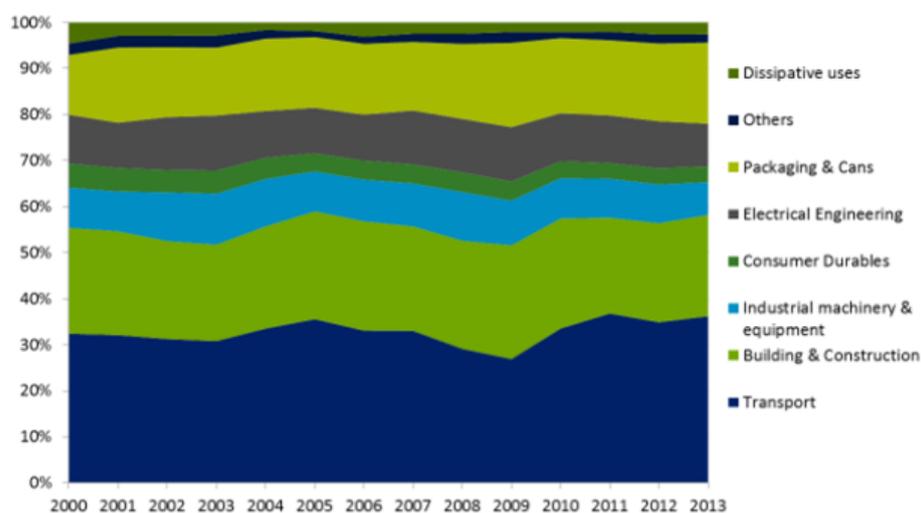


Figura 16. Uso final de aluminio en la UE según el JRC [16]

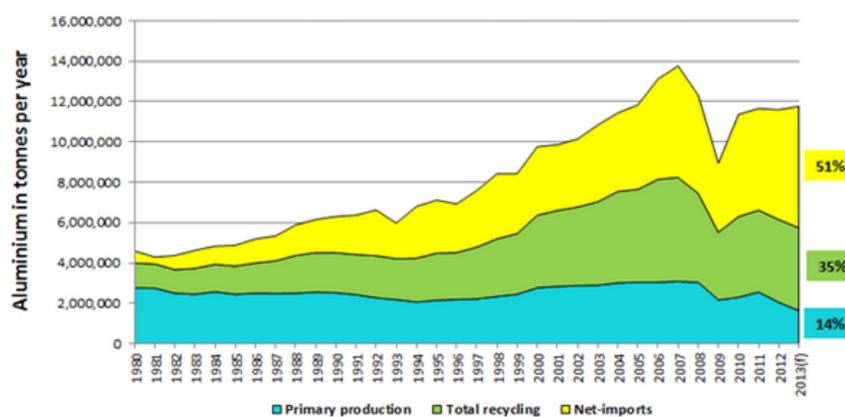


Figura 17. Consumo industrial de aluminio (UE15 hasta 1999, UE25 hasta 2004, UE27 hasta 2013) [19]

A pesar de la disponibilidad de datos sobre el desarrollo histórico de la producción y el consumo de aluminio a nivel europeo como los mostrados anteriormente, la falta de datos sobre la producción y el consumo nacional en bases de datos públicas como EUROSTAT dificulta el análisis del consumo español. Según la Asociación Europea de

Aluminio (EAA) existe una correlación entre el uso de aluminio y el PIB. El consumo anual en países europeos fue entre 17 y 26 kg/cápita en 2008 (Figura 18). Este rango de consumo per cápita corresponde con los datos publicados en un estudio sobre la industria de aluminio para el OCDE [20] que cuantifica el consumo en varios países. Según esta publicación el consumo nacional de España fue 21,4 kg/cápita en 2006. Otra evaluación de la correlación entre PIB y consumo de aluminio está basada en los datos de Harbor Aluminio, un proveedor de estudios de mercado para la industria de aluminio [21]. Los datos para el año 2013 indican un consumo de aproximadamente 12 kg/cápita en caso de España. Estos datos indican una caída del consumo por la crisis económica que es parecido a la trayectoria del consumo de acero (sección 2.2.2).

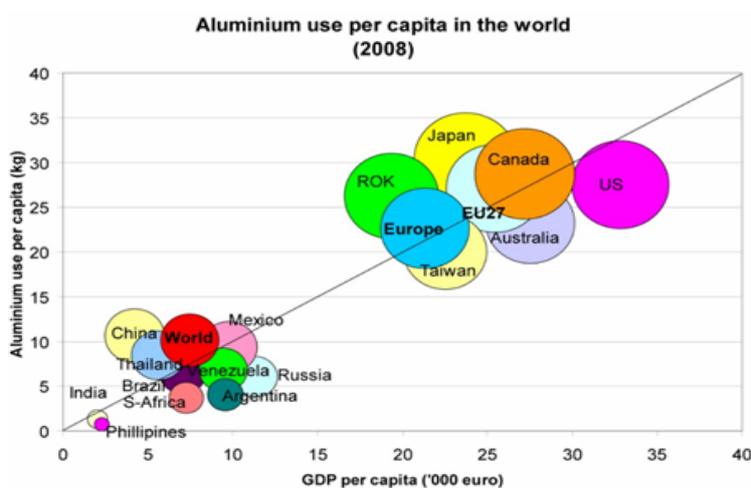


Figura 18. Correlación entre consumo de aluminio y PIB en 2008 según EAA [22]

La base de datos públicos más detallada sobre la producción, las importaciones y exportaciones de aluminio que se ha encontrado son las estadísticas publicadas por el British Geological Survey (BGS) [23]. A continuación, evaluamos los datos del BGS para los países estudiados, para estimar el consumo industrial per cápita y lo contrastamos con el resto de la información que está disponible públicamente sobre el sector de aluminio. Según los datos del BGS la demanda de aluminio per cápita en los países estudiados ha sido relativamente estable durante los últimos 20 años (Figura 19). La demanda de aluminio per cápita ha sido menos afectada por la recesión económica después de 2007 que la demanda de cemento y acero, analizada en las secciones anteriores. En el Reino Unido, España, Francia e Italia el consumo per cápita se encontró entre 10,7 y 12,9 kg/cápita en 1998, un rango parecido al de España, Francia e Italia en 2016 (entre 11.3 y 16.2 kg/cápita). Únicamente Alemania ha registrado una cuasi constante subida de su demanda de 22,5 (1998) a 33,7 (2016) kg/per cápita, que solamente sufrió un declive temporal en 2009. La gran diferencia entre el consumo alemán y el del resto de los países se puede explicar por la estructura de la industria alemana. Según datos de la Asociación Alemana de la Industria de Aluminio (GDA) la industria del transporte consumió el 48% de toda la demanda alemana en el año 2017 [24], dado que el metal ligero se utiliza especialmente en coches caros. Además, este sector ha contado con una tasa de exportaciones alrededor del 75% durante los últimos años [25]. Si se resta el consumo de aluminio para la producción de coches que se

exportan a otros países (línea punteada en Figura 19), el consumo se acerca a 20 kg/per cápita, y por tanto a niveles parecidos a las otras grandes economías europeas.

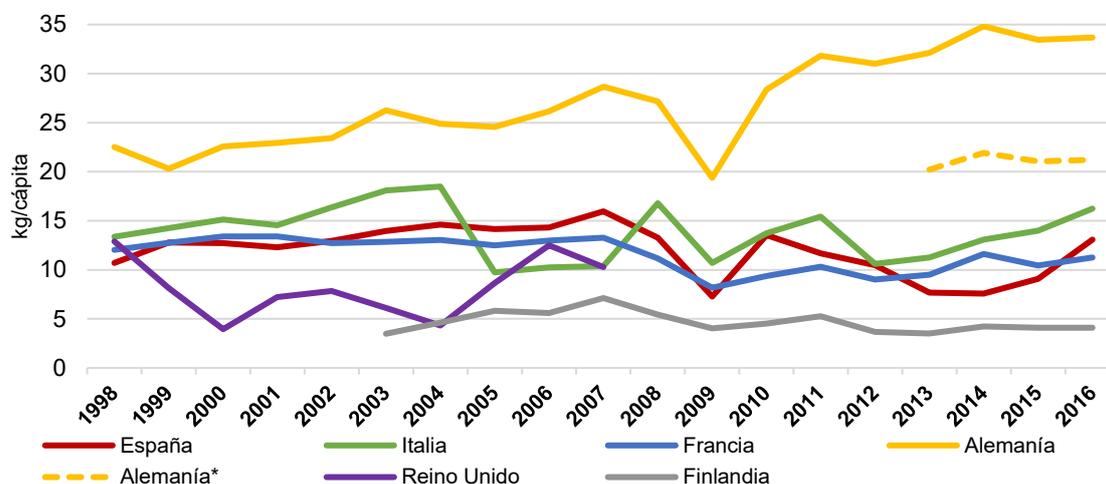


Figura 19. Consumos nacionales de aluminio en kg/cápita. Evaluación propia del IIT basado en datos publicados por el BGS y EUROSTAT (datos incorrectos para Reino Unido a partir de 2007)[23]. \* Datos de Alemania tomando en cuenta las exportaciones de coches según [25].

Contrastando los datos de BGS con las otras fuentes revisadas (OCDE, EAA, Harbor Aluminio y GDA) se notan ciertas diferencias, pero las tendencias y trayectorias del consumo industrial de aluminio son parecidas en todas las bases de datos. Teniendo en cuenta que la sustitución de acero y otros metales por aluminio es una tendencia que parece mantenerse para los años que vienen, parece realista esperar un consumo nacional en niveles superiores a los 15 kg/per cápita.

#### 2.2.4 Pasta y Papel

El papel es un material que es clave en muchos aspectos de la vida diaria. Al contrario de materias primas como el cemento y los metales la mayoría de sus aplicaciones tiene un ciclo vital corto y de uso único. La celulosa y las fibras naturales son la base para todos los productos fabricados con papel. Además, los textiles, filtros y materiales compuestos a partir de fibras son importantes para varios sectores industriales y se encuentran dentro de muchos productos de salud y cosméticos, automóviles, y ropa [26].

En general hay que diferenciar entre productos finales de papel y la producción de pasta desde celulosa. La pasta, la materia prima para la producción de papel, se fabrica en instalaciones independientes de producción de pulpa, o en instalaciones integradas que cubren todo el proceso de producción desde la fibra natural hasta el papel. Contrastando los datos europeos de la producción española de pasta según EUROSTAT-PRODCOM [15] con los datos publicados por la Asociación Española de fabricantes de Pasta, Papel y Cartón (ASPAPPEL) en sus informes anuales de los años pasados [27], se notan ciertas inconsistencias (Tabla 9). A la vista de las cifras puede suponerse que los datos de ASPAPPEL son más completos. Una causa de esta diferencia puede ser que los datos de EUROSTAT no incluyan la producción de pasta en instalaciones integradas.

Tabla 9. Diferencia entre los datos de EUROSTAT-PRODCOM [15] y ASPAPEL [27] con respecto a la producción anual de pasta en España.

	EUROSTAT-PRODCOM	ASPAPEL	DIFERENCIA
1998	no data	1,620,000	
1999	no data	1,680,000	
2000	no data	1,750,000	
2001	no data	1,720,000	
2002	no data	no data	
2003	no data	1,894,000	
2004	no data	1,997,500	
2005	no data	1,973,000	
2006	no data	2,037,000	
2007	1,378,970	2,080,000	+51%
2008	1,429,949	2,000,900	+40%
2009	1,416,030	1,738,500	+23%
2010	1,208,645	1,864,900	+54%
2011	1,255,459	1,976,000	+57%
2012	1,336,034	1,980,500	+48%
2013	1,368,941	1,976,500	+44%
2014	1,384,598	1,863,300	+35%
2015	1,251,416	1,640,900	+31%
2016	1,003,004	no data	
2017	1,026,401	1,700,000	+66%

Según los datos de ASPAPEL la producción y el consumo industrial de pasta han sido relativamente constantes durante los últimos 20 años (Figura 20). Tanto las importaciones como las exportaciones de pasta han subido durante este periodo. El sector sufrió un declive de producción entre 2007 y 2009<sup>3</sup>, aunque el impacto de la crisis económica fue menos grave que para los otros sectores estudiados, y la producción alcanzó sus niveles pre-crisis en 2011 con una capacidad de producción anual de aproximadamente 2000 kt.

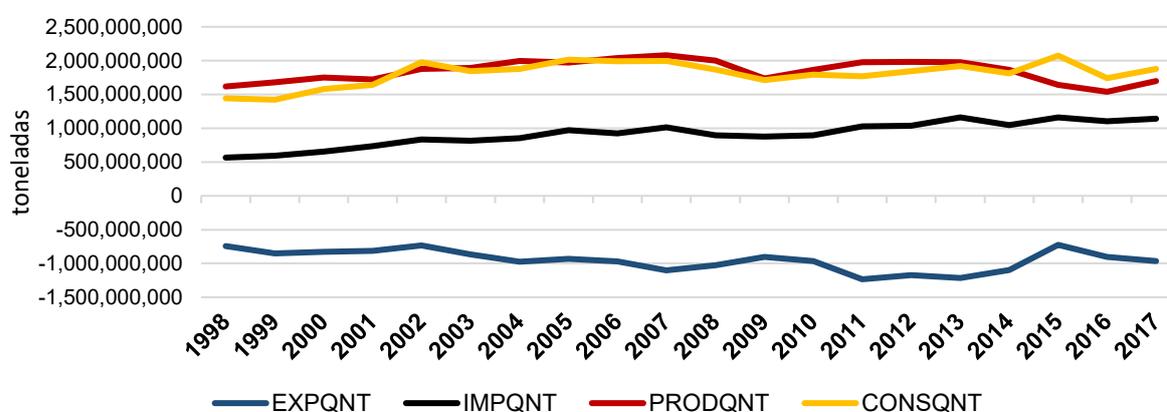


Figura 20. Producción y consumo nacional según datos públicos de ASPAPEL<sup>3</sup>

<sup>3</sup> No se encuentra una fuente pública de ASPAPEL con los datos de importaciones y exportaciones para los años 2007, 2008, 2016 y de producción total para 2002, 2016. Los valores usados en este estudio se estimaron a base de una interpolación con los datos de EUROSTAT-PRODCOM.

La aparente robustez del consumo de pasta a nivel nacional también se refleja en el consumo de productos finales hechos de papel. Desde la base de datos EUROSTAT-PRODCOM el balance de producción, exportaciones e importaciones de todos los tipos de papel clasificado según NACE Rev. 2 permite evaluar el consumo de papel en los diferentes países europeos (Figura 21). En todos los países estudiados la trayectoria del consumo per cápita ha sido relativamente constante durante los últimos 20 años. Aparte de los elevados niveles de consumo de Italia en los últimos 2 años, algo que podría ser un error estadístico, el consumo per cápita se encuentra entre 100 y 150 kg/cápita en todos los países estudiados<sup>4</sup>. A nivel europeo, tanto la producción como el consumo de papel han sido relativamente constantes durante los últimos 25 años, aunque con tendencias diferentes para los distintos productos. El consumo de papel para revistas y papel gráfico está disminuyendo, mientras que el consumo de papel para embalaje sigue creciendo [31]. La importancia del papel y cartón como envase sostenible y reciclable puede ser una de las razones por el crecimiento del consumo en unos países estudiados. En este contexto, el papel se presenta como una alternativa al plástico en ciertas aplicaciones.

Dos tendencias van a marcar la futura demanda de papel en España y otros países europeos. En primer lugar, el consumo de papel suele bajar por la digitalización y la disminución de productos impresos. Por otro lado, el crecimiento de las compras en línea puede causar la subida de demanda de papel para embalajes. Además, el uso de papel en vez de plástico en ciertas aplicaciones puede subir el consumo per cápita. Con respecto a la demanda histórica, un consumo futuro entre 120 y 150 kg/cápita en España parece probable.

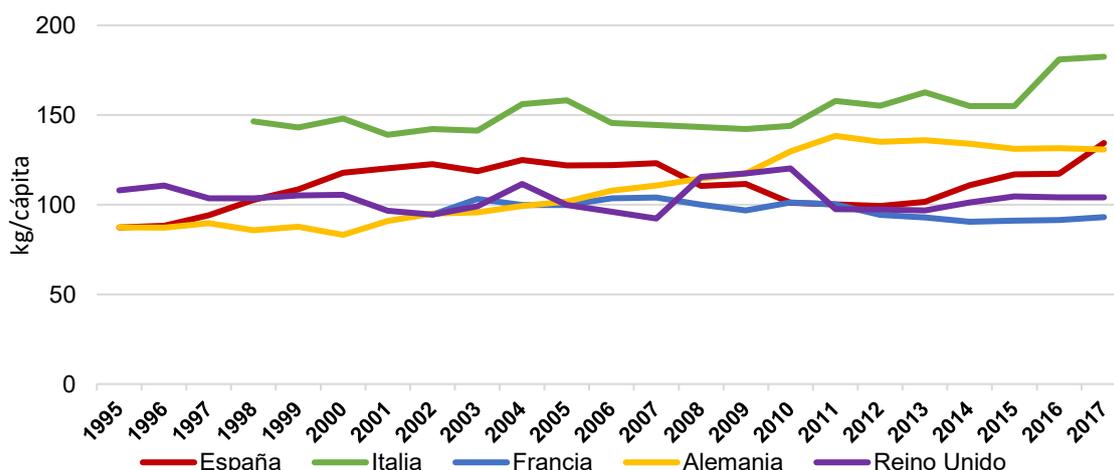


Figura 21. Producción y consumo nacional según EUROSTAT-PRODCOM [15]

<sup>4</sup> Contrastando los datos de EUROSTAT-PRODCOM con CEPI [28], Finnish Forest Industry [29] y datos presentados en el Las2017-UNECE[30] se ha concluido que los datos de EUROSTAT sobre la producción nacional en Finlandia no son correctos. Además, los datos sobre la producción italiana de 2016 y 2017 deben ser alrededor de 9-10 Mt en vez de 12 Mt.

### 2.2.5 Plásticos

El material que parece más presente en la vida diaria de los ciudadanos europeos es el plástico. El plástico se utiliza en un amplio rango de productos finales. Por su plasticidad, dureza, ligereza y su bajo coste se utiliza ampliamente como material de embalaje. Por otro lado, la durabilidad lo hace un material preferido para numerosos productos industriales. Los diferentes tipos de plásticos como PE, PP y PVC tienen en común que se sintetizan a partir de derivados químicos del petróleo. Así, la huella de carbono del uso de plástico en las diferentes aplicaciones es significativa.

Los diferentes usos se reflejan en el consumo de plástico al nivel europeo. Según la Asociación Europea de los Productores de la Industria del Plástico (PlasticsEurope), la demanda industrial de los diferentes tipos de plástico ha crecido continuamente en los países europeos. Analizando los datos del consumo anual publicado en varios informes públicos de PlasticsEurope [32], el consumo per cápita sigue creciendo en los países de Europa del Este, mientras que el consumo en las economías más grandes de la UE se ha mantenido relativamente plano durante los últimos 10 años (Figura 22). El efecto de la crisis económica después de 2007 sobre el consumo ha ido menos grave que en las otras materias primas. Aparte del consumo industrial alemán, la demanda en el resto de países no se ha recuperado completamente después de la crisis, y se mantiene a niveles casi estables desde 2009. De forma similar a la demanda de metales como el acero y el aluminio existe una correlación entre el consumo per cápita y la producción industrial, aunque esa correlación no permite explicar la gran diferencia entre el consumo de plástico en Alemania (de casi 150 kg/cápita) y el Reino Unido (menos de 60 kg/cápita).

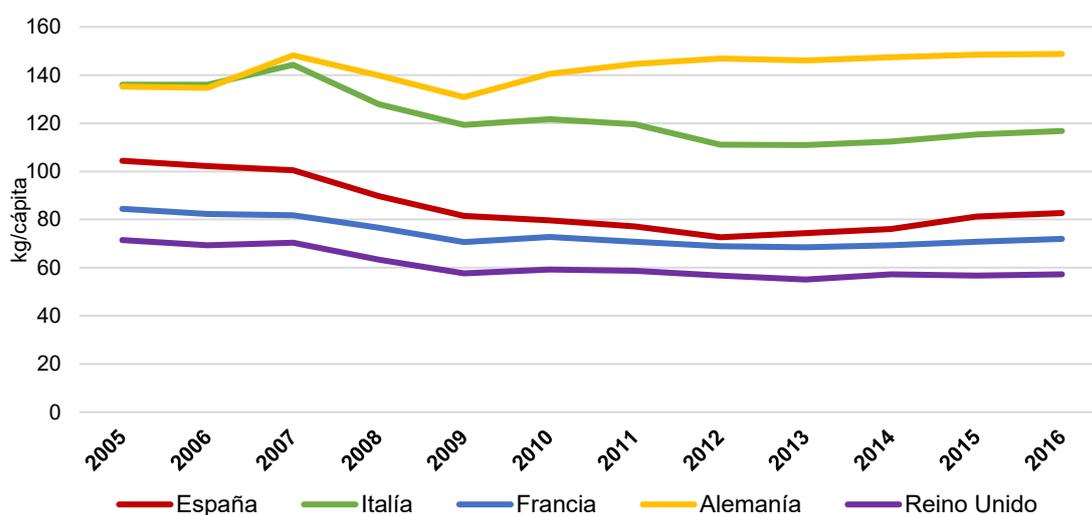


Figura 22. Consumo industrial de plástico según PlasticsEurope [32]

Los embalajes tienen una vida de producto relativamente corta. Así, las estadísticas de EUROSTAT sobre la generación de residuos de embalaje de origen plástico [33] sirven para evaluar el consumo per cápita de plástico como embalaje en las grandes economías europeas. En general, se puede concluir que el consumo de plástico es relativamente parecido en las grandes economías y se encuentra entre 28 y 32 kg/cápita (Figura 23).

Curiosamente, el consumo per cápita de plástico como embalaje en España, Italia, Francia, Alemania y Reino Unido se encuentra a un nivel más alto del promedio europeo (línea negra punteada). El consumo en Finlandia, por ejemplo, se queda en 22 kg/cápita, casi un 30% menos que el promedio europeo. Las trayectorias del consumo en los diferentes países durante los últimos 20 años cuentan historias muy distintas. Mientras que el consumo alemán se ha doblado durante esta época, España, Italia y Francia bajaron su consumo desde 2007. Este desarrollo puede indicar un cambio en la actitud de los consumidores respecto del embalaje de productos de consumo en estos países durante los últimos años, porque los responsables de la generación de residuos de embalaje de origen plástico son los consumidores y no la industria.

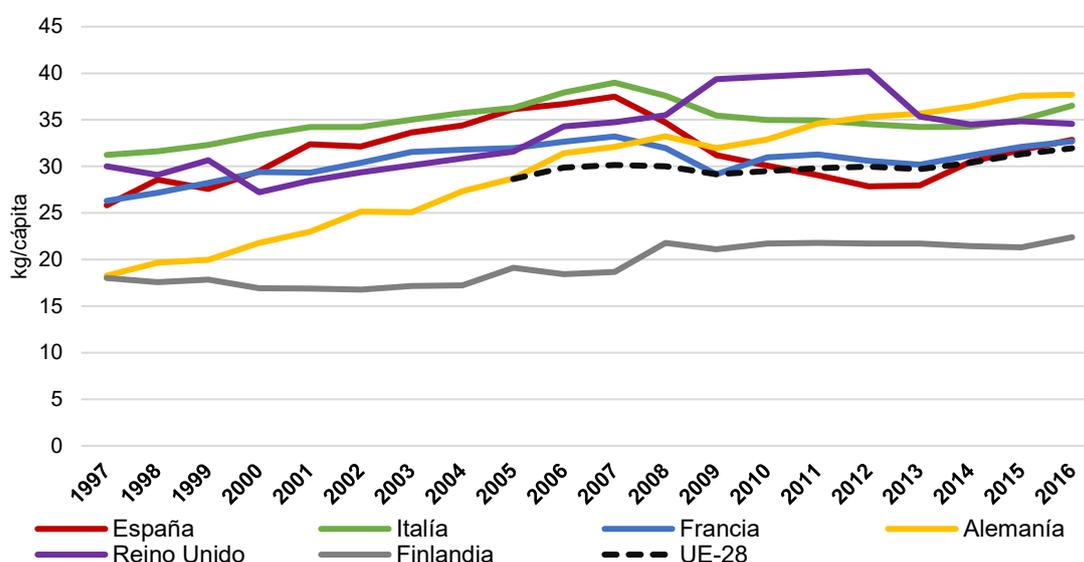


Figura 23. Generación de residuos de embalaje de origen plástico per cápita según EUROSTAT[33]

Analizando tanto el consumo industrial de plástico en España como la generación de residuos de embalaje de origen plástico en España, se puede concluir que España todavía tiene el potencial para recuperar más demanda. Existen dos argumentos principales en contra de una subida importante de la demanda de plásticos per cápita. Especialmente con respecto a los embalajes, la política nacional y europea intenta limitar el uso de plástico para aplicaciones de uso único. Con respecto al consumo industrial, se debe considerar la desindustrialización parcial que sufrió España entre 2008 y 2014 (Figura 15), y por eso el consumo industrial futuro de plástico se espera que se sitúe entre 80 y 90 kg/cápita per año.

### 2.3 Proyecciones para España y Europa

Los consumos futuros que se han identificado para España para las diferentes materias primas se basan en la demanda histórica en España y otros países europeos. A continuación, contrastamos estas observaciones con la futura demanda por materias primas de publicaciones gubernamentales y no-gubernamentales que se han descrito en la primera parte de este informe.

La Tabla 10 muestra los supuestos claves sobre el consumo de materias primas per cápita en España. Al contrario de las otras principales economías de la Unión Europea, se puede esperar una subida del consumo de casi todas las materias primas en España durante los años que vienen. El análisis en la sección 2.2 muestra que el consumo de cemento y acero todavía no se ha recuperado de la recesión económica. Contrastando el consumo de cemento y acero con otros países europeos, se concluye que esta subida puede ser significativa y especialmente ligada al sector de la construcción. De las fuentes revisadas en la parte I, sección 4, tanto Material Economics [11] como la OCDE [5] esperan el crecimiento del consumo de cemento a nivel europeo, pero ninguna fuente cuenta con un crecimiento significativo del consumo de acero. La Comisión Europea espera que haya un crecimiento del consumo de papel y aluminio, según los estudios con el modelo FORECAST [8]. Tomando en cuenta los supuestos sobre la trayectoria de la demanda de papel y aluminio de las publicaciones revisadas, se concluye que el consumo de aluminio podría subir hasta un 25% y el papel un 15%. Con respecto al plástico se espera un crecimiento de demanda menor en España que, por ejemplo, las proyecciones de Material Economics [11] para toda la UE. Aunque es factible que a nivel europeo el consumo per cápita supere 100 kg/cápita, por el desarrollo económico del Este de Europa, se espera que el consumo español no supere los 90 kg/cápita.

Tabla 10. Actual y futuro consumo de materias primas en España

	Consumo actual	Futuro consumo	DIFERENCIA	Tasas de crecimiento de las materias primas en Europa basadas en estudios anteriores (Tabla 8)																	
				OCDE[5]	INTRAW[7]	Lechtenböhrer et al.[10]	Material Economics[11]	CE CIRCULAR [4]	Modelo Forecast [8]												
									MIN (95%)	MAX (REF)											
<b>Cemento</b>	270 kg	300 – 500 kg	+10% hasta +80%	50 - 100%	0%	0%	0%	-8%	-2%	23%											
<b>Acero</b>	220 kg	250 – 300 kg	+15 % hasta +35%	0 %					0%	33%	-3%	-6%	-8%	2%							
<b>Aluminio</b>	13 kg	13 – 16 kg	hasta +25%									0 %	0%	33%	-3%	4%	6%				
<b>Papel</b>	130 kg	130 – 150 kg	-10% hasta +15%													0 %	0%	33%	-3%	10%	10%
<b>Plástico</b>	83 kg	80 – 90 kg	- 5% hasta + 10%																	0 %	0%
					0 %	0%	33%	-3%													
				0 %					0%	33%	-3%										
												0 %	0%	33%	-3%						
																0 %	0%	33%	-3%		
																				0 %	0%

Estas proyecciones reflejan el análisis cuantitativo de los datos históricos del consumo en España y otros países europeos y la evaluación cualitativa de diferentes informes y publicaciones sobre la futura demanda de estas materias básicas. Ahora bien, es importante situar en perspectiva esta evaluación con los objetivos de descarbonización de la sociedad, dado que todos los procesos productivos de materiales básicos suponen importantes emisiones de CO<sub>2</sub>. Por ello, puede ser conveniente, si la tecnología lo permite, sustituir algunos de estos materiales por otros sustitutos con menores emisiones de CO<sub>2</sub>. Nuestros resultados pueden entenderse por tanto como el consumo futuro de materias primas o sus equivalentes.

### III. MATERIAS PRIMAS Y NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

Las emisiones sectoriales dependen del futuro consumo y uso de materias primas y su producción. Hoy en día, la producción y el tratamiento de materias primas es el principal emisor de emisiones de CO<sub>2</sub> en Europa y España, responsable de hasta 70% de todas las emisiones industriales. La transición tecnológica hacia una producción sostenible de materias primas con bajas emisiones es clave.

Recientemente el IIT publicó un trabajo de investigación detallado sobre las diferentes tecnologías que tienen el potencial de descarbonizar los procesos de producción de materias primas [34]. La revisión de varias trayectorias técnicas y de la literatura científica muestra que la mejora de eficiencia y la electrificación de los procesos de calor tiene sus límites. La electrificación de los procesos de calor solamente es factible solo para aquellos que requieren unas temperaturas de hasta aproximadamente 200°C. Nuevas tecnologías y procesos innovadoras son necesarios para los sectores más contaminantes como el del acero, del cemento y de la química. Opciones como el nuevo diseño de hornos, el uso de biomasa como combustible, la captura de CO<sub>2</sub> y, especialmente en el sector químico, el uso de membranas, son las más planteadas en los distintos estudios.

Aunque sólo se menciona brevemente en esta publicación, el uso de hidrógeno se presenta como el nuevo Santo Grial de la descarbonización de procesos industriales. Anteriormente, la captura y el almacenamiento de CO<sub>2</sub> había dominado la discusión sobre la descarbonización de industrias con pocas posibilidades tecnológicas de reducción de emisiones como el sector de cemento. Los costes muy elevados de la captura de CO<sub>2</sub> y la pregunta sin resolver sobre la viabilidad del almacenamiento subterráneo son las barreras principales para la introducción de esta tecnología [34]. En cambio, la producción de hidrógeno a través de la tecnología de electrolisis puede sustituir el uso de fuentes fósiles como combustible en muchos procesos de producción sin la necesidad de un cambio profundo de los procesos de producción industrial. Quemar hidrogeno no emite CO<sub>2</sub>. El gran reto del hidrógeno es la intensidad energética de su proceso de producción. En su informe publicado recientemente, el World Energy Council evalúa la competitividad del hidrógeno frente al gas natural. Sus previsiones anticipan una mejora de la intensidad energética de 55 kWh/kg a 50 kWh/kg y así lo consideran competitivo con la captura de CO<sub>2</sub> en 2030 [35].

En cualquier caso, los estudios y la futura investigación sobre el uso de hidrogeno deben tomar en cuenta que su coste de producción está vinculado a la bajada prevista de los costes de inversión para la energía eólica y solar fotovoltaica. Si se implementa a gran escala, el coste de la energía (LCOE) a partir de solar FV y eólica sería el que definiría los costes de producción de hidrógeno. Habrá que responder también las cuestiones abiertas sobre el coste y la necesidad de nueva infraestructura para la producción y el transporte de hidrógeno y la posibilidad a transportar y consumir hidrógeno en mezcla con gas natural. Además, la industria de materias primas competiría con otros sectores, como el transporte, por el uso del hidrógeno.

---

## Referencias

- [1] European Commission, "A Clean Planet for all A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy," European Commission, Brussels, COM(2018) 773 final, Nov. 2018.
- [2] MITECO, "Borrador del plan nacional integrado de energía y clima 2012-2030," MITECO, Feb. 2019.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Global warming of 1.5°C*. Geneva: IPCC, 2018.
- [4] European Commission, "In-Depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773," European Commission, Brussels, COM(2018) 773 final, Nov. 2018.
- [5] S. Agrawala, R. Dellink, J. Chateau, R. Bibas, E. Lanzi, and M. Benkovic, "Global Material Resources Outlook to 2060," OECD Publishing, Paris, Feb. 2019.
- [6] Joint Research Centre, "Global Energy and Climate Outlook 2018: Sectoral mitigation options towards a low-emissions economy," European Commission, JRC, Sevilla, 2018.
- [7] "The world of raw materials 2050 | Intraw." 2019.
- [8] T. Fleiter, A. Herbst, M. Rehfeldt, and M. Arens, "Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry. Part 2: Scenario analysis and pathways to deep decarbonisation," Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI), ICF Consulting Services Limited, Karlsruhe, Mar. 2019.
- [9] T. Wyns, G. Khandekar, and I. Robson, "Industrial Value Chain - A Bridge Towards a Carbon Neutral Europe," Vrije Universiteit Brussel (VUB) - Institute for European Studies (IES), Sep. 2018.
- [10] S. Lechtenböhmer, L. J. Nilsson, M. Åhman, and C. Schneider, "Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification – Implications for future EU electricity demand," *Energy*, vol. 115, pp. 1623–1631, Nov. 2016.
- [11] P.-A. Enkvist and P. Klevnäs, "The Circular Economy - A powerful force for climate mitigation," Material Economics, Stockholm, Sweden, Jun. 2018.
- [12] European Commission, "A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050," *European Commission*, 2011.
- [13] J. Elnert *et al.*, "Research and Innovation Roadmap 2050. A Sustainable and Competitive Future for European Raw Materials," European Technology Platform

---

on Sustainable Mineral Resources (ETP SMR), Forest-based Sector Technology Platform (FTP), Brussels, May 2018.

- [14] EUROSTAT, "Eurostat - Material flow accounts," 2019. [Online]. Available: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>. [Accessed: 05-Apr-2019].
- [15] EUROSTAT, "Prodcom - Statistics by Product," *Eurostat - Your key to European statistics*, 2018. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/prodcom>. [Accessed: 26-Jan-2018].
- [16] S. Manfredi, P. Nuss, F. Passarini, L. Ciacci, European Commission, and Joint Research Centre, *Material flow analysis of aluminium, copper, and iron in the EU-28*. 2018.
- [17] EUROSTAT, "National accounts and GDP," Jul-2018. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=National\\_accounts\\_and\\_GDP#Gross\\_value\\_added\\_in\\_the\\_EU\\_by\\_economic\\_activity](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=National_accounts_and_GDP#Gross_value_added_in_the_EU_by_economic_activity). [Accessed: 22-May-2019].
- [18] Banco Mundial, "Industria, valor agregado (% del PIB) | Data," 2019. [Online]. Available: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.IND.TOTL.ZS?end=2017&locations=DE-FI-ES-IT-GB-FR&start=1995>. [Accessed: 22-May-2019].
- [19] European Commission, "The state of aluminium production in Europe," Brussels, 11-Jun-2013.
- [20] OECD, "OECD Global Forum on Environment Focussing on Sustainable Materials Management - Material Case Study 2: Aluminium," OECD, Mechelen, 2010.
- [21] E. Mayr, "Global Aluminum FRP Industry," presented at the 28th International Aluminum Conference, Geneva, 13-Sep-2013.
- [22] EAA, "Aluminium use per capita in the world (2008)," 2009. [Online]. Available: <http://www.proalupack.at/de/108.html>. [Accessed: 09-May-2019].
- [23] British Geological Survey (BGS), "World mineral statistics data | Statistics & Commodities | MineralsUK," 2017. [Online]. Available: <http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/wms.cfc?method=searchWMS>. [Accessed: 22-May-2019].
- [24] GDA, "Verwendete Menge an Aluminium in Deutschland nach Hauptverwendungsgebieten im Jahr 2017\* (in 1.000 Tonnen)," *Statista*, 2019. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28203/umfrage/verwendung-von-aluminium-nach-industriezweigen-in-2007/>. [Accessed: 22-May-2019].

- 
- [25] VDA, "Annual Figures: Export," 24-Apr-2018. [Online]. Available: <http://vda.de>. [Accessed: 22-May-2019].
- [26] CEPI, "The Forest Fibre Industry: 2050 Roadmap to a low-carbon bio-economy," Confederation of European Paper Industries, 2011.
- [27] ASPAPEL, "actualidad / sala de prensa," 2019. [Online]. Available: <http://www.aspapel.es/actualidad/sala-de-prensa>. [Accessed: 22-May-2019].
- [28] CEPI, "Key statistics 2016: European pulp & paper industry," Confederation of European Paper Industries, 2017.
- [29] Finnish Forest Industries, "Statistics: Pulp and Paper Industry," *Finnish Forest Industries*, 2019. [Online]. Available: <https://www.forestindustries.fi/statistics/pulp-and-paper-industry/>. [Accessed: 22-May-2019].
- [30] S. B. Nilsson, "European Market Overview," presented at the Las2017 - Joint Session of the ECE Committee on Forests and the Forest Industry and the FAO European Forestry Commission, Warsaw, 13-Oct-2017.
- [31] P. Berg and O. Lingqvist, "Pulp, paper, and packaging in the next decade: Transformational change," *McKinsey & Company*, Stockholm, May-2017.
- [32] PlasticsEurope, "European Plastics Industry Market Data," 2019. [Online]. Available: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>. [Accessed: 22-May-2019].
- [33] EUROSTAT, "Waste statistics - Statistics Explained," 2019. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Total\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation). [Accessed: 22-May-2019].
- [34] T. Gerres, J. P. Chaves Ávila, P. L. Llamas, and T. G. San Román, "A review of cross-sector decarbonisation potentials in the European energy intensive industry," *Journal of Cleaner Production*, vol. 210, pp. 585–601, Feb. 2019.
- [35] "Hydrogen - Industry as Catalyst," World Energy Council Netherlands, Tilburg (NL), 2018.





Santa Cruz de Marcenado, 26  
28015 Madrid  
Tel +34 91 542 28 00  
Fax + 34 91 542 31 76  
[secretaria.tecnica@iit.comillas.edu](mailto:secretaria.tecnica@iit.comillas.edu)  
[www.iit.comillas.edu](http://www.iit.comillas.edu)