

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

**MÁSTER EN ECONOMÍA INTERNACIONAL Y DESARROLLO**



Trabajo de Fin de Máster

**EL METABOLISMO DE LA ECONOMÍA CHINA. UNA VISIÓN DEL DESARROLLO DESDE  
LA ECONOMÍA ECOLÓGICA**

Profesora: Dra. Raquel Marbán Flores

Elena Pérez Lagüela

Madrid, septiembre 2016

## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	6
<b>3. OBJETIVO DEL TRABAJO</b>	8
<b>4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>	9
4.1. Flujos de entradas al sistema ( <i>inputs</i> )	10
4.2. Flujos de salidas del sistema ( <i>outputs</i> )	11
4.3. Balance de materiales	11
4.4. Análisis de productividad	11
4.5. Curva de Kuznets Ambiental (CKA)	12
<b>5. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	12
5.1. Flujos input	12
5.2. Consumo y Balance Comercial Físico	17
5.3. Flujos output	25
<b>6. CONSIDERACIONES FINALES</b>	27
6.1. Resultados y conclusiones	27
6.2. Limitaciones del presente trabajo y líneas abiertas para futuras investigaciones	29
<b>7. REFERENCIAS</b>	31
<b>ANEXO I. DESGLOSE DE LOS INDICADORES SELECCIONADOS DE LA CONTABILIDAD DE FLUJOS MATERIALES</b>	36
<b>ANEXO II. ESCENARIOS FUTUROS</b>	38
Flujos input	38
Consumo	39
Flujos output	39

## **Resumen**

El paso de la economía china de una con naturaleza productiva a una con carácter adquisitivo puede estudiarse en base a la forma que toman sus relaciones económicas con el resto del mundo desde un punto de vista ecológico. La transformación de su estructura productiva, causa y consecuencia de la evolución que ha experimentado su posición en la división internacional del trabajo, también puede ser analizada desde la perspectiva de la Economía ecológica. Ambas dimensiones de análisis, la de su estructura productiva y la de sus relaciones económicas internacionales desde una perspectiva ecológica, se insertan en un enfoque que pretende evidenciar la insostenibilidad de los modelos de desarrollo económico capitalista.

El fin del aislamiento económico de China supuso un cambio en su modelo de desarrollo, así como en sus relaciones con el resto del mundo. Desde entonces, China ha registrado un aumento en la recepción de flujos de materiales que se extraen en otras partes del mundo. Esta dinámica queda patente a partir de la década de los noventa del pasado siglo, cuando el comportamiento de la economía china en términos de su metabolismo comienza a asemejarse al de los países del centro del sistema económico, y se convierte en un importador neto de materiales. Todo ello, unido a su dinámica demográfica, presenta una serie de tendencias que resultan de por sí insostenibles, pero que muestran visos de mantenerse a costa de la sostenibilidad de otros territorios.

Así, en este trabajo se presenta un análisis del metabolismo de la economía china, persiguiendo un doble objetivo: por un lado, corroborar la evolución de la estructura económica china de un modelo productivo a uno adquisitivo en términos físicos, convergiendo hacia los niveles de consumo de materiales de los países desarrollados; por otro lado, constatar los efectos que la actividad económica tiene sobre el medio ambiente. En relación con este segundo propósito, además, se analizará cómo el intercambio desigual en términos ecológicos perpetúa las relaciones de dependencia en de la división internacional del trabajo dentro del actual régimen de acumulación.

### **Palabras clave**

China, análisis de flujo de materiales (AFM), desarrollo económico, metabolismo industrial, sostenibilidad.

# 1. INTRODUCCIÓN

La dirección de los flujos materiales constituye una parte fundamental de la competencia entre capitales. El control de los flujos económicos, energéticos y materiales resulta central para las fuerzas de la competencia y la acumulación de capital, y genera desigualdades sociales y ambientales a lo largo de la economía global, tanto dentro de las naciones, como a nivel internacional (Clark y Bellamy Foster, 2012: 1).

Stephen Bunker (1984 y 1985) llamó la atención sobre cómo la extracción y exportación de recursos naturales desde los países periféricos hacia los países más desarrollados involucraba flujos de intercambio de carácter vertical no sólo de valor económico, sino también de valor material. Estos acuerdos de intercambio, influidos por la dinámica de la economía global y las posiciones, en ocasiones cambiantes, que ostentan los países dentro del sistema-mundo, han afectado históricamente de manera negativa a los países extractivistas, socavando sus condiciones socio-ecológicas (Clark y Bellamy Foster, 2012: 3).

Los estudios acerca del «intercambio ecológico desigual» se han basado en el trabajo seminal de Bunker, así como en la teoría del intercambio desigual desarrollada por Emmanuel (1972), con el fin de demostrar la naturaleza desproporcionada y descompensada que adquieren las transferencias de materia desde la periferia hacia el centro -y la explotación de espacio ambiental dentro de la propia periferia— que se convierte en espacio para la producción intensiva y la disposición de desechos del centro (Frey, 1994; Hornborg, 2003; Rice, 2007). De esta suerte, la «huella ecológica»<sup>1</sup> de las naciones del centro del sistema económico implica la apropiación de la tierra, los recursos y el trabajo en los países menos desarrollados, incrementando así la degradación ambiental en estos últimos para el beneficio de los primeros (Hornborg, 1998a, 2001; Jorgenson, 2006).

En este sentido, la magnitud del efecto de la transición industrial china en la demanda global de recursos no ha tenido, si se considera en términos absolutos, precedentes (West *et al*, 2013: 1). La transición económica china ha sido responsable de la mayoría del crecimiento anual en el consumo global de materiales desde los inicios del presente siglo (West *et al*, 2013: 1).

Por ejemplo, desde la perspectiva de los minerales, China se ha convertido en una de las principales productoras y consumidoras del mundo. Según sus estadísticas aduaneras, los intercambios comerciales totales de minerales se incrementaron un 7,9% en 2013, alcanzando una cifra de 4,16 billones de dólares (USGS, 2015: 9.3). En el caso concreto del cemento, un material cuyo uso se incrementa a medida que un país avanza en su nivel de desarrollo debido a la construcción de infraestructuras y al proceso de urbanización<sup>2</sup>, las cifras son reveladoras: China ha utilizado más cemento entre 2011 y 2013 (6,6 gigatoneladas) que Estados Unidos en todo el siglo XX (4,5

---

<sup>1</sup> La «huella ecológica» es un indicador biofísico de sostenibilidad, desarrollado por Rees y Wackernagel (1996) que permite medir los distintos impactos del ser humano sobre su entorno. Dicho indicador se construye a partir de la relación que existe entre la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta y la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar esos recursos. El resultado representa el área de tierra o agua ecológicamente productivos -e, idealmente, también el volumen de aire— necesarios para generar recursos y para asimilar los residuos producidos por cada población de acuerdo a su modo de vida, de forma indefinida.

<sup>2</sup> El porcentaje de población urbana se ha incrementado en un 301,47% (ONU, 2015) en el periodo analizado, mientras que la inversión residencial lo ha hecho en un 15122,11% en el mismo periodo (1980-2014) (NBS, 2016).

gigatoneladas) (USGS, 2016). Incluso, si se toman en cuenta los intercambios de bienes bióticos, como la madera, se asiste a un fenómeno similar: las importaciones de madera y productos madereros del África Subsahariana en China han aumentado su volumen en un 700% en los últimos nueve años (You y Ren, 2015: 7). Es especialmente destacable el incremento registrado entre los años 2011 y 2012: sólo en un año se multiplicó por diecisiete el volumen<sup>3</sup> de los productos madereros importados por China desde la región (You y Ren, 2015: 10).

Así, según el mercado chino adquiere cada vez mayor importancia en el intercambio de materiales a escala global, las características de su mercado influyen, de manera creciente, en la forma que adoptan las industrias de producción y explotación de recursos naturales a nivel mundial (You y Ren, 2015: 7). Podría afirmarse, entonces, que este inédito crecimiento económico y material chino está contribuyendo a transformar las relaciones económicas, sociales y ecológicas de la etapa actual del régimen de acumulación capitalista.

Es tal la envergadura del proceso que, en el 18º Congreso Nacional del Partido Comunista Chino, celebrado en 2012, el Consejo de Estado de la República Popular China fijó las dos líneas de reforma principales que actuarían como directrices del modelo de desarrollo en los años venideros: en primer lugar, la mejora de la eficiencia en el uso y distribución de los recursos. En segundo lugar, la aceleración del crecimiento económico<sup>4</sup> con el fin de revertir el proceso de sobrecapacidad en el que se veía (y continúa estando) inmersa la economía china (USGS, 2015: 9.2).

Teniendo todo lo anterior en cuenta, cabe recordar, brevemente, las etapas del proceso de desarrollo chino que han dado lugar a esta transición en el uso de materiales y que sitúan a China en la posición que ocupa actualmente en el sistema económico internacional y en la división internacional del trabajo.

Tal y como señalan Palazuelos y García (2007 y 2008), «las características [del] desarrollo económico [chino] ejercen una influencia decisiva en el comportamiento de los rasgos que caracterizan a la transición energética [y material]». Es la dinámica de transformaciones de las tres últimas décadas la que permite identificar dos largas etapas asociadas con el proceso de transición hacia una economía de mercado.

La primera etapa abarca desde 1978 a 1992. Las reformas emprendidas fueron importantes, pero no supusieron un abandono definitivo de la economía de planificación. Los rasgos definitorios de esta etapa se relacionan de manera estrecha con la naturaleza particular de los procedimientos «específicamente chinos» de abordar la reforma de su anterior sistema económico. Las empresas estatales continuaban estando controladas por el gobierno; las empresas no estatales, en su mayoría, eran colectivas o contaban con algún tipo de participación pública; y no existían instituciones de mercado tales como los sistemas fiscales, financieros, seguridad social y normativas legales de diverso tipo (Palazuelos y García, 2008: 199).

---

<sup>3</sup> Únicamente tuvo lugar un aumento en términos de volumen, no así en valor. Este hecho constituye uno de los elementos clave a considerar para analizar los términos de intercambio ecológico desigual que serán tratados más adelante en el texto.

<sup>4</sup> Estos objetivos, *a priori* compatibles, adquieren sentido dentro de la dinámica de la «desmaterialización», o *decoupling*, a la que, según algunos autores, se está asistiendo en las economías desarrolladas. Como se mostrará más adelante en ese trabajo, y tal como señalan autores como Carpintero (2005: 344-346), no sólo estas economías no están asistiendo a un proceso de «desmaterialización», sino que se están «rematerializando». Veremos que la economía china está tendiendo a converger con las economías del centro del sistema económico en términos de uso y consumo de materiales, por lo que tratar de situar a la economía china en la órbita de la «desmaterialización» resulta, cuando menos, inadecuado.

La segunda etapa se corresponde con la consolidación de la economía de mercado, y puede situarse entre la última década del pasado siglo y la primera del presente siglo. Esta etapa se caracterizó por hacer frente a importantes retos para conseguir el objetivo del desarrollo. Retos que implicaban la sumisión de la economía china en un proceso de grandes cambios económicos y sociales. De ellos, pueden destacarse tres rasgos básicos: primero, la importante expansión de la producción, basada en una intensa acumulación de capital fijo; segundo, la modernización de la industria; y, por último, la modificación de las pautas de la vida social de la población (Palazuelos y García, 2008: 199-200).

En la actualidad, el proceso de desarrollo chino parece estar internándose en una nueva fase. Esta etapa se caracteriza porque combina una apuesta decidida por la inserción exterior en los mercados internacionales, y en las redes de producción globales, con un viraje hacia la satisfacción de las necesidades de una demanda interna cada vez más importante. Esta estrategia bicípite está dando lugar a un proceso de diversificación industrial que cuenta con dos vertientes diferenciadas: una, la exterior, compuesta por las ramas industriales de mayor valor añadido; otra, la interior, encarnada por las producciones intermedias<sup>5</sup>, que trata de hacer frente a las nuevas necesidades que surgen de los cambios socio-económicos que moldean la demanda interior china contemporánea (Palazuelos y García, 2008: 203).

Es en este contexto de cambio que se sitúa el estudio, en el cual se analiza la relación que existe entre el proceso de desarrollo capitalista y la degradación ambiental a través del comportamiento de los flujos de materiales que tienen lugar en la economía china.

El presente trabajo presenta, entonces, la siguiente estructura: en la primera parte, se ofrece un breve recorrido por la literatura relativa a la metodología del análisis de flujos de materiales (AFM), y se ponen de relevancia los aspectos fundamentales que se encuentran detrás de la elección del objeto de estudio: por un lado, los objetivos que se persiguen con este análisis; por el otro, una descripción detallada de la metodología a utilizar. En la segunda parte, se procede a examinar el estudio de caso en sí: el análisis del metabolismo socioeconómico de la economía china. Este análisis se divide, a su vez, en dos apartados: uno, que hace referencia a los flujos *input* de materiales hacia la economía china; otro, que da cuenta de los flujos *output* y los residuos que, en forma de contaminación, se generan con el proceso económico. Finalmente, se exponen las principales conclusiones del análisis, y se ofrecen algunas referencias para futuras líneas de investigación, vinculadas en su mayoría a las limitaciones del propio trabajo.

## 2. MARCO TEÓRICO

Las primeras referencias al estudio físico de la economía se remontan a las reflexiones de P. Geddes, S. Podolinsky, L. Pfaundler y F. Soddy que, a principios del siglo XX, comenzaron a estudiar la capacidad de sustentación de la Tierra y a considerar la necesidad de incluir los flujos materiales, mediante la incorporación de las leyes de la termodinámica en la disciplina económica, posicionándose frente al

---

<sup>5</sup> De ellas, destacan dos dimensiones: una, caracterizada por la expansión de los sectores «modernos» (maquinaria y equipos de transporte); la otra, representada por la creciente importancia del sector de la construcción de inmuebles e infraestructuras, vinculada a tres aspectos: i) al crecimiento de la población (y al creciente gasto de los hogares, favorecido por el aumento del poder adquisitivo); ii) al proceso de urbanización asociado al crecimiento poblacional; iii) al fortalecimiento del sector de transportes, también relacionado con las tendencias demográficas y urbanizadoras (Palazuelos y García, 2008: 203).

estudio de la «economía del *perpetum mobile*» (Carpintero: 2005: 44-50; Carpintero 2006: 115 y ss.; Martínez-Alier y Roca, 2013: 52).

Posteriormente, esa vertiente discursiva que trataba de la interrelación entre el sistema *biogeofísico* y el subsistema económico comenzó a acercarse al estudio del metabolismo social de las economías. Los análisis de este tipo experimentaron un auge significativo en la década de los setenta, de la mano de autores como, o H. Daly (Carpintero, 2005: 49) debido, entre otras causas, a la crisis del petróleo, que puso de manifiesto la necesidad de conocer mejor la dependencia humana de los recursos naturales (Velasco, 2012: 17). Estos estudios (Ayres y Simonis, 1994; Costanza 1980; Fischer-Kowalski, 1998; Georgescu-Roegen, 1971; Gilliland, 1978; Hall *et al*, 1986; Herendeen, 1981; Leach, 1976; Morowitz, 1979; Odum, 1971, 1983; Pimentel y Pimentel, 1979; Rappaport, 1971; Slessor, 1978; Smil, 1987) centraban su análisis en la interacción de los sistemas socioeconómicos con su entorno físico y «muchos de ellos fueron ampliamente utilizados para el estudio de sistemas rurales y de pequeñas comunidades humanas» (Velasco, 2012: 18).

No es hasta finales del siglo XX cuando, en pleno debate sobre la «desmaterialización» de la economía a raíz de su terciarización y del ascenso de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), emergen voces disidentes con estos planteamientos que sacan a la luz los costes ambientales ocultos de estos procesos. Desde la Economía Ecológica, reuniendo toda la tradición de análisis económico-físicos, se pone en duda ese desapego material de la actividad productiva, basado sobre todo en la superación de los límites físicos y la capacidad de carga del planeta, y se cuestionan los análisis derivados de la aplicación de la «Curva de Kuznets Ambiental», que vincula el desarrollo económico con la conservación ambiental, a los procesos de desarrollo económico (Carpintero, 2005:133).

Posteriormente, se sucedieron varios intentos de reverdecir las cuentas nacionales mediante el desarrollo de la metodología del PIB Verde por parte de organismos internacionales (OCDE y Eurostat, fundamentalmente), o por la modificación de los propios sistemas de cuentas, tanto desde las organizaciones internacionales, como por parte de los propios Estados, a los que se les añadieron «variables de impacto ambiental» como ocurrió en el caso del sistema de contabilidad nacional de Francia. Sin embargo, estas medidas no consiguieron desvincularse del instrumental de valoración monetaria propio de la economía convencional, por lo que fueron rechazados como indicadores de deterioro ambiental, en unos casos, y de sostenibilidad, en los otros, por parte de los teóricos de la Economía Ecológica y de la sostenibilidad ambiental «fuerte» (Carpintero, 1999: 162 y ss.).

Así, llegados a este punto, se asistió al desarrollo de metodologías de carácter más físico, que se formulaban en consonancia con el desarrollo teórico de la disciplina de la Economía Ecológica y a la adopción de criterios contables propios de disciplinas como la Física o la Biología. Comienza a hablarse entonces de Huella Ecológica (HE), Requerimientos Totales de Materiales (RTM), Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los productos y Análisis de Flujos de Materiales (AFM), entre otros, para completar el análisis del impacto de la actividad económica sobre el medio ambiente. En este punto es importante destacar la labor de organizaciones como el Wuppertal Institute (WI) y del Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF) en el desarrollo de estas novedosas metodologías (Carpintero, 2005: 128).

Estos análisis buscan revelar la parte oculta de la actividad económica que se desatiende en el análisis económico convencional —que ignora la fuente de obtención de los inputs que se añaden al proceso productivo— y que, por tanto, obvia el papel de

los residuos que salen del sistema como resultado de las pérdidas y fricciones de energía y materia dentro del proceso productivo<sup>6</sup>.

El AFM ofrece, así, una perspectiva más completa de los efectos del proceso productivo de las economías, en tanto complementa los datos puramente macroeconómicos, con indicadores físicos de uso y consumo de materiales y recursos. Esta metodología, en la actualidad, goza de amplio reconocimiento por parte de la Academia (Adriaanse *et al*, 1997; Ayres y Simonis, 1994; Bringezu, 2000; Bringezu y Moll, 1998; Carpintero, 1999 y 2005; Carpintero *et al*, 2015; Daniels y Moore, 2002; Fischer-Kowalski, 1998; Fischer-Kowalski *et al*, 2001; Kneese *et al*, 1975; Martínez-Alier y Roca, 2001; Matthews, 2000; Naredo y Valero, 1999; WU y Dittrich, 2014), y también desde la esfera pública, pues son varios los Organismos que han tomado este procedimiento como suyo, elaborando manuales con pautas de análisis. Ejemplos de ello pueden encontrarse en la UE (CE, 2001; 2002; 2003; Eurostat: 2009; 20012 a y b), OCDE (2000 y 2008) y, recientemente, en el INE (2015) que ha comenzado a incorporar las cuentas de flujos de materiales para España a su base estadística.

Entonces, frente a la narrativa convencional y la corriente de pensamiento ortodoxa que prioriza el crecimiento de las economías y su desarrollo material por encima de cualquier otro objetivo económico, se antoja necesario comprender los efectos que la promoción de dichas metas tiene sobre el contexto en el que se lleva a cabo: el Planeta. Sin embargo, el análisis que pretende realizarse escapa a esa ambición analítica por considerarla inabarcable, por lo que se prefiere utilizar un objeto de estudio que pueda ser contenido en el esquema de análisis propuesto y que, al mismo tiempo, sea representativo de estas tendencias y de su aceleración en el último siglo: la economía china, la segunda más grande del mundo en términos de PIB nominal, y el país de más rápido crecimiento económico en el mundo desde la década de 1980.

### 3. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo consiste en tratar de calcular el metabolismo de la economía China<sup>7</sup>: sus cuentas de flujos de entrada (de materiales<sup>8</sup>) y de salida (de residuos) desde y hacia el exterior. En suma, se intentará mostrar el proceso de acumulación como un proceso ecológico, en el cual el tipo de inserción internacional característico de la economía china condiciona su uso de materiales nacional y su dinámica de uso de combustibles fósiles. Se tratará de demostrar que, en último término, el desarrollo económico posee un soporte físico, y que las dinámicas de acumulación y consumo que permiten la puesta en marcha de un proceso de

---

<sup>6</sup> Estos planteamientos adquieren, a su vez, su soporte teórico de las leyes de la entropía, que describen precisamente la transformación que experimentan la materia y la energía tras su uso, y la irreversibilidad asociada a los procesos de consumo de energía y materiales, dada la degradación que experimentan en su calidad una vez utilizados.

<sup>7</sup> Todo el análisis metabólico se realiza en base al territorio administrativo chino «oficial» por lo que, a efectos de este estudio, Hong Kong y Macao se consideran como China. La problemática de tipo político queda fuera de este análisis (aunque se reconoce su importancia a todos los efectos), ya que este estudio se limita únicamente a la estimación de la sostenibilidad ecológica de un territorio geográfico delimitado por convención.

<sup>8</sup> Incluir los flujos energéticos en este análisis, pese a ser enriquecedor al permitir la comparación entre las cuatro dimensiones interrelacionadas (macroeconómica, material, energética y demográfica), resulta, por definición, imposible: la energía forma parte de un circuito abierto (que no puede ser cerrado nunca ya que se rige por dos leyes de la termodinámica: el principio de conservación de la energía y el principio de irreversibilidad de los procesos), mientras que los materiales pertenecen a un circuito cerrado (lo que permite su estudio en base a flujos de entrada y salida, considerando el sistema económico-material como un ciclo que posibilita la reutilización de los residuos).



desarrollo económico capitalista se derivan de las ventajas de la posición que ocupa cada economía en las relaciones económicas internacionales, permitiendo a las economías más desarrolladas apropiarse de la riqueza material de otros territorios. Desde el enfoque de la Economía ecológica se procurará evidenciar la existencia de una jerarquización y subordinación de territorios en el sistema-mundo también desde el punto de vista ecológico.

Con el fin de ordenar el análisis, se enuncian las hipótesis de trabajo:

H.1. Si en los últimos años han tenido lugar cambios en la cantidad y en la tipología de la movilización de materiales dados los cambios económico-sociales que se han producido en la economía china, entonces se puede estar asistiendo a una transformación en el nivel y la naturaleza de los requerimientos materiales de dicha economía. La conjetura es que *China podría estar inscribiéndose en la senda del modelo de desarrollo capitalista (analizado en términos físicos) propio de los países más avanzados, reproduciendo sus pautas de consumo de materiales, y transformándose en una economía netamente adquisitiva de recursos del exterior.*

H.2. No obstante, una vez que China alcance un nivel de desarrollo determinado, *su perfil metabólico debería estabilizarse y, con ello, disminuir su uso de recursos y producción de residuos* acorde con las predicciones de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) y los procesos de desmaterialización de las economías.

Llegados a este punto, resulta conveniente aclarar los aspectos relevantes sobre la elección que se ha hecho en cuanto al período de análisis. El examen de las principales variables comprenderá un periodo de tiempo que discurre desde 1980 hasta la actualidad para incluir los años de rápido desarrollo y crecimiento económico del país. Estos años coinciden con su gestación como potencia comercial mundial y la posterior constatación de este *status*. Todo ello, con el fin de exponer la degradación ambiental causada por un modelo de desarrollo depredador de recursos materiales. Al mismo tiempo, se pretende mostrar su insostenibilidad, especialmente si se considera también la evolución de sus dinámicas demográficas y las tendencias a futuro.

## 4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación propuesta se sitúa dentro del marco teórico de la Economía ecológica, y se basa en procedimientos de análisis próximos a los modelos de flujos-fondos, el enfoque de balance de materiales y el análisis del intercambio ecológico desigual. Todo ello, articulado por la clave de bóveda de este trabajo: las leyes de la termodinámica aplicadas a la economía, como expresión teórica de la limitación física a la expansión del sistema económico.

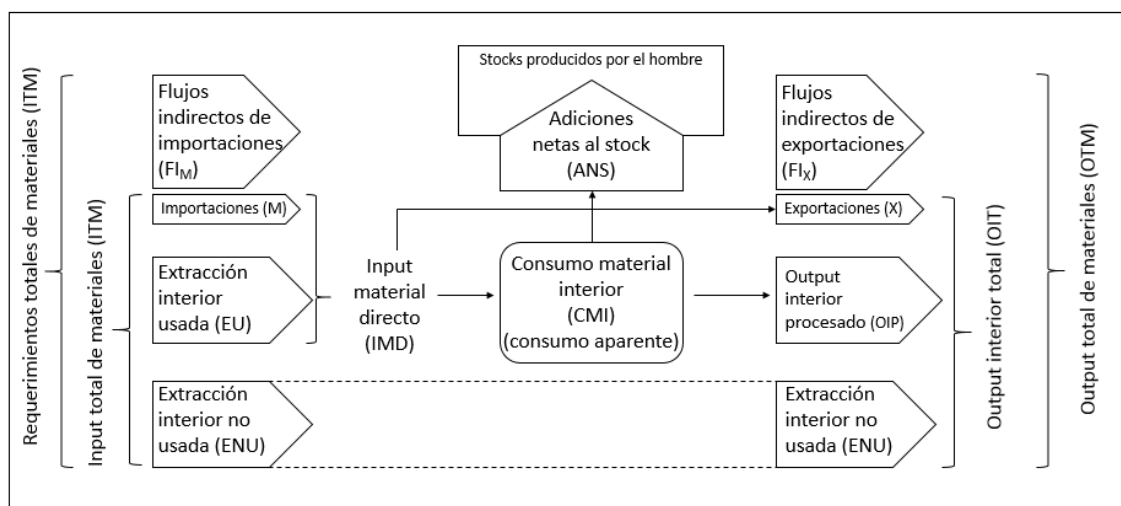
Así, se utilizará la metodología del Análisis de Flujo de Materiales (AFM), que surge de las aportaciones del enfoque de balance de materiales. El AFM comprende «la extracción, producción, transformación, consumo, reciclaje y vertido de materiales (substancias, materias primas, productos, manufacturas, residuos, emisiones al aire o al agua)» (Carpintero, 2005: 123). Por ende, el AFM une el metabolismo económico<sup>9</sup> y la sostenibilidad al permitir un seguimiento sistemático de los flujos físicos de recursos naturales a través de todas las fases del proceso productivo (Carpintero, 2005: 13).

---

<sup>9</sup> El metabolismo económico resulta de una analogía con los sistemas biológicos donde concurren todas las fases de extracción de recursos, producción («catabolismo») y consumo («anabolismo») de bienes y servicios, incluido el vertido final («excreción») de residuos (Carpintero, 2005: 127).

Las cuentas de flujos de materiales muestran las entradas de materiales que entran en el sistema económico de un territorio, bien desde el medio natural, bien desde otras economías, y las salidas, también, a otras economías o al medio natural. Son cuentas en unidades físicas (toneladas) que describen la extracción, transformación, consumo y eliminación final de elementos químicos, materias primas o productos (INE, 2015). Los cálculos, fundamentados en la primera ley de la termodinámica de conservación de la materia, se basan en balances de masa, de forma que los materiales que se acumulan en el sistema son la diferencia entre los materiales que entran y los que salen del mismo.

**Cuadro 4.1 Principales grupos de indicadores de flujos materiales y su relación con el balance de materiales**



Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat (2001).

De la metodología existente sobre flujos de materiales que ofrece la disciplina de la Economía ecológica, y que parte del trabajo seminal de Adriaanse *et al* (1997), se han seleccionado algunos indicadores que serán utilizados en el trabajo, y que se presentan en el Anexo I. Para ello, se han tomado como referencia los trabajos de Carpintero (2005); Carpintero *et al* (2015); Comisión Europea (2001, 2002 y 2003); AEMA (2016a y 2016b); Eurostat (2009; 2012a y 2012b); Matthews (2000); Muñoz, Giljum y Roca (2009); OCDE (2000 y 20008) y Naredo y Valero (1999).

#### 4.1. Flujos de entradas al sistema (*inputs*)

Los materiales que entran al sistema y que se contabilizan en el análisis de flujo de materiales dividen en dos categorías:

La primera categoría la componen los materiales (sólidos, líquidos y gaseosos) que entran directamente en la economía para su utilización en el proceso productivo o en el consumo final (INE, 2015). La suma de todos los materiales pertenecientes a esta categoría, expresada en toneladas métricas, se denomina «input material directo» (IMD). Los inputs materiales directos contienen dos elementos: la «extracción doméstica utilizada» (biótica y abiótica) (EU) y las «importaciones» (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015).

La segunda categoría, los «flujos ocultos» (FO) o «mochilas de deterioro ecológico», engloba los materiales que han sido desplazados del medio natural, pero que no entran directamente en la economía por no poseer un valor económico, como

por ejemplo, la tierra excavada, el suelo agrícola erosionado o el material de dragado. Los flujos ocultos constituyen un impacto ambiental directo de las actividades de producción. Existen flujos ocultos asociados tanto a la EU como a las importaciones. La suma de los inputs materiales directos y los flujos ocultos se conoce como «requerimiento total de materiales» (RTM) y representa la masa acumulada de materiales primarios extraídos del medio natural por las actividades económicas. Tanto el RTM como el IMD constituyen una medida física de la actividad económica de un territorio, y específicamente el RTM, al incluir los FO, es un indicador de la presión ejercida por una economía sobre el medio ambiente (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015).

## **4.2. Flujos de salidas del sistema (*outputs*)**

Los materiales que han entrado en el sistema pueden ser consumidos por la propia economía o ser exportados a otras regiones. Además, durante los procesos de transformación se pueden producir flujos de materiales procesados entre el sistema y el medio natural (en forma de emisiones, vertidos o residuos depositados en vertederos no regulados) conocidos como «output interior procesado» (OIP). El OIP describe, en unidades físicas, la cantidad total de material que es liberado a la naturaleza tras ser utilizado en la economía del territorio (INE, 2015). La suma de los flujos ocultos domésticos (que, a la postre, se integran a través de uno u otro proceso en el medio natural) y del OIP se conoce como «output interior total» (OIT). La suma de todos los flujos que salen del sistema se conoce como «output material total», e integra tanto el OIT como las exportaciones (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015).

## **4.3. Balance de materiales**

Al trabajar con el input y el output se pueden obtener indicadores que aportan información sobre el consumo de materiales de un territorio. El «consumo de materiales doméstico» (CDM) es un indicador que recoge el consumo aparente en una región. Se calcula como la diferencia entre las entradas y salidas directas de materiales (diferencia entre IMD y exportaciones). Este indicador no considera los flujos ocultos ni tampoco el output interior procesado (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015).

Por otro lado, la «balanza comercial física» es un indicador que se calcula como la diferencia entre las importaciones y exportaciones de un territorio. Representa el déficit o superávit comercial del territorio en términos físicos, y da una idea de la dependencia de materiales exteriores en una economía (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015). Finalmente, las «adiciones netas al stock» (ANS), son una medida de la tasa de crecimiento físico de una economía (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015). Las ANS recogen la acumulación de materiales en el sistema como bienes de consumo duradero. Se calcula como la diferencia entre IMD y la suma de ODP y exportaciones (no se consideran flujos ocultos).

## **4.4. Análisis de productividad**

Finalmente, para evaluar el avance del sistema hacia un modelo de producción y consumo sostenible se utilizan indicadores de productividad material de los recursos. Estos indicadores se calculan mediante la relación entre el PIB y otro indicador de flujo de materiales (principalmente: RTM, IMD o CDM) (Arto, 2009; Carpintero *et al*, 2015).

## 4.5. Curva de Kuznets Ambiental (CKA)

La «Curva de Kuznets Ambiental<sup>10</sup>» (CKA) se elabora realizando un paralelismo con la propuesta de Kuznets en torno a la relación entre crecimiento económico y desigualdad. La CKA supone que los costes medioambientales aumentan con el crecimiento económico -medido generalmente a través del PIB per cápita— hasta un cierto punto de retorno a partir del cual se produce una mejora medioambiental. Este modelo, inspirado en la U invertida de Kuznets (1955, en López-Menéndez y Pérez Suárez, 2015a y 2015b), fue extendido al ámbito medioambiental por Grossman y Krueger (1996, en López-Menéndez y Pérez Suárez, 2015a y 2015b).

En términos generales, el modelo es una función polinómica de tercer grado dada por la expresión:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_t^2 + \beta_3 X_t^3 \quad (1)$$

Donde  $X$  representa el nivel de desarrollo, medido habitualmente a través del PIB per cápita, mientras  $Y$  corresponde al indicador de degradación medioambiental que puede ir referido a inputs materiales o residuos<sup>11</sup> (López-Menéndez y Pérez Suárez, 2015a y 2015b: 5).

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Flujos input

En este apartado se analizan las entradas de materiales al sistema productivo de la economía china, tanto los extraídos dentro del propio territorio, como los importados de otros territorios. Este análisis de los flujos input incluye las dos categorías indicadas en la metodología: aquellos materiales que entran de manera directa en el sistema (materiales utilizados), y los que lo hacen de manera no directa (materiales no utilizados). Para ello, se presentarán los resultados de la observación de las variables de «extracción total» y «RTM», porque aúnan ambas categorías y facilitan la exposición argumentada y ordenada de los datos.

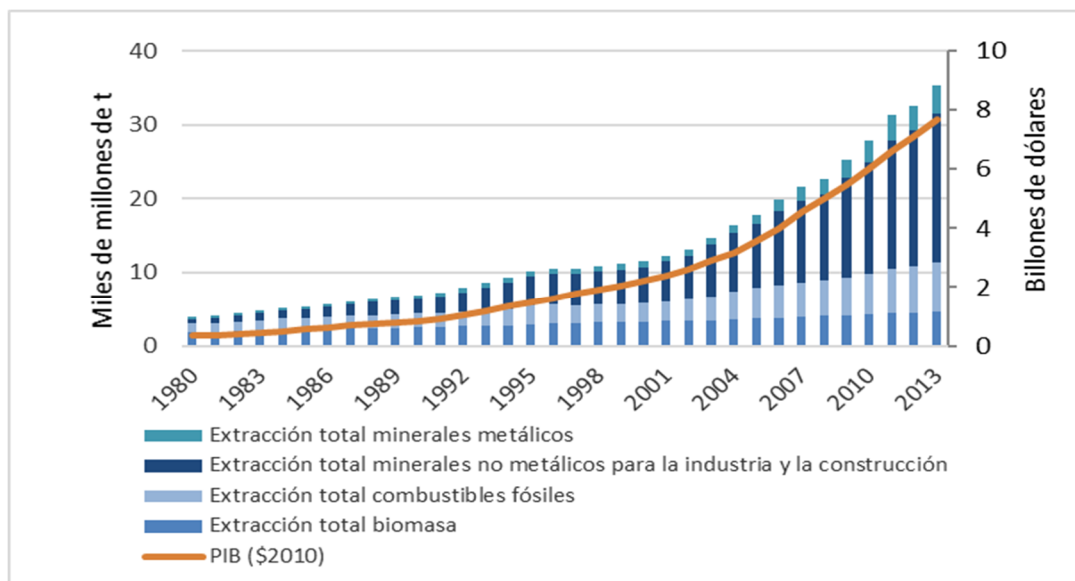
En primer lugar, la extracción total considera todos los materiales extraídos en el territorio chino, tanto utilizados como no utilizados, a lo largo del periodo. En la figura 5.1.1 se observa cómo, desde los años ochenta del pasado siglo, la extracción total se ha incrementado de manera muy importante, llegando a multiplicarse por siete su volumen. En el mismo gráfico se puede advertir, también, la evolución del PIB, que sigue una senda de crecimiento paralela a la de la extracción material. Así, podría intuirse, *a priori*, una relación entre la extracción de recursos necesarios para el proceso de desarrollo con el crecimiento del PIB.

---

<sup>10</sup> El modelo de la CKA no es incuestionable. Existe una amplia literatura que pone en duda la incontestabilidad de su propuesta. De ella, se recomiendan los trabajos de Fischer-Kowalski y Amann (2001), Stern (2004) y Rothman (1998).

<sup>11</sup> Ambas variables suelen incorporarse al modelo en términos logarítmicos para evitar que se presenten valores nulos o negativos.

**Figura 5.1.1. Composición<sup>12</sup> de la extracción total en valores absolutos (1980-2012). Comparación con la evolución del PIB (en dólares constantes del 2010)**



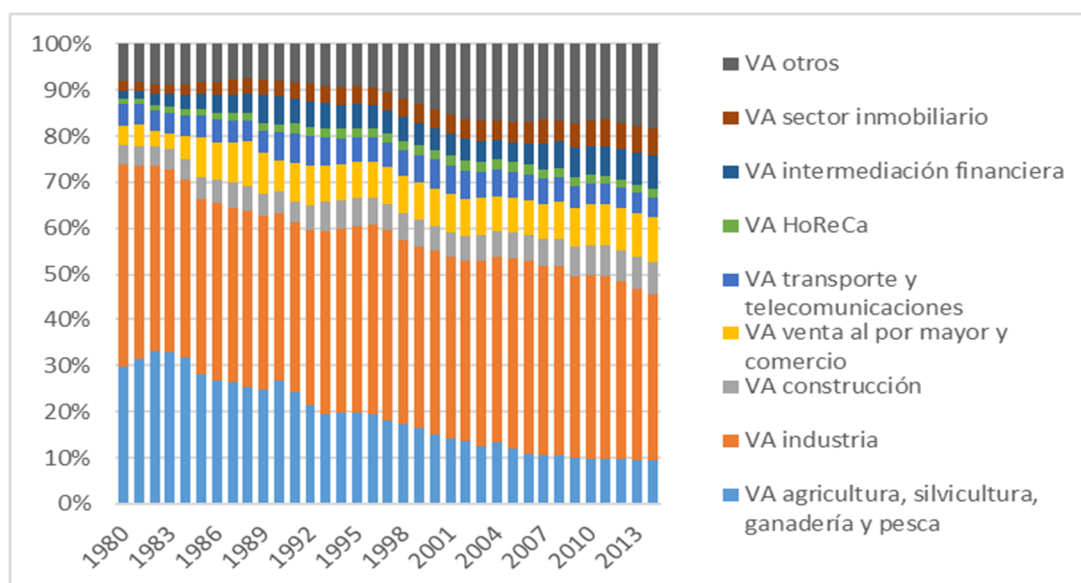
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

De la misma manera, su composición a lo largo del periodo de análisis, ha sufrido modificaciones: en la primera década, predominaba el uso de materiales bióticos y de combustibles fósiles (principalmente el carbón). Es a partir de los años 90 cuando, con el auge de la producción industrial a gran escala, y el comienzo de las tendencias urbanizadoras en las ciudades chinas, el uso de materiales se ve modificado y comienzan a ser protagonistas los materiales abióticos. En las primeras décadas del presente siglo, el uso de minerales y combustibles fósiles supera el de los recursos bióticos: en el año 2000, la extracción de materiales abióticos suponía el 71,31% de la extracción total mientras que, en el año 2013, su volumen se incrementaba hasta el 87,02% del total de la extracción.

Todo ello se explica por las nuevas pautas de consumo de la población, que se modifican de manera paralela al aumento del nivel de desarrollo, con sus nuevas necesidades, y a la transformación productiva de la economía china, que abandona el sector primario para centrarse en el sector secundario (principalmente la industria de medio y alto valor añadido), que supone un 45% del total del VA en 2013 (incluida la construcción) y el de servicios (que equivale, aproximadamente, a otro 45% del total del VA en 2013).

<sup>12</sup> Las categorías y subcategorías por grupos de materiales se detallan en Lutter *et al* (2015: 5-15).

**Figura 5.1.2. Valor añadido por industria<sup>13</sup> (1980-2013)**



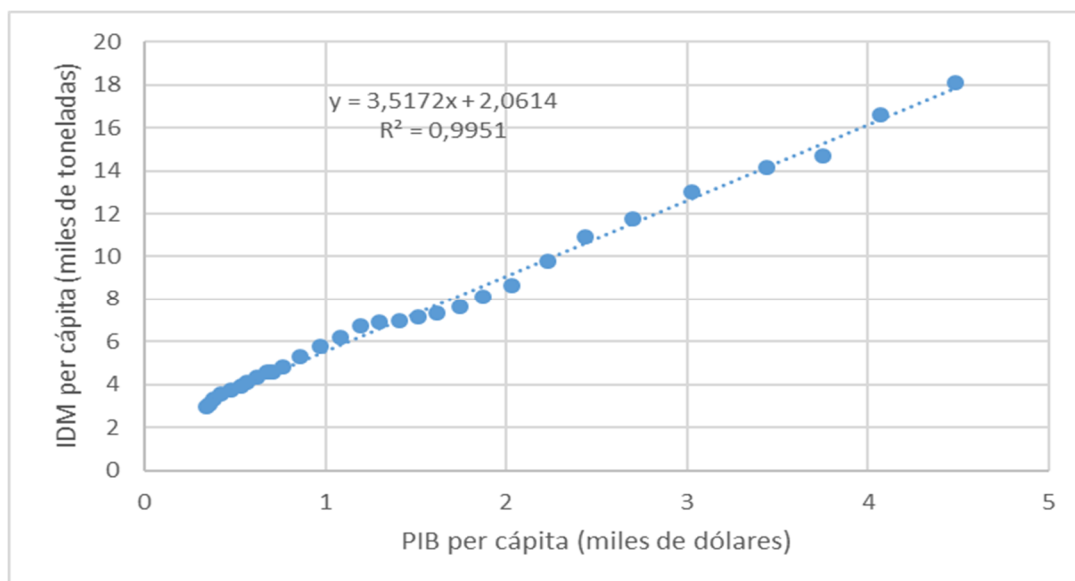
Fuente: elaboración propia a partir de NBS (2016).

Dentro de la industria, la preeminencia de las ramas de transporte y bienes de equipo, la construcción, los transportes y las infraestructuras, la metalurgia, la química y petroquímica, y la maquinaria explican la modificación de las pautas de extracción y el mix material predominantemente abiótico.

En estos términos, puede realizarse un análisis preliminar de la sostenibilidad del modelo de desarrollo chino tomando como variable de análisis el input material directo (IMD). Para ello, se ha procedido a la construcción de una Curva de Kuznets Ambiental (CKA) que relaciona la variable del IMD per cápita con la evolución del PIB per cápita de la población china en el periodo analizado. En términos ecológicos, a mayor crecimiento económico, y en línea con las teorías de la «desmaterialización», ésta debería mostrar una forma de «U» invertida al correlacionar las variables de crecimiento económico y deterioro ecológico, en este caso, el IMD (Carpintero, 2015: 615).

<sup>13</sup> La clasificación industrial se basa en la tipología de la «Clasificación Nacional Industrial de Actividades Económicas» (GB/T 4754—2011), del National Bureau of Statistics de China.

**Figura 5.1.3. Curva de Kuznets Ambiental, en base al IMD (1980-2010)**



Fuente: elaboración propia.

Tal y como se aprecia en la gráfica 5.1.3, no sólo no se cumple la predicción de la CKA, sino que ésta presenta una pendiente positiva de carácter lineal, lo que se puede interpretar como un signo de deterioro ecológico, considerando que el nivel de materiales utilizados en la economía china a lo largo del periodo no se ha reducido según se ha ido incrementando su nivel de desarrollo, sino que ésta cada vez ha requerido de una cantidad de materiales mayor para poder sostener su ritmo de crecimiento.

En relación a la segunda variable analizada en este apartado, los RTM, se observa un comportamiento similar, tanto en términos de su evolución como de su composición. Los RTM contienen tanto los materiales que entran a formar parte del sistema económico para su utilización, como aquella parte de la extracción y las importaciones no utilizadas o valoradas por el sistema económico<sup>14</sup>.

La evolución de los RTM de la economía china ha sido similar, contabilizándose un incremento de más del 500% en veinte años. Aunque los RTM también consideran la fracción de materiales no utilizados, al igual que la extracción total, el hecho de que el volumen total se incremente supone que, cada vez, es necesario extraer más materiales que no se utilizan para poder extraer los materiales necesarios para el proceso de crecimiento.

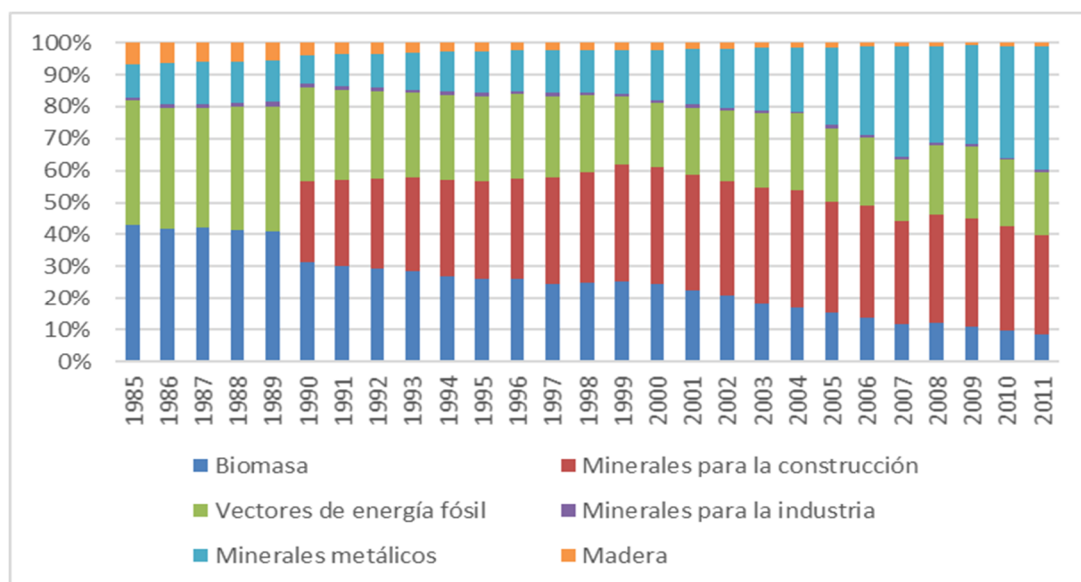
En el caso de la explotación minera y de los combustibles fósiles, por ejemplo, esto se explica porque la ley (calidad) de los minerales es más baja, o el mineral se encuentra en menor concentración una vez extraídos los minerales de las minas con mayores rendimientos, por lo que la erosión territorial y, en suma, ecológica, resulta mayor.

Para los combustibles fósiles, estas pautas se reproducen: inicialmente se extrajeron aquellos vectores energéticos de mayor contenido calórico, mientras que,

<sup>14</sup> La consideración de materiales no utilizados o valorados por el sistema económico se incluye en tanto se estima que los materiales no utilizados asociados a procesos productivos tienen, de manera inequívoca, efectos en el nivel de deterioro y erosión material de una economía.

en la actualidad, su poder energético es menor, y es por ello que se precisa de un mayor volumen de los mismos para realizar el mismo uso. A todo ello, además, debe añadirse el incremento de la población, y de su consumo. Asimismo, hay que tener en cuenta que, aunque el crecimiento poblacional se estancase, los niveles de consumo material de dicha población ya estarían establecidos en unos niveles altos (como se observa en la figura 5.2.2 y en el cuadro 5.2.1) por lo que el uso y consumo de materiales probablemente no disminuiría sino que, como mínimo, se estancaría.

**Figura 5.1.4. Composición<sup>15</sup> de los RTM de China (1985-2007)**



Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

La composición, de nuevo, se asimila a la de la extracción. Los patrones de consumo de materiales bióticos han dado paso a un incremento considerable del consumo de materiales abióticos (especialmente los minerales para la construcción, la industria, y los minerales metálicos, relacionados con el cambio en la estructura productiva china) y los vectores de energía fósil, que han aumentado su proporción debido a las necesidades industriales, de los hogares y del transporte.

El incremento del consumo de materiales desarrolla una forma exponencial en las primeras etapas del desarrollo de un país (USGS, 2015), por lo que la evolución que muestra la economía china se encuentra en consonancia con la que experimentaron las economías ahora desarrolladas, con la excepción de que la magnitud del consumo, en el caso chino, es mucho mayor.

En términos de consumo, la «afluencia»<sup>16</sup> es el principal vector de crecimiento de las presiones materiales en china, siendo mucho más importante que el crecimiento de

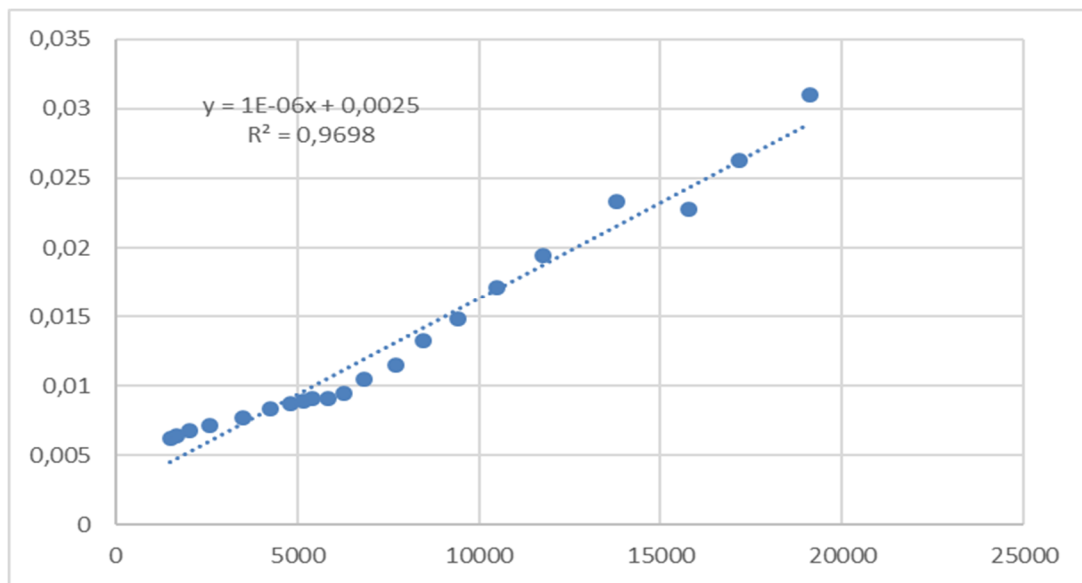
<sup>15</sup> No se dispone de datos para los «minerales para la construcción» hasta 1990.

<sup>16</sup> El nivel de consumo de recursos de una economía se puede explicar por diversos factores. Un marco analítico de uso extendido para este fin es la ecuación IPAT ( $I = P \times A \times T$ ), formulada inicialmente por Ehrlich y Holdren (1971 en West, 2013: 9). Esta ecuación operativiza las variables que se encuentran detrás de cualquier impacto ambiental específico (I) como el producto de la población (P); multiplicado por el poder adquisitivo de esa población, medido en términos de afluencia (A), calculado en base al PIB per cápita; y multiplicado por un coeficiente tecnológico. Este coeficiente tecnológico (T) se identifica con la intensidad con la cual la economía produce el impacto ambiental (I) por unidad de output económico, por lo que no se relaciona únicamente con los conceptos de mayor o menor avance tecnológico.



la población, aunque inevitablemente estén relacionados, tal y como se aprecia en la figura 5.1.5. Ésta trata de establecer una correlación entre los RTM, el volumen de población y el ingreso disponible. En ella, se observa cómo se relacionan positivamente los índices de RTM per cápita e ingreso disponible per cápita a lo largo del periodo analizado. Por ello, podría concluirse que, en efecto, son tanto la afluencia (derivada del mayor nivel de desarrollo) como el crecimiento poblacional los principales vectores de crecimiento de los RTM. No obstante, las implicaciones demográficas y su corolario en términos de prosperidad económica se analizarán con mayor rigor en el apartado a continuación.

**Figura 5.1.5. Relación entre RTM, población e ingreso disponible (1985-2010)**



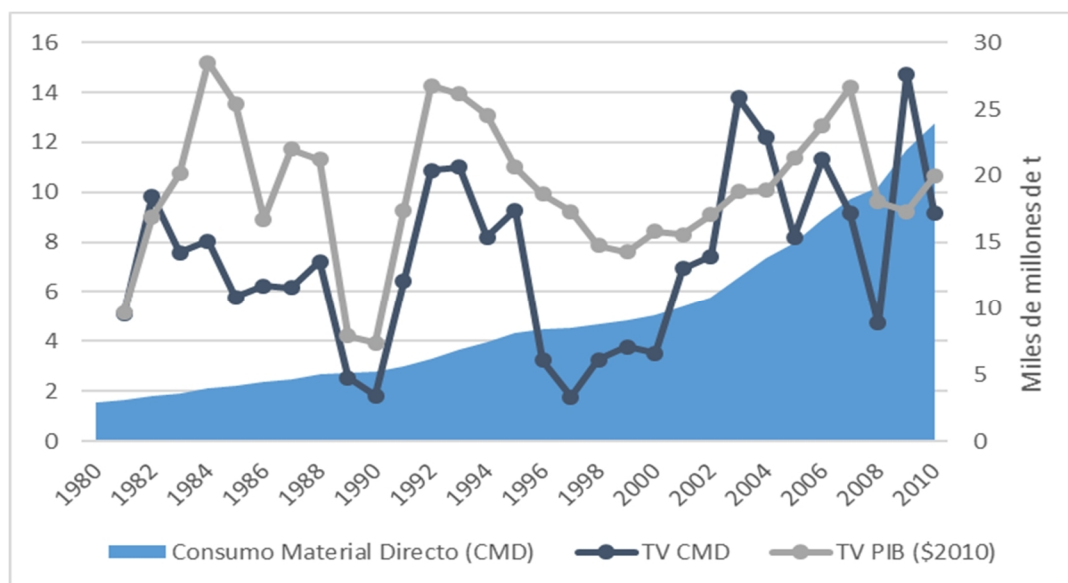
Fuente: elaboración propia.

Empero, también hay que tener en cuenta que, como el modelo de desarrollo chino ha sido mayoritariamente de orientación *export-led* en las últimas décadas, una parte muy significativa del consumo de materiales atribuido a china se usa, en realidad, para producir bienes cuyo consumo final tiene lugar en otros territorios (West, 2013: 2).

## 5.2. Consumo y Balance Comercial Físico

El análisis en términos de consumo y balance comercial físico de la economía china busca poner de manifiesto la magnitud total del proceso de desarrollo chino, medido a través de su consumo interior y directo de materiales. Asimismo, lo que se observa, en términos materiales, son las implicaciones de la transición socio-metabólica de una economía agraria a una industrializada (West, 2013: 7), así como el incremento del poder adquisitivo de una población cada vez más numerosa.

**Figura 5.2.1 Consumo material directo (CMD) y tasas de variación del CMD y PIB (1980 - 2010)**



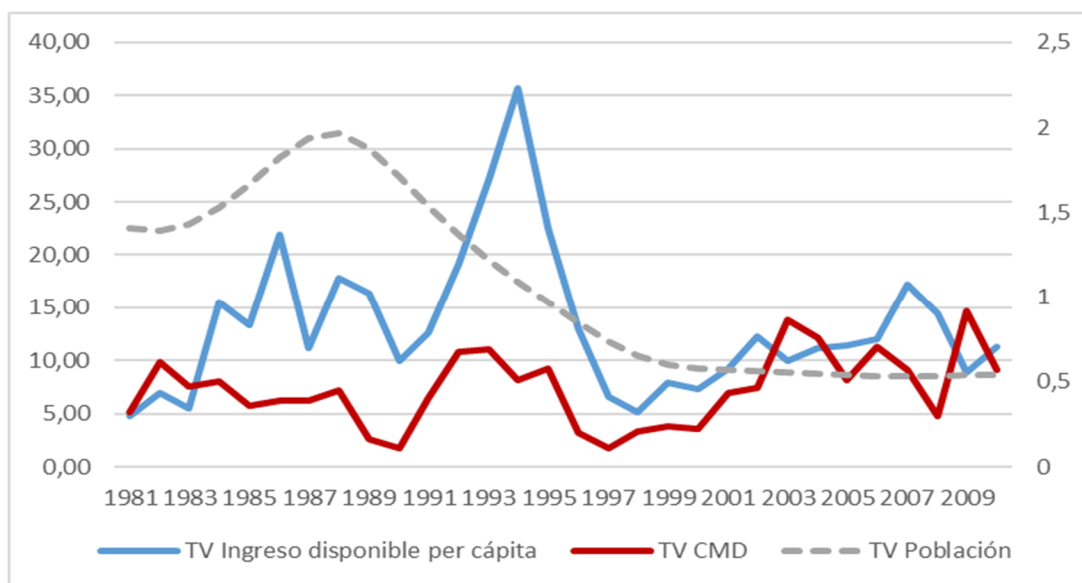
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

En primer lugar, las tasas de variación de los indicadores «CMD» y «PIB» muestran un crecimiento sincrónico que parece adivinar una relación entre ambas (tal y como ocurría con los indicadores de los flujos input), a excepción de los picos de consumo de los años 2003 y 2009. Dichos picos podrían responder a la demanda exterior de productos chinos que caracteriza la dinámica *export-led* de la economía china, como se ha indicado anteriormente.

En segundo lugar, el CMD presenta una forma similar a la de la extracción, lo que podría parecer, *a priori*, muestra de la capacidad de autoabastecimiento de la economía china. En la figura 5.2.2. se aprecia, además, cómo los niveles de consumo material siguen aumentando (registrando una tasa media acumulativa de 3541,64% para todo el periodo<sup>17</sup>) pese a que el crecimiento poblacional se encuentra estancado, tal y como se auguraba en el apartado anterior.

<sup>17</sup> La década de mayor consumo material corresponde a la comprendida entre los años 2000 y 2010, cuya tasa de variación es de un 153,01%, y su tasa media acumulativa, de un 880,49%.

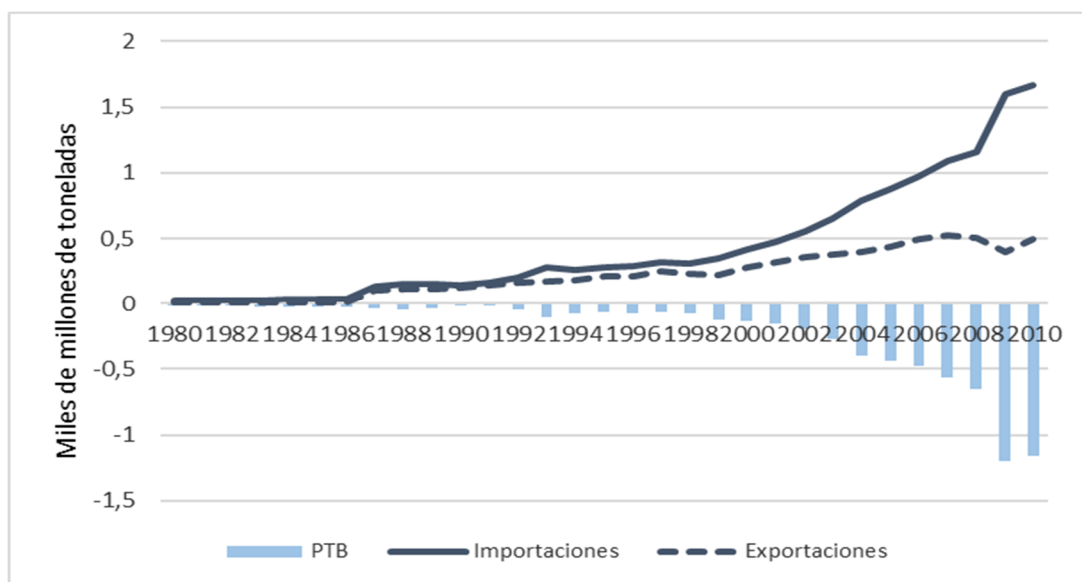
**Figura 5.2.2. Relación entre las tasas de variación del ingreso disponible per cápita, el CMD y la población (1980-2010)**



Fuente: elaboración propia a partir de NBS (2016), WU y Dittrich (2014) y ONU (2015).

La forma que toma su balance comercial físico, tal y como se deduce de la figura siguiente, indica que la hipótesis del autoabastecimiento no se cumple, pues la cantidad de materiales consumidos dentro del territorio chino ve su base de extracción incrementada por los flujos de importaciones de materiales de otros territorios del sistema-mundo, ya que sus necesidades materiales (RTM) superan en gran medida a la disponibilidad material física existente en el territorio chino.

**Figura 5.2.3. Balance comercial físico (1980-2010)**

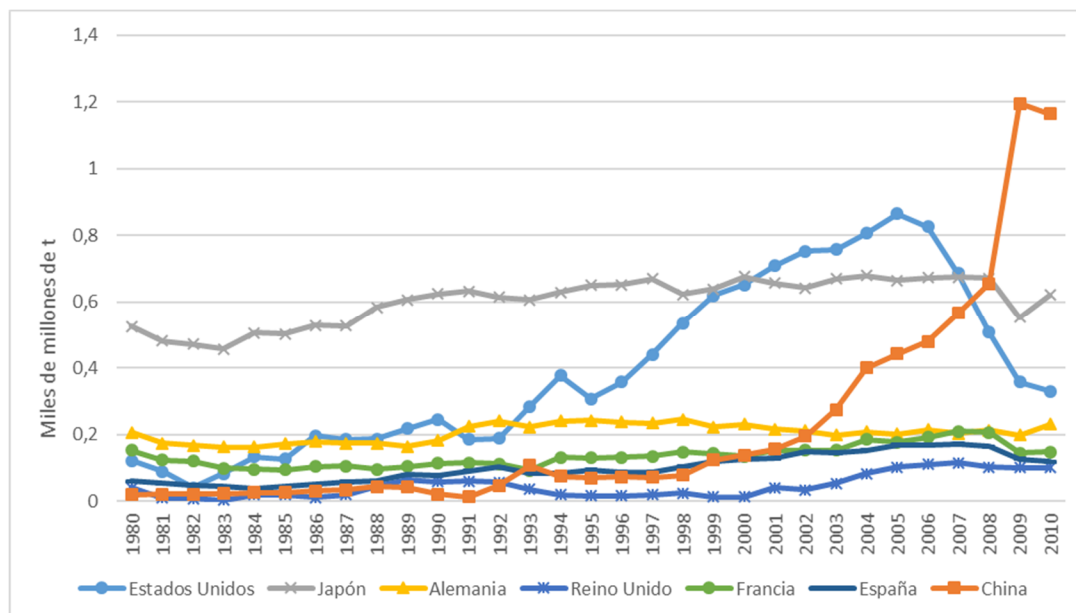


Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

Por otra parte, la brecha comercial física de china se ha ido incrementando a lo largo del periodo hasta alcanzar valores superiores al billón de toneladas, considerando tanto los materiales bióticos como los abióticos. Esto puede representar un indicio del aumento de la dependencia ecológica de china respecto de otros

territorios del mundo. Su paso de una economía exportadora neta<sup>18</sup> y con capacidad de autoabastecimiento a una economía importadora neta<sup>19</sup> es un rasgo significativo del cambio en su metabolismo socioeconómico, y la sitúa en la senda de crecimiento económico ya transitada antes por algunas economías ahora desarrolladas.

**Figura 5.2.4. Balance comercial físico comparado (1980-2010)**



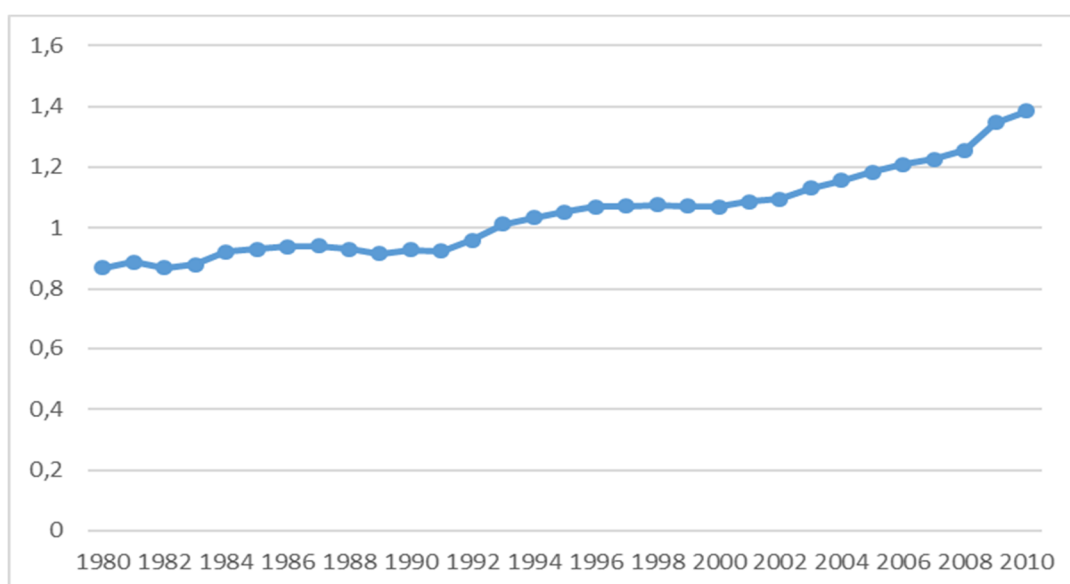
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

Como se puede apreciar en la figura anterior, la evolución del balance comercial físico chino respecto al resto de economías seleccionadas fue convergente hasta la primera década del siglo XXI, cuando sus necesidades importadoras comenzaron a crecer de manera considerable, pero han acabado por superar con creces a las del resto de las economías desarrolladas consideradas. Es por ello que, en los últimos años, su brecha comercial física ha tendido a la divergencia con el resto de economías analizadas.

<sup>18</sup> La tasa de variación de sus exportaciones en la década de los ochenta fue de un 2659,98% frente al 75,97% de la década de los dos mil.

<sup>19</sup> La tasa media acumulativa de las importaciones para el periodo 1980-2010, pese a ser menor que dicha tasa en términos de exportaciones (M=1480,39%; X=1635,76), muestra una evolución más sostenida y superior en términos de volumen. Ello explica la brecha comercial física de China con el resto del mundo.

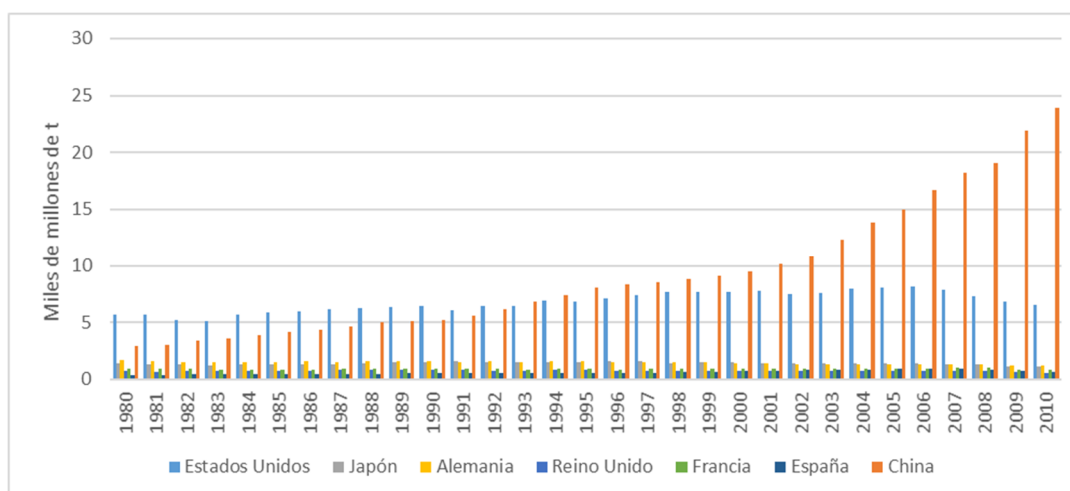
**Figura 5.2.5. Balance comercial físico - Análisis de convergencia**



Fuente: elaboración propia.

Si se toma la variable CMD el ejercicio comparativo resulta mucho más revelador, si cabe.

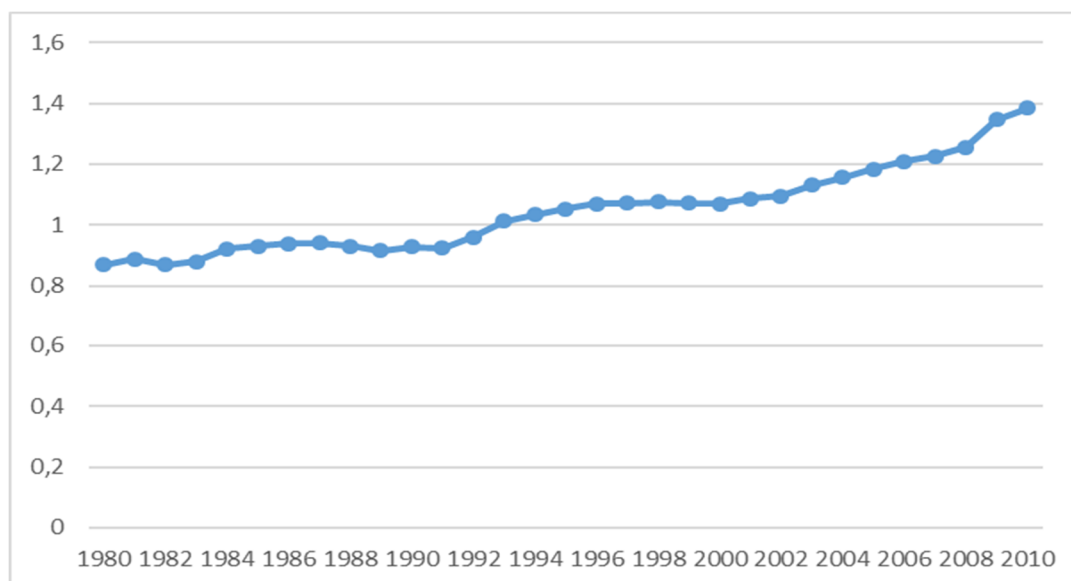
**Figura 5.2.6. CMD comparado (1980-2010)**



Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

Es aquí también, a partir de los años noventa del pasado siglo, que el comportamiento chino en términos de CMD comienza a desvincularse desde el resto de economías desarrolladas. Esto guarda relación directa con la variable «afluencia» a la que se ha hecho referencia anteriormente, siendo ésta el principal motor de crecimiento del consumo de materiales, en tanto relaciona los incrementos de la población con el poder adquisitivo de la misma y con el incremento del consumo por habitante.

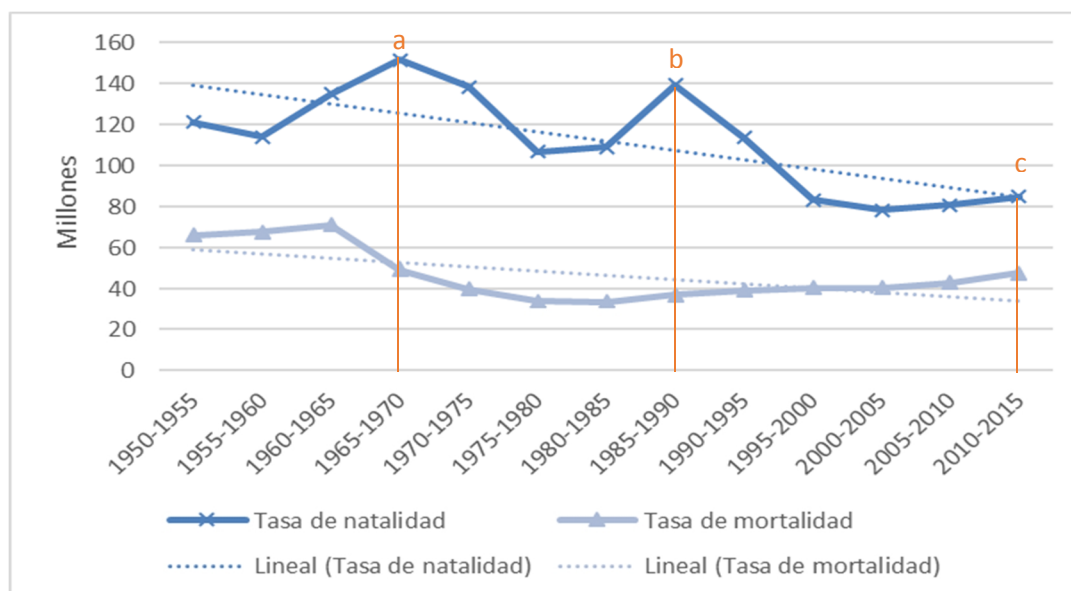
**Figura 5.2.7. CMD - Análisis de convergencia**



Fuente: elaboración propia.

Para comprender mejor el comportamiento divergente de la economía china en términos de consumo de materiales es preciso hacer uso de la variable «transición demográfica» (TD). La TD da lugar a transformaciones económicas en tanto los países son capaces de aprovechar el dividendo demográfico (área de la figura 5.2.8 comprendida entre los puntos *a* y *b*). El dividendo demográfico supone el incremento de la población en edad de trabajar (fuerza de trabajo) al reducirse más rápido la tasa de mortalidad (debido a la transición epidemiológica/sanitaria) que la tasa de natalidad.

**Figura 5.2.8. Esquema de la Transición Demográfica en China (1950-2015)**



Fuente: elaboración propia a partir de ONU (2015).

China, inmersa en la TD<sup>20</sup>, ha registrado un descenso considerable de la tasa de natalidad, al mismo tiempo que lo ha hecho la mortalidad, por lo que el aumento de su población ha sido inevitable aún a pesar de las políticas de restricción de la natalidad puestas en marcha. Como ya se ha señalado, incluso aunque las tendencias demográficas chinas evolucionen hacia perfiles más avanzados de la TD, y su pirámide poblacional comience a asemejarse a la de los países desarrollados (con una población mayoritariamente envejecida), su nivel de consumo no deceleraría al mismo nivel, dados los hábitos de consumo actuales y futuros, por lo que el nivel de la variable «afluencia» no dejaría de disminuir, así como tampoco lo haría el CMD, como ya se ha señalado.

Los incrementos poblacionales son casi inexistentes en las economías desarrolladas consideradas, ya que han superado todas las fases de la TD y presentan estructuras poblacionales envejecidas y menguantes. Incluso, pese a que han mantenido o aumentado (a excepción de los años en los que se han encontrado inmersos en la crisis económica iniciada en 2008) sus niveles de consumo, el hecho de contar con un nivel de población significativamente menor al de la economía china, implica que su nivel total de consumo directo de materiales y, por ende, afluencia, tengan un menor peso relativo. La incidencia de la variable «población» en el caso chino queda evidenciada en la tabla 5.2.1, donde se aprecia que sus ratios de crecimiento son similares a los que registran las variables de input y consumo material. Sin embargo, al comparar las tasas de variación, se advierte que, a unas tasas de variación demográfica cada vez menor (debido al efecto de la TD), le corresponden unas tasas de variación de input y consumo material cada vez mayores.

**Tabla 5.2.1. Síntesis de los principales indicadores de input y consumo, con variables macroeconómicas y demográficas**

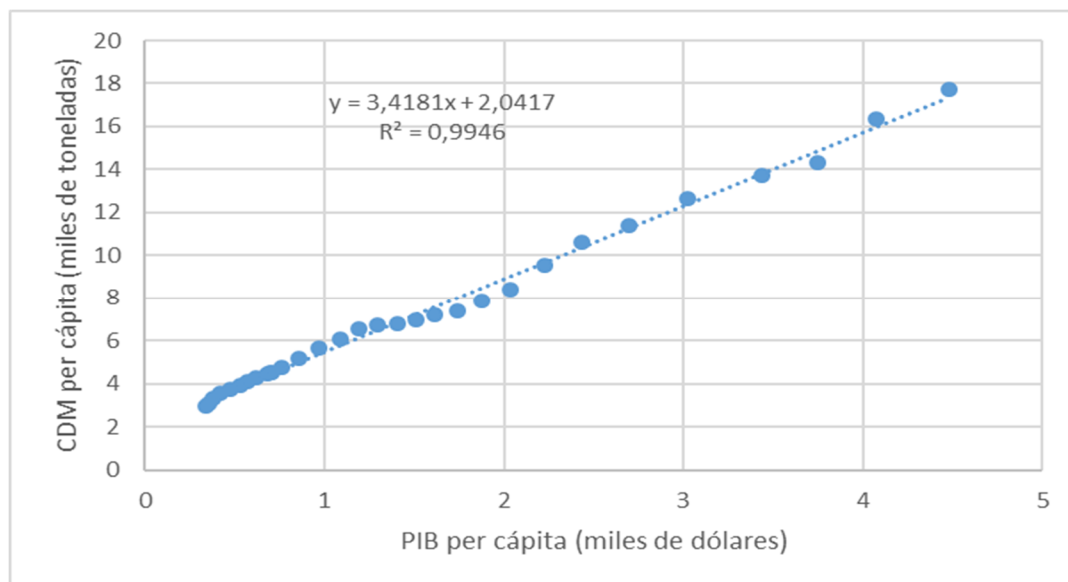
Años	Población	PIB (\$2010)	Input Material Directo		Consumo Material Interior	
	Millones	Miles de millones	Millones de tm	tm por habitante	Millones de tm	tm por habitante
1980	983 137	338,16	2924,50	2,99	2919,94	2,99
1985	1 058 333	561,75	4155,05	3,95	4145,31	3,94
1990	1 160 760	824,12	5359,57	4,64	5233,88	4,53
1995	1 234 384	1471,58	8315,66	6,77	8105,60	6,60
2000	1 277 190	2223,70	9731,50	7,66	9447,99	7,44
2005	1 312 911	3542,81	15422,15	11,81	14989,56	11,48
2010	1 348 497	6039,66	24403,00	18,20	23904,08	17,83
<b>Variación</b>	<i>Total %</i>	<i>Total %</i>	<i>Total %</i>	<i>Anual %</i>	<i>Total %</i>	<i>Anual %</i>
1980-1985	7,65	66,12	42,08	31,98	41,97	31,88
1985-1990	9,68	46,70	28,99	17,60	26,26	15,11
1990-1995	6,34	78,56	55,16	45,90	54,87	45,63
1995-2000	3,47	51,11	17,03	13,14	16,56	12,69
2000-2005	2,80	59,32	58,48	54,15	58,65	54,32
2005-2010	2,71	70,48	58,23	54,06	59,47	55,27
<b>Ratio</b>						
1980-1990	1,18	2,44	1,83	1,55	1,79	1,52
1990-2000	1,10	2,70	1,82	1,65	1,81	1,64
2000-2010	1,06	2,72	2,51	2,37	2,53	2,40
1980-2010	1,37	17,86	8,34	6,08	8,19	5,97

Fuente: elaboración propia con datos de WU y Dittrich (2014).

<sup>20</sup> En términos de demográficos, el perfil de la TD de China se corresponde al grupo de los «followers», es decir, a aquellos países que iniciaron la transición con posterioridad, pero que llevaron a cabo el proceso en un menor periodo de tiempo.

Así, tal y como ocurre con los inputs materiales, puede hablarse de la insostenibilidad ecológica del modelo chino en términos de consumo. De nuevo, la CKA, esta vez utilizando la variable CMD como variable dependiente, presenta una tendencia lineal ascendente, muy parecida a la que presentaba la variable IMD en el apartado anterior. Así, no parece cumplirse el corolario a la CKA: se presentan altos niveles de consumo material para cada vez mayores niveles de desarrollo.

**Figura 5.2.9. Curva de Kuznets Ambiental, en base al CMD (1980 - 2010)**



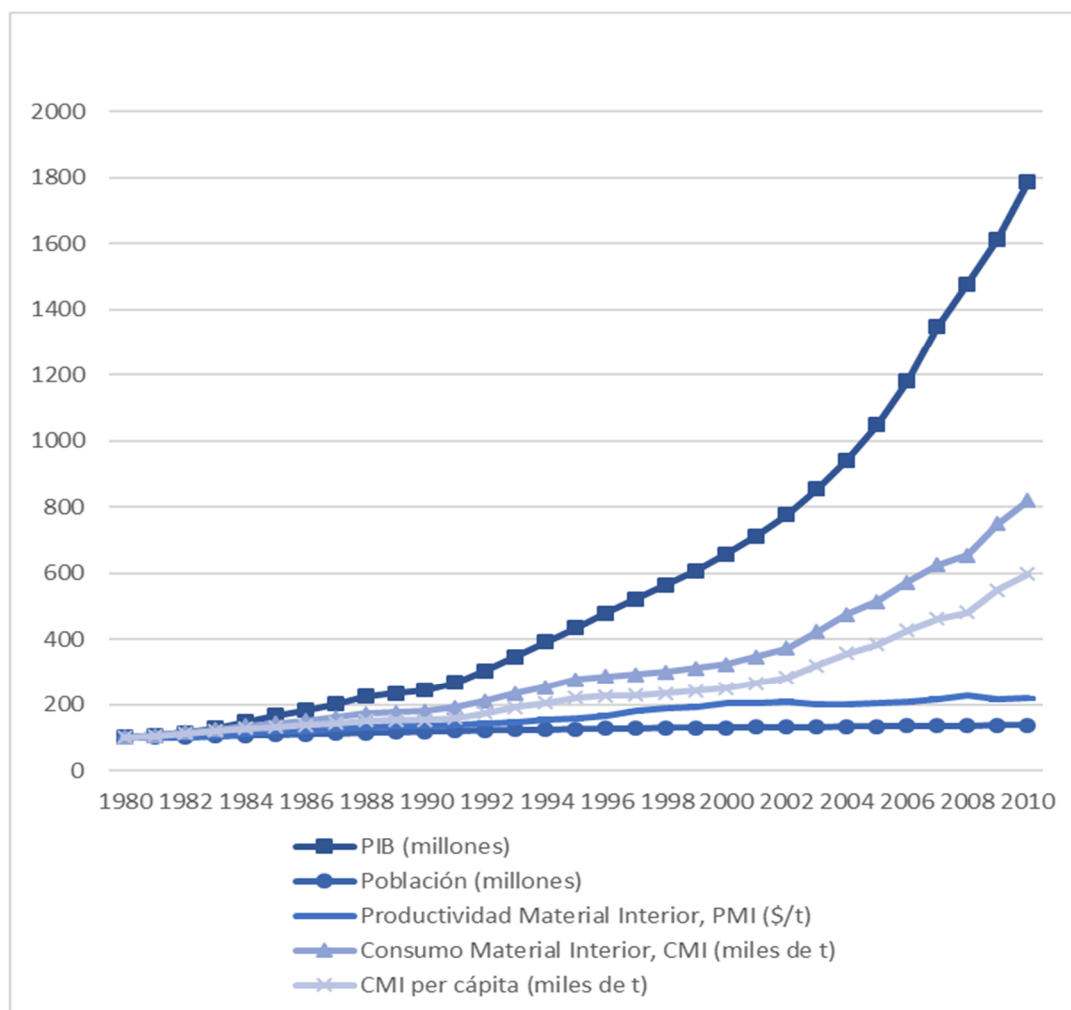
Fuente: elaboración propia.

Es decir, tanto desde la perspectiva de los inputs de la economía china, como teniendo en cuenta sus niveles de consumo, parece revelarse la insostenibilidad de su modelo.

Curiosamente, pese a las tendencias ecológicamente adversas que muestran las CKA por el lado de los inputs y del consumo, el desempeño de la economía china en términos de eficiencia en el uso de recursos (medido a través de la productividad material) ha sido notable, tal y como se puede apreciar en la figura 5.2.10.



**Figura 5.2.10. Evolución del PIB, el consumo, la población y la productividad, 1980-2010 (1980=100)**



Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014) y ONU (2015).

Los incrementos relativos de productividad material han reducido los niveles de intensidad material, tanto interior, como doméstica y total. No obstante, esa mejora no ha sido suficiente para poder compensar la demanda adicional de recursos motivada por la creciente «afluencia» de la población china. Además, recientemente, el ritmo de mejora de la productividad se ha visto interrumpido, por lo que esas ganancias obtenidas de la disminución en la intensidad material (la inversa de la productividad) probablemente hayan sido neutralizadas.

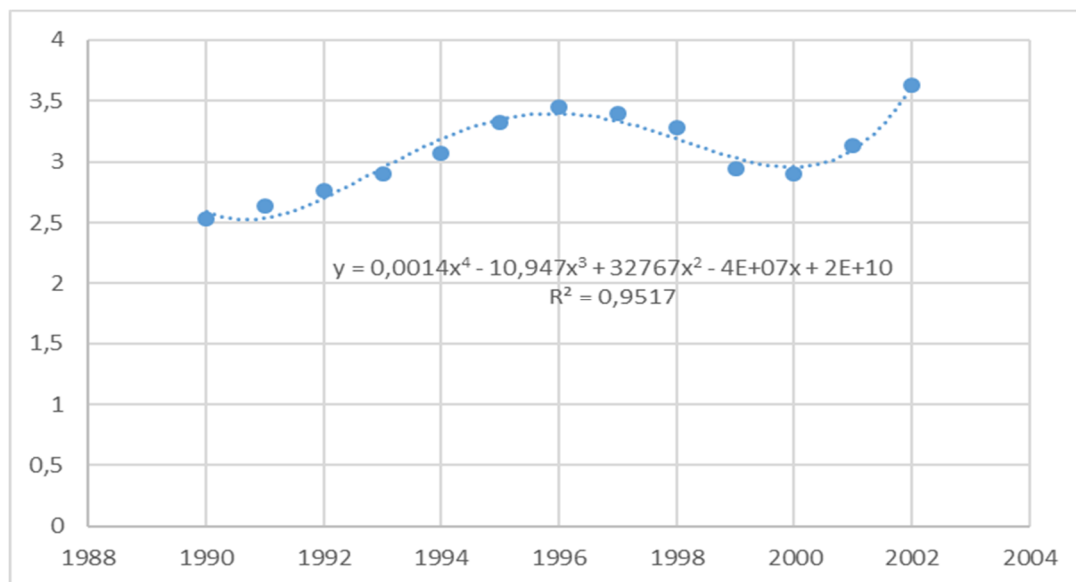
### 5.3. Flujos output

Finalmente, y como última dimensión del metabolismo de la economía china a analizar, el estudio de los flujos output de la economía china se llevará a cabo considerando dos variables: el output interior procesado (OIP)<sup>21</sup>, y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

<sup>21</sup> Dada la escasa disponibilidad de datos para la variable OIP se ha decidido completar el análisis con la variable «emisiones de GEI», que actúa como *proxy* de los residuos expulsados por el sistema.

El OIP mide el peso total de materiales extraídos utilizados procedentes del medio ambiente, interiores o importados, y que después de ser utilizados por el sistema económico son devueltos a la naturaleza. Su consideración en el análisis resulta fundamental, no sólo porque es indicativo de los residuos y desechos que el proceso productivo (*throughput*) expulsa al sistema, sino también porque también es exponente de la insostenibilidad del modelo de desarrollo chino desde la óptica de los ouput.

**Figura 5.3.1. OIP (incluyendo oxígeno), en petagramos (1990-2002)**

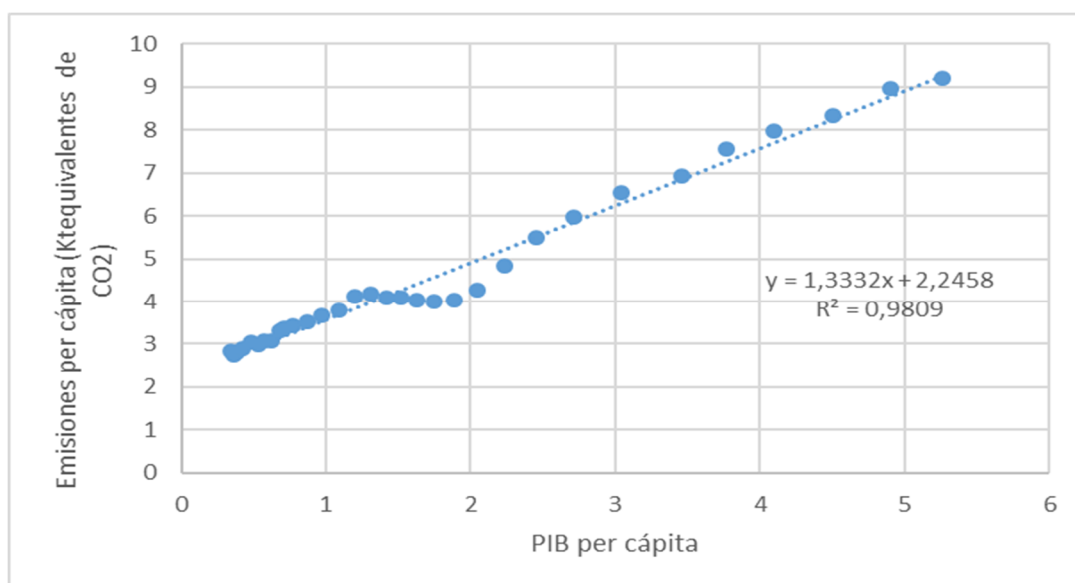


Fuente: elaboración propia a partir de Xu (2007).

La regresión, al adoptar forma de «N», parece sembrar indicios de que la hipótesis de la CKA podría haberse cumplido, al menos de manera transitoria, en la última década del pasado siglo. No obstante, la inexistencia de datos anteriores y posteriores que permitan continuar la serie invita a la prudencia, especialmente teniendo en cuenta el repunte exponencial que experimenta en los dos últimos años considerados en la serie de datos.

De esta suerte, la forma que toma la regresión podría ser de cualquier tipo, pero, en cualquier caso, ascendente. Por ello, dada la imposibilidad de conocer la evolución de la correlación entre las variables OIP y tiempo, se ha optado por utilizar una variable *proxy* de la contaminación ambiental, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo conscientes de las limitaciones que esta variable posee: por una parte sólo hace referencia a una dimensión de la contaminación, la contaminación del aire; por la otra, no considera los residuos materiales expulsados al sistema. En cualquier caso, resulta lo suficientemente ilustrativa como para valorarla.

**Figura 5.3.2. Curva de Kuznets Ambiental, en base a GEI (1980-2012)**



Fuente: elaboración propia a partir de Banco Mundial (2015).

Esta regresión, que contiene una serie temporal mucho más larga que la del OIP, puede utilizarse para adivinar algunas conclusiones preliminares. La CKA por la vía de la contaminación posee una forma similar a las CKA por la vía del IMD y del CMD: es lineal y ascendente. Ello significa que la hipótesis de la CKA no se cumpliría, y que el desarrollo económico chino no ha ido acompañado de una reducción en los niveles de contaminación, tal y como estimaba el modelo de la CKA. Además, esto supondría que, en ninguna de las tres dimensiones analizadas (uso de materiales, consumo de materiales y contaminación), se cumpliría el corolario de la CKA. Por ello, podría afirmarse que el modelo de desarrollo económico chino durante el periodo analizado ha sido ecológicamente insostenible.

## **6. CONSIDERACIONES FINALES**

### **6.1. Resultados y conclusiones**

En este trabajo se ha tratado de ofrecer una panorámica de la evolución del metabolismo de la economía china desde la década de los ochenta del pasado siglo. El análisis realizado ha procurado aportar una perspectiva omnicomprendensiva de todas las dimensiones del metabolismo socioeconómico, apoyándose en trabajos anteriormente realizados (Chen y Quiao, 2001; Ramos-Martín *et al*, 2007; Wang *et al*, 2013; Xu y Zhang 2007) pero, al mismo tiempo, presentando contribuciones novedosas: en él se combina el tratamiento de los datos para las dimensiones del input, *throughput*, y output en una serie temporal que abarca tres décadas, relacionándolos con variables macroeconómicas y demográficas. Mientras, los estudios anteriores se centraban bien en una sola de las dimensiones, bien en series temporales menos extensas, y no incluían las variables de tipo macroeconómico o poblacional. En el Anexo II se ofrecen, además, unas previsiones de evolución de aquellas estimaciones más fiables de algunas de las variables analizadas, que pretenden llenar el vacío de las series temporales incompletas, a la vez que conjeturar sobre el futuro de la sostenibilidad en China.

El modelo de desarrollo económico chino, del que nos hemos beneficiado en los países desarrollados en forma de productos más o menos asequibles, y de diversa índole, posee importantes impactos ambientales, tal y como se ha tratado de mostrar en el trabajo. Asimismo, en un contexto de escasez relativa creciente de los recursos naturales, se está manifestando en impactos distributivos a nivel internacional (Ramos-Martín, 2011: 3), tanto en términos económicos como ecológicos y financieros. No sólo es su capacidad de influir en los mercados de materias primas a nivel internacional lo que contribuye a la generación de impactos distributivos, dada la magnitud de su demanda, sino también la propia insostenibilidad de su modelo de desarrollo, que insufla tensiones al sistema (ecológico y económico).

A lo largo del trabajo se ha podido comprobar cómo se ha cumplido la hipótesis H.1., mientras la hipótesis H.2. ha quedado desestimada. China, efectivamente, ha adoptado las pautas de consumo de materiales de las economías del centro del sistema económico, y se ha transformado en una economía netamente adquisitiva de recursos del exterior, por lo que su balanza comercial física se ha tornado deficitaria.

Estos hechos poseen las siguientes implicaciones: primero, China ha visto modificado el nivel y la naturaleza de su dependencia exterior (Gereffi y Evans, 1981). Al transformarse en un importador neto de recursos su posición en las relaciones económicas internacionales ha evolucionado: obtiene recursos de economías productivas de materiales y, por una parte, los transforma para su posterior exportación como manufacturas o semimanufacturas mientras que, por la otra, los utiliza para abastecer las crecientes necesidades materiales de una población en aumento, que cada vez consume más, y que cuenta con mayor nivel de poder adquisitivo. Así, habiéndose constatado su evolución hacia una economía adquisitiva, China se sitúa más cerca de los países del centro del sistema económico mundial, en una semiperiferia característica, dada la complejidad de su estructura económica, que impide considerarla como un todo uniforme. En cualquier caso, lo que pone de manifiesto nuestro análisis es la constatación de las etapas del desarrollo chino, de la transformación de su estructura productiva, y de la modificación de sus relaciones de dependencia a nivel internacional desde una perspectiva ecológica.

El corolario a lo anterior implica que existen relaciones de jerarquización y subordinación en términos de territorios dentro del sistema económico mundial. Existen una serie de territorios que proveen de materiales al centro del sistema, y que se convierten en fuente de extracción de recursos y vertido de residuos para los países más avanzados. Por otra parte, las economías más avanzadas se aprovechan de las ventajas de su posición en las relaciones económicas internacionales que les permiten apropiarse de esa riqueza material, y que contribuye a fomentar sus dinámicas de acumulación y consumo, de forma paralela a como ocurre en la dimensión económico monetaria.

Así, se generan unos conflictos ecológicos de distribución a nivel internacional, derivados del alto coste ambiental que supone para el sistema el mantenimiento de las pautas de crecimiento de los países desarrollados. En este sentido, resulta útil hacer mención al concepto de «deuda ecológica», ya que ilustra estas relaciones. La «deuda ecológica» de un país consiste en:

- (1) el daño ambiental causado a lo largo del tiempo por ese país en otros países o en áreas de jurisdicción de otros países a causa de su modelo de producción y consumo;
- (2) y/o el daño ecológico causado históricamente por ese país en ecosistemas fuera de su jurisdicción nacional a causa de su modelo de producción y consumo;

(3) y/o, el uso o explotación de los ecosistemas o de bienes y servicios de los ecosistemas a través del tiempo, por un país a expensas de los derechos equitativos de otros países o individuos sobre esos ecosistemas (Paredis, *et al*, 2004 en Villalba, 2008: 4).

La deuda generada por las emisiones de gases de efecto invernadero y el vertido de residuos (así como por los pasivos ambientales los recursos naturales extraídos de otros territorios) dan lugar a asimetrías ecológicas a nivel internacional, que se manifiestan, principalmente, a través del comercio. Continuando con la propuesta analítica de la teoría del «sistema-mundo» puede colegirse, también en términos ecológicos, la existencia de una «jerarquía de poder entre el centro y la periferia, según la cual las sociedades ricas y poderosas del centro dominan y explotan a las sociedades periféricas» (Chase-Dunn y Grimes, 1995 en Muñoz *et al*, 2011: 1983), dando lugar a una transferencia de plusvalía ecológica de la periferia al centro y, en consecuencia, a un intercambio ecológico desigual entre ambas regiones. Algunos autores apuntan, incluso, a que la distribución del deterioro ambiental se determina de manera estructural (Hornborg, 1998 en Muñoz *et al*, 2011: 1983): la interacción entre el centro y la periferia, además de conducir a una creciente especialización del trabajo (delimitada por la división internacional del trabajo), fuerza la separación espacial de la extracción y el consumo y una distribución desigual global de las presiones medioambientales asociadas (Bunker, 2007 en Muñoz *et al*, 2011: 1983). Todo ello, facilitado por el moderno sistema internacional de transporte.

La distribución desigual de las cuestiones ecológicas puede examinarse, también, en términos de asignación de las cargas ambientales, además de desde la perspectiva de la apropiación de recursos. Como, por ejemplo, en lo relativo a los diferentes estándares ambientales derivados de las distintas legislaciones ambientales nacionales que dan lugar a la deslocalización de las industrias más contaminantes a los territorios más permisivos (Levinson y Taylor, 2008 en Muñoz *et al*, 2011: 1983). Sin embargo, en la actualidad, este intercambio ecológico desigual toma forma a través de la exportación de *commodities* de tipo primario por la periferia, que se caracterizan por su elevado volumen físico, a precios que no cubren completamente los costes de producción (Muradian y Martínez-Alier, 2001 en Muñoz *et al*, 2011: 1983). Mientras, el centro, especializado en las fases finales de la producción, se concentra en la exportación de *commodities* de precio más elevado que acarrear un menor flujo de materiales incorporado. En suma, la periferia necesita producir una mayor cantidad de flujos físicos para obtener la misma cantidad de valor añadido, siendo aquí donde toman forma las desigualdades, que se deducen de las implicaciones de la deuda ecológica a nivel global, pero que se inician a nivel local-nacional a través del desarrollo de sistemas productivos con carácter netamente adquisitivo, propios de los países más avanzados.

## **6.2. Limitaciones del presente trabajo y líneas abiertas para futuras investigaciones**

En primer lugar, se reconoce no haber incluido elementos del análisis espacial y la economía regional, dada la utilidad que presentan los Hechos Estilizados Espaciales para tratar la elevada inercia locacional de los recursos naturales que influye en las actividades económicas y que, en último término, puede contribuir a comprender mejor las dinámicas del intercambio ecológico desigual<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> En línea con este planteamiento, resultaría igualmente interesante considerar la desigualdad desde la perspectiva de las emisiones, que se vinculan al nivel económico de la economía en general, y del individuo en particular. De esta manera, no sólo son los países más avanzados los que más aprovechan la extracción de recursos de otros territorios, sino también los que

Cabría, también, incorporar el rol del Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo Social y de los Ecosistemas (MuSIASEM), un marco de análisis formulado por Giampietro (2003, en Velasco, 2012: 18), que es una aplicación del modelo Fondo-Flujo de Georgescu-Roegen (1971 y 1977, en Velasco, 2012: 18), y que busca realizar análisis socioeconómicos y biofísicos desde la teoría de sistema complejos autopoieticos, es decir, aquellos que pueden reproducirse y mantenerse por sí mismos:

«MuSIASEM es una herramienta que permite relacionar variables biofísicas y socioeconómicas de una forma integrada, de modo que es posible relacionar el metabolismo de una sociedad dada con las potenciales limitaciones del medio ambiente como la disponibilidad de recursos, la generación de residuos o la capacidad de absorción de estos. En un segundo paso, se pueden combinar variables biofísicas con variables monetarias, obteniendo una “contabilidad” de usos del tiempo y de consumo de energía exosomática en las diferentes actividades que conforman una economía y que son, a la vez, compatibles con el análisis económico de la generación de PIB. De esta forma se ofrece una visión biofísica del proceso económico, mostrando las interrelaciones entre restricciones demográficas, económicas y ambientales» (Velasco, 2012: 18).

No obstante, y de nuevo, por cuestiones metodológicas, se ha preferido el Análisis de Flujo de Materiales (AFM), ya que permite efectivamente considerar los aspectos que se busca poner de manifiesto, como es el uso y consumo de recursos y la producción de residuos, por una economía que funciona como un sistema en interacción con otros sistemas, dentro de un subsistema económico comprendido por un sistema *biogeofísico*.

Todas estas consideraciones pueden aportar nuevos puntos de vista, más o menos críticos, sobre el objeto de estudio. No obstante, su análisis requeriría de una dedicación específica, así como de un tiempo y extensión más amplios para la investigación. El objetivo de este trabajo era, en último término, evitar la pretensión de un acercamiento holístico, con el fin de concentrarse con mayor detenimiento en las interpretaciones directamente relacionadas con las preguntas de investigación.

Del estudio realizado han emergido una serie de observaciones en relación con la ineficiencia material asociada al modelo de desarrollo capitalista. De ellas pueden derivarse recomendaciones sobre el uso y la gestión de los recursos dentro del propio modelo capitalista (lo que se enmarcaría dentro de un enfoque de «sostenibilidad débil»), o apuntar hacia propuestas más ambiciosas e incisivas que aludan hacia la necesidad de un cambio de modelo de desarrollo (o que cuestionen el desarrollo como fin último de la economía).

En cualquier caso, complementar el análisis con instrumentos de investigación de tipo cuantitativo y cualitativo asociados a la práctica multiescala (local, regional, global), sin perder de vista el enfoque físico, ni su interdependencia e interrelación con los aspectos socio-económicos, permitiría ofrecer una imagen más acabada de las etapas del desarrollo chino y el impacto ambiental de su modelo.

## 7. REFERENCIAS

- Adriaanse, A.; Bringezu, S.; Hammond, A.; Moriguchi, Y.; Rodenburg, E.; Rogich, D. y Schütz, H. (1997): *Resource Flows. The Material Basis of Industrial Economies*. Washington, D. C. World Resources Institute.
- Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) (2016a): *Circular Economy in Europe - Developing the Knowledge Base*. EEA Report 2/2016. Copenhagen. EEA.
- (2016b): *More From Less - Material Resource Efficiency in Europe*. EEA Report 10/2016. Copenhagen. EEA.
- Arto, I. (2009): «El Metabolismo Social del País Vasco desde el análisis de flujos de materiales». *XI Jornadas de Economía Crítica*. Bilbao.
- Ayres, R. U. y Simonis, U. E. (1994): *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokio. United Nations University Press.
- Banco Mundial (2015): *Datos* [en línea]. «Total greenhouse gas emissions (kt of CO2 equivalent)» [Acceso: 15 de Agosto de 2016]. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE?locations=CN>
- Bringezu, S. (2000): «History and Overview of Material Flow Analysis». *Paper presented to the OECD Special Session on Material Flow Accounting, 30<sup>th</sup> Meeting of the Working Group on the State of the Environment*. París: OCDE.
- Bringezu, S. y S. Moll. 1998. «Coordination of Regional and National Material Flow Accounting for Environmental Sustainability». En *The ConAccount Agenda*, editado por Bringezu, S.; Fischer-Kowalski, M.; Klein, R. y Palm, V. Wuppertal: Wuppertal Institute.
- Bunker, S. (1984): «Modes of Extraction, Unequal Exchange, and the Progressive Underdevelopment of an Extreme Periphery». *American Journal of Sociology*. Vol. 89: pp. 1017–1064.
- (1985): *Underdeveloping the Amazon*. Urbana. University of Illinois Press.
- Carpintero, O. (1999): *Entre la Economía y la Naturaleza*. Madrid. Los libros de la Catarata.
- (2005): *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*. Colección Economía y Naturaleza. Lanzarote, Islas Canarias. Fundación César Manrique.
- (2006): *La bioeconomía de Georgescu-Roegen*. Madrid. Montesinos.
- Carpintero, O. (dir.) (2015): *El metabolismo económico regional español*. Madrid. FUEM Ecosocial.
- CE (2001): *Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide*. Luxemburgo. Oficina para publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas.
- (2002): *Material Use in the European Union 1980-2000: Indicators and Analysis*. Luxemburgo. Oficina para publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas.
- (2003): *Economy-wide Material Flow Accounts, Foreign Trade Analysis, and Derived Indicators for the EU. Resource Use and Material Flow Accounts*. Luxemburgo. Comisión de las Comunidades Europeas.

- Chancel, L. y Piketty, T. (2015): *Carbon and Inequality: from Kyoto to Paris. Trends in the Global Inequality of Carbon Emissions (1998-2013) and Prospects for an Equitable Adaptation Fund*. París. Paris School of Economics.
- Chen, X. y Qiao, L. (2001): «A Preliminary Material Input Analysis of China». *Population and Environment*. Vol. 23. Nº 1: pp. 117-127.
- Clark, B. y Bellamy Foster, J. (2012): «Imperialismo ecológico y la fractura metabólica global. Intercambio desigual y el comercio de guano/nitratos». *Theoria*. Número 26. Páginas 1 a 24.
- Costanza, R. (1980): «Embodied energy and economic valuation». *Science*. Vol. 210: pp. 1219–1224.
- Daniels, P. L. y Moore, S. (2002): «Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies. Part I: Methodological Overview». *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 5. Nº4: pp. 69-93.
- Emmanuel, A. (1972): *El intercambio desigual*. México D.F. Siglo XXI Editores.
- Eurostat (2009): *Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for Reporting to the 2009*. Eurostat questionnaire. Version 01.
- (2012a): *Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA): Compilation Guide 2012*.
- (2012b) *Project: Estimates for Raw Material Consumption (RMC) and Raw Material Equivalents (RME) conversion factors*.
- Fischer-Kowalski, M. (1998): «Metabolism: the intellectual history of material flow analysis. Part I, 1860–1970». *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 2 (1): pp. 61–78.
- Fischer-Kowalski, M. y Amann, C. (2001): «Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism». *Population and Environment*. Vol. 23. Nº 1: pp. 1-41.
- Fischer-Kowalski, M.; Krausmann, F.; Giljum, S.; Lutter, S.; Mayer, A.; Bringezu, S.; Moriguchi, Y.; Schütz, H.; Schandl, H. y Weisz, H. (2011): «Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting State of the Art and Reliability Across Sources». *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 15. Nº 6: pp. 855–876.
- Frey, R. S. (1994): «The International Traffic in Hazardous Wastes». *Journal of Environmental Systems*. Vol. 23: pp. 165–177.
- Georgescu-Roegen, N. (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, Massachusetts. Harvard University Press.
- Gereffi, G. y Evans, P. (1981): «Transnational Corporations, Dependent Development and State Policy in the Semiperiphery: a Comparison of Brazil and Mexico», *Latin America Research Review*, 16(3); 31-64.
- Gilliland, M. W. (1978): *Energy Analysis: A New Policy Tool*. Boulder, Colorado. Westview Press.
- Hall, C. A. S.; Cleveland, C. J. y Kaufman, R. (1986): *Energy and Resource Quality*. Nueva York. John Wiley & Sons.
- Herendeen, R. A. (1981): «Energy intensities in economic and ecological systems». *Journal of Theoretical Biology*. Vol. 91: pp. 607–620.



- Hornborg, A. (1998a): «Towards an Ecological Theory of Unequal Exchange». *Ecological Economics*. Vol. 25 (Nº 1): pp. 127–136.
- (2001): *The Power of the Machine*. Walnut Creek, California. AltaMira Press.
- (2003): «Cornucopia or Zero-Sum Game? The Epistemology of Sustainability». *Journal of World-Systems Research*. Vol. 9 (Nº 2): pp. 205–216.
- INE (2015): *Cuentas de flujos de materiales*. Base 2010. Serie contable 2010 – 2013
- Jorgenson, A. K. (2006): «Unequal Ecological Exchange and Environmental Degradation». *Rural Sociology*. Vol. 71: pp. 685–712.
- Kneese, A.; Ayres, R. y D'Arge, R. (1975): «Economics and the environment: A materials balance approach». En *The economics of pollution*, editado por H. Wolozin. Morristown, Tennessee: General Learning Press.
- Leach, G. (1976): *Energy and Food Production*. Surrey, Reino Unido. I.P.C. Science and Technology Press limited.
- López-Menéndez, A. J. y Pérez Suárez, R. (2015a): «Growing Green? Forecasting CO2 Emissions with Environmental Kuznets Curves and Logistic Growth Models». *Environmental Science & Policy*. Diciembre 2015.
- (2015b): *Desarrollo económico y perspectivas medioambientales. Análisis de escenarios basados en modelos de Kuznets y logísticos*. Conference Paper.
- Lutter, S.; Lieber, M. y Giljum, S. (2015): *Global Material Flow database. Material extraction data. Technical Report, Version 2015.1*. Institute for Ecological Economics / Vienna University of Economics and Business (WU).
- Martínez-Alier, J. y Roca, J. (2013): *Economía ecológica y política ambiental. Tercera edición revisada y aumentada*. México D. F. Fondo de Cultura Económica.
- Matthews, E. (dir) (2000): *The Weight of Nations. Material Flow Accounts from Industrial Economies*. World Resources Institute.
- Morowitz, H. J. (1979): *Energy Flow in Biology*. Woodbridge, Connecticut. Ox Bow Press.
- Muñoz, P., Giljum, S. y Roca, J. (2009): «The Raw Material Equivalents of International Trade. Empirical Evidence for Latin America». *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 13. Nº 6: pp. 881-897.
- Muñoz, P.; Strohmaier, R. y Roca, J. (2011): «On the North–South trade in the Americas and its Ecological Asymmetries». *Ecological Economics*. Vol. 70: pp. 1981–1990.
- Naredo, J. M. y Valero, A. (1999): *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Colección Economía y Naturaleza. Madrid. Fundación Argentaria.
- National Bureau of Statistics of China, NBS (2016): *Annual Data*. Pekín. NBS.
- OCDE (2000): *Special Session on Material Flow Accounting*. OECD Working Group on Environmental Information and Outlooks (WGEIO).
- (2008): *Measuring Material Flows and Resource Productivity*. Vol. III. Inventory of Country Activities.

- Odum, H. T. (1971): *Environment, Power, and Society*. Nueva York. Wiley-Interscience.
- (1983): *Systems Ecology*. Nueva York. John Wiley.
- ONU, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de la Población (2015): *World Population Prospects: The 2015 Revision*. Nueva York. ONU.
- Palazuelos, E. y García, C. (2007): «La transición energética en China». *Working Paper, 05/05, Instituto Complutense de Estudios Internacionales*.
- (2008): «China: dependencia exterior y dilemas estratégicos de su transición energética» en Palazuelos, E. (dir.): *El petróleo y el gas en la geoestrategia mundial*. Madrid. Akal.
- Pimentel, D. y Pimentel, M. (1979): *Food, Energy, and Society*. Londres. Edward Arnold.
- Rappaport, R. A. (1971): «The flow of energy in an agricultural society». *Scientific American*. Vol. 224: pp. 117–133.
- Ramos-Martín, J.; Giampietro, M. y Mayumic, K. (2006): «On China's Exosomatic Energy Metabolism: an Application of Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism (MSIASM)». *Ecological Economics*. Vol. 63: pp.174-191.
- Ramos Martín, J. (2011): «La insostenibilidad energética del “Gran Dragón”: China 1985 2009». *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*. Nº 115: pp. 49 63.
- Rees, W. y Wackernagel, M. (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island (Canada): New Society Publishers.
- Rice, J. (2007): «Ecological Unequal Exchange». *International Journal of Comparative Sociology*. Vol. 48: pp. 43–72.
- Rothman, D. (1998): «Environmental Kuznets Curves—Real Progress or Passing the Buck? A Case for Consumption-Based Approaches». *Ecological Economics*. Vol. 25: pp. 177–194.
- Slesser, M. (1978): *Energy in the Economy*. Londres. MacMillan.
- Smil, V. (1987): *Energy, Food, Environment: Realities, Myths, Options*. Oxford. Oxford University Press.
- Stern, D. (2004): «The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve». *World Development*. Vol. 32. Nº 8: pp. 1419–1439.
- U.S. Geological Service (USGS) (2015): *2013 Minerals Yearbook for China*. Washington, D.C. USGS.
- (2016): *Mineral Commodity Summaries, 2016*. Washington, D.C. USGS.
- Velasco, R. (2012): *Dos senderos diferenciados de metabolismo energético: China e India*. Trabajo de Fin de Máster. Barcelona. Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales, UAB.
- Villalba, U. (2008): «El concepto de deuda ecológica y algunos ejemplos en Ecuador». *XI Jornadas de Economía Crítica*. Bilbao.
- Wang, H.; Yue, Q.; Lu, Z.; Schütz, H. y Bringezu, S. (2013): «Total Material Requirement of Growing China: 1995–2008». *Resources*. Vol. 2: pp. 270-285.

- West, J.; Schandl, H.; Heyenga, S. y Chen, S. (2013): *Resource Efficiency: Economics and Outlook for China*. Bangkok, Tailandia. UNEP.
- WU y Dittrich, R. (2014): *Global Material Flows Database*.
- Xu, M. y Zhang, T. (2007): «Material Flows and Economic Growth in Developing China». *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 11. Nº 1: pp. 121-140.
- You, C. y Ren, P. (2015): «Timber flow study: export/import discrepancy analysis. China vs. Mozambique, Cameroon, Uganda and DRC». *IIED Issue Paper*. Londres. IIED.

## ANEXO I. DESGLOSE DE LOS INDICADORES SELECCIONADOS DE LA CONTABILIDAD DE FLUJOS MATERIALES

Indicadores	Flujos Input	Extracción interior utilizada (EU)	Mide el flujo de materiales que se extraen del propio territorio y que entran físicamente en el sistema económico para su posterior transformación o consumo directo (son "utilizados" por la economía), y normalmente poseen un valor monetario.	
		Input material directo (IMD)	Comprende el conjunto de materiales utilizados que entran a formar parte del sistema económico (del propio territorio o del exterior), es decir: todos los materiales que tienen valoración monetaria y se utilizan en las actividades de producción y consumo, sean sólidos, líquidos o gaseosos (a excepción del agua y el aire, pero incluyendo lo que está contenido en los productos o sustancias).	$IMD = EU + M$
		Extracción interior no utilizada (ENU)	Se trata de los materiales que se extraen en el interior de un territorio pero que no entran a formar parte del sistema económico (no tienen valoración económica). Es un concepto muy similar al de «flujo oculto», que se acuñó antes de la Guía elaborada por Eurostat (2001).	
		Flujos indirectos de las exportaciones / importaciones (IF <sub>x</sub> / IF <sub>m</sub> )	Podrían definirse como flujos «ocultos» del comercio exterior, es decir, la cantidad de materiales que incorporan las mercancías comerciadas. Se denominan indirectos porque su cálculo exige el paso intermedio de encontrar para cada producto –importado o exportado– una Materia Prima Equivalente (MPE, Raw Material Equivalent) interior en términos de EU, y es a partir de esa MPE cuando se estima la ENU asociada a ese producto comercializado.	
		Requerimientos totales de materiales (RTM)	Incluye tanto los materiales que entran a formar parte del sistema económico para su utilización, como aquella parte de la extracción y las importaciones no utilizadas o valoradas.	$RTM = IMD + ENU + F_M$
	Indicadores de consumo	Consumo material interior (CMI)	Son los materiales utilizados en la extracción doméstica directa y las actividades de consumo directo por una economía (excluyendo los flujos indirectos). Es lo que se suele denominar «Consumo Aparente» en términos económicos.	$CMI_{(1)} = IMD - X$
		Consumo Material Total (CMT)	Son los materiales totales asociados en la extracción doméstica y las actividades de consumo por una economía. En este sentido se incluyen, además de los flujos directos, los flujos de extracción no utilizada y los flujos indirectos asociados al comercio exterior.	$CMT_{(1)} = RTM - X - IF_X$ $CMT_{(2)} = CMI + ENU + (IF_M - IF_X)$ $CMT_{(3)} = EU + ENU + M + IF_M - X - IF_X$
	Flujos Output	Output Interior Procesado (OIP)	Mide el peso total de materiales extraídos utilizados procedentes del medio ambiente interior o importados, y que después de utilizados por el sistema económico, son devueltos a la naturaleza.	$OIP = CMI - ANS$
		Output Interior Total (OIT)	Añade, a lo anterior, la extracción interior no utilizada.	$OIT = OIP + ENU$

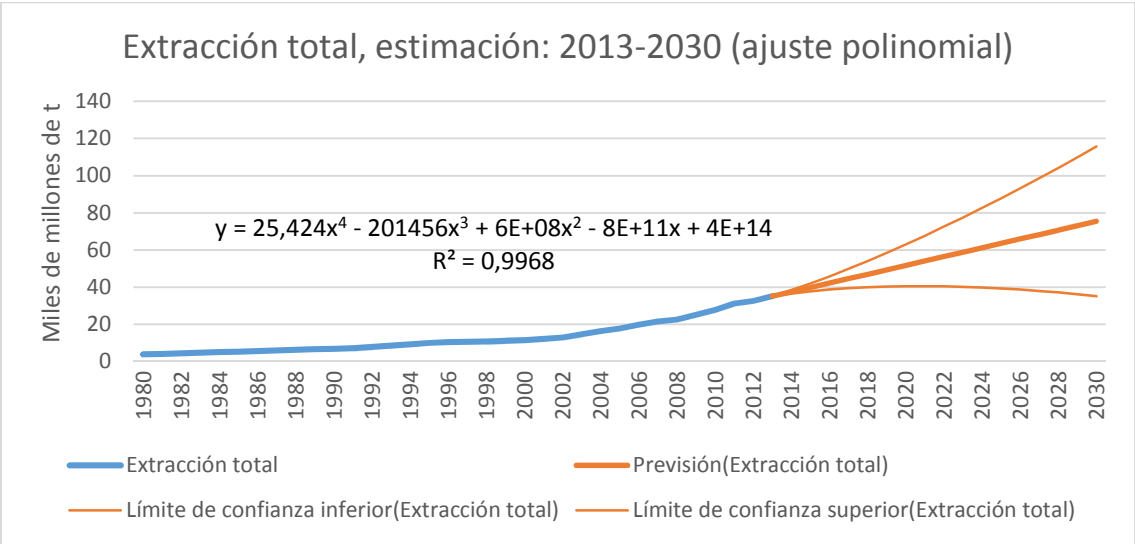
Indicadores de eficiencia, productividad	Otros indicadores	<b>Adiciones Netas al Stock (ANS)</b>	Refleja el "crecimiento físico de la economía", es decir: la expansión del stock de materiales incorporado en los edificios, infraestructuras y bienes duraderos. Se suele calcular de manera indirecta a partir de la ecuación de balance general, pues es la rúbrica de acumulación.	$ANS = IMD - X - OIP$
		<b>Balance Comercial Físico (BCF)</b>	Refleja el comercio en términos físicos y se define de manera contraria al balance comercial en términos monetarios. En este sentido, cuando el BCF es positivo, se habla de déficit (porque las importaciones del resto del mundo superan a las exportaciones), y viceversa cuando el BCF es negativo (sería superávit, pues las exportaciones superan a las importaciones).	$BCF = M - X$
	Indicadores de eficiencia, productividad	<b>Productividad Material Directa (PMD)</b>	Su inversa sería la <b>Intensidad Material Directa (InMD)</b> .	$PMD = \frac{PIB}{IMD}$ $InMD = \frac{IMD}{PIB}$
		<b>Productividad Material Interior (PMI)</b>	Su inversa sería la <b>Intensidad Material Interior (InMI)</b> .	$PMI = \frac{PIB}{CMI}$ $InMI = \frac{CMI}{PIB}$
		<b>Productividad Material Total (PMT)</b>	Su inversa sería la <b>Intensidad Material Total (InMT)</b> .	$PMT = \frac{PIB}{RTM}$ $InMT = \frac{RTM}{PIB}$

Fuente: elaboración propia a partir de Carpintero et al (2015); Comisión Europea (2001, 2002 y 2003); AEMA (2016a y 2016b); Eurostat (2009; 2012a y 2012b) y OCDE (2000 y 20008).

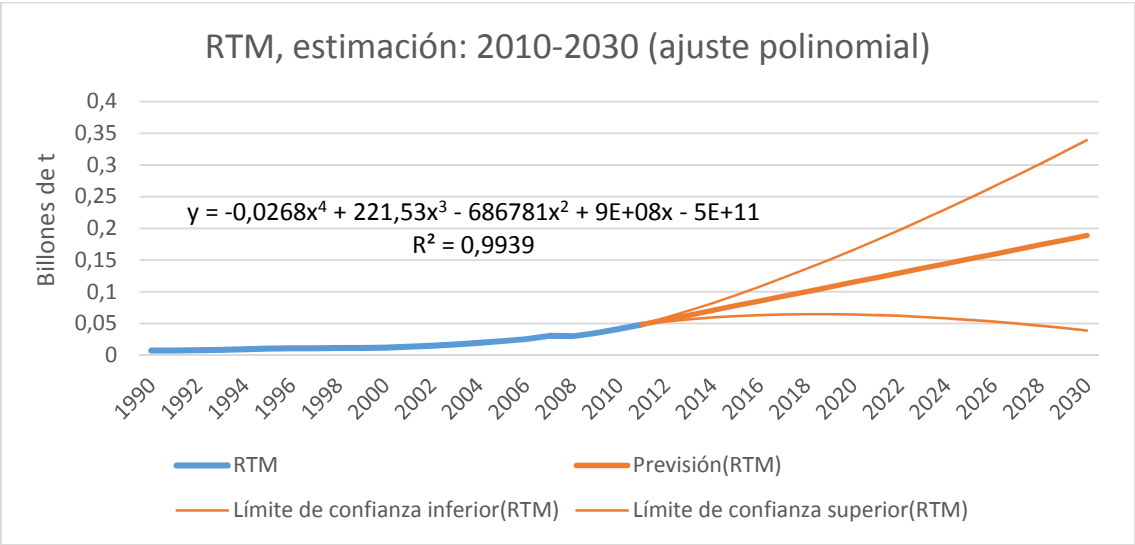
## ANEXO II. ESCENARIOS FUTUROS

Los siguientes cálculos muestran, *ceteris paribus*, una evolución en consonancia con los ritmos actuales de crecimiento para todas las variables.

### Flujos input

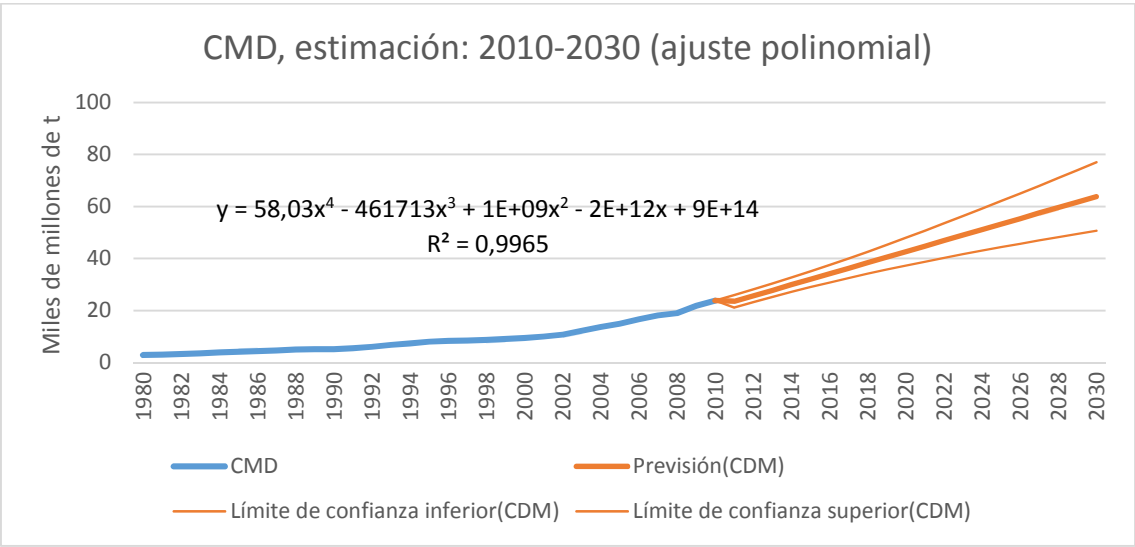


Fuente: elaboración propia



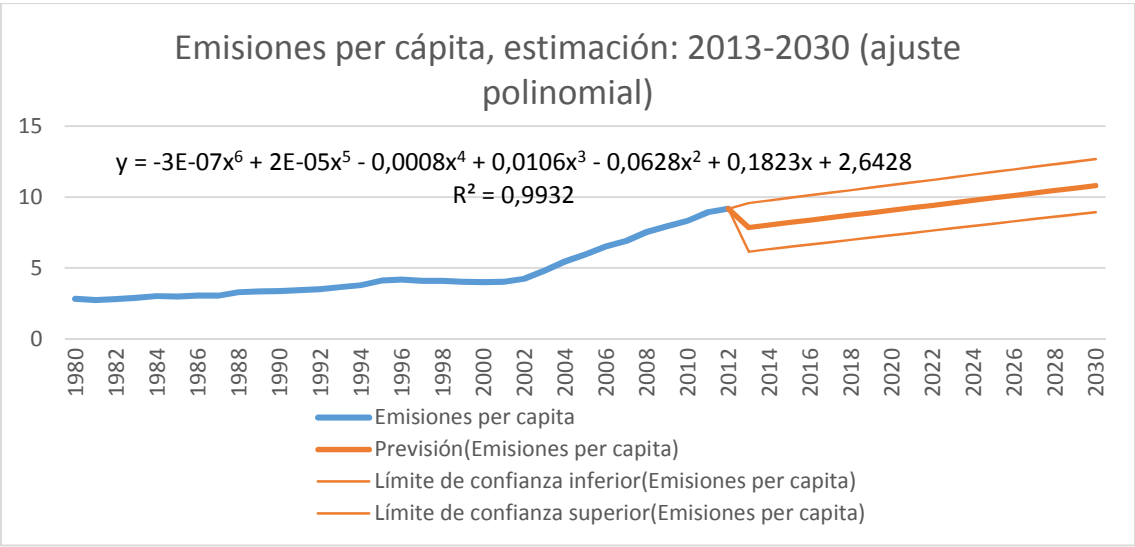
Fuente: elaboración propia

# Consumo



Fuente: elaboración propia

# Flujos output



Fuente: elaboración propia