

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

*THE METABOLISM OF THE CHINESE ECONOMY: DEVELOPMENT FROM AN  
ECOLOGICAL ECONOMICS VIEW*

*Elena Pérez Lagüela*  
Universidad Complutense de Madrid  
eplaguela@ucm.es

Recibido: marzo de 2017; aceptado: mayo de 2017

Accésit del X Premio José Luis Sampedro

RESUMEN

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.

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; por otro lado, constatar los efectos que la actividad económica tiene sobre el medio ambiente.

*Palabras clave:* China; Análisis de flujo de materiales (AFM); Desarrollo económico; Metabolismo industrial; Sostenibilidad.

## ABSTRACT

The end of the economic isolation of China changed its development model, as well as its relations with the rest of the world. Since then, China has registered an increase in the reception of material flows that are extracted in other parts of the world. This dynamic is evident since the 1990s, when the behaviour of the Chinese economy, in terms of its metabolism, started to resemble that of the countries from the centre of the economic system, as it became a net material importer. All of this, linked to its demographic dynamics, presents some unsustainable trends that seem to endure at the expense of the sustainability of other territories.

In this paper we present an analysis of the metabolism of the Chinese economy by pursuing a dual purpose: on the one hand, to corroborate the evolution of the Chinese economic structure from a productive to an acquisitive model in physical terms; on the other, to ascertain the effects that economic activity has on the environment.

*Keywords:* China; Material Flow Analysis (MFA); Economic Eevelopment, Industrial Metabolism; Sustainability.

CÓDIGOS JEL: F64, O13, Q56.



## 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).

Los estudios acerca del «intercambio ecológico desigual» se han basado en el trabajo seminal de Bunker (1984 y 1985), 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» 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).

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.

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 globales de producción, con un viraje hacia la satisfacción de las necesidades de una demanda interna cada vez más importante. Esta estrategia bicípita

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, 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.

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

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).

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 de los productos (ACV) 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).

El AFM ofrece una perspectiva más completa de los efectos del proceso productivo de las economías, en tanto complementa los datos puramente macro-



económicos, 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, 2013; 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; 2012 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.

### 3. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo consiste en tratar de calcular el metabolismo de la economía China: sus cuentas de flujos de entrada (de materiales) 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. 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 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.*



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.

#### 4.1. CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL (CKA)

La «Curva de Kuznets Ambiental»<sup>2</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:

$$Y = aX^3 + bX^2 + cX + d \quad (1)$$

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 (López-Menéndez y Pérez Suárez, 2015a y 2015b: 5).

### 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1. FLUJOS INPUT

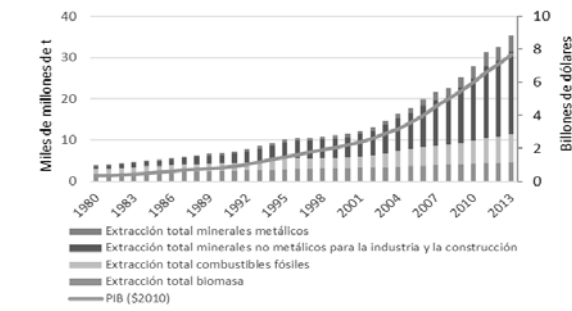
En este apartado se analizan las entradas de materiales al sistema productivo de la economía china, tanto los extraídos dentro del propio territorio, como los importados de otros territorios. Este análisis de los flujos input incluye dos categorías: aquellos materiales que entran de manera directa en el sistema (materiales utilizados), y los que lo hacen de manera no directa (materiales no utilizados). Para ello, se presentarán los resultados de las variables «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,

<sup>2</sup> Existe una amplia literatura que pone en duda la incontestabilidad de la propuesta del modelo CKA. De ella, se recomiendan los trabajos de Fischer-Kowalski y Amann (2001), Stern (2004) y Rothman (1998).

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.

FIGURA 5.1.1. COMPOSICIÓN<sup>3</sup> DE LA EXTRACCIÓN TOTAL EN VALORES ABSOLUTOS (1980-2012). COMPARACIÓN CON LA EVOLUCIÓN DEL PIB (EN DÓLARES CONSTANTES DEL 2010)



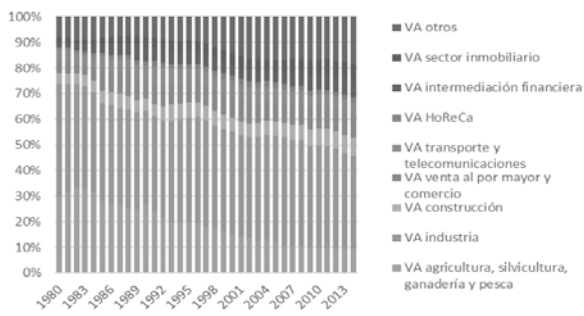
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

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 noventa 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, junto con sus nuevas necesidades, y por 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>3</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>4</sup> (1980-2013)

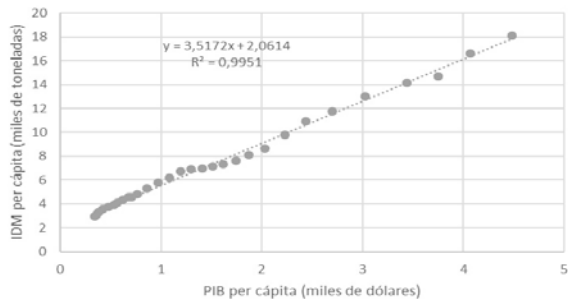


Fuente: elaboración propia a partir de NBS (2016).

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).

FIGURA 5.1.3. CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL, EN BASE AL IMD (1980-2010)



Fuente: elaboración propia.

<sup>4</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.

Tal y como se aprecia en la gráfica 5.1.3, no solo 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>5</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, en la actualidad, su poder energético es menor, y por ello se precisa de un mayor volumen de los mismos para realizar el mismo uso. A todo esto, 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.

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.

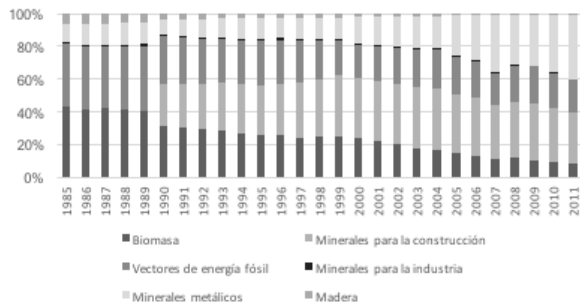
El incremento del consumo de materiales desarrolla una forma exponencial

<sup>5</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 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.

FIGURA 5.1.4. COMPOSICIÓN<sup>6</sup> DE LOS RTM DE CHINA (1985-2007)



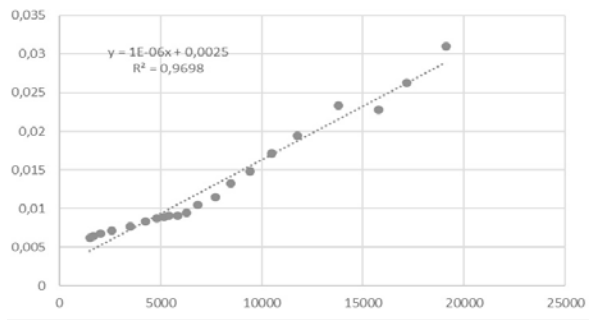
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

En términos de consumo, la «afluencia»<sup>7</sup> es el principal vector de crecimiento de las presiones materiales en china, siendo mucho más importante que el crecimiento de 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.

<sup>6</sup> No se dispone de datos para los «minerales para la construcción» hasta 1990.

<sup>7</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.

FIGURA 5.1.5. RELACIÓN ENTRE RTM, POBLACIÓN E INGRESO DISPONIBLE (1985-2010)



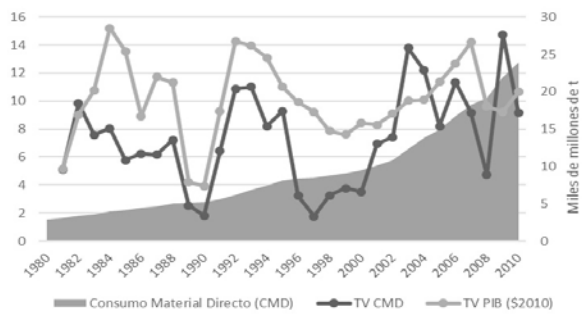
Fuente: elaboración propia.

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)



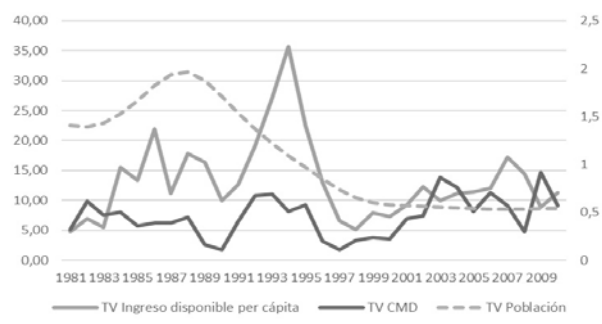
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).



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 ocurriría 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>8</sup>) pese a que el crecimiento poblacional se encuentra estancado, tal y como se auguraba en el apartado anterior.

FIGURA 5.2.2. RELACIÓN ENTRE LAS TASAS DE VARIACIÓN DEL INGRESO DISPONIBLE PER CÁPITA, EL CMD Y LA POBLACIÓN (1980-2010)

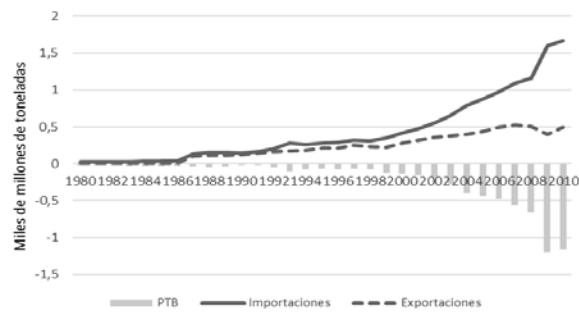


Fuente: elaboración propia a partir de NBS (2016), WU y Dittrich (2014) y ONU (2015).

La forma que toma su balance comercial físico, 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.

<sup>8</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%.

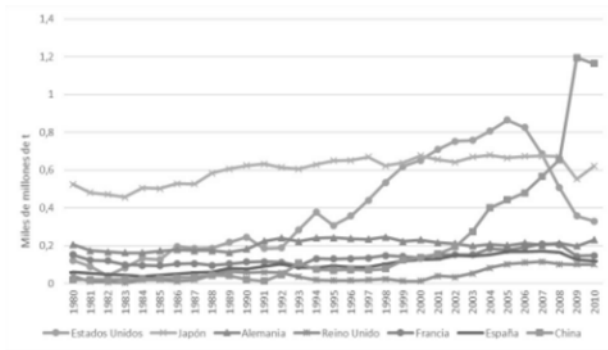
FIGURA 5.2.3. BALANCE COMERCIAL FÍSICO (1980-2010)



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>9</sup> y con capacidad de autoabastecimiento a una economía importadora neta<sup>10</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)



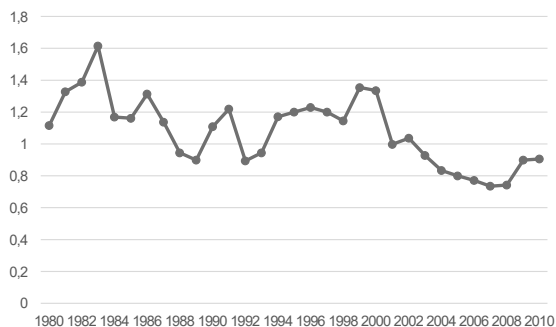
Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

<sup>9</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>10</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.

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.

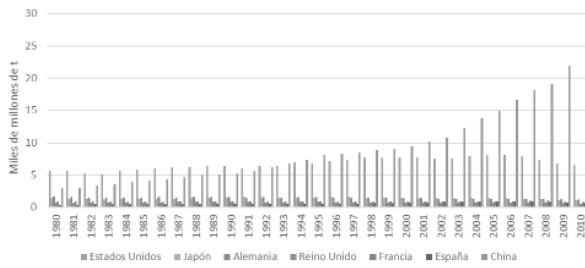
FIGURA 5.2.5. BALANCE COMERCIAL FÍSICO - ANÁLISIS DE CONVERGENCIA



Fuente: elaboración propia.

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

FIGURA 5.2.6. CMD COMPARADO (1980-2010)

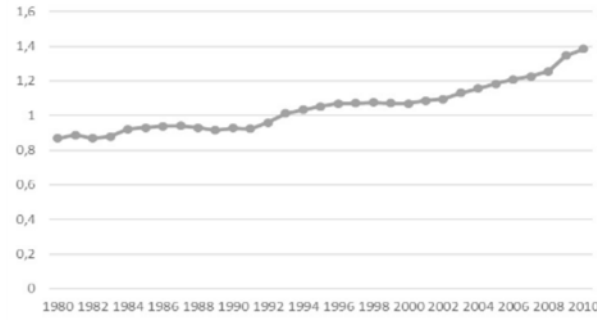


Fuente: elaboración propia a partir de WU y Dittrich (2014).

Es aquí que, a partir de los años noventa del pasado siglo, el comportamiento chino en términos de CMD comienza a desvincularse del 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.

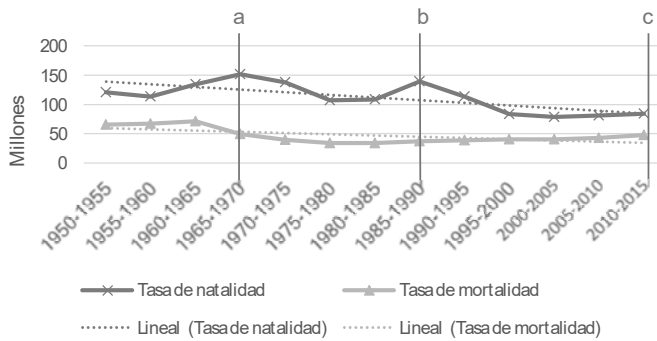
FIGURA 5.2.7. CMD - ANÁLISIS DE CONVERGENCIA



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>11</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.

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

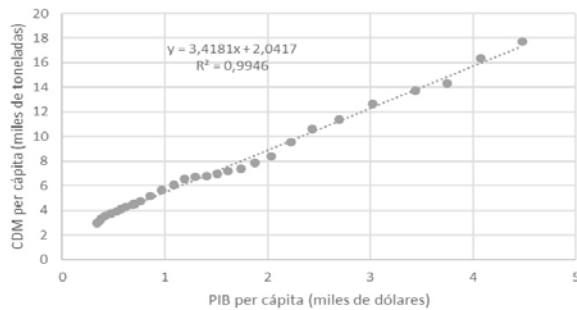
| Años      | Población |                   | PIB (\$2010)   |                  | Input Material Directo |                  | Consumo Material Interior |                  |
|-----------|-----------|-------------------|----------------|------------------|------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
|           | Millones  | Miles de millones | Millones de tm | tm por habitante | Millones de tm         | tm por habitante | 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            |                           |                  |
| Variación | Total %   | Total %           | Total %        | Anual %          | Total %                | Anual %          |                           |                  |
| 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            |                           |                  |
| Ratio     |           |                   |                |                  |                        |                  |                           |                  |
| 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>11</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 período de tiempo.

Así, 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)



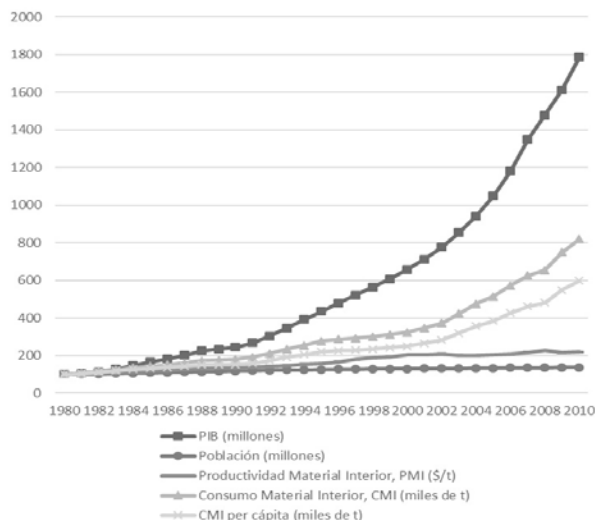
Fuente: elaboración propia.

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.

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.

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).

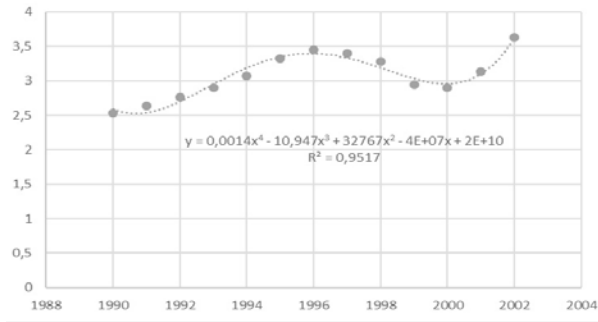
### 5.3. FLUJOS OUTPUT

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>12</sup>, y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

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 solo 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 output.

<sup>12</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.

FIGURA 5.3.1. OIP (INCLUYENDO OXIGENO), EN PETAGRAMOS (1990-2002)



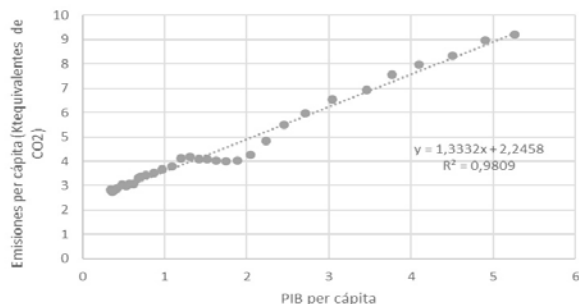
Fuente: elaboración propia a partir de Xu (2007).

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 solo 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.

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, hasta el momento, 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.

FIGURA 5.3.2. CURVA DE KUZNETS AMBIENTAL, EN BASE A GEI (1980-2012)



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

## 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 omnicompreensiva de todas las dimensiones del metabolismo socioeconómico, apoyándose en trabajos anteriormente realizados (Chen y Quiao, 2001; Ramos-Martin *et al.*, 2006; 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.

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.

## 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>13</sup>.

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 autopoiéticos, es decir, aquellos que pueden reproducirse y mantenerse por sí mismos.

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.

<sup>13</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 solo son los países más avanzados los que más aprovechan la extracción de recursos de otros territorios, sino también los que más gases de efecto invernadero emiten, expulsándolos fuera de su territorio, tal y como señalan Chancel y Piketty (2015).



## 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*, World Resources Institute, Washington, D. C.
- Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) (2016a): *Circular Economy in Europe - Developing the Knowledge Base*, EEA Report 2/2016, EEA, Copenhagen.
- Agencia Europea del Medio Ambiente (2016b): *More From Less - Material Resource Efficiency in Europe*, EEA Report 10/2016, EEA, Copenhagen.
- Ayres, R. U. y Simonis, U. E. (1994): *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*, United Nations University Press, Tokio.
- 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/indicador/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*, OCDE, París.
- 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 Institute, Wuppertal.
- 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.
- Bunker, S. (1985): *Underdeveloping the Amazon*, University of Illinois Press, Urbana.
- Carpintero, O. (1999): *Entre la Economía y la Naturaleza*, Los libros de la Catarata, Madrid.
- Carpintero, O. (2005): *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Colección Economía y Naturaleza, Fundación César Manrique, Lanzarote.
- Carpintero, O. (2006): *La bioeconomía de Georgescu-Roegen*, Montesinos, Madrid.
- Carpintero, O. (dir.) (2015): *El metabolismo económico regional español*, FUHEM Ecosocial, Madrid.
- CE (2001): *Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A Methodological Guide*, Oficina para publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- CE (2002): *Material Use in the European Union 1980-2000: Indicators and Analysis*, Oficina para publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.
- CE (2003): *Economy-wide Material Flow Accounts, Foreign Trade Analysis, and Derived Indicators for the EU. Resource Use and Material Flow Accounts*, Comisión de las Comunidades Europeas, Luxemburgo.

- 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*, Paris School of Economics, París.
- Chen, X. y Qiao, L. (2001): «A Preliminary Material Input Analysis of China», *Population and Environment*, Vol. 23, N° 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», *Theomai*, Número 26, pp. 1-24.
- 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, N°4, pp. 69-93.
- Emmanuel, A. (1972): *El intercambio desigual*, Siglo XXI Editores, México D.F.
- Eurostat (2009): *Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for Reporting to the 2009*, Eurostat questionnaire, Version 01.
- Eurostat (2012a): *Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA): Compilation Guide 2012*.
- Eurostat (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, N° 1, pp. 1-41.
- Frey, R. S. (1994): «The International Traffic in Hazardous Wastes», *Journal of Environmental Systems*, Vol. 23, pp. 165-177.
- 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), pp. 31-64.
- Hornborg, A. (1998a): «Towards an Ecological Theory of Unequal Exchange», *Ecological Economics*, Vol. 25 (N° 1), pp. 127-136.
- Hornborg, A. (2001): *The Power of the Machine*, AltaMira Press, Walnut Creek, California.
- Hornborg, A. (2003): «Cornucopia or Zero-Sum Game? The Epistemology of Sustainability», *Journal of World-Systems Research*, Vol. 9, N° 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, General Learning Press, Morristown, Tennessee.



- 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.
- Hornborg, A. (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*, Fondo de Cultura Económica, México D. F.
- Matthews, E. (dir) (2000): *The Weight of Nations. Material Flow Accounts from Industrial Economies*, World Resources Institute.
- Naredo, J. M. y Valero, A. (1999): *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, Colección Economía y Naturaleza, Fundación Argentaria, Madrid.
- National Bureau of Statistics of China, NBS (2016): *Annual Data*, NBS, Pekín.
- OCDE (2000): *Special Session on Material Flow Accounting*, OECD Working Group on Environmental Information and Outlooks (WGEIO).
- OCDE (2008): *Measuring Material Flows and Resource Productivity*, Vol. III, Inventory of Country Activities.
- ONU, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de la Población (2015): *World Population Prospects: The 2015 Revision*, ONU, Nueva York.
- ONU, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de la Población (2008): «China: dependencia exterior y dilemas estratégicos de su transición energética» en Palazuelos, E. (dir.): *El petróleo y el gas en la geoestrategia mundial*, Akal, Madrid.
- 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*, N° 115, pp. 49-63.
- 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.
- Stern, D. (2004): «The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve». *World Development*, Vol. 32, N° 8, pp. 1419-1439.
- U.S. Geological Service (USGS) (2015): *2013 Minerals Yearbook for China*, USGS, Washington, D.C.

- Velasco, R. (2012): *Dos senderos diferenciados de metabolismo energético: China e India*, Trabajo de Fin de Máster, Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales, UAB, Barcelona.
- 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, UNEP, Tailandia.
- 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, N° 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*, IIED, Londres.



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

| Flujos Output                              |  | 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.  | 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).  |
| 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). | 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 comercializadas. 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.   |   |  |
| Consumo material interior (CMI)            | Son los materiales utilizados en la extracción doméstica directa y las actividades de consumo por una economía (excluyendo los flujos indirectos). Es lo que se suele denominar «Consumo Apparente» en términos económicos.  |   |  |
| 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.   |   |  |
| Output interior Processado (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.   |   |  |
| Output interior Total (OIT)                | Añade, a lo anterior, la extracción interior no utilizada.   |   |  |
| Indicadores de consumo                     |  | Indicadores de producción   |  |



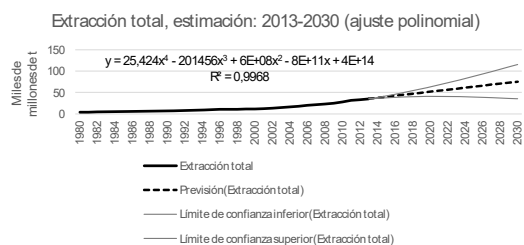
|  |                                       |   |   |
|--|---------------------------------------|---|---|
| Otros indicadores                        | Adiciones Netas al Stock (ANS)        | Refleja el "crecimiento físico de la economía", es decir, la expansión del stock de materiales incorporado en los edificios, infraestructuras y bienes duraderos. Se suele calcular de manera indirecta a partir de la ecuación de balance general, pues es la rubrica de acumulación.  | $ANS = IMD - X - OIP$                     |
|  | Balance Comercial Físico (BCF)        | 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 | Productividad Material Directa (PMD)  | Su inversa sería la <b>Intensidad Material Directa (IMD)</b> .  | $PMD = \frac{PIB}{IMD} = \frac{IMD}{PIB}$ |
|  | Productividad Material Interior (PMI) | Su inversa sería la <b>Intensidad Material Interior (IMI)</b> .   | $PMI = \frac{PIB}{IMI} = \frac{IMI}{PIB}$ |
|  | Productividad Material Total (PMT)    | Su inversa sería la <b>Intensidad Material Total (IMT)</b> .  | $PMT = \frac{PIB}{IMT} = \frac{IMT}{PIB}$ |

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).

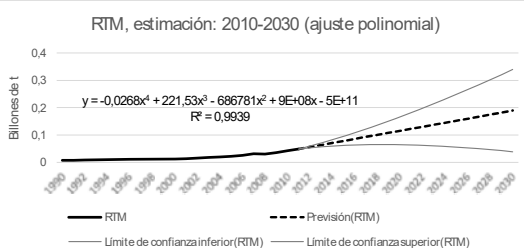
ANEXO II. ESCENARIOS FUTUROS

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

FLUJOS INPUT

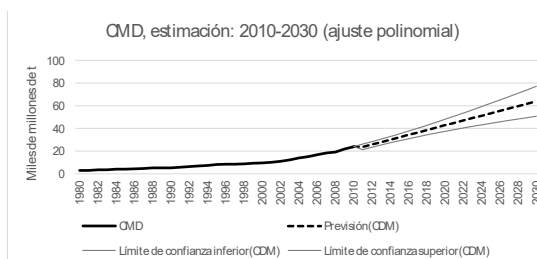


Fuente: elaboración propia



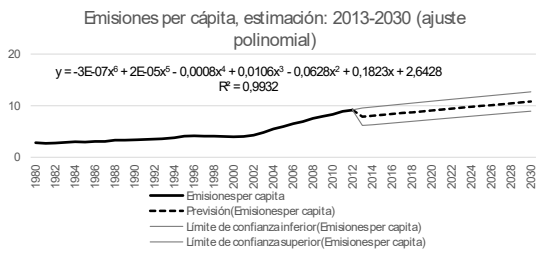
Fuente: elaboración propia

CONSUMO



Fuente: elaboración propia

FLUJOS OUTPUT



Fuente: elaboración propia

