



## COMUNICACIÓN

**Título:** Una investigación sobre la intensidad factorial del comercio internacional y su relación con el nivel de desarrollo económico

**Autores y e-mails de todos:** Pablo Rodríguez Liboreiro (prodri05@ucm.es)

**Departamento:** Ingeniería de la Construcción (Unidad de Economía)

**Universidad:** Politécnica de Madrid

**Área Temática:** Métodos para el análisis espacial III: input-output, big data y otras técnicas y métodos aplicados al análisis espacial.

**Resumen:** *Un análisis mediante métodos input-output de los datos recogidos en la base de datos WIOD para el período 1995-2008 con 40 países y 4 factores de producción muestra que el comercio internacional se organiza en torno a una estructura de fuentes y sumideros, según el balance del contenido factorial del comercio de cada país, el cual, a su vez, está estrechamente relacionado con su nivel de desarrollo.*

**Palabras Clave:** *factores primarios de producción, exportación neta de factores, relación real de intercambio, sumideros, fuentes.*

**Clasificación JEL:** C67, F14, F63



## 1. Introducción

La investigación sobre el contenido factorial del comercio internacional ha estado tradicionalmente relacionada con el estudio de la especialización comercial de los países en términos de ventajas comparativas en un contexto en que cada país posee un número arbitrario de factores de producción primarios. A tenor de este problema surgieron importantes teoremas del análisis económico como el teorema de Heckscher-Ohlin y su posterior generalización por Vanek (1968), o el teorema de Rybczynski (1955). Estos teoremas conforman la base de la teoría neoclásica del comercio internacional la cual, tras unas décadas de continuas contrastaciones desfavorables ha conocido recientemente un nuevo reconocimiento a partir de una serie de contrastaciones favorables (Romalís 2004, Trefler y Zhu 2010).

Asimismo, a tenor de la creciente disponibilidad de datos al respecto, las últimas décadas también han atestiguado el auge de investigaciones sobre la intensidad factorial del comercio internacional a un nivel inferior al de la teoría neoclásica del comercio internacional, i.e., a un nivel puramente descriptivo. Entre estas investigaciones, destacan aquéllas que han tenido por objetivo investigar el empleo de recursos naturales implicados en el comercio internacional (Muradian et al. 2002, Hubler y Glas 2014, Xu y Dietzenbacher 2014) y aquéllas que han tenido por objetivo investigar el nivel de empleo de los recursos económicos que implica la inserción de los países en las cadenas globales de valor (Timmer et al. 2014, Los et al. 2015).

El presente artículo se enmarca dentro del segundo género de investigaciones: tiene por objetivo identificar una serie de patrones empíricos que se comprueban de manera más o menos directa a partir de los datos disponibles. En concreto, el objetivo del presente artículo es el estudio de la relación entre el nivel de desarrollo económico de los países y el distinto grado de empleo de los factores primarios de producción reproducibles del que los países han de hacer uso en sus relaciones comerciales internacionales<sup>1</sup>. Así, a partir de las matrices insumo-producto mundiales que provee la base de datos WIOD, el objetivo reside en identificar algún patrón que relacione el desarrollo económico de

---

<sup>1</sup> Se circunscribe el análisis a factores de producción primarios cuya dotación puede variar con el tiempo, i.e., que el sistema económico puede reproducir. De esta manera quedan excluidos los factores de producción de carácter natural, como las reservas minerales o los acuíferos.



cada país con el balance de comercio exterior en términos del empleo de los factores de producción empleados.

Como se demostrará, la investigación identifica un patrón muy claro en base a una evidencia empírica: los países más desarrollados tienden a emplear en menor cantidad los factores primarios de producción en sus exportaciones de los que se emplean en la elaboración en sus importaciones del resto del mundo, mientras que los países menos desarrollados tienden a emplear una mayor cantidad de factores primarios de producción en sus exportaciones de los que incorporan en sus importaciones del resto del mundo. Además, esto es así para cualquiera de los factores primarios de producción considerados en el siguiente estudio, los cuales, como se especificó más arriba, tienen todos un carácter reproducible, i.e., no forman parte de la dotación natural de recursos de las naciones. Este resultado empírico hallado en la investigación permite una analogía hidromecánica del comercio internacional conforme a la cual los países se organizarían en torno a una estructura de fuentes y sumideros. Así, si el comercio internacional se concibe como un intercambio de servicios de los factores de producción primarios, entonces los países menos desarrollados serían fuentes de las que emanan los flujos mientras que los países más desarrollados serían sumideros a las que confluyen dichos flujos.

## 2. Descripción de la metodología

Para la investigación se parte de los datos que provee la base de datos World Input Output Database relativos a:

- 1 ... n ... 35 sectores de producción que comprenden actividades primarias, industriales y de servicios.
- 1 ... k ... 5 factores primarios de producción reproducibles que comprenden:
  - Trabajadores de cualquier cualificación.
  - Trabajadores de alta cualificación.
  - Trabajadores de media cualificación.
  - Trabajadores de baja cualificación.
  - Bienes de equipo.



- 1 ...m... 40 naciones que comprenden todos los países de la UE, todos los integrantes del NAFTA así como un país sudamericano (Brasil) y las siete naciones asiáticas más ricas (Turquía, India, China, Indonesia, Taiwán, Corea, Japón).

Estos datos se organizan en torno a dos fuentes de información: una tabla input-output mundial (World Input-Output Table ) y una serie de tablas adicionales que contienen la información que no comprende la tabla input-output (Social Economic Accounts). De estos datos primarios se pueden obtener directamente los siguientes vectores y matrices:

- Una matriz cuadrada que representa el valor de los insumos empleados en la actividad productiva de cada uno de los sectores, y que está compuesta, a su vez, por matrices cuadradas que representan el valor de los insumos que el país  $j$  emplea y que han sido producidos por el país  $i$ :

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{1,1} & \dots & Z_{1,40} \\ \vdots & Z_{ij} & \vdots \\ Z_{40,1} & \dots & Z_{40,40} \end{pmatrix}$$

- Un vector fila que representa el valor de la producción bruta de cada uno de los sectores del sistema económico mundial, y que es un vector compuesto, asimismo, por vectores fila los cuales representa el valor de la producción bruta de la nación  $j$ :

$$x^T = ( x_1^T \quad \dots \quad x_{40}^T )$$

- Un vector fila que representa la cantidad del factor de producción  $k$  que emplea cada uno de los sectores de cada una de las naciones consideradas, de tal manera que puede considerarse como un vector fila compuesto, a su vez, de vectores fila que representan el empleo de los factores de producción por parte de los sectores de la nación  $j$ <sup>2</sup>.

$$w^T = ( w_1^T \quad \dots \quad w_{40}^T )$$

<sup>2</sup> El nivel de empleo de los factores de producción a partir de las horas trabajadas, si se trata de trabajadores, y a partir de la energía consumida en el proceso productivo, si se trata de bienes de equipo. De esta manera, se distingue entre el trabajo humano, medido en horas trabajadas, y el trabajo-máquina, medido en kilowatts-hora.



- Una matriz rectangular que representa el valor de la demanda final de cada uno de países, y que está compuesta, a su vez, por vectores columna que representan el valor de los productos que componen la demanda final del país j y que han sido producidos en el país i:

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{1,1} & \dots & Y_{1,40} \\ \vdots & Y_{ij} & \vdots \\ Y_{40,1} & \dots & Y_{40,40} \end{pmatrix}$$

Estos cuatro conjuntos de datos conforman todos los datos requeridos para la investigación, pues todos los demás se derivan mediante relaciones algebraicas de estos. En efecto, a partir del producto de la matriz de insumos y de la inversa de la matriz diagonal del vector fila de producción bruta, se define la matriz cuadrada de requerimientos unitarios de insumos que representa la técnica de producción de cada uno de los sectores y que está compuesta, a su vez, por matrices cuadradas que representan los requerimientos unitarios de insumos que emplea el país j y que han sido producidos por el país i:

$$A = Z\hat{x}^{-1} = \begin{pmatrix} A_{1,1} & \dots & A_{1,40} \\ \vdots & A_{ij} & \vdots \\ A_{40,1} & \dots & A_{40,40} \end{pmatrix}$$

Por otra parte, a partir del producto del vector de factores primarios de producción empleados y de la inversa de la matriz diagonal del vector fila de producción bruta, se define el vector fila de requerimientos unitarios del factor primario de producción k de cada uno de los sectores y el cual puede representarse como compuesto, asimismo, por vectores fila que representan los requerimientos unitarios del factor k por parte de los sectores del país j:

$$a_k^T = w^T \hat{x}^{-1} = ( a_{k,1}^T \quad \dots \quad a_{k,40}^T )$$

A partir del producto del vector anterior, haciendo nulos todos sus vectores integrantes excepto el correspondiente al país m, y de la inversa de Leontief de la matriz mundial de



insumos se obtiene el vector de requerimientos unitarios del factor primario de producción  $k$  del país  $m$  verticalmente integrados en la producción doméstica y extranjera:

$$\mathbf{v}_{k,m}^{(d)T} = (\mathbf{0}^T \dots \mathbf{a}_{k,m}^T \dots \mathbf{0}^T) (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

Por otra parte, a partir del producto del vector de requerimientos unitario del factor  $k$ , haciendo nulo el vector integrante correspondiente al país  $m$ , y de la inversa de Leontief de la matriz mundial de insumos se obtiene el vector fila que representa los requerimientos unitarios del factor primario de producción  $k$  de otros países que no son  $m$  verticalmente integrados en la producción doméstica y extranjera:

$$\mathbf{v}_{k,m}^{(f)T} = (\mathbf{a}_{k,1}^T \dots \mathbf{a}_{k,m-1}^T \mathbf{0}^T \mathbf{a}_{k,m+1}^T \dots \mathbf{a}_{k,40}^T) (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

Estos dos últimos vectores son de la máxima importancia para la presente investigación. Ambos vectores representan requerimientos unitarios del empleo de factores por unidad de producto final. El primero de ellos representa el requerimiento unitario del factor  $k$  del país  $m$  que es necesario para la elaboración de todos los productos finales de la economía mundial. El segundo de ellos representa el requerimiento unitario del factor  $k$  de países que no son  $m$  que es necesario para la elaboración de todos los productos finales de la economía mundial. De esta manera, para cada uno de los 40 países considerados es posible identificar los factores primarios de producción que emplean según su origen y teniendo en cuenta todas las relaciones de cualquier orden que implica el comercio de insumos a escala mundial<sup>3</sup>. A partir de estos dos vectores se definen las dos variables centrales de la presente investigación.

- Exportaciones Netas del Factor  $k$  del país  $m$  (ENF). Se define como la cantidad del factor  $k$  empleada en la producción de los bienes y servicios exportados menos la cantidad del factor  $k$  empleada en la producción de los bienes y servicios importados por el país  $m$ :

$$ENF_{k,m} = \mathbf{v}_{k,m}^{(d)T} \mathbf{n}_m - \mathbf{v}_{k,m}^{(f)T} \mathbf{c}_m$$

<sup>3</sup> Es decir, a partir de los vectores verticalmente integrados es posible captar no sólo el nivel de empleo del factor  $k$  que implica directamente las exportaciones de un país  $A$  a otro país  $B$ , sino también el nivel de empleo que implica la exportación de insumos a un país  $C$  que después exporta sus productos a un país  $B$ , y de manera similar con el caso de las importaciones.



Donde el vector columna  $\mathbf{n}$  representa el valor de todos los productos finales que son susceptibles de ser consumidos por otro país que no sea  $m$  pero que pueden emplear directa o indirectamente factores de producción del país  $m$ :

$$\mathbf{n}_m = \sum_{i=1}^4 0_{i=1} \mathbf{y}_{\bullet,i} - \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_{m,m} \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

Y  $\mathbf{c}$  representa el valor de los productos consumidos por el país  $m$  y que pueden emplear directa o indirectamente factores de producción oriundos de otro país:

$$\mathbf{n}_m = \mathbf{y}_{\bullet,m} + \begin{pmatrix} 0 \\ \vdots \\ \sum_{i,i \neq m}^{40} \mathbf{y}_{m,i} \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

- Relación Real de Intercambio en términos del Factor  $k$  del país  $m$  (RRI). Se define como la cantidad del factor  $k$  empleada por unidad de producto importado respecto de la cantidad del factor  $k$  empleada por unidad de producto exportado:

$$RRI_{k,m} = \frac{\mathbf{v}_{k,m}^{(f)T} \mathbf{n}_m}{\mathbf{i}^T \mathbf{m}_m} \frac{\mathbf{v}_{k,m}^{(d)T} \mathbf{c}_m}{\mathbf{i}^T \mathbf{d}_m}$$

Donde, el vector columna  $\mathbf{m}$  representa el valor de los productos exportados por el país  $m$  y se define como:

$$\mathbf{m}_m = \sum_{i,i \neq m}^{40} \mathbf{Z}_{m,i} \mathbf{i} + \sum_{i,i \neq m}^{40} \mathbf{y}_{m,i}$$

Y donde, el vector columna  $\mathbf{d}$  representa el valor de los productos importados por el país  $m$  y se define como:



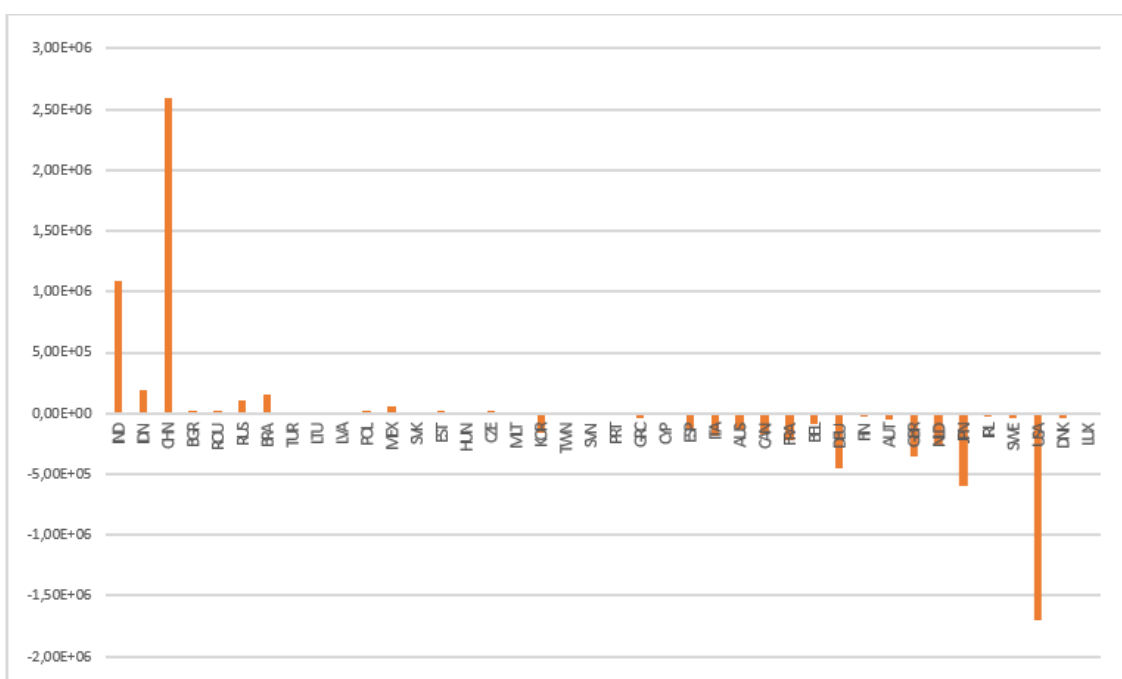
$$d_m = \sum_{i, i \neq m}^{40} z_{i,m} i + \sum_{i, i \neq m}^{40} y_{i,m}$$

El objetivo de la investigación reside, entonces, en investigar la relación que se puede constatar empíricamente entre la ENF y la RRI de cada país y su nivel de desarrollo económico, medido éste a partir del PIB per cápita en dólares corrientes.

### 3. Resultados de la investigación

En primer lugar, respecto a la ENF se constata que los países menos desarrollados son exportadores netos y los países más desarrollados son importadores netos de cualquiera de los factores de producción primarios considerados. Ello puede ilustrarse calculando la ENF acumulada a lo largo del período de estudio (1995-2008) y viendo cómo se comporta en función del nivel de desarrollo económico del país medido a partir del PIB per cápita. Esto es lo que ilustran las figuras 1 a 5, en que puede observarse la ENF de cada uno de los países, ordenados éstos en sentido creciente de su PIB per cápita.

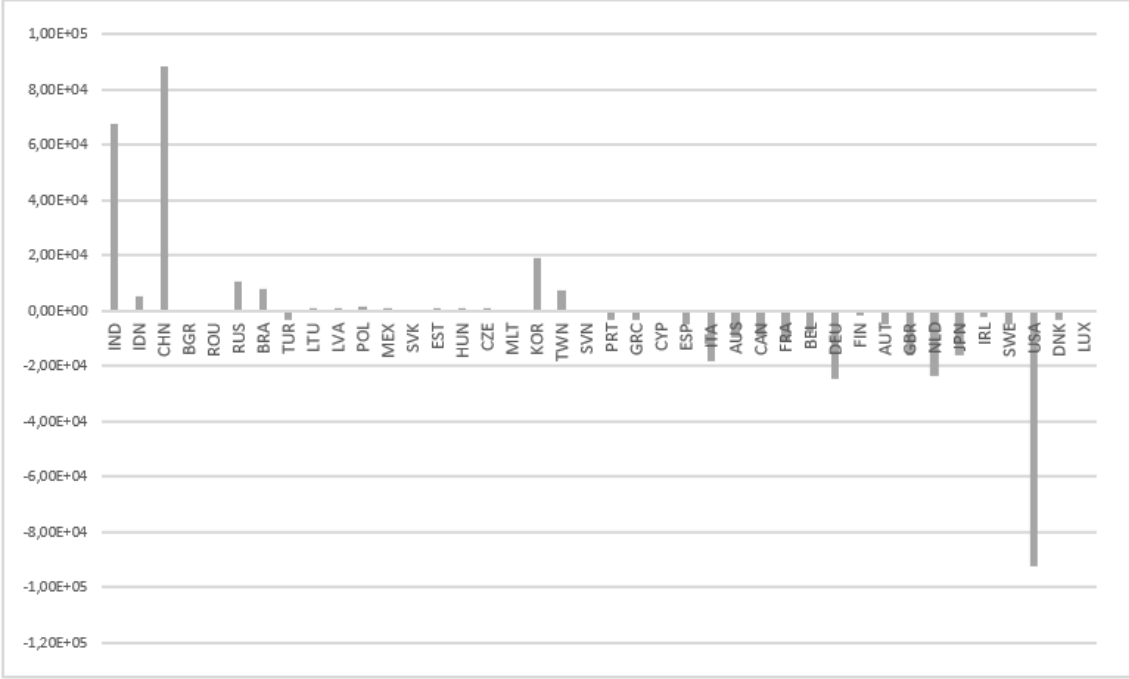
**Figura 1.** ENF acumulada de trabajo de cualquier cualificación (en millones de horas trabajadas)



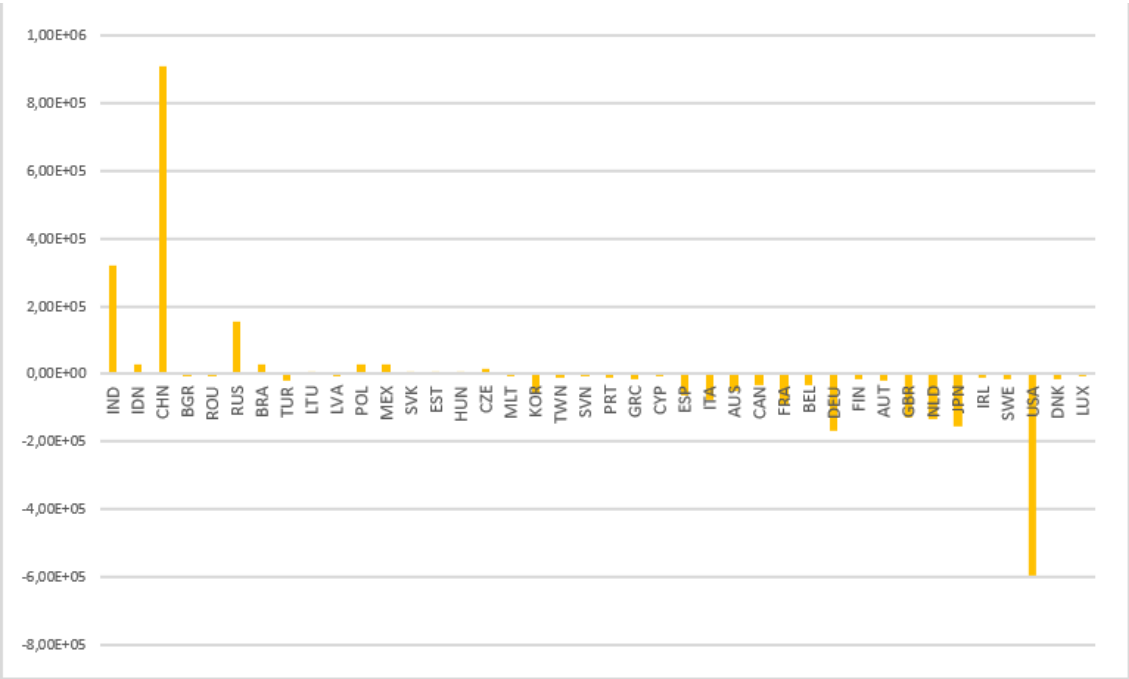




**Figura 2.** ENF acumulada de trabajo de alta cualificación (en millones de horas trabajadas).

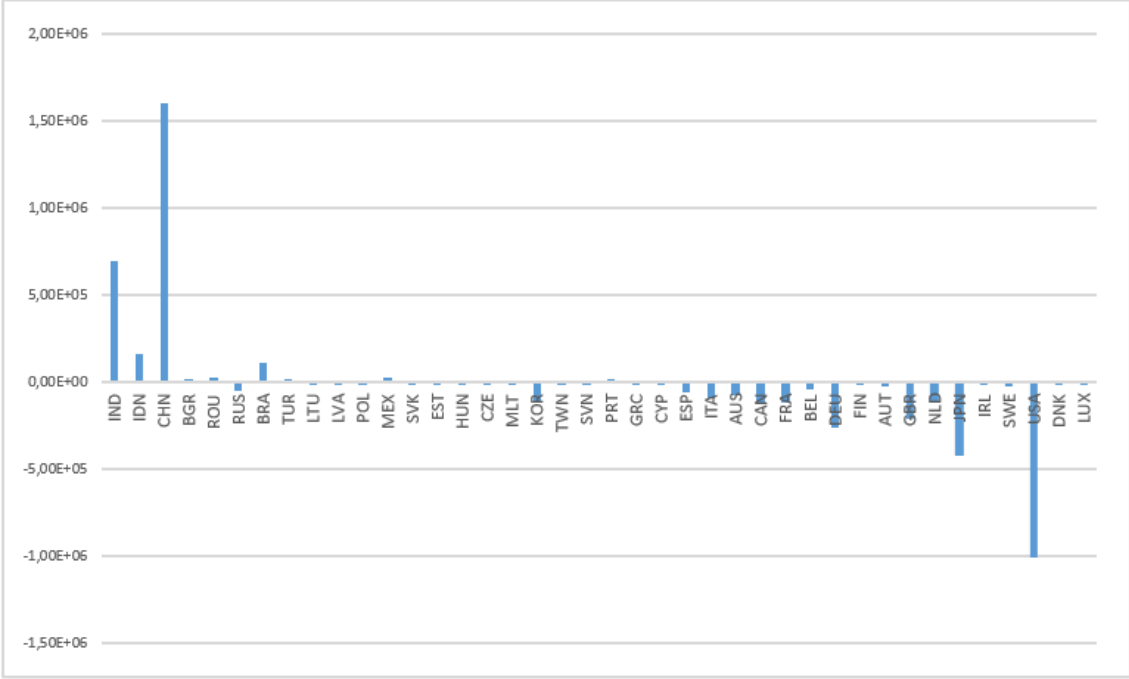


**Figura 3.** ENF acumulada de trabajo de media cualificación (en millones de horas trabajadas).

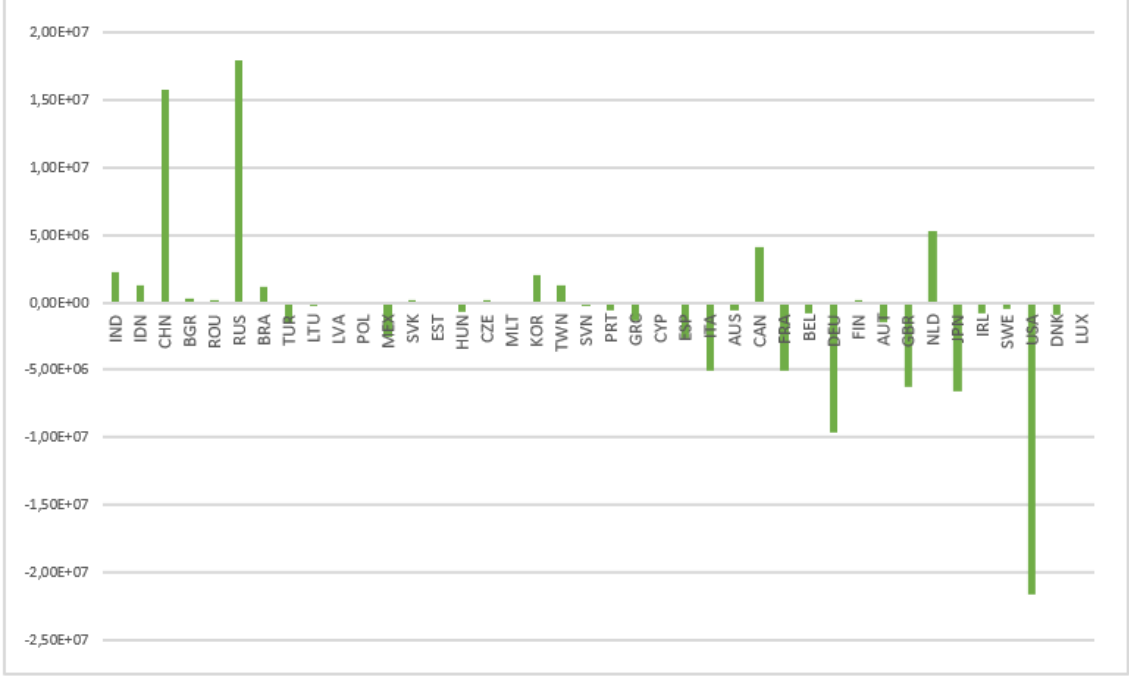




**Figura 4.** ENF acumulada de trabajo de baja cualificación (en millones de horas trabajadas).



**Figura 5.** ENF acumulada de trabajo-máquina (en miles de kilowatts-hora).



En la Figura 6 se observa la ENF acumulada de las mayores economías de la muestra considerada ordenadas éstas en sentido decreciente de su PIB per cápita. Como puede



observarse, las economías más desarrolladas emplean menos factores de producción de cualquier tipo de los que importan, con la excepción de Países Bajos y Canadá que emplean más trabajo-máquina en sus exportaciones del que incorporan en sus importaciones<sup>4</sup>. Por otra parte, las economías menos desarrolladas tienden a emplear más factores de producción de cualquier tipo en sus exportaciones del que incorporan en sus importaciones. Esta peculiar relación es la que da pie a establecer una analogía hidromecánica del comercio internacional, conforme a la cual unos países actúan como fuentes de los flujos de factores que se incorporan a la producción de los bienes y servicios que se transan en los mercados internacionales, mientras que otros países actúan como sumideros de esos flujos.

**Figura 6.** Exportación neta de los distintos factores de producción de los países más grandes de la muestra ordenados en sentido decreciente según su renta per cápita.

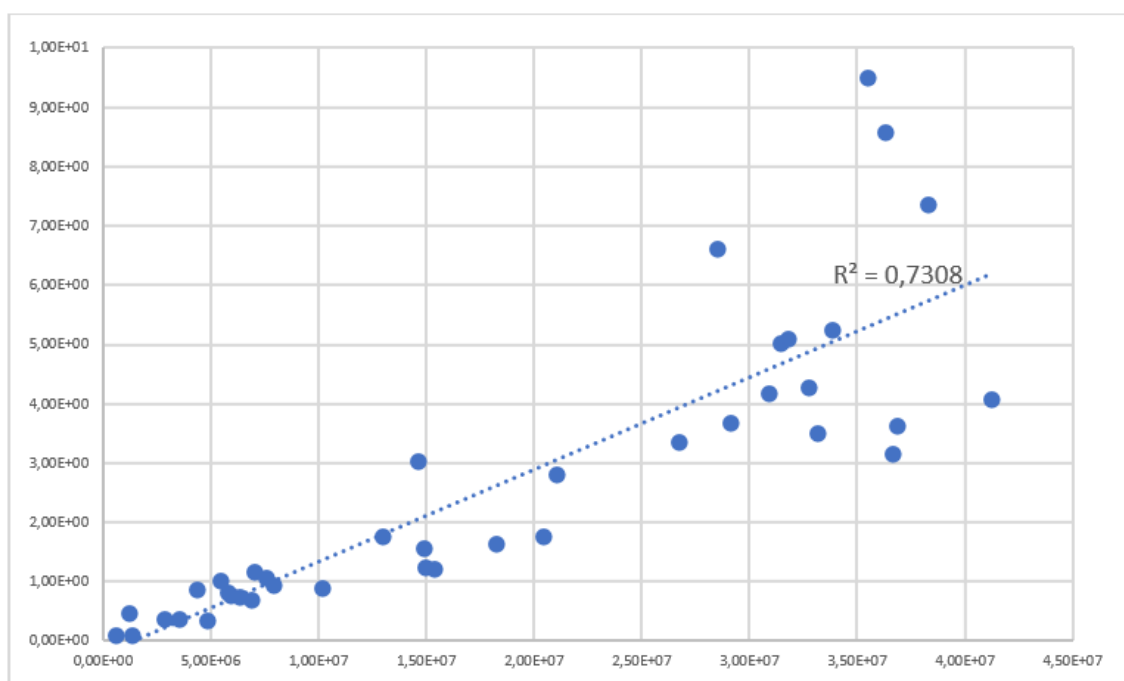
	Trabajo-Máquina (MWh)	Trabajo de Alta Cualificación (Mill. H)	Trabajo de Media Cualificación (Mill. h.)	Trabajo de Baja Cualificación (Mill. h.)
USA	-21611302,2	-92129,3289	-608181,205	-1037230,33
JPN	-6961540,59	-16870,593	-160506,67	-438571,52
NLD	4381500,94	-31762,6834	-172685,427	-147494,994
GBR	-7288234,04	-18000,5694	-141972,844	-222771,948
DEU	-12730258,4	-30708,5177	-199791,514	-290139,843
BEL	-2603900,26	-11814,1584	-48282,2384	-57516,697
FRA	-6420093,9	-14031,0568	-101847,365	-128424,876
CAN	3106260,08	-12514,7722	-44304,5413	-139358,064
AUS	-624787,797	-10194,7075	-53433,6692	-77043,5671
ITA	-6064311,47	-20139,4274	-84718,8797	-99012,7516
ESP	-3214047,43	-5549,12317	-70102,7257	-61138,179
TWN	297090,225	5143,20414	-23485,9092	-21540,4876
KOR	1281326,44	18479,7817	-71835,5277	-141415,21
CZE	-370094,311	-679,27302	12819,919	-13758,0958
MEX	-3152587,24	-479,137883	25555,2797	22466,7693
POL	-412596,404	1091,63735	27138,0518	-16574,7692
TUR	-1711645,38	-3285,85253	-21877,5082	13234,3823
BRA	1249945,66	8308,02677	32175,3847	119503,016
RUS	19834500,8	11766,4438	168887,702	-55142,7859
CHN	16061310,4	91280,5325	946419,875	1654261,24
IND	2287268,14	70444,0214	331032,239	714608,064

Los resultados relativos a la ENF que se muestran en las figuras 1 a 6 tienen en cuenta los desequilibrios comerciales registrados a lo largo del período y, por ello, no consideran de manera exclusiva variables de carácter estructural. Para aislar del análisis

<sup>4</sup> Probablemente, ello se debe al alto nivel de comercio de estos países con otros tan o más desarrollados que ellos. En efecto, gran parte del comercio exterior de Canadá se realiza con Estados Unidos, que es una economía con un PIB per cápita superior, y gran parte del comercio de Países Bajos se realiza con Bélgica, Luxemburgo y Alemania, los cuales tienen un nivel de desarrollo similar.

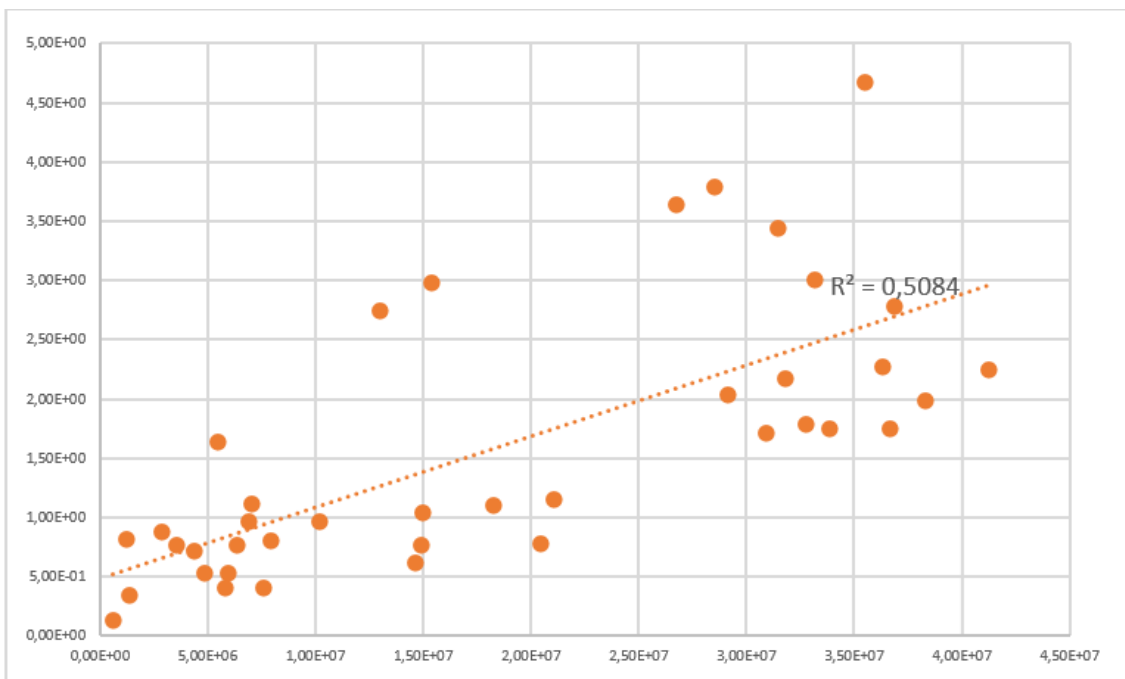
los factores relativos a los desequilibrios comerciales registrados es útil tener en consideración la RRI. Así, considerando su valor medio a lo largo del período y regresándola respecto del nivel de PIB per cápita de cada uno de los países de la muestra se podría comprobar si, efectivamente, a mayor nivel de desarrollo mayor es el empleo de factores que implican las importaciones de un país respecto del que implican sus exportaciones. Esto es precisamente lo que muestran las figuras 7 a 11, donde puede comprobarse que esta hipótesis se cumple con un coeficiente de determinación mayor a 0,25 en todos los casos.

**Figura 7.** RRI en términos de trabajo de cualquier cualificación en función del PIB per cápita de los países de la muestra.

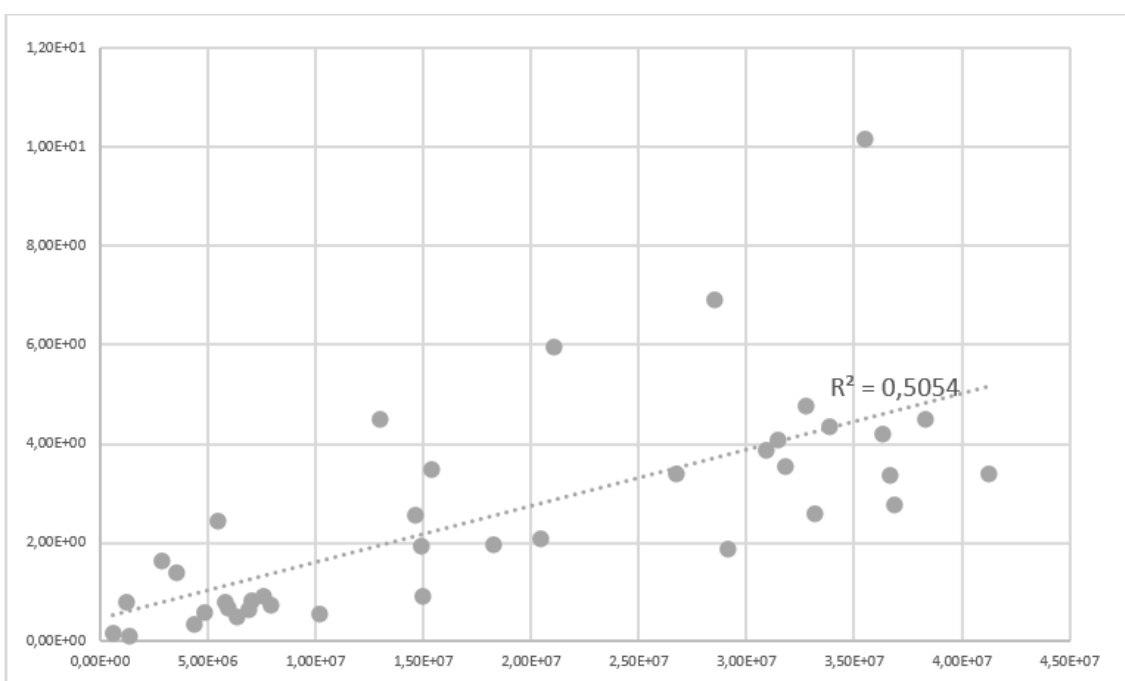




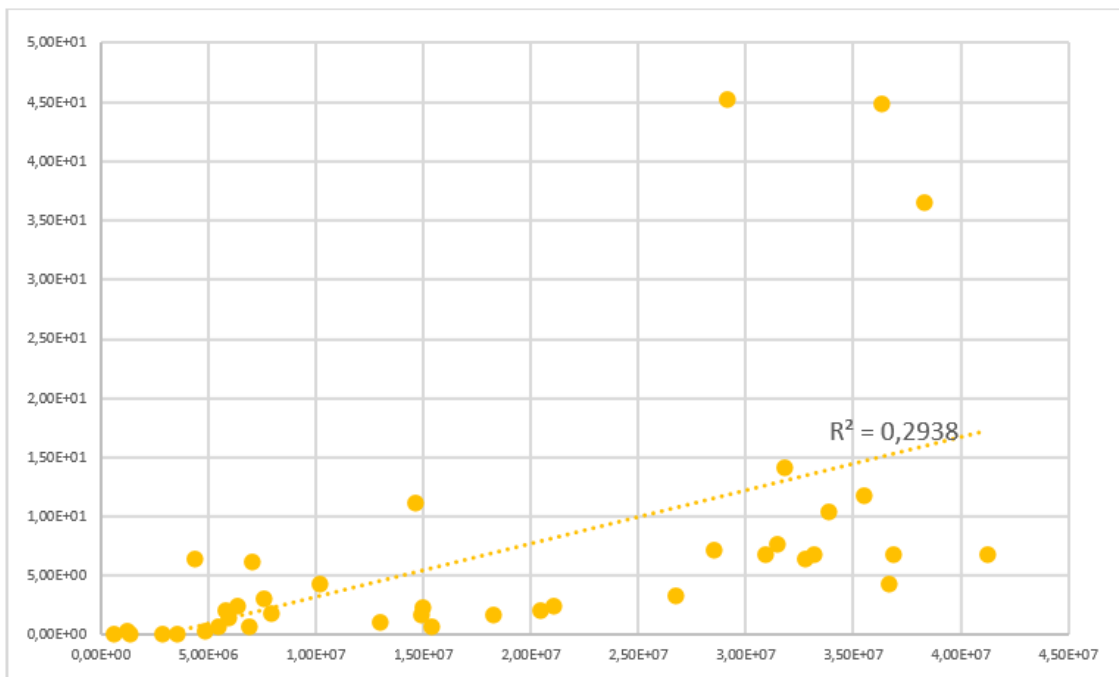
**Figura 8.** RRI en términos de trabajo de alta cualificación en función del PIB per cápita de los países de la muestra.



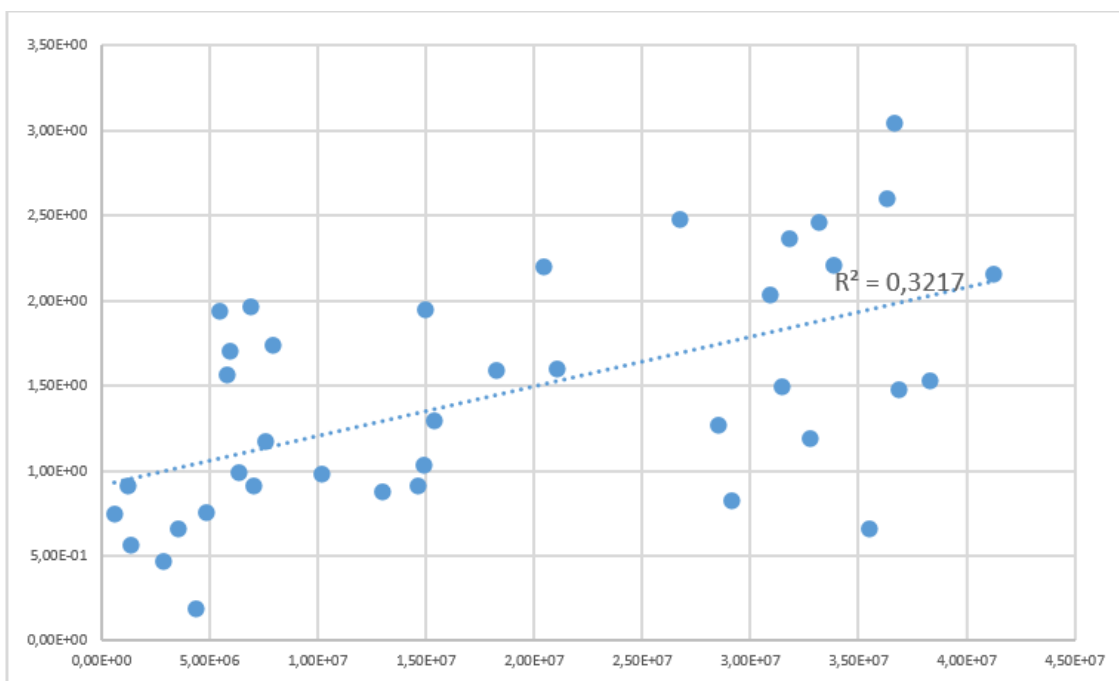
**Figura 9.** RRI en términos de trabajo de media cualificación en función del PIB per cápita de los países de la muestra.



**Figura 10.** RRI en términos de trabajo de baja cualificación en función del PIB per cápita de los países de la muestra.



**Figura 11.** RRI en términos de trabajo-máquina en función del PIB per cápita de los países de la muestra.





De esta manera, los resultados aportados muestran que las relaciones de desequilibrio constatadas a partir de la ENF acumulada parecen obedecer a cuestiones estructurales independientes de los desequilibrios registrados en la balanza por cuenta corriente de los países. Así, el cálculo de la RRI para los países de la muestra ilustra cómo, a medida que el nivel de desarrollo de un país aumenta, aumenta también su capacidad de compra sobre el producto de los factores de producción de otros países. Estos resultados en combinación con los aportados anteriormente relativos a la ENF refuerzan la analogía anterior de las fuentes y los sumideros del comercio internacional en términos de los factores primarios de producción empleados. Nuevamente, lo interesante del análisis es que muestra que los países más desarrollados emplean menos factores de producción de cualquier tipo que los países menos desarrollados. Es decir, que el desarrollo parece implicar no tanto una sustitución de factores (aunque posiblemente también) como un aumento de la eficiencia en el empleo de todos los factores.

#### **4. Conclusiones**

A la luz de los datos que aporta la investigación realizada se puede concluir que los países más desarrollados tienden a emplear en menor cantidad los factores primarios de producción en sus exportaciones de los que se emplean en la elaboración en sus importaciones del resto del mundo, mientras que los países menos desarrollados tienden a emplear una mayor cantidad de factores primarios de producción en sus exportaciones de los que incorporan en sus importaciones del resto del mundo. De esta manera, el comercio internacional en términos de intensidad factorial parece poder explicarse a partir de una analogía hidromecánica conforme a la cual los países menos desarrollados actúan como fuentes mientras que los más desarrollados actúan como sumideros de los flujos de factores empleados en la producción de los bienes y servicios que se intercambian a nivel mundial. Asimismo, este resultado parece ilustrar que el desarrollo económico implica no tanto una sustitución de factores (aunque posiblemente también) como un aumento de la eficiencia en el empleo de todos los factores.

No obstante lo robustas que parecen ser las conclusiones anteriores, los resultados alcanzados por la presente investigación no pueden ser considerados más que provisionales pues se requiere, para su completa ilustración, de un análisis pormenorizado de los flujos bilaterales de comercio para contrastar plenamente la

20, 21, 22 · Noviembre | Novembre 2019 · Castelló  
XLV Reunión de Estudios Regionales - VI Jornades Valencianes d'Estudis Regionals

**International Conference on Regional Science**

Respuesta de las regiones periféricas ante los cambios sociales, tecnológicos y climáticos  
Resposta de les regions perifèriques davant els canvis socials, tecnològics i climàtics

Universitat Jaume I



Mireu Ocañitegui | Fotografia © Precalitat

hipótesis fuente-sumidero del comercio internacional. Asimismo, también es necesario poner en relación los resultados hallados con la teoría neoclásica antes mencionada y contrastar si son resultados congruentes con el teorema de Heckser-Ohlin-Vanek y con el teorema de Rybczynski. Dado que estos teoremas consideran la dotación relativa de factores de producción y definen la exportación neta de cada factor a partir de su remuneración, nada puede colegirse al respecto a tenor de los resultados apuntados. De hecho, la mencionada estructura fuente-sumidero del comercio internacional es, en principio, congruente con la teoría neoclásica del comercio, toda vez que ésta tiene en cuenta las productividades aparentes de los factores de producción. No obstante, estas relaciones, sean en un sentido u otro, sólo pueden contrastarse a partir de futuras investigaciones.



## Referencias

- Hubler, M., & Glas, A. (2014). The energy-bias of north-south technology spillovers: a global, bilateral, Bisectoral trade analysis. *Environmental and Resource Economics*, 58(1), 59-89.
- Los, B., Timmer, M. P., & de Vries, G. J. (2015). How important are exports for job growth in China? A demand side analysis. *Journal of Comparative Economics*, 43(1), 19-32.
- Muradian, R., O'Connor, M., & Martinez-Alier, J. (2002). Embodied pollution in trade: estimating the environmental load displacement of industrialised countries. *Ecological Economics*, 41(1), 51-67.
- Romalis, J. (2004). Factor proportions and the structure of commodity trade. *American Economic Review*, 94(1), 67-97.
- Rybczynski, T. M. (1955). Factor endowment and relative commodity prices. *Economica*, 22(88), 336-341.
- Timmer, M. P., Erumban, A. A., Los, B., Stehrer, R., & De Vries, G. J. (2014). Slicing up global value chains. *Journal of economic perspectives*, 28(2), 99-118.
- Trefler, D., & Zhu, S. C. (2010). The structure of factor content predictions. *Journal of International Economics*, 82(2), 195-207.
- Vanek, J. (1968). The factor proportions theory: The n-factor case. *Kyklos*, 21(4), 749-756.
- Xu, Y., & Dietzenbacher, E. (2014). A structural decomposition análisis of the emissions embodied in trade. *Ecological Economics*, 101, 10-20.