

CAF - WORKING PAPER #2024/11

First version: December 18, 2024 (current)

Intensidad energética y estructura económica

Lian Allub¹ | Fernando Álvarez² | María Pía Brugiafreddo³

¹Economista Principal, Dirección de Investigaciones Socioeconómicas, CAF-banco de desarrollo de América Latina y el Caribe. lallub@caf.com

²Economista Senior, Dirección de Investigaciones Socioeconómicas, CAF-banco de desarrollo de América Latina y el Caribe. falvarez@caf.com

³Consultora externa. mbrugiafreddo@caf.com

Reducir la intensidad energética, definida como la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de producto, es una condición clave para lograr el desacople; esto es, crecimiento económico con reducción de emisiones. Usualmente, la intensidad energética está asociada a la eficiencia energética que, si bien es un factor determinante, no es el único. Por el contrario, dado que los sectores difieren en su nivel de intensidad, cambios en la estructura económica también generan efectos sobre el nivel agregado de intensidad energética. Este artículo aplica diferentes descomposiciones de la intensidad energética para explicar su evolución y nivel, separando el rol de la eficiencia energética del de la estructura económica. Los resultados obtenidos muestran que ambos componentes son claves para explicar los niveles y los cambios observados entre 2011 y 2017 en la intensidad energética para un conjunto de doce países de América Latina y el Caribe, en comparación con la OCDE.

Palabras clave:

Intensidad energética, eficiencia, estructura económica, descomposición.

Pequeñas secciones del texto, menores a dos párrafos, pueden ser citadas sin autorización explícita siempre que se cite el presente documento. Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y de ninguna manera pueden ser atribuidos a CAF, a los miembros de su Directorio Ejecutivo o a los países que ellos representan. CAF no garantiza la exactitud de los datos incluidos en esta publicación y no se hace responsable en ningún aspecto de las consecuencias que resulten de su utilización.

1 | INTRODUCCIÓN

La transición energética por la que el mundo atraviesa tiene como principal propósito la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, un reto clave es cómo compatibilizar los objetivos de crecimiento económico, por un lado, y reducción de las emisiones, por el otro, proceso denominado desacople. En este marco, cobra relevancia el concepto de intensidad energética (IE) que, para un país, alude a la cantidad de energía utilizada en relación con su producto interno bruto (PIB).

Para entender la importancia de la intensidad energética para el desacople nótese que las emisiones de un país son el producto de tres términos: la razón entre emisiones y el PIB, el PIB per cápita y la población. Así pues, la condición para que ocurra el desacople es que la razón emisiones PIB caiga lo suficiente para compensar el crecimiento del PIB per cápita y de la población. A su vez, la razón emisiones PIB puede escribirse como el producto entre las emisiones por energía, y la intensidad energética. De esta manera, la reducción en la intensidad energética se convierte en un factor habilitante del desacople.

Es posible identificar dos determinantes claves de la IE de un país o región: por un lado, la eficiencia (o ineficiencia) energética de sus industrias y, por otro lado, su estructura económica, representada por a la importancia relativa de sus industrias.

El hecho de que el nivel de intensidad energética de los sectores y subsectores económicos difiera notablemente es lo que hace que la estructura económica afecte a la intensidad energética de la economía en su conjunto. Es decir, un país puede tener elevada intensidad energética si su economía se concentra en actividades industriales de alta intensidad energética, como el transporte, por ejemplo, incluso si estas industrias se encuentran en la frontera de eficiencia energética.

¿Cómo se pueden separar el rol de la eficiencia energética del rol de la estructura económica? Este artículo aborda esta pregunta tanto para América Latina y el Caribe (ALyC) como para los países que integran la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). A partir de la información desagregada a nivel sectorial del Proyecto de Análisis Global del Comercio (GTAP, por sus siglas en inglés) se aplican métodos de descomposición de la IE para explicar tanto su evolución entre los años 2011 y 2017 como su nivel en 2017, distinguiendo en ambos casos la contribución de la intensidad energética media a nivel de industrias (interpretada aquí como el rol de la eficiencia) del de la estructura económica.

El artículo se estructura de la siguiente manera: en la próxima sección se presenta la revisión de la literatura; en la tercera sección se desarrolla la metodología aplicada; en la cuarta sección se exponen los resultados obtenidos, y finalmente, en la quinta sección, se remarcan las principales conclusiones.

2 | REVISIÓN DE LA LITERATURA

Estudios empíricos realizados para diferentes países encuentran, en general, una tendencia decreciente en la intensidad energética en las últimas décadas. Sin embargo, los resultados son disímiles en cuanto a las fuentes de esta variación; es decir en la contribución que la eficiencia energética y la estructura económica tienen sobre la intensidad energética.

Hasanbeigi et al. (2012) analizan la evolución de la intensidad energética en la industria de California durante el periodo 1997 a 2008, con un nivel de desagregación a 17 subsectores. Los autores encuentran que la caída en el uso de energía como proporción de la producción registrada desde el año 2000 obedeció tanto a un “efecto eficiencia” como a un “efecto estructural”. El primero consistió en una reducción del uso de energía a raíz del aumento de

su precio y el segundo en un desplazamiento desde subsectores extractivos de petróleo y gas hacia subsectores de equipamiento eléctrico y electrónico, estos últimos menos intensivos en energía.

A similares conclusiones arriba el estudio de [Huntington \(2010\)](#) que analiza el caso de Estados Unidos para el periodo 1997-2006 con información desagregada a 65 industrias de los sectores comercial, industrial y transporte.

En contraste, otros estudios encuentran que la reducción de la intensidad energética se explica fundamentalmente por mejoras de eficiencia. Este es el caso del estudio de [Metcalf \(2008\)](#) que analiza la tendencia de la intensidad energética en Estados Unidos durante el periodo 1970-2001 y encuentra que el aumento del ingreso per cápita y de los precios de energía desempeñaron un importante rol en la reducción de la intensidad energética. Ambos componentes operaron a través de cambios en la eficiencia más que a través de cambios en la estructura económica.

Para un periodo de tiempo similar, [Ma and Stern \(2008\)](#) analizan el caso de China y concluyen que el cambio tecnológico fue el principal factor que contribuyó a la disminución de la intensidad energética, mientras que el cambio estructural a nivel de industria y sector operó en sentido contrario, incrementando la intensidad energética.

Para América Latina y el Caribe, la literatura en la temática es escasa. En efecto, el estudio de [Jimenez and Mercado \(2014\)](#) constituye, a nuestro entender, la única evidencia para la región al respecto. El análisis se centra en el periodo 1971-2010, empleando información a nivel de cuatro sectores: agricultura, industria, servicios y residencial. Los autores encuentran que la caída de la intensidad energética (del orden del 20 %) estuvo impulsada por ganancias de eficiencia, mientras que la estructura económica no representó una fuente de variación significativa. Sin embargo, la poca desagregación usada por estos autores, combinado con el hecho de que al interior de estos grandes sectores se observa una importante heterogeneidad en la intensidad energética entre subsectores, pueden afectar estas conclusiones. Esto debido a que, cualquier cambio al interior de la estructura económica de estos grandes sectores, capaz de afectar la intensidad energética del sector, no sería atribuible a cambios en la estructura económica, cuando en realidad lo son.

Los estudios mencionados aplican diferentes técnicas para el análisis de descomposición, basados principalmente en el análisis de descomposición de índices (IDA, por sus siglas en inglés).

Existen otros métodos de descomposición que, aunque se vinculan a la literatura de productividad, son perfectamente aplicables para la pregunta de este trabajo. Dos ejemplos son [Olley and Pakes \(1996\)](#) y [Foster et al. \(2001\)](#) empleados para explorar la contribución de la estructura económica y de la productividad de las firmas para explicar la productividad agregada.

El presente estudio contribuye a la literatura existente, al analizar la tendencia y composición de la intensidad energética en América Latina y el Caribe, temática poco abordada en la región. Su principal aporte es que aborda la pregunta con información para 59 industrias; mostrando además que una mayor agregación esconde la verdadera contribución de la estructura económica para explicar la intensidad energética de un país. Otros aportes de este trabajo incluyen que aplica metodologías de descomposición inspiradas en la literatura de productividad y abarca un período temporal más reciente que estudios previos. Asimismo, incorpora al análisis temporal un análisis de corte transversal que permita explicar diferencias de IE entre las regiones en un momento dado del tiempo.

3 | METODOLOGÍA

Los datos utilizados provienen de GTAP (olas 2011 y 2017) que contienen información para 160 países sobre valor agregado (VA) y consumo de energía, entre otras variables.

En base a ello se define a la intensidad energética como el cociente entre consumo de energía y VA ¹(para mayor detalle de las variables incluidas en las bases de datos y el procesamiento realizado sobre ellas, ver el apéndice A).

La información se encuentra desagregada para 65 sectores de la economía. No obstante, el análisis se restringe a un conjunto de 59 sectores para considerar los sectores consumidores finales de energía (y no productores) ².

El análisis se realiza tanto a nivel de país como región, considerando un conjunto de países de América Latina y el Caribe y de la OCDE.

Para América Latina y el Caribe, se analiza un grupo de 12 países (de los 19 que reporta GTAP para la región): Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Paraguay, Perú y República Dominicana³.

Por su parte, la OCDE incluye a los países miembro, con excepción de los de América Latina (Chile, Colombia, Costa Rica y México) y de Islandia, por no estar incluido en las bases de datos de GTAP.

Para el análisis a nivel de región, se agregaron previamente las variables (consumo de energía y VA) de los países que integran cada región para luego tratarla como un país en sí mismo.

Sobre la información provista por GTAP se aplicaron dos métodos de descomposición de la intensidad energética: uno basado en [Olley and Pakes \(1996\)](#) que permite explicar diferencias en la IE entre países en un momento dado y otro con base a [Foster et al. \(2001\)](#) que analiza los cambios de la IE en el tiempo⁴.

El primer método analiza en qué medida las diferencias de intensidad energética entre dos países en un momento dado del tiempo se explican por brechas de eficiencia o por diferencias en la estructura económica. El segundo, por su parte, analiza en qué medida la variación de la intensidad energética de un país, en determinado período, obedece a un cambio en su eficiencia energética o a un cambio en su estructura económica.

La intensidad energética de un país en el período t está dada por la suma de la intensidad energética de todos los sectores (e) que componen su economía. Es decir,

$$IE_t = \sum_e s_t^e IE_t^e \quad (1)$$

donde s^e representa la fracción de valor agregado de la economía que es explicada por el sector e , e IE^e corresponde a la intensidad energética de este sector.

¹Ello obedece a la disponibilidad de información en las bases de datos empleadas puesto que el concepto intensidad energética se define tradicionalmente como el cociente entre energía consumida y el PIB.

²Los sectores no considerados en el análisis son: producción de carbón, producción de petróleo, producción de gas, electricidad, productos derivados del petróleo y el carbón y manufactura y distribución de gas.

³Se seleccionaron aquellos países para los que se verificó que tanto los niveles de IE como su cambio entre 2011 y 2017 se ajustaran a los patrones observados en el período de estudio, según fuentes de datos tradicionalmente empleadas en las variables que intervienen en el cálculo de IE (energía consumida y producto). En el apéndice B se detalla la metodología para seleccionar este grupo de países. Los resultados para los países no cambian cualitativamente. Los resultados para los países excluidos se presentan en el apéndice C.

⁴[Foster et al. \(2001\)](#) realiza una revisión de diferentes métodos de descomposición para el análisis de productividad de las firmas. En base a esta literatura se ha tomado uno de estos métodos de descomposición para explicar la variación de la IE entre dos períodos (t y $t+1$).

Con base en [Olley and Pakes \(1996\)](#), dicha intensidad energética se puede expresar como la suma de dos componentes, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$IE_t = \sum_e I\bar{E}_t + (s_t^e - s) (IE_t^e - I\bar{E}_t) \quad (2)$$

El primer componente es el promedio simple de la IE de los sectores que integran la economía. Este componente lo vamos a denotar **término de eficiencia**, aunque dependiendo del nivel de agregación puede esconder efectos estructurales al interior de los sectores. El segundo componente representa la covarianza entre el tamaño del sector y su intensidad energética. Si este término es positivo significa que sectores más grandes (medidos por su contribución relativa al producto agregado) tienden a tener mayor intensidad energética y viceversa. Este componente se denomina **término de estructura**.

También es posible descomponer la variación de la intensidad energética en la parte que se explica por cambios en la eficiencia energética y la que obedece a cambios de estructura. A partir del método de descomposición temporal propuesto por [Foster et al. \(2001\)](#), el cambio de IE entre dos períodos (t y t+1) se puede expresar como la suma de tres términos:

$$\Delta IE_{(t,t+1)} = \sum_e \left(s_t^e \Delta IE_{(t,t+1)}^e \right) + \sum_e (IE_t^e - IE_t) \Delta s_{(t,t+1)}^e + \sum_e \Delta IE_{(t,t+1)}^e \Delta s_{(t,t+1)}^e \quad (3)$$

El primer componente representa el cambio promedio de la intensidad energética a nivel de industrias. En esa expresión matemática, el promedio se calcula utilizando como ponderador la participación en el producto de cada sector en el período inicial. Este componente recoge lo que habría sido el cambio en la IE agregada debido únicamente a cambios en la eficiencia energética de las industrias, de haberse mantenido la estructura económica inalterada. Dado que un aumento del término se asocia con una pérdida de eficiencia, se denomina a este componente **cambio en la ineficiencia energética**. El segundo componente de la ecuación 3 recoge cuál habría sido el cambio en la IE agregada debido únicamente a cambios en la estructura, si ningún sector experimentara variaciones en la intensidad energética. En esta expresión, el aumento de la importancia relativa de un sector incrementa la intensidad energética agregada en la medida que ese sector tenga mayor intensidad energética que la economía en su conjunto, mientras que la reduce cuando el sector tiene menos intensidad energética que la economía. Este componente se denomina **cambio en la estructura económica**. El tercer componente es el cambio en la intensidad energética que no es atribuible exclusivamente a los cambios en la intensidad energética sectorial o a los cambios en la estructura económica, sino a la interacción de ambas fuerzas. Se lo denomina **término de interacción**⁵.

⁵Un método alternativo de descomposición temporal expresa el cambio en la intensidad energética como:

$$\Delta IE_{(t,t+1)} = \sum_e \left(\bar{s}^e \Delta IE_{(t,t+1)}^e \right) + \sum_e (\bar{IE}^e - \bar{IE}) \Delta s_{(t,t+1)}^e$$

donde la barra sobre las variables indica el promedio simple de dicha variable durante los años base y final. El primer término representa el cambio de eficiencia, mientras que el segundo representa los cambios de estructura económica. Con esta descomposición se arriba a iguales conclusiones. Sus resultados se encuentran disponibles a solicitud del lector interesado.

4 | RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las descomposiciones realizadas a fin de responder los siguientes interrogantes: ¿en qué medida las diferencias de intensidad energética entre dos países en un momento dado del tiempo se explican por brechas de eficiencia o por diferencias en la estructura económica? y ¿en qué medida el cambio en la intensidad energética de un país, en determinado período, obedece a un cambio en su eficiencia energética o a un cambio en su estructura económica?⁶

4.1 | Descomposición del nivel de intensidad energética

Con respecto al primer interrogante, la figura 1 muestra los resultados de la descomposición de Olley and Pakes (1996) para el año 2017. Se compara la intensidad energética (y sus componentes) de los países de la región con la de la OCDE. La figura 1a presenta la intensidad energética agregada, la 1b, el componente de ineficiencia, mientras que la figura 1c muestra la estructura económica (Ver ecuación 2).

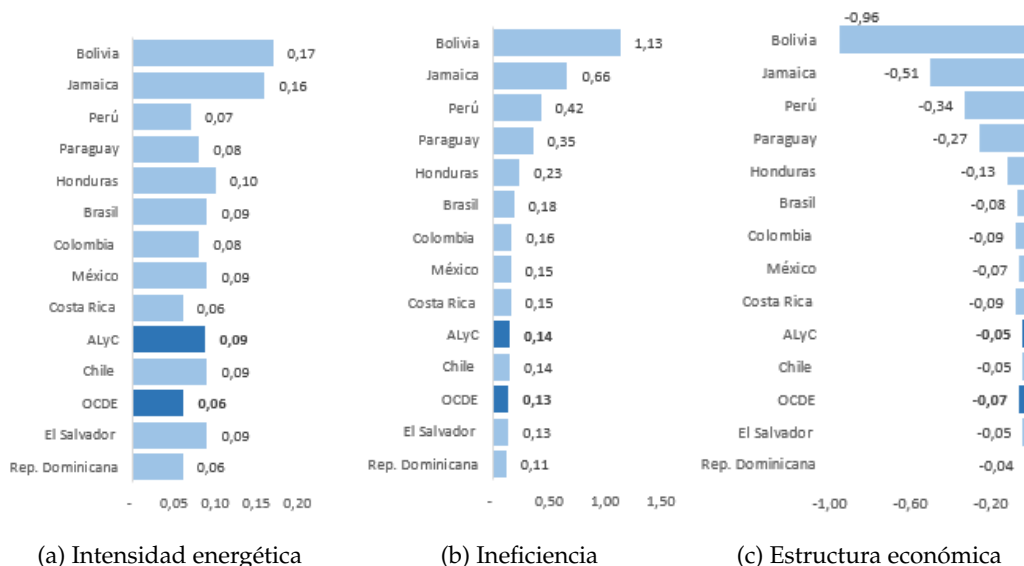


FIGURA 1 Descomposición de la intensidad energética en países seleccionados de América Latina y el Caribe y OCDE. Año 2017.

Notas: los países y regiones se exponen de manera decreciente según su ineficiencia energética.

Fuente: elaboración propia en base a Aguiar et al. (2022) y BancoMundial (2023b,c).

América Latina y el Caribe registró en 2017 una intensidad energética 50 % mayor que la OCDE (panel a). Estas brechas en intensidad energética también se trasladan al componente de eficiencia (panel b). Por su parte, el término de estructura (panel c) fue negativo en ambas regiones, indicando que los sectores con mayor participación en el valor agregado de la economía fueron los de menor intensidad energética.

El hecho de que el componente estructura tenga signo negativo implica que la composición económica reduce la intensidad energética con relación al valor que resultaría en un mundo hipotético en el que la importancia de cada sector y su intensidad energética

⁶En esta sección se exponen los resultados para la muestra de países de América Latina y el Caribe seleccionada mientras que en el apéndice C se presentan los resultados para el resto de los países de la región incluidos en la base de GTAP.

sean independientes. Este componente estructural es similar entre la región y la OCDE. En otros términos, la mayor intensidad energética que presenta América Latina y el Caribe, en comparación con la OCDE, se explica por menor eficiencia y no por su estructura económica.

El término de estructura es particularmente negativo para Bolivia, Jamaica, Perú y Paraguay. Estos países, en los que la estructura económica está más concentrada en sectores de menor intensidad energética son, al mismo tiempo, los que presentan la mayor ineficiencia energética. Por lo tanto, de no existir una estructura más sesgada hacia sectores menos intensivos en energía, que compense en parte las brechas de ineficiencia, estos países presentarían una intensidad energética agregada aún mayor.

La importancia del rol de la estructura económica en el análisis de la intensidad energética se sustenta en el hecho de que los sectores difieren en intensidad energética. Como puede apreciarse en la figura 2, el sector primario y terciario son, en promedio, los de menor intensidad energética y el sector secundario, el de mayor. Al interior de estos sectores, también existen marcadas diferencias: hay subsectores que destacan por su elevada intensidad energética, como es el caso de productos minerales diversos (subsector 32) y metales ferrosos (33), dentro del sector secundario, y el transporte —aéreo, marítimo y otros— en el sector terciario (subsectores 46,47 y 48). En el otro extremo, se encuentran varios sectores de servicios— intermediación financiera (51), seguros (52), administración pública (56), educación (57), salud y servicios sociales (58) — y sectores primarios, como verduras, frutas y frutos secos.

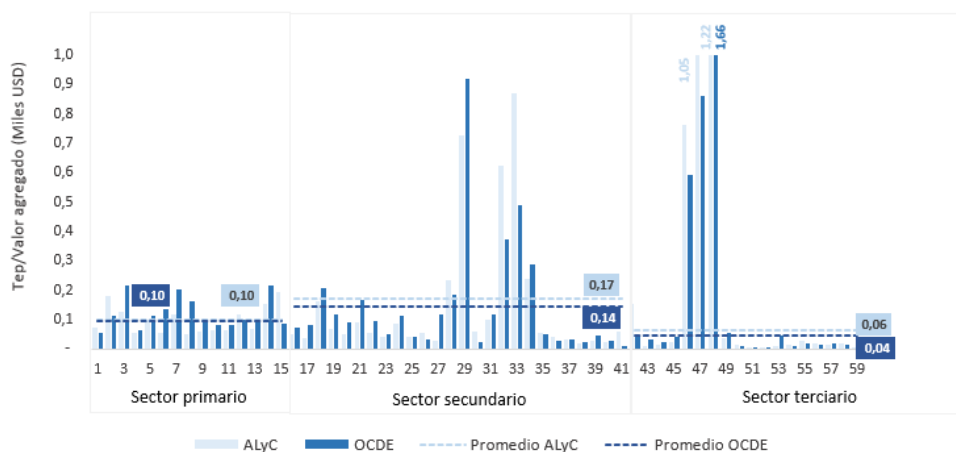


FIGURA 2 Intensidad energética promedio por sector económico en América Latina y el Caribe y OCDE en 2017.

Notas: El gráfico muestra la intensidad energética de cada subsector y la intensidad energética promedio en cada uno de los tres sectores en los que se agrupan. Los valores se muestran para la región de América Latina y el Caribe y la OCDE. En el apéndice D se replica el gráfico para cada uno de los países de ALyC.

Fuente: elaboración propia en base a [Aguiar et al. \(2022\)](#) y [BancoMundial \(2023b,c\)](#).

4.2 | Descomposición del cambio de intensidad energética

La figura 3 muestra la descomposición de la intensidad energética desde una visión temporal a fin de responder el segundo interrogante planteado.

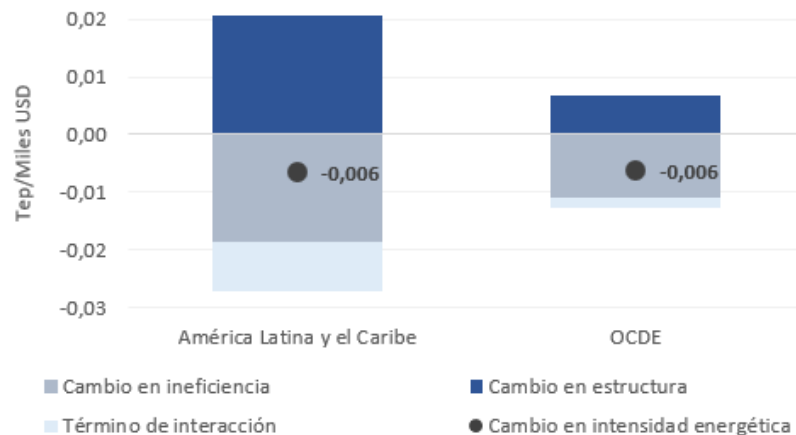


FIGURA 3 Descomposición de los cambios en la intensidad energética entre 2011 y 2017 por región.

Fuente: elaboración propia en base a [Aguilar et al. \(2016, 2022\)](#) y [BancoMundial \(2023b,c\)](#).

Entre 2011 y 2017, tanto América Latina y el Caribe como la OCDE registraron una caída en su intensidad energética de 0,006 unidades de energía (toneladas de petróleo equivalente) por cada mil dólares de valor agregado. Esto representa una caída porcentual del 7% en la región y del 9% en la OCDE.

Asimismo, ambas regiones registraron caídas en su ineficiencia (barra gris de la figura 3) o, en otros términos, tuvieron ganancias de eficiencia, mientras que el componente estructura (barra azul) registró un aumento entre los años considerados, lo que indica que la estructura económica de ambas regiones cambió hacia sectores más intensivos en energía. En efecto, las ganancias de eficiencia fueron parcialmente contrarrestadas por cambios en la estructura económica⁷.

Esto implica que, de no haberse modificado la estructura económica, la intensidad energética de ambas regiones hubiese registrado una caída mayor entre los años 2011 y 2017: del orden del 20% en América Latina y el Caribe, y del 11% en la OCDE, esto es cerca de tres y dos veces las experimentadas en cada región, respectivamente.

La figura 4 presenta los resultados de la descomposición para la muestra de países de América Latina y el Caribe analizada. La mayoría de los países registraron una caída de la intensidad energética, en línea con la región. La excepción fue Paraguay y Jamaica, cuya intensidad energética aumentó entre 2011 y 2017⁸. En ambos casos tanto la estructura como la ineficiencia evolucionaron en favor de un incremento de la intensidad energética, a diferencia del resto de países (a excepción de Perú) donde si bien la estructura evolucionó en favor de un incremento de la intensidad energética, la ineficiencia se redujo, favoreciendo una caída de la intensidad energética.

⁷Se llega a igual resultado mediante la descomposición del Índice de Fisher, que es la metodología empleada por [Jimenez and Mercado \(2014\)](#). Ver sección 4.3.

⁸Este resultado se verifica estrictamente para estos años, ya que cuando se amplía la ventana temporal al período 2000-2019 se observa una caída en la intensidad energética de estos países, de acuerdo con los datos de consumo de energía de OLADE.

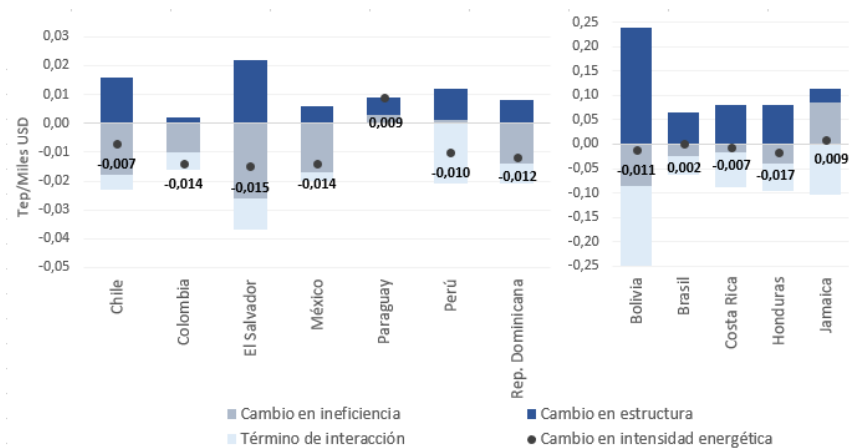


FIGURA 4 Descomposición de los cambios en la intensidad energética entre 2011 y 2017 por país.

Notas: los países se exponen en dos grupos en función del rango en el cual se mueven los factores.
Fuente: elaboración propia en base a Aguiar et al. (2016, 2022) y BancoMundial (2023b,c).

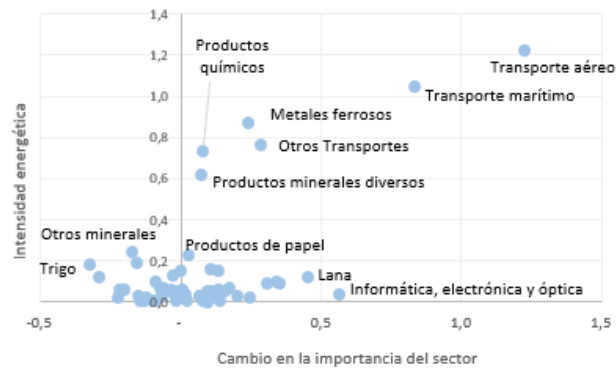
En la mayoría de los países se mantiene la dinámica descrita a nivel de región; esto es: la ineficiencia se redujo, contribuyendo a reducir la intensidad energética, pero esto fue parcialmente contrarrestado por el cambio en la estructura económica que tendió a aumentar la intensidad energética.

Este rol de la estructura es consistente con la reducción de la importancia de las industrias del sector primario (típicamente de baja intensidad energética), combinada con el crecimiento de sectores como el de transporte, de gran intensidad energética. Esto puede observarse en la figura 5 que muestra la relación entre la intensidad energética de un sector y el cambio entre 2011 y 2017 de su importancia relativa. Éste último se calcula como:

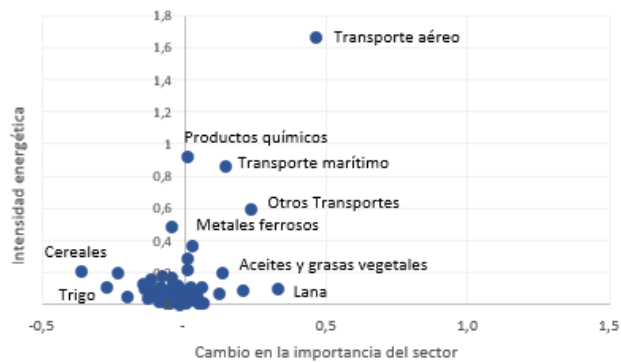
$$\frac{s_{(i,2017)}^e}{s_{(i,2011)}^e} - 1 \quad (4)$$

donde $s_{i,2017}^e$ es la participación del sector e en el valor agregado de la economía i en el año 2017 y $s_{i,2011}^e$ lo propio para el año 2011. Valores positivos indican que el sector creció en importancia, mientras que valores negativos, que su importancia relativa disminuyó.

Como puede observarse, sectores como el transporte marítimo y aéreo, cuya intensidad energética es alrededor de 9 y 12 veces más alta que el promedio de la región, son los que registraron el mayor crecimiento entre 2011 y 2017. Igual dinámica se presenta en la OCDE, aunque con menor magnitud en el crecimiento de estos sectores.



(a) América Latina y el Caribe



(b) OCDE

FIGURA 5 Relación entre intensidad energética de los sectores económicos y cambio en su importancia relativa.

Notas: El gráfico muestra intensidad energética y cómo varió entre 2011 y 2017 la importancia relativa de cada sector económico en ALyC y OCDE. El apéndice D muestra la intensidad energética y la razón entre la importancia relativa de un sector en ambos años para cada uno de los países de ALyC.

Fuente: elaboración propia en base a [Aguilar et al. \(2016, 2022\)](#) y [BancoMundial \(2023b,c\)](#).

4.3 | Comparación de resultados con diferente nivel de desagregación de la información sectorial

El único antecedente que conocemos que aborda la importancia relativa de cambios en la estructura económica versus en la eficiencia energética para explicar la variación de la intensidad energética agregada en América Latina y el Caribe es el trabajo de [Jimenez and Mercado \(2014\)](#). A partir del método de descomposición del Índice de Fisher y con una desagregación a cuatro sectores los autores sugieren que el cambio en la estructura económica jugó un rol moderado en la dinámica de la intensidad energética. Esta metodología parte de la siguiente expresión de intensidad energética dada por la ecuación 1:

$$IE_t = \sum_e s_t^e IE_t^e$$

Dividiendo esta ecuación por la intensidad energética agregada del año base $IE_0 = \sum_e s_0^e IE_0^e$ y factorizando por $\frac{\sum s_0^e IE_0^e}{\sum s_0^e IE_0^e}$ y $\frac{\sum s_t^e IE_t^e}{\sum s_t^e IE_t^e}$ se obtienen los índices de Laspeyres ($L_t^{\text{act}}, L_t^{\text{efic}}$) y Paasche ($P_t^{\text{act}}, P_t^{\text{efic}}$), quedando el cambio de la IE como:

$$\frac{IE_t}{IE_0} = F_t^{\text{act}} * F_t^{\text{efic}} \quad (5)$$

donde F es la media geométrica de los índices de Laspeyres y Paasche.

$$F_t^{\text{act}} = \sqrt{L_t^{\text{act}} * P_t^{\text{act}}} \quad (6)$$

$$F_t^{\text{efic}} = \sqrt{L_t^{\text{efic}} * P_t^{\text{efic}}} \quad (7)$$

Tomando logaritmo a ambos lados de 5, el cambio en la intensidad energética puede descomponerse de manera aditiva entre el cambio en la eficiencia energética y el cambio en la estructura económica⁹:

$$\log\left(\frac{IE_t}{IE_0}\right) = \log(F_t^{\text{act}}) + \log(F_t^{\text{efic}}) \quad (8)$$

El cuadro 1 muestra los resultados de esta descomposición, contrastando los obtenidos cuando se trabaja con una clasificación a 59 sectores versus con una clasificación a cuatro sectores (primario o agropecuario, secundario o industrial, terciario o de servicios y residencial), a fin de evaluar el rol que juega en el análisis el nivel de agregación. Esta comparación se realiza también con los otros métodos de descomposición explorados en este trabajo. En todos los casos, con la agregación a cuatro sectores, la importancia del componente eficiencia es considerablemente mayor que con 59 sectores. Tomemos por ejemplo el Panel B (cuadro 1), con la agregación a cuatro sectores, la caída de 0,006 unidades en la intensidad energética agregada, tanto para América Latina y el Caribe como para los países OCDE, es completamente explicada por cambios en la eficiencia energética, sin ningún rol atribuible al cambio en la estructura económica. Un claro contraste al resultado con mayor desagregación.

⁹Para mayor desarrollo de esta metodología, ver [Jimenez and Mercado \(2014\)](#).

CUADRO 1 Comparación de resultados de descomposiciones con 4 y 59 sectores

Panel A. Descomposición del nivel de IE en 2017 (Olley-Pakes)					
Región	Número de sectores	Intensidad energética	Eficiencia energética	Estructura económica	
LAC	59	0,088	0,140	-0,053	
LAC	4	0,088	0,070	0,017	
OCDE	59	0,061	0,153	-0,092	
OCDE	4	0,061	0,066	-0,005	

Panel B. Descomposición del cambio de IE entre 2011 y 2017 (Foster et al.)					
Región	Número de sectores	Cambio en la intensidad energética	Cambio en la ineficiencia	Cambio en la estructura	Término de interacción
LAC	59	-0,006	-0,019	0,021	-0,009
LAC	4	-0,006	-0,006	-0,001	0,000
OCDE	59	-0,006	-0,011	0,007	-0,002
OCDE	4	-0,006	-0,006	0,000	-0,000

Panel C. Descomposición del cambio de IE entre 2011 y 2017 (Descomposición del Índice de Fisher)					
Región	Número de sectores	Cambio en la intensidad energética	Cambio en la ineficiencia	Cambio en la estructura	
LAC	59	-0.071	-0.244	0.173	
LAC	4	-0.071	-0.064	-0.006	
OCDE	59	-0.096	-0.183	0.087	
OCDE	4	-0.096	-0.096	0.000	

Fuente: elaboración propia en base a [Aguilar et al. \(2016, 2022\)](#) y [BancoMundial \(2023b,c\)](#)

En suma, los resultados son sensibles al nivel de desagregación de los datos. Al emplear información agregada a nivel sectorial no es posible detectar cambios en la asignación económica entre sectores incluidos dentro de uno más amplio. Así, por ejemplo, dentro del sector industrial, no es posible identificar cambios entre sub-industrias, desde las más intensivas en energía a las menos intensivas, o viceversa. Ello implica que, al trabajar con sectores muy agregados, se suele subestimar el rol de los cambios estructurales para explicar variaciones en la intensidad energética agregada; o lo que es equivalente, sobre estimar el rol de los cambios en eficiencia energética para explicar cambios en la intensidad agregada.

5 | CONCLUSIONES

A fin de garantizar la sostenibilidad del planeta, se torna imperante una transición energética que contribuya a reducir los niveles actuales de emisiones de gases de efecto invernadero al mismo tiempo que impulse el crecimiento económico. Una condición que favorece este desacople es la reducción de la intensidad energética, definida como la energía consumida por unidad de producto generado.

Usualmente, la intensidad energética ha estado asociada al concepto de eficiencia energética. No obstante, cambios en la estructura económica (es decir, en la contribución de los diversos sectores en el producto agregado) también pueden generar cambios en el nivel de intensidad energética de un país. Esto último se sustenta en las siguientes regularidades que hacen necesario incorporar el rol de la estructura económica al análisis de intensidad energética: (i) la estructura económica difiere entre países, (ii) los sectores difieren en intensidad energética y (iii) la estructura económica cambia en el tiempo.

Al explorar información a nivel sectorial provista por el GTAP, en su versión de los años 2011 y 2017, se aprecian grandes diferencias de intensidad energética entre industrias, con los sectores de transporte (aéreo, marítimo y otros tipos de transporte) liderando el ranking de intensidad energética, en contraposición a sectores primarios, típicamente poco intensivos en energía.

Asimismo, al contrastar los datos en los dos años considerados se observa, en general, una reducción de la importancia de la mayoría de las industrias del sector primario, y un crecimiento importante de las industrias del transporte.

A partir de esta evidencia, el trabajo analiza la intensidad energética de una selección de países de América Latina y el Caribe, separando el rol de la eficiencia del rol de la estructura económica. El análisis se realiza tanto desde una perspectiva temporal (el cambio en la intensidad energética entre dos años) como de corte transversal (diferencias de intensidad energética entre regiones en un momento dado del tiempo), para lo cual se aplican diferentes métodos de descomposición.

Desde la perspectiva temporal se observa que entre 2011 y 2017 América Latina y el Caribe y la OCDE registraron caídas en la intensidad energética (del 7 % y 9 %, respectivamente), producto de las mejoras en la eficiencia energética. No obstante, estas ganancias en términos de eficiencia fueron parcialmente contrarrestadas por cambios estructurales en las economías lo que implica que, de no haberse modificado la estructura económica, la caída de la intensidad energética habría sido de mayor magnitud a la experimentada.

Por su parte, del análisis de corte transversal surge que, en los países de la región las grandes diferencias en ineficiencia respecto a la OCDE no se trasladan plenamente a diferencias en intensidad energética, porque una parte se compensa por una estructura más sesgada hacia sectores menos intensivos en energía.

En suma, la estructura económica afecta el nivel y la evolución de la intensidad energética, por lo que su estudio, y el de la transición energética en general, no debería hacerse de espaldas al fenómeno de transformación estructural de las economías. Trabajar con un nivel de desagregación bajo, tiende a subestimar considerablemente el rol de la estructura económica.

REFERENCIAS

- Aguiar, A., Chepeliev, M., Corong, E. and Van Der Mensbrugghe, D. (2022) The global trade analysis project (gtap) database: Version 11. *Journal of Global Economic Analysis*, 7, 1–37.
- Aguiar, A., Narayanan, B. and McDougall, R. (2016) An overview of the gtap 9 database. *Journal of Global Economic Analysis*, 1, 181–208.
- AIE (2022) World energy balances highlights (2022 edition). Recuperada el 16 de junio de 2023. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances-highlights>. [base de datos].
- BancoMundial (2023a) Pib (dólares constantes de 2015), indicadores del desarrollo mundial. Recuperada el 26 de julio de 2023. URL: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD>. [base de datos].
- (2023b) Valor agregado bruto al costo de los factores (dólares a precios actuales), indicadores del desarrollo mundial. Recuperada el 20 de julio de 2023. URL: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.FCST.CD>. [base de datos].
- (2023c) Valor agregado bruto al costo de los factores (dólares a precios constantes de 2010), indicadores del desarrollo mundial. Recuperada el 20 de julio de 2023. URL: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.FCST.KD>. [base de datos].
- Foster, L., Haltiwanger, J. and Krizan, C. (2001) Aggregate productivity growth: Lessons from microeconomic evidence. *Tech. rep.*, National Bureau of Economic Research.

- Hasanbeigi, A., de la Rue du Can, S. and Sathaye, J. (2012) Analysis and decomposition of the energy intensity of california industries. *Energy policy*, **46**, 234–245.
- Huntington, H. G. (2010) Structural change and us energy use: recent patterns. *The Energy Journal*, **31**, 25–40.
- Jimenez, R. and Mercado, J. (2014) Energy intensity: A decomposition and counterfactual exercise for latin american countries. *Energy economics*, **42**, 161–171.
- Ma, C. and Stern, D. I. (2008) China's changing energy intensity trend: a decomposition analysis. *Energy economics*, **30**, 1037–1053.
- Metcalf, G. E. (2008) An empirical analysis of energy intensity and its determinants at the state level. *The Energy Journal*, **29**, 1–26.
- OLADE (2023) Energy balance matrix. sielac. organización latinoamericana de energía. Recuperada el 07 de septiembre de 2023. [base de datos].
- Olley, S. and Pakes, A. (1996) The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry. *Econometrica*, **64**.

APÉNDICES

A | PROCESAMIENTO DE DATOS DEL GTAP

Las bases de GTAP contienen el consumo de energía de las firmas, hogares y gobierno desagregado entre consumo doméstico e importado, medidos en toneladas equivalentes de petróleo (tep). A partir de ello, se obtuvo para cada país el consumo total mediante la agregación de ambos tipos de consumo energético. Por su parte, el VA está medido en dólares corrientes de cada año de referencia de GTAP, por lo que fue necesario deflactar el VA de cada país y sector por un índice de precios. Para ello, se tomó el índice de precios implícito que surgió de comparar las bases del Banco Mundial de valor agregado bruto en dólares a precios corrientes y a precios constantes del 2011. A partir de las variables descriptas, se definió la intensidad energética como la energía consumida por cada mil dólares (constantes) de valor agregado (Tep/Miles USD). Ello se calculó tanto a nivel agregado de una economía como para cada uno de sus sectores, en los años 2011 y 2017. Es decir:

$$IE_i^t = \frac{E_i^t}{VA_i^t} \quad (A.1)$$

$$IE_{i,s}^t = \frac{E_{i,s}^t}{VA_{i,s}^t} \quad (A.2)$$

siendo:

- i: país
- t: año, t=2011, 2017
- s: sector económico, s=(1-59)
- E_i^t : energía consumida por el país i en el año t
- $E_{i,s}^t$: energía consumida por el sector s del país i en el año t
- VA_i^t : valor agregado del país i en el año t
- $VA_{i,s}^t$: valor agregado del sector s del país i en el año t
- IE_i^t : intensidad energética del país i en el año t
- $IE_{i,s}^t$: intensidad energética del sector s del país i en el año t

Para el cálculo a nivel de región se realizó una agregación de los países (de su consumo energético y valor agregado):

$$IE_r^t = \frac{\sum_i E_i^t}{\sum_i VA_i^t} \quad (A.3)$$

siendo r la región (ALyC, OCDE).

Esto permite considerar el peso relativo de cada país en la región, tanto en términos de consumo de energía como de producto económico. Como se mencionó anteriormente, para la ALyC se consideró una muestra de doce países (ver apéndice B) mientras que OCDE incluye a los siguientes 33 países: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea del Sur, Dinamarca, Eslovenia, España, Estados Unidos, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza y Turquía.

B | SELECCIÓN DE PAÍSES ANALIZADOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Se denota con IE_t a la intensidad energética obtenida con la base de GATP y con \widetilde{IE}_t a la obtenida con otras fuentes de datos. Esta última es calculada como:

$$\widetilde{IE}_t = \frac{E_t}{PIB_t} \quad (A.4)$$

Siendo E_t el consumo de energía (medido en toneladas equivalentes de petróleo) en el año t y PIB_t el producto de la economía en el año t (medido en miles de dólares). Para consumo energético se tomaron los datos de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), para los países de América Latina y el Caribe, y de la Agencia Internacional de Energía (AIE), para los países de la OCDE. El PIB (a precios constantes del 2015) se obtuvo del Banco Mundial. La comparación consistió, por un lado, en contrastar para cada país de América Latina y el Caribe (i) las variaciones de intensidad energética entre 2011 y 2017, provenientes de cada fuente de información:

$$\Delta IE^i = IE_{2017}^i - IE_{2011}^i \quad (A.5)$$

$$\Delta \widetilde{IE}^i = \widetilde{IE}_{2017}^i - \widetilde{IE}_{2011}^i \quad (A.6)$$

Y, por otro lado, la diferencia en 2017 de cada país (i) con la OCDE:

$$\Delta IE_{2017} = IE_{2017}^i - IE_{2017}^{OECD} \quad (A.7)$$

$$\Delta \widetilde{IE}_{2017} = \widetilde{IE}_{2017}^i - \widetilde{IE}_{2017}^{OECD} \quad (A.8)$$

El cuadro [A.1](#) muestra las variaciones de intensidad energética calculadas:

CUADRO A.1 Variación de la intensidad energética por país

País	ΔIE_i	$\widetilde{\Delta IE}_i$	ΔIE_{2017}	$\widetilde{\Delta IE}_{2017}$
Argentina	-0,001	0,001	0,011	0,017
Bolivia	-0,011	-0,003	0,106	0,112
Brasil	0,002	0,007	0,033	0,049
Chile	-0,007	-0,001	0,024	0,037
Colombia	-0,014	-0,010	0,015	0,026
Costa Rica	-0,007	-0,009	-0,006	-0,009
Ecuador	-0,012	0,001	0,031	0,048
El Salvador	-0,015	-0,019	0,025	0,031
Guatemala	0,003	0,010	-0,012	0,106
Honduras	-0,017	-0,044	0,042	0,119
Jamaica	0,009	0,001	0,096	0,093
México	-0,014	-0,007	0,023	0,030
Nicaragua	0,000	-0,020	0,040	0,112
Panamá	-0,033	-0,012	0,174	-0,017
Paraguay	0,009	0,018	0,014	0,084
Perú	-0,010	-0,005	0,009	0,025
Rep. Dominicana	-0,012	-0,013	0,003	0,000
Trinidad y Tobago	-0,213	0,020	0,580	0,228
Uruguay	0,011	0,007	-0,010	0,003

Notas: Valores expresados en toneladas equivalentes de petróleo por cada mil dólares (Tep/Miles USD).

Fuente: Elaboración propia en base a [Aguiar et al. \(2016, 2022\)](#), [AIE \(2022\)](#), [BancoMundial \(2023a\)](#) y [OLADE \(2023\)](#).

A partir de ello, se seleccionaron los países para los cuales el cambio en la intensidad energética obtenida con la GTAP presenta igual signo que el cambio calculado con las otras fuentes de datos (tanto en el análisis de dimensión temporal como de corte transversal), quedando la muestra conformada por los siguientes doce países: Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Jamaica, México, Paraguay, Perú y República Dominicana (resaltados en **negro** en el cuadro [A.1](#)).

C | RESULTADOS PARA PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE NO INCLUIDOS EN LA MUESTRA DE ANÁLISIS

A continuación, se presentan los resultados de las descomposiciones realizadas en los países de la región que no fueron incluidos en la muestra de análisis (Argentina, Ecuador, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Trinidad y Tobago y Uruguay).

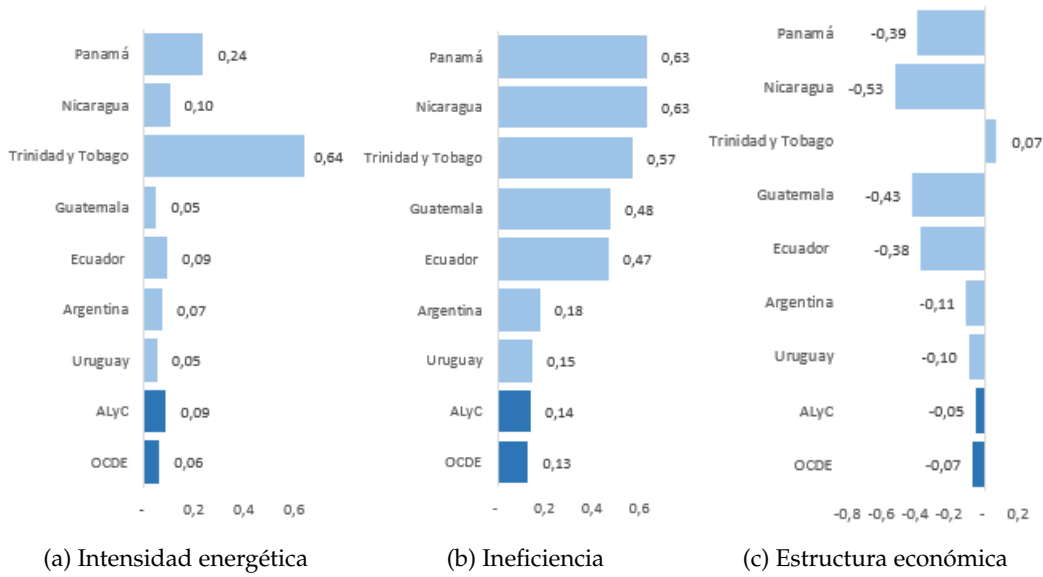


FIGURA A.1 Descomposición de la intensidad energética. Año 2017.

Notas: Los países y regiones se exponen de manera decreciente según su ineficiencia energética. Fuente: elaboración propia en base a Aguiar et al. (2022) y BancoMundial (2023b,c).

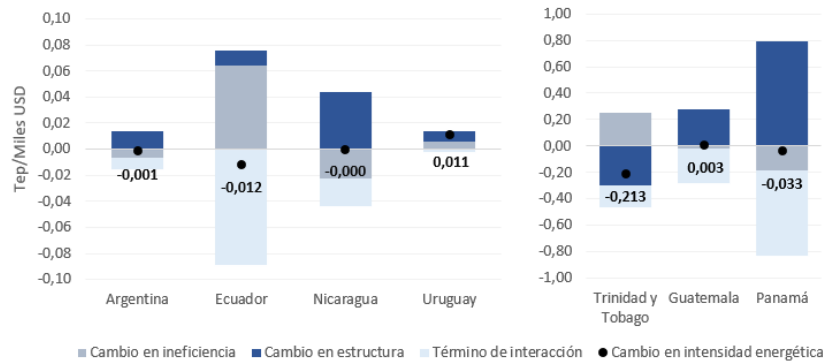
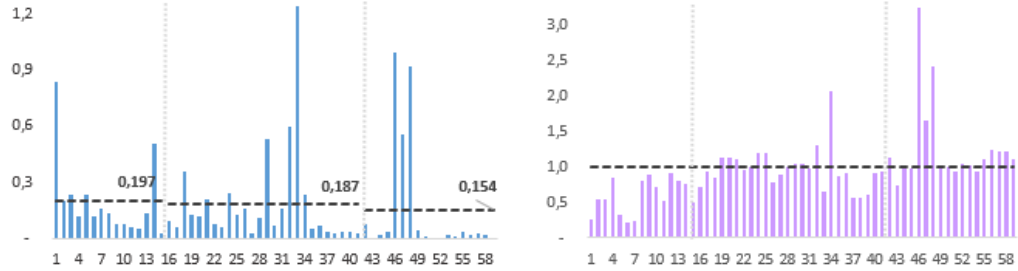


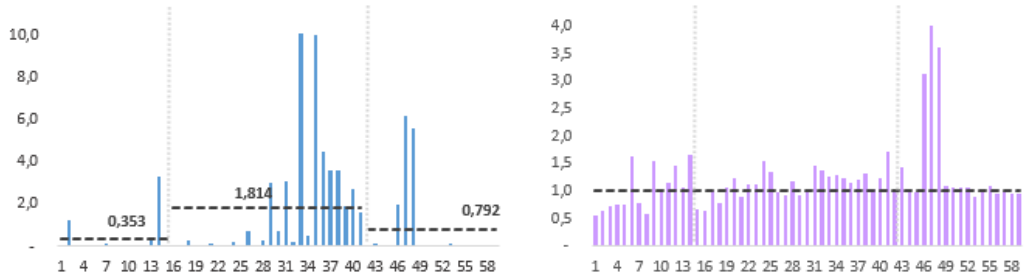
FIGURA A.2 Descomposición de los cambios en la intensidad energética entre 2011 y 2017.

Notas: los países se exponen en dos grupos en función del rango en el cual se mueven los factores. Fuente: elaboración propia en base a Aguiar et al. (2016, 2022) y BancoMundial (2023b,c).

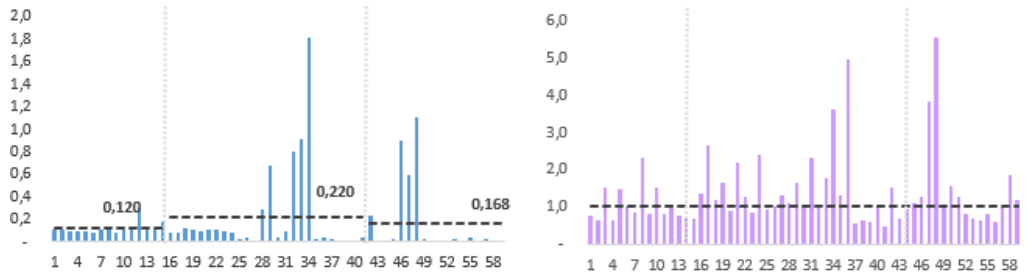
D | INTENSIDAD ENERGÉTICA Y CRECIMIENTO DE CADA SECTOR POR PAÍS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE



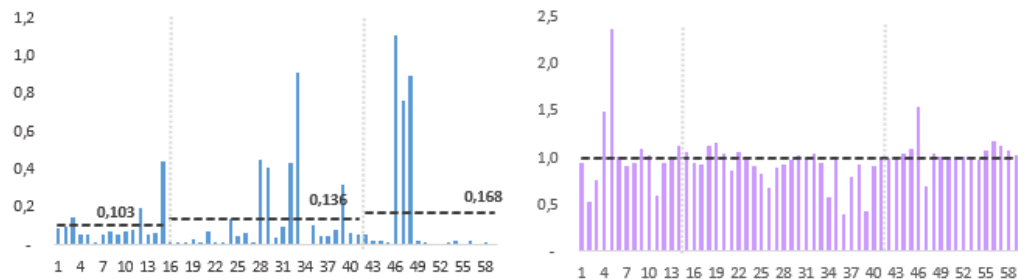
Argentina



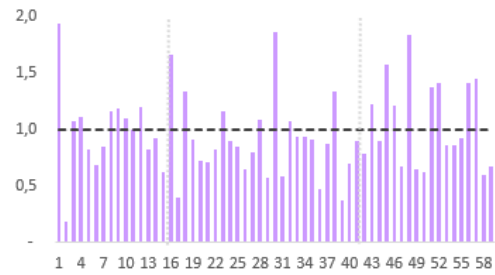
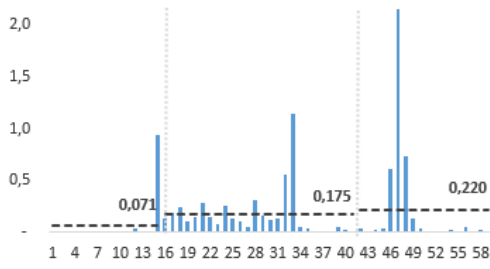
Bolivia



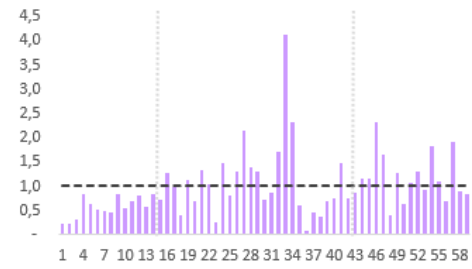
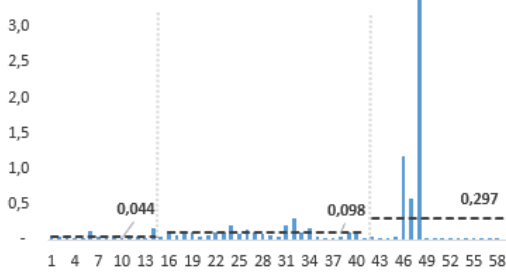
Brasil



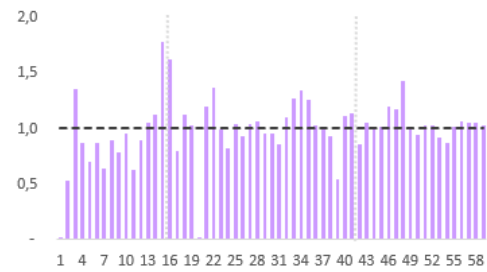
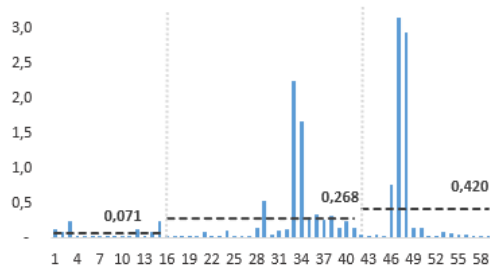
Chile



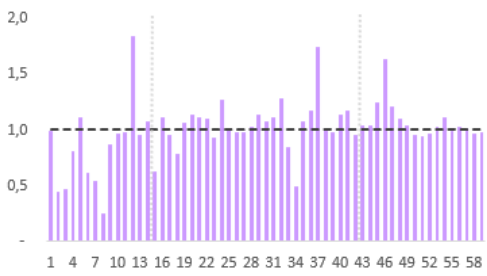
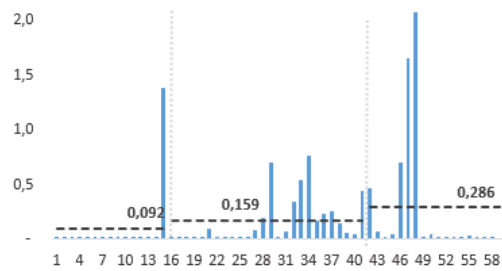
Colombia



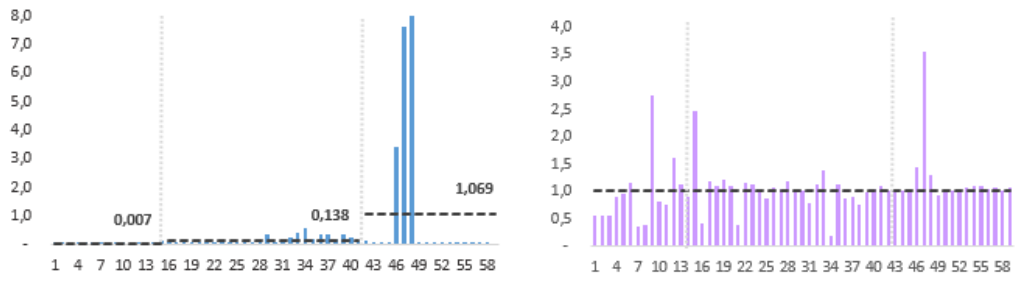
Costa Rica



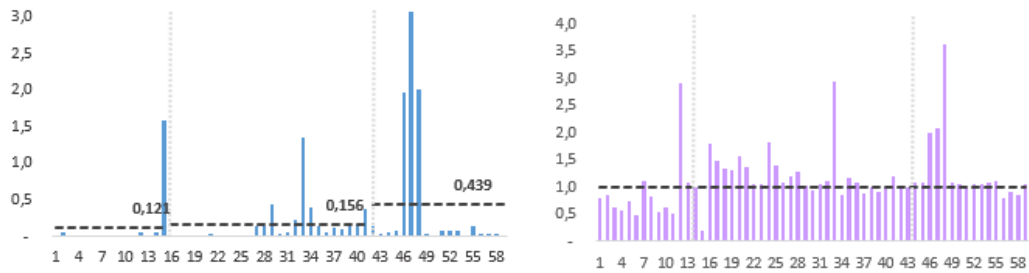
Ecuador



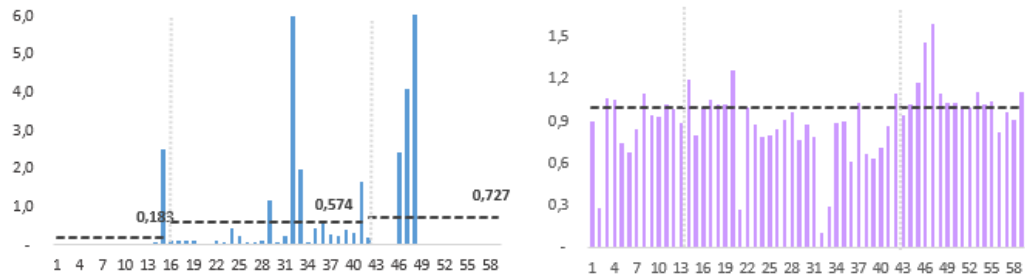
El Salvador



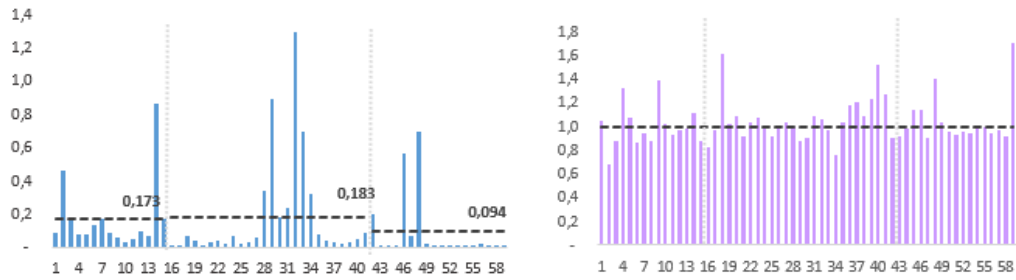
Guatemala



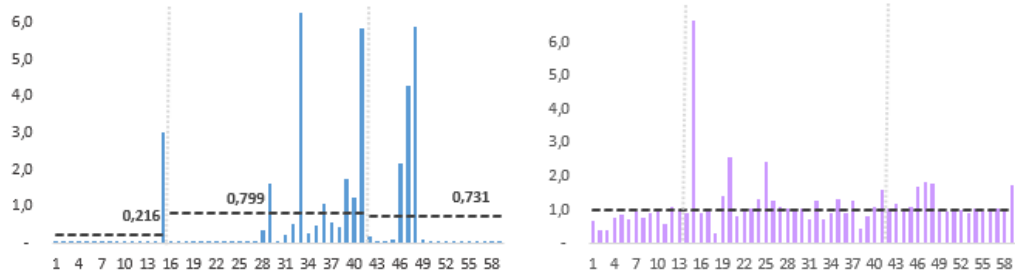
Honduras



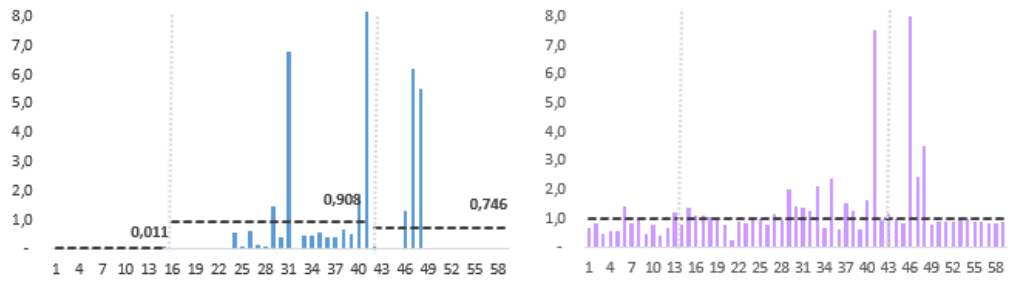
Jamaica



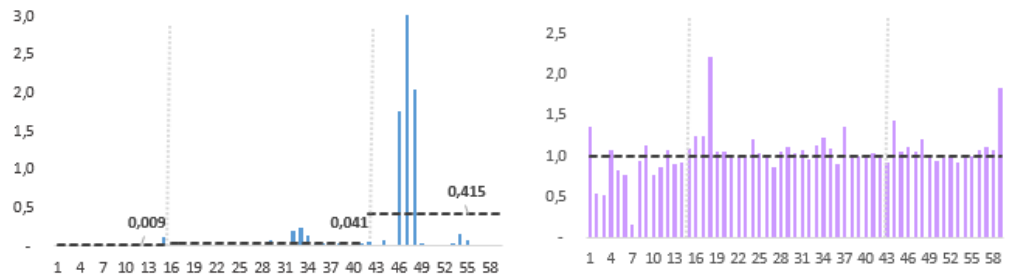
México



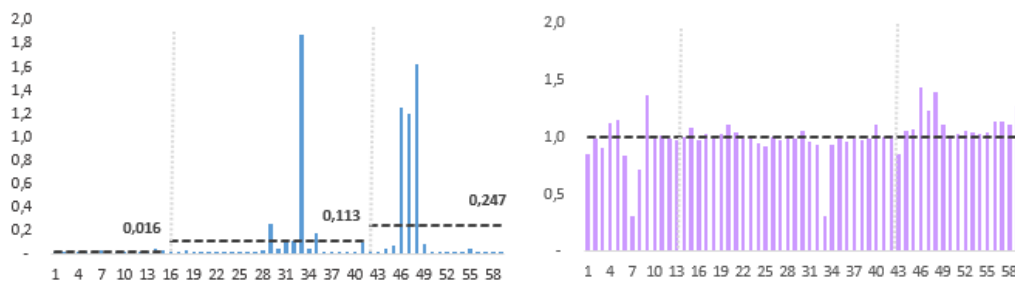
Nicaragua



Panamá



Paraguay



Perú

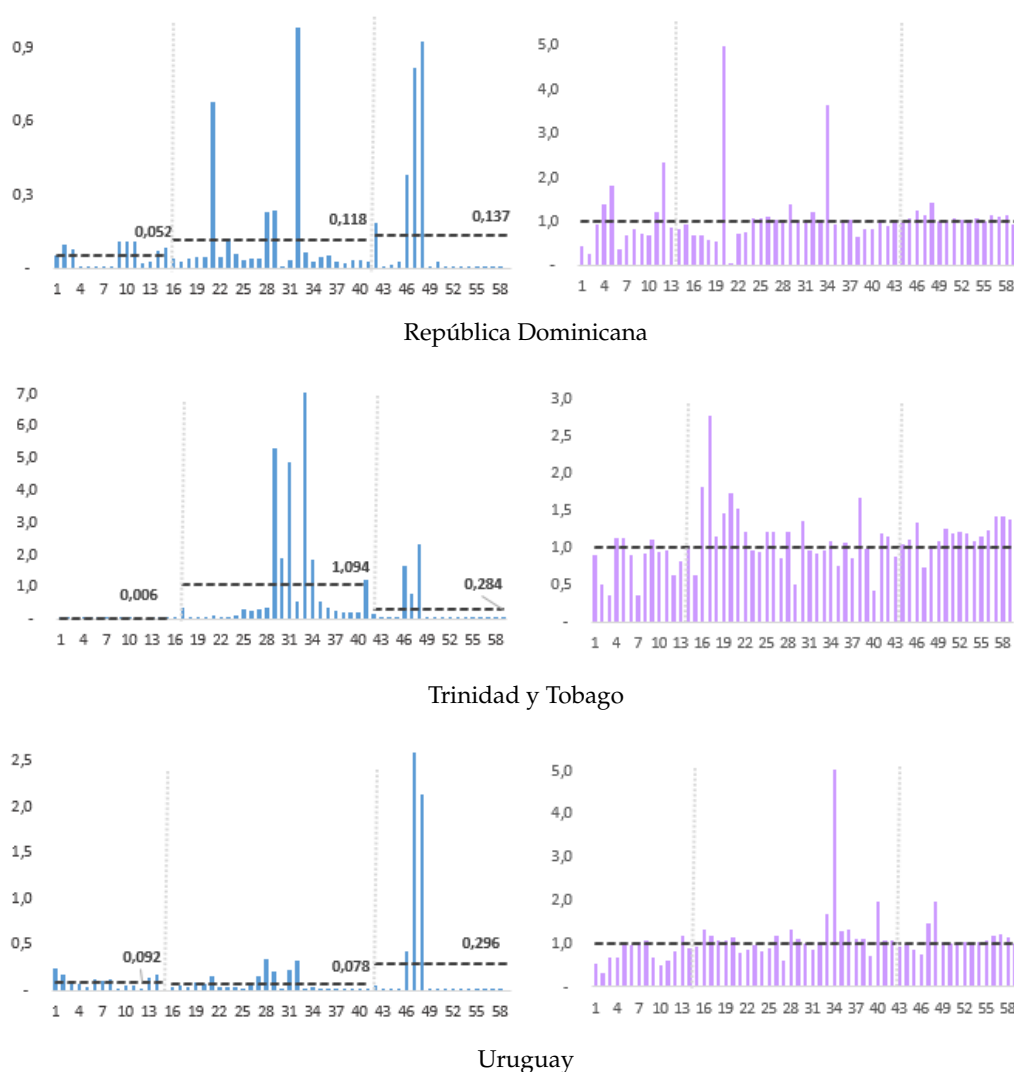


FIGURA A.3 Intensidad energética y crecimiento de cada sector por país de América Latina y el Caribe.

Notas: La figura muestra, en el lado izquierdo, la intensidad energética de cada subsector económico en 2017, medida en toneladas equivalentes de petróleo por cada mil dólares de valor agregado. La línea punteada horizontal muestra la IE en cada uno de los tres grandes sectores: sector primario, secundario y terciario, calculada como el promedio simple de los subsectores que los integran. Por su parte, en el lado derecho, las barras verticales muestran la variación entre 2011 y 2017 de la importancia relativa de cada subsector económico, calculada como el cociente de la participación sectorial en cada año. La línea horizontal muestra cuando el cociente asume el valor 1, indicando que el sector no modificó su importancia relativa entre los años considerados. El sector primario abarca los subsectores 1 al 15, el sector secundario, del 16 al 41 y el sector terciario, del subsector 42 al 59 (Ver cuadro A.2).

Fuente: elaboración propia en base a [Aguar et al. \(2016, 2022\)](#) y [BancoMundial \(2023b,c\)](#).

CUADRO A.2 Sectores económicos

Número	Sector
1	Arroz
2	Trigo
3	Cereales
4	Verduras, frutas, frutos secos
5	Semillas oleaginosas
6	Caña de azúcar, remolacha azucarera
7	Fibras vegetales
8	Otros cultivos
9	Ganado bovino, ovino y caprino
10	Otros productos de origen animal
11	Leche cruda
12	Lana
13	Silvicultura
14	Pesca
15	Resto de minería
16	Carne de ganado
17	Otras carnes
18	Aceites y grasas vegetales
19	Productos lácteos
20	Arroz procesado
21	Azúcar
22	Otros alimentos
23	Bebidas y productos de tabaco
24	Textiles
25	Vestimenta
26	Productos de cuero
27	Productos de madera
28	Productos de papel
29	Productos químicos
30	Productos farmacéuticos básicos
31	Productos de caucho y plástico
32	Productos minerales diversos
33	Metales ferrosos
34	Metales diversos
35	Productos metálicos
36	Informática, electrónica y óptica
37	Equipos eléctricos
38	Otras maquinaria y equipos
39	Vehículos de motor y piezas
40	Otros equipos de transporte
41	Otras manufacturas

CUADRO A.2 Sectores económicos (*continuación*)

Número	Sector
42	Agua
43	Construcción
44	Comercio
45	Alojamiento, comida y servicios
46	Otros transportes
47	Transporte marítimo
48	Transporte aéreo
49	Almacenamiento/apoyo
50	Comunicación
51	Otra intermediación financiera
52	Seguros
53	Actividades inmobiliarias
54	Otros servicios empresariales
55	Recreación y otros servicios
56	Administración pública y defensa
57	Educación
58	Salud y servicios sociales
59	Residencial

Fuente: Elaboración propia en base a [Aguiar et al. \(2016, 2022\)](#)