

ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CO₂ QUE CREAN RECAUDACIÓN FISCAL EN COSTA RICA

ESTIMATION OF CO₂ EMISSIONS THAT CREATE TAX COLLECTION
IN COSTA RICA

ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CO₂ CRIANDO RECEITA FISCAL
NA COSTA RICA

David Miranda Núñez¹
Marjorie Hartley Ballesteros²

Resumen



Se busca estimar el aporte de los sectores productivos y los hogares con la generación de emisiones de GEI en Costa Rica; al mismo tiempo, determinar la relación de crear puestos de trabajo y del valor agregado con las emisiones de CO₂ por sector. El análisis involucra la recaudación fiscal a través del pago del impuesto a los combustibles, utilizando la metodología del modelo insumo producto (MIP) con ampliación ambiental, del 2017. Se construyen indicadores que permiten evidenciar la dependencia de los sectores productivos y los hogares con respecto al uso y consumo de hidrocarburos. El ejercicio analítico posibilita advertir sobre la necesidad de reorientar la producción y los hogares hacia procesos más ecoeficientes que favorezcan la creación de valor agregado y fuente de empleo limpio.

Palabras clave: impuestos, insumo producto, valor agregado, gas de efecto invernadero, empleo.

Abstract



The purpose of this paper is to estimate the contribution of the productive sectors and households with the generation of GHG emissions in Costa Rica, and at the same time, to determine the relationship between the

DOI: <https://doi.org/10.15359/eyes.28-63.1>

Recibido: 06-06-2022. Reenvíos: 06-09-2022, 29-09-2022, Aceptado: 10-10-2022. Publicado: 01-01-2023.

1 Bachiller en Economía, Universidad Nacional, Costa Rica.

 david.miranda.nunez@est.una.ac.cr,  0000-0002-9261-2535

2 M. Sc. en Economía con especialidad en Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Coordinadora del Proyecto Estudios Fiscales, Escuela de Economía, Universidad Nacional, Costa Rica.

 marjorie.hartley.ballesteros@una.ac.cr,  0000-0003-1751-6524



creation of jobs and added value with the generation of CO₂ emissions by sector. The analysis involves tax collection through the payment of the tax on fuels, using the methodology of the Input Product Model with environmental expansion considering the 2017 MIP. Indicators that show the dependence of the productive sectors and households with respect to the use and consumption of hydrocarbons were created. The analytical exercise makes it possible to warn about the need to reorient production and households towards more eco-efficient processes that favor the creation of added value and a clean source of employment.

Keywords: taxes, input-output, aggregate value, greenhouse gas, job.

Resumo



O objetivo é estimar a contribuição dos setores produtivos e domésticos para a geração de emissões de GEE na Costa Rica e, ao mesmo tempo, determinar a relação de criação de empregos e de valor agregado com a geração de emissões de CO₂ por setor. A análise envolve a cobrança de impostos através do pagamento do imposto sobre combustíveis, utilizando a metodologia do Modelo Input-Output com extensão ambiental considerando o IPM de 2017. Os indicadores são construídos para mostrar a dependência dos setores produtivos e das famílias em relação ao uso e consumo de hidrocarbonetos. O exercício analítico adverte para a necessidade de reorientar a produção e os residências para processos mais ecoeficientes que favoreçam a criação de valor agregado e de fontes de emprego limpas.

Palavras-chave: impostos, entrada-saída, valor agregado, gases de efeito estufa, emprego.

1. Introducción

Costa Rica se encuentra en una coyuntura económica y fiscal particularmente difícil, que se profundizó con la pandemia por el COVID-19. Los gastos que se han realizado para enfrentar la crisis sanitaria y la recesión con reducción al mínimo del consumo se han presentado en un contexto de alto nivel de endeudamiento, alto desempleo, poca capacidad para combatir la evasión y elusión fiscal, entre otros.

Históricamente, el país ha realizado esfuerzos en materia de conservación y protección de los bienes y servicios ecosistémicos que posee, esto lo ha llevado, en lo reciente, a asumir compromisos globales como la Agenda 2030 y la descarbonización de la economía para 2050, entre otros muchos proyectos y programas de conservación que se están llevando a cabo. Todos los compromisos demandan recursos a la hora de implementarse, algunos de ellos provenientes de instrumentos económicos para recaudación fiscal y otros de cooperación internacional.



El país cuenta con una matriz energética renovable casi en el 100 % para la generación de electricidad, sin embargo, aproximadamente el 75 % de la energía consumida proviene de fuentes no renovables de base fósil. Lo anterior quiere decir que las actividades económicas y cotidianas de las personas demandan, en su mayoría, combustibles fósiles.

Desde el ámbito fiscal, se tiene que una de los principales instrumentos económicos de recaudación tributaria es el denominado Impuesto Único a los Combustibles, que en la actualidad representa aproximadamente el 11 % del total de ingresos fiscales y, aunque no fue creado con el objetivo de internalizar las externalidades ocasionadas por el consumo de combustibles fósiles, constituye el principal instrumento fiscal-ambiental.

En consecuencia, el consumo de combustibles por parte de los sectores productivos y los hogares genera emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), pero, al mismo tiempo, generan ingresos con un importante peso relativo en el total de ingresos tributarios.

Consiguientemente, las acciones para avanzar en el logro de las metas establecidas por la Organización de Naciones Unidas (ONU) en los denominados Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y la dependencia de los combustibles fósiles colocan al Estado costarricense en la disyuntiva de la escogencia. Ello, al enfrentar la descarbonización de la economía, a la hora de reducir emisiones, con la recaudación de ingresos tributarios provenientes, en buena medida, de actividades contaminantes que, además, producen una cantidad significativa de puestos de trabajo.

En este contexto, la investigación busca identificar el aporte de los sectores productivos y los hogares, considerando las emisiones de gases con efecto invernadero y que, al mismo tiempo, crean recaudación fiscal. Es decir, se analizan las emisiones creadas tanto los sectores productivos como por los hogares, a través de la recaudación del Impuesto Único a los Combustibles. Simultáneamente, se analiza la relación de la creación de valor y de fuentes de puestos de trabajo con y las emisiones de gases con efecto invernadero. El análisis parte de la dependencia financiera pública con respecto a ingresos provenientes de la contaminación, es decir, cuya fuente es el impuesto que todos los agentes económicos pagan al comprar combustibles fósiles. Se incluye la variable personas empleadas, por el peso e importancia que reviste, para una economía, la creación de puestos de trabajo sostenibles y resilientes que contribuyan con los objetivos de desarrollo de largo plazo.

La estimación del aporte de los hogares y sectores productivos con las emisiones que crean recaudación fiscal se efectúa mediante la construcción de indicadores fiscales - ambientales, que relacionan una serie de variables: emisiones de CO₂, producción, consumo de combustible, el empleo y su vínculo con el Impuesto Único a los Combustibles. Particularmente interesan las emisiones de CO_{2e} generadas por los sectores productivos y los hogares, a partir del pago del impuesto a los combustibles y no por su uso de manera directa.

En dicha tarea, se destaca que la categoría de fuente emisora más significativa es la combustión móvil como transporte terrestre. Esto permite vincular tal categoría con el



consumo de combustible por sector productivo y la recaudación tributaria, con base en el Impuesto Único a los Combustibles.

Los vínculos entre las variables de contaminación, recaudación fiscal y empleo con la producción de los sectores productivos y el consumo de los hogares se determinan basados en indicadores fiscales-ambientales y de puestos de trabajo.

El objetivo de crear los indicadores señalados es cuantificar la relación entre las emisiones contaminantes con la recaudación fiscal generada a partir del consumo de hidrocarburos utilizados en ese proceso, de manera que sea posible determinar cuántos dólares recauda cada tonelada de CO₂ para cada sector y en un nivel general económico. Además, se busca calcular las emisiones que produce cada puesto de trabajo, así como la recaudación fiscal producida, en promedio, por cada persona trabajadora.

La metodología para la construcción de los indicadores fiscales-ambientales es el Modelo de Insumo Producto (MIP) con extensión ambiental. Se utilizan los datos del MIP correspondientes al Banco Central de Costa Rica (BCCR), actualizados al 2017³, así como las cuentas de oferta y utilización de flujos físicos de energía, también del 2017. Por tanto, variables como tipo de cambio y personas empleadas corresponden al 2017.

En la primera sección, se contextualiza el análisis; se ofrecen datos sobre las emisiones de los sectores productivos en Costa Rica y la relación que se establece entre estas y el Impuesto Único a los Combustibles como principal instrumento económico de recaudación fiscal-ambiental. El dato del impuesto único proviene del Ministerio de Hacienda para el año 2017 y lo expuesto sobre emisiones se extrae del Banco Central de Costa Rica, del documento “Cuadro de Oferta y Utilización de Flujos Físicos de Energía” (2017) datos en millones de kg de CO₂ que, para efectos de este trabajo, se convierten en miles de toneladas. Cabe destacar que las emisiones en CO₂ son únicamente de ese gas y no corresponden a otras equivalentes.

Posteriormente, se detalla la metodología utilizada para la construcción del MIP con extensión ambiental; luego se presentan los indicadores construidos y se ofrecen algunas conclusiones a la luz de los resultados obtenidos.

2. Contexto de las emisiones de CO₂ y la recaudación fiscal

En el año 2015, Costa Rica elabora un inventario de Gases con Efecto Invernadero (GEI), en el cual se determina que el sector energía (producción, comercialización y consumo energético) es el que aporta el mayor porcentaje de emisiones de CO₂. En este sector, destaca, como es de esperar, el aporte a las emisiones del subsector transporte, seguido de la industria manufacturera y constructiva. El sector energía contribuye con aproximadamente el 67 % del total de emisiones CO₂ equivalente para el año 2015 (Blanco *et al.*, 2015). Le siguen, en importancia, el sector de Residuos, que aportan un

3 Tanto el MIP como la matriz de flujos de energía del 2017 corresponden a los datos más actualizados con los que cuenta el país. Estos se suministran en colones, por lo que se trasladan a dólares mediante la conversión al tipo de cambio nominal promedio de 567,5 colones por dólar.

estimado del 19 %, así como los procesos industriales y el uso de productos, con 12 % de las emisiones de CO₂ equivalentes (ver tabla 1).

Tabla 1

Costa Rica: Total de emisiones de CO₂e por sector productivo y porcentaje de contribución para el año 2015

Fuente de emisiones	Cantidad de emisiones en CO ₂ e (Gg)	Porcentaje de contribución
Energía	7297	67
Procesos industriales y uso de productos	1320	12
Agricultura, silvicultura y otros	179	2
Residuos	2085	19
Total	10 881	100

Fuente: elaboración propia, con datos de Blanco Salas *et al.* (2015).

Con base en los resultados anteriores, se tiene que cada habitante contribuye con un total de 2,25 Gg, mientras que cada millón de dólares del Producto Interno Bruto (PIB) se obtiene a partir de un total de 199 Gg de emisiones de CO₂.

Ante esta realidad del sector energético, la Contraloría General de la República (CGR, 2021) explica que:

El hecho de que el sector energético sea la principal fuente de emisiones de gases contaminantes, es consecuencia de la composición de la matriz energética nacional... cuya principal característica es su dependencia de los combustibles fósiles importados y, por tanto, de las variaciones del precio internacional del petróleo (p. 12).

Y agrega:

de acuerdo con las proyecciones efectuadas en el citado inventario nacional de GEI, si las tendencias actuales continúan, para 2050 el sector energético aumentaría las emisiones en un 49% con respecto a 2015; mientras que, por el contrario, éstas podrían reducirse en un 42% si se implementan acciones de mitigación adicionales a las ejecutadas o en proceso de ejecución en el periodo 2014-2018 (p. 12).

La CGR señala, además, que casi el total de la energía eléctrica producida en Costa Rica proviene de fuentes renovables, pero esta representa solo una cuarta parte del consumo energético total. El país depende, aproximadamente en un 75 %, de la energía proveniente de combustibles fósiles (CGR, 2021).

El consumo de hidrocarburos se presenta como sigue: el sector de transporte consume principalmente diésel (42 %), gasolina súper (24 %), gasolina regular (22 %) y otros tipos



de combustible. Por su parte, el sector industrial, utiliza en un 21% fuel oil, gas LP (18 %) y diésel (14 %). En el caso del sector agropecuario, se emplea principalmente diésel, mientras que el comercio, los hogares y servicios consumen gas LP, más que todo (CGR, 2021).

El BCCR reporta que en el 2017 los productos energéticos de mayor consumo fueron los derivados fósiles y la energía eléctrica, su distribución por sector económico y hogares se presenta en la tabla 2. Se observa que estos últimos son los mayores consumidores de derivados del petróleo y electricidad; por consiguiente, son los mayores contribuyentes de las emisiones de CO₂. El BCCR también explica que el 27 % de las emisiones generadas por los hogares se asocian con el consumo de combustibles para el transporte privado (BCCR, 2017).

Tabla 2

Costa Rica: porcentaje del uso energético y emisiones de CO_{2e} por actividad económica y hogares

Actividad económica	Uso final energético		Emisiones de CO _{2e}
	Derivados fósiles	Electricidad	
A1. Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	9	3	7
A2. Manufacturas y minas	14	16	35
A3. Suministro de electricidad y agua	1	9	1
A4. Construcción	8	1	3
A5. Comercio	3	7	2
A6. Transporte y almacenamiento	18	1	13
A7. Servicios	9	25	8
Hogares	38	38	31
TOTAL	100	100	100

Fuente: elaboración propia, con datos del BCCR (2017).

De los datos anteriores se deriva que la actividad económica de transporte y almacenamiento es la principal consumidora de combustibles fósiles, mientras que los servicios son los que más gastan electricidad, en el año 2017. Sin embargo, los hogares muestran el mayor porcentaje en el consumo tanto de combustibles como de electricidad.

Además, el BCCR advierte que el 74 % de las emisiones totales generadas por el uso de productos energéticos corresponde al empleo de derivados fósiles (BCCR, 2017). Este importante dato permite identificar fácilmente el origen de ingresos tributarios y los sectores que contribuyen con la recaudación. Así, a través del pago del impuesto único a los combustibles por parte de las actividades económicas y de los hogares, para consumo propiamente dicho, es posible clasificar actividades productivas y consumidoras que crean recaudación con las emisiones de GEI que generan.

En la tabla 3, se presentan algunos datos acerca de la recaudación de ingresos provenientes del impuesto a los combustibles y la cantidad de barriles de combustible vendidos para lograr este cobro. Importa destacar que el impuesto representa, para el año 2021, aproximadamente el 61 % de otros ingresos tributarios del país y el 8 % de los ingresos tributarios totales, lo que evidencia el gran peso relativo que tiene para las finanzas públicas.

Tabla 3

Costa Rica: recaudación del impuesto único a los combustibles en millones de dólares y venta de combustibles en millones de barriles y dólares, 2015-2020

Concepto	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Recaudación	856	868	899	897	940	746
Venta de combustibles (millones de barriles)	19	21	21	21	22	18
Venta de combustible (miles de millones de dólares)	2,32	2,16	2,46	2,82	2,70	1,90

Fuente: elaboración propia, con datos del Ministerio de Hacienda (2021) y RECOPE (2021).

Estos datos muestran la tendencia creciente del consumo de combustibles fósiles en el país, que no se observa únicamente en el 2020, por motivos del confinamiento y la imposibilidad de circular, como medidas para mitigar los contagios del COVID-19.

A lo anterior se debe agregar que el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) reporta que, para el 2015, Costa Rica contaba con una flota vehicular de 1 346 344, conformada por vehículos (61 %), camiones de carga (16 %), autobuses, motocicletas y otros con menor peso relativo. Entre el 2015 y el 2017, la flota vehicular creció aproximadamente un 29 %. Es de esperar que esa tendencia al crecimiento continúe y así su consiguiente incremento en las emisiones de GEI.

Al respecto el BCCR, reporta:

Para el periodo 2011-2017, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas por el uso de productos energéticos en las industrias y los hogares crecieron a una tasa media anual del 0,5%. Propiamente para el 2017, las emisiones de CO₂ aumentaron en 1,3% respecto al 2016. El producto energético que mayor aporte porcentual tuvo en este aumento fue la gasolina súper (1,4 puntos porcentuales), el cual se asocia con un aumento del 5,5% de automóviles en el parque vehicular durante el 2017 (BCCR, 2020).

3. Del MIP utilizado

La metodología empleada para la elaboración de los indicadores fiscales-ambientales es el Modelo de Insumo Producto (MIP) del economista Wassily Leontief, con extensión

ambiental. El MIP es un conjunto de matrices que muestran un equilibrio entre la oferta y utilización de bienes y servicios denominados de manera general como productos (Schuschny, 2005). Estas matrices se componen, primordialmente, de 3 partes. La primera la conforman las demandas intermedias en las que se detalla el proceso de producción y los encadenamientos entre los distintos productos. La segunda parte la constituye la demanda final y, por último, aparece la utilización total, representante de la producción y oferta de cada producto. A esto se le pueden incluir diversas variables de forma vectorial, con capacidad para cuantificar el producto, el valor agregado, el empleo, la recaudación, entre otras.

El MIP con extensión ambiental permite incorporar variables de cuantificación física en las matrices insumo producto, así como se hace con las variables monetarias. Entre estas variables físicas es posible mencionar el consumo de energía (en toneladas de carbón, barriles de petróleo, kilowatts) y las emisiones de GEI o de cualquier tipo de contaminantes, con el objetivo de contabilizar variables referentes al ambiente y la energía.

Miller y Blair (2009) plantean que los modelos insumo producto ambientales pueden clasificarse en 3 tipos. El primero corresponde a los modelos insumo producto generalizados, los cuales incorporan en la matriz un vector referente a la cuantificación de una variable ambiental. El segundo se conoce como el modelo económico-ecológico, el cual incluye ecosistemas de la misma manera que se contemplan los sectores económicos, es decir, se muestran las demandas intermedias que los ecosistemas demandan de los sectores productivos y viceversa. Por último, en tercer lugar, se ubican los modelos de insumos por industria, compuestos únicamente de factores ambientales; dichos insumos enmarcan las demandas intermedias entre productos, la demanda final y la utilización total de los factores ambientales.

En consecuencia, es posible que en un modelo de insumo por industria se realice la cuantificación mediante bienes físicos encontrados en la naturaleza, como agua, madera, suelo, carbón, petróleo, gas, entre otros.

Para efectos de esta investigación se utiliza el modelo de insumo producto generalizado, con datos del MIP año base 2017, elaborado por el Banco Central de Costa Rica (BCCR), compuesto por 184 productos (bienes y servicios), agrupados en 8 sectores productivos, para facilitar el análisis. Estos son: 1) agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; 2) manufacturas y minas; 3) suministro de electricidad y agua; 4) construcción; 5) comercio; 6) transporte y almacenamiento; 7) servicios; y 8) hogares (servicios domésticos).

Las variables utilizadas para completar el modelo planteado son: emisiones totales por cada sector (E); emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles y, por tanto, pagan impuesto a los combustibles (Er); cantidad de personas empleadas por sector (L); Recaudación del Impuesto Único a los Combustibles (R); y Valor Agregado (VA).

Para el diseño del MIP ampliado, se introducen las variables monetarias convencionales y se agregan las variables ambientales, empleo y recaudación, antes descritas. La sección monetaria de la matriz calculada para los sectores productivos se compone de 3 partes.

Una la constituyen las demandas intermedias que representan los encadenamientos productivos medidos por las compras realizadas por los ocho sectores productivos entre sí. La segunda parte corresponde a las demandas finales de los hogares y a la demanda final de la economía. La última parte remite a la utilización total, es decir, a la producción.

Las demandas intermedias están determinadas para este modelo, por una matriz cuadrada de 8 x 8 y sus valores se identifican con la letra “Z”. Las filas se denotan con la letra “i” y estas filas son los sectores vendedores. Las columnas se muestran con la letra “j” y esto representa a los sectores compradores. Las demandas intermedias se presentan de la siguiente manera: Z_{ij} , donde la demanda intermedia de cada sector viene dada por la sumatoria de las demandas intermedias que los sectores compradores emiten sobre los sectores vendedores, de la siguiente forma:

$$\sum_{j=1}^n Z_{ij} \quad (1)$$

La demanda final está compuesta por la sumatoria de demandas finales correspondientes al consumo de hogares, gobierno, inversión, exportaciones e importaciones, pero el país solo cuenta con la cuantificación de emisiones de CO₂ para los hogares, entonces, se trabaja con el supuesto de que las emisiones provenientes del consumo final de los hogares son iguales a las de la demanda final. La demanda final se compone de un vector columna y se representa mediante f_i , donde cada valor del vector representa la demanda final que demandan los componentes del consumo sobre los sectores vendedores.

Por último, la producción (utilización total) viene dada por un vector columna, representado por la letra X, donde la producción de cada sector vendedor es X_i . La producción de cada sector i se estima mediante la siguiente fórmula:

$$X_i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} + f_i \quad (2)$$

La estimación del nivel de producción total está dada por la siguiente notación matricial:

$$X \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_8 \end{bmatrix} = Z \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{18} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{81} & \cdots & Z_{88} \end{bmatrix} + f \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_8 \end{bmatrix} \quad (3)$$

El MIP por producto del 2017 calculado por el BCCR incluye una serie de vectores fila en la parte inferior de la matriz, con variables que no son agregadas en la matriz sectorial construida para efectos de este estudio, a excepción de las variables “cantidad de personas empleadas” y “valor agregado”, que sí están consideradas. A continuación, se escribe la expresión de dichos vectores para cada variable, los cuales, posterior a que se representen juntos, lo harán basados en la expresión X_v .

Para la variable de emisiones totales se tiene el vector:

$$X_j^E = [X_1^E, \dots, X_8^E, X_f^E] \quad (4)$$

Como se puede notar, el último término lo comprende un nivel de emisiones correspondiente a la demanda final (las emisiones generadas por el consumo de los hogares).

Las emisiones provenientes de combustibles fósiles que crean recaudación por el impuesto único a los combustibles (E_r) son incluidas mediante el vector:

$$X_j^{Er} = [X_1^{Er}, \dots, X_8^{Er}, X_f^{Er}] \quad (5)$$

Igual que con la variable anterior, el vector incluye las emisiones de hidrocarburos generadas por la demanda final.

En el caso del vector de la “Cantidad de Personas Empleadas”, este no incluye un valor correspondiente a la demanda final debido a que los empleos se encuentran en los sectores productivos y no en el consumo final de los hogares; en estos, atañe a autoconsumo y el trabajo en el hogar es no remunerado, a excepción de los Servicios Domésticos (sector 8), los cuales ya contabilizan la cantidad de personas empleadas. Entonces, el vector de la cantidad de personas empleadas corresponde a:

$$X_j^L = [X_1^L, \dots, X_8^L] \quad (6)$$

Posteriormente, la variable fiscal referente a la recaudación por el Impuesto Único a los Combustibles (R) viene dada por el vector:

$$X_j^R = [X_1^R, \dots, X_8^R, X_f^R] \quad (7)$$

Al igual que en las primeras 2 variables, hay un nivel de recaudación proveniente de la demanda final, específicamente, del consumo de los hogares.

Por último, la variable de valor agregado (VA) viene dada por el vector:

$$X_j^{VA} = [X_1^{VA}, \dots, X_8^{VA}] \quad (8)$$

De esta manera, cada vector se agrega en el MIP sectorial, uniendo variables monetarias con variables medidas por kilogramos de CO_2 (E y Er), cantidad de personas empleadas (L), la variable referente a la recaudación (R) y la de valor agregado (VA), ambas de tipo monetaria.

Coefficientes técnicos intersectoriales (A)

La matriz de coeficientes técnicos intersectoriales, representada por la letra A , está compuesta por las tasas calculadas con la división de demandas intermedias entre niveles de producción. Estos coeficientes se identifican como a_{ij} y tienen la siguiente equivalencia:

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{X_j} \quad (9)$$

Además, despejando para X_j se obtiene que:

$$X_j = \frac{Z_{ij}}{a_{ij}} \quad (10)$$

Lo anterior se interpreta como la función de producción del sector j , dicha función de producción contempla un componente tecnológico a_{ij} asociado a la demanda intermedia Z_{ij} . Esto permite hacer análisis con la matriz insumo producto, incluso años después de su construcción, debido a que si, por ejemplo, se supone que en un lapso de 5 años, después de elaborada la matriz, el cambio tecnológico es nulo, entonces a_{ij} será un coeficiente constante que multiplica el nuevo monto de las demandas intermedias Z_{ij} .

Del mismo modo, al calcular esta matriz, se adjuntan coeficientes para los vectores de contaminación, empleo y recaudación. A estos coeficientes se les denomina coeficientes de impacto directo y se calculan tras dividir cada componente de los vectores mencionados entre la producción final asociada al sector productivo en análisis. Se denotan, por tanto, como:

$$D_x^v = \begin{matrix} D_1^E \dots D_8^E \\ D_1^{Er} \dots D_8^{Er} \\ D_1^L \dots D_8^L \\ D_1^R \dots D_8^R \\ D_1^{VA} \dots D_8^{VA} \end{matrix} \quad (11)$$

El objetivo del cálculo de los coeficientes técnicos es, principalmente, proporcionar el insumo necesario para el cálculo de la matriz inversa de Leontief, utilizada en conjunto con los coeficientes de impacto directo, para estimar niveles de contaminación, empleo y recaudación fiscal, en un nivel total de la economía. Después, es necesario crear una matriz identidad con la dimensión equivalente al número de sectores productivos. En este caso, es una matriz identidad. Finalmente, se calcula la inversa de dicha matriz y da como resultado la matriz inversa de Leontief que para este caso de estudio se denota como

$$(I_{8 \times 8} - A)^{-1}.$$

3.1 Estimación de variables

Para la estimación de las variables ambientales de Emisiones, Cantidad de Personas Empleadas y Recaudación fiscal se tiene:

$$X^v = [D^v L] f \quad (12)$$



Donde en términos matriciales es:

$$X^v \begin{bmatrix} X^{Er} \\ X^E \\ X^L \\ X^R \\ X^{VA} \end{bmatrix} = [D^v \begin{bmatrix} D^{Er} \\ D^E \\ D^L \\ D^R \\ D^{VA} \end{bmatrix} - (I_{8 \times 8} - A)^{-1}] \times f \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_8 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Luego, es necesario sumar el nivel de emisiones de los hogares y la recaudación fiscal que significa el consumo de combustibles. Esto se debe a que, por la naturaleza del modelo, solo se puede realizar el paso anterior con datos de los sectores productivos y la información meramente monetaria ubicada en la demanda final, debido a que los coeficientes de impacto directo son cuantificados únicamente mediante demandas intermedias y no a través del consumo final de hogares y la demanda final. De tal manera, es necesario suponer que el consumo final de los hogares permanece inalterado; las emisiones generadas por estos serán constantes. Por medio de ese ajuste, se posibilita obtener los niveles de emisiones totales para la economía, de emisiones totales causadas por hidrocarburos, de la recaudación total del impuesto y, por último, la cantidad de personas empleadas.

4. Resultados y análisis del MIP con extensión ambiental

En la tabla 4, se presenta el MIP convencional en unidades monetarias y sus demandas intermedias por sectores productivos representados con la letra A. Se muestran, además, las variables que convierten este modelo insumo producto convencional en un MIP con extensión ambiental, que corresponde a 4 filas con las variables: Emisiones Totales (E), emisiones por consumo de combustibles que crean recaudación (Er), Cantidad de Personas Empleadas (L) y Recaudación del Impuesto Único a los Combustibles (R) (todas representan sus valores asociados con cada sector productivo).

Tabla 4

Costa Rica: Matriz Insumo Producto 2017 con Extensión Ambiental en millones de dólares y miles de toneladas de CO₂

Sector	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Consumo hogar	Demanda final	Utilización total
A1	571	2094	0	0	1	-	158	-	497	2870	5695
A2	620	1756	62	1393	225	52	1430	-	5337	13 954	19 492
A3	78	332	194	30	181	26	599	-	965	1015	2454
A4	7	79	40	774	73	29	606	-	83	6040	7649
A5	291	1034	42	523	196	284	671	-	4853	6157	9198
A6	253	452	12	73	382	564	265	-	1977	2927	4928
A7	214	1267	423	783	1841	654	7866	-	16 314	33 693	46 742
A8	-	-	-	-	-	-	-	-	761	761	761
Valor Añadido	2827	7203	1561	2778	5759	2578	32 426	761	-	55 892	-
Utilización total	5695	19 492	2454	7649	9198	4928	46 742	-	-	-	96 918
E	682	3524	138	291	221	1350	768	-	3180	6974	6 973 782
Er	657	1167	70	291	221	1350	637	-	2720	4393	4 392 508
L	223 331	234 209	29 280	136 456	461 104	98 100	915 622	158 810	-	2 098 102	-
R	83	147	9	37	28	171	81	0	344	899	0

Fuente: elaboración propia, con datos del Banco Central de Costa Rica (2017) y el Ministerio de Hacienda (2017).

Con base en los datos presentados en la tabla 4 y para profundizar en el análisis, en la figura 1 se observa que los sectores con mayor aporte de emisiones de CO₂ son Manufactura y minas, seguido de Hogares y Transporte y Almacenamiento. Cabe destacar que el sector manufacturero y de transportes absorben poca mano de obra, por lo que son actividades contaminantes que además generan poco empleo. En contraste, el sector Servicios contribuye con una importante cantidad de empleos y sus actividades generan menos emisiones que los otros sectores mencionados.

Destaca, igualmente, el comercio, que presenta un comportamiento inverso en comparación con los otros sectores, pues contribuye más con la generación de empleos que con la generación de CO₂.

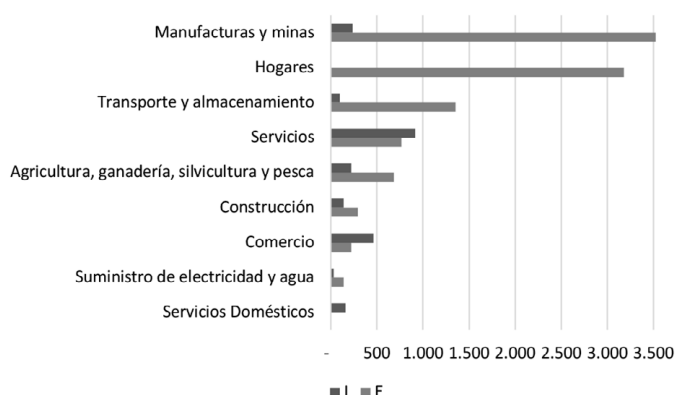


Figura 1. Costa Rica: comparación de emisiones totales (E) y cantidad de personas empleadas (L) de los sectores productivos y hogares. Emisiones medidas en miles de toneladas de CO₂.

Fuente: elaboración propia, con datos del MIP con extensión ambiental (2017).

Al revisar las emisiones que se generan a partir del consumo de combustibles, que pagan impuestos (a los combustibles Er), se observa, en la figura 2, que los hogares superan por mucho al resto de sectores de la economía; aportan más de 2700 millones de toneladas de dióxido de carbono. En consecuencia, estos conforman el segmento económico que más contribuye con las emisiones de dióxido de carbono creadoras de recaudación de ingresos, a través del impuesto a los combustibles.

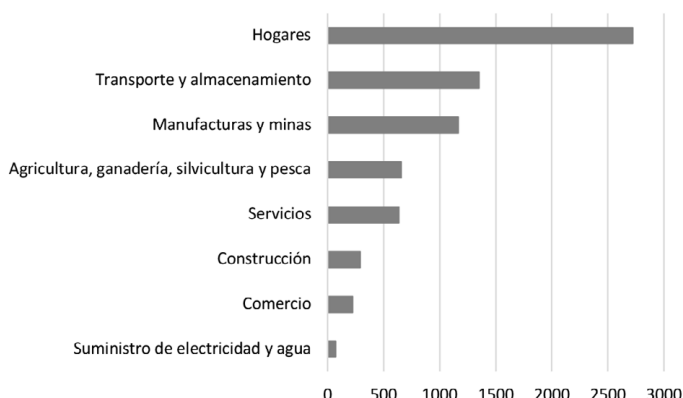


Figura 2. Costa Rica: Generación de emisiones de los sectores productivos y de los Hogares que crean recaudación (Er), en miles de toneladas de CO₂

Fuente: elaboración propia, con datos del MIP con extensión ambiental (2017).

Sigue, en contribución con emisiones que originan recaudación, el sector de transporte y almacenamiento, con más de 1,3 millones de toneladas de CO₂, mientras que la rama de manufacturas y minas ocupa el tercer lugar, con poco más de 1,1 toneladas.

Analizando el valor añadido por sector productivo y las emisiones generadoras de recaudación, en la figura 3 se observan resultados interesantes. Por ejemplo, A1 (agricultura, ganadería, silvicultura y pesca), comparativamente, contribuye poco con el valor agregado, pero, con las emisiones que gestan recaudación, lo hace por encima del valor promedio. Por su parte, A7 (servicios), aporta de manera importante al valor añadido e igual es fuente de emisiones recaudatorias, con el valor promedio sectorial. Estos resultados podrían interpretarse como que el país tiene actividades productivas, las cuales aportan grandemente a la economía y a la generación de riqueza, sin hacerlo al mismo tiempo, con emisiones de CO₂ más allá del promedio sectorial, a través del consumo de combustibles fósiles. También, se presenta lo contrario, actividades productivas que merecen revisión y análisis, para identificar fuentes de energías alternativas que reduzcan su contribución al calentamiento global y mejoren tanto su desempeño económico como su eficiencia productiva, como A1, A2 y A6.

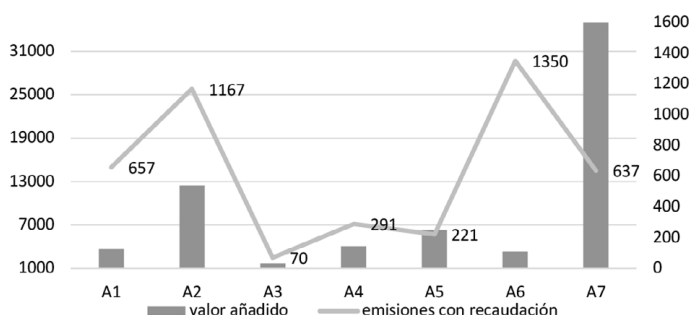


Figura 3. Costa Rica: Valor añadido y emisiones que crean recaudación por sector productivo, en millones de dólares y miles de toneladas de CO₂

Fuente: elaboración propia, con datos del MIP con extensión ambiental (2017).

En relación con el número de personas empleadas en los diferentes sectores y la cantidad de emisiones que generan recaudación, se observa, en la figura 4, que el sector servicios también es el mayor generador de empleos con emisiones recaudatorias de aproximadamente 635 millones de dólares. Esa misma cantidad aproximadamente genera el sector agrícola, pero con muchos menos empleos.

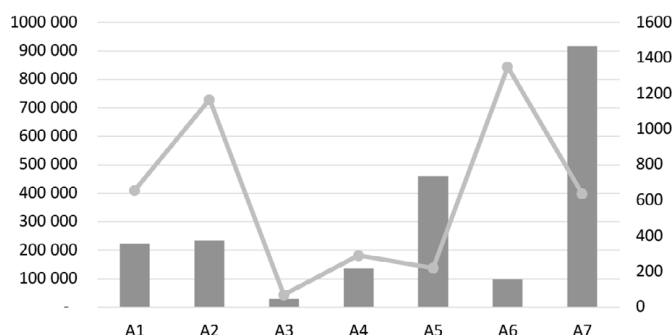


Figura 4. Costa Rica: número de personas empleadas (miles) y emisiones que crean recaudación por sector productivo (millones de dólares)

Fuente: elaboración propia, con datos del MIP con extensión ambiental (2017).

Se debe destacar, además, el papel de sector Manufacturas y minas el cual, con alrededor de la misma cantidad de personas empleadas en todo el sector primario, genera casi el doble de recaudación, a través del consumo de combustibles fósiles.

Se observa además en esta comparación que el sector A5 (Comercio), con poco más de 460 000 empleos (casi el doble que el sector primario) aporta poco más de 220 millones de dólares por concepto de recaudación, por el pago del impuesto a los combustibles.

5. Indicadores fiscales-ambientales

Los indicadores fiscales-ambientales y de empleo se calculan en 2 etapas. La primera ocurre en cada sector productivo, se utilizan los datos ubicados en la matriz insumo producto inicial (sin desarrollar todo el modelo insumo producto). La segunda corresponde al cálculo de indicadores para toda la economía, donde se desarrolla el modelo insumo producto (MIP) completo.

Como puede observarse en la tabla 5, se crean 7 combinaciones de las variables referentes a las externalidades generadas por las emisiones, la recaudación, el valor añadido y el empleo. Dada la combinación entre elementos monetarios, físicos y cantidad de empleos, se tiene, que para el caso del primer indicador que compara las emisiones que crean recaudación entre las emisiones totales, ambas variables poseen como unidad de medida la tonelada de dióxido de carbono (Ton CO₂). Por lo tanto, este indicador es una tasa que cuantifica el porcentaje del total de emisiones que corresponde a emisiones producidas únicamente por derivados del petróleo que recaudan ingresos fiscales.

El segundo indicador mide la relación entre la recaudación fiscal proveniente del impuesto a los combustibles respecto a las emisiones que estos mismos combustibles crean; sus resultados pueden ser interpretados de 2 formas. Por cada kilogramo de dióxido de carbono, se recauda cierta cantidad de colones, o bien, para recaudar esa cantidad de colones mediante el impuesto a los combustibles, el sector j o la economía necesitan emitir al ambiente un kilogramo de CO₂.

Tabla 5

Costa Rica: indicadores para la relación fiscal, ambiental y de trabajo del MIP con extensión ambiental

Indicador	Abreviatura	Unidades de medida involucradas	Interpretación
Emisiones que crean recaudación entre emisiones totales	Índice Er/E	(Tasa de comparación entre toneladas de CO ₂)	Porcentaje de las emisiones producto de recaudación respecto al total de emisiones
Recaudación entre la cantidad de emisiones que crean	Índice R/Er	Dólar / tonelada de CO ₂	Dólar recaudado por cada tonelada de CO ₂
Recaudación entre la cantidad de personas empleadas	Índice R/L	Dólar / puesto de trabajo	Dólar recaudado por puesto de trabajo
Emisiones totales entre cantidad de personas empleadas	Índice E/L	Ton de CO ₂ / puestos de trabajo	Tonelada de CO ₂ por cada puesto de trabajo
Emisiones que crean recaudación entre cantidad de personas empleadas	Índice Er/L	Ton de CO ₂ que recaudan / puesto de trabajo	Cantidad de toneladas de CO ₂ por cada puesto de trabajo

Indicador	Abreviatura	Unidades de medida involucradas	Interpretación
Valor agregado entre recaudación	Índice VA/R	Dólares	Dólares de valor agregado por cada dólar recaudado en impuesto a combustibles
Valor Agregado entre emisiones que crean recaudación	Índice VA/Er	Dólar / tonelada de CO ₂	Dólares de valor agregado por cada tonelada de CO ₂ que crea recaudación

Fuente: elaboración propia.

El tercer indicador mide la recaudación generada por cada puesto de trabajo, de tal manera que los resultados se interpretan como la cantidad de colones recaudados mediante el impuesto a los combustibles, por cada puesto de trabajo en la economía. Así, se establecen 2 indicadores que identifican una relación entre una variable fiscal con una externalidad (emisiones de CO₂) y un beneficio social (personas empleadas). De dicho modo, se apunta el nivel de dependencia fiscal hacia la contaminación; por otra parte, un aproximado de la cantidad de recaudación que un trabajador en Costa Rica puede generar mediante la utilización de combustibles, por parte del sector que lo emplea.

Mediante el cuarto y el quinto indicador, se estima una relación entre las variables de la externalidad contabilizada por medio de emisiones de CO₂, con respecto a la cantidad de personas empleadas. El resultado señala que, por cada puesto de empleo, se genera una cantidad de emisiones de CO₂ (tanto para las emisiones totales como para las provenientes de combustibles que pagan impuestos). Los indicadores sexto y séptimo tienen como propósito mostrar la relación entre el valor agregado por cada dólar recaudado gracias al impuesto único y el valor agregado por cada tonelada de CO₂ emitida por hidrocarburos que tributan. Los resultados de los indicadores descritos, en el nivel de los sectores productivos identificados, se presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Indicadores fiscales-ambientales y de cantidad de empleos por sector productivo y consumo de hogares

Indicador sector	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Índice Er/E	96 %	33 %	51 %	100 %	100 %	100 %	83 %
Índice R/Er	\$126	\$126	\$126	\$126	\$126	\$126	\$126
Índice R/L	\$372	\$630	\$303	\$269	\$61	\$1740	\$88
Índice E/L	3	15	5	2	5	14	1
Índice Er/L	3	5	2	2	5	14	1
Índice VA/R	\$34	\$49	\$176	\$76	\$206	\$15	\$403
Índice VA/Er	\$4	\$6	\$22	\$10	\$26	\$2	\$51

Fuente: elaboración propia.



Estos resultados muestran que, en el 2017, el 100 % de las emisiones de CO₂ de los sectores construcción, comercio, transporte y almacenamiento proviene de combustibles fósiles que crean recaudación fiscal.

Para el sector Agropecuario un 96 % de emisiones crean recaudación. Le siguen los hogares con el 86% de las emisiones generadas con el consumo de combustibles fósiles y el pago respectivo del impuesto a los combustibles. De los servicios, el 83 % de las emisiones originan recaudación; agua y electricidad, un 51% de sus emisiones. Manufacturas y Minas generan un 33%. La recaudación fiscal por cada tonelada de CO₂ es de \$126 para todos los sectores y el consumo final de los hogares.

Por su parte, los sectores productivos crean empleos para sus diferentes procesos y consumen combustible a la hora de realizarlos; como se ha observado, la creación de estos puestos de trabajo se ejecuta con una determinada cantidad de emisiones de CO₂. En este particular, cada operario de transporte y almacenamiento contribuye con \$1740 de recaudación fiscal. Mientras que los trabajadores que contribuyen con menor recaudación son los de Comercio (\$61 por trabajador) y servicios (\$88 por trabajador).

Respecto a los indicadores de emisiones de CO₂ y empleo, los puestos de trabajo de manufacturas y minas, así como los de transporte y almacenamiento son los que contribuyen mayoritariamente con emisiones. Este último genera 2.76 veces más emisiones provenientes de combustibles que recaudan ingresos fiscales por cada trabajador contratado. En cuanto a los demás sectores, el nivel de emisiones por trabajador es equivalente al nivel de recaudación por trabajador.

En cuanto a los indicadores referentes al valor agregado, los sectores de servicios, comercio y agua y electricidad son los que generan la mayor parte de aquel, por cada dólar que aportan a la recaudación de impuesto único a los combustibles, tal y como puede observarse en el indicador VA/R (tabla 6). Así mismo, estos sectores en el mismo orden aludido, son los que generan mayor valor agregado por cada tonelada de CO₂ emitida mediante el uso de combustibles que pagan el impuesto ya mencionado; esto se puede corroborar con el indicador VA/Er (tabla 6).

Los resultados de los indicadores a nivel total de la economía se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7

Costa Rica: resultado e interpretación de los indicadores fiscales-ambientales, de cantidad de empleo y valor agregado en el nivel de la economía

Indicador	Unidades de medida involucradas	Resultado	Interpretación
Índice de Er/E	(Tasa)	0,70	El 70 % de las emisiones se generan por combustibles que pagan el impuesto único anualmente.
Índice R/Er	Dólar / ton de CO ₂	\$126	Cada tonelada de CO ₂ equivale a \$126 recaudados por el IUC anualmente.

Indicador	Unidades de medida involucradas	Resultado	Interpretación
Índice R/L	Dólar / puesto de trabajo	\$398	Cada puesto de trabajo es capaz de contribuir con recaudar \$398 por el IUC anualmente.
Índice E/L	Tonelada de CO ₂ / puestos de trabajo	4,5	Por cada puesto de trabajo, se generan 4.5 toneladas de CO ₂ anualmente.
Índice Er/L	Tonelada de CO ₂ que recaudan / puesto de trabajo	3,2	Por cada puesto de trabajo se generan 3.2 toneladas de CO ₂ emitidas por hidrocarburos que recaudan el IUC anualmente
Índice VA/R	Dólares de Valor Agregado por cada dólar recaudado	\$62	En promedio, por cada \$62 de valor agregado, se recauda \$1 producto del IUC.
Índice VA/Er	Dólares de Valor Agregado por cada tonelada de CO ₂ que crea recaudación fiscal	\$7859	En promedio, por cada tonelada de CO ₂ producto de hidrocarburos que pagan impuesto a combustibles, se producen \$7859 de valor agregado a la economía.

Fuente: elaboración propia.

La tabla 7 muestra los indicadores macro en el escenario base, es decir, surgen directamente de la matriz insumo producto, ubicada en la tabla 4, a partir de los niveles de producción, empleo y contaminación, tal como se registraron en el 2017. Estos muestran que el 70 % de las emisiones en Costa Rica, para ese año, fue causado por hidrocarburos; también, que por cada tonelada de CO₂ se colectaban un aproximado de \$126. Además, cada puesto de trabajo, dicho de nuevo en un nivel macro, crea una recaudación de \$398, mediante el IUC.

Respecto a los indicadores de emisiones generadas por cantidad de personas empleadas muestran que, por cada puesto de trabajo, se generan 4.5 toneladas de CO₂ (emisiones totales) y respecto a generadas por hidrocarburos que recaudan impuestos, cada puesto de trabajo recaudaría 3.2 toneladas de CO₂. Por último, los indicadores que contemplan el valor agregado dejan ver que, en términos generales de la economía, por cada dólar recaudado mediante el IUC se generan \$62 de valor agregado en la economía. Posteriormente, al comparar el valor agregado con emisiones de CO₂, creadoras de recaudación por el impuesto aludido, se encuentra que por cada tonelada de este gas se generan \$7859 de valor agregado a la economía.

6. Conclusiones

Se logra implementar una aplicación del Modelo Insumo Producto con Extensión Ambiental capaz de estimar y evaluar escenarios en los que se modifica la producción en sectores claves, para reducir emisiones y analizar tanto sus consecuencias como sus resultados. Lo anterior, mediante indicadores que evalúan el estado de las finanzas

públicas, las emisiones de los sectores productivos y los puestos laborales generados a partir del consumo de combustibles fósiles.

El cálculo de los indicadores arroja datos que reflejan una gran dependencia tanto de la recaudación fiscal como de los puestos de trabajo hacia el consumo de hidrocarburos derivados del petróleo. Esto debe ser tomado en cuenta en las políticas energéticas de descarbonización, con el fin de compensar la recaudación fiscal y mantener los empleos, de la mano del acompañamiento y de la capacitación necesarios para conducir a los sectores productivos hacia procesos más ecoeficientes y generadores de valor agregado limpio.

Los resultados permiten, además, entender que los puestos de trabajo en Costa Rica igual contribuyen con la contaminación, dada la dependencia de los sectores productivos del consumo de combustibles fósiles. En esta línea, se hace necesario retomar y profundizar el análisis futuro del mercado laboral (oferta y demanda), para identificar estrategias pro-resiliencia de la fuerza laboral en el país, de acuerdo con el desarrollo que se desea construir.

De tal manera, se requiere que toda política pública fiscal-energética contemple acciones capaces de mantener y ampliar los puestos de trabajo generados en procesos productivos no contaminantes.

Los resultados obtenidos demuestran la urgente necesidad de llevar a cabo acciones de corto y largo plazo, para reorientar la transformación del cambio en el sector energético y, con ello, claramente contribuir con el logro de objetivos ambientales, los cuales, desde hace décadas, Costa Rica ha planteado y se han constituido en un reto tanto actual como futuro.

Se hace impostergable tomar acciones que propicien modificaciones en el tipo de energía utilizada por los sectores productivos. Estas medidas deben tener el claro propósito de contribuir en la mejora del bienestar de la sociedad costarricense.

Estas acciones implican la identificación de nuevos instrumentos fiscales para la captación de ingresos (tributarios y no tributarios), al mismo tiempo que se plantean mecanismos de gasto más eficientes y eficaces.

El modelo MIP con extensión ambiental presentado, así como los indicadores planteados pueden replicarse y ser utilizados en diferentes escenarios de análisis futuros. Desde luego, este modelo igual puede ser aprovechado en las próximas actualizaciones de la matriz insumo producto y estadísticas ambientales, tanto para Costa Rica como para cualquier otra nación.

Los indicadores alcanzados invitan al análisis más integral de lo que involucra implementar la estrategia de descarbonización económica costarricense. Se busca profundizar sobre las implicaciones y efectos en el mercado laboral; también, ahondar en la implementación de otras estrategias en el marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, como el modelo de economía circular y la bioeconomía.



7. Referencias

- BCCR. (2017). *Cuenta energía principales cifras 2017*. <https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/DocCuentaEnergia/Cuenta-energia-principales-cifras-2017.pdf>
- BCCR. (2017). *Matriz Insumo Producto 2017 Producto por Producto*. <https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/cuentas-nacionales-periodo-de-referencia-2017>
- BCCR. (2020). *Actualización de la Cuenta de Energía para el 2020*. https://www.bccr.fi.cr/comunicacion-y-prensa/Docs_Comunicados_Prensa/CP-BCCR-043-2020-Actualizacion_Cuenta_Energia_2017.pdf
- Blanco Salas, K., Chacón Araya, A., Jiménez Valverde, G., Sasa Marín, J. & Montenegro Ballesteros, J. (2015). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2015*. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2020/10/NIR-2015-InventarioGEI.pdf?x71265>
- Contraloría General de la República (CGR). (2021). *Desafíos de la transición energética desde la perspectiva de la hacienda pública*. https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2021/SIGYD_D/SIGYD_D_2021004980.pdf
- Miller, R. E. y Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis Foundations and Extensions*. (2° Ed.) Cambridge University Press.
- Ministerio de Hacienda (2021). *Cifras mensuales de ingresos y gastos*. <https://www.hacienda.go.cr/EstadisticasFiscales.html>
- Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). (2021). *Reporte de ventas anuales (barriles y M3)*. <https://www.recope.go.cr/productos/ventas/>
- Schuschny, A. R., United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean & División de Estadística y Proyecciones. (2005). *Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: Teoría y aplicaciones*. Naciones Unidas, CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas.

