

Matriz Energética de Costa Rica Renovabilidad de las fuentes y reversibilidad de los usos de energía

DIEGO ZÁRATE MONTERO/ REMIGIO RAMÍREZ GARCÍA
OCTUBRE DE 2016

- Costa Rica es un país destacado internacionalmente por utilizar fuentes de energía renovables para satisfacer casi la totalidad de su demanda interna de electricidad, sin embargo el consumo de productos derivados del petróleo ha representado alrededor del 60% de toda la energía consumida.
- La matriz energética reúne la información cuantitativa al respecto de toda la energía producida, transformada y consumida. Su análisis permite comprender la dinámica de los flujos energéticos relacionados con las principales actividades cotidianas de los seres humanos, lo cual es fundamental para orientar las políticas públicas del sector energético contribuyan a una transformación social y ecológica del país.
- La energía es un recurso estratégico ya que se relaciona con la producción y consumo de bienes y servicios, la generación de residuos y desechos y las emisiones de gases de efecto invernadero por lo que su abordaje requiere de enfoques integrales que consideren el metabolismo social integrado al ecosistema. Por eso se retoma un enfoque de la renovabilidad de las fuentes de energía y se propone el de la reversibilidad de los usos de la energía útil con el objetivo de avanzar hacia un paradigma circular de la economía que considere otros criterios de eficiencia energética.

Contenido

■ Primera parte: La matriz energética en Costa Rica 2015.....	5
La energía.....	5
La oferta primaria interna de energía.....	5
La oferta de energía secundaria.....	6
El consumo de energía en Costa Rica.....	8
El sector transporte y el consumo de hidrocarburos.....	8
El sector transporte: riesgos económicos y ambientales.....	9
El consumo de energía en el sector industrial.....	11
El consumo de energía en el sector residencial.....	12
El Balance Energético Nacional 2015.....	13
La eficiencia energética en Costa Rica.....	15
■ Segunda parte: Un enfoque estratégico para la política de energía.....	15
Economía circular: un enfoque para la transformación social y ecológica.....	15
La renovabilidad de las fuentes de energía en Costa Rica.....	17
La tasa de renovabilidad energética en Costa Rica.....	18
La reversibilidad de los usos de la energía como enfoque estratégico.....	19
La información disponible para la construcción del índice de reversibilidad de los usos de la energía útil en Costa Rica.....	20
Índice de reversibilidad en la matriz energética de Costa Rica 2005-2015.....	21
Las tasas de reversibilidad energética en Costa Rica 2005-2015.....	22
La renovabilidad de las fuentes y la reversibilidad de los usos de la energía.....	23
■ Conclusiones: energía, crecimiento económico y ambiente.....	24
■ Bibliografía.....	25



Primera parte: La matriz energética en Costa Rica 2015

La energía

La matriz energética son el conjunto de relaciones cuantitativas que caracterizan la producción, transferencia y consumo de energía en un territorio (global, nacional, regional, local) en un periodo determinado.

La energía es la capacidad de un cuerpo para producir trabajo¹ en forma de movimiento, por ejemplo, la cantidad de fuerza que se ocupa para desplazar por un metro a un kilogramo de masa. En el sistema internacional la energía se mide en Julios (o Joules) y es fácilmente convertible a otras unidades más comunes en la vida cotidiana. Por ejemplo los watts (o vatios) son julios entre segundo (J/s) y pueden usarse para medir la potencia eléctrica: los bombillos caseros suelen ser de 50, 75 o 100 watts y por consiguiente consumen 50, 75 o 100 julios cada segundo que están encendidos.

Para el análisis de las matrices energéticas se suelen utilizar múltiplos del julio como el Terajulio (10^{12} J). En este análisis se utilizará el Terajulio con el objetivo de mantener la comparabilidad con los datos que utiliza la Dirección Sectorial de Energía (DSE) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) en sus balances.

La energía es un recurso natural originado en los sistemas que producen cuerpos con la capacidad de producir trabajo y sus fuentes son aquellos factores bióticos o abióticos que generan cuerpos con energía disponible para el aprovechamiento humano, tales como el sol, el viento, la flora, elementos químicos, etc.

Además, mediante diversos procesos físicos y químicos es posible transformar la energía a formas directamente aprovechables por los seres humanos. Por ejemplo, las energías hidráulica, eólica, geotérmica, solar, etc. pueden ser convertidas a electricidad.

El análisis de la matriz energética de un país, región

o territorio, considera de dónde proviene la energía, es decir, las fuentes según magnitud, y cómo se consume esa energía según actividad, esto es, los usos que se da a esa energía según magnitud.

La oferta primaria interna de energía

La energía primaria es aquella que se extrae directamente de la naturaleza en una forma útil para el consumo humano. En el caso de Costa Rica incluye biomasa (leña, residuos vegetales como bagazo, cascarilla de café y otros) en un 25%, geotermia en un 43%, hidroenergía con 28%, y las energías eólica, solar y biogás en un 4% de todos los terajulios aprovechables.

Como se muestra en el gráfico 1, en Costa Rica no se dispone de petróleo ni sus derivados y eso caracteriza el hecho de que la infraestructura para la explotación de la energía esté orientada a la producción y distribución de energía eléctrica y al almacenamiento, procesamiento y distribución del petróleo y sus derivados.

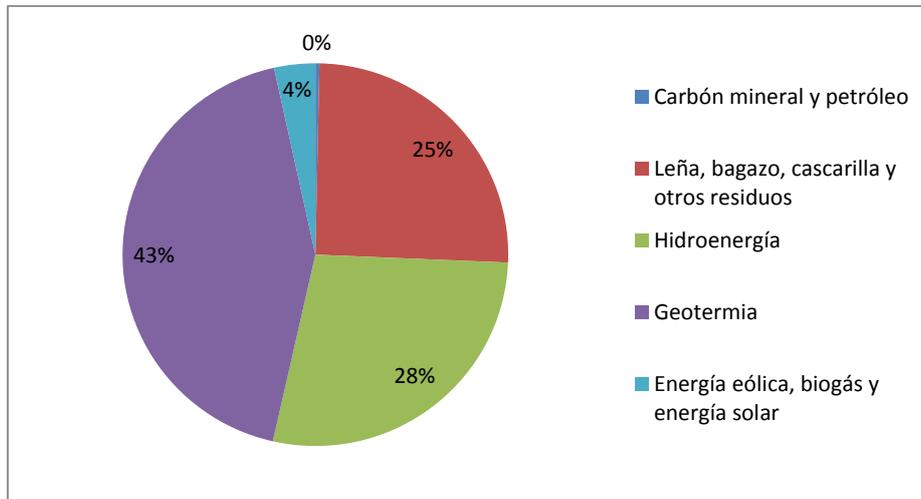
Esta oferta primaria interna correspondió a una producción de 130693 terajulios, y aunque el 13% no fueron aprovechados, todos provinieron de fuentes renovables de energía.

La geotermia, que constituye el 43% de toda la oferta primaria interna con un total de 62097 terajulios producidos, presenta el más alto porcentaje de energía no aprovechada con un 21,65%, seguido de un 11% en la hidráulica.

¹ El trabajo es el primer punto de encuentro entre el análisis de la matriz energética y la economía. Para una gran variedad de ilustres economistas, desde Smith hasta Marx, el trabajo es la fuente de valor.



Gráfico 1: Costa Rica: oferta primaria interna de energía, 2015. En porcentaje.



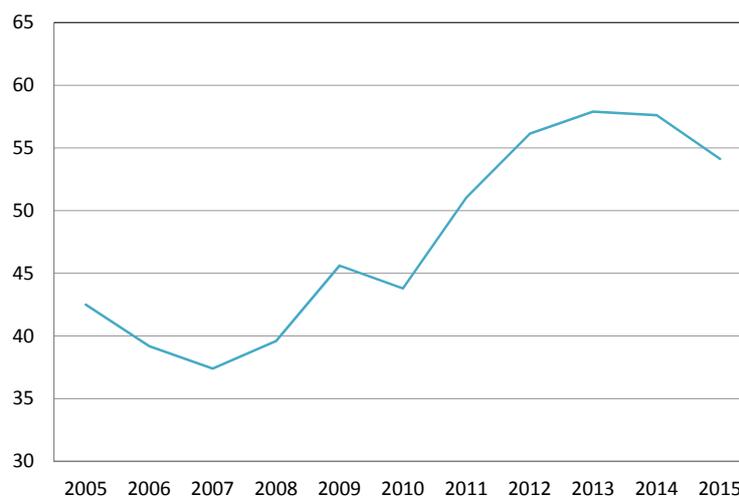
Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

La oferta de energía secundaria

La energía primaria aún debe ser transformada para el aprovechamiento cotidiano de los seres humanos. En el caso de Costa Rica es transformada en energía eléctrica lo cual implica que se consuma una gran parte de todos estos terajulios en producirla.

Como muestra el gráfico 2, en el periodo 2005-2015 entre el 40% y 55% de la energía primaria fue transformada en electricidad. Por ejemplo en el 2015 de los 85600 terajulios que ingresaron en las centrales de transformación se obtuvieron 38922 terajulios, es decir, se produjo un equivalente de energía en electricidad de 45% del total que se ingresó a las centrales de transformación.

Gráfico 2: Porcentaje de energía primaria transformada en eléctrica Costa Rica, 2005-2015



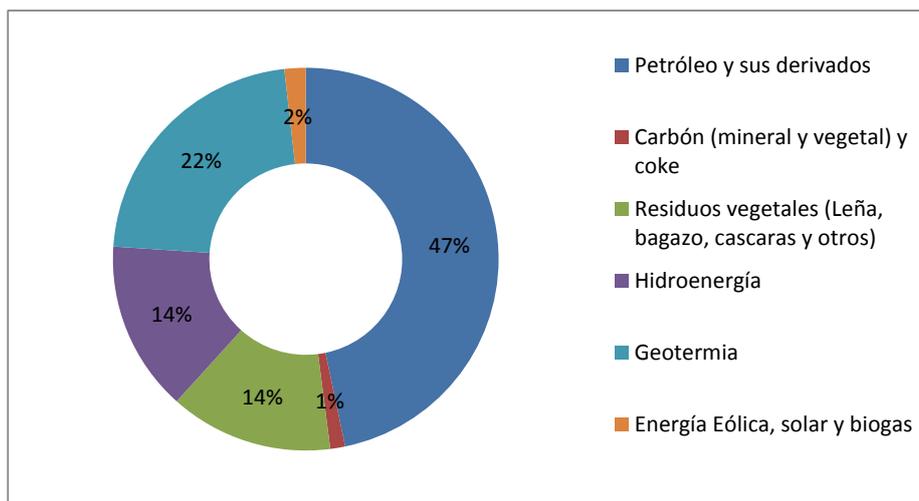
Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)



Aún así, debido a la capacidad instalada y el potencial eléctrico para el aprovechamiento de esta oferta primaria interna, el país ha sido noticia porque ha generado durante meses consecutivos toda su energía eléctrica de fuentes renovables (2015: ICE)

La oferta secundaria de energía incluye la energía que ha sido transformada para poder ser consumida directamente en la vida cotidiana, y por consiguiente incluye en el caso de Costa Rica principalmente productos derivados del petróleo (73%), electricidad y alcohol (27%).

Gráfico 3. Costa Rica Fuentes de energía en 2015. En porcentajes

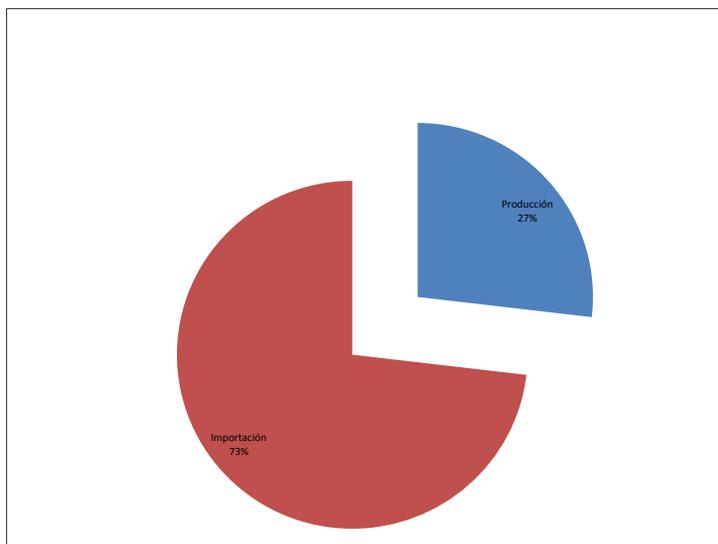


Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

Sin embargo, la principal fuente de energía en Costa Rica en el 2015, considerando la oferta primaria interna y la importación, fueron los derivados del petróleo con un 47%, que incluyen las gasolinas regular y súper, el diésel y el gas licuado de petróleo como sus principales componentes.

De esta manera, la oferta primaria interna en Costa Rica se caracteriza por ser extraída de fuentes renovables, pero la oferta secundaria de energía proviene en más del 70% de fuentes no renovables, principalmente derivados del petróleo, obtenidos mediante su importación.

Gráfico 4. Costa Rica: Oferta secundaria interna de energía en 2015. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)



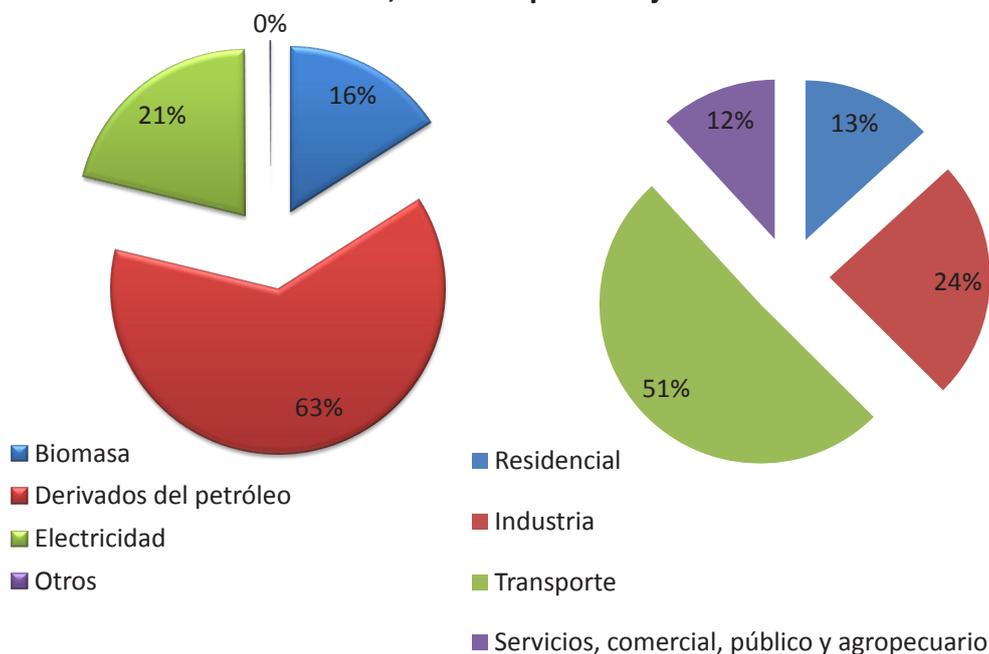
El consumo de energía en Costa Rica

El consumo total de energía en Costa Rica en el 2015 ascendió a 160181 terajulios, de los cuales el 16% se consumió bajo la forma de biomasa, el 21% bajo la forma de electricidad y el 63% bajo la forma de un derivado del petróleo. Como se muestra en

el gráfico 5 el sector transporte consumió más del 50% de toda la energía.

De esta manera, la matriz energética se caracteriza porque su principal fuente de energía son los productos derivados del petróleo y su principal uso es el sector transporte.

Gráfico 5. Costa Rica: Consumo total de energía según fuente y según sector, 2015 En porcentajes



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

El sector transporte y el consumo de hidrocarburos

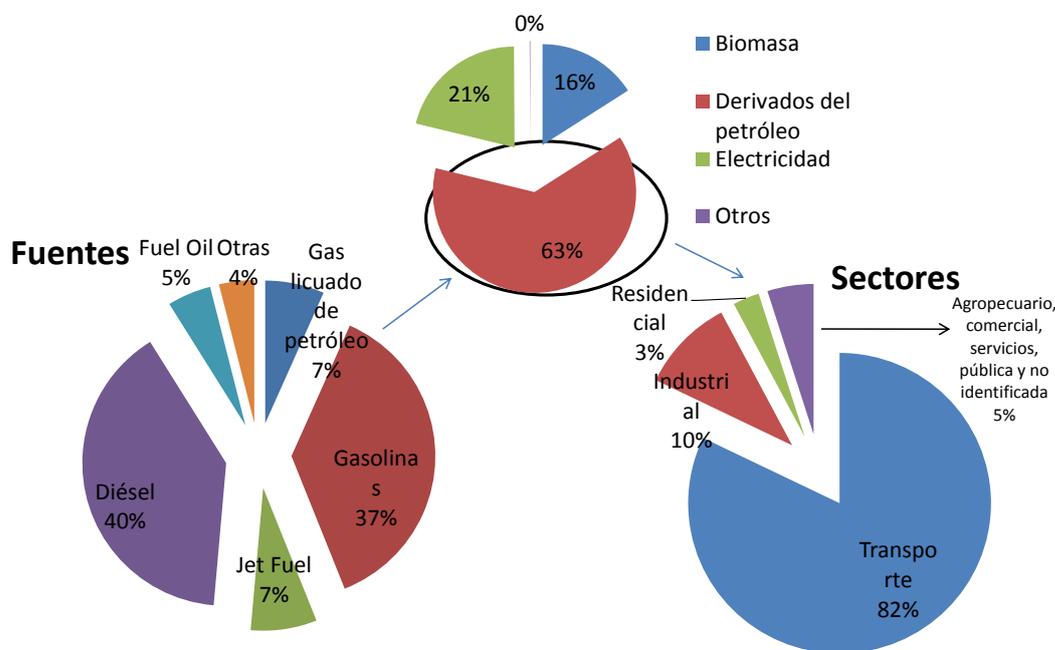
Al analizar el uso de los diferentes hidrocarburos según los sectores consumidores se hace visible que el sector transporte consume más del 80% de toda la energía proveniente de los derivados del petróleo, de los cuáles la gasolina y el diésel son los más consumidos.

Este consumo de hidrocarburos también corresponde con un congestionamiento vial de las principales vías de la Gran Área Metropolitana (GAM), explicado en parte por un estancamiento en la inversión en infraestructura, y en parte por un crecimiento

exponencial de la flota vehicular, la cual se duplicó en el periodo 2000-2014, con la característica de que la edad promedio de la flota vehicular al 2014 fue de 15 años, motivos que contribuyeron a que en el VIII Plan Nacional de Energía 2015-2050 se reconozca que en la población costarricense el concepto de eficiencia energética en el consumo de hidrocarburos no esté arraigado (PNUD, 2015: 98).



Gráfico 6. Costa Rica: Consumo total de energía proveniente de derivados de petróleo en 2015 según fuente y sector. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

El sector transporte: riesgos económicos y ambientales

Este uso intensivo de productos derivados del petróleo está estrechamente relacionado con dos problemáticas ineludibles para las políticas sectoriales y públicas en Costa Rica.

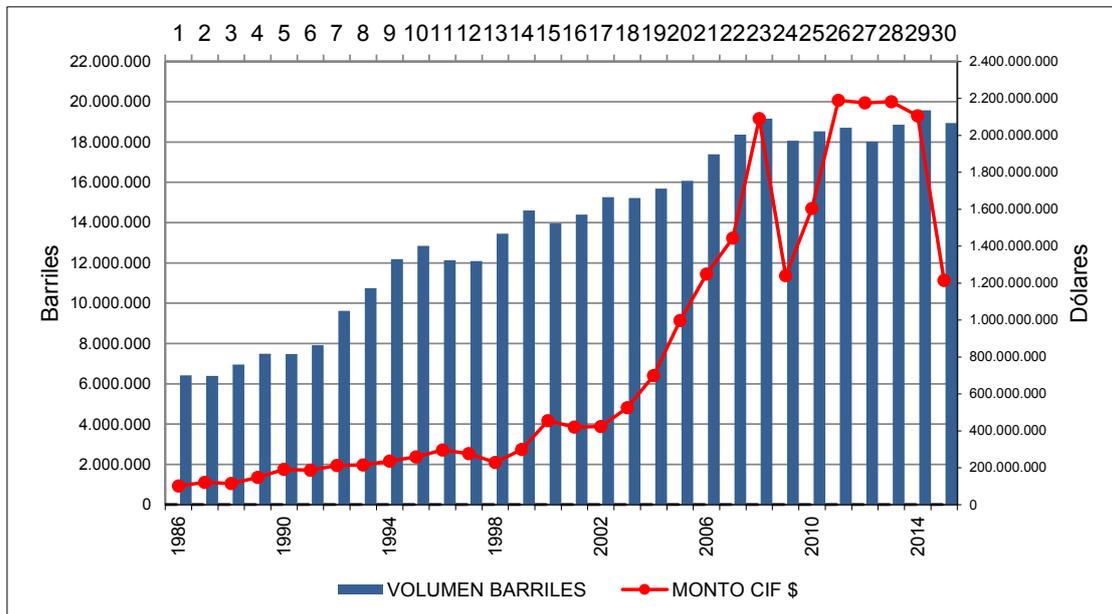
En primer lugar, el patrón de consumo de derivados del petróleo puede constituir una amenaza para la estabilidad del tipo de cambio en la medida que implica una factura petrolera que durante el periodo 2000-2015 fue en promedio el 4,18% del PIB. Como puede verse en el gráfico 7, la cantidad total importada de barriles de productos derivados del petróleo presentó un crecimiento estable entre 1986 y el 2006, sin embargo a partir de la crisis financiera internacional de 2008-2009 se acentúan un comportamiento más volátil relacionado con fuertes oscilaciones en los costos internacionales de estos productos y una ralentización de la actividad económica de los principales socios comerciales de Costa Rica.

En el 2015 la cantidad total de barriles importados disminuyó un 3,2% mientras que el costo total de importarlos disminuyó un 42,3%, lo cual se explica porque el costo del barril pasó de 107,58 dólares en promedio durante el 2014 a 67,47 dólares en promedio en durante el 2015. Así, que el consumo de productos derivados del petróleo y la volatilidad de los precios internacionales representa una amenaza para la política cambiaria de Costa Rica vinculada directamente con el sector energía del país.

En segundo lugar, este comportamiento al respecto del consumo de hidrocarburos en el sector transporte representa un problema para el cumplimiento de los compromisos internacionales, como la COP21, sobre la reducción de emisiones gases de efecto invernadero debido a que el sector transporte es el más grande emisor y presenta una tendencia creciente impulsada por la dinámica explosiva en el crecimiento del parque automotor. Esto, además, implica una amenaza significativa para las aspiraciones nacionales de un desarrollo sostenible y sustentable.



Gráfico 7. Costa Rica: importaciones anuales de hidrocarburos 1986-2015.
En barriles y en dólares (monto CIF)

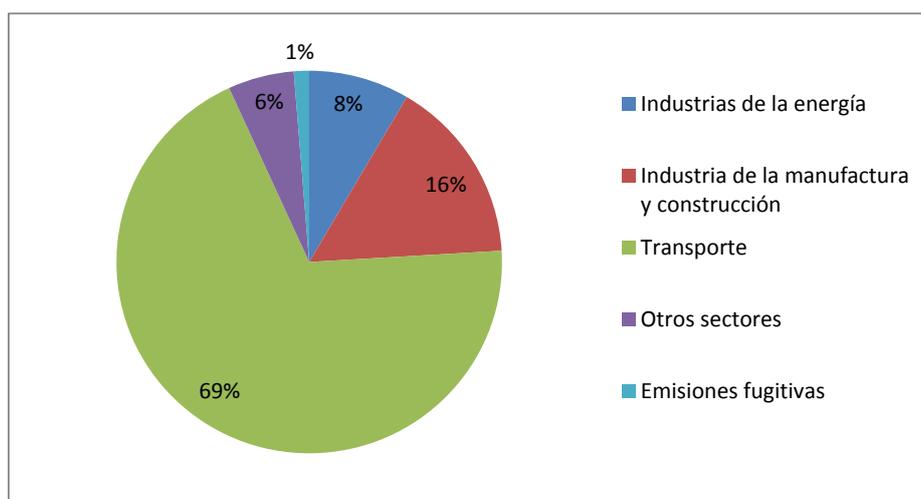


Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

Finalmente, es indispensable poner en perspectiva el hecho que, dada la capacidad instalada de generación de electricidad a partir de energías renovables, es técnicamente inviable una sustitución significativa de la flota vehicular actual por automóviles eléctricos en el corto y mediano plazo, aunque tam-

bién debe reconocerse la urgencia de plantear una estrategia para el desarrollo de infraestructura de recarga, la normativa técnica e incentivos para fomentar la incorporación de vehículos eléctricos, como plantea plazo las acciones orientadas en el Plan Nacional de Energía 2015-2030 (PNUD, 2015: 113)

Gráfico 8 Costa Rica: Emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) en el sector energético en 2012. En porcentajes

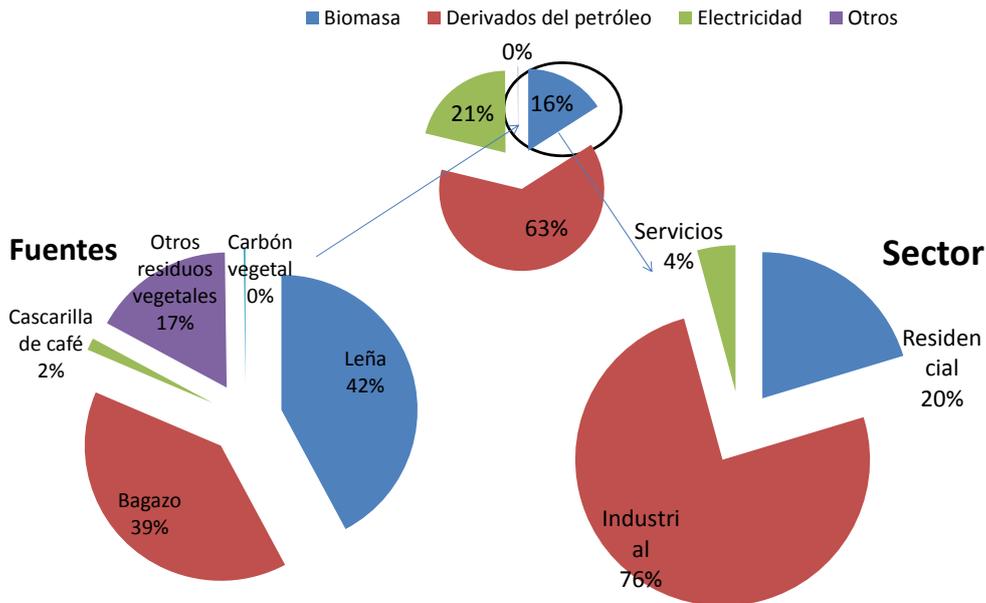


Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)



El consumo de energía en el sector industrial

Gráfico 9 Costa Rica: Consumo de biomasa según sector y según fuente. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

El comportamiento del consumo en el sector industrial presenta un uso considerable de biomasa como fuente ya que el 76% de toda la biomasa disponible en el país es consumida por este sector, aunque la misma solo represente un 16% del total de la energía consumida.

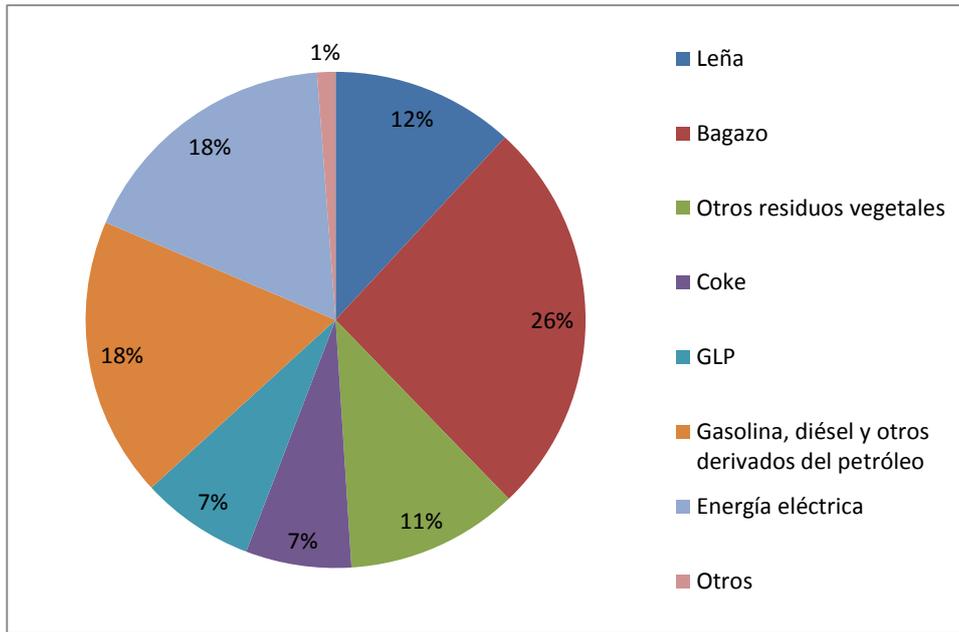
La leña, el bagazo y otros residuos vegetales representan un 49% de la energía consumida por el sector industrial. Esto plantea una característica sin-

gular del enfoque que se presentará en la 2da parte de este documento: la circularidad en el circuito de producción-consumo de energía mediante la reutilización de los residuos de la actividad económica como fuente de energía.

La energía eléctrica representa un 18% del total de energía consumida en el sector industrial, lo que abre el debate sobre la importancia del costo de la tarifa



Gráfico 10 Costa Rica: El consumo de energía en la industria en el 2015. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

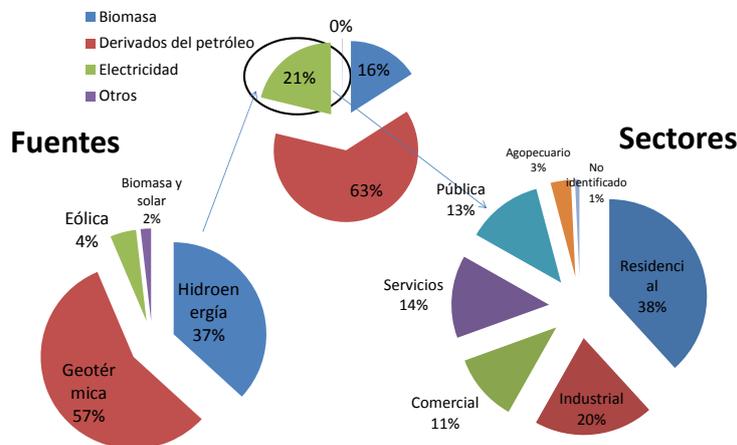
eléctrica para la competitividad del sector industrial.

El consumo de energía en el sector residencial

El sector residencial es el principal consumidor de energía eléctrica en Costa Rica con un 38% del total en el 2015. Destaca además que sectores como los servicios y el público son importantes consumidores de electricidad como muestra el gráfico 11.

El uso de gas licuado de petróleo ha presentado una tendencia creciente en Costa Rica, lo cual se relaciona un efecto sustitución con la electricidad, ya que como observa la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), a nivel centroamericano los costos de electricidad en Costa Rica han sido históricamente menores, por lo cual fue utilizada mayoritariamente para la calefacción y cocción de alimentos, sin embargo debido al incremento reportado en los últimos años en el costo las familias

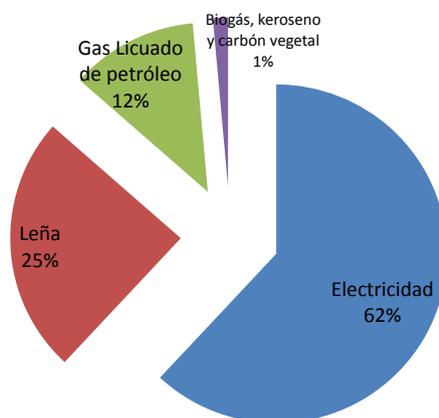
Gráfico 11 Costa Rica: consumo de energía eléctrica, 2016. En porcentajes.



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)



Gráfico 12 Costa Rica: Consumo de energía en el sector residencial según fuente en el 2015. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

costarricenses han optado por utilizar el gas licuado de petróleo en sus cocinas (CEPAL, 2015: 11)

El uso de leña en el sector residencial en Costa Rica sigue siendo considerable ya que al menos 1 de cada 4 terajulios consumidos (25%) proviene de esta fuente y como es señalado en la literatura médica, la leña puede representar hasta el segundo factor de riesgo relacionado con enfermedades pulmonares crónicas en países de renta baja (2007: 51).

El Balance Energético Nacional 2015

El balance energético es una medición de los flujos de energía (entradas, transformaciones, salidas) en una economía durante un periodo determinado y permite cuantificar todas las relaciones cuantitativas vinculadas con la matriz energética. En el caso de Costa Rica es posible plantear un balance de energía preliminar² con base en los datos disponibles de la Dirección Sectorial de Energía.

Como se ha expuesto en este documento, los productos derivados del petróleo y el sector transportes,

respectivamente, son la principal fuente y el principal consumidor de energía en Costa Rica en el 2015.

En particular puede observarse que el transporte de carga y el transporte privado son los principales consumidores de productos derivados del petróleo, por lo que se hace evidente que un mejor sistema de transporte que compita tanto con el uso privado de vehículo como con el transporte de carga, por ejemplo trenes, puede ser una medida eficaz para contener el crecimiento en el consumo de hidrocarburos.

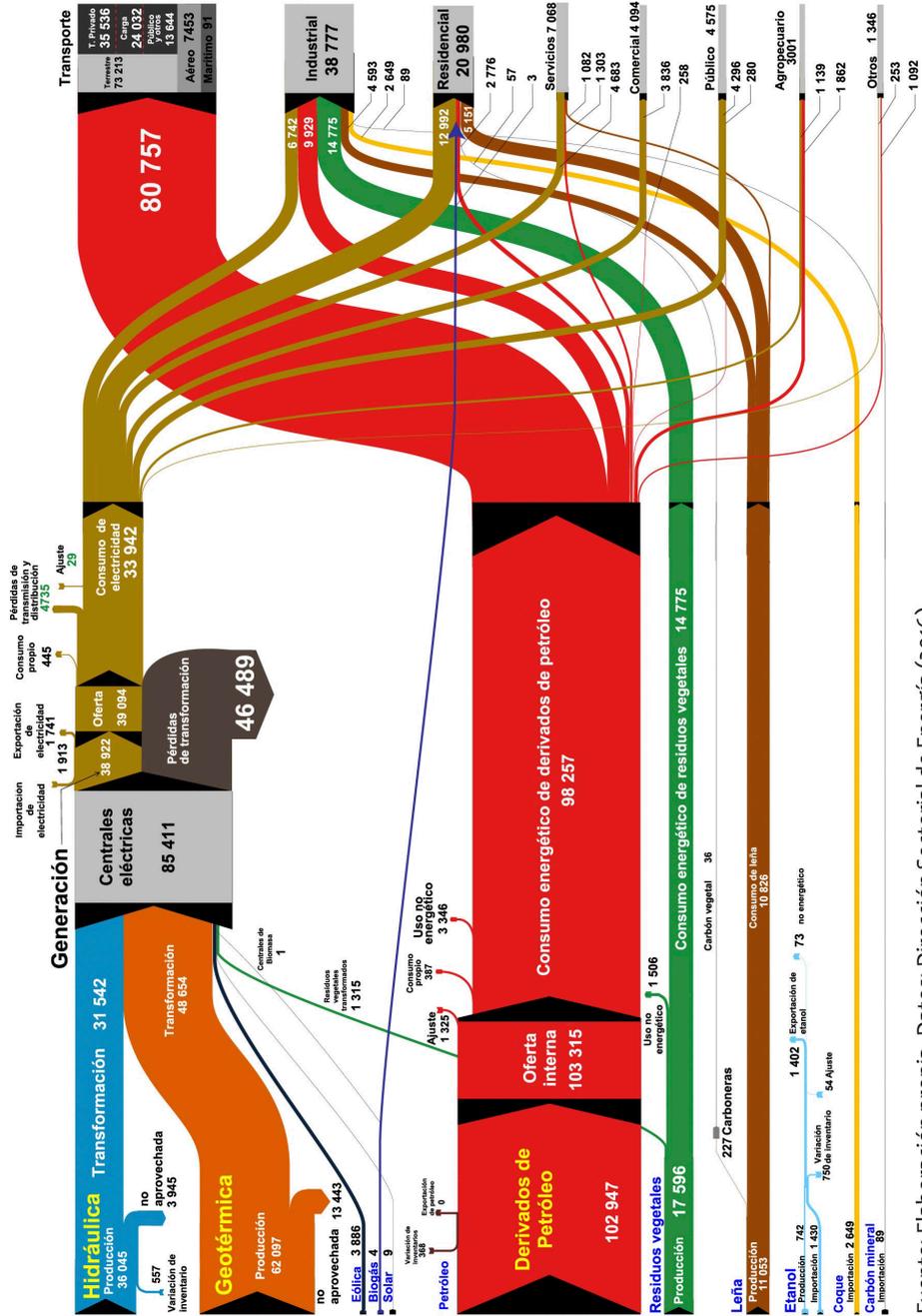
La cantidad de energía proveniente de fuentes renovables ronda los 85411 terajulios porque si bien se producen cerca de 130694 terajulios, una gran par-

² Algunas magnitudes han sido estimadas con el objetivo de mantener el principio termodinámico de que la energía inicial tiene que ser igual a la energía final más la disipación. Además, la misma DSE realiza ajustes a la información disponible a posteriori. Así, algunas magnitudes en terajulios podrían variar según ajustes posteriores, aunque dichos cambios no afectan el comportamiento general ya que este corresponde a variables de largo plazo.



Gráfico 13 Costa Rica: Balance de energía, 2015. En terajulios (preliminar)

Costa Rica: Balance Energético Nacional 2015 Diagrama de Flujo. En terajulios (preliminar)



Fuente: Elaboración propia. Datos: Dirección Sectorial de Energía (2016).

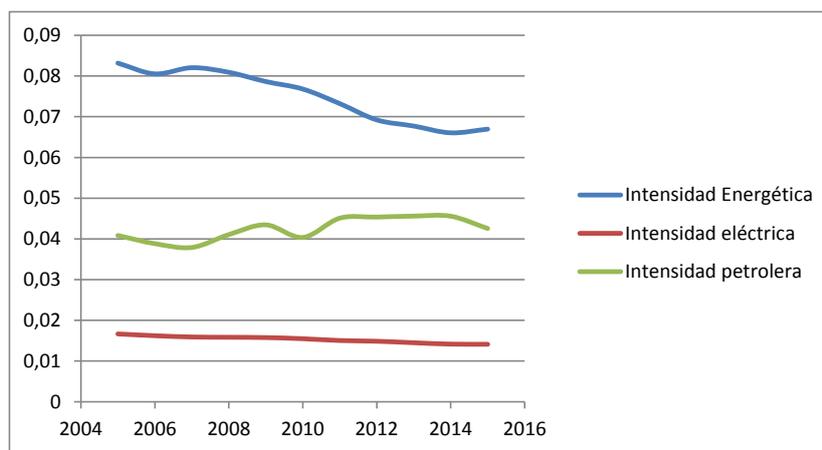


te corresponde a energía no aprovechada (al menos 17 932 terajulios) y a biomasa que no es utilizada para producir energía eléctrica, entre otras.

La eficiencia energética en Costa Rica

Puede observarse que si bien la eficiencia eléctrica se ha mantenido estable, con una ligera tendencia a la baja, la eficiencia petrolera se ha mantenido estable pero con una ligera tendencia al alza, lo que una vez más vuelve a enfatizar que el principal reto para la transformación de la matriz energética a ni-

Gráfico 14: Costa Rica: Intensidad energética, eléctrica y petrolera, 2005-2015.
Terajulios/millones de colones



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

Por eficiencia energética se entiende los requerimientos de energía (en terajulios) para producir una unidad de riqueza (en millones de colones)³, y puede extenderse a la eficiencia eléctrica y la eficiencia petrolera.

La cantidad de terajulios requeridos para producir un millón de colones presenta una tendencia decreciente en el periodo 2005-2015, lo que significa que el país ha requerido una menor cantidad de energía para producir una mayor cantidad de bienes y servicios.

El VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 plantea la eficiencia energética en términos de la producción, distribución y consumo como la reducción de las pérdidas técnicas en la cadena de la oferta, la promoción en la adquisición de equipos eficientes, el impulso de una cultura de la eficiencia energética o adopción de la norma ISO 50001 de Gestión Energética para los macro consumidores de energía (2015: 57-68)

³ Otras estimaciones se realizan en unidades como barriles equivalentes de petróleo entre miles de dólares (CEPAL, 2015) pero en este documento se utilizan las mismas unidades del VIII Plan Nacional de Energía 2015-2030 para permitir su comparabilidad. Tipo de cambio actual 1 USD por 550 dólares

vel técnico (con profundas implicaciones sociales y ecológica) es el consumo de derivados del petróleo relacionados con el sector transporte.

Segunda parte: un enfoque estratégico para la política de energía

Economía circular: un enfoque para la transformación social y ecológica

Toda actividad humana requiere energía por un lado y genera residuos y desechos por otro lado. El uso de la energía y la generación de residuos (y desechos) son fenómenos antrópicos de índole práctica y cotidiana que caracterizan y diferencian sociedades y civilizaciones.

Por residuos se entiende los productos indirectos y no utilizables durante la realización de una actividad humana, como por ejemplo las cáscaras de naranja cuando se hace zumo o los empaques de la comida rápida, los envases de las bebidas, etc.

Por desecho se entiende el tipo de residuo que no puede ser reutilizado en alguna otra actividad humana y por consiguiente es inútil en un sentido antrópico y debe ser dispuesto en la naturaleza



para su asimilación, como por ejemplo los desechos radioactivos, el CO₂ emitido por la combustión de los derivados del petróleo, el calor generado por los motores de los vehículos, entre otros.

Que un residuo se convierta en desecho depende principalmente de la tecnología disponible, del proceso a través del cual se genera y de las características físico-químicas de los materiales involucrados.

La energía disponible para los usos humanos se encuentra profundamente arraigada en la economía, ya que constituye uno de los insumos productivos fundamentales, y más aún en las economías industriales de nuestra época orientada a la producción en masa de bienes que requieren energía para ser consumibles (cocción, calefacción, refrigeración, secado, desplazamiento, iluminación, etc.).

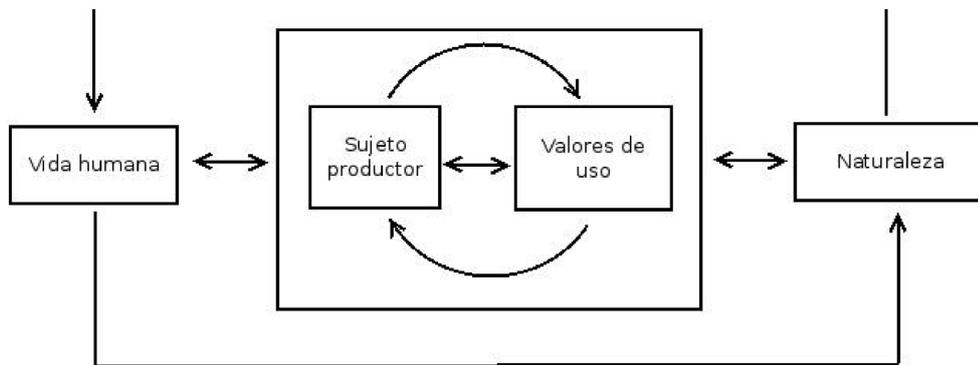
La generación de residuos y desechos también se encuentra profundamente arraigada en la economía

la naturaleza como cosa útil hasta que es dispuesto como residuo nuevamente en la misma.

La naturaleza aporta un entorno metabólico que permite la vida humana. Por un lado la naturaleza aporta “todos los medios de producción preexistentes en la naturaleza, sin intervención humana, como la tierra, el viento, el agua, el hierro en el yacimiento, la madera de la selva virgen, etcétera” (1984: 246-7) que funcionan como “creadores de valor de uso, pero no como productor de valor de cambio”.

Por otro lado, la naturaleza aporta los objetos que son extraídos y convertidos en valores de uso mediante el trabajo concreto (sujeto productor), los cuales luego son introducidos en la órbita del consumo para la satisfacción de necesidades del tipo que fueren (“del estómago o la fantasía”) para regresar finalmente al entorno metabólico de la naturaleza bajo la forma de basura (residuo o desecho).

Diagrama 1 El circuito natural de la vida humana y el sujeto productor.



Fuente: Hinkelammert y Mora (2013: 48)

contemporánea, ya que los ciclos de vida útil de los objetos de consumo se han acortado por diversos motivos (productos baratos y de baja calidad, moda y consumismo, obsolescencia programada, etc.).

La economía, como sistema de producción, distribución y consumo de riqueza (bienes y servicios), integra un conjunto de procesos en los que ingresan medios de producción que son transformados mediante el trabajo humano en mercancías (valores de uso) y servicios, con lo cual se consume energía y se generan residuos y desechos.

Sin caer en la abstracción del flujo circular de la economía (pensamiento neoclásico) es posible plantear un flujo circular del objeto desde que es extraído de

Esta “circularidad” de la economía corresponde con el estudio de la reproducción y desarrollo de la vida humana en sociedad a partir de las condiciones materiales para la vida, por lo cual reconoce la centralidad de la corporalidad humana, y reivindica al ser humano y a la naturaleza como las dos fuentes de creación de toda riqueza.

De esto se sigue que si la naturaleza es la *fuerza de vida* para el ser humano, la destrucción de la misma por sobreexplotación y contaminación es contraria a la lógica reproductiva de una economía para la vida.

Siguiendo este marco axiológico, este análisis de la matriz energética plantea un enfoque que contribuye a una transformación social, política y ecológica



al reivindicar una lógica reproductiva que permita reorientar la organización técnica de la sociedad por el imperativo ético de la vida como aspiración hacia la plenitud humana.

Por eso dentro de las relaciones cuantitativas de la energía disponible (el análisis de la matriz energética) se plantea dos sentidos con carácter transformador: la renovabilidad de las fuentes y la reversibilidad de los usos de la energía disponible. La primera permite medir el consumo de los recursos energéticos disponibles en la naturaleza y la segunda permite medir la circularidad energética de las actividades humanas, es decir, el aprovechamiento energético que se da a los residuos.

La renovabilidad de las fuentes de energía en Costa Rica

Una fuente renovable de energía son aquellos factores bióticos o abióticos que generan cuerpos con capacidad de realizar trabajo en periodos menores a la esperanza media de vida humana (0- 80 años) al menos una vez, ya sea a través de la mediación humana o por la dinámica ecosistémica en la que está integrada dicha fuente energética.

Por oposición, se define como fuente no renovable de energía aquellos factores bióticos o abióticos que no generan nuevos cuerpos con la capacidad de producir trabajo ni una vez durante el periodo de esperanza de vida humana (0- 80 años), aunque se puedan descubrir y explotar nuevos yacimientos.

La tabla 1 muestra la clasificación de las fuentes de energía según su condición de renovabilidad en escala humana (renovable/no renovable en 0-80

Fuente	Condición de renovabilidad
Petróleo (y sus derivados)	No renovable(0)
Carbón mineral	No renovable(0)
Carbón vegetal	Renovable (1)
Madera	Renovable (1)
Cáscaras, bagazo y otros residuos vegetales	Renovable (2)
Biogás	Renovable(2)
Hidráulica	Renovable(3)
Eólica	Renovable (3)
Geotérmica	Renovable (4)
Solar	Renovable (4)

años).

Tabla 1: Condición de renovabilidad de las fuentes de energía en escala humana.

Fuente: Elaboración propia.

Estas fuentes de energía no solo pueden clasificarse en renovables y no renovables, sino que además pueden ordenarse de acuerdo con la tasa en la que se renuevan durante un periodo de vida humana promedio⁴.

Así, por, ejemplo la madera y el carbón vegetal (1) pueden renovarse en una escala humana al menos una vez ya que se requiere de cultivar bosques que luego se utilizan con un fin energético. Otras fuentes como la biomasa proveniente de cáscaras y otros residuos vegetales o el biogás generado a partir del estiércol (2) se renuevan varias veces en una vida humana por lo que deben considerarse más renovables que las primeras (carbón vegetal y madera).

Además, otras fuentes de energía dependen de ciclos estacionales como el de la lluvia, el viento o el de algunas corrientes oceánicas (3), por lo que se renuevan sin la intervención humana en ciclos anuales a lo largo de una vida humana. Finalmente, hay fuentes cuya disponibilidad es permanente y prácticamente invariable, como la radiación solar o el calor de la tierra (4), por lo que pueden considerarse las fuentes más renovables de las que dispone la humanidad.

De esta forma, y con base en la información disponible sobre la energía según fuente en Costa Rica, considérese los siguientes índices de energía renovable y de energía no renovable con el 2005 como año base.

Estos índices permiten medir la variación anual acumulada en relación con el año base (2005) de las cantidades totales de energía proveniente de una fuente renovable o de una fuente no renovable, y como se observa en la ilustración 15, ha aumentado más la cantidad de energía proveniente de fuentes no renovables que de renovables.

Para la construcción de estos índices se ha utiliza-

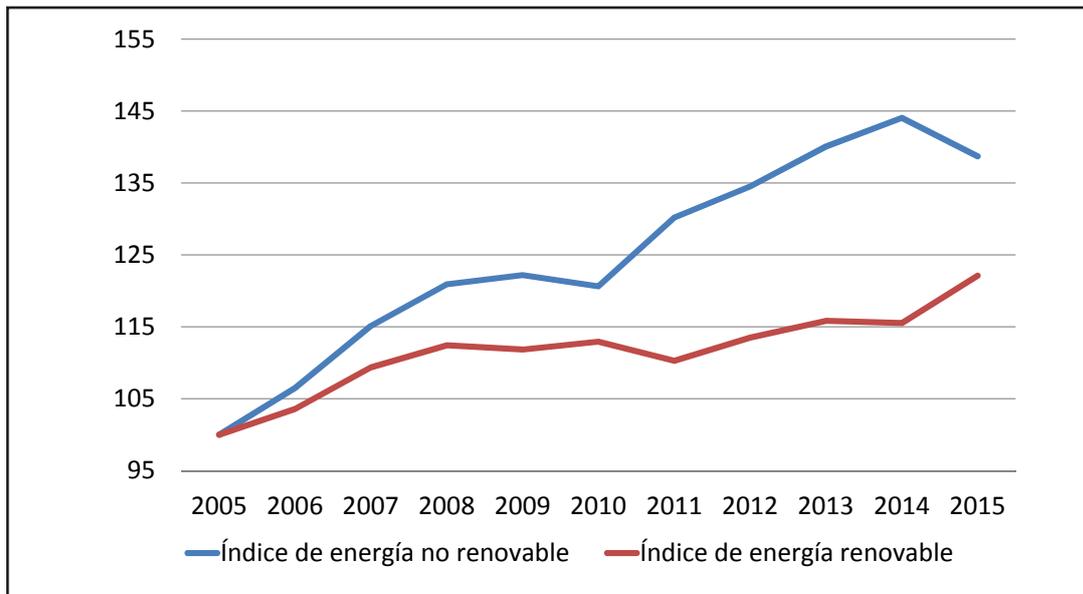
⁴ Otra importante escala a considerar para clasificar la renovabilidad de las fuentes de energía es la tasa de retorno energético a partir de una tecnología dada, aunque en esta investigación no se profundiza en ella en Camargo, F. (2014) puede indagarse más sobre otros criterios.



do la oferta primaria más la importación, ya que si se considera solo la oferta de energías primarias de energía en Costa Rica, las cuales son aquellas obtenidas directamente de la naturaleza (hidráulica, eó-

lica, solar, geotérmica, petróleo), se puede concluir erróneamente que su matriz energética se compone principalmente de fuentes renovables debido a que

Gráfico 15 Costa Rica: Índices de energía no renovable y de energía renovable, 2005-2015. Base 2005



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

el país carece de fuentes de petróleo (explotables) y a que la Refinadora Costarricense de Petróleo (Recope) ha reportado bajos niveles de refinación desde el 2011.

La tasa de renovabilidad energética en Costa Rica

La tasa de renovabilidad energética es la cantidad de julios provenientes de una fuente renovable por cada julio obtenido de una fuente no renovable: entre mayor sea el número quiere decir que la matriz energética es más renovable, esto es, obtienen más energía de fuentes renovables que de no renovables, y entre más cercano a cero quiere decir que la matriz energética es menos renovable porque más energía de fuentes no renovables que de renovables⁵.

El gráfico 16 muestra el comportamiento decreciente de la cantidad total de julios obtenidos de fuentes

renovable por cada 100 julios obtenidos de una fuente energética no renovable durante el decenio 2005-2015 en relación con la variación acumulada del total de energía importada en hidrocarburos en el mismo periodo.

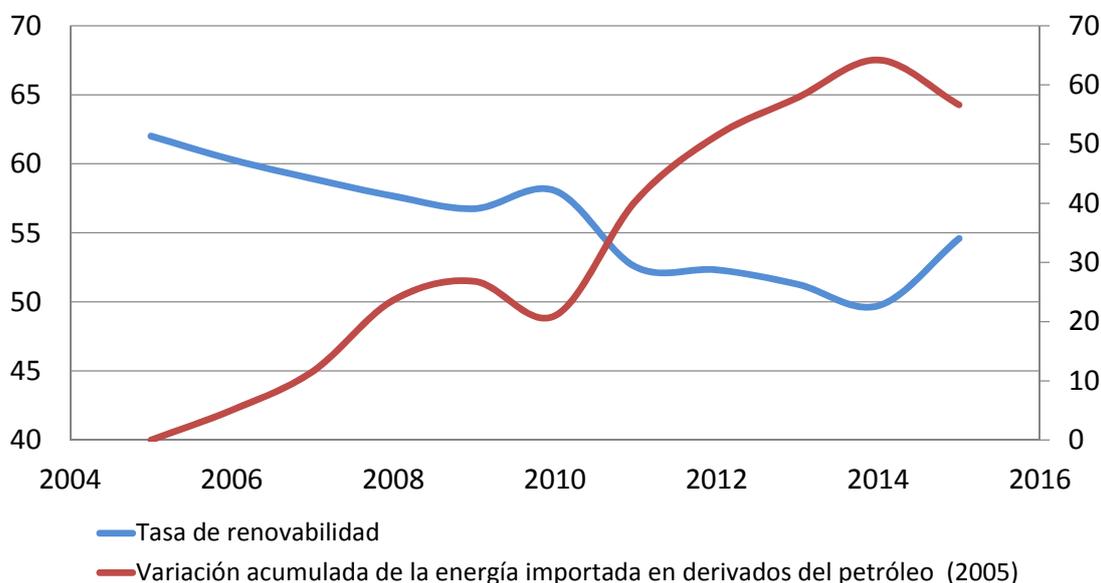
La disminución identificada en esta tasa de renovabilidad desde el 2005 al 2014 se explica por la dinámica de importación de petróleo y sus derivados, mientras que el ligero cambio en la tasa de renovabilidad energética en el periodo 2009-2010 corresponde con la disminución en la energía importada en productos derivados del petróleo, comportamientos que coinciden con la etapa en que la crisis financiera internacional tuvo sus principales impactos en Costa Rica.

De esta forma, aún y cuando estos indicadores sobre la renovabilidad de las fuentes energéticas miden unidades de energía (terajulios), las afectaciones en los precios parecen tener efectos observables sobre ellos,

⁵ Se parte del supuesto de que la cantidad total de energía no renovable es estrictamente mayor que cero.



Gráfico 16. Costa Rica: Tasa de renovabilidad energética y la variación acumulada de la energía importada (hidrocarburos), 2005-2015. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

por lo que debe investigarse, en otro momento, la elasticidad del índice de energía no renovable a los precios del petróleo, ya que podría ser que algunas políticas públicas relacionadas con el uso de fuentes renovables sean ineficaces ante dinámicas de precios que favorezcan el uso de fuentes no renovables.

La reversibilidad de los usos de la energía como enfoque estratégico

Toda actividad humana genera productos, residuos y desechos, algunos de los cuales a su vez pueden ser reutilizados como fuentes de energía, como es el caso de la producción de biogás o biocombustibles a partir de biomasa o plásticos. Esa es la lógica detrás del concepto de reversibilidad aplicado aquí.

Durante el proceso de producción, el trabajo humano transforma los medios de producción en valores de uso, de lo que resulta un conjunto de sobrantes, residuos de las materias primas y la maquinaria, así como la disipación de cierta parte de la energía utilizada para la producción. Además, el transporte y el desplazamiento requeridos para el consumo de ciertas mercancías y servicios también generan desechos y residuos. También en el consumo final de mercan-

cías se verifica la generación de residuos y desechos.

Algunos de estos residuos pueden ser reciclados mientras que otros pueden reutilizarse de manera energética, es decir, una parte de los residuos generados por las actividades humanas pueden reincorporarse a las actividades humanas luego de un tratamiento apropiado. Las biorefinerías, por ejemplo, convierten los residuos orgánicos y plásticos en biocombustibles⁶.

De esta manera, en ciertas actividades humanas existe la posibilidad de recrear una circularidad energética que se asemeja a la dinámica de los ecosistemas donde se minimiza el desperdicio. En el caso humano, la reutilización de los residuos como fuente de energía implica costos y pérdidas energéticas (entropía) pero contribuye a reducir la contaminación ambiental y la emanación de gases con efecto invernadero al consumir cierto tipo de basura, ya que en el 2012 el manejo de los residuos fue el causante del 16,5% de todos los GEI emitidos en Costa Rica (IMN, 2015: 49), y a la vez que contribuye reducir

⁶ Para un análisis más detallado de los alcances que introducen las biorefinerías para la producción de combustibles de segunda generación puede consultarse a Cárdenas, R. (2012).



la presión sobre ciertas fuentes de energía como los hidrocarburos.

Se entiende por reversibilidad en los usos de la energía que alguna parte producto resultante de usar la energía como reactivo (en sus diversos usos doméstico, industrial, por ejemplo para cocción, montaje, iluminación) pueda ser convertido nuevamente en energía útil.

Así, el análisis de la reversibilidad de los usos de la energía requiere de criterios que permitan al menos, clasificar dichos usos en reversibles e irreversibles. En este sentido, es la termodinámica la disciplina que aporta mayores y mejores herramientas, entre las que destaca el poder calorífico de los residuos o la energía libre termodinámica debido a que el uso consuetudinario de biomasa para diversos usos energéticos (leña y estiércol para calefacción y cocción de alimentos) ha constituido un precedente significativo al respecto de la reversibilidad de algunos residuos.

El principal reto en el análisis de la reversibilidad de usos se encuentra precisamente en la identificación, caracterización y cuantificación de los usos de la energía y sus productos en una economía. El análisis de la reversibilidad en la matriz energética mundial se ve impedido precisamente en la carencia de información suficiente, ya que tiene una desagregación muy limitada al respecto del uso que se le da la energía disponible, lo cual dificulta la cuantificación de la reversibilidad de los residuos generados debido a ese uso.

Esto pone de manifiesto que el predominio de las preocupaciones al respecto del calentamiento global y el agotamiento de las fuentes no renovables deja de lado que son las técnicas y actividades motivadas por la racionalidad medio-fin lo que está afectando los ciclos ecosistémicos. El sector transporte es el caso más claro de ello, en términos energéticos el costo del desplazamiento de mercancías y personas de los niveles actuales de comercio internacional es muy alto porque disipa toda la energía que ingresa al sistema a la vez que genera grandes cantidades de CO₂ y otros gases relacionados con el calentamiento global porque se lleva a cabo mediante la combustión de hidrocarburos. Esos residuos y desechos no pueden convertirse en energía útil. La disipación de energía en el transporte es tal que si se alimentara de otras fuentes como la electricidad, el calor y la fricción resultantes tampoco podrían reconvertirse en energía útil, por lo que el sector transportes es un uso irreversible de la energía.

Por eso, este análisis de la reversibilidad de los usos de la energía se plantea una revisión de las prácticas mismas que caracterizan nuestras sociedades y que nos unen como civilización. No se trata solo de que reduzcamos las emisiones de gases relacionados con el efecto invernadero, es indispensable que transformemos nuestras prácticas de consumo, nuestras técnicas de producción y nuestras estrategias de distribución de la riqueza, ya que como se desprende de este análisis, utilizar una fuente no renovable para un uso completamente irreversible es insostenible en algún plazo que depende de la tasa de explotación y de la cantidad existente de esa fuente en la tierra.

La información disponible para la construcción del índice de reversibilidad de los usos de la energía útil en Costa Rica

En los balances de energía elaborados por la DSE para el periodo 2005-2015 se presentan una desa-

Residencial	Ponderación DSE	Reversibilidad
a) Cocción	20%	Si
b) Enfriamiento	20%	No
c) Iluminación	20%	No
d) Producción de calor	20%	No
e) Generación de fuerza	20%	Si

Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

gregación de cada sector consumidor de energía que permiten profundizar en el análisis de la reversibilidad de los usos de la energía y a través del cual se construye un índice de reversibilidad.

Tabla 2 Costa Rica: Desagregación del uso residencial de la energía, ponderación y reversibilidad. 2005-2015

Asumiendo como verdadera la información de la tabla 2, se esperaría que la probabilidad de que el producto resultante de usar la energía como reactivo



en sus diversos usos doméstico pueda ser convertido nuevamente en energía útil y puede llegar a ser de 0,4.

Industria	Ponderación DSE	Reversibilidad
1). Produc.de alimentos y tabaco (CIU 31)	62%	Si
2). Producción de textiles y cuero (CIU 32)	3%	Si
3. Producción de madera (CIU 33)	7%	Si
4). Producción de papel (CIU 34)	2%	Si
5). Producción de químicos (CIU 35)	5%	Si
6.) Otras industrias (CIU 36-39)	20%	No

Fuente: Elaboración propia.

La desagregación disponible para los usos industriales disponible en la Dirección Sectorial de Energía (DSE) durante el periodo 2005-2015 utiliza la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU), aunque una revisión vigente en 1976, como se muestra a continuación.

Tabla 3 Costa Rica: Desagregación del uso industrial de la energía, ponderación DSE y reversibilidad. 2005-2015.

Las actividades económicas clasificadas con la CIU 35 incluyen fabricación de sustancias químicas y de productos químicos derivados del petróleo y del carbón, de caucho y plástico y por consiguiente representa un interesante bucle en la noción de reversibilidad: se está utilizando energía para producir productos energéticos (coke, diésel, etc.)

Las actividades económicas clasificadas incluyen la fabricación de productos minerales no metálicos (objetos de barro, loza, porcelana, vidrio), industrias metálicas básicas (hierro, acero, metales no ferrosos), fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo y otras industrias manufactureras, de ahí que se hayan clasificadas como irreversibles en el sentido energético, ya que no necesariamente son desechos pero son cuerpos que no puede dárseles un uso energético.

De manera apriorística se define que el uso agropecuario debe ser generador de biomasa y por consiguiente puede considerarse como un uso reversible mientras que la construcción, relacionado con la obra gris entre otros, genera productos y residuos

que no son aprovechables energéticamente y por consiguiente debe considerarse como un uso irreversible de la energía.

Sobre el uso comercial, público, y de servicios, no se tiene suficiente información y en conjunto durante el periodo 2005-2015 representaron entre el 8% y 10% del total de la energía consumida. De manera apriorística se considera que en estos usos de la energía, los que se dedican a la generación de calor, la iluminación y enfriamiento se pueden considerar usos irreversible mientras que la generación

Uso	Reversible	No reversible
Residencial	40%	60%
Transporte	0%	100%
Industria	80%	20%
Agrícola	100%	0%
Comercial	40%	60%
Servicios	40%	60%
Otros, construcciones y no especificados	0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

de fuerza y otros pueden considerarse reversible en tanto pueden estar relacionados con la generación de biomasa y otros residuos aprovechables energéticamente.

De esta manera, se propone que la reversibilidad de la matriz energética en Costa Rica puede aproximarse con las siguientes proporciones:

Tabla 4 Costa Rica: Probabilidad de reversibilidad según uso de la energía en 2005-2015

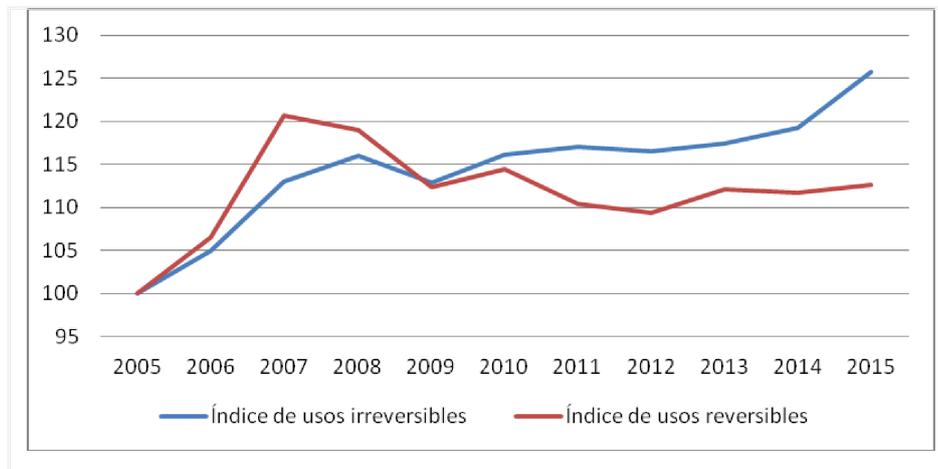
Índice de reversibilidad en la matriz energética de Costa Rica 2005-2015

El índice de reversibilidad y el de irreversibilidad de los usos de la energía tienen como año base el 2005 y miden el cambio en el tiempo de la cantidad total de energía usada de manera reversible y de manera no reversible (en Terajulios) en Costa Rica durante el periodo 2005-2015.

El comportamiento de los índices de reversibilidad e irreversibilidad de los usos de la energía en periodo



Gráfico 17 Costa Rica: Índices de usos reversibles e irreversibles de la energía. 2005-2015. Base 2015



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

2005-2015 muestran que a partir del 2009 los usos irreversibles experimentaron un mayor crecimiento en relación con el periodo base en comparación con los usos clasificados como reversibles, lo cual puede relacionarse con la crisis económica internacional a partir del “arreglo espacial” que propone el geógrafo británico David Harvey (2006)

Según Harvey las dinámicas globales de acumulación de capital contemporáneas están relacionadas con las economías aglomeración articuladas a partir de dinámicas de localización de la producción que permiten el desplazamiento de la nueva producción a los espacios donde se concentra y centraliza el capital ocasionando dinámicas de enriquecimiento y empobrecimiento relativo de las regiones. Para este autor este “arreglo espacial” permite estabilizar a largo plazo el capitalismo mediante la localización de las crisis y su consecuente devaluación de los capitales regionales con las ampliamente documentadas consecuencias de cierre de plantas y aumentos del desempleo.

De esta forma, ese cambio identificado en los índices de reversibilidad de los usos de energía a partir de la crisis internacional del 2008-2009 puede estar relacionado con causas estructurales y profundas del capitalismo contemporáneo: la reconfiguración geográfica de los centros de acumulación y concentración de capital, así como de los núcleos de pobre-

za y miseria a nivel global.

El enfoque de la reversibilidad pretende llamar la atención sobre las prácticas humanas y del uso que se da a los recursos disponible, el hecho de que a partir del 2009 se identifique un cambio en la tendencia del índice de usos reversible hacia el decrecimiento así como una aceleración en los usos irreversibles de la energía no debe pasar desapercibido porque es una señal de que a partir de la crisis financiera hubo un punto de inflexión en los patrones de uso de la energía hacia usos más disipatorios.

La tasas de reversibilidad energética en Costa Rica 2005-2015

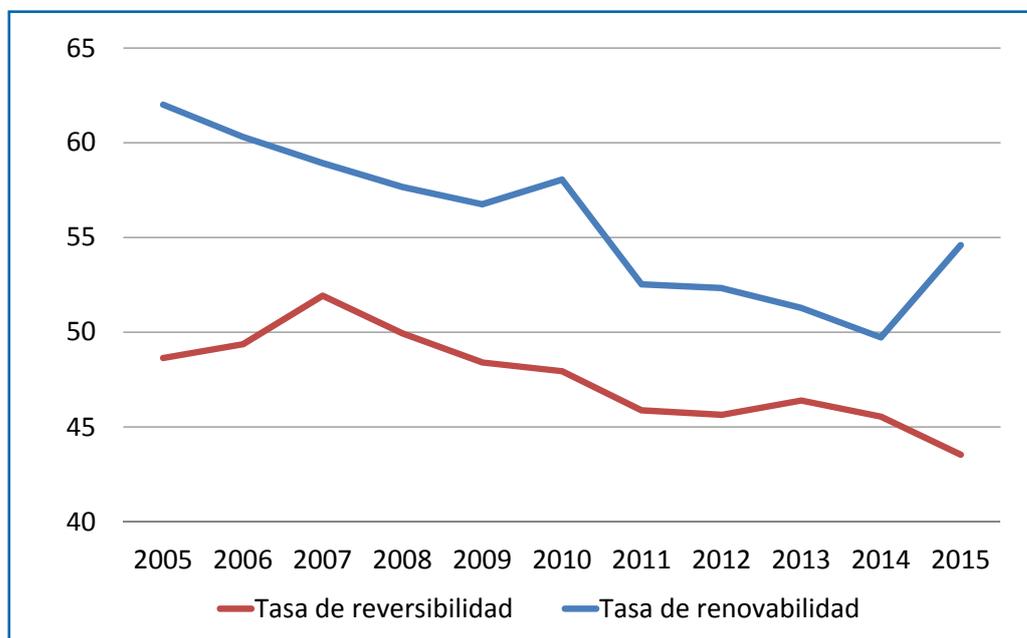
La tasa de reversibilidad de la energía, que se refiere a la cantidad de terajulios usados de manera reversible por cada 100 terajulios usado de manera irreversible, debe permitir capturar los cambios económicos que se relacionen con aumentos del transporte, ciertos servicios y de los patrones de consumo de las familias.

Durante el periodo 2005-2015 en Costa Rica fueron usados, en promedio, 47 terajulios de manera reversible por cada 100 terajulios usados de manera no reversible.

Entre el 2007 y el 2008 se identifica el punto de inflexión que luego de la crisis internacional (2008-2009) parece profundizarse: los usos de la energía en la economía costarricense son cada vez más disipa-



Gráfico 18 Costa Rica: Tasa de reversibilidad en los usos de la energía y la variación acumulada de la energía importada (hidrocarburos) 2005-2015. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: DSE (2016)

torios a pesar de que la importación de hidrocarburos se haya desacelerado por la crisis internacional lo que quiere decir que este cambio no se origina solo por el consumo de productos derivados del petróleo sino además por los usos que se le da a otras fuentes como la electricidad o la biomasa.

La energía es uno de los principales insumos de la producción de riqueza, grandes cambios en las economías necesariamente implican cambios en los usos que se le da a la energía. Es fundamental que esta aproximación contribuya a una reconceptualización transdisciplinaria de la eficiencia energética⁷ que permita una reorganización técnica de la sociedad acorde con una transformación social y ecológica de la matriz energética en el mediano y largo plazo que responda a las aspiraciones de justicia intrageneracional e intergeneracional.

La renovabilidad de las fuentes y la rever-

⁷ Desde una perspectiva antropológica Marvis Harris (2009) ha observado que: “Los automóviles y los aviones son más veloces que las carretas de bueyes, pero no utilizan la energía con mayor eficiencia. De hecho el calor y el humo inútiles provocados durante un sólo día de embotellamientos de tráfico en Estados Unidos despilfarran mucha más energía que todas las vacas de la India durante todo el año”.

sibilidad de los usos de la energía

Luego de esta exposición, parece impostergable preguntar: ¿puede considerarse que una combinación de aumentos en las tasas de renovabilidad energética y de aumentos en la reversibilidad de los usos energéticos como una mejora en la matriz energética?

El problema de tal aseveración estriba en que la reversibilidad de las fuentes energéticas, en primer lugar, no es el único criterio que debe ser considerado. El caso de la hidroenergía es destacable al respecto ya que la construcción de plantas hidroeléctricas implica altos costos ambientales y ecosistémicos al desviar ríos, disminuir cauces, etc. De ahí que para tener un criterio cuantitativo inequívoco debe profundizarse en el análisis hacia una escala de renovabilidad que pondere ese tipo de complicaciones relacionadas con otros criterios igualmente válidos.

En segundo lugar, que los usos de la energía sean más reversibles no quiere decir que haya un aprovechamiento de los residuos como fuentes de energía. En este sentido, es una característica potencial que depende de las tecnologías disponibles, las reglamentaciones vigentes y los costos financieros para el aprovechamiento de los residuos. Esto determina, además, el rendimiento energético de algunos residuos, por lo



que al igual que con la tasa de renovabilidad, para tener un criterio cuantitativo inequívoco debe profundizarse en el análisis hacia una escala de reversibilidad que pondere criterios termodinámicos y económicos.

Además la reversibilidad de los usos de la energía es un enfoque analítico propuesto con fines críticos y sobre el que la información es bastante escasa. El caso de Costa Rica permite avanzar mucho porque se cuenta con Dirección Sectorial de Energía con bastante información, sin embargo a nivel mundial no puede decirse lo mismo.

La reversibilidad de los usos de energía permite alcanzar dos objetivos simultáneamente:

1. Al proponer la reutilización de los residuos con fines energéticos permite reducir la contaminación ambiental, las emisiones de gases de efecto invernadero, pero exige de una reorganización técnica para permitir que los residuos puedan ser clasificados, separados y dispuestos según sus características.
2. Permite producir energía a partir de una fuente renovable, y en la medida que se avance en las técnicas y tecnologías, la cantidad de energía producida de esta manera podrá aumentar según los rendimientos energéticos y las tasas de aprovechamiento de los residuos.

En la medida que pueden ser atendidos dos problemas fundamentales de nuestra sociedad, este enfoque debe considerarse estratégico y prioritario

para las políticas públicas del sector energético y ambiental.

Es necesario disponer de más información sobre las fuentes y los usos de la energía, así como de las tecnologías disponibles, sus rendimientos energéticos y sus costos financieros para saber si en algún momento los usos no reversibles de la energía podrán ser solventados con las fuentes renovables y con esto incorporar un enfoque circular de la matriz energética que sea sostenible en el tiempo.

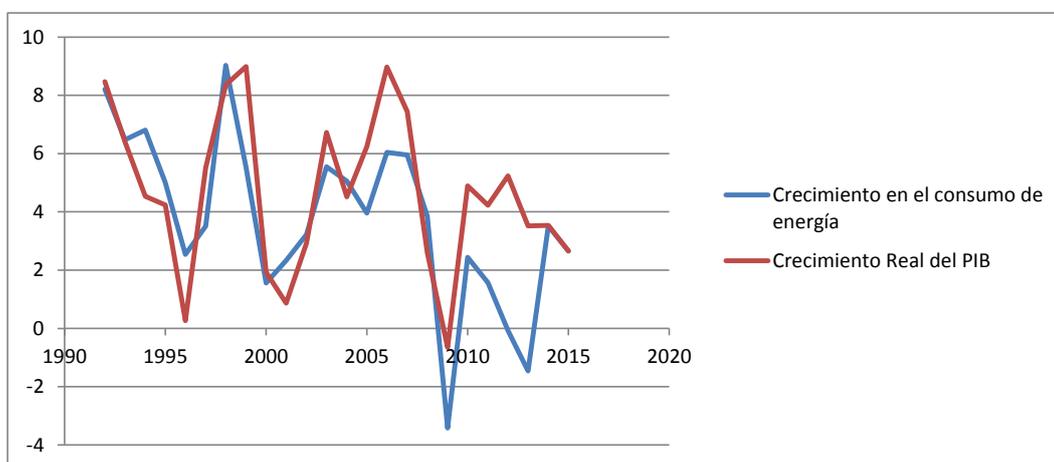
Conclusiones: energía, crecimiento económico y ambiente

Costa Rica ha buscado el reconocimiento internacional mediante la promoción de una marca país verde y amigable con el ambiente impulsado principalmente por el carácter renovable de la matriz eléctrica. Por eso ha participado de manera activa en los grandes acuerdos internacionales, como la COP 21, sobre cambio climático y calentamiento global.

Además, la planificación sectorial de energía ya lleva un consecutivo de 7 planes nacionales de energía a través de los cuales se ha impulsado una serie de objetivos relacionados principalmente con eficiencia energética, movilidad y transporte público.

Sin embargo en esta trayectoria de políticas públicas en Costa Rica alrededor del sector energético y sus consecuencias se ha eludido explícitamente un planteamiento central en los enfoques críticos,

Gráfico 19 Costa Rica: Crecimiento en el consumo de energía y en el PIB real, 1992-2015. En porcentaje



Fuente: Elaboración propia. Datos: BCCR (2016) y DSE (2016)



como la ecología política, y es la relación entre el consumo de energía, la emisión de GEI y el crecimiento económico.

Como se puede apreciar en el gráfico 19, hay una convergencia en el comportamiento del crecimiento económico y del crecimiento en el consumo de energía. De hecho, la determinación entre ambas es de 0,47 lo que quiere decir que casi el 50% de la variación del consumo de energía se relaciona con el crecimiento económico.

Esto implica una profunda contradicción para los objetivos ambientales y los de desarrollo social: si se elige el crecimiento económico como estrategia para la reducción de la pobreza, necesariamente el consumo de energía y la emisión de GEI tenderá a crecer, mientras que si se detiene el crecimiento económico y no se redistribuye la riqueza aumentará la pobreza.

El VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 deja en claro que funciona en dirección del actual modelo de desarrollo neoliberal globalizante, donde se busca optimizar las ganancias a través de la eficiencia energética en la producción de bienes y servicios. En ningún momento considera alternativas, como la redistribución de la riqueza o la disminución en la exclusión social, para reducir la dependencia del crecimiento económico a la hora de intentar reducir la pobreza, dejando de lado el hecho de que en los últimos 20 años el crecimiento económico se ha traducido en mayor desigualdad y no en una reducción significativa de los niveles de pobreza (Arias, Sánchez y Sánchez, 2011: 87)

De esta manera, dicho plan se concentra en la optimización de las formas de producción, así como la incentivación del consumo de aparatos más eficientes y menos duraderos, sin considerar alternativas como un mejor consumo (en vez de uno mayor) o una producción de mayor calidad en vez de una de mayor cantidad.

Así, el énfasis del VII Plan Nacional de Energía es uso de fuentes renovables de energía, siendo el caso de la generada a partir de la fuerza del agua, y la optimización del uso de los hidrocarburos, en función de mantener las cuotas de producción de la industria y comercio, sin considerar que son precisamente esas cualidades y cantidades de producción y consumo lo que genera residuos contaminantes, y

sin proponer la reducción del consumo o de la producción relacionados con la contaminación como parte de los objetivos de mediano o largo plazo, esto es, no se vincula la transformación de la matriz productiva con la política energética como perspectiva estratégica.

A nivel económico es indispensable que la planificación del sector energético reconozca que producir riqueza a todo costo sin tomar en cuenta aspectos socioambientales, crea las disyuntivas serias en el sentido de optimización y aprovechamiento de los recursos al propulsar medidas contraproducentes (reducir pobreza y emisiones al mismo tiempo), para apalear los compromisos contraídos sobre materia ambiental.

El Plan Nacional de Energía debe someterse a una estricta revisión, que permita una verdadera pertinencia integral socioambiental y económica de las relaciones humanas, así como de los conflictos de clase que puedan implicar un nuevo enfoque de las relaciones entre energía, economía, ambiente y sociedad.

Bibliografía

- Arias Ramírez, R; Sánchez Hernández, L; Sánchez Meza, R (2011) Análisis de la desigualdad socioeconómica en Costa Rica. Economía y Sociedad. Pp. 73-107 Disponible en <http://www.revistas.una.ac.cr/economia>
- B CCR (2016) Producto Interno Bruto y Tipo de Cambio de las Cuentas Nacionales. En millones de dólares de los Estados Unidos de América <http://indicadoreseconomicos.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/fmVerCatCuadro.spx?idioma=1&CodCuadro=%202999>
- Cárdenas, R. (2012). Biorefinerías para la producción de biocombustibles de segunda generación. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27803/tesisUPV9008.pdf?sequence=1>
- Camargo, F. (2014) Estimación de la tasa de retorno energético: Análisis comparativo de las metodologías disponibles en la actualidad. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas- CONICET, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay



- (UTN-FRCU).
- CEPAL. (2015). Energía en Centroamérica: Reflexiones para la transición hacia economías bajas en carbono. Naciones Unidas, Ciudad de México.
- Programa Estado de la Nación (2010). Decimosexto Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Programa Estado de la Nación: San José, Costa Rica.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1977). "The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis". *BioScience*. London: Oxford University Press. 27 (4): 266–270. DOI: 10.2307/1297702
- Harris, M. (2009). *Vacas, cerdos, guerras y brujas*. Alianza Editorial: Madrid.
- Harvey, D. (2006). *Spaces of global capitalism, towards a theory uneven*. Geographical development. Verso: London.
- Hinkelammert y Mora (2013) *Hacia una economía para la vida*. EUNA: Heredia, Costa Rica.
- International Energy Agency. (2015). Key world energy statistics (1973-2013). Disponible en: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf
- Instituto Meteorológico Nacional (2012) *Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono*. MINAE: Costa Rica.
- Juneman, A; Legarreta, G (2007) *Inhalación de humo de leña: una causa relevante pero poco reconocida de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica*. *Revista Argentina de Medicina Respiratoria*. N2 p. 51-57. Disponible en http://www.ramr.org.ar/articulos/volumen_7_numero_2/articulo_especial/inhalacion_de_humo_de_lena_una_causa_relevante_pero_poco_reconocida.pdf
- Marx, K.(1984). *El capital, crítica a la economía política*. Siglo XXI Editores. Ciudad de México.
- Ministerio de Ambiente y Energía, Dirección Sectorial de Energía. *Plan Nacional de Energía 2015-2030*. República de Costa Rica.
- Molina, A. (2016). Actualización de datos sobre la Matriz Energética de Costa Rica (2005-2015). Dirección General de Energía. Correo electrónico enviado a Germán Zárate Montero german.zarate.montero@gmail.com el día 28 de junio de 2016.
- Naciones Unidas (2015), Oficina sobre el cambio climático. *Convención de las Partes N 21*: París.
- Naciones Unidas (1968) *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas Revisión 2*. Disponible en <http://laborsta.ilo.org/applv8/data/isc2s.html>
- Prieto, P. (2006). *La tasa de retorno energético (TRE): Un concepto tan importante como evasivo*. Disponible en: http://www.crisisenergetica.org/ficheros/TRE_tan%20importante_como_evasivo.pdf
- Recope (2016) *Datos Estadísticos Anuales de Importación y Exportación*. Disponible en <https://www.recope.go.cr/negocios/comercio-internacional/estadisticas-de-importacion-y-exportacion/>
- Silva Larrota, J (2015) *La termoeconomía como alternativa para mejorar la competitividad industrial*. Tesis para optar por el grado de Magister en Administración de Empresas. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Económicas, Maestría en Administración: Bogotá. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/46673/1/08941073.2015.pdf>
- Soto, M (2013). *Proyecto de generación eléctrica con basura despierta dudas entre los ambientalistas*. La Nación. Disponible en: http://www.nacion.com/nacional/servicios-publicos/Proyecto-generacion-electrica-despierta-ambientalistas_0_1381861814.html (Consultado 18/06/ 2016)
- Soto, M (2013). *Tecnología de incineración o gasificación lo que persigue es generar calor*. Disponible en La Nación http://www.nacion.com/nacional/servicios-publicos/Tecnologia-incineracion-gasificacion-persigue-generar_0_1381461841.html (Consultado 04/07/2016)



**Autor****Diego Zárate Montero**

Economista, investigador y docente universitario en el área de economía política, ecología política y semiótica económica.

Remigio Ramírez García

Es graduado en sociología en la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) y cursa una licenciatura en geografía.

Pié de Imprenta

Fundación Friedrich Ebert
San José | Costa Rica

Hansjörg Lanz
Representante Fundación Friedrich Ebert
para Costa Rica, Nicaragua y Panamá
E-Mail: costarica@fesamericacentral.org
Tel.: +506 2296 0736
<http://www.fesamericacentral.org>

En 1965 la Friedrich-Ebert-Stiftung (FES, Fundación Friedrich Ebert) abre en Costa Rica su primera oficina en la región centroamericana. El 23 de julio de 1965 se firma el Convenio de Cooperación entre el Gobierno de Alemania y el Gobierno de Costa Rica. El 1° de setiembre de 1980 se aprueba la Ley no. 6454 que lo ratifica.

Por más de 50 años la Fundación Friedrich Ebert en Costa Rica ha desarrollado sus actividades como plataforma de diálogo, análisis político y de asesoría política. La participación de múltiples actores y el fortalecimiento de la democracia social son bases de la cooperación realizada con instituciones sociales y políticas costarricenses.

En la actualidad, la Fundación Friedrich Ebert, a través de su oficina en Costa Rica, desarrolla los ocho campos de trabajo regional de la FES en América Central. El concepto de planificación en red de las seis oficinas centroamericanas consiste del trabajo nacional con intercambio regional y seguimiento nacional.

Las actividades permiten una cooperación con múltiples actores progresistas en los seis países centroamericanos y en los campos de la justicia social, la democracia, el cambio climático, la economía sostenible y la seguridad. Destaca además, en lo nacional y lo regional el trabajo sindical, de género y con jóvenes - agentes de cambio.

El uso comercial de todos los materiales editados y publicados por la Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) está prohibido sin previa autorización escrita de la FES.

Las opiniones expresadas en esta publicación no representan necesariamente las de la Friedrich-Ebert-Stiftung.