

## **“Opciones de mitigación de gases del efecto invernadero en Costa Rica ante el cambio climático”**

### **“Gases mitigation options of Costa Rica`s greenhouse effect in front of the climate change”**

Las emisiones netas de gases de efecto invernadero son la causante del cambio climático y de sus importantes externalidades negativas. Costa Rica es un país líder reconocido por sus esfuerzos en conservación y se ha propuesto como meta lograr neutralidad de emisiones de carbono al 2021.

Este artículo elabora un modelo econométrico el cual permite estimar el consumo energético (para energía fósil, eléctrica y biomasa) y las emisiones netas de Costa Rica de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) para los sectores de energía, manejo de desechos, procesos industriales, agropecuario y cambio de uso de suelo al 2030. Además, se estudian los condicionantes económicos y analizan la distribución energética por tipo de transporte y fuente fija, así como sus emisiones.

Para el 2020 las emisiones netas se estiman en cerca de 18 mil Gg y de 26 mil Gg en el 2030, con un crecimiento mayor al 200% respecto a las emisiones de 1990.

La estructura de consumo energético resultante: energía fósil, electricidad (de fuentes renovables) y de biomasa, muestra una estructura energética intensiva en hidrocarburos, utilizados en el sector transporte,

El artículo finaliza analizando los esfuerzos requeridos para que el país avance hacia la mitigación de emisiones de GEI.

The net gas emissions of the Greenhouse effect are the cause of the climatic change and its important negative externalities. Costa Rica is a country leader, recognized by its efforts in conservation and also has seted out as a goal, to obtain neutrality of emissions of carbon by 2021.

This article elaborates an econometric model which allows to consider the power consumption (for fossil, electrical energy and biomass) and the net emissions of Costa Rica of CO<sub>2</sub>equivalent (CO<sub>2</sub>e) for the sectors of energy, industrial handling of remainders, processes, farming and change of use of ground to the 2030. In addition, the economic conditioners are studied and analyze the energetic distribution by type of transport and fixed source, as well as its emissions.

For the 2020 the net emissions are considered near of 18 thousand Gg and 26 thousand Gg in the 2030, with a high growth off 200% according to the 1990 emissions.

The structure of resulting power consumption: energy fossil, electricity (of renewable sources) and of biomass, shows an intensive energetic structure in hydrocarbons, used in the transport sector. The article finalze, analyzing the required efforts for Costa Rica in order to advance to the mitigation of GEI emissions

**Palabras clave: cambio climático, mitigación, emisiones, CO<sub>2</sub>e, neutralidad de carbono.**

**Key words: climatic change, mitigation, emissions, CO<sub>2</sub>, carbon neutrality**

Marcos Adamson-Badilla

Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)

[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)

Tel-Fax: + (506) 2283-6627

## **“OPCIONES DE MITIGACIÓN DE GASES DEL EFECTO INVERNADERO EN COSTA RICA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

### **“Gases mitigation options of Costa Rica’s greenhouse effect in front of the climate change”**

#### **INTRODUCCIÓN**

Las emisiones de gases de efecto invernadero provienen de la utilización de energía como factor de producción. En Costa Rica, su uso ha ido incrementándose con el paso de los años de manera significativa, de acuerdo con las tendencias de producción y la tecnología disponible. El aumento del consumo energético, principalmente del consumo de energía fósil ha repercutido gravemente en el crecimiento de las emisiones.

Este artículo presenta algunas opciones de mitigación GEI que reflejan un esfuerzo conjunto de los sectores emisores para lograr la meta establecida para Costa Rica en el 2021.

#### **ANTECEDENTES**

En 1990 las emisiones totales netas de Costa Rica fueron de 8 mil Gg, las cuales crecieron un 1,7% entre el 1991 y el 2000 para ubicarse en los 9600 Gg.

En la década del 90 y primera mitad del 2000, las emisiones relativamente se estacionaron debido a los ciclos de recesión y recuperación económica. La situación cambia a partir de finales del 2006, y conforme la economía acelera su crecimiento, (como ha venido ocurriendo), la demanda de energía fósil se intensifica elásticamente respecto al PIB y consecuentemente también las emisiones de GEI del país.

En Costa Rica las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han crecido significativamente en los últimos años debido a la alta dependencia de la energía fósil en el sistema productivo, donde en la década de los noventas, el consumo de hidrocarburos ha pasado del 40% al 60% del consumo total de energía en Costa Rica, ubicándose así como el principal tipo de energía utilizado en el país y se resalta el caso del sector transporte, que consume aproximadamente un 70% de la energía fósil en el país.

El consumo de electricidad histórico ha sido de alrededor del 20% del consumo total de energía y se espera un comportamiento similar para los próximos años. El consumo de energía proveniente de la biomasa ha venido disminuyendo como resultado de la disminución de capa vegetal que ha sido desplazada por el crecimiento urbano, sin embargo, se mantiene un mínimo asociado ciertos sectores productivos que utilizan esta energía a partir de sus subproductos<sup>1</sup>. Finalmente, el consumo de coque y carbón mineral representa el 1% del consumo nacional de energía.

---

<sup>1</sup>Adamson Marcos, 2008. Evaluación de las necesidades tecnológicas en relación con la mitigación al cambio climático en Costa Rica para la segunda comunicación nacional de emisiones ante la convención marco de cambio climático. Centro de Estudios Económicos Ambientales (CIESA).

## METODOLOGÍA:

Siguiendo una metodología similar<sup>2</sup> a la definida en la Primera Comunicación Nacional (PCN), para resumir la actividad productiva se utilizará el Producto Interno Bruto de Costa Rica (PIB) para definir diferentes escenarios económicos de producción que permitirán calcular las demandas de energía según los sectores de: hidrocarburos, energía eléctrica y biomasa.

En base a las demandas estimadas, se procede a proyectar las emisiones GEI de estos sectores, en diferentes escenarios económicos para Costa Rica hasta el año 2030.

Para ello, se considera a la producción como una función de producción de la forma  $Y = F(K, L, E)$ , donde Y es la producción; K el nivel agregado de Capital, L el Trabajo, y E la energía, la cual, durante su utilización, y según los procesos y tecnología, genera emisiones de GEI como un residuo. De esta forma, se puede establecer una "intensidad" energética, como el producto promedio de la energía dado por  $\frac{E}{Y} = \frac{E}{F(K, L, E)}$ , así

como una intensidad de emisiones =  $\frac{GEI}{F(K, L, E)}$

Para las estimaciones de las funciones de demanda energía se define:

Demanda de hidrocarburos: presenta la siguiente forma:

$$\ln C_t^H = F([\text{PIB}_t])$$

$C_t^H$ : Demanda de Hidrocarburos en el periodo t

$\text{PIB}_t$ : PIB en el periodo t,

La cual se puede expresar como:

$$\ln C_t^H = B_0 + B_1 \ln(\text{PIB}) + B_2 \ln(\text{PIB}) * \text{Dummy} + B_3 \ln \text{Dummy} + u_t$$

Se incluye una variable dummy en el modelo para explicar el comportamiento atípico del consumo de energía en los años 2002, 2003 y 2004, los cuales, presentan un aumento significativo en el consumo de energía.

Demanda de energía Eléctrica: presenta la siguiente forma:

$$CE_t = F(\text{PIB}_t, CE_{(t-1)})$$

$CE_t$ : Consumo de energía eléctrica en el periodo presente

$\text{PIB}_t$ : Producto interno Bruto.

$CE_{(t-1)}$ : Consumo de energía eléctrica del periodo anterior.

La cual se puede expresar como:

$$\ln CE_t = B_0 + B_1 \ln(\text{PIB}) + B_2 \ln CE_{(t-1)} + u_t$$

Demanda de Energía de origen de Biomasa: para modelar el consumo de biomasa, se utilizó como variable explicativa el consumo de biomasa del periodo anterior. Esta vez, no se utilizó el PIB como variable explicativa puesto que no hay evidencia estadística significativa al 5% que corrobore alguna relación de dependencia entre consumo de biomasa y producción. La demanda de energía de origen de biomasa presenta la siguiente forma:

---

<sup>2</sup> Primera Comunicación Nacional. Adamson Marcos, 1999. El aceite de palma africana como fuente de alternativas energéticas en Costa Rica.

Marcos Adamson-Badilla

Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)

[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)

Tel-Fax: + (506) 2283-6627

$$CB_t = F(\text{Biomasa}_{(t-1)})$$

$CB_t$ : Consumo de energía a base de biomasa.

$Biomasa_{(t-1)}$ : Consumo de energía base de biomasa en el periodo anterior.

La función se puede expresar como:

$$\ln CB_t = B_0 + B_1 \ln(\text{Biomasa}_{(t-1)}) + B_2 \ln \text{Dummy} + u_t$$

Se incluyó además una variable dummy para los años que presentaron un comportamiento atípico (2004, 2005, 2006).

## RESULTADOS

Costa Rica presentaba para 1980 un PIB absoluto de 7.755 millones de dólares. Para 1989 el PIB era de 9.504 millones de dólares, reflejando una tasa de crecimiento decadal del 22,5% (para un promedio del 2,5% anual). Para 1990 el PIB fue de 9.842 millones de dólares, y para fines de esa década, en 1999, se logró un PIB de 16.048 millones de dólares, es decir casi un 63% mayor al de 1990. Más recientemente, para el 2000 el PIB fue de 16.337 millones de dólares, y para el 2007 fue de 22.960 millones de dólares, con una tasa de crecimiento del 41% (para un promedio anual del 4,6%) durante este periodo.

Con base en las tasas de crecimiento, se utilizan para proyectar el PIB absoluto en tres escenarios de producción: uno bajo (3%), uno base (4%) y uno alto (5%), para el periodo 2008-2030

Se proyecta que en el escenario bajo, el PIB absoluto alcanzará la cifra de 23,6 mil millones de dólares en el 2008, 34,7 mil millones de dólares en el 2021 y 45,3 mil millones de dólares en el 2030. En términos relativos eso significa que, en este escenario, la producción crece cerca de un 50% con respecto al 2008, y para el 2030 casi se duplica.

Se estima en el escenario base que el PIB será de 39 mil millones de dólares en el 2021 y cerca de 57 mil millones de dólares en el 2030. Este escenario proyecta que, para el 2021 la producción habrá crecido casi dos terceras partes, y para el 2030 su crecimiento será de casi un 140%.

Se proyecta que en el escenario alto el PIB ascenderá a 43 mil millones de dólares, y para el 2021, éste se habrá casi duplicado. En el 2030 se ubicará en 70 mil millones de dólares, es decir se triplicará.

Las proyecciones del PIB según los escenarios se plantean a continuación:

### Costa Rica: Proyección del PIB absoluto en millones de USD del 2005

	Año	PIB en millones de USD del 2005- Escenario Bajo	PIB en millones de USD del 2005- Escenario Base	PIB en millones de USD del 2005- Escenario Alto
<b>Proyectado</b>	2008	23.648	23.878	24.108
	2020	33.717	38.229	43.294
	2021	34.728	39.758	45.458
	2030	45.313	56.589	70.521
<b>Tasas de crecimiento anuales promedio</b>	2008-2030	3%	4%	5%

Fuente: Elaborado por M.Adamson -CIESA a partir de datos del Banco Central de Costa Rica.

### **Proyecciones de consumo**

El consumo de energía total en Costa Rica presenta una tendencia al alza. En el 2000 Costa Rica requirió un total cercano a los *107 mil Tera Julios (TJ)*. Los modelos proyectan para el 2010 en el escenario base un consumo de energía poco menor a *164 mil TJ*. El consumo de energía total para el 2030 en el escenario bajo será a *1,9* veces la consumida en el 2010; y de *2,3* y *2,8* veces para el escenario, base y alto respectivamente.

Para el 2021 se estima que el consumo energético total será cerca de 222 mil TJ; 256 mil TJ y 295 mil TJ, para el escenario bajo, base y alto respectivamente.

Para el 2030, se proyecta un consumo total de energía de 296 mil TJ en el escenario bajo y de casi 377 mil y 480 mil TJ en el escenario base y alto, respectivamente.

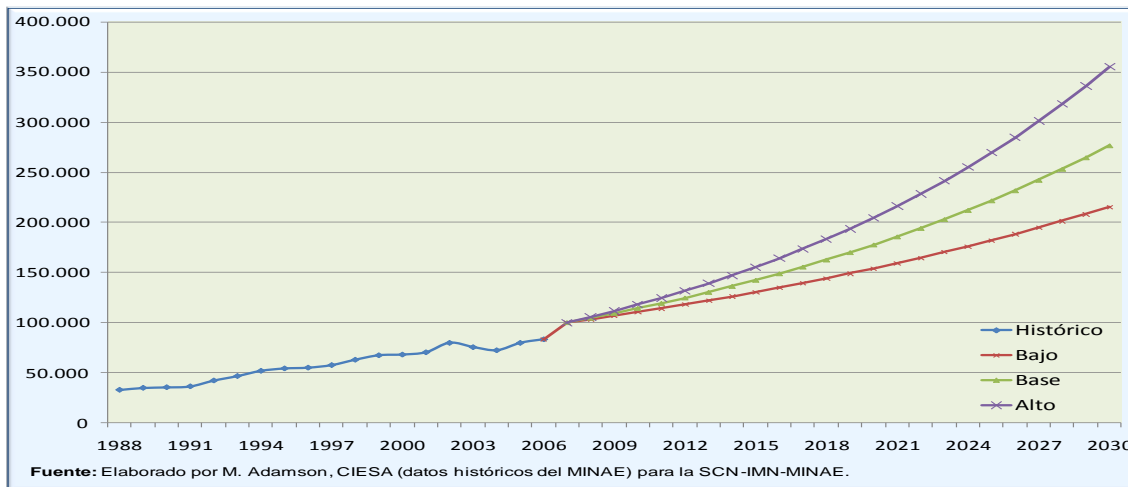
Se procede a analizar las proyecciones en el consumo de los sectores: energía fósil consolidado, donde se le hace énfasis al subsector de hidrocarburos con una descripción de consumo por tipo de fuente, combustible y vehículo. De igual forma se hacen estimaciones para la demanda de energía eléctrica y del sector biomasa.

#### Energía fósil consolidado:

Incluye el carbón, el coque y el carbón mineral. En 1990 el país requirió poco más de 35 mil TJ de energía fósil. Para el 2000 había casi duplicado sus necesidades de energía fósil (68 mil TJ), con elevada tasa de crecimiento de demanda de casi el 6% anual. Los modelos pronostican un consumo de 109 mil TJ de energía fósil para el escenario base para el 2010; y 106 mil TJ y 111 mil TJ para el escenario bajo y alto respectivamente. Esto equivale, según sea el escenario bajo, base y alto, a un incremento en el consumo respecto al del 2000, de un 62%, 67% y 73%, respectivamente.

Estos resultados apuntan a que los sectores productivos que están acelerando y moviendo la economía (construcción, turismo y comercio exterior y la demanda presión que ejerce sobre estos sobre el sector transporte público y de carga; así como agroindustria exportadora que requiere maquinaria y equipo, todos que conjuntamente) *están* adaptados a tecnologías y escalas de planta que tiende a ser cada vez más intensivas en energía fósil.

### **Costa Rica. Consumo histórico y proyectado de energía fósil según escenario de ingreso (TJ)**



### *Hidrocarburos*

En el 2000 el consumo de energía proveniente de hidrocarburos fue poco más de 68 mil TJ, y el escenario base pronostica poco menos de una duplicación para el 2010 (casi 112 mil TJ)

Los resultados para cada uno de los escenarios de crecimiento del PIB, muestran que el consumo de hidrocarburos presenta el mayor grado de respuesta en el corto plazo ante el crecimiento de la economía.

Por ejemplo en el periodo del 2001-2010, el consumo de hidrocarburos muestra una tasa de crecimiento superior en 0,5% a la del PIB según el escenario. Esto se explica por la alta elasticidad de la demanda de energía fósil nacional al PIB (elasticidad ingreso o PIB), la cual se refleja en el coeficiente de elasticidad de 1,13 aproximadamente. El consumo de hidrocarburos proyectado para el 2021 en el escenario bajo (3% de crecimiento del PIB) será poco más de 156 mil TJ; en el base (tasa de crecimiento del PIB del 4%) poco más de 182 mil TJ y en el alto (5%) poco más de 211 mil TJ. Esto representa un 144% del consumo de energía del 2010, en caso del escenario bajo, 163% y 183% para el base y alto, respectivamente. Para el 2030 el escenario base proyecta que el consumo de energía fósil será casi 2.5 veces la del 2010

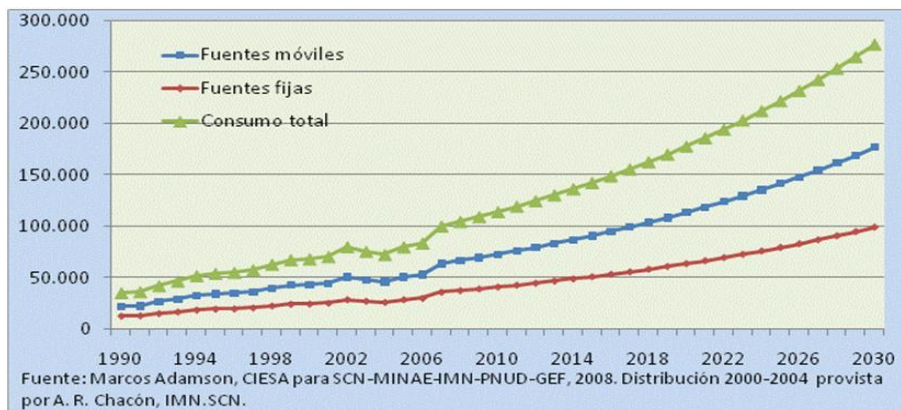
Para realizar un análisis subsectorial del consumo de energía fósil e identificación de subsectores claves para la mitigación se hace una clasificación por tipo de fuente, por tipo de combustible y por tipo de vehículo:

### Por tipo de fuente:

En 1990 la cantidad de energía fósil consumida por las fuentes móviles fue de casi 50,000 Tj, y el consumo de fuentes fijas fue de aproximadamente 28,000 Tj. Al finalizar la década, el consumo de las fuentes móviles era 1,4 veces mayor, rondando los 70,000 Tj (en el 2000). Lo mismo ocurrió con el consumo de las fuentes fijas, que casi alcanzó los 39,000 Tj..

Así mismo el consumo energético fósil de las fuentes móviles proyectado para el 2010 es de 105,000 Tj y para las fuentes fijas de 59,000 Tj. En ambos casos, este consumo se incrementará en aproximadamente un 56% al 2021, alcanzando respectivamente los 164,000 y 92,000 Tj.

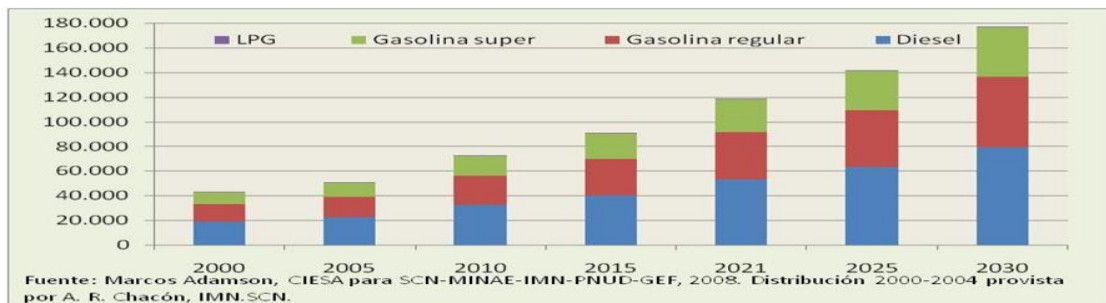
## Costa Rica: Consumo energético fósil de las fuentes móviles por tipo de fuente



### Por tipo de combustible

El diesel es el combustible más consumido por las diversas fuentes móviles, representando el 45% del consumo fósil total de estas fuentes; en el 2005 su consumo alcanzó los 31,000 Tj y se proyecta que para el 2021 llegue a consumirse un total de 73,000 Tj. Es seguido por la gasolina regular, cuyo consumo representa (32% del total), y para el 2005, éste fue de 27,000 Tj, y se proyecta que para el 2021 será de 53,000 Tj, luego se encuentra la gasolina super (23% del total), que en el 2005 su consumo fue de 19,000 Tj, y para el 2021 se espera se incremente hasta los 38,000 Tj y por último se encuentra el LPG, cuya participación relativa dentro del consumo total es casi imperceptible (un 0.1%), el 2005 fue de tan sólo 71 Tj, y para el 2021 se proyecta que alcance los 137 Tj.

## Costa Rica: Consumo fósil de las fuentes móviles por tipo de combustible

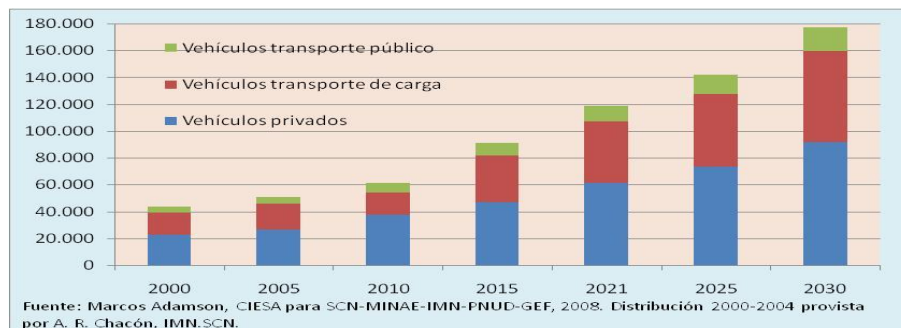


### Por tipo de vehículo:

La mayor proporción de la energía fósil consumida (el 52% del total,) es utilizada por los vehículos privados (automóviles, jeeps, motocicletas y microbuses familiares). En el 2005 la cantidad de energía consumida por los vehículos privados fue de 44,000 Tj, y se proyecta que alcance los 85,000 Tj en el 2021. Los vehículos destinados al transporte de carga también consumen una cantidad importante de energía fósil (un 38% del total). Su consumo en el 2005 fue de 32,000 Tj; y para el 2021 se prevé, llegara a ser de 63,000 Tj. El consumo del transporte público es pequeño en comparación con las otras dos categorías (un 10% del total). Para el 2005 fue de 8,000 Tj, y se proyecta un consumo de

16,000 Tj en el 2021. Esta estructura relativa se mantiene a lo largo del periodo de proyección.

**Costa Rica: Consumo energético fósil de las fuentes móviles por tipo de vehículo: histórico y proyección en el escenario base (Tj)**



**Energía eléctrica**

Las estimaciones de demanda de energía eléctrica muestran que su elasticidad-producción es menor en el corto que en el largo plazo: el coeficiente de elasticidad de corto plazo es de 0,66, mientras que el de largo plazo es de 1,15.

En el 2000 el país consumió poco más de 22 mil TJ de electricidad. Para el 2010 en el escenario base se proyecta un consumo cercano a los 36 mil TJ, lo que equivale a un crecimiento poco menor al 65%. Las proyecciones indican que para el 2030, en el escenario bajo, el consumo será casi el doble del 2010 (habrá crecido más de un 100%), y será casi un 150% y un 200% mayor que ese volumen (del 2010) en el escenario base y alto respectivamente. Para el año 2021 el consumo de energía en el escenario bajo será poco más de 50 mil TJ, 59 mil TJ y 68 mil TJ según el escenario sea el bajo, base y alto respectivamente. La tabla presenta el comportamiento histórico y estimado del consumo de energía de origen eléctrico según escenario de crecimiento de la producción.

**Consumo histórico y proyectado de energía eléctrica por escenario de ingreso (TJ)**

Año	Datos históricos	Escenario Bajo	Escenario Base	Escenario Alto	
Historia	1990				
	1996				
	2000				
Proyecciones	2010	34.919	35.831	36.757	
	2020	49.214	56.415	64.584	
	2021	50.921	59.025	68.322	
	2030	69.204	88.679	113.365	
Tasas de crecimiento	1991-2000	6,5%			
	2001-2010		4,6%	4,9%	5,1%
	2011-2020		3,5%	4,6%	5,8%
	2021-2030		3,5%	4,6%	5,8%

Fuente: Elaborado por M. Adamson, CIESA (datos históricos del MINAE) para la SCN-IMN-MINAE.

**Biomasa**

La proyección del consumo de energía de biomasa muestra una tendencia a la baja en el consumo de biomasa la cual tiende a estabilizarse alrededor de los 12 mil TJ por año. Como hipótesis se tiene que conforme la capa vegetal se sustituye por centros urbanos, cada vez será más difícil obtener energía de biomasa.

La variación histórica y proyectada en el periodo 2001-2010 es de 7,7% aproximadamente, siendo el periodo con la mayor tasa de crecimiento en el consumo de

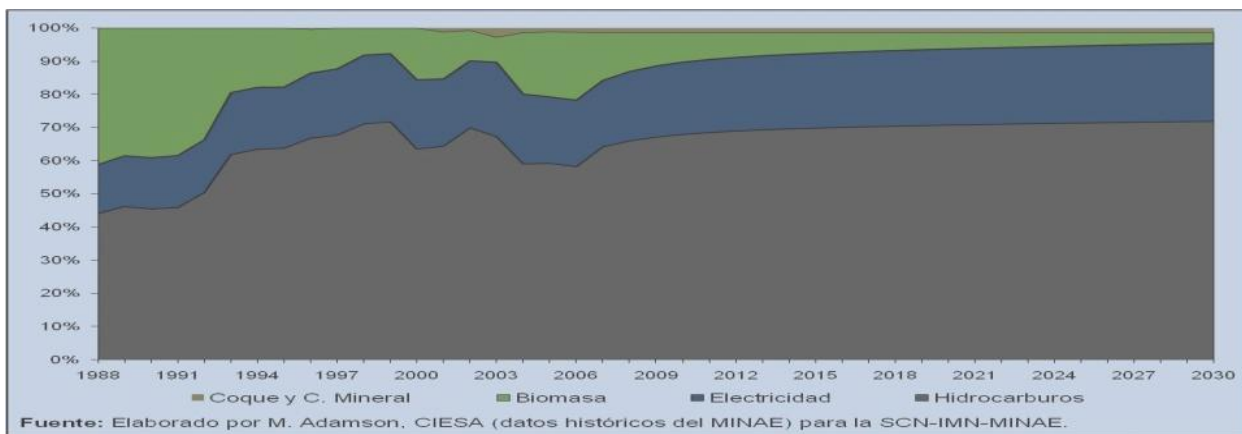
Marcos Adamson-Badilla  
 Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)  
[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)  
 Tel-Fax: + (506) 2283-6627



este tipo de energía, justificado principalmente por el alto aumento en los años 2004, 2005 y 2006.

En relación con la neutralidad, es altamente relevante considerar el crecimiento que está teniendo la contribución relativa la energía fósil y la electricidad, a expensas de la biomasa-Esto se asocia con la importante sensibilidad de la demanda de energía de hidrocarburos y la producción. En el gráfico se observa el gran crecimiento del sector fósil. Gracias a los hidrocarburos, un poco más estable el consumo de electricidad y una tendencia a disminuir del consumo de biomasa.

### Distribución relativa histórica y proyectada del consumo de energía según fuente (escenario base)



### Emisiones

Las emisiones de gases de efecto invernadero provienen de la utilización de energía como factor de producción. En Costa Rica, su uso ha ido incrementándose con el paso de los años de manera significativa, de acuerdo con las tendencias de producción y la tecnología disponible. El aumento del consumo energético, principalmente del consumo de energía fósil ha repercutido gravemente en el crecimiento de las emisiones. A continuación se proyectan las emisiones GEI en Costa Rica según los sectores y escenarios económicos: Energía, Procesos Industriales, Agropecuario, Manejo de desechos y cambio uso de suelo.

Al analizar la distribución de las emisiones GEI en Costa Rica se encuentra que, el aumento del consumo energético, principalmente del consumo de energía fósil ha repercutido gravemente en el crecimiento de las emisiones.

Para el 2030, se proyecta un consumo total de energía de 296 mil TJ en el escenario bajo y de casi 377 mil y 480 mil TJ en el escenario base y alto, respectivamente.

Marcos Adamson-Badilla

Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)

[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)

Tel-Fax: + (506) 2283-6627

## Sector energía

Dentro de este sector se consideran las emisiones generadas por el consumo de energía fósil (hidrocarburos, coque y carbón mineral, se incluye también la energía fósil utilizada en la generación de electricidad). Las Emisiones Totales de este sector y el Factor de Conversión fueron definidos de la siguiente manera:

**Emisiones totales = Energía Total \* Factor de Conversión**

**Factor de Conversión (F) = Emisiones GEI / Energía**

Con F en Gg/TJ. El factor de conversión asociado a este sector es de 0.0691 Gg/ TJ. En 1990 las emisiones del sector fósil fueron de 2.500 Gg, las cuales tuvieron un crecimiento promedio anual del 4,82% y casi se duplicaron en el 2000 (4500 Gg). Para el escenario base, estas serán en el 2009 7.500 Gg, 12 mil Gg en el 2020 y 19 mil Gg en el 2030, con una tasa de crecimiento promedio de entre el 3,5% y el 4,5%. Del mismo modo, en el escenario alto las emisiones serán de 7.700 Gg en el 2009 y alcanzarán los 24 mil Gg en el 2030, con una tasa de crecimiento promedio de entre el 3,7% y el 5,6%.

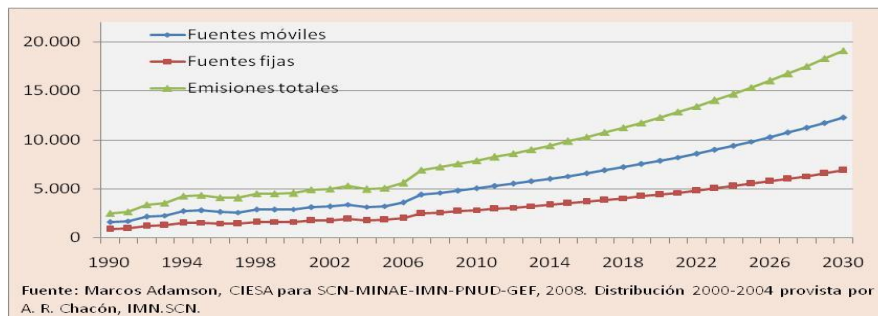
### *Hidrocarburos*

Los modelos pronostican para el escenario base que en el 2010 las fuentes móviles contribuirán con 5,000 Gg de CO<sub>2</sub>e, y que las fijas con 3,000 Gg. Además, se espera una tasa de crecimiento del 60% de las emisiones de las fuentes móviles y fuentes fijas al 2021, alcanzando respectivamente los 8,000 y 5, 000Gg aproximadamente.

### Emisiones por tipo de fuente

El consumo energético fósil de las fuentes móviles proyectado para el 2010 es de 105,000 Tj y para las fuentes fijas de 59,000 Tj. En ambos casos, este consumo se incrementará en aproximadamente un 56% al 2021, alcanzando respectivamente los 164,000 y 92,000 Tj

### **Costa Rica: Emisiones de CO<sub>2</sub>e de energía fósil, según fuente: histórico y proyección**



### Emisiones por tipo combustible

La distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub>e por tipo de combustible mantiene la misma estructura relativa de la análoga distribución del consumo fósil energético de las fuentes móviles. El diesel es el combustible que más emisiones genera, seguido por la gasolina

Marcos Adamson-Badilla

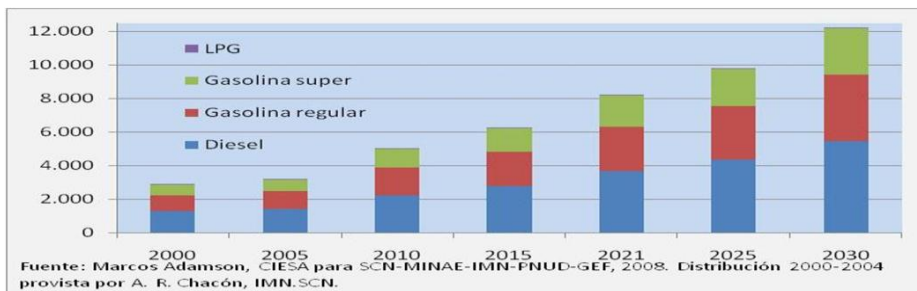
Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)

[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)

Tel-Fax: + (506) 2283-6627

regular y la gasolina súper. Y nuevamente el aporte del LPG en la cantidad total de CO2e emitido es prácticamente despreciable.

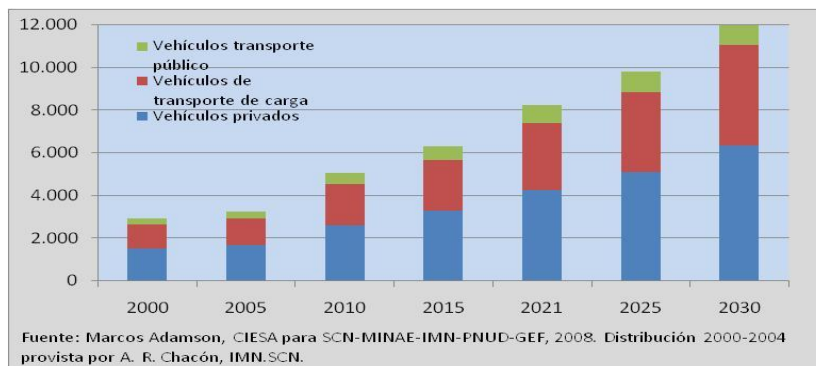
**Costa Rica: Distribución de las emisiones de CO2e de las fuentes móviles por tipo de combustible (Gg).**



Emisiones por tipo de vehículo

Los vehículos de transporte privado son los principales consumidores de energía fósil, también son los que generan la mayor cantidad de emisiones de CO2e.

**Costa Rica: Emisiones de CO2e de las fuentes móviles por tipo de vehículo (escenario base, Gg).**



**Sector de Procesos Industriales**

Las emisiones del sector de procesos industriales están determinadas por las emisiones del sector cementero. En general, si se define:

Emisiones Totales de procesos industriales:  $ET_{PI}$

Factor de Conversión:  $F$

$Y_t^C$ : Producción de cemento en el periodo  $t$

$$ET_{PI} = F * Y_t^C$$

$$\ln ET_{PI} = \ln F + \ln Y_t^C$$

$$\frac{d \ln ET_{PI}}{dt} = \gamma \quad \text{Donde } \gamma \text{ es la tasa de crecimiento de la producción de cemento.}$$

Por lo tanto, para el cálculo de las emisiones proyectadas del sector de procesos industriales se utilizó el cambio porcentual anual de la producción de cemento en los distintos escenarios. Las emisiones históricas de este sector han crecido en un 0,5% anual, pasando de 367 Gg en 1990 a 387 Gg en el 2000.

De acuerdo con las proyecciones, en el escenario bajo las emisiones para los años 2010, 2020 y 2030 son 807 Gg, 1.069 Gg y 1.415 Gg respectivamente. En el escenario base, las emisiones para el 2010 son de 1.200 Gg aproximadamente y se calcula una tasa de crecimiento promedio del 3,8% anual, con lo que las emisiones ascenderían a los 1.700 Gg al 2030. Además, en el escenario alto se espera un crecimiento promedio anual del 4,7% con lo que las emisiones pasarían de 1.400 Gg en el 2010 a casi 1.500 Gg en el 2020 y 2.200 Gg en el 2030

#### Sector Manejo de Desechos

Este sector está conformado por las emisiones de los desechos sólidos de rellenos sanitarios y aguas residuales (CH<sub>4</sub>). El factor de conversión de los desechos sólidos se calculó con base en la relación emisiones/Desechos para el periodo histórico 1990-2005, el cual es de 1,1663 Gg/TJ.

En 1990 las emisiones de este sector fueron de 711 Gg, los cuales aumentaron a 1110 Gg en el 2000. De acuerdo con las proyecciones, las emisiones para el escenario bajo, base y alto en el 2010 serán de 1332 Gg, 1391 Gg y 1461 Gg respectivamente. Para el 2020 estas habrán aumentado a 1864 Gg, 1962 Gg, y 2060 Gg. En general, las emisiones en los tres escenarios presentan tasas de crecimiento anual promedio cercanas al 3%.

#### Sector Agropecuario

La estimación de emisiones para el sector agropecuario fue desagregada en sector ganadero y sector agrícola.

Las emisiones del sector ganadero en el escenario base fueron de 1.800 Gg para el 2000. En el 2010 estas aumentaron a 1.984 Gg, para el 2020 se espera que sean 2027 Gg y al 2030 se proyectan 2035 Gg. En general, se tiene una tendencia al alza cada vez menor, esto puede ser el resultado de la disminución de la participación relativa dentro de la economía.

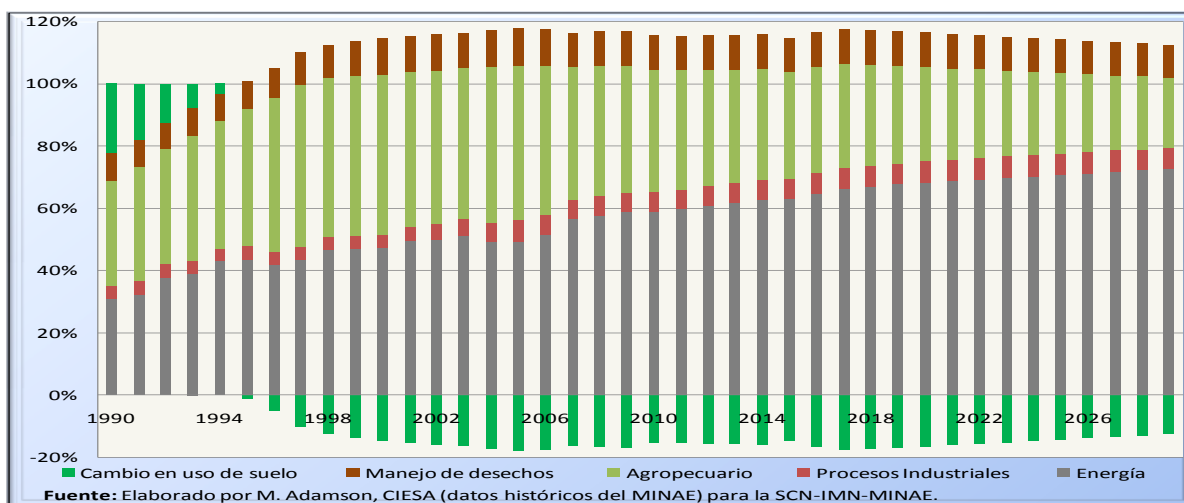
En cuanto al sector agrícola, se tiene que las emisiones pasan de 3.090 Gg en el 2000 a 3.300 Gg en el 2010 (escenario base) con una tasa de crecimiento anual promedio del 0,67%. Se espera una baja en el crecimiento anual para la siguiente década (0,47% para el periodo 2011-2020) con lo que las emisiones ascenderían a 3.400 Gg. Para el 2030 las proyecciones indican un volumen de emisiones de 3.696 Gg.

### **Costa Rica. Emisiones totales netas (Gg CO<sub>2</sub>e), escenario base: histórico y proyecciones**

Año	Emisiones totales	Energía	Porcesos industriales	Agropecuario	Manejo de desechos	Cambio Uso de suelo
1990	8.153	2.502	368	2.764	711	1.808
2000	9.614	4.561	388	4.964	1.110	-1.410
2010	13.396	7.887	845	5.287	1.435	-2.058
2015	15.636	9.840	1.018	5.401	1.677	-2.300
2021	18.646	12.836	1.273	5.499	2.025	-2.988
2030	26.158	19.130	1.780	5.731	2.706	-3.189
Tasa de variación interanual de las emisiones totales						
2000-2009	3,1%	3,49%	7,8%	0,63%	2,61%	4%
2010-2020	3,1%	4,53%	3,8%	0,37%	3,18%	4%
2021-2030	3,8%	4,53%	3,8%	0,44%	3,27%	1%

Fuente: Elaborado por Marcos CIESA para la SCN-IMN-MINAE-GEFF, 2008

### Costa Rica: Distribución relativa de las emisiones netas totales de CO<sub>2</sub>e, según fuente



### Opciones de mitigación

A continuación, se presentan algunas opciones de mitigación que permiten visualizar la tendencia de las emisiones en los distintos sectores, de acuerdo con las metas

Marcos Adamson-Badilla  
 Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)  
[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)  
 Tel-Fax: + (506) 2283-6627

establecidas. Se presentan tres opciones en las que se logra la Neutralidad del Carbono en el 2021, y otras en las que la neutralidad es tardía.

#### Opción de Mitigación A:

Presenta una reducción acumulada de más de 18 mil Gg al 2021. Esta disminución se da a través de reducciones en los distintos sectores emisores. Las metas fijadas al 2021 de reducción son un 81% en el sector fósil, 91% en el sector agropecuario, 81% en el sector de manejo de desechos, 100% en el sector de procesos industriales y nivel de 15% de fijación de emisiones por parte del sector de cambio de uso de suelo.

#### La opción B de mitigación B:

Presenta las siguientes metas de reducción por sector para el 2021: 90% para el sector fósil, 65% para el sector agropecuario, 95% para el sector de manejo de desechos, 100% para el sector de procesos industriales, 15% de fijación de emisiones del sector de cambio de uso de suelo.

#### Opción de mitigación C:

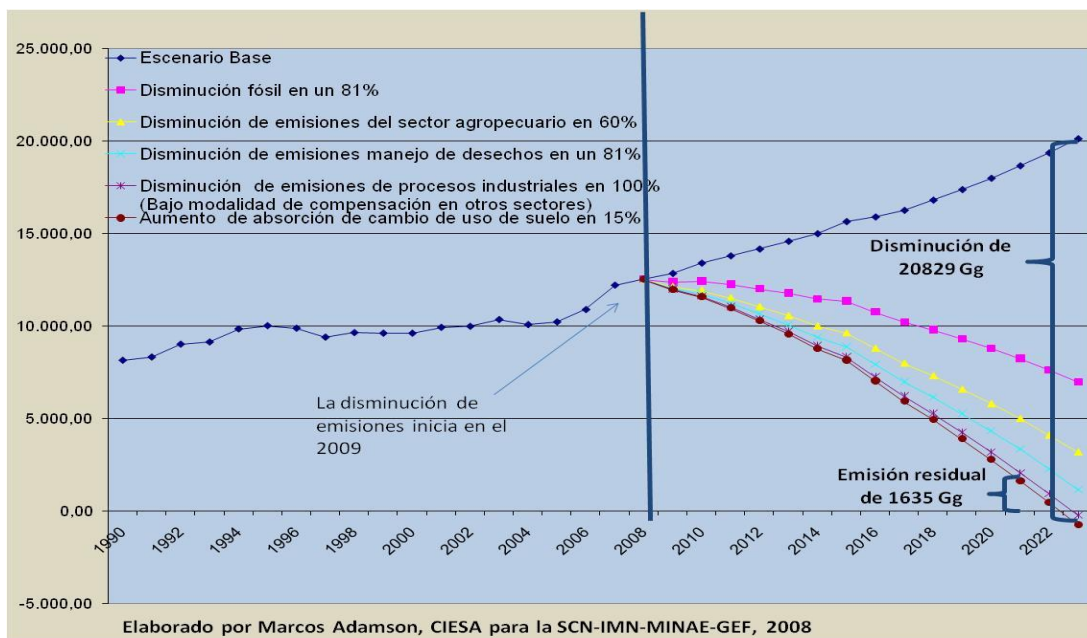
En la opción C para el 2021 son de 91% en el sector fósil, 50% en el sector agropecuario, 95% en el sector de manejo de desechos, 90% en el sector de procesos industriales y 42% de fijación de emisiones en el sector de cambio uso de suelo.

En estas tres opciones presentadas, puede apreciarse que las metas de reducción de los distintos sectores son relativamente altas, lo que presupone que su cumplimiento sería complicado, tomando en cuenta todas las variantes que conlleva para los distintos sectores el cumplimiento de tales metas.

#### Opciones de Mitigación con Neutralidad Retardada

Opción de mitigación D: Esta opción presenta para el 2021 una meta de reducción del 81% para el sector de manejo de desechos y de energía fósil, un 59% para el sector agropecuario, 100% en procesos industriales y 15% de fijación del sector de cambio uso de suelo. Con estas metas sectoriales se tendría una emisión residual de 1.600 Gg, por lo que la C-Neutralidad se alcanzaría hasta el 2023.

### **Costa Rica: Reducción de las emisiones GEI con la Opción de mitigación D**



### Opción de Mitigación E:

La opción de mitigación E presenta unas metas de reducción sectoriales al 2021 de un 70% en los sectores de manejo de desechos y de energía fósil, un 40% en el sector agropecuario y un 100% en procesos industriales. En esta opción no se incluye el sector cambio de uso de suelo. El nivel de emisiones residuales para ese año es de 7 mil Gg. La meta de neutralidad se alcanzaría para el 2026.

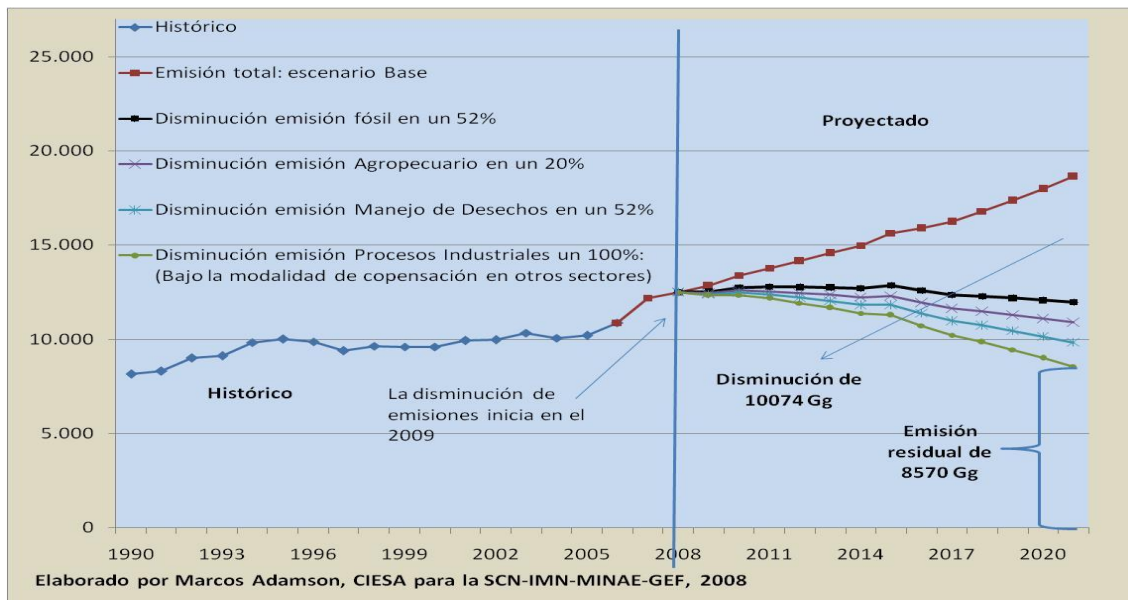
### Opciones de Mitigación Similares a países miembros del Anexo I

Las siguientes dos opciones presentadas no cumplen la meta de neutralidad del carbono, sino que fijan metas de reducción sectorial en las que se mantienen los volúmenes de emisiones de la década de los noventa, estas opciones presentan metas de reducción menores a las expuestas anteriormente y surgen como una alternativa para estabilizar el crecimiento de las emisiones GEI en Costa Rica.

### Opción de Mitigación F

Las metas sectoriales de reducción establecidas para el 2021 son las siguientes: sector de manejo de desechos y fósil del 52%, reducción del 20% de las emisiones del sector agropecuario y 100% de reducción de las emisiones de procesos industriales. Con estas metas, se obtendría para el 2021 una reducción de 10 mil Gg y un nivel residual de 8.500 Gg.

## Costa Rica: Reducción de las emisiones GEI con la Opción de mitigación F



### Opción de Mitigación G

La opción de mitigación G tiene como metas de reducción para el 2021 una disminución del 52% de las emisiones del sector fósil, un 100% de reducción de las emisiones en los sectores de procesos industriales y manejo de desechos y una reducción del 20% de las emisiones del sector agropecuario. El porcentaje de reducción total al 2021 sería de un 43% de las emisiones, lo que equivale a 8 mil Gg, con un nivel residual de emisiones de 10 mil Gg.

## CONCLUSIONES

Debido a que las emisiones en Costa Rica están vinculadas positivamente con el consumo de energía, ante el aumento en el consumo energético de Costa Rica la cantidad de emisiones GEI ha crecido considerablemente.

En un escenario, en el que los hidrocarburos conformarán cerca del 60% de la energía total consumida en el país, se repercutirá directamente sobre el nivel de emisiones GEI y es el principal componente de la energía fósil, que contribuye a que este sector sea el principal emisor en el país.

Marcos Adamson-Badilla  
 Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)  
[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)  
 Tel-Fax: + (506) 2283-6627



Las emisiones de este sector constituyen más del 60% del total de las emisiones, en gran parte a la tecnología de los sectores productivos del país que son intensivos en el uso de esta energía.

Una opción de mitigación debe cumplir con aspectos como la transparencia y la información a todos los sectores vinculados, debe permitir la posibilidad de adaptación de estos sectores y debe ser un esfuerzo conjunto en el que prevalezca la credibilidad. Es necesario que las acciones a tomar sean sostenibles y halla un esfuerzo conjunto entre el Estado y los sectores productivos.

Las opciones de mitigación implican procesos de internalización de los costos asociados a la emisión de gases GEI, el reto está en encontrar las acciones que permitan internalizar estos costos con una repercusión mínima en los esquemas productivos de la economía.

Las opciones de mitigación con meta de neutralidad al 2021 requieren de reducciones drásticas de más del 80% en los sectores emisores y de al menos un 15% de fijación por parte del sector de cambio uso de suelo.

Las opciones de mitigación con neutralidad retardada requieren de reducciones menores al caso anterior, pero igualmente pueden considerarse como significativas. Las opciones de mitigación que buscan mantener el nivel de emisiones GEI similar al que hubo en los años noventa, requieren cambios relativamente accesibles respecto a los casos anteriores, en este caso, se tendría que aceptar un nivel residual cercano a los 8 mil Gg, lo cual son metas más viables para la estructura y la internalización de costos de Costa Rica.

Los incrementos en la producción, están requiriendo incrementos, proporcionalmente mayores en energía fósil y a una relación tecnológica productiva intensiva en emisiones GEI, la cual ha sido incentivada, de diversas formas, que se resume básicamente en la ausencia de políticas públicas que incentiven el uso de tecnologías poco intensivas en emisiones GEI y desincentiven las tecnologías intensivas en estas emisiones. Entre otros, se refleja en una muy limitada disponibilidad de tecnologías a base de fuentes energéticas con costos relativos menores o iguales a las fósiles.

Lo anterior ha generado como resultado en Costa Rica, un sector productivo y un sistema social que para su funcionamiento es intensivo en energía fósil a pesar del importante esfuerzo realizado en la generación hidroeléctrica y, en menor medida, otra energía renovable como la eólica y geotérmica, y prácticamente inexistente como la solar, entre otras.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Adamson Badilla, M. CIESA. "Evaluación de escenarios económicos para la estimación y análisis de mitigación de GEI en Costa Rica". En marco del proyecto: Mejoramiento de la capacidad nacional para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: Para el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (*Ref.:COS/95/G31*) e Instituto Meteorológico Nacional-Ministerio del Ambiente y Energía de Costa Rica. 1999. Para la Primera Comunicación Nacional.

Marcos Adamson-Badilla  
Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)  
[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)  
Tel-Fax: + (506) 2283-6627

Adamson Badilla, "Definición de la metodología de internalización de los costos ambientales en los estados tarifarios", CIESA para la ARESEP, 2003

Costa Rica. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. Plan Nacional de Desarrollo "Jorge Manuel Dengo Obregón"; 2006- 2010 / Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica -- San José, C.R: MIDEPLAN, 2007. 136 p.: il. + 1 disco compacto. Versión pdf.

Costa Rica. Ministerio de Planificación Nacional y de Política Económica. Plan Nacional de Desarrollo "Monseñor Víctor Manuel Sanabria", 2002-2006 / Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica --San José, C.R.: MIDEPLAN, 2003. Versión electrónica. Diversos artículos periodísticos sobre energía y emisiones GEI en Costa Rica del periódico La Nación.

Encuentro Nacional Cambio Climático: Hacia la Carbono Neutralidad. MINAE, Enero 2008. San José. Costa Rica.

IMN-MINAE, "National Inventory of Sources and Sinks of Greenhouse Gases in Costa Rica" (Proyect GF/4102-92-42 (PP/3011)), IMIN- MINAE, 1996

Instituto Costarricense de Electricidad, Centro Nacional de Planificación eléctrica, proceso de expansión integrada "Plan de Expansión de la Generación Eléctrica periodo 2006-2025" San José, Costa Rica, ICE, 2006. Versión pdf.

Informes de resultados y páginas web de diversas instituciones (CNFL, MAG, MINAE, PROCOMER, BCCR, INEC, MIDEPLAN).

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

J. Montenegro, W. Alpízar, Ana Rita Chacón. Diversos datos y parámetros. IMN-MINAE-Proyecto de Cambio Climático. Información provista durante talleres de trabajo y de coordinación. 2008.

P. Manso y D. De Ford. 2007. "Políticas de incentivos para la producción y uso de biocombustibles". IMN-MINAE. Documento de trabajo interno, fotocopiado. Perfil y Plan de Acción de la Iniciativa Paz con la Naturaleza, borrador, MINAE 2008.

"Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático". 2000. IMN- MINAE. San José, Costa Rica. Política Energética. División Sectorial de Energía, MINAE, Borrador, 2007

Marcos Adamson-Badilla  
Centro de Estudios Económicos y Ambientales (CIESA)  
[adamson.b@gmail.com](mailto:adamson.b@gmail.com)  
Tel-Fax: + (506) 2283-6627