

# OPORTUNIDADES Y RIESGOS DE LA TRANSICIÓN HACIA ECONOMIA CARBONO NEUTRALES

Dr. Luis Miguel Galindo

# Introducción

- Demanda de información
- Riesgos físicos y transición climática
- Magnitud y urgencia
- Estilo de desarrollo
- Modelo Estructural

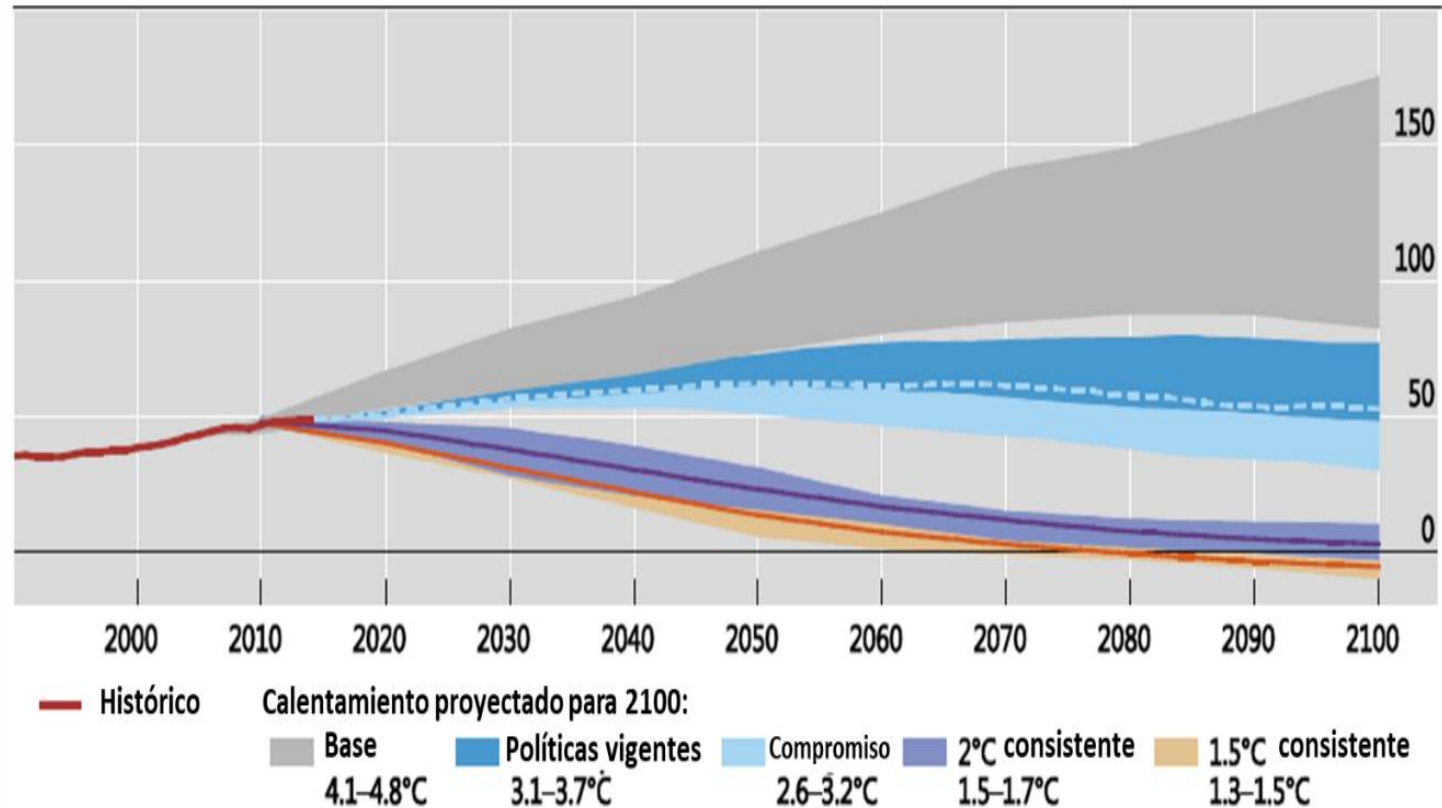
# Escenarios NGFS

Desordenado: Respuesta retrasada, divergente que cumple con las metas de 1.5°C – 2°C	Too Little, too late
Ordenado: Respuesta paulatina que cumple con las metas de 1.5°C – 2°C	Hot House: Respuesta insuficiente donde algunos países actúan: (NDC) y políticas actuales

# Antecedentes

Figura 1. Trayectorias de descarbonización de la economía.

Emisiones globales de gases de efecto invernadero (GtCO<sub>2</sub>e / año)

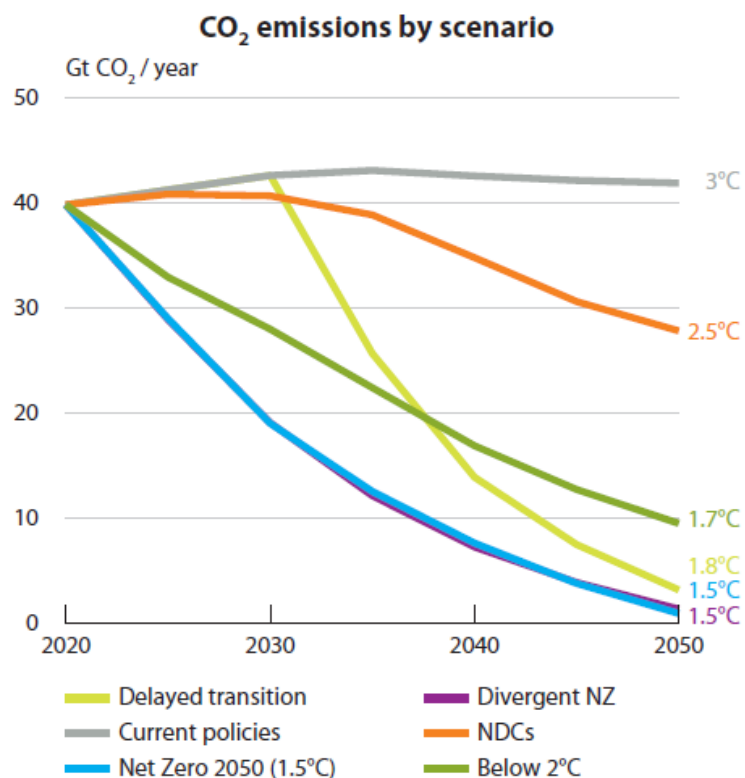


Fuente: Bolton, et., al. 2020 “The green swan Central banking and financial stability in the age of climate change”.

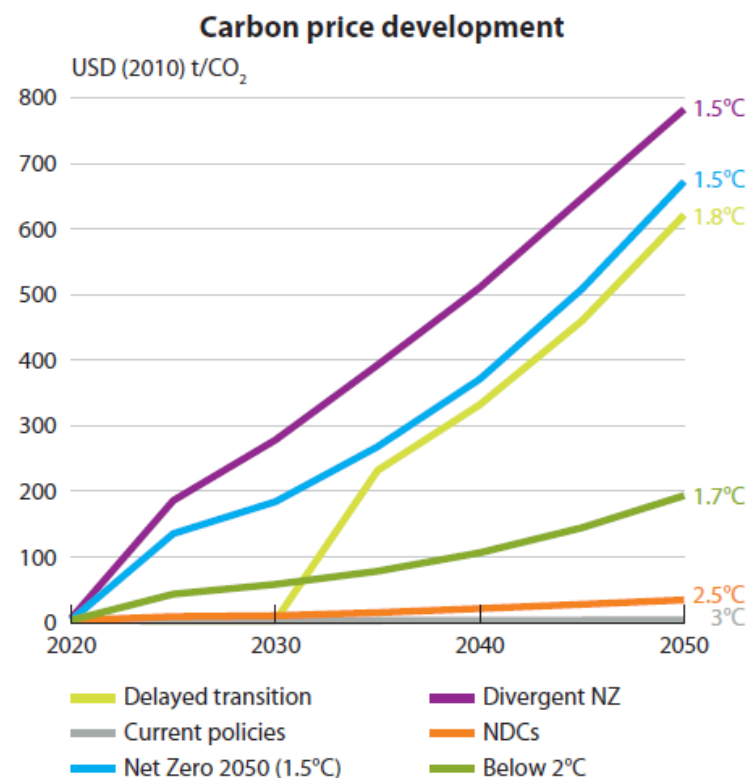
# Riesgos de la transición climática

Políticas y regulaciones	Tecnología	Preferencias del consumidor
Regulaciones al CO <sub>2</sub> e	Cambios tecnológicos	Cambios demanda
Precio al CO <sub>2</sub> e	Insumos	Elasticidad ingreso y precio

# Escenarios NGFS: Emisiones y precio al CO<sub>2</sub>e



Source: IIASA NGFS Climate Scenarios Database, REMIND model.  
End of century warming outcomes shown.



Source: IIASA NGFS Climate Scenarios Database, REMIND model.  
Carbon prices are weighted global averages. End of century warming outcomes shown.

# Escenarios de transición climática: NGFS (2021)

Escenarios	Características
Transición ordenada	Temperatura: 1.5°C – 2°C. Carbono neutral 2050- 2070. Precio al carbono USD \$10 tCO <sub>2</sub> e anual en 2020. Tecnología CDR. Activos varados.
Transición desordenada	Temperatura: 1.5°C – 2°C. Carbono neutral 2050 (debido a retraso). Precio al carbono USD \$35 tCO <sub>2</sub> e anual en 2030. Tecnología CDR. Activos varados.
Clima caliente (Hot house) (Políticas actuales - BAU)	Temperatura: 3°C (NDC) – 4°C. No precio al carbono.

# Los números de la descarbonización

- Limitar el aumento de temperatura en 1.5 °C requiere que las emisiones de CO<sub>2</sub> sean 45% menores al nivel de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 2010 en el 2030 y que lleguen a cero emisiones netas en 2050 (2045-2055). Retrasar el **pico de emisiones...1.5 °C** (IPCC, 2018, pp. 95).
- Limitar el aumento de la temperatura en 2 °C (escenario con 66% de probabilidad) requiere reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 25% al 2030 y alcanzar cero emisiones netas en 2070 (2065-2080) (IPCC, 2018, pp. 95).
- La descarbonización implica llegar a cero **emisiones netas per cápita** en economías avanzadas y al menos a 2.0 tCO<sub>2</sub>e per cápita en las economías emergentes y en desarrollo al 2050 (IEA, 2021, pp. 53).
- La eficiencia energética deberá aumentar **4% anual** hasta 2030 que implica triplicar la tasa actual.
- La participación de energías renovables en la generación de electricidad deberá ubicarse en un rango entre **59% y 97%** en un escenario de 1.5 °C en 2050 (IPCC, 2018, pp. 97). Electrificación de la economía.
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen en **95%** en el sector transporte al 2050 (20% al 2030) (IEA, 2021, pp. 99, IPCC, 2018, pp. 142).
- La venta de autos eléctricos representará el **50% y 60% de las nuevas ventas de autos entre 2030-2035** en referencia a 5% en 2020 y prácticamente el total de autos vendidos a partir de 2035 (IEA, 2021, pp. 20, pp. 70, pp. 90).



# Metas sectoriales

Sectores	Metas
<b>Sector energía: Consecuencias al 2030 (IEA, 2021, pp. 15)</b>	La eficiencia energética deberá aumentar 4% anual hasta 2030 que implica triplicar la tasa actual (IEA, 2021, pp. 15).
<b>Sector eléctrico:</b>	<p>La participación de energías renovables en la generación de electricidad deberá ubicarse en un rango entre 59% y 97% en un escenario de 1.5°C en 2050 (IPCC, 2018, pp. 97).</p> <p>Entre 70%-90% de la generación de electricidad deberá provenir de energías renovables en 2050 (IEA, 2015, pp. 60, pp. 20, IPCC, 2018, pp. 134, IEA, 2017b).</p> <p>La participación de la electricidad en la oferta de energía en los escenarios de 1.5 °C es de 34% - 71% al 2050 (IPCC; 2018, pp. 134) y la electricidad deberá representar el 50% del consumo de energía en 2050 (IEA, 2021, pp. 18).</p> <p>Amplio proceso de electrificación en el conjunto de las actividades económicas.</p> <p>La demanda de electricidad deberá desacoplarse de la evolución del ingreso y atenuarse su ritmo de crecimiento. Por ejemplo, se proyecta una reducción de entre 10-15% de la demanda de energía en un escenario bajo en carbono (IEA, 2021).</p>
<b>El sector industrial:</b>	<p>La demanda de energía en el sector industrial aumentara entre 5% y 30% en escenarios de 1.5 °C y 2 °C al 2050, las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen entre 50% y 80% y la intensidad carbónica entre 60% y 80% incluyendo cambio en combustibles al 2050 (IPCC; 2018, pp. 138).</p> <p>Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria se reducen en 95% en 2050 (20% en 2030) (IEA; 2021, pp. 19, pp. 99).</p> <p>El 90% de la industria pesada es baja en emisiones en 2050 (IEA, 2021. pp. 20).</p>
<b>El sector de la energía:</b>	<p>Las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen en 95% al 2050 (20% al 2030) (IEA, 2021, pp. 99, IPCC, 2018, pp. 142).</p> <p>La venta de autos eléctricos representará el 50% y 60% de las nuevas ventas de autos entre 2030-2035 en referencia a 5% en 2020 y prácticamente el total de autos vendidos a partir de 2035 (IEA, 2021, pp. 20, pp. 70, pp. 90).</p> <p>La venta de camiones representa el 50% de las nuevas ventas de autos en 2035 y prácticamente el total en 2050 (IEA, 2021, pp. 20).</p> <p>Los autos eléctricos representan el 20% de los autos en circulación en 2030 y 60% en 2040 (del 1% actual) (IEA, 2021).</p>
<b>Edificios</b>	<p>Las emisiones de CO<sub>2</sub> de los edificios deberán reducirse en 40% al 2030 y al 95% en 2050 (IEA, 2021, pp. 99). (IPCC, 2018, pp. 142).</p> <p>El 85% de los edificios serán carbono neutral en 2050.</p>
<b>El sector agropecuario:</b>	<p>Se estabiliza o reduce la expansión de la frontera agrícola (IPCC, 2018, pp. 97).</p> <p>La superficie agrícola disminuye en escenarios de 1.5 °C debido a mayor eficiencia e intensificación en la producción, cambios en los patrones de consumo y la instrumentación de diversas políticas públicas (IPCC, 2018, pp. 144).</p>
<b>Cambio de uso de suelo</b>	Los escenarios consistentes con 1.5°C requieren llegar a cero emisiones netas a mitad de siglo y posteriormente alcanzar emisiones de CO <sub>2</sub> negativas (IPCC, 2018, pp. 114).
<b>Almacenamiento de CO<sub>2</sub></b>	<p>La captura de carbono debe de alcanzar 15 Gt de CO<sub>2</sub> al 2050 en los escenarios promedio del IPCC (2018) (IEA, 2021).</p> <p>El almacenamiento de CO<sub>2</sub> proveniente de la energía llegara a 7.4 Gt en 2050 (IEA, 2021, pp. 80).</p>

# Activos varados

Ejemplo: Activos varados: (*stranded assets*).

Los activos varados globales en los escenarios de aumento de temperatura de 1.5°C y 2°C corresponden a **35% en petróleo, 52% en gas natural y en 88% en carbón de las reservas totales** (McGlade y Ekins, 2015).

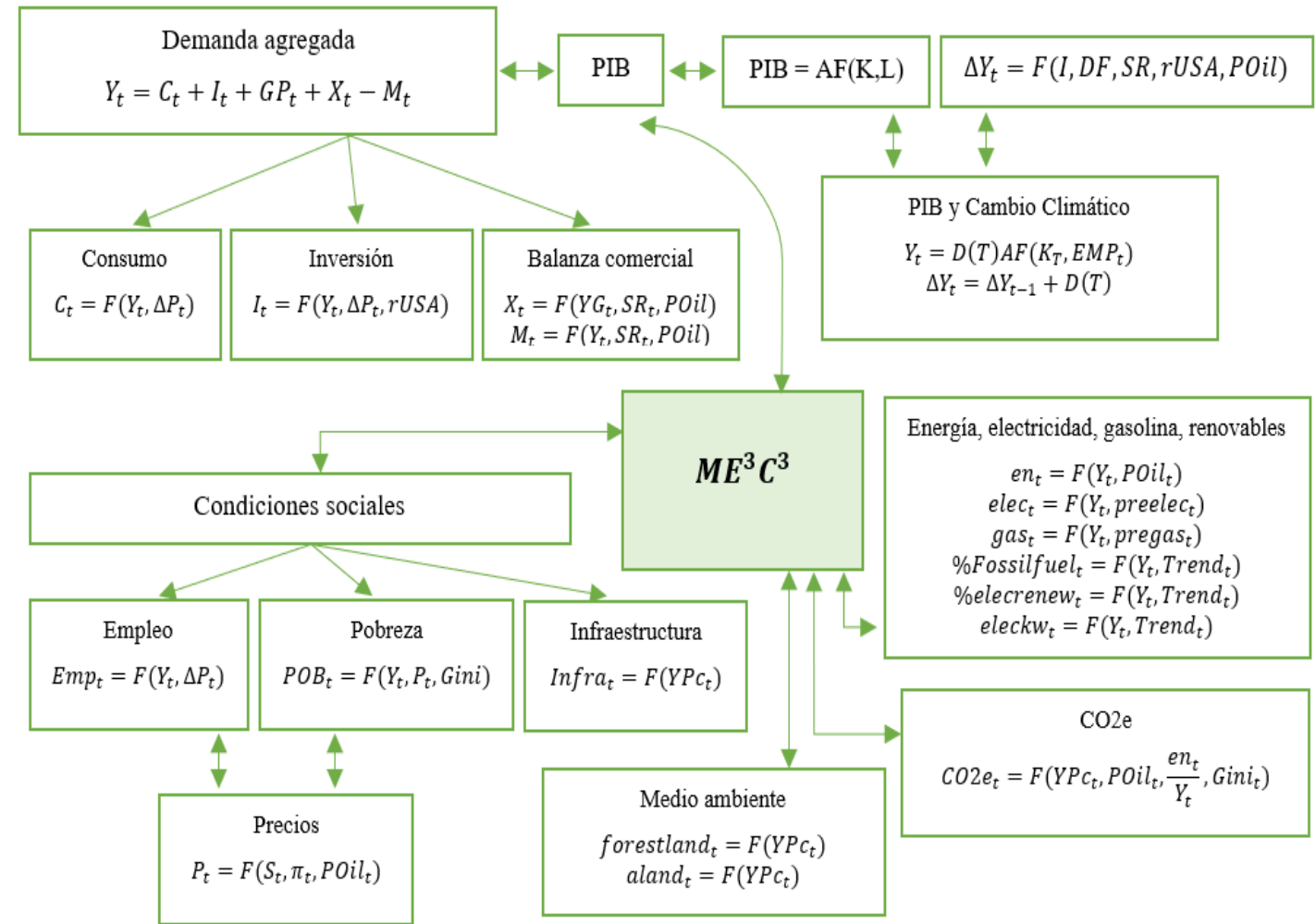
Uso durante toda su vida útil de la infraestructura energética, eléctrica, industrial y de transporte actual implica emisiones de aproximadamente 650 GtCO<sub>2</sub>, que son inconsistentes con emisiones de 420-580 GtCO<sub>2</sub> para alcanzar la meta de 1,5°C y que representan alrededor de 2/3 partes de las emisiones de la meta de 2°C (Tong, *et. al.*, 2019, BID y DDPLAC, 2019).

La producción de petróleo debería reducirse a menos de 4 millones de barriles diarios en América Latina y el Caribe en 2035 (ello representa aproximadamente 60% menos de producción petrolera previo al Covid-19) (Solano-Rodríguez *et al.*, 2019).

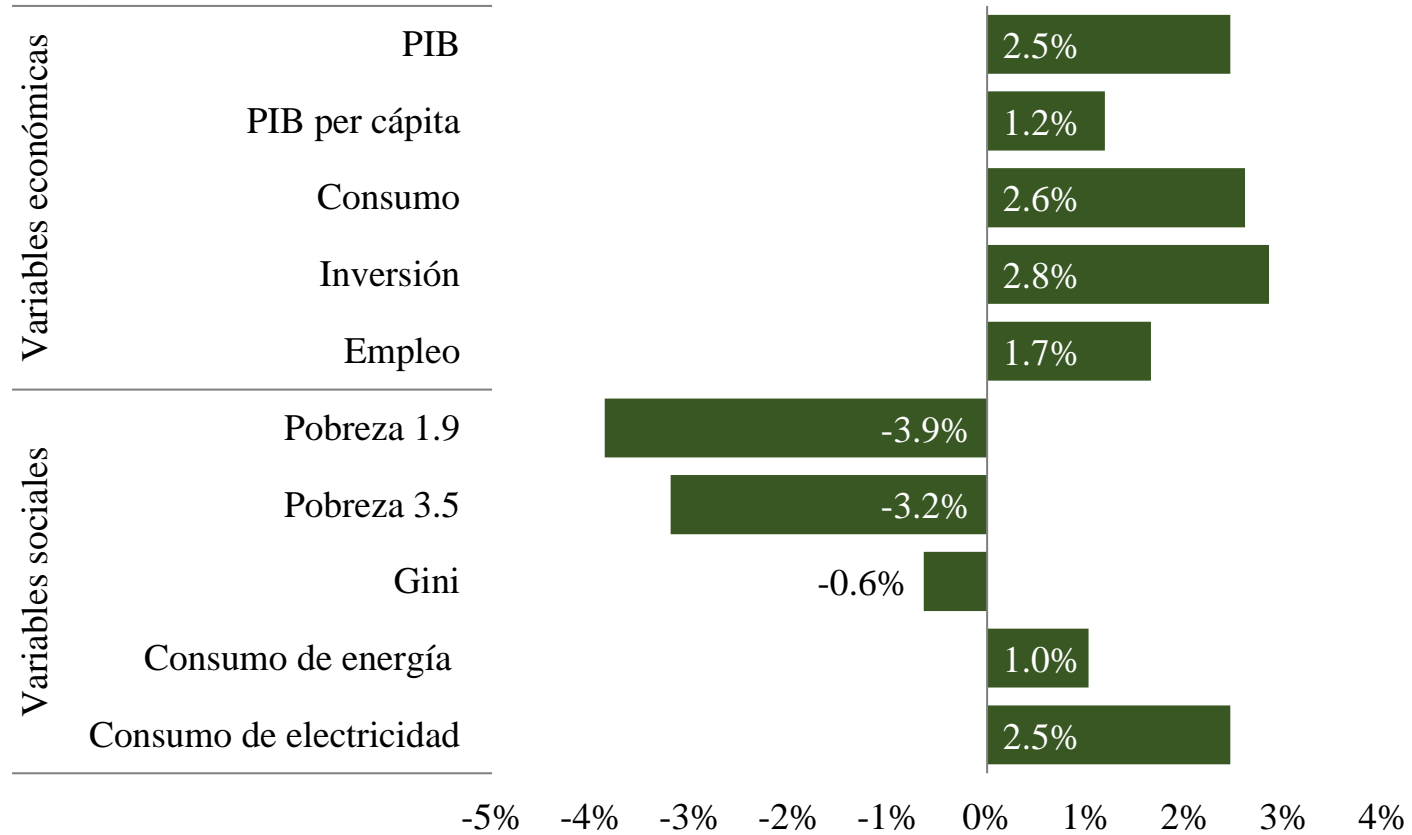
# Políticas públicas

- Presupuesto al carbono.
- Precio al carbono.
- Eficiencia energética y carbónica
- Tecnología
- Fiscal
- Financiero
- Regulaciones

# Estructura del ME<sup>3</sup>C<sup>3</sup>



# Base de datos



# Marco:

Función de producción:

$$(5) \quad Y_t = D(T_t)TFP_t F(K_t, Emp_t),$$

$TFP_t$ :

$$(6) \quad TFP_t = Y_t^p - Y_t,$$

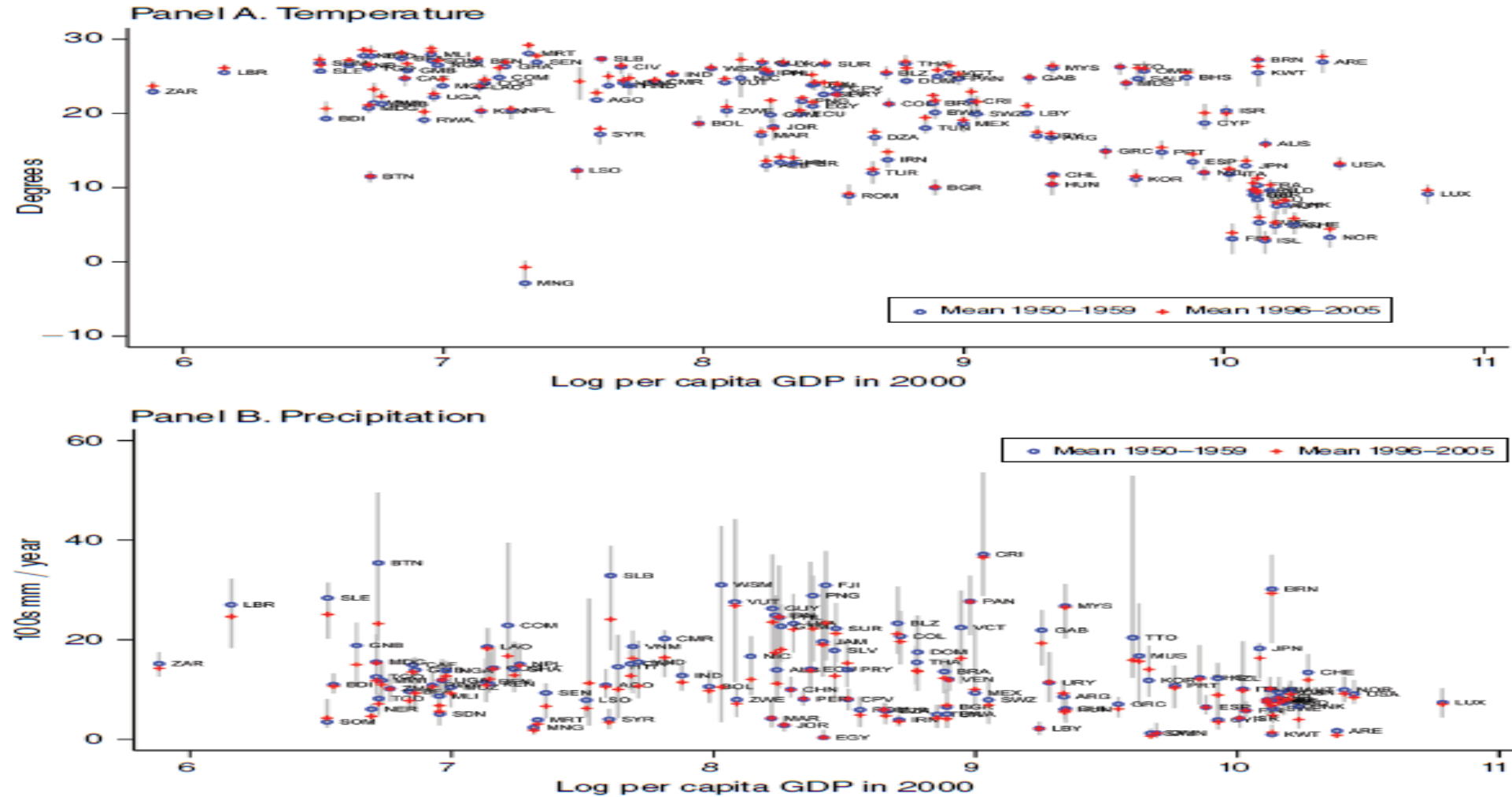
La función de producción en términos *per cápita* como:

$$(7) \quad y_t = K_t^\alpha TFP_t^{1-\alpha},$$

Puede expresarse como:

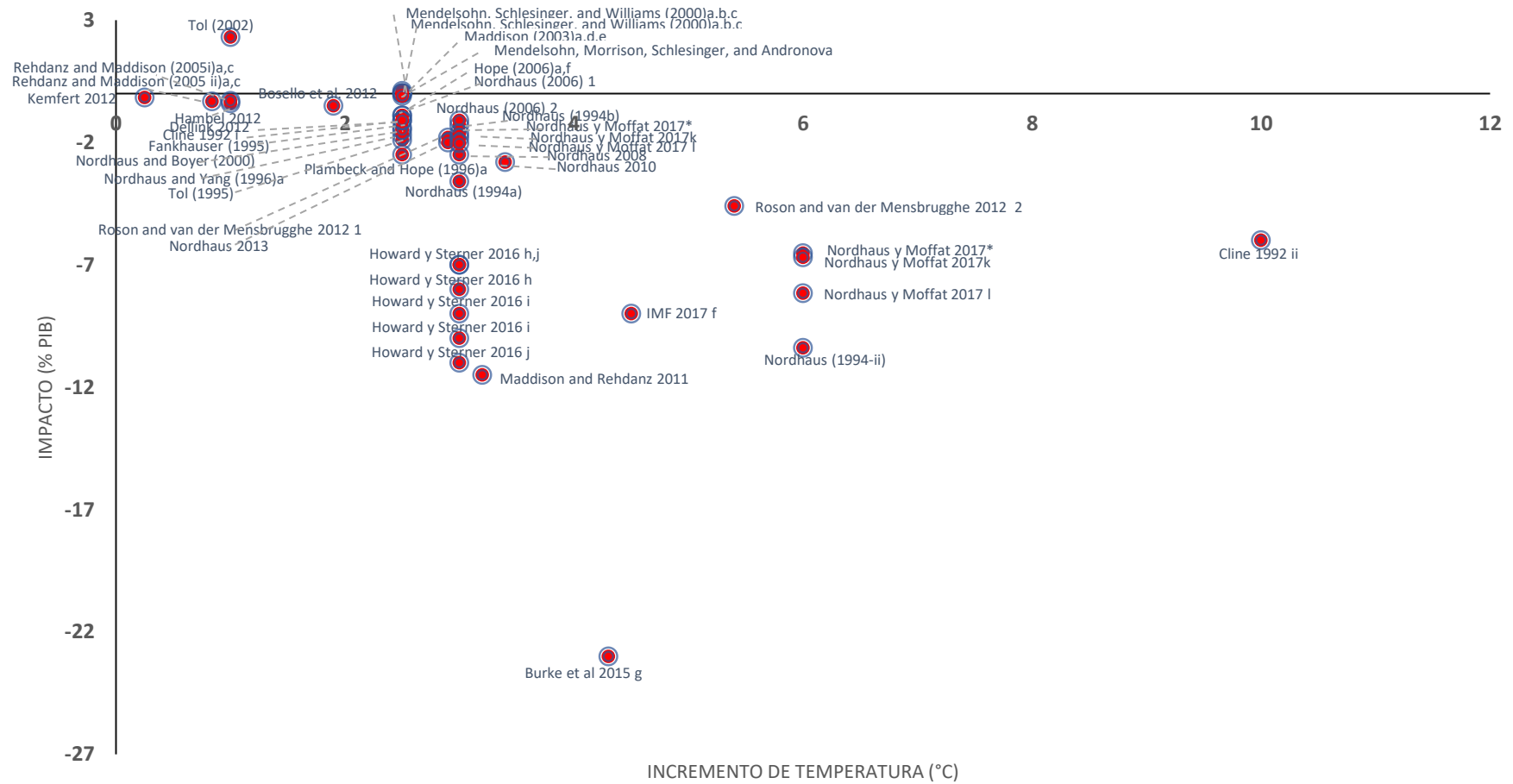
$$(8) \quad \frac{Y_t}{L_t} = \alpha \frac{K_t}{L_t} + (1 - \alpha)TFP_t + u_t.$$

# Clima y PIB *per cápita*



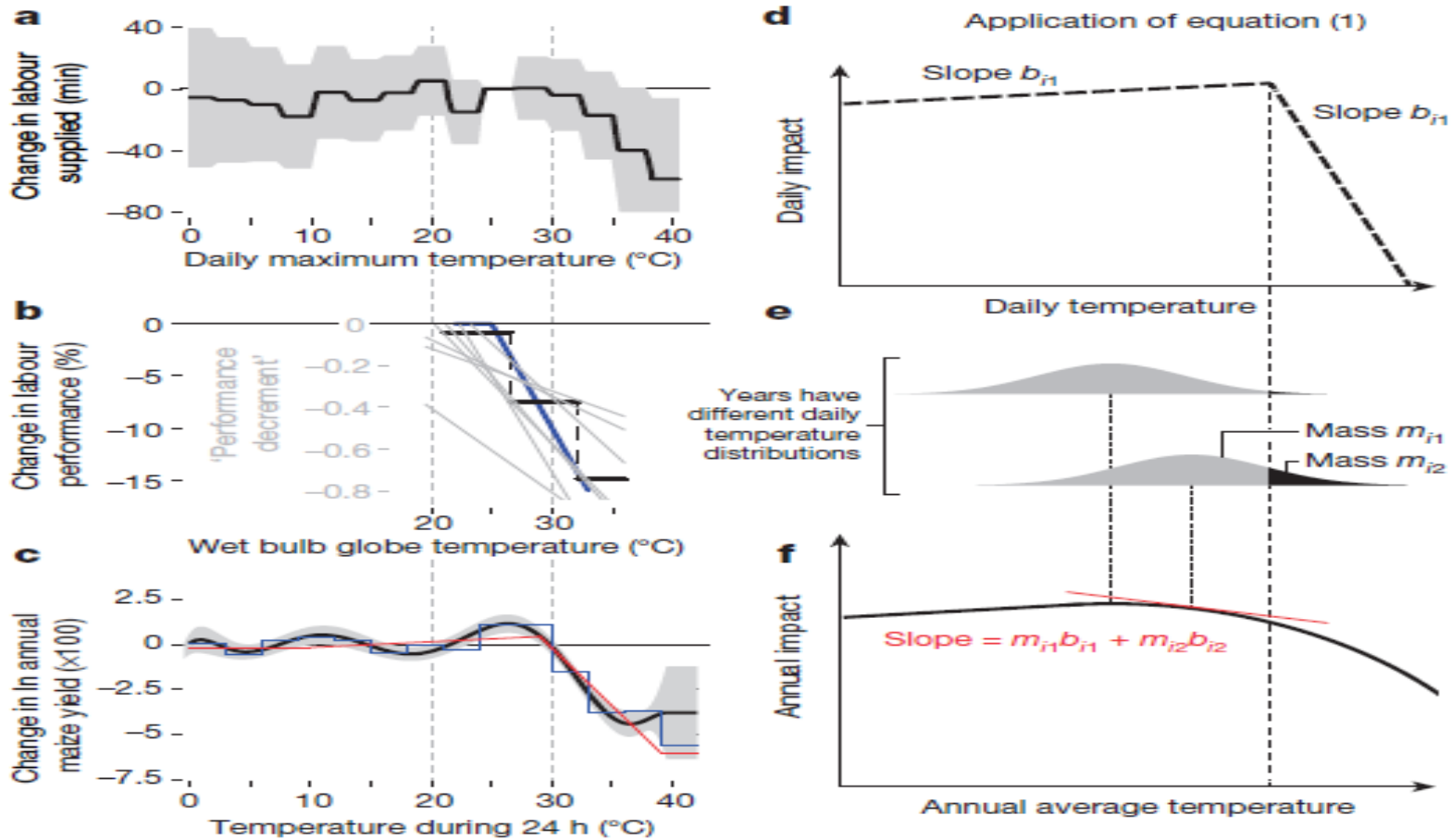
Fuente: Dell, *et. al.*, (2012)

# Costos del cambio climático





# Efectos non-lineales generalizados



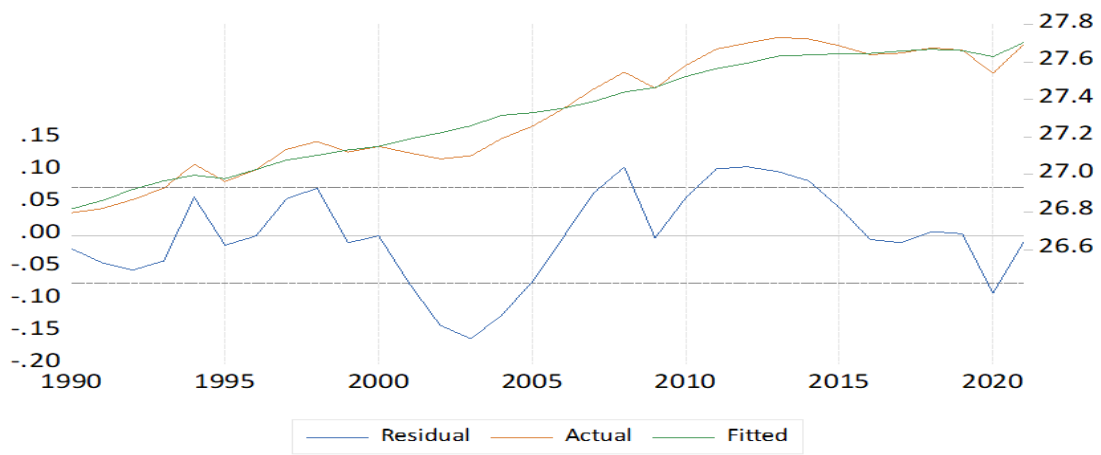
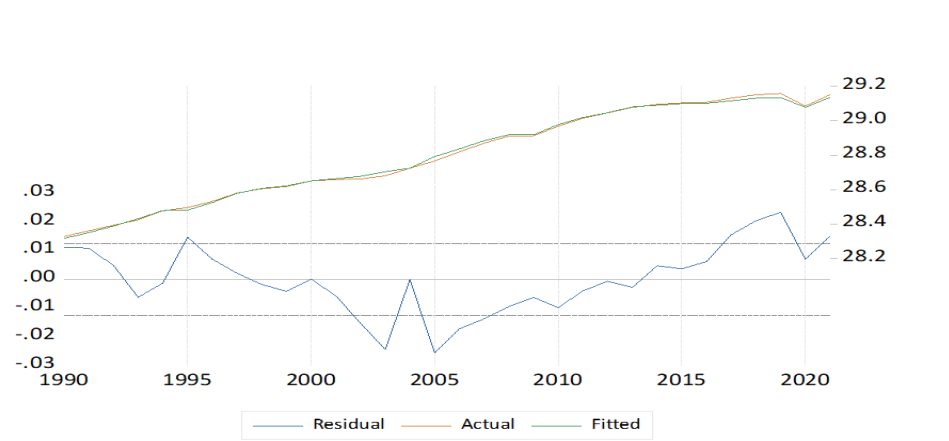
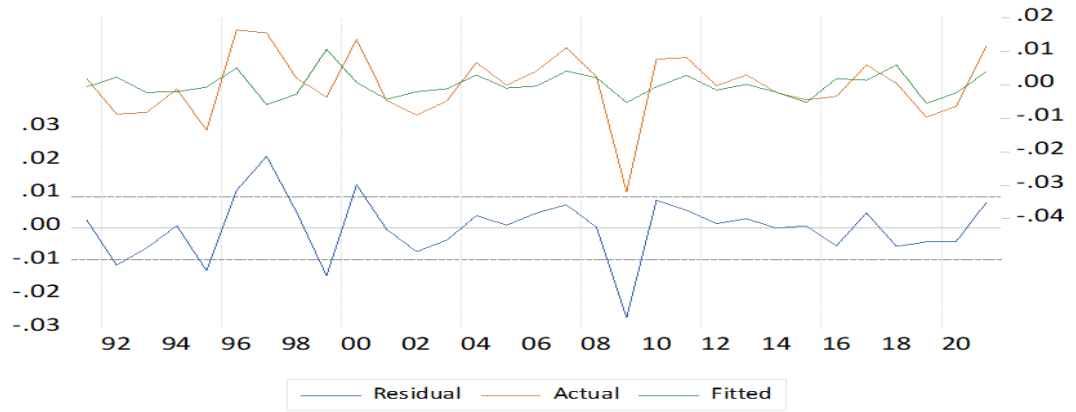
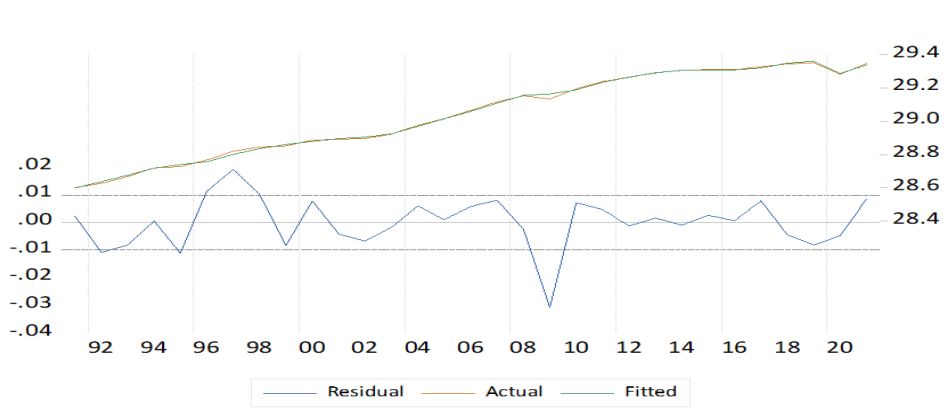
Fuente: Burke, *et al.*, (2015)

Notas: a: Oferta laboral: Zivin y Neidell, (2014), b: productividad: Hsiang (2010) y rendimiento agrícola: Schlenker y Roberts, (2009).

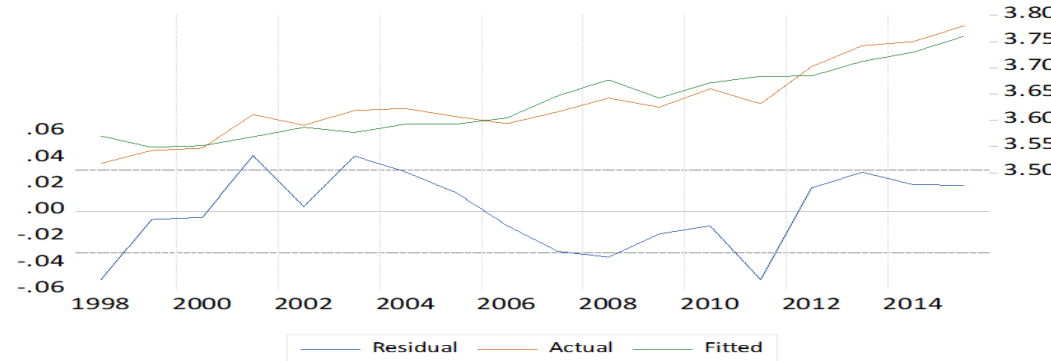
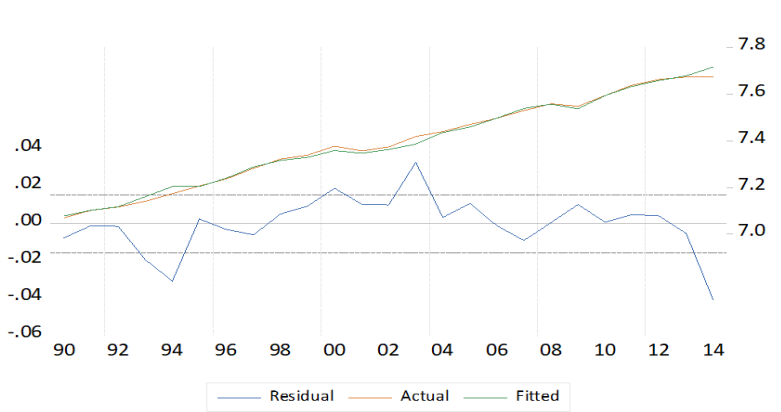
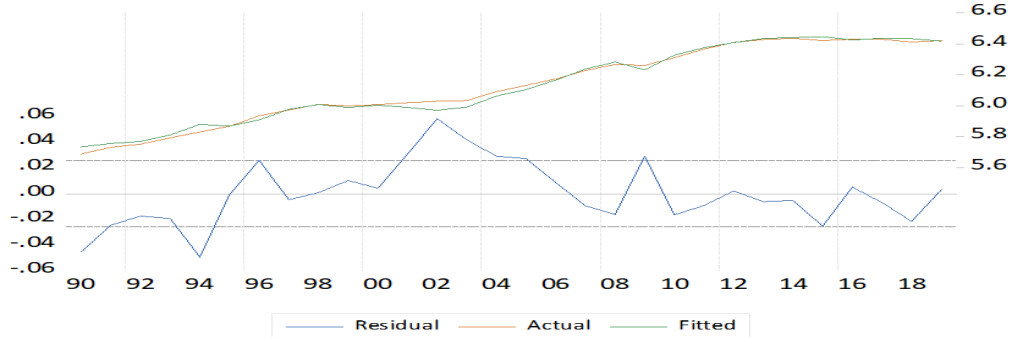
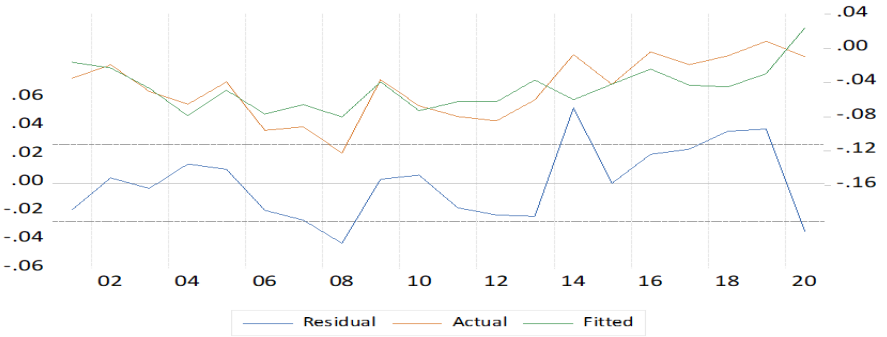
# Impactos del cambio climático

Autor	Aumento de temperatura	Efectos en la economía
Dell et al., (2014)	1°C	-1% y -2% en la tasa de crecimiento de países pobres.
Dell, et al., (2009)	1°C	-1.4% en la tasa de crecimiento del ingreso <i>per cápita</i> de países pobres.
Dell, et al., (2012)	1°C	Entre -1.35% y -1.39% del PIB, -2.66% en PIB agrícola y 2.04% en PIB industrial en países pobres.
Acevedo et al., (2018)	1°C	-0.9% de la tasa global de crecimiento y -1.2% en países en desarrollo.
Kahn et al., (2019)	1°C	-1.03% en la tasa de crecimiento del PIB global.
Jain et al., (2018)	1°C	-2.5% en la tasa de crecimiento del PIB de India
Anuska et al (2020)	1°C	-2.5% en la tasa de crecimiento del PIB de India.
Jones and Olken (2010)	1°C	-2.0% y -5.7% en el promedio de la tasa de crecimiento de las exportaciones de países pobres.
Colacito, et al., (2019),	1°C	Entre -0.27% y -0.45% de la tasa de crecimiento del PIB de Estados Unidos.
Hsiang (2010)	1°C	-2.4% en la tasa de crecimiento del producto.

# Función de producción, TFP, consumo e inversion



# Pobreza, CO2e transporte, electricidad y gasolinas

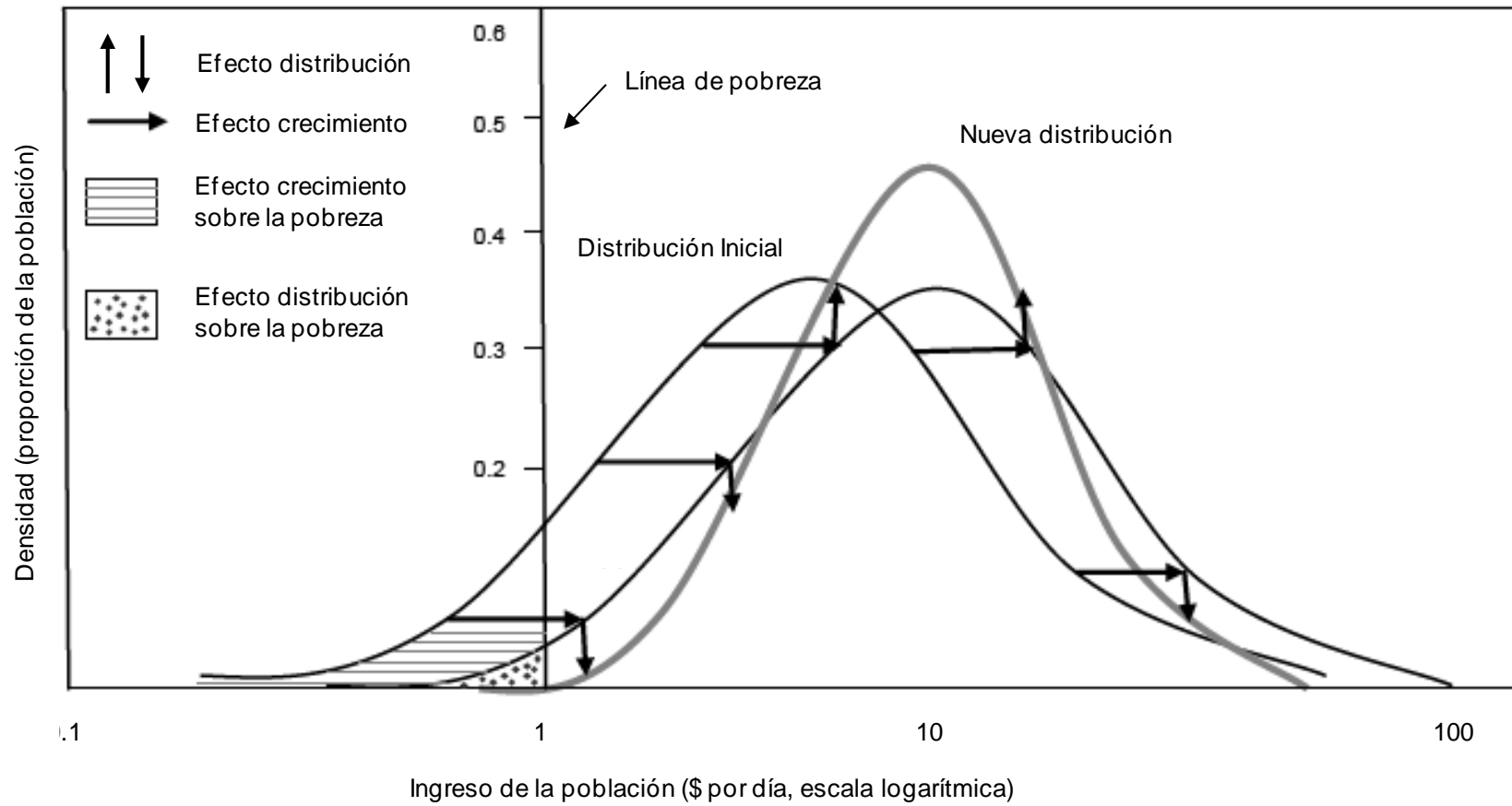


# Consumo de energía

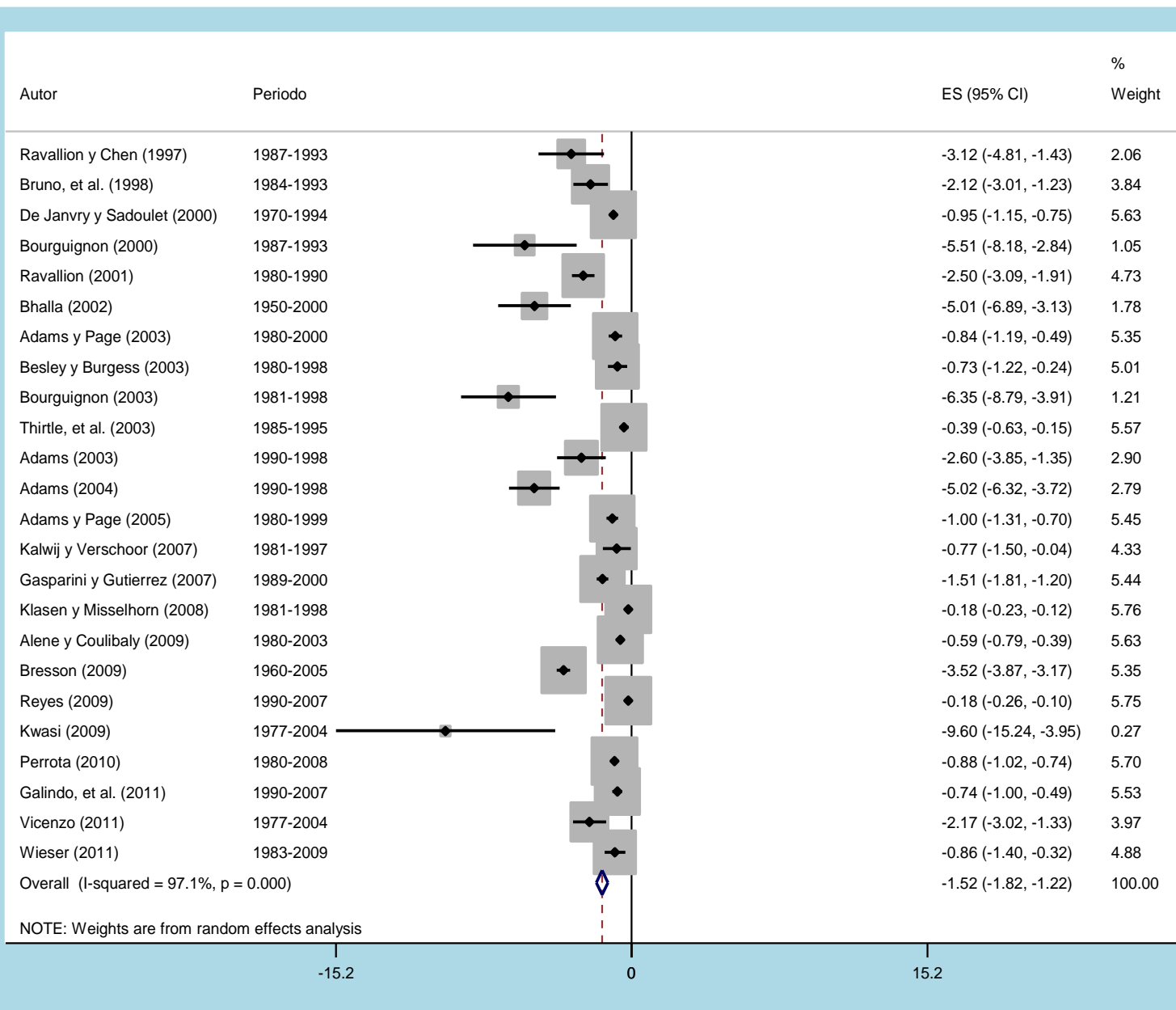
Variable	Ecuación	Comentarios
Consumo de energía	$en_t = -9.00 + 0.55Y_t - 0.005\Delta POil_t - 0.004Trend$ $ADF(1) = -2.95 \text{ (} p\text{-value } 0.005)$	Baja sensibilidad a precios
Consumo electricidad	$elec_t = -23.10 + 1.04Y_t - 0.15preelec_t$ $ADF(1) = -1.72 \text{ (} p\text{-value } 0.079)$	Baja sensibilidad a precios
Consumo de gasolinas	$gas_t = -18.46 + 0.75Y_t - 0.21pregas$ $ADF(1) = -1.86 \text{ (} p\text{-value } 0.061)$	Baja sensibilidad a precios
Consumo de energía con fuentes fósiles	$\%Fossilfuel_t = 0.51Y_t - 0.08POil_t$ $ADF(1) = -2.73 \text{ (} p\text{-value } 0.008)$	Baja sensibilidad a precios
Consumo de energía renovable	$\%elec renew_t = -1.28 + 0.63Y_t - 0.01Trend$ $ADF(1) = -2.74 \text{ (} p\text{-value } 0.008)$	Caída
Producción de electricidad con fuentes renovables	$eleckw_t = 0.81Y_t + 0.05Trend$ $ADF(1) = -1.58 \text{ (} p\text{-value } 0.104)$	Tendencia

# Condiciones sociales

Variable	Ecuación	Comentarios
Empleo	$\text{Emp}_t = -0.26 + 0.67Y_t - 0.01\Delta P_t$ $ADF(1) = -1.72 \text{ (} p\text{-value } 0.080)$	Consistente con la función de producción.
Pobreza1.9	$\Delta\%pobreza1.9 = -0.03 - 0.76\Delta Ypc_t + 2.35\Delta Gini_t$	Impacto bajo Ypc y efecto alto Gini
Pobreza3.5	$\Delta\%pobreza3.5 = -0.03 - 0.56\Delta Ypc_t + 1.63\Delta Gini_t$	Impacto bajo Ypc y efecto alto Gini
Tasa de mortalidad infantil	$morinfant_t = 20.92 - 1.99Ypc_t - 4.57\Delta Gini_t$ $ADF(1) = -3.36 \text{ (} p\text{-value } 0.002)$	Impacto Gini
Gasto en infraestructura	$infratot_t = -10.59 + 2.39Ypc_t$ $ADF(1) = -0.57 \text{ (} p\text{-value } 0.825)$	



Fuente: Bourguignon, F. (2002) "The growth elasticity of poverty reduction: Explaining heterogeneity across country and the times period". En: T. S. Eicher y S. J. Turnovsky (eds.), Inequality and Growth: Theory and policy implications. CESifo Seminar Series.



**Gráfico: Meta-análisis de la elasticidad de cambios en la pobreza con respecto al crecimiento económico.**

Fuente: Elaboración propia con base en la información estadística de la revisión de los estudios.

Nota: El gráfico muestra los valores reportados en cada estudio. La línea horizontal que cruza el punto es la desviación estándar de la estimación y el punto implica la estimación puntual. La región gris muestra la ponderación de cada estudio en el meta-análisis, mientras que la línea punteada roja muestra el promedio ponderado de los estudios.



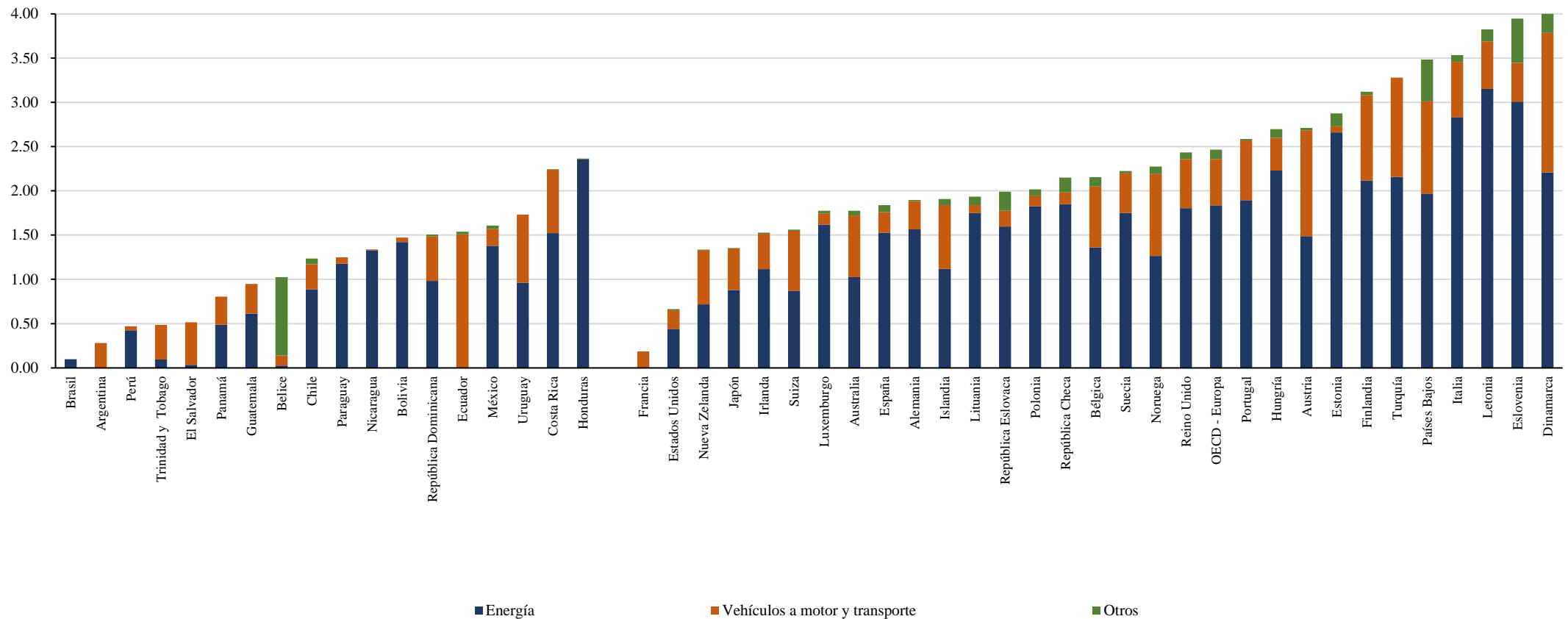
# Emisiones de gases de efecto invernadero

Variable	Ecuación	Comentarios
Emisiones totales	$CO2eT_t = 0.55Y_t + 1.33gini_t$ $ADF(1) = -0.76 \text{ (} p\text{-value } 0.377)$	Baja sensibilidad a precios
Emisiones totales de energía	$CO2eEN_t = 7.21 + 1.84Ypc_t + 0.57Gini_t + 1.12\left(\frac{en_t}{Y_t}\right) - 0.5POil_t$ $ADF(1) = -2.54 \text{ (} p\text{-value } 0.012)$	Baja sensibilidad a precios
Emisiones de electricidad	$CO2eELEC_t = 3.00 + 1.79Ypc_t + 1.09Gini_t + 0.77\left(\frac{elec_t}{Y_t}\right)$ $ADF(1) = -2.03 \text{ (} p\text{-value } 0.042)$	Importancia del Gini
Emisiones de transporte	$CO2eTRANS_t = -6.04 + 1.96Y_t - 0.02POil_t + 0.37\left(\frac{en_t}{Y_t}\right)$ $ADF(1) = -2.73 \text{ (} p\text{-value } 0.008)$	Precio petróleo.
Emisiones industria	$CO2eIND_t = -37 + 1.43Y_t - 0.002poil_t$ $ADF(1) = -2.01 \text{ (} p\text{-value } 0.045)$	Importancia del Gini.
Emisiones agricultura	$CO2eAGRI_t = -13.38 + 0.72y_t + 1.29Gini_t$ $ADF(1) = -2.28 \text{ (} p\text{-value } 0.025)$	Importancia del Gini
Emisiones residuos	$CO2eRESID_t = 0.58Ypc_t + 0.57Gini_t + 0.02Trend$ $ADF(1) = -3.55 \text{ (} p\text{-value } 0.001)$	Importancia del Gini

## Activos varados en Bolivia (Titelman, et al., 2022)

<b>Periodo</b>	<b>Concepto</b>	<b>Participación %</b>
2000-2004	PIB	4%
2005-2009	PIB	5%
2010-2014	PIB	6.7%
2015-2019	PIB	3.8%
2000-2004	Exportaciones	24.2%
2005-2009	Exportaciones	45.7%
2010-2014	Exportaciones	48.0%
2014-2019	Exportaciones	33.9%
2000-2004	Ingresos fiscales	11.8%
2005-2009	Ingresos fiscales	27.7%
2010-2014	Ingresos fiscales	29.7%
2015-2019	Ingresos fiscales	16.7%

# La relevancia: Ingresos tributarios derivados de impuestos ambientales en OCDE y países seleccionados de América Latina y el Caribe, 2016 (En porcentajes del PIB)



Fuente: OCDE y CEPAL.

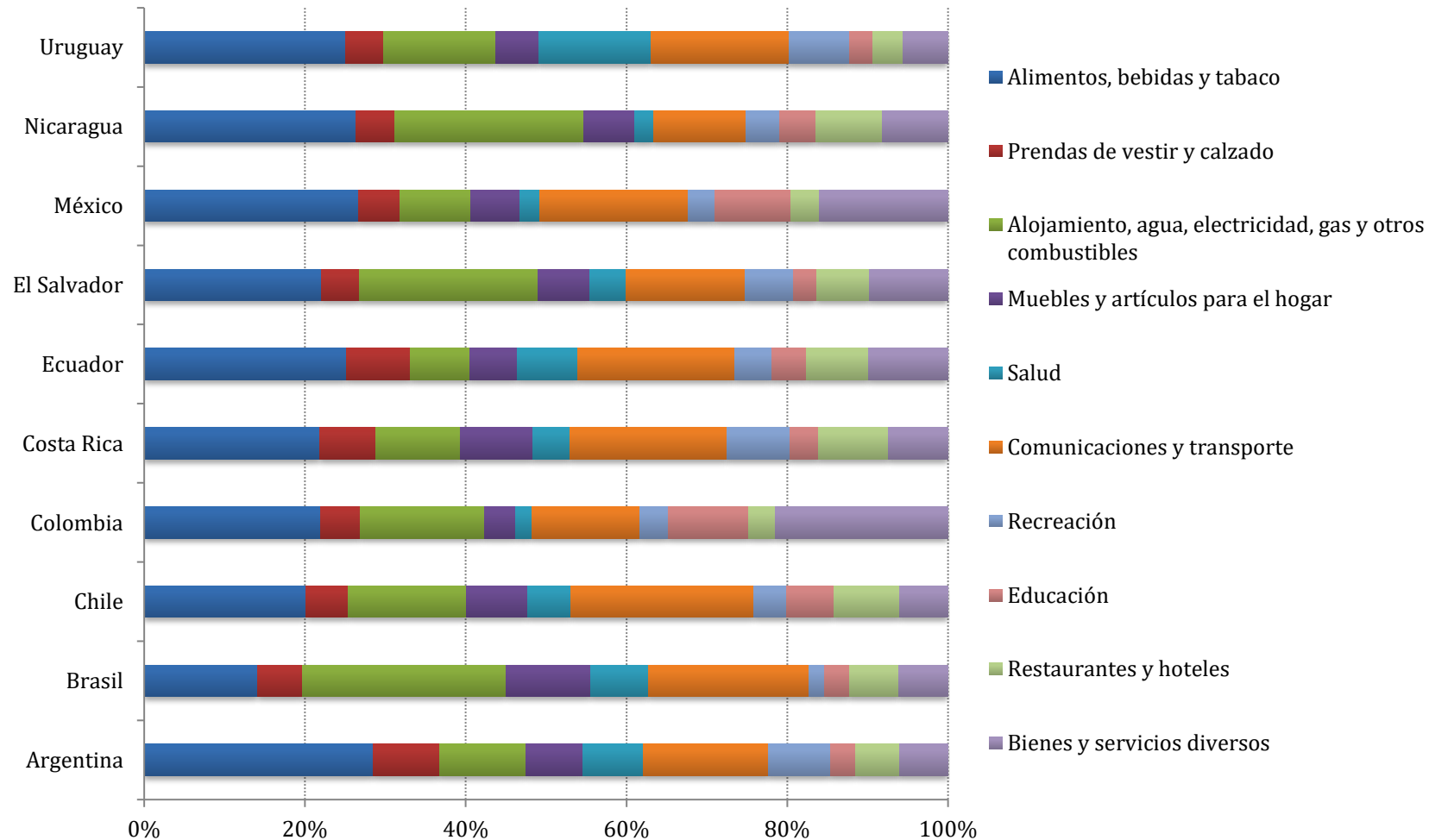
# Dividendos de la política fiscal:

Doble dividendo:

- Doble dividendo débil.
- Doble dividendo fuerte.
- Triple bono
- Política fiscal inteligente

# Estilo de desarrollo: Patrones de gastos de los hogares

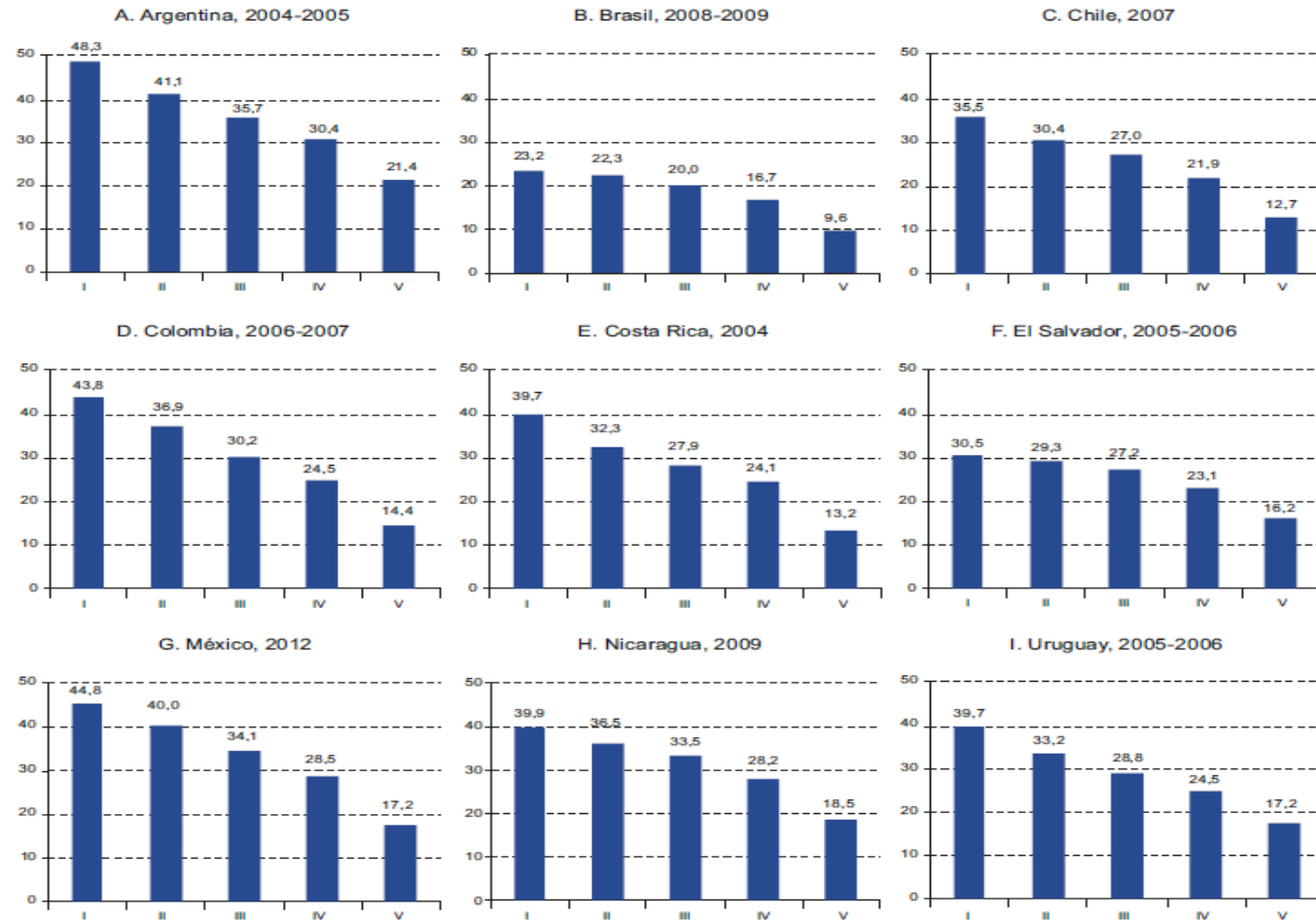
## Participación de los distintos rubros en el gasto de los hogares



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de las encuestas de gasto de los hogares.

# Ley de Engel

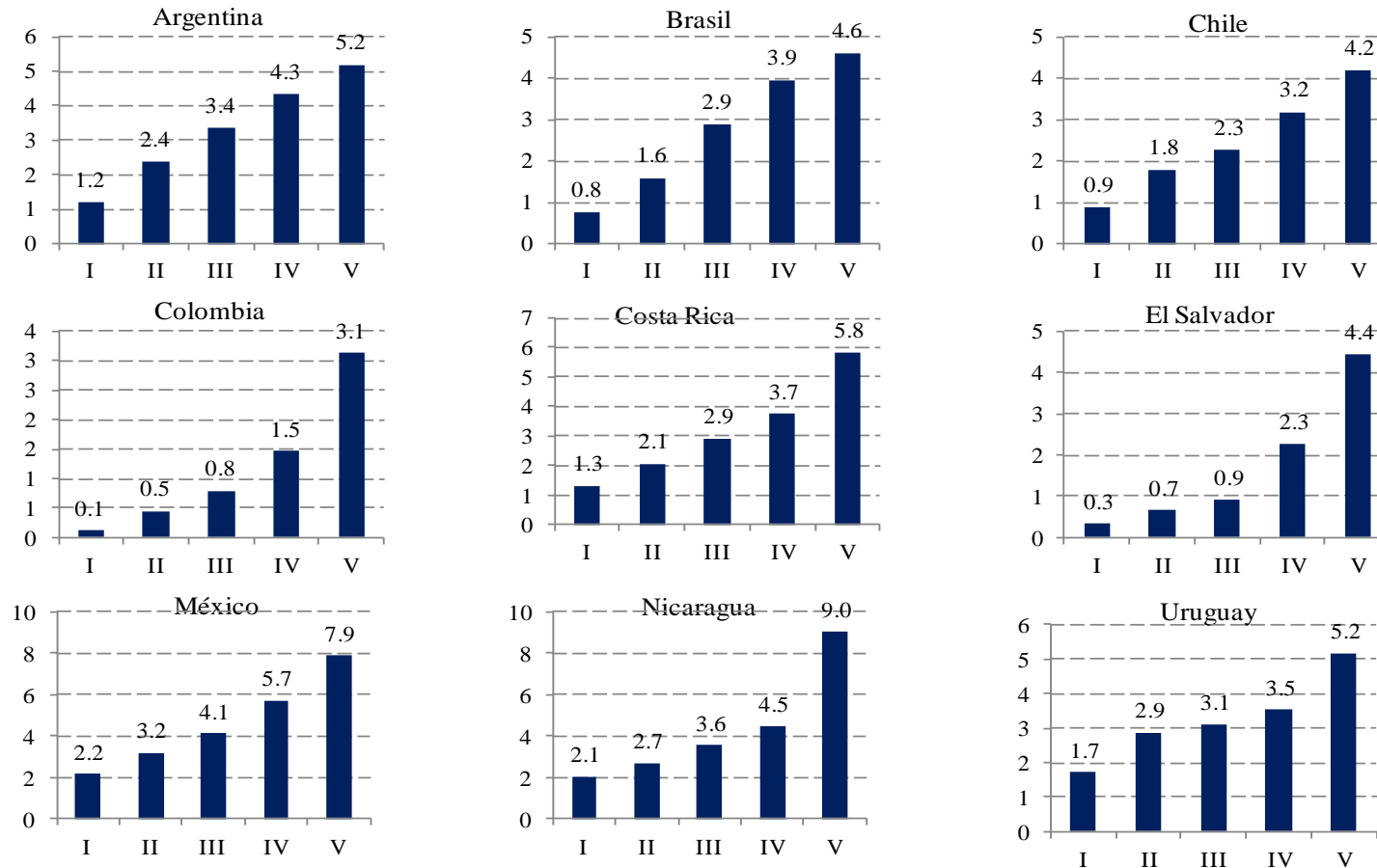
América Latina (9 países): proporción del gasto familiar en alimentos y bebidas respecto del gasto total, por quintiles de ingreso  
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de las encuestas ingreso-gasto de los países seleccionados.

# Gasto en combustibles

Proporción del gasto familiar en combustibles para transporte (gasolina, diesel y biodiésel) respecto del gasto total de cada quintil, por quintiles de ingreso, (en porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de las encuestas ingreso-gasto de los países seleccionados.

# Meta-análisis: Elasticidades ingreso y precio de la demanda de gasolinas

	<b>Países OCDE</b>	<b>América Latina</b>
	<b>Elasticidad Ingreso</b>	
Elasticidad de largo plazo	0,55	0,69
Elasticidad de corto plazo	0,24	0,26
	<b>Elasticidad precio</b>	
Elasticidad de largo plazo	-0,41	-0,31
Elasticidad de corto plazo	-0,22	-0,17

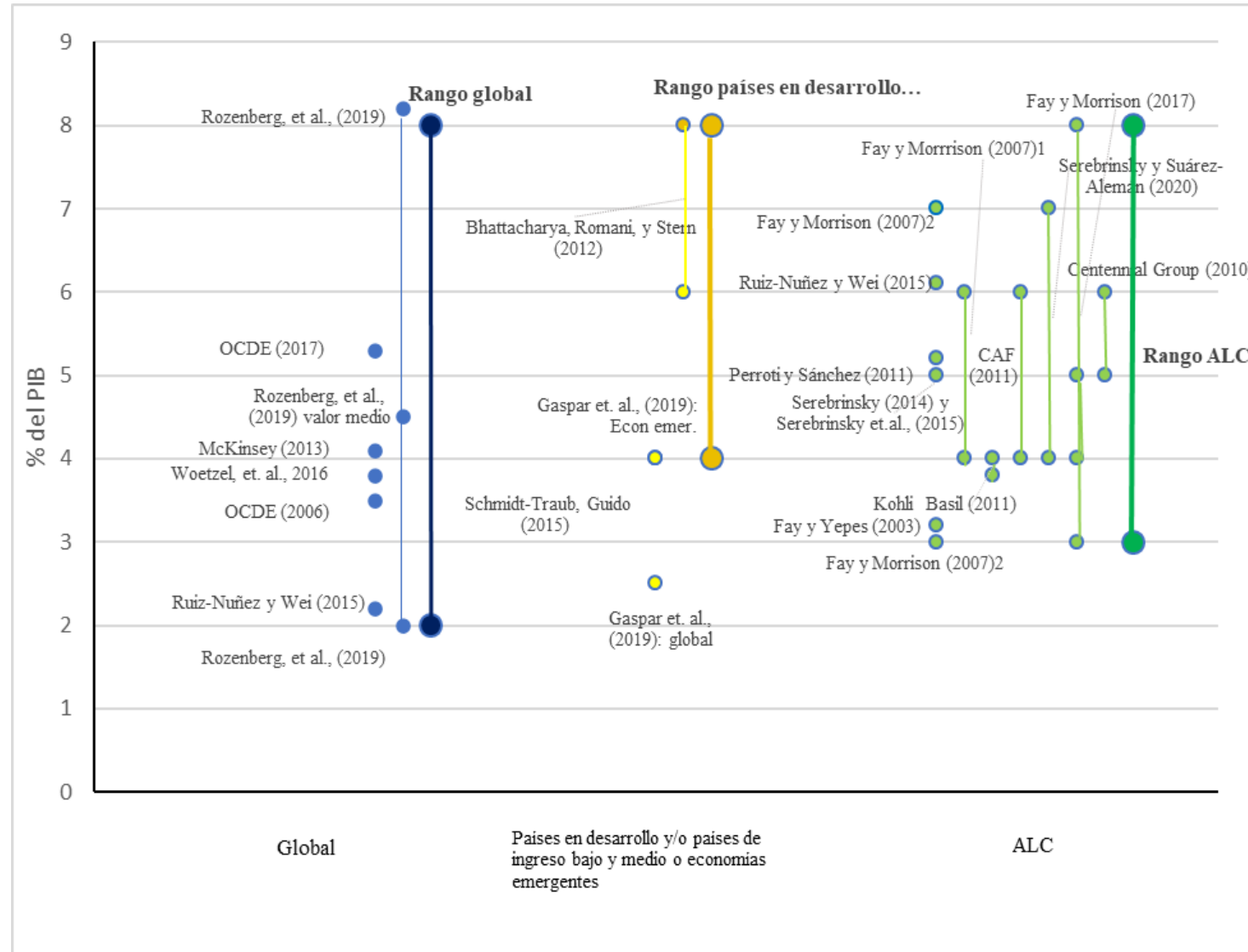
Fuente CEPAL (2014)



# Índices de distribución del ingreso

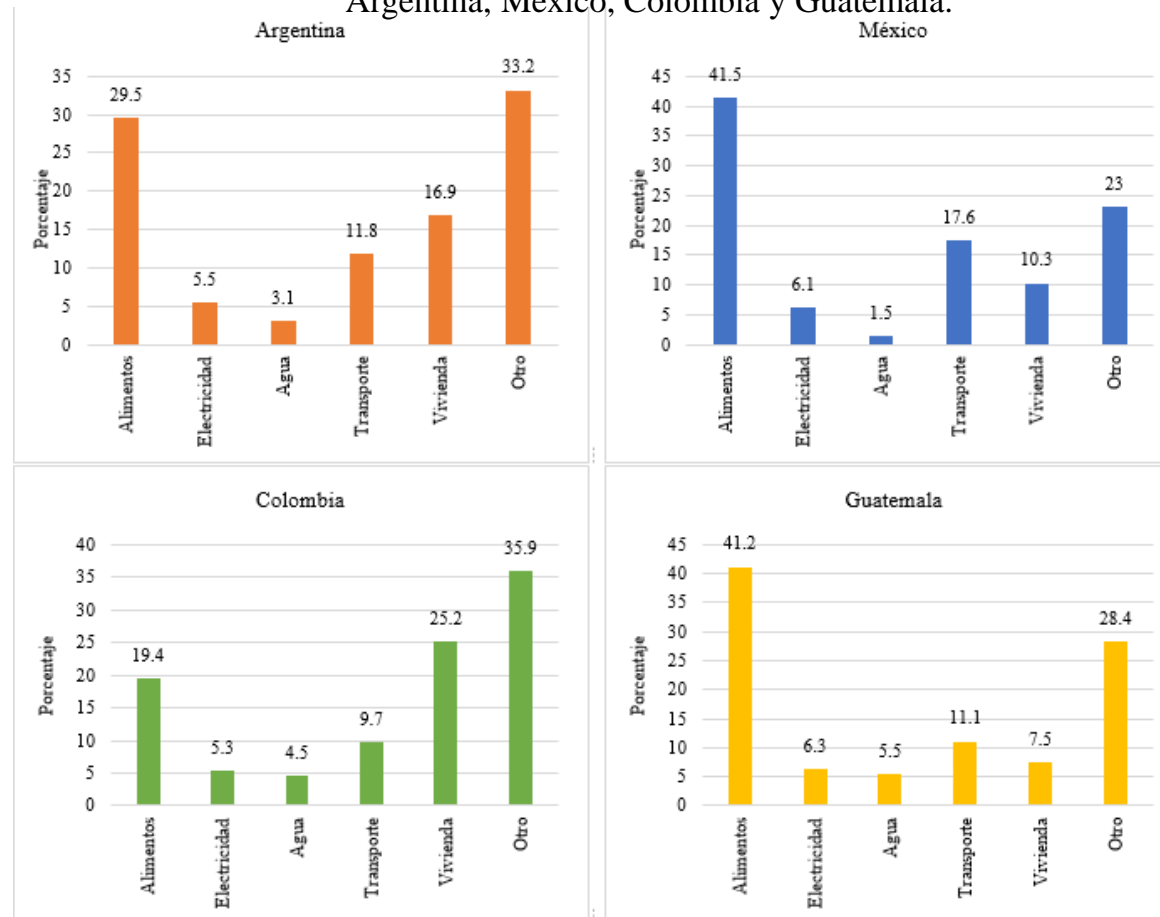
Rubro	Kakwani	Reynolds-Smolensky
<b>Vestido</b>	-0.0497	-0.0002
Cuidado Personal	-0.1673	-0.001
Salud	-0.0003	-0.0563
Energía	-0.1892	-0.001
Electrodomésticos	-0.0148	-0.009
Transporte publico	-0.3194	-0.0009
Adquisición de vehículos	0.1432	0.0002
Tabaco	-0.1821	-0.0009
Agua	-0.1953	-0.0002
Combustible	0.0199	0.0001
Educación	0.0759	0.0003
Transporte	-0.0445	-0.001
Alimentos	-0.2274	-0.0087

Gráfico 3. Estimación de los requerimientos de inversión en infraestructura global y en América Latina y el Caribe



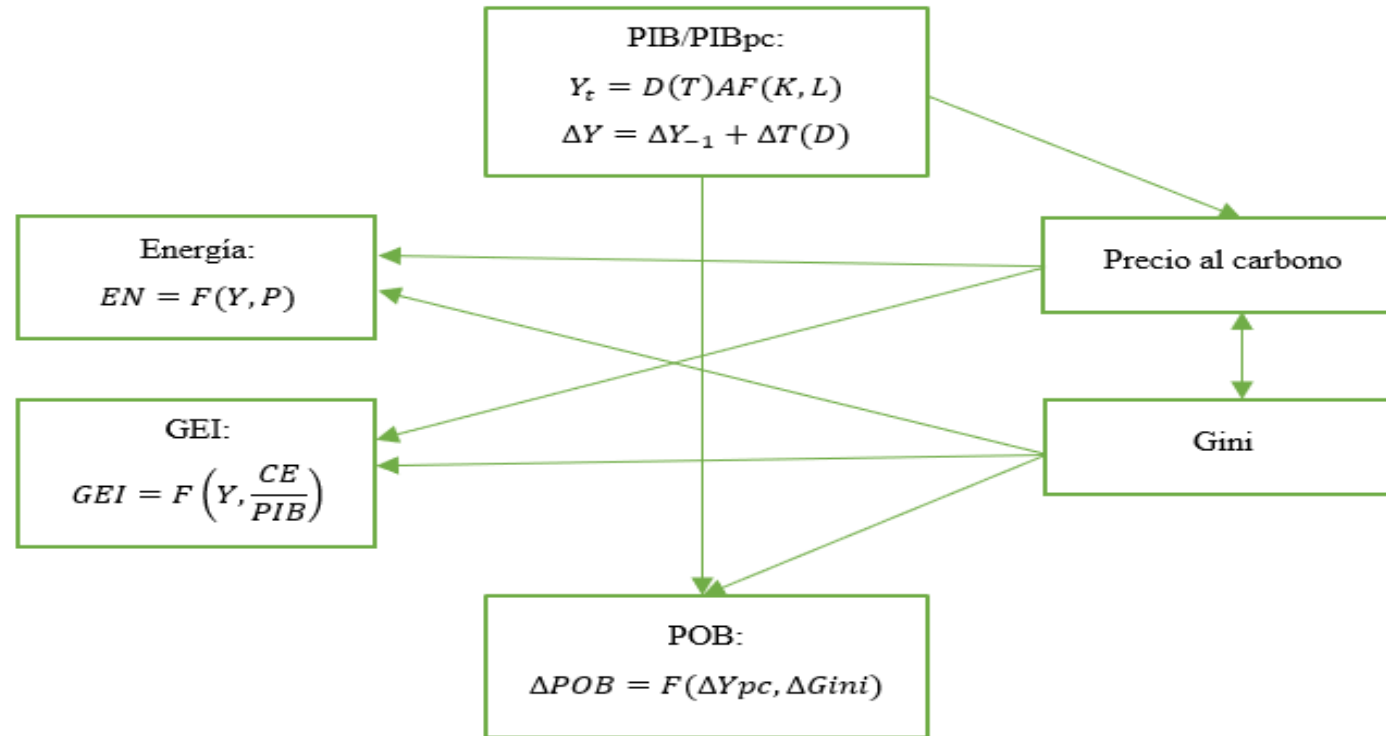
# Transición justa

Gráfica 4. Gasto promedio por hogar por rubro en porcentajes en países seleccionados en América Latina: Argentina, México, Colombia y Guatemala.



Fuente: **Argentina:** Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGH) 2017 / 2018, **Colombia:** Encuesta nacional de presupuestos de los hogares (ENPH), **México:** Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2018, **Guatemala:** Encuesta Nacional de Condiciones de Vida (ENCOVI) 2014.

# Precio al carbono, distribución del ingreso, consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero



# IPAT

1. La identidad del IPAT:

$$(1) \quad \Delta CO_2e_t = \Delta POB_t + \Delta \left( \frac{PIB_t}{POB_t} \right) + \Delta \left( \frac{CE_t}{PIB_t} \right) + \Delta \left( \frac{CO_t}{CE_t} \right)$$

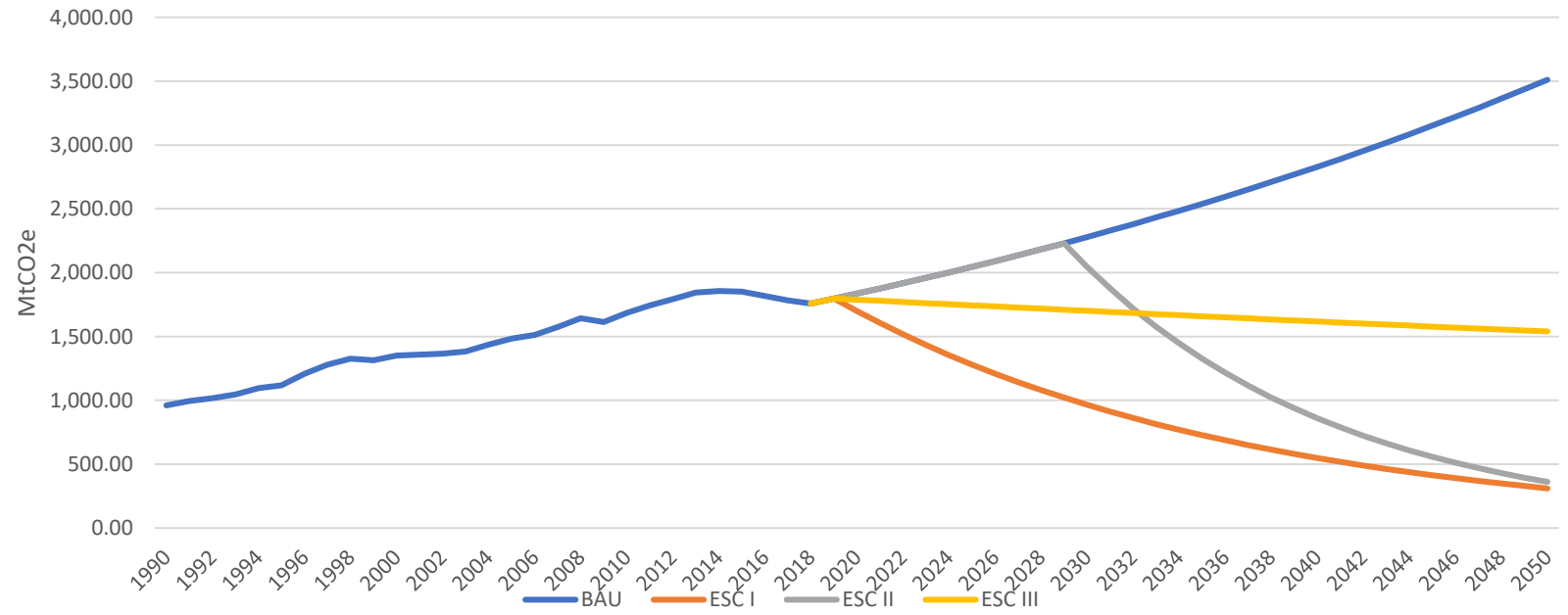
$$(2) \quad \Delta CO_2e_t = \Delta PIB_t + \Delta \left( \frac{CE_t}{PIB_t} \right) + \Delta \left( \frac{CO_t}{CE_t} \right)$$

Donde  $CO_2e_t$  representa las emisiones de  $CO_2$  equivalentes provenientes del consumo de energía,  $POB_t$  es la población,  $PIB_t$  es el Producto Interno Bruto y  $CE$  es el consumo de Energía. La razón de  $PIB_t$  sobre  $POB_t$  representa el PIB per cápita. El subíndice  $t$  indica al año. Las ecuaciones (1) y (2) tienen también su representación en niveles.

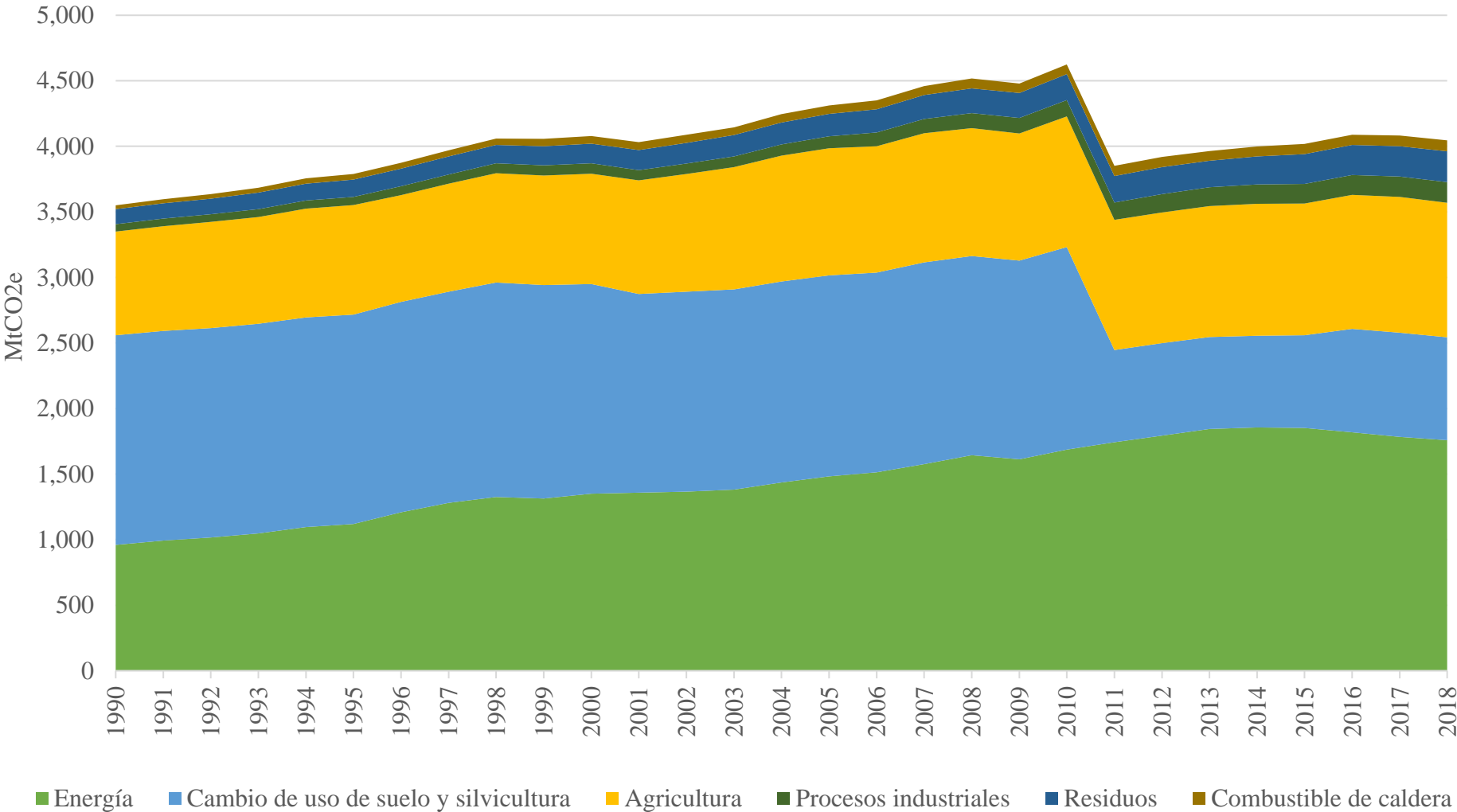
# ESCENARIOS IPAT AL

<b>VARIABLE/ES CENARIO</b>	<b>BAU</b>	<b>ESC ORDENA DO</b>	<b>ESC DESORDEN ADO</b>	<b>ESC CRECIMIE NTO</b>
<b>PIB</b>	2.80	2.00	2.00	4.00
<b>CE/PIB</b>	-0.61	-3.50	-5.00	-2.00
<b>CO<sub>2</sub>ee/CE</b>	0.01	-4.00	-5.30	-2.50
<b>CO<sub>2</sub>ee</b>	2.18	-5.50	-8.30	-0.50

# ESCENARIOS AL



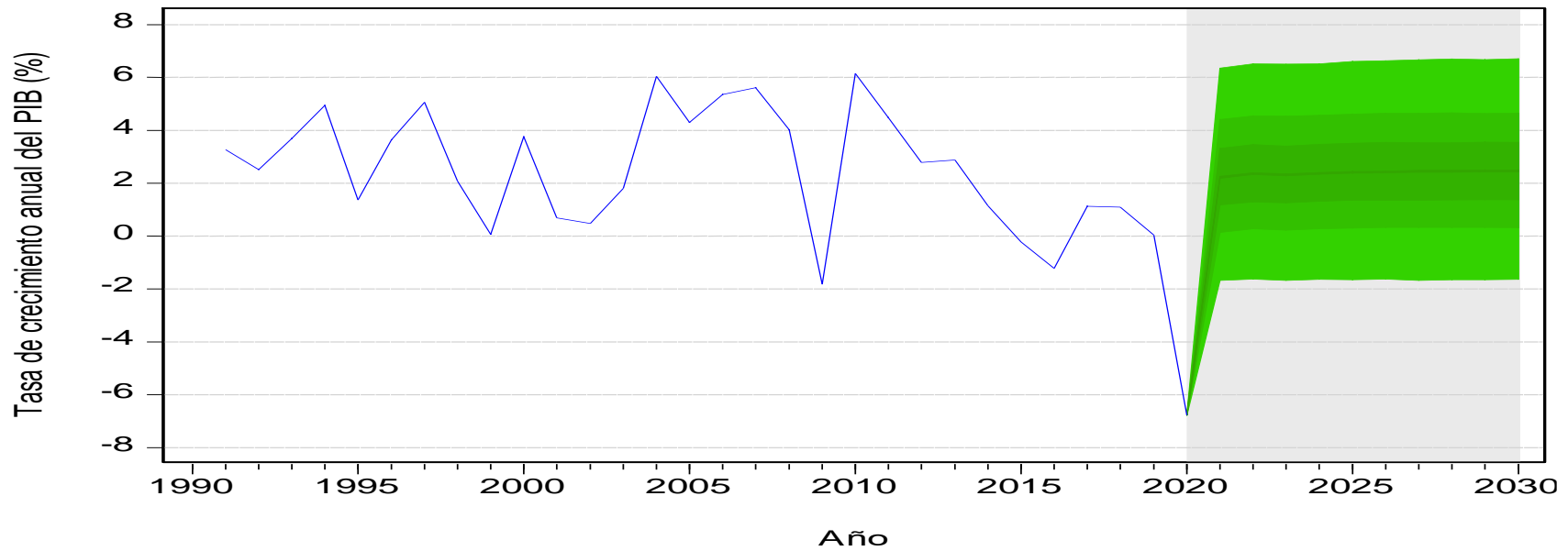
Gráfica 1. Estructura y evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en ALC, 1990-2028



Fuente: Elaboración propia con base en CAIT.



# Tasa de crecimiento del PIB



# OPORTUNIDADES Y RIESGOS DE LA TRANSICIÓN HACIA ECONOMIA CARBONO NEUTRALES

Dr. Luis Miguel Galindo









