

Proyecto Ambiente, Energía y Crecimiento

Métricas para la transición energética de Argentina

– Evolución de las emisiones energéticas

Luciano Caratori
Gerardo Rabinovich
Daniel Perczyk

Centro de Estudios en Cambio Climático Global
Fundación Torcuato Di Tella

Transiciones energéticas globales y la transición energética de Argentina

La crisis climática no es incierta ni de largo plazo, ya se ha materializado con impactos crónicos y agudos generando cuantiosos efectos desfavorables en distintos lugares del planeta:

“A menos que haya reducciones de GEI rápidas, y a gran escala, limitar el calentamiento a 1.5°C estará más allá del alcance” (IPCC, 2021)

La transición energética implica pasar de un estado inicial actual (E_{2021}) en el cual los combustibles fósiles representan el 80% de la matriz de energía primaria mundial, a un estado final ($E_{20..?}$) en el cual el sector energético llegue a un balance de emisiones netas nulas.

Cada país o región adopta la trayectoria que mejor responde al punto de partida: a sus necesidades de crecimiento, a la disponibilidad de recursos naturales, a su situación socio-económica, y a su responsabilidad histórica en la generación de esta situación. No se limitan exclusivamente al cambio climático, comprenden cuestiones ambientales, comportamientos sociales e impactos económicos.

Transiciones energéticas globales y la transición energética de Argentina

Las políticas orientadas a combatir el cambio climático que implemente, o demore en implementar, la Argentina afectarán su acceso a los mercados mundiales de la producción transable, y al financiamiento climático internacional, con consecuencias para la competitividad de nuestra economía (FTDT, 2021).

Argentina remitió en 2020 su segunda NDC, incrementando progresivamente su ambición, estableciendo una meta absoluta de no exceder las 358,8 MtCO_{2e} de GEI al año 2030.

Las autoridades ratificaron en 2020 y 2021 su compromiso de cumplir con el objetivo de alcanzar un desarrollo neutral en carbono en el año 2050, actualizar el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático y presentar la Estrategia de Largo Plazo que reflejara como piensa aproximarse a cumplir sus compromisos.

Las emisiones que genera el sector energético en Argentina representan el 53% de las emisiones totales (a nivel global excede el 73%), las acciones que se ejecuten tendrán impacto sobre la oferta y la demanda de energía, y, también, especialmente en términos de las oportunidades que ofrece el sector para mitigar el cambio climático.

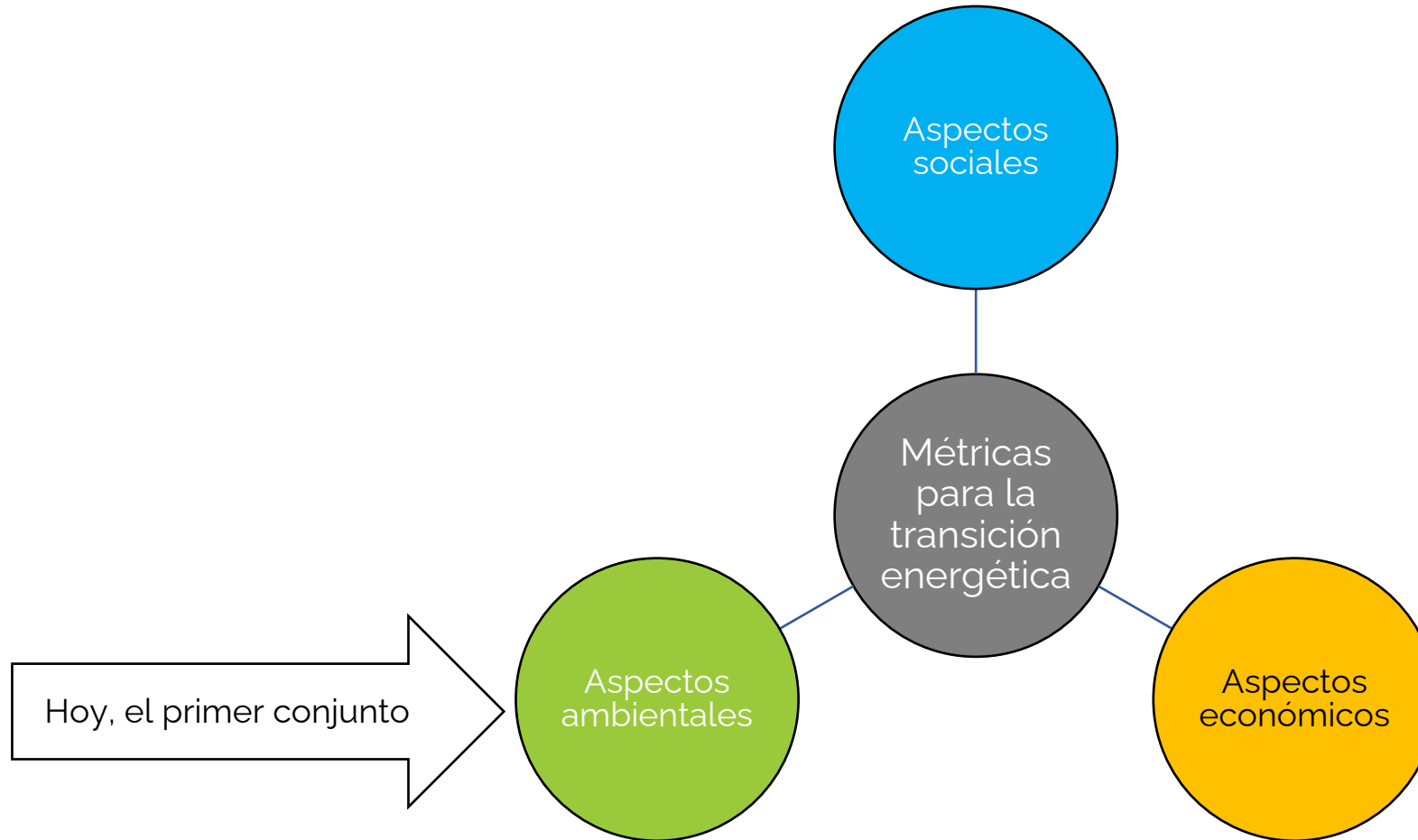
Transiciones energéticas globales y la transición energética de Argentina

El proyecto “Sistema de Indicadores para la Transición Energética”, cuyos primeros resultados presentamos hoy ha sido desarrollado por el CECG-FTDT y el CEPE-UTDT, se enfoca en la construcción de indicadores de fácil comprensión para monitorear en forma oportuna los avances de la transición energética, y en particular la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por las actividades del sector energético y el consumo de energía final de la economía doméstica en nuestro país.

El objeto consiste en monitorear, mediante la medición y estimación por parte de diferentes indicadores que serán publicados periódicamente en el marco de este proyecto, las principales tendencias que nos indiquen si la trayectoria de las emisiones va en el sentido comprometido, y evaluar el desempeño de la acción climática en esta dimensión relevante de las transformaciones a realizar para alcanzar la carbono neutralidad en el sector energético hacia el 2050.

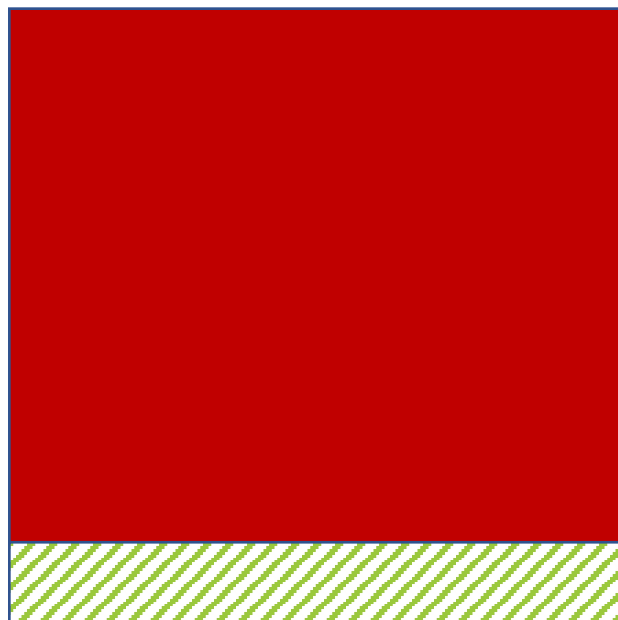
Hoy presentamos el Indicador de intensidad de Emisiones de GEI por ventas totales de energía, IEVE, y el Indicador de Emisiones de GEI vinculadas con la generación de electricidad, IEGE.

¿Qué métricas estamos relevando?



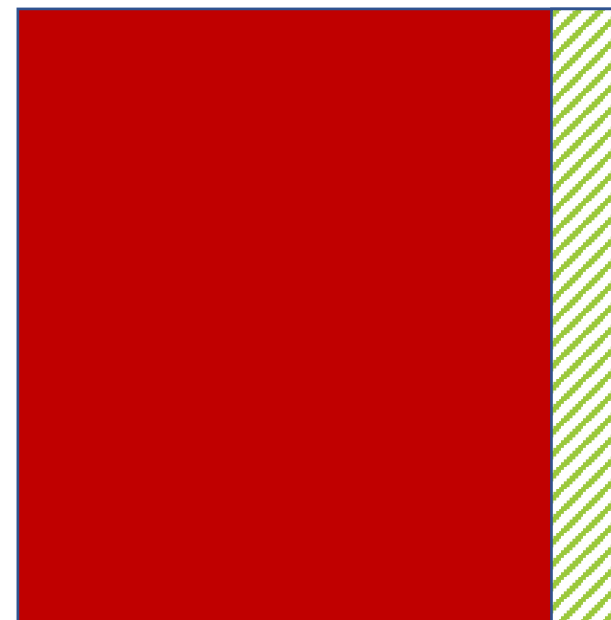
A los fines de esta presentación, podemos dividir a los factores que contribuyen a la variación de emisiones en dos (o tres) grupos

Los que inciden sobre el *nivel de actividad*



Δ *nivel de actividad*

Los que inciden sobre la intensidad de GEI de la actividad



Δ *intensidad de GEI de la actividad*

más las que constituyen o destruyen sumideros

Métricas iniciales vinculadas con las emisiones de GEI de la energía

¿Estamos descarbonizando energía que consumimos en Argentina?

Intensidad de emisiones de GEI de las ventas domésticas de energía (IEVE)

$$\frac{\sum V_i \times Fe_I}{\sum V_i}$$

Donde V_i es el volumen comercializado domésticamente del energético "i" medido en unidades energéticas y Fe_i es su factor de emisión, incluyendo pérdidas de transporte.

Unidad: tCO₂e/ktep

Frecuencia: trimestral (MA12m)

Fuentes: Secretaría de Energía, ENARGAS, CAMMESA y MAyDS

Notas:

- Aproxima la intensidad energética del consumo final de energía.
- No contempla variaciones de stock.
- Se ajusta anualmente con el Balance Energético Nacional.

¿Estamos incrementando la participación de la electricidad en el consumo final de energía?

Electrificación de las ventas energéticas

$$\frac{\sum V_{ee}}{\sum V_i}$$

Donde V_{ee} es el volumen comercializado domésticamente de energía eléctrica y V_i es el volumen comercializado domésticamente del energético "i", medidos en unidades energéticas.

Unidad: %

Frecuencia: Trimestral (MA12m)

Fuentes: Secretaría de Energía y CAMMESA

Notas:

- Aproxima la electrificación del consumo final energético.
- No contempla variaciones de stock.
- Se ajusta anualmente con el Balance Energético Nacional.

¿Estamos descarbonizando la generación eléctrica?

Intensidad de emisiones de GEI de la generación eléctrica (IEGE)

$$\frac{\sum C_i \times Fe_I}{\sum G_i}$$

Donde C_i es el consumo de combustibles para generación eléctrica por fuente, Fe_i es su factor de emisión y G_i es la generación eléctrica por fuente.

Unidad: tCO₂e/MWh

Frecuencia: Trimestral (MA12m)

Fuentes: CAMMESA y MAyDS

Notas:





- Calcula la intensidad de carbono de la generación de energía eléctrica conectada a la red.
- No incluye generación aislada.

Resultados del semestre: La intensidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por ventas energéticas creció 4,7% de manera interanual en el primer semestre de 2021

	S1 2020 ktep	S1 2021 ktep	var i.a. %	participación %
Energía eléctrica	5.411	5.670	4,8%	22%
Gas natural y GLP	11.099	11.042	-0,5%	43%
Otros combustibles fósiles	6.889	8.334	21,0%	33%
Biocombustibles	546	398	-27,2%	2%
Total	23.945	25.444	6,3%	100%
	MtCO ₂ e	MtCO ₂ e	%	%
Energía eléctrica	17,65	20,79	17,8%	27%
Gas natural y GLP	29,03	29,07	3,0%	38%
Otros combustibles fósiles	21,44	25,95	21,1%	34%
Biocombustibles	-	-	-	0%
Total	68,12	75,81	11,3%	100%
<i>Intensidad de GEI tCO₂e/tep</i>	<i>2,85</i>	<i>2,98</i>	<i>4,7%</i>	<i>///</i>

Las emisiones de GEI del semestre crecieron impulsadas por una recuperación de la demanda, acompañada por menor disponibilidad de gas natural y una reducción en el corte de biocombustibles en fósiles para transporte

Resultados del semestre: La intensidad de emisiones GEI de la generación eléctrica aumentó 11,5% de manera interanual, revirtiendo la tendencia a la baja observada desde 2016 hasta fines de 2018, que fue seguida de una relativa estabilidad en 2019 y 2020

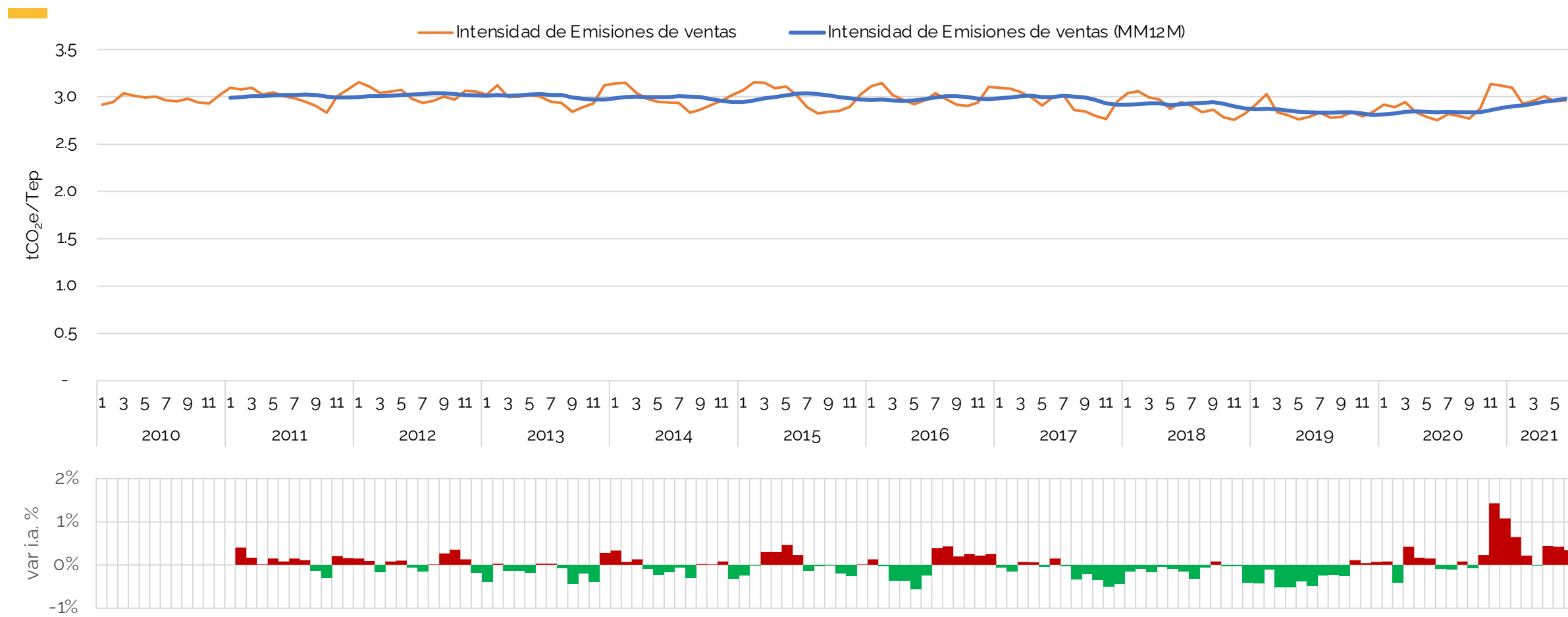
	Unidad	S1 2020	S1 2021	var %	
Emisiones por quema de combustibles	MtCO₂e	17,7	20,8	17,8%	
Generación para cubrir demanda	TWh	65,53	69,21	5,6%	
Intensidad de emisiones de GEI de la generación eléctrica	tCO ₂ e/GWh	269,43	300,42	11,5%	
Participación de la generación termoeléctrica fósil	%	61,7%	65,1%		
Participación de la generación no fósil sobre generación total*	%	38,3%	34,9%		
Consumo específico del parque termoeléctrico fósil	kcal/kWh	1.844	1.841	-0,2%	
Consumo de combustibles para generación	MMm ³ /d GN _e	58,4	65,4	11,9%	
Consumo de gas natural para generación	MMm ³ /d	55,9	53,2	-4,8%	
Consumo de combustibles alternativos para generación	MMm ³ /d GN _e	2,5	12,1	386,4%	
Consumo de gas natural sobre el total de combustibles fósiles	%	95,7%	81,4%		

* Incluye nuclear, gran hidroelectricidad (>50 MW) y otras renovables (eólica, solar, biomasa, y biogás)

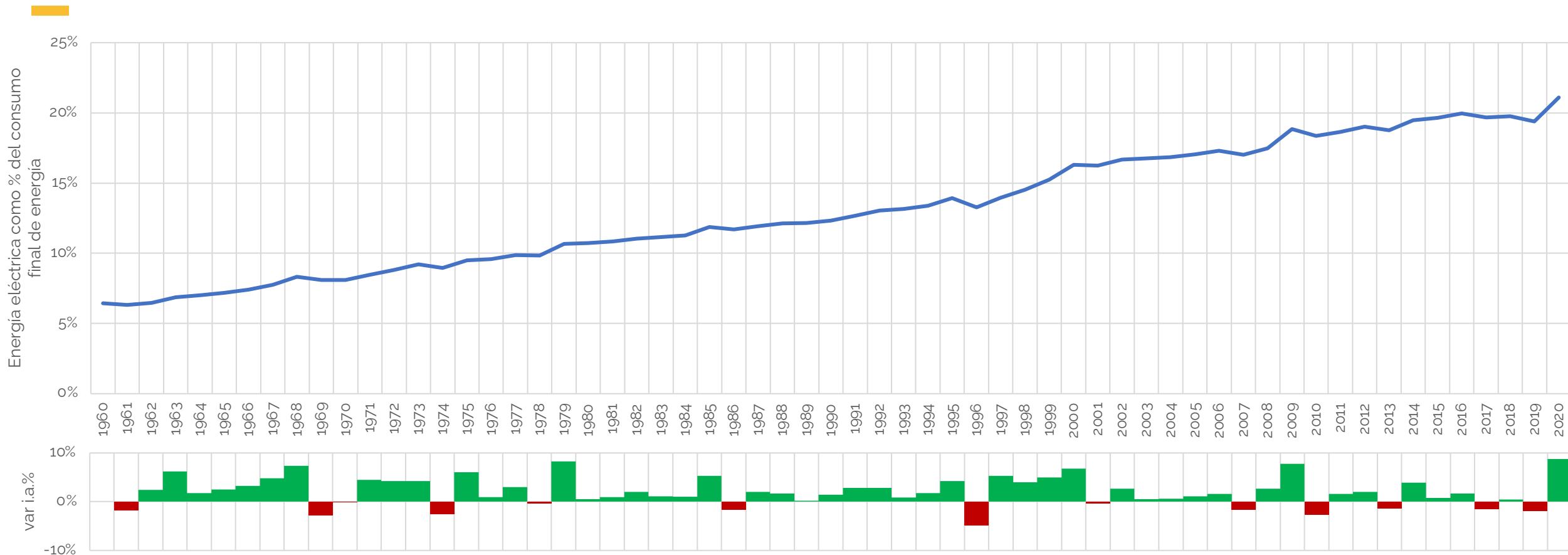
Las emisiones del sector eléctrico crecieron impulsadas por una mayor demanda, mayores requerimientos al parque termoeléctrico y menor disponibilidad de gas natural, resultante en mayores requerimientos de combustibles líquidos, mitigados por una mejora en la eficiencia del parque

Emisiones | 9

Evolución de la intensidad de emisiones de las ventas energéticas en Argentina y sus variaciones interanuales



Evolución de la penetración de la energía eléctrica en el consumo final de energía y sus variaciones interanuales



La penetración de la energía eléctrica como porcentaje del consumo final se encuentra amesetada desde 2013, y mostró artificialmente un crecimiento en 2020 como resultado de la abrupta caída de la demanda de combustibles para transporte.

Factores determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético

IPAT

$$\text{Impacto sobre el ambiente} = \text{Población} \times \underbrace{\text{“Afluencia”}}_{\text{Ingreso per cápita}} \times \text{Tecnología}$$

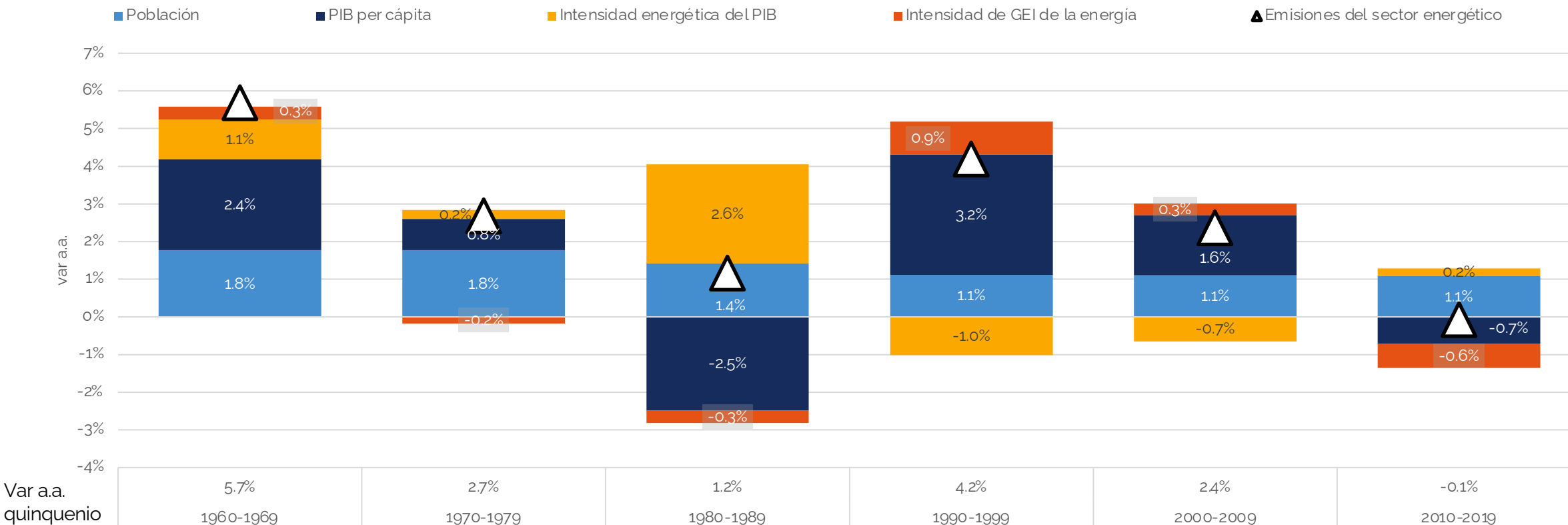
Kaya

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Población} \times \underbrace{\frac{\text{PIB}}{\text{Población}}}_{\text{PIB per cápita}} \times \underbrace{\frac{\text{Energía}}{\text{PIB}}}_{\text{Intensidad energética del PIB}} \times \underbrace{\frac{\text{Emisiones}}{\text{Energía}}}_{\text{Intensidad de emisiones de la energía}}$$

La identidad de Kaya es un tipo particular de identidad IPAT que permite descomponer la variación de las emisiones vinculadas con el sector energético para un periodo dado.

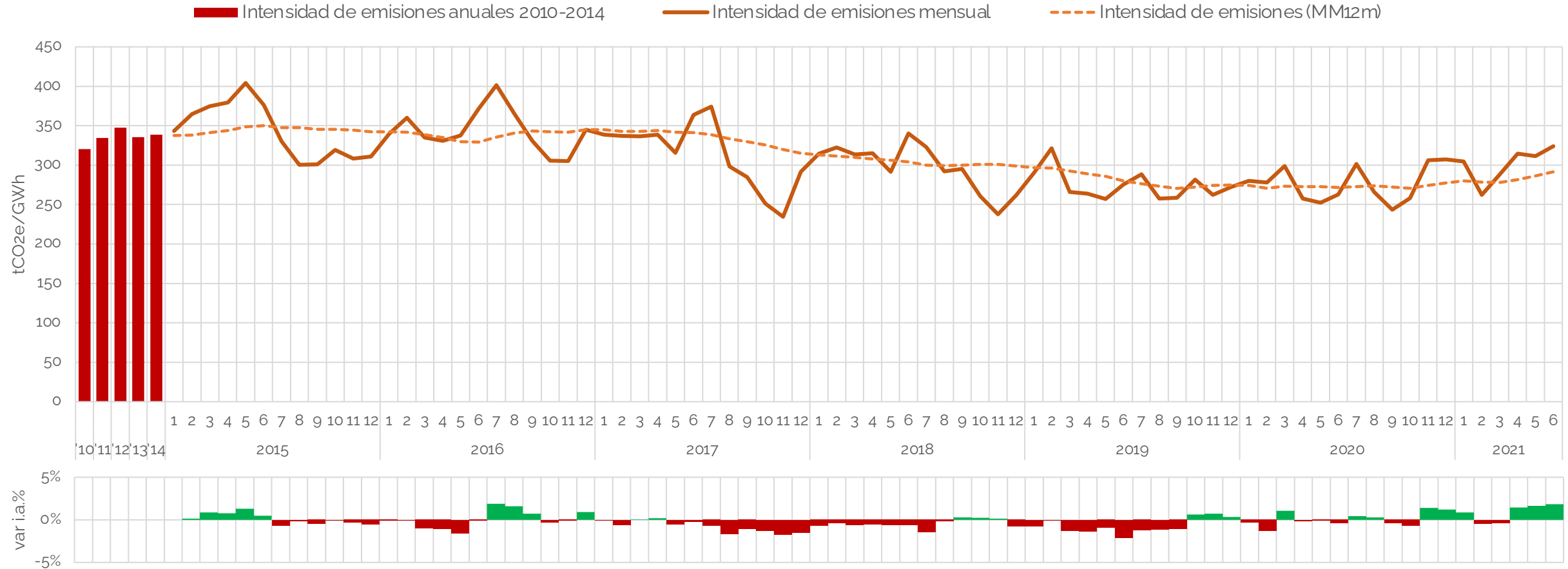
Emisiones | 12

Factores determinantes de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético – ejemplo para Argentina (CAGR)



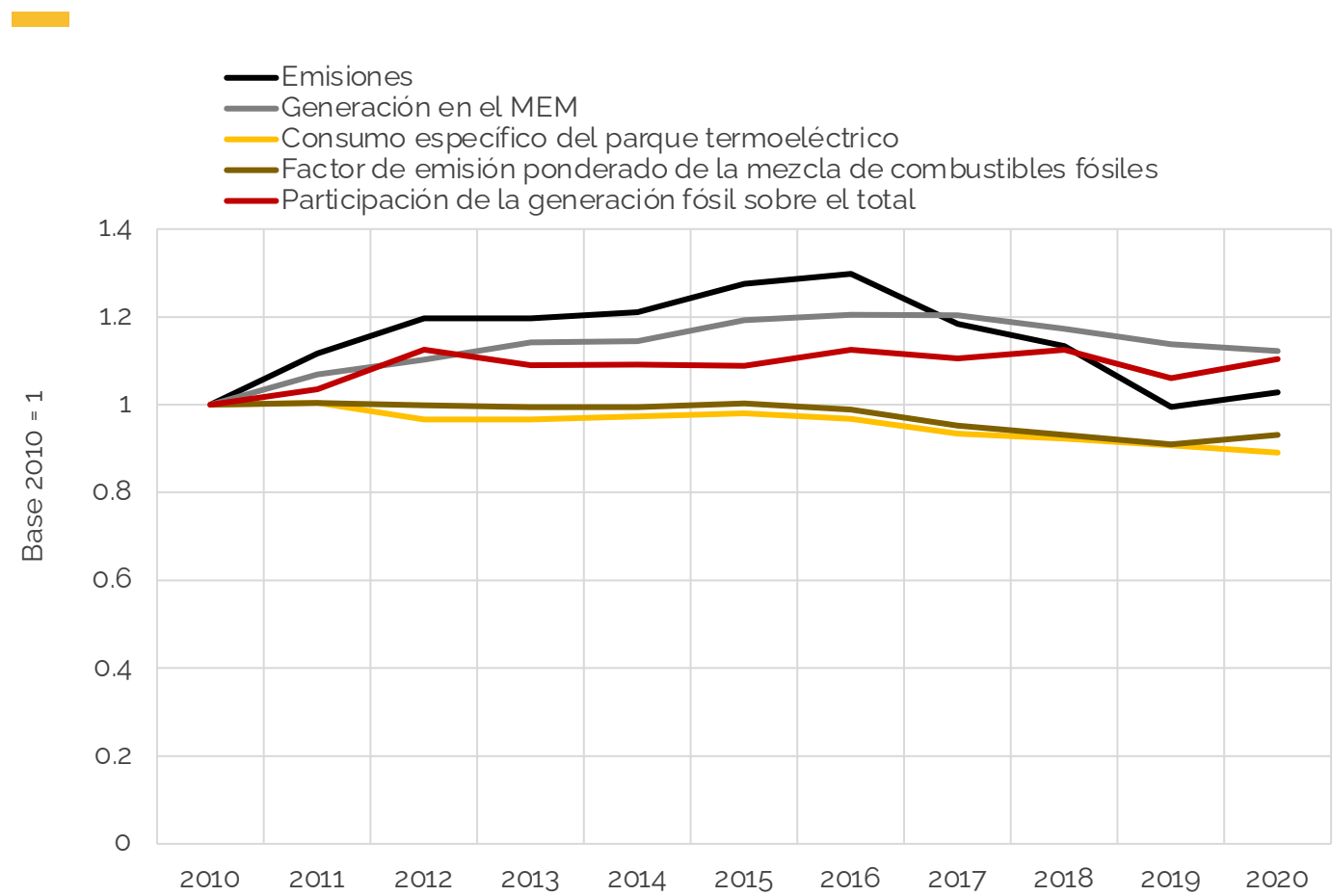
Entre 2010 y 2019 las emisiones de GEI vinculadas con la energía mostraron una ligera reducción impulsadas por una caída en el PIB per cápita y una reducción en la intensidad de GEI.

Intensidad de emisiones de quema de combustibles para generación eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista y sus variaciones interanuales



A partir del año 2016 la intensidad de emisiones de GEI de la generación eléctrica experimentó una disminución sostenida hasta fines de 2019, con una ligera interrupción durante el último semestre de 2018 y hasta un nivel de 272 tCO₂e/GWh

Factores determinantes de las emisiones de quema de combustibles para generación eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista



$$E = G_t \times \frac{G_f}{G_t} \times \frac{C}{G_f} \times \frac{E}{C}$$

- E son las emisiones de quema de combustibles para generación eléctrica en el MEM, medida en tCO₂e.
- G_t es la generación total para cubrir la demanda del MEM, incluyendo pérdidas, bombeo y exportaciones, medida en GWh.
- G_f es la generación termoeléctrica a partir de combustibles fósiles, medida en GWh,
- C es la cantidad de combustibles quemados para generación termoeléctrica, medida en kcal.
- $\frac{C}{G_f}$ es el consumo específico medio del parque termoeléctrico, y
- $\frac{E}{C}$ es el factor de emisión promedio ponderado de la mezcla de combustibles fósiles.

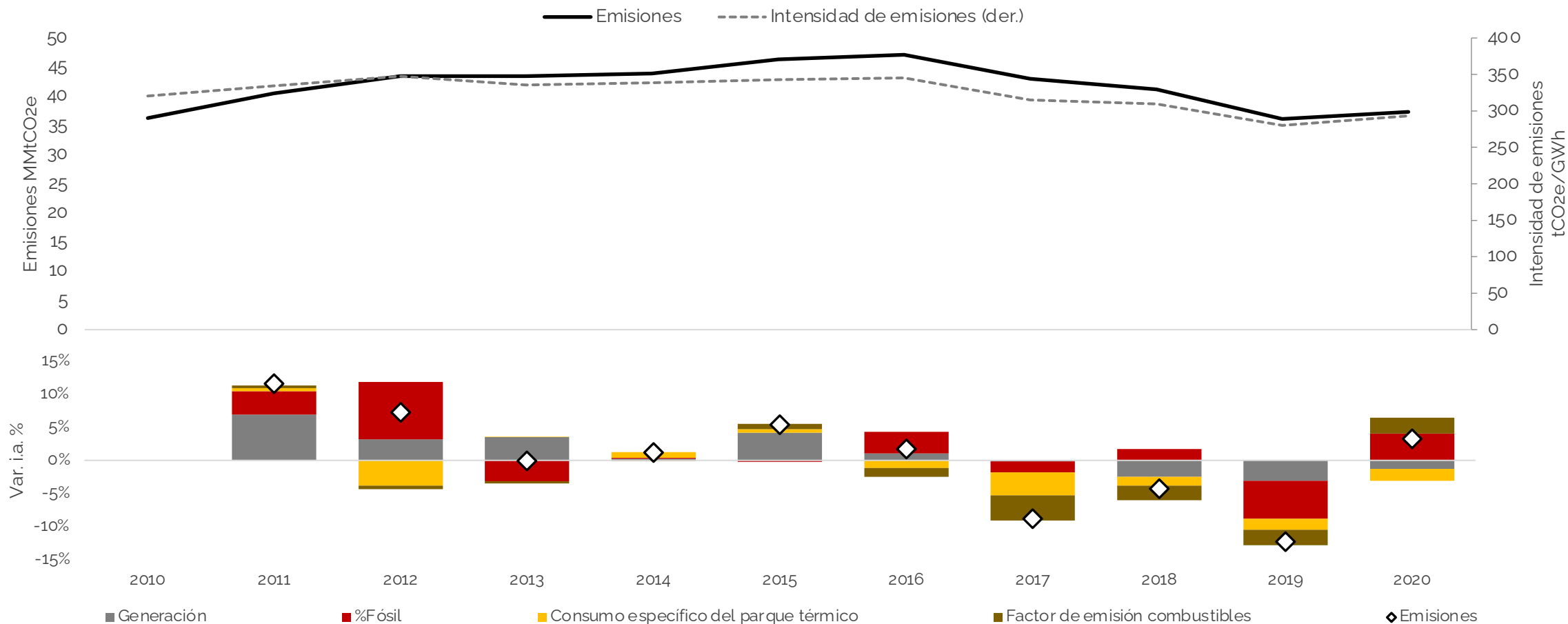
El consumo específico del parque termoeléctrico y el factor de emisión ponderado de la mezcla de combustibles (mayor disponibilidad de gas natural) están por debajo de 2010, mientras que la demanda de energía eléctrica (y la generación para cubrirla), así como la participación fósil se encuentran en el orden del 10% por encima.

Factores determinantes de las emisiones de quema de combustibles para generación eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista: dicho de otra manera

- ¿Cómo varía la demanda de energía eléctrica y la generación para satisfacerla?
- De esa demanda: ¿cuánto debe ser satisfecho con generación termoeléctrica?
(en contraposición con fuentes renovables, incluyendo hidro u otras libres de GEI como la nuclear)
- Esa generación termoeléctrica: ¿con qué combustibles es abastecida?
- El parque generador: ¿requiere de más o de menos combustibles para generar una unidad eléctrica?

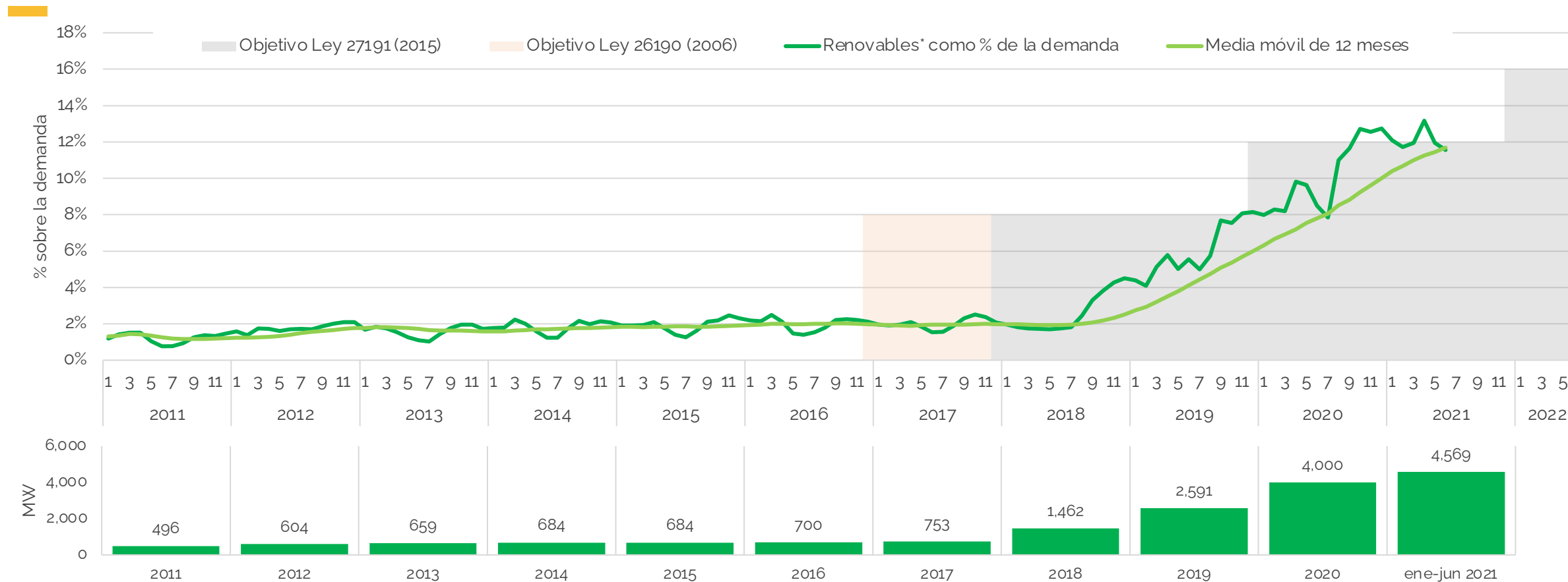
(su eficiencia de generación o su inversa, el consumo específico)

Emisiones de GEI del parque de generación eléctrica, su intensidad y la variación de sus determinantes



En 2019 la intensidad de emisiones de GEI se ubicaba 19% por debajo de 2016, en torno a los 280 tCO₂e/GWh, impulsadas por menores requerimientos al parque termoeléctrico (por menor demanda, más renovables y CN Embalse), una mayor disponibilidad de gas natural y mejoras en la eficiencia del parque generador que despachaba.

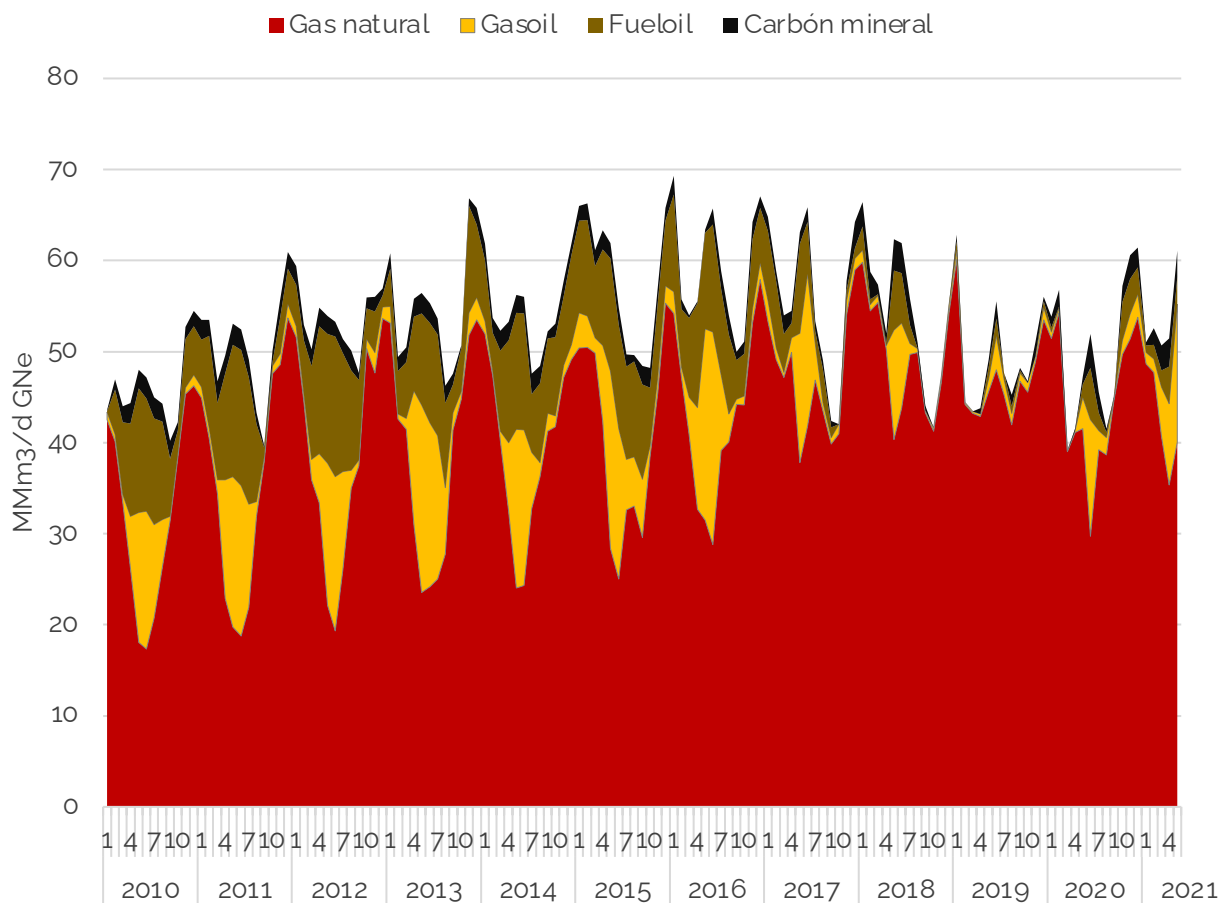
Porcentaje de generación renovable comparado con la la demanda de energía eléctrica y potencia incorporada



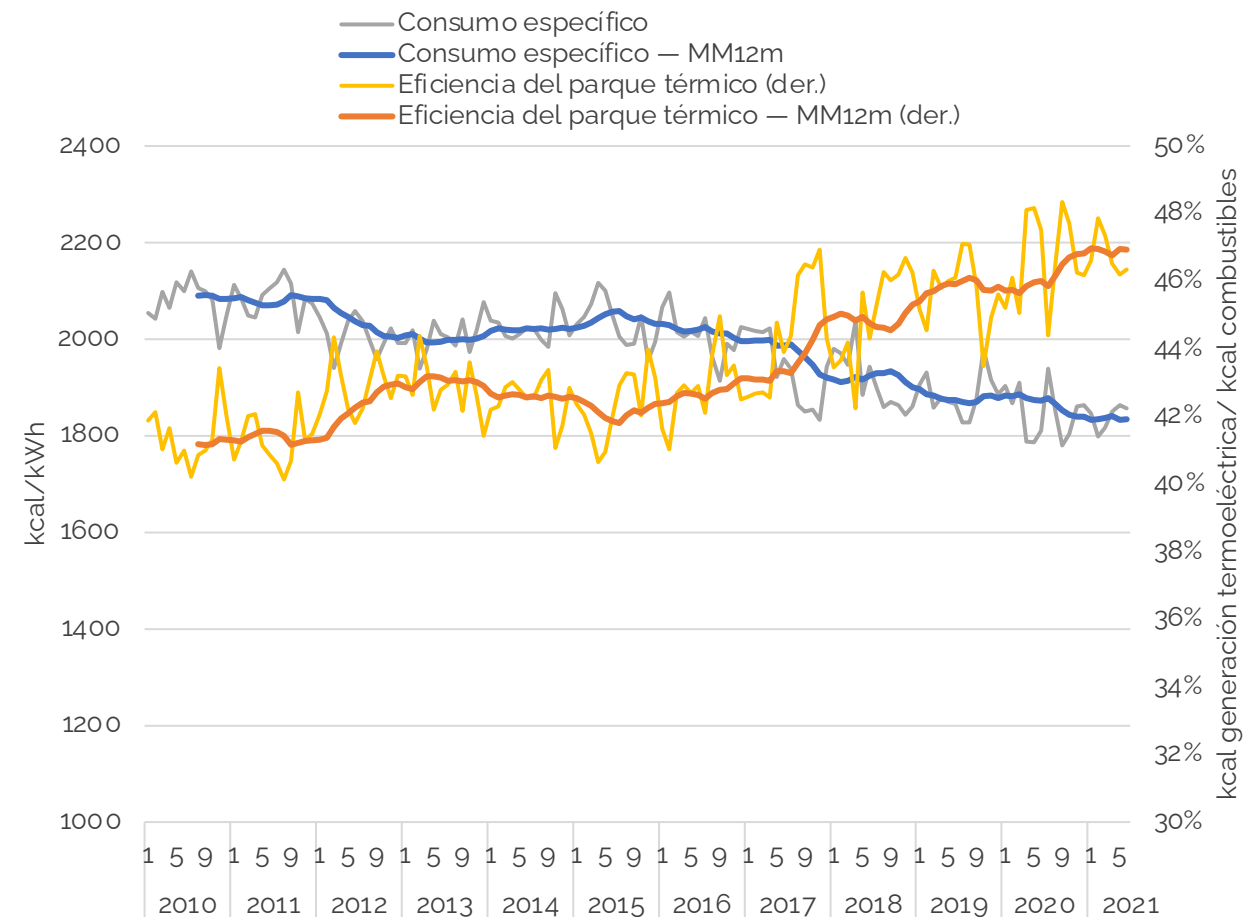
* Excluye hidroelectricidad > 50 MW

Entre 2015 (sanción de la Ley 27.191) y el primer semestre de 2021 se incorporaron 3.885 MW de potencia renovable (excluyendo gran hidro), pasando a equivaler del 2% al 12% de la demanda de energía eléctrica, en el lenguaje de la Ley. La norma establece que en diciembre de 2021 debería equivaler al 16%.

Quema de combustibles para generación termoeléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista



Consumo específico medio y eficiencia del parque termoeléctrico fósil en el Mercado Eléctrico Mayorista



La evolución reciente de la generación termoeléctrica muestra el retorno de una mayor participación de combustibles líquidos para generación, que se reducía desde 2016 en el contexto de una mayor disponibilidad de gas natural, y de un incremento en la eficiencia del parque (menor consumo específico de 2015 a la fecha).

Conclusiones

1. El indicador de intensidad de emisiones de las ventas energéticas (IEVE) muestra dos cambios de tendencia relevantes en el último quinquenio: el primero desde mediados de 2017 hasta septiembre de 2019, con una disminución sostenida en la intensidad de emisiones, de 2,91 tCO₂e/tep a 2,70 tCO₂e/tep (-7%) y el segundo con una reversión de la tendencia desde octubre de 2019 a la fecha, vinculada en gran medida con la baja hidráulica, la escasez de gas natural y el cambio de corte de biocombustibles, entre otros factores.
2. El indicador de intensidad de emisiones de la generación eléctrica (IEGE) experimentó una disminución sostenida desde mediados de 2017 hasta fines de 2019, desde aproximadamente 345 tCO₂e/GWh hasta un nivel de 272 tCO₂e/GWh (-21,2%), manteniéndose estable en 2020, con un incremento interanual del 11,5% en el primer semestre de este año, debido a un mayor despacho termoeléctrico una baja hidráulica y una menor disponibilidad de gas natural, compensado parcialmente por la fuerte penetración de la energía eólica y solar.
3. Entre 2016 y el primer semestre de 2021 se incorporaron 3.869 MW de potencia para la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, hasta alcanzar los 4.569 MW. A pesar de este incremento, que a la fecha sextuplica la penetración de las nuevas fuentes de energía renovables para generación de electricidad observada en 2017, esta equivale actualmente al 12,0% de la demanda, y si bien parece dificultarse el cumplimiento del objetivo de satisfacer el equivalente al 20% de la demanda a partir de estas fuentes en 2025, en el primer semestre de este año estas fuentes desplazaron un volumen del orden de los 10 MMm³/d GNe de combustibles líquidos.

Proyecto Ambiente, Energía y Crecimiento

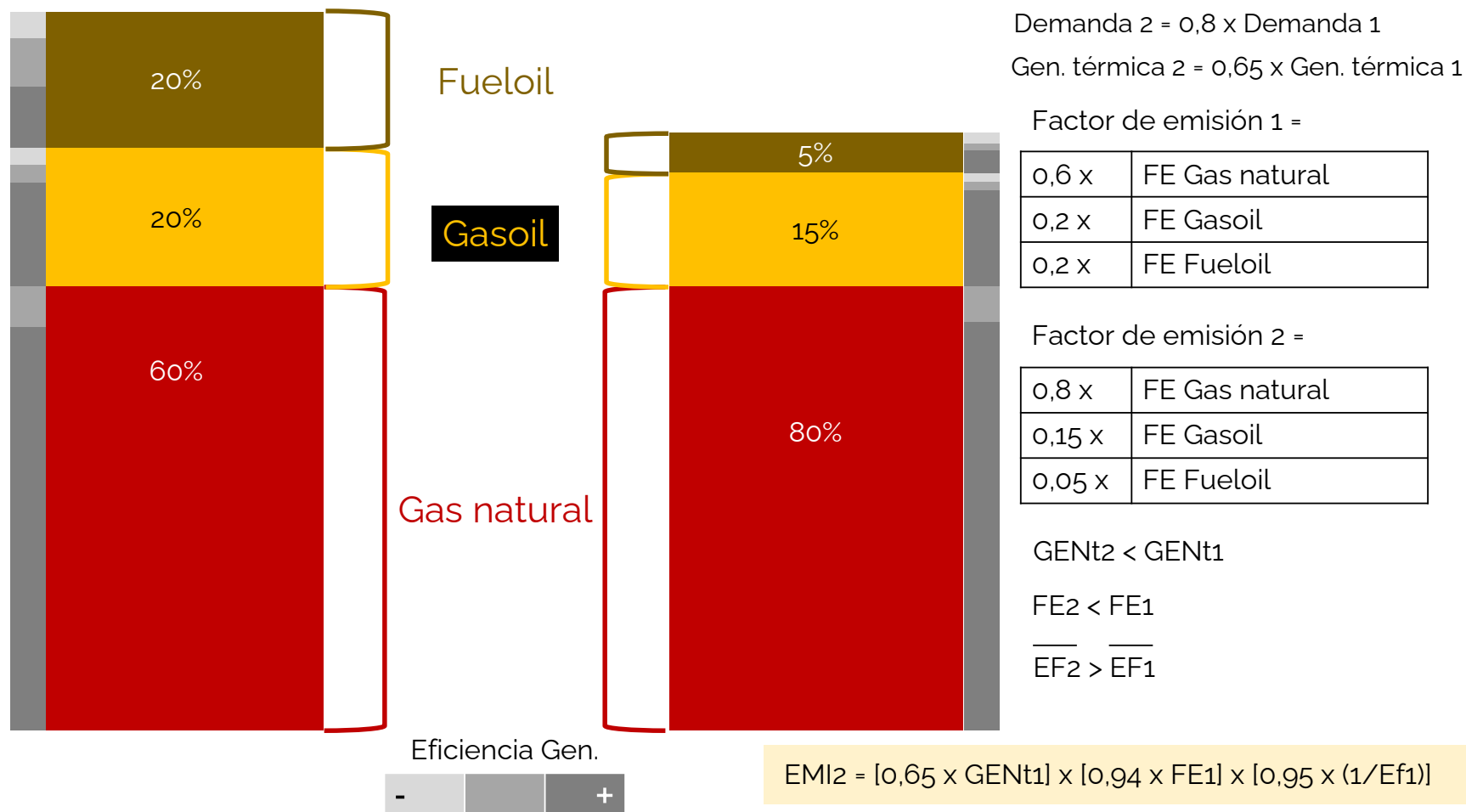
Muchas gracias

Luciano Caratori
Gerardo Rabinovich
Daniel Perczyk

**Centro de Estudios en Cambio Climático Global
Fundación Torcuato Di Tella**

Vínculo a los documentos: <https://bit.ly/IEVE-L>

¿Cómo interactúan la demanda, la eficiencia del parque y la intensidad de emisiones?



A modo ilustrativo, una reducción de requerimientos al parque termoeléctrico (por ejemplo, vía menor demanda de energía eléctrica o vía mayor participación de renovables) genera ganancias en la eficiencia del parque (despachan menos de las máquinas poco eficientes) e incrementa ceteris paribus la participación del GN, reduciendo el FE de la mezcla de combustibles. Emisiones | 22