

HACIA UN URUGUAY CARBONO NEUTRAL

Felipe Rodríguez, Juan Andrés Sainz & Martina Supatto
Premio Academia Nacional de Economía - 2022

Agradecimientos

A Nicolás Albertoni, Eduardo Blasina, Marcelo Caffera, Ana Virginia Chiesa, Rossana Gaudio, Jorge Hernández, Cecilia Jones, Gonzalo Márquez, Adrián Peña, Álvaro Pérez del Castillo y Alejandro Stipanovic por su amable disposición y valiosos aportes para la elaboración de este trabajo.

A Julieta Chaia por acompañarnos en las primeras etapas del mismo.

1 Tabla de contenido

2	Resumen ejecutivo	3
3	Glosario	4
4	Introducción: “El mayor desafío de nuestro tiempo”	5
5	Para entender el calentamiento global	7
5.1	El efecto invernadero	7
5.2	El dióxido de carbono.....	8
5.3	La importancia de alcanzar la neutralidad de carbono.....	10
6	Gases de efecto invernadero en Uruguay: Dónde, qué y cuánto se emite.....	12
6.1	La energía, la forestación y el dióxido de carbono	13
6.2	El agro, el metano y el óxido nitroso	14
7	Dos retos para una agenda de transición	16
7.1	La matriz energética y la dependencia del petróleo	16
7.2	El elefante en la habitación: un país ganadero	21
8	Hacia un Uruguay carbono neutral	25
8.1	Transporte.....	26
8.2	Hidrógeno verde.....	28
8.3	La sociedad y el mercado	30
9	Propuestas	33
9.1	Apuntar a la movilidad eléctrica	33
9.2	Un fondo “a la noruega” para el hidrógeno verde.....	37
9.3	Mercados de carbono y concientización	40
10	Conclusiones.....	44
11	Bibliografía referenciada.....	46
12	Anexo: CTP en el transporte	55

2 Resumen ejecutivo

La ONU define al cambio climático como “el mayor desafío de nuestro tiempo”, que de manera progresiva y en ausencia de medidas para evitarlo, desembocará en consecuencias que amenazan la supervivencia misma del ser humano. La principal manifestación del cambio climático es el calentamiento global, explicado por una creciente cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera que no dejan escapar el calor que llega del sol. En este trabajo se explica que los GEI son expulsados por las actividades productivas de los humanos, lo que provocó la actual tendencia ascendente de su prevalencia en la atmósfera luego de cientos de miles de años en que se mantuvieron dentro de un umbral de variación en proporciones mucho menores. Dado que prácticamente todas las actividades humanas generan emisiones de GEI y que los incentivos para no contaminar son escasos, es imprescindible un esfuerzo superlativo en todas las esferas de acción —a nivel de individuos, empresarial, gubernamental— y en todas las actividades para lograr detenerlas, es decir, alcanzar la neutralidad de emisiones. Se clasifica las emisiones por gases de efecto invernadero y por sectores y subsectores de la economía para diagnosticar adecuadamente en dónde Uruguay tiene sus mayores desafíos. A partir de identificar la contribución del transporte, la ganadería, la generación de energía, la industria y otros, se analiza las dificultades que puede enfrentar el país en el camino a neutralizar sus emisiones en las próximas décadas y se ensayan las líneas generales de una posible estrategia para atacar algunos puntos débiles. Finalmente, a partir de todos estos elementos se formulan propuestas de incentivos para la electrificación del parque automotor uruguayo, un fondo a partir de hidrógeno verde que apoye la investigación y desarrollo de técnicas que reduzcan el impacto del agro, el desarrollo de un mercado de bonos de carbono y medidas para involucrar a la ciudadanía en la acción por el clima, que pueden ser un aporte valioso que sume a las líneas de acción ya existentes para alcanzar las emisiones netas nulas a nivel nacional.

3 Glosario

- **Carbono neutral:** calificativo para todo aquello cuyas emisiones netas de carbono son nulas, tomando en cuenta emisiones y remociones.
- **Dióxido de Carbono equivalente (CO₂-eq):** unidad común utilizada para medir el impacto de los distintos gases en el efecto invernadero.
- **Captura de carbono:** consiste en retirar de la atmósfera y almacenar el CO₂ de manera natural (al plantar árboles o pastizales) o mediante otras técnicas artificiales. De esta manera se elimina el efecto invernadero del carbono capturado.
- **Verde:** rótulo que se le da a todo lo que es carbono neutral (“electricidad de fuentes verdes”, “hidrógeno verde”, “alternativa verde”, etc.).
- **Prima verde:** diferencia monetaria adicional que se debe pagar al optar por la alternativa “verde”. Por ejemplo, si se presentara la elección entre comprar un calefón a gas (contaminante) que cueste \$5.000 y uno eléctrico (“verde”) que cueste \$6.000, la prima verde sería de \$1.000. Como el eléctrico tiene un costo mayor, su prima verde es positiva; si fuera menor, la prima verde sería negativa.
- **Verified Carbon Unit (VCU):** es la representación de una tonelada de CO₂-eq que fue reducida o eliminada de la atmósfera al realizar un proyecto verde.
- **Densidad energética:** es la relación entre la cantidad de energía almacenada y un determinado volumen. Un combustible con mayor densidad energética almacena más energía en menos espacio, por lo que necesita de menores volúmenes para obtener el mismo rendimiento.

4 Introducción: “El mayor desafío de nuestro tiempo”

En el año 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 para un Desarrollo Sostenible, que está compuesta por 17 objetivos que abarcan algunas de las mayores aspiraciones de la humanidad en materia social, económica y ambiental. Entre esos objetivos se encuentran retos tan importantes para el mundo como “Hambre cero”, “Fin de la pobreza”, “Paz, justicia e instituciones sólidas” y “Trabajo decente y crecimiento económico”.¹ Sin embargo, la ONU no califica a ninguno de ellos como el más grande. Ese título se lo reserva para otro reto que, directa o indirectamente, impacta en el cumplimiento de cada uno de los objetivos de la Agenda. Se trata del cambio climático. Es nada menos que este, de acuerdo a las Naciones Unidas, “*el mayor desafío de nuestro tiempo*”.²

En el presente trabajo se procurará circunscribir el cambio climático a lo que concierne su faceta más fundamental y conocida, el calentamiento global, y sobre todo a evaluar qué puede hacer Uruguay para ser parte de la solución y no del problema. Se propone presentar a grandes rasgos cómo el país emite gases que suman al calentamiento global y en qué cantidades —seguidamente explicaremos qué son estos gases— y, a partir de ese diagnóstico, se formularán algunas propuestas para cambiar los procesos contaminantes por otros “verdes”. Estas propuestas no dan una solución integral a la contribución del país al cambio climático; ya muchos especialistas uruguayos, afortunadamente, están trabajando en ello y tienen muy buenas ideas (de hecho, algunos de ellos fueron consultados para la elaboración de este trabajo y se pueden ver sus nombres en los agradecimientos). Pero las propuestas aquí formuladas son un insumo que puede sumarse a otros para que Uruguay honre su compromiso de transitar a una economía amigable con el medio ambiente, que no es nada más que una economía respetuosa de los uruguayos que aún no nacieron. Si este trabajo sirve para poner sobre la mesa algunas opciones que puedan evaluarse, discutirse o, idealmente, implementarse, ya habrá cumplido

¹ ONU (2015)- “La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”

² Ídem.

su propósito. Sin ir más lejos, alcanza con provocar el pensamiento y promover la divulgación de un tema central para este siglo.

Por último, se procurará cuidar un estilo lo más didáctico posible, sin entrar en tecnicismos innecesarios y amigable para que pueda ser entendido por un público interesado sin formación especializada en economía.

5 Para entender el calentamiento global

5.1 El efecto invernadero

Mercurio es el planeta más cercano al Sol: aunque la distancia varía a medida que recorre su órbita, se ubica a un promedio de 58 millones de kilómetros.³ El que le sigue es Venus, a casi el doble de distancia, con una media de aproximadamente 108 millones de kilómetros.⁴ De forma intuitiva, la respuesta a cuál de los dos planetas es más caluroso debería ser obvia: Mercurio, porque está más cerca del Sol. Sin embargo, esa respuesta es incorrecta. En Mercurio la temperatura media es de alrededor de 160°C, mientras en Venus es de 475°C, suficiente para derretir el plomo.⁵ Entonces, ¿por qué Venus es más caliente? La NASA lo explica con estas palabras: “Venus tiene una atmósfera espesa y tóxica llena de dióxido de carbono y está perpetuamente envuelta en espesas nubes amarillentas de ácido sulfúrico que atrapan el calor y provocan un *efecto invernadero* descontrolado. Es el planeta más caliente de nuestro sistema solar, aunque Mercurio está más cerca del Sol.”⁶

El “efecto invernadero” que menciona la NASA es un fenómeno a través del cual parte del calor emitido desde el Sol queda retenido en la atmósfera de un planeta. En un invernadero, suele cubrirse un habitáculo de plantas con un material transparente (como una lona plástica) que deja pasar la luz del sol y no deja escapar el calor, para que las plantas maduren en una temperatura mayor que la del aire exterior. A escala planetaria existen algunos gases que, de manera similar, impiden que el calor escape de la atmósfera y se les llama “gases de efecto invernadero” (GEI).

En la Tierra, los gases de efecto invernadero son fundamentales para regular la temperatura. Sin ellos, viviríamos en un planeta con una temperatura promedio de -18°C⁷. Gracias a ellos, la temperatura promedio a la que estamos acostumbrados los

³ Nasa Science: Planets in our Solar System.

⁴ Ídem.

⁵ Ídem.

⁶ Ídem.

⁷ Véase Nat Geo-The Greenhouse Effect and our Planet.

humanos es de 14°C⁸. El efecto invernadero no es malo en sí mismo. Como se detallará a continuación, lo perjudicial es la peligrosa intensificación del efecto invernadero provocada por actividades humanas. El mundo no corre el riesgo de volverse como Venus, pero un aumento de tan solo unos pocos grados en la temperatura global puede desencadenar consecuencias graves para el desarrollo próspero de la civilización humana en apenas unas cuantas décadas.

5.2 El dióxido de carbono

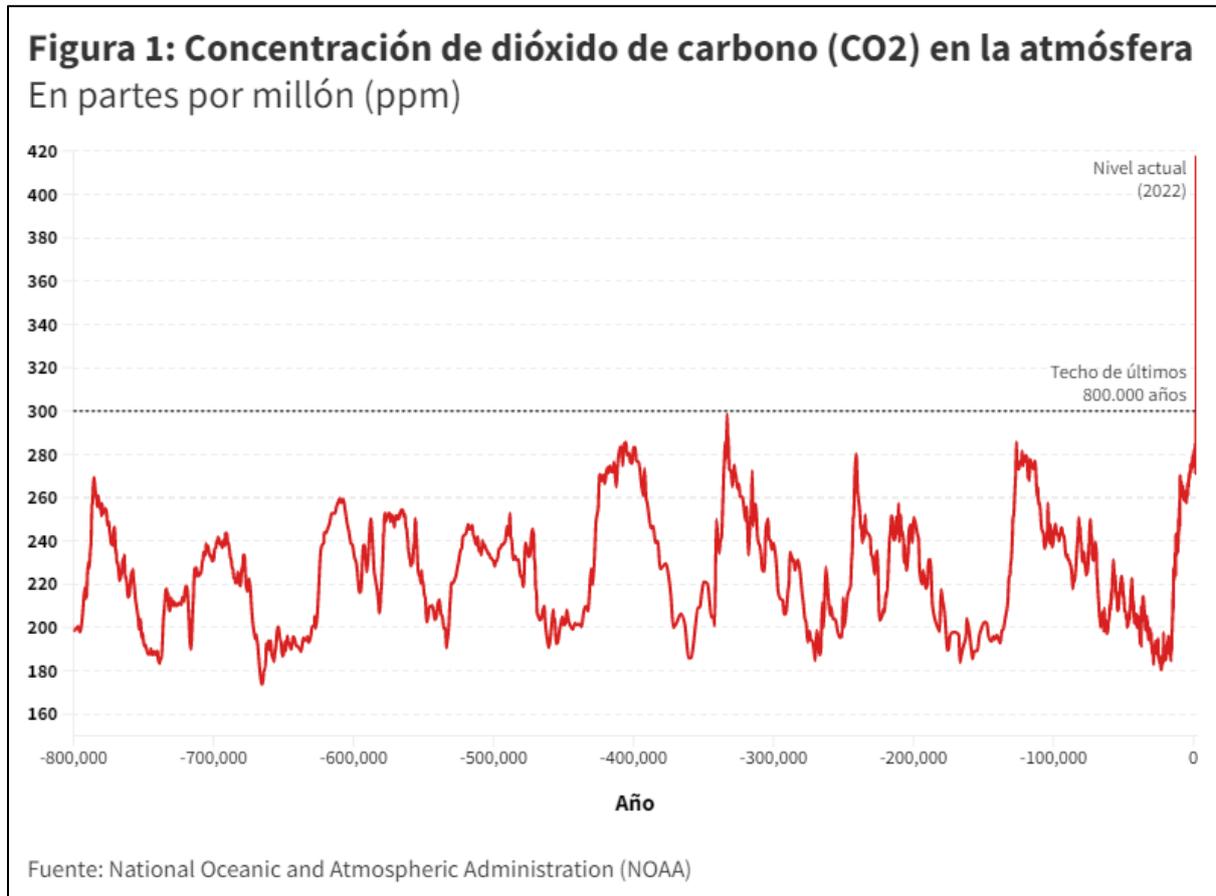
La atmósfera terrestre está compuesta en un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y alrededor de 1% de otros gases. Dentro de ese 1% se encuentra un gas al que prestaremos especial atención: el dióxido de carbono (CO₂). La concentración de CO₂ en la atmósfera es ínfima, por lo cual al referirnos a ella usaremos la unidad de medida *partes por millón* (ppm). El CO₂, aun en su baja proporción, es el más importante gas de efecto invernadero en la Tierra; en comparación con otros GEI es muy abundante y puede perdurar en el ambiente por cientos o miles de años tras haber sido emitido.⁹ Más adelante introduciremos a algunos de los demás GEI, pero por ahora nos centraremos sólo en él.

En los últimos 800.000 años hasta el siglo XIX, la máxima concentración de dióxido de carbono en la atmósfera había sido de 300 ppm y de forma natural se mantenía un cierto balance entre la emisión y la absorción del gas. No obstante, desde los comienzos de la Revolución Industrial, los procesos económicos llevados a cabo por los humanos comenzaron a emitir carbono en magnitudes cada vez mayores, por ejemplo, al quemar carbón para impulsar máquinas a vapor. En la actualidad, el dióxido de carbono se emite para hacer muchas de las cosas que sostienen nuestra históricamente alta calidad de vida. Al fabricar acero, cemento, vidrio y plástico, al impulsar automóviles, barcos, aviones y tractores, o al generar energía eléctrica para alimentar ciudades e industrias por todo el mundo, se emiten cantidades enormes de dióxido de carbono. Aunque este trabajo advierta sobre los peligros del CO₂, nadie podría leerlo desde su computadora sin que se haya emitido dióxido de carbono para

⁸ Ídem

⁹ Alan Buis, "The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide", NASA (2019)

fabricar sus componentes, alimentar con electricidad a la planta de ensamblaje y transportar el producto final hasta la tienda donde fue adquirida.



Se estima que la barrera de las 300 ppm fue superada por primera vez en 1909. Para 1950, el CO₂ llegó a 313 ppm y en el año 2000 alcanzó 369 ppm en el aire. Hoy su concentración se calcula en 419 ppm, la mayor en al menos 2 millones de años.¹⁰ Al mismo tiempo, la media de la temperatura global, en pleno aumento, se ubica un poco más de un grado centígrado por sobre la de 1880.¹¹

El incremento en el CO₂, su vínculo con el ascenso en la temperatura global y la relación causal que las actividades humanas tienen sobre el mismo, han sido extensamente documentados y reúnen un amplio consenso científico.¹² De acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático de la ONU (IPCC, por su sigla

¹⁰ NASA Earth Observatory

¹¹ Ídem

¹² Véase: "Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming"- John Cook et al 2016 Environ. Res. Lett. 11 048002

en inglés), “desde que comenzaron las evaluaciones científicas sistemáticas en la década de 1970, la influencia de la actividad humana en el calentamiento del sistema climático ha pasado de considerarse una teoría a un hecho establecido”.¹³

5.3 La importancia de alcanzar la neutralidad de carbono

Debido a la estrecha relación entre la temperatura de la Tierra y la proporción de GEI en la atmósfera, es notorio que una tendencia creciente en la segunda tendría su correlato en la primera, y la magnitud del calentamiento resultante dependerá del camino que la humanidad tome con respecto a sus emisiones.

El calentamiento global no resulta en el mantenimiento de todas las condiciones normales pero con uno o dos grados más de temperatura, sino que tiene múltiples derivaciones. Por ejemplo, afecta los patrones de lluvia y desemboca en la intensificación tanto de sequías como inundaciones. También las olas de calor y los huracanes se están haciendo más fuertes y frecuentes. El calentamiento global está acelerando el derretimiento de los casquetes polares y el permafrost, lo que provoca un aumento en el nivel del mar, que se hará mucho más notorio en las próximas décadas. Y hay muchas más consecuencias, que se omitirán a los efectos de no hacer engorrosa la lectura.

Pero más allá de lo que solo concierne a meteorólogos, las consecuencias descritas provocan a su vez otros efectos colaterales que impactan directamente en la vida humana: los cambios en el ciclo del agua perjudicarán la productividad de los cultivos¹⁴, los eventos climáticos extremos serán cada vez más caros en pérdidas materiales y humanas, condiciones climáticas cada vez más adversas provocarán migraciones masivas, el aumento del nivel del mar pondrá en jaque la infraestructura de muchas poblaciones costeras —frecuentemente, hasta su viabilidad misma— y un extenso etcétera. En el largo plazo, el aumento desmedido de la temperatura podría amenazar la propia sustentabilidad de la humanidad como la conocemos hoy, u obligar a las sociedades a adoptar estilos de vida muy diferentes a los actuales para poder adaptarse.

¹³ IPCC (2021)

¹⁴ Refiriéndose al efecto agregado, porque de hecho existen algunos cultivos que se verán favorecidos.

Cabe destacar que, a todos los efectos mencionados, una diferencia pequeña de la temperatura no es trivial y la gravedad de las consecuencias sube exponencialmente con cada grado extra de calentamiento. Por ejemplo, entre un aumento de 1,5°C y uno de 2°C para 2100 —que son el escenario objetivo del Acuerdo de París y el límite máximo que tal acuerdo se propuso, respectivamente— hay mucho más en juego que medio grado. Si se vuelve a observar lo que ocurre con el nivel del mar, 2°C implicarían 10 centímetros más de elevación, exponiendo a más de 10 millones más de personas a riesgos relacionados. Incluso, el IPCC marca que “la inestabilidad de la capa de hielo marino en la Antártida y/o la pérdida irreversible de la capa de hielo de Groenlandia podría provocar un aumento de varios metros en el nivel del mar durante cientos o miles de años” y “estas inestabilidades podrían desencadenarse entre 1,5 °C y 2 °C de calentamiento global”. Por motivos como este es importante mantener el calentamiento global lo más a raya posible y correr los menores riesgos. De acuerdo a proyecciones del IPCC, un sendero en el que la humanidad duplique sus emisiones para 2100 llevaría a un aumento de la temperatura media de entre 2,8°C y 4,6°C¹⁵ para ese entonces. En cambio, si se sigue un camino que lleve a la *neutralidad de carbono* —que las emisiones netas de los humanos sean nulas— para 2075, el IPCC estima que el rango más probable de aumento de la temperatura estaría entre 1,3°C y 2,4°C o si la neutralidad se alcanzara en 2050, entre 1,0°C y 1,8°C.

En síntesis: la trayectoria actual de emisiones de CO₂ (y otros GEI) no es sostenible. Las consecuencias para el ambiente, la economía y, en el largo plazo, para la civilización humana, podrían ser catastróficas. Por lo tanto, es imperativo y urgente idear estrategias para detener este proceso y contrarrestar sus consecuencias negativas. Para ello, no alcanza con reducir las emisiones, sino que es necesario dejar de aumentar el stock de carbono en la atmósfera, es decir, acercarnos lo más posible a la neutralidad de carbono.

¹⁵ Con base en el promedio 1850-1900

6 Gases de efecto invernadero en Uruguay: Dónde, qué y cuánto se emite

Si bien el CO₂ es el principal culpable de la intensificación del efecto invernadero en la Tierra, no es el único. Existen gases incluso más potentes, tales como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) que, aunque se emiten en concentraciones mucho menores, tienen un peso importante en la intensificación del efecto invernadero¹⁶. Así como el CO₂ surge de la quema de combustibles fósiles o la fabricación de algunos materiales, los otros son desprendidos a la atmósfera como residuo de otras actividades. En particular, el metano y el óxido nitroso (N₂O) tienen un papel más protagónico en Uruguay que el propio dióxido de carbono, debido a que la producción agropecuaria es su principal emisor. Las vacas, por ejemplo, expulsan metano como resultado de su peculiar proceso digestivo, y los fertilizantes de nitrógeno liberan N₂O tras ser aplicados en el suelo. En Uruguay, no son un problema grave las emisiones de la industria —por su bajo desarrollo— ni las del sector energético —por su avanzado estado en la transición a fuentes no contaminantes— pero sí lo son las del ganado por su papel central en la estructura económica del país.

Debe tenerse en cuenta que mirar solo los gases emitidos directamente por los países puede ser como verlos a través de un lente distorsionado. Debido al comercio internacional, distintos países pueden estar derivando en otros las emisiones de los productos que consumen, o pueden estar haciéndose responsables de emisiones por productos o servicios que no son consumidos localmente sino que son exportados a otros. En el caso de Uruguay, esto es muy claro para el metano y el óxido nitroso, debido a que se producen alimentos para decenas de millones de habitantes cuando la población local no alcanza los 3,5 millones. Por otro lado, ocurre lo contrario con el dióxido de carbono; las computadoras, automóviles, juguetes, o la mayoría de los productos manufacturados de valor no son producidos en Uruguay, sino que son importados y sus emisiones corren por cuenta de los países que los fabricaron. Por el lado del consumo, en realidad las emisiones per cápita de Uruguay, hechas las sumas y restas, son menores que observando la producción, y

¹⁶ También los hay más contaminantes, como hidrofluorocarburos (HFCs), perfluorocarburos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆), entre otros, pero su incidencia es ínfima en Uruguay y no ahondaremos en ellos para evitar que la lectura se vuelva innecesariamente compleja.

sustancialmente menos intensivas en metano y óxido nitroso, lo que se asemeja mucho más al promedio mundial. Sin embargo, a los efectos de contabilizar con mayor precisión las emisiones nacionales y tener un control mayor sobre las posibilidades de reducirlas, miraremos el desafío sin considerar el comercio exterior, que es como lo hacen normalmente todos los países y organismos internacionales a estos efectos.

6.1 La energía, la forestación y el dióxido de carbono

El dióxido de carbono es el responsable de 6.707 gigagramos (Gg) de emisiones anuales en Uruguay¹⁷ (un gigagramo es lo mismo que mil toneladas). Para computar el efecto de otros GEI distintos al CO₂, se los mide en unidades equivalentes al mismo. De la misma manera que al intercambiar pesos uruguayos y dólares hacemos una conversión para equiparar el poder de compra de ambas monedas, para medir las emisiones de GEI los organismos oficiales miden el potencial de calentamiento global de cualquier gas en un lapso de 100 años en comparación con el dióxido de carbono (la metodología usada se abrevia como GWP). Usando este método, la participación del CO₂ en las emisiones totales del país corresponden al 22% del total, que suma 31 mil Gg de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq) acumulados por año.¹⁸

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) define cuatro sectores para clasificar las emisiones: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU); Agricultura, Forestación y Otros Usos del Suelo (AFOLU); y Desechos. Para llegar a las cifras anteriores, el INGEI excluye las remociones de dióxido de carbono del sector AFOLU, que en términos netos actúa como un gran sumidero, con 11.466 Gg de CO₂ de absorción neta en 2019. A medida que la forestación expande su área y los árboles crecen, la biomasa boscosa absorbe CO₂. Si se tiene en cuenta todo el sector AFOLU, Uruguay presentó una captura neta de dióxido de carbono de 4.850 Gg en 2019 (11.466 Gg de captura neta en AFOLU menos los 6.707 de emisiones netas en demás sectores).¹⁹

Dentro de los 6.707 Gg de emisiones sin AFOLU, 6.170 Gg correspondieron a la energía en 2019. En ese sector, 60% se emitió en el transporte —casi en su totalidad terrestre— con una contribución algo mayor del gasoil que de la gasolina

¹⁷ INGEI (2019)

¹⁸ Ídem.

¹⁹ Ídem.

automotriz, sin margen para otros combustibles. Lo demás fue emitido en buena parte por industrias de la energía e industria manufacturera y construcción (más intensiva en combustibles como fuel oil y coque de petróleo) y en menor medida por el sector agropecuario y los hogares²⁰. La mayor parte de las emisiones de CO₂ del remanente no energético, poco más de 500 Gg, es un subproducto de procesos industriales como la producción de cemento o cal.

6.2 El agro, el metano y el óxido nitroso

El metano (CH₄) es el principal GEI que se emite a nivel nacional. Tiene la peculiaridad de permanecer por un menor tiempo en la atmósfera que el CO₂, pero con un mayor potencial de calentamiento. En el INGEI un Gg de metano equivale a 21 de CO₂²¹, es decir, al referirnos a un Gg de metano lo mediremos como 21 Gg de CO₂-eq. A diferencia del promedio mundial, Uruguay emite mayor cantidad de metano en comparación al CO₂ en términos equivalentes por las características de su estructura productiva enfocada a la producción de alimentos; el metano representa el 51% — 15.957 Gg en CO₂-eq—²² de los GEI emitidos en Uruguay. El sector AFOLU fue el principal responsable de las emisiones de CH₄ en 2019: representó el 92,6% de las mismas, seguido por los desechos (6,7%) y la energía (0,7%).²³

Del total de 15.957 Gg en CO₂-eq emitidos en 2019, 14.175 Gg (88,8%)²⁴ surgen de la *fermentación entérica* de los animales rumiantes²⁵ (vacunos y ovinos) en actividades ganaderas, que constituye la principal fuente de emisiones de metano.

El óxido nitroso (N₂O) es otro de los principales gases en el inventario mundial, aunque tiene una incidencia global menor que el metano y el dióxido de carbono. A nivel nacional, no obstante, está en segundo lugar, por debajo del metano y por

²⁰ Ídem

²¹ El metano permanece en la atmósfera alrededor de 10-13 años, pero tiene un potencial de calentamiento mayor que el CO₂. Existen diferentes metodologías para calcular la equivalencia: en el INGEI 2019, se toma que el potencial de calentamiento es 21 veces mayor (GWP AR2), pero en otros trabajos oficiales como la Estrategia Climática de Largo Plazo (2021) se cuenta como 28 veces (GWP AR5) y el propio INGEI también incluye una métrica que multiplica solo por 4 al metano (GTP AR5). Al referirnos a la contribución del metano y el óxido nitroso, en este trabajo se tomará siempre la metodología GWP AR2 usada en el INGEI.

²² Según el INGEI 2019

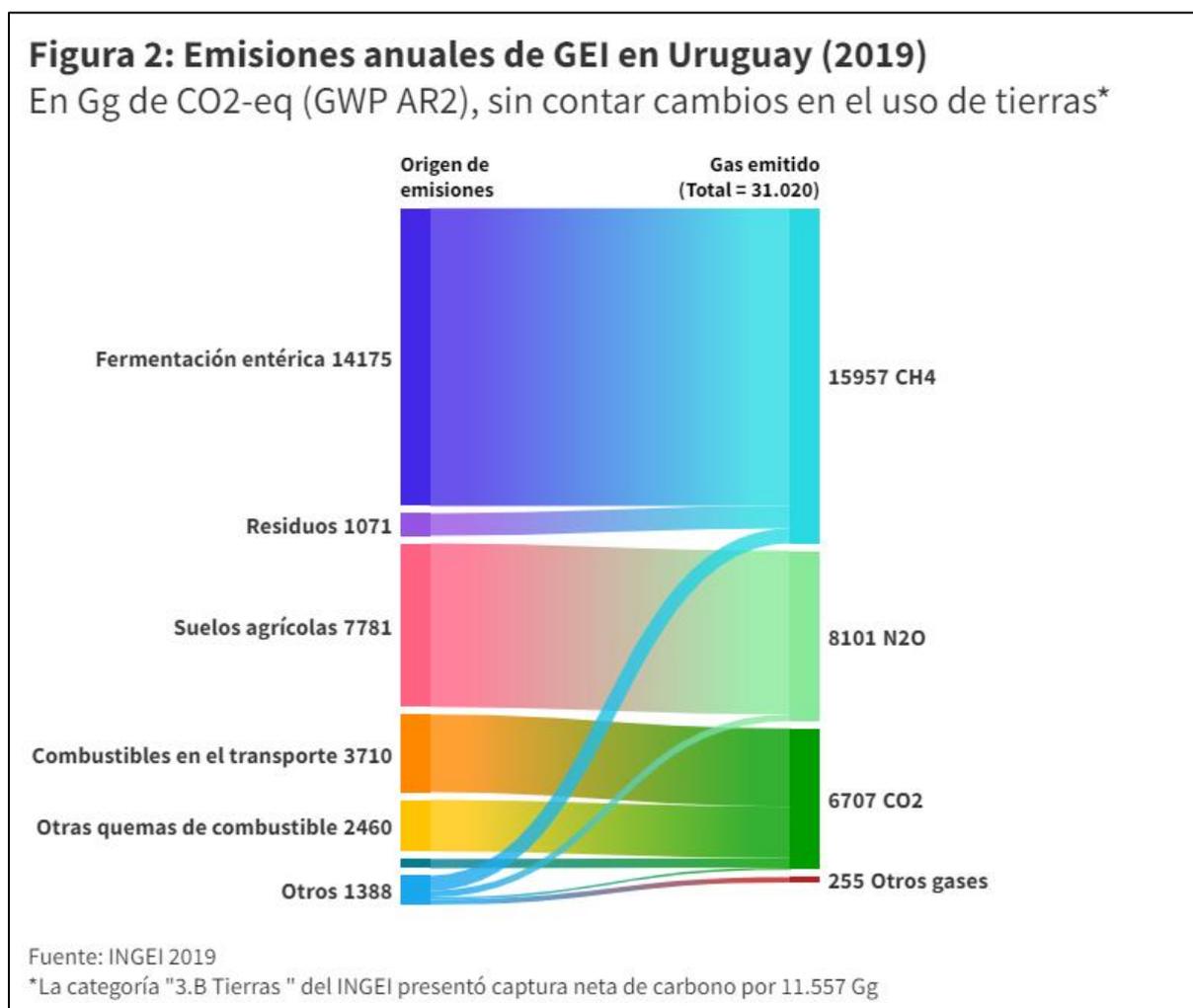
²³ Ídem

²⁴ Alrededor del 96% del sector AFOLU- Ídem

²⁵ Es decir, se generan en la digestión de estos animales. La fermentación entérica que genera el metano se da naturalmente en ellos por los procesos biológicos que tienen lugar en el rumen, uno de sus cuatro compartimentos estomacales.

delante del CO₂, a pesar de emitir menos toneladas que el CO₂ en términos absolutos; cada tonelada de N₂O equivale a 310 de CO₂.²⁶ El óxido nitroso fue responsable de 26% (8.101 Gg CO₂-eq) de las emisiones totales de GEI en 2019. Su flujo de emisiones por una amplia mayoría proviene del sector agropecuario: el sector AFOLU emitió 96,2%, seguido por la energía (2,7%) y los desechos (1,2%)²⁷.

Dentro del sector AFOLU, la fuente de N₂O que reúne la gran mayoría de las emisiones es la deposición de heces y orina en la ganadería. En una fracción menor, también se deben al uso de fertilizantes nitrogenados, entre otros factores.



²⁶ Véase: metodología del INGEI 2019

²⁷ Fuente: INGEI

7 Dos retos para una agenda de transición

7.1 *La matriz energética y la dependencia del petróleo*

“Una transición energética supone una transición responsable. Esas dos palabritas para nosotros significan muchísimo. Una transición responsable implica recorrer desde un estado inicial a un estado final en forma no instantánea; el ‘no instantánea’ implica un período de tiempo. Y ese período de tiempo es no menor a 30 años”. La reflexión pertenece al presidente de la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP) Alejandro Stipanivic, en consulta para este trabajo. La transición energética a la que se refiere es desde fuentes emisoras de GEI a fuentes carbono neutrales. A continuación, detallaremos por qué un país como Uruguay, reconocido internacionalmente por su avance en la adopción de energías renovables, puede tener todavía un largo camino por recorrer —no menor a 30 años, de acuerdo a Stipanivic— y también por qué el hincapié en lo “responsable”.

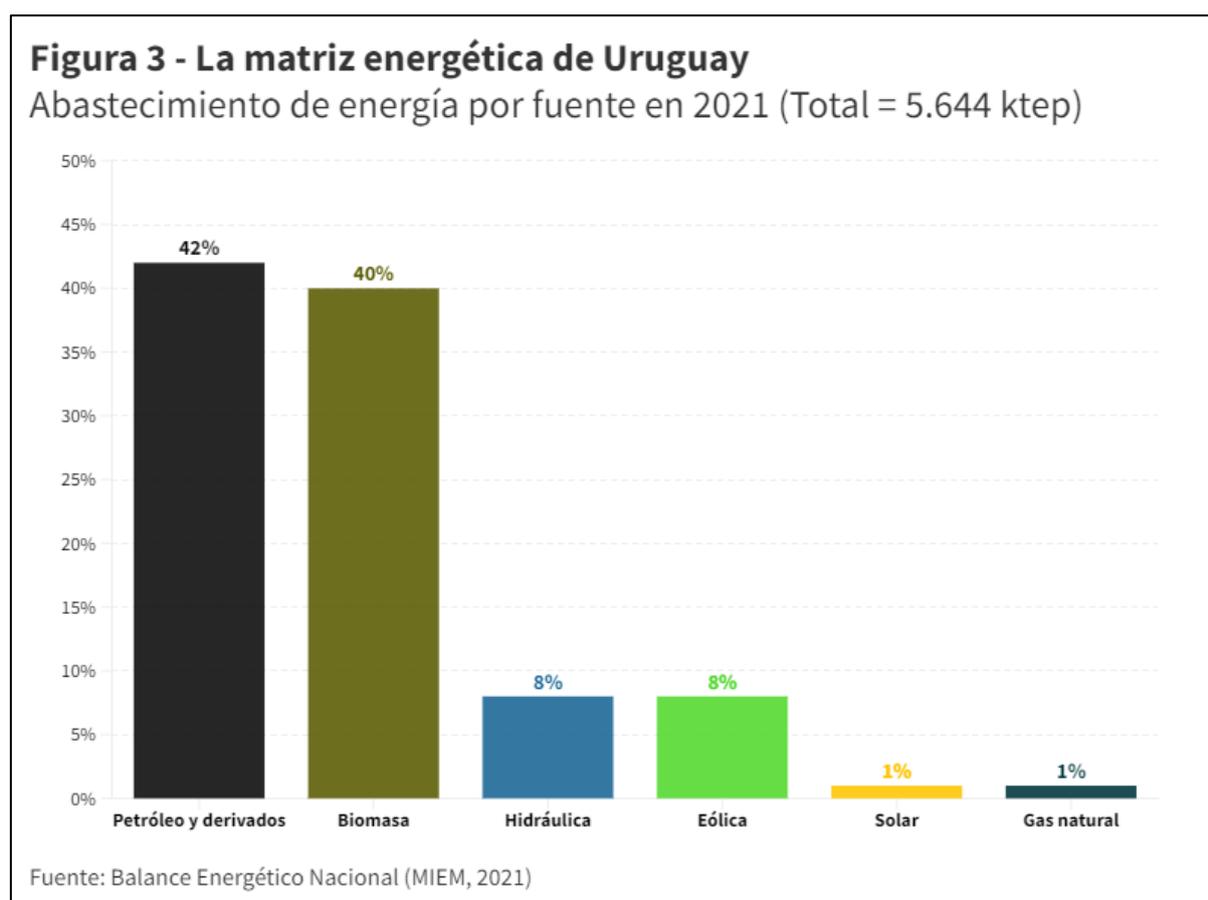
Es habitual que se maneje que la matriz energética de Uruguay es mayormente renovable y prácticamente libre de emisiones contaminantes, pero esa imagen es inexacta. Afirmaciones así son correctas para la energía eléctrica, cuya oferta en fuentes renovables y carbono neutrales —a partir de biomasa, eólica, hidráulica o solar— cubre prácticamente la totalidad de la demanda nacional anual²⁸. No obstante, si se mira toda la energía demandada por la economía uruguaya para funcionar, el panorama es bien distinto, porque la mayor parte no es eléctrica. Para ilustrar este punto, basta pensar en el transporte, impulsado mayormente a combustión; en las múltiples industrias que usan madera o derivados del petróleo para calentar cosas o alimentar sistemas de vapor; o en hogares que usan gas y leña para su calefacción y para cocinar²⁹. Todos estos usos, aunque no tengan nada que ver con la electricidad, forman parte de la energía que consume Uruguay, aunque algunas veces son omitidos cuando se habla genéricamente de “la matriz energética”. De acuerdo al Balance Energético Nacional (BEN) publicado por el MIEM, las fuentes hidráulica,

²⁸ Balance Energético Nacional (2020)

²⁹ Adicionalmente, en el último año otro factor de peso fueron las extraordinarias exportaciones de energía eléctrica, que no hubiesen sido posibles sin la quema de combustibles fósiles para su generación.

eólica y solar están detrás de tan sólo el 17% de la energía consumida en el país. El grueso, un 82%, pertenece a derivados del petróleo y biomasa.³⁰

La biomasa es materia orgánica utilizable con fines energéticos. En Uruguay, típicamente se trata de residuos de actividades primarias (como pueden ser aserrín, residuos forestales o cáscaras de arroz) o, en menor medida, leña. Debido a su origen, es considerada una fuente energética carbono neutral: se absorbe dióxido de carbono en su formación —por ejemplo, mientras crece un árbol— y se libera en su uso —como cuando se quema un leño—, por lo que el balance en todo el ciclo es neutro y se presentan por separado en los inventarios nacionales de GEI³¹. La



³⁰ El 1% restante corresponde a gas natural. Los porcentajes exactos pueden variar de año a año dependiendo de diversos factores, como precios, condiciones climáticas o las compras y ventas con los países vecinos.

³¹ A manera informativa, las emisiones directas por la quema de biomasa son algo mayores a 9 millones de toneladas de CO₂ (INGEI 2019), mientras que con toda la captura de carbono de los árboles al crecer (aun para destino celulósico y otros) las emisiones netas totales contabilizadas en el INGEI para Uruguay serían de 19,5 millones de toneladas de CO₂-eq en lugar de 31 millones, como se presentó anteriormente. Esto incluye la variación en el uso del suelo y la forestación, es decir, si el stock de carbono que se mantiene capturado en la biomasa viva en un año dado aumentó o descendió.

biomasa representa el 40% de la matriz y la mayor parte es consumida por las dos plantas de celulosa operativas. El consumo de energía a partir de biomasa de las pasteras supera al de todo el resto de la industria uruguaya, de todas las fuentes combinadas³².

Muy distinto es el caso del petróleo y sus derivados. El 42% de la oferta energética del país proviene de esta fuente, alrededor de dos veces y media lo provisto por la electricidad generada en represas, generadores eólicos y paneles solares juntos. Las chimeneas y caños de escape de todo el país expulsan CO₂, pero al tiempo que las que queman biomasa lo absorbieron previamente (y por lo tanto son neutras) las que usan derivados del petróleo son responsables de la mayoría de las emisiones netas de ese gas. Más de la mitad del petróleo con fines energéticos es consumido por el transporte, en partes prácticamente iguales de gasolina automotriz y gasoil. Sin embargo, no es su único uso. El resto se utiliza en los hogares —la garrafa que usa la cocina o la estufa a gas es gas licuado de petróleo— en las maquinarias del agro, en la industria o en la generación de energía eléctrica. El punto es el siguiente: no será nada fácil deshacernos de él.

Es poco realista pedir acabar con el petróleo de un día al otro. A pesar de que Uruguay es el tercer país del mundo con la matriz energética más verde³³, su uso está demasiado extendido. Incluso es más fácil para Uruguay prescindir de él en un futuro porque su uso local es básicamente energético, pero muchos productos fabricados en el mundo —que importamos al mercado doméstico— suelen ser hechos con petróleo. El plástico en cada cepillo de dientes, en cada *tupper* de helado que guardan los uruguayos, en cada bandeja de comida de los supermercados, en cada botella de agua o refresco y en la mayoría de los electrodomésticos, es un derivado del petróleo. Lo mismo ocurre con el asfalto para las rutas, el nylon de bolsas y envoltorios, la ropa de poliéster que nos ponemos cada día, y la lista podría hacerse absurdamente extensa. El petróleo es un elemento indispensable en la vida moderna.

Al hecho de que es omnipresente en el mundo contemporáneo, el petróleo es difícil de remplazar simplemente porque es muy conveniente y es complicado

³² Véase: Balance Energético Nacional (2020)

³³ Ember's Global Electricity Review 2022

encontrar sustitutos a gran escala lo suficientemente buenos. A modo ilustrativo, en su libro *Cómo evitar un desastre climático*, Bill Gates plantea un ejercicio muy sugerente:

1. *¿Qué contiene más energía?*
 - a. *Un litro de gasolina*
 - b. *Un cartucho de dinamita*
 - c. *Una granada de mano*
2. *¿Qué es más barato en Estados Unidos?*
 - a. *Un litro de leche*
 - b. *Un litro de jugo de naranja*
 - c. *Un litro de gasolina*

La respuesta correcta a ambas preguntas es el litro de gasolina. De hecho, se necesitan 490 cartuchos de dinamita para obtener tanta energía como un litro de gasolina, aunque la dinamita libera toda su energía de golpe mientras que la gasolina se quema más lentamente. Asimismo, el costo de esa energía es muy bajo. Gates argumenta que “incluso teniendo en cuenta las fluctuaciones en el precio del petróleo, la conclusión viene a ser la misma: todos los días, personas de todo el mundo dependen de más de 15.000 millones de litros de un producto que cuesta menos que una Coca-Cola Light”. Pues trasladando la imagen a Uruguay en octubre de 2022, a pesar de los aumentos tarifarios en el último año y de tratarse del país con el combustible más caro del continente³⁴, la comparación mantiene bastante vigencia: un litro de gasoil cuesta \$ 64,99, un litro de nafta común cuesta \$ 74,88 y un litro de Coca-Cola Light en los supermercados Disco sale \$ 75.

Según proyecciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA)³⁵, los combustibles fósiles todavía tendrán vida durante al menos algunas décadas. El organismo identifica tres trayectorias para hacer proyecciones del uso de combustibles fósiles: una en que los países implementan las políticas que ya están establecidas (STEPS), otra en que los países cumplen con sus compromisos y metas

³⁴ Extraído de *Global Petrol Prices*, actualizado al 19/10/2022

³⁵ Véase: IEA (2021)- *World Energy Outlook 2021*.

ambientales anunciadas hasta ahora³⁶ (APS), y finalmente una trayectoria en que se alcanza la neutralidad de carbono mundial para 2050 y se limita el calentamiento global a 1,5°C para 2100 (NZE). Es de destacar que entre el segundo y el tercer camino hay una gran diferencia, que la agencia llama “brecha de ambición”, debido a que los compromisos actuales quedan muy cortos para llegar a un balance carbono neutral para mediados del siglo. En los escenarios más probables, el consumo mundial de petróleo sube para 2030 y hacia 2050 estaría entre crecer 16% con respecto a 2020 —STEPS— y reducirse 13% —APS—. Muy lejos queda el escenario NZE, que requeriría un descenso en el consumo de petróleo de 20% para 2030 y de 75% para 2050. Lo interesante es que ni siquiera en la trayectoria ideal el petróleo se reduce a menos de la cuarta parte de su utilización presente, y en los caminos más plausibles la reducción sería muy atenuada. En Uruguay, la Estrategia Climática de Largo Plazo distingue dos escenarios, uno tendencial y uno aspiracional, donde el segundo es en el que se concretan los mayores avances hacia la descarbonización de la energía. Aun en este último, las emisiones en los hogares o en los comercios se neutralizan, pero el CO₂ expulsado por la quema de combustibles fósiles en la industria se mantiene constante y el del uso de gasoil y nafta en el transporte no baja de la cuarta parte.³⁷

El 14 de octubre de este año, dos jóvenes arrojaron sopa de tomate al famoso cuadro de los *Girasoles* de Van Gogh en Londres. Las manifestantes pertenecían a una organización ambientalista llamada *Just Stop Oil* que reclama la detención de toda exploración de petróleo y gas en el Reino Unido y la firma de nuevos contratos para producción. La proclama está bien intencionada: es imperativo neutralizar las emisiones de carbono para evitar una catástrofe ambiental y el petróleo es uno de los principales obstáculos. No obstante, no será tan fácil. Los reclamos como los de *Just Stop Oil* pueden no estar teniendo en cuenta los graves efectos que podría tener un abandono brusco de los combustibles fósiles en el bienestar de la humanidad. A la vista de la necesidad de petróleo a lo largo y ancho de la economía, cabe retomar lo

³⁶ Por ejemplo, sus Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (CDN), que son los compromisos asumidos por los países ante las Naciones Unidas para la reducción de las emisiones de GEI y la adaptación al cambio climático.

³⁷ Estrategia Climática de Largo Plazo (2021)

expresado por Stipanovic: una transición energética debe ser responsable y, a todas luces, podrá llevar algunas décadas.

7.2 El elefante en la habitación: un país ganadero

En inglés, *the elephant in the room* (que se traduciría como *el elefante en la habitación*) es una metáfora que alude a algo obvio que nadie percibe, o a un problema evidente que nadie se atreve a abordar.

Como ya se vio en secciones anteriores, en Uruguay las emisiones tienen una estructura bastante distinta a las del resto del mundo. Las emisiones de metano y óxido nitroso, fundamentalmente asociadas a la producción agropecuaria, triplican a las de dióxido de carbono, cuando en el mundo la relación es la inversa. Por eso, al tiempo que en el debate público se discute muy abiertamente de lo bien parado que está el país en la generación eléctrica, el debate sobre las emisiones de metano es mucho más discreto y suele estar atado de atenuantes, como que la ganadería se da mayormente en pastura natural y en óptimas condiciones de bienestar animal. De manera subyacente, está el obvio temor de que una política ambiental decidida comprometa económicamente al sector ganadero. En Uruguay, por cada habitante del país hay cerca de 3 vacas y media. Ese es el elefante en la habitación.

De acuerdo a una investigación de la consultora Exante³⁸, si bien el sector agropecuario representa directamente el 8% del PIB, alcanza cerca del 20% al considerar los impactos directos, indirectos e inducidos, cifra que asciende a casi 40% en el interior del país. En 2021, el sector estuvo detrás de 69% de las exportaciones de bienes y gracias a él se sostienen 270 mil puestos de trabajo —o 17% de los trabajadores— según el estudio. Al mismo tiempo, es fuente de 73% de las emisiones nacionales de GEI, y el camino para mitigar su contribución de manera sustancial sin afectar la producción no es tan lineal como en otros sectores.

El presidente de la Comisión Honoraria de Agroecología del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Eduardo Blasina, explicó en consulta para este trabajo que “en el caso del agro [reducir las emisiones de GEI] es un problema difícil porque una cosa es cambiar una tecnología de un motor para que pase de ser

³⁸ Exante: “Impacto de los agronegocios en la economía uruguaya” (2022)

de combustión a eléctrico; otra cosa es pasar el rumen³⁹ de las vacas a un rumen que no emita metano. [...] Es mucho más difícil que resolver un problema industrial-tecnológico”.

A saber, en Nueva Zelanda el gobierno ha determinado recientemente que los productores paguen por sus emisiones de metano a partir de 2025. Asimismo, existen múltiples grupos activistas en el mundo que abogan directamente por reducir el consumo de carne y productos animales como forma de suprimir las emisiones del sector. Es más inusual encontrarse con planteos que no choquen frontalmente con el interés de los productores, aunque existen algunos avances que, de alcanzar un desarrollo mayor y si logran mejorar sus costos, podrían ser parte de la solución. Un ejemplo de ello es el progreso en la elaboración de inhibidores de metanogénesis en la rumia (es decir, algo así como un digestivo que reduce la eructación de metano en el ganado) o el uso de biodigestores para transformar el estiércol en biogás, aunque aún tienen camino por recorrer en su eficiencia económica.

Una iniciativa pública en el país que va en esta línea es el Proyecto Ganadería y Clima, que incluye a 60 productores ganaderos (que ocupan 35.000 has), con el objetivo de realizar un proceso de asesoría en prácticas “climáticamente inteligentes” para reducir desigualdades en rendimientos y combatir la erosión, el deterioro del campo natural por sobrepastoreo y la vulnerabilidad climática, en predios con dificultades para incorporar tecnologías.⁴⁰ Esto se logró mediante el control de pastoreo y de una adecuación a las pasturas en función de las necesidades del animal, así como alineando las fechas de entore y destete en base a la oferta de forraje.⁴¹ Comparando los resultados respecto a una línea de base, se destacan: reducciones de 4,9% de emisiones por hectárea y de 16% por kg como resultado de la mejor productividad, un aumento de 20% en el ingreso neto familiar promedio y que

³⁹ El rumen o panza es un compartimento en el aparato digestivo de los animales rumiantes, como vacas u ovejas, a donde va a fermentar el alimento recién ingerido antes de ser masticado nuevamente. Este sistema digestivo es responsable de que los rumiantes despidan tanto metano a través de la eructación.

⁴⁰ Entre el percentil 25 y 75 existía una brecha de producto de 65 kg/ha en 2016. Véase: Informe de Evaluación Anual 2020-2021-Entregable 29. Proyecto Ganadería y Clima (2022)

⁴¹ Plan de Trabajo e implementación en los predios- Entregable 9. Proyecto Ganadería y Clima (2020)

se evitaron 130,2 toneladas de CO₂-eq (0,13 Gg) de emisiones en el primer año.⁴² Con una inversión de US\$ 2.091.781 para la realización del proyecto (cuyo origen fueron donaciones), supuso un aumento de ingreso total a los productores en el primer año de US\$357.000 dólares. No obstante, el proyecto tiene un alcance limitado. En consulta para este trabajo, la directora del proyecto Cecilia Jones afirmó que el equipo de trabajo no tiene una respuesta a cómo expandir la experiencia a nivel nacional, debido a diversas barreras para su implementación a gran escala, como el limitado capital humano para la asistencia técnica y el seguimiento de los predios o la dificultad de algunos productores para incorporar las técnicas de manejo recomendadas.

Existe un problema adicional: si se eligiera, hipotéticamente, eliminar la producción cárnica en Uruguay, no sería un remedio mucho mejor. A diferencia de otros países, la ganadería en Uruguay es mayoritariamente extensiva y representa el motivo por el cual se preserva el valioso ecosistema de pastura natural a lo largo y ancho del territorio. Readaptar el suelo para otros usos podría significar una importante reducción en la retención natural de carbono en el bioma.

Lo que queda es buscar mejoras de eficiencia para las emisiones, como engordar más rápido el ganado. Los objetivos oficiales en la materia buscan mantener constantes las emisiones y el stock de ganado de modo que, con esas cantidades dadas, el producto aumente y disminuya la media de emisiones por kilogramo de carne producido. Con estos criterios, Uruguay se comprometió a reducir para 2025 las emisiones de CH₄ sobre PBI en un 58% y un 32% sobre kg de carne con respecto a 1990⁴³, y ya alcanzó el 88% de esas metas en octubre de 2022.⁴⁴ Para el N₂O, el objetivo era de reducir 34% las emisiones por kg de carne y 48% por unidad de PBI respecto a 1990⁴⁵, lo que fue cumplido en 2018⁴⁶, con estímulos de buenas prácticas

⁴² Informe de Evaluación Anual 2020-2021- Entregable 29. Proyecto Ganadería y Clima (2022)

⁴³ Primera CDN (2017)

⁴⁴ Visualizador de avances de la CDN y otros indicadores vinculados

⁴⁵ Primera CDN (2017)

⁴⁶ Visualizador de avances de la CDN y otros indicadores vinculados

de manejo y uso de suelo, aumentos de productividad en la ganadería y manejo de efluentes, al igual que para el metano.⁴⁷

Un punto clave en la credibilidad del país para cumplir sus metas es la trazabilidad del ganado, la voluntad de medir el impacto que tiene la actividad en el ambiente y de demostrar cómo produce.⁴⁸ De hecho, en octubre de 2022 el gobierno uruguayo colocó un bono por valor de US\$ 1.500 millones atado a compromisos ambientales, pionero en su clase, que no habría sido posible emitir en las condiciones en que se hizo sin la referida credibilidad.

Uruguay tiene la oportunidad de destacarse produciendo de la manera más sostenible posible y en condiciones dignas para el ganado, preservando prácticas naturales y demostrando por qué la ganadería es merecedora del lugar que tiene en el sistema productivo nacional. Pero enfrenta un escollo mayúsculo para alcanzar la neutralidad de carbono.

⁴⁷ Primera CDN (2017)

⁴⁸ Recientemente se determinó una metodología para medir la huella ambiental ganadera, que cuantifica las emisiones, la biodiversidad, los suelos y el agua. Véase: Huella Ambiental de la Ganadería en Uruguay (2022)

8 Hacia un Uruguay carbono neutral

A nivel mundial las emisiones vienen de varios sectores distintos: básicamente, de la generación de energía, el transporte, la actividad agropecuaria, la industria y la calefacción. En cada uno de ellos hay estrategias y desafíos distintos en el largo recorrido para volverse carbono neutrales. Por ejemplo, en la agricultura y la ganadería es donde el panorama se ve más plagado de obstáculos e incertidumbres, mientras que en la energía se tiene una buena idea de por dónde pueden hallarse las soluciones. Dentro de lo que sí conocemos, el camino más claro para reducir emisiones con un horizonte temporal razonable ya está más o menos trazado: electrificar todo lo que sea electrificable. Para entender lo que significa, el concepto puede desglosarse en dos partes:

1. Reemplazar la mayor cantidad posible de procesos que utilicen energía de fuentes contaminantes (como los combustibles fósiles) por procesos que se alimenten de energía eléctrica, en toda la economía.
2. Asegurarse de que la electricidad necesaria para ello, a su vez, no provenga de fuentes fósiles —como carbón, gas o derivados del petróleo— sino de fuentes libres de emisiones de gases de efecto invernadero —típicamente solar, eólica, hidráulica, biomasa o nuclear—. Si ello no es así, es válido avanzar en la parte uno mientras esté previsto cambiar a fuentes verdes en el futuro, a modo de no demorar el proceso. Todo el tiempo que se pueda ganar es aprovechable, porque las transiciones energéticas suelen tomar muchos años en llevarse a cabo.

Para el caso uruguayo, la parte dos ya está prácticamente completa. El país se colocó segundo en el mundo en la proporción de electricidad a partir de fuentes renovables en 2020⁴⁹ y la generación de electricidad verde sobrepasó al consumo local en 2021.⁵⁰

⁴⁹ Ember's Global Electricity Review 2021

⁵⁰ Balance Energético Nacional 2021

En cuanto a la parte uno, Uruguay sí tiene más por hacer. En los hogares, cocinas, calefones a gas y estufas a leña pueden ser reemplazados por artefactos eléctricos usando los incentivos adecuados. La clave es concentrarse en generar incentivos para fomentar la adquisición de aparatos eléctricos lo más pronto posible, dado que suelen ser artículos de larga vida útil. No puede esperarse que una familia haga un esfuerzo económico en reemplazar un calefón a gas en buenas condiciones por uno eléctrico, pero sí es fundamental asegurarse que el eléctrico sea la opción más ventajosa para ella cuando llegue el momento de cambiarlo. La mejor forma de lograr eso es que la prima verde⁵¹ entre las opciones sea nula o negativa, lo que incluso ya ocurre para varios productos. En la actualidad ya existen algunos planes en Uruguay para facilitar el acceso a la compra de artefactos de este tipo, aunque el proceso es algo lento. Sin embargo, el grueso de las emisiones vinculadas a la energía en Uruguay y, por lo tanto, el desafío más sustancioso para la electrificación, está en el transporte.

8.1 Transporte

En 2017, se proyectaba un aumento de 40% del parque vehicular liviano —autos individuales— en Uruguay a 2035⁵² en ausencia de nuevas políticas, y ya para 2021 se constató un crecimiento de 15% respecto a ese año.⁵³ Al mismo tiempo, las ventas de todos los vehículos con bajas o nulas emisiones se encuentran en etapas iniciales; si bien se constata una aceleración en el recambio en los últimos años, su proporción actual ronda el 0,2% y apenas roza el 0,5% si se le suman los vehículos híbridos.⁵⁴ Por lo tanto, es ineludible profundizar la electrificación para alcanzar la neutralidad de carbono en el transporte⁵⁵ —del que vale recordar que representa el 12% de las

⁵¹ Una prima verde es la diferencia monetaria adicional que se debe pagar al optar por la alternativa “verde”. Por ejemplo, si se presentara la elección entre comprar un calefón a gas que cueste \$5.000 y uno eléctrico que cueste \$6.000, la prima verde sería de \$1.000. Como el eléctrico tiene un costo mayor, su prima verde es positiva; si fuera menor, la prima verde sería negativa.

⁵² Informe del Status Quo de Movilidad Urbana Sostenible en Uruguay (2020)

⁵³ En base al Informe del Parque Automotor del MIEM (2022)

⁵⁴ Ídem.

⁵⁵ En cuanto a la contaminación, los eléctricos no sólo no emiten GEI sino que tampoco contribuyen a la contaminación sonora, por lo que una ciudad de vehículos eléctricos es una ciudad mucho menos ruidosa.

emisiones totales del país— en sinergia con la propia matriz eléctrica renovable, que puede permitir la recarga de los vehículos en la noche cuando existan excedentes de generación.

Generalmente, el precio de compra y de los seguros de los vehículos eléctricos son mayores que los de aquellos a combustión interna⁵⁶. Para los eléctricos, los precios de compra son más altos debido al elevado peso de las baterías en el desembolso inicial,⁵⁷ y alrededor del año 8 de la vida útil del vehículo suele ser necesario cambiarla, lo que también es bastante costoso.⁵⁸ Afortunadamente, la evolución del precio de las baterías mostró una tendencia decreciente en la última década y se espera que continúe así.⁵⁹

Por otra parte, los costos variables como el mantenimiento y, fundamentalmente, la energía son sustancialmente menores. La tarifa eléctrica, además de ser mucho menor a la del surtidor de nafta, tiene la ventaja de fluctuar mucho menos. Mientras la cotización del petróleo depende de fenómenos económicos que trascienden a la región, de factores geopolíticos y de las decisiones de un puñado de países productores, la generación eléctrica es una garantía de estabilidad en Uruguay. En el largo plazo, si los combustibles mantienen su comportamiento reciente a tomar valores históricamente altos, la balanza se inclinaría más claramente a favor de los eléctricos, pero por más que no esté proyectado una baja sustantiva para los próximos meses,⁶⁰ nada indica que eso no pueda cambiar en el futuro.

⁵⁶ Estaríamos ante primas verdes positivas en la compra.

⁵⁷ Guía sobre Movilidad Urbana Eléctrica en Uruguay (2022).

⁵⁸ Naturalmente, las políticas públicas pueden ayudar a reducir la brecha en el costo inicial. Con el fin de incentivar las alternativas puramente eléctricas, todos los vehículos de este tipo están actualmente exonerados de IMESI y TGA en el país. Véase: Guía sobre Movilidad Urbana Eléctrica en Uruguay (2022).

⁵⁹ How can utilities navigate the imminent battery wave? - E Source (2022)

⁶⁰ Se proyecta un precio promedio anual del barril del año que viene menor al promedio de este año, pero dicho promedio será superior al precio corriente de hoy (Octubre 2022). Véase por ejemplo: Reuters (2022)- Oil could slow declines as supply risks return to fore

En el correr de esta década, se espera que la prima verde entre los autos eléctricos y a gasolina se vuelva nula.⁶¹ En última instancia, la ecuación se reduce a esto: cuántos más kilómetros recorre un vehículo, mayor es la capacidad de licuar el costo de adquisición a partir de electricidad barata, y más conveniente se vuelve la opción eléctrica.

Empero, existe una limitación adicional: la autonomía. Anteriormente, ya se abordó lo conveniente que es el petróleo para diversos usos y lo efectivo que es para almacenar energía, mucho más que una batería de litio. Llega un punto en que para vehículos que recorren distancias largas y/o trasladan cargas pesadas, la electrificación puede volverse sumamente inconveniente: las baterías empiezan a ocupar cada vez más volumen y peso para durar todo el viaje. Este grupo de vehículos incluye a los aviones, buques, transporte de carga pesado y camiones y ómnibus de recorridos largos. Si bien no es lo mismo cuando se trata de un camión, un auto o una moto, los vehículos eléctricos suelen tener autonomías más limitadas que sus alternativas a combustión.⁶²

Aunque este trabajo no incursiona en la irrupción de combustibles alternativos en el parque automotor, sí se abordará una de las claves para el futuro de la descarbonización, que promete disputarle el trono al petróleo en aquellos lugares donde las baterías no puedan llegar: el hidrógeno verde.

8.2 Hidrógeno verde

El hidrógeno es un combustible utilizado actualmente en varios usos, pero cuya expansión todavía es escasa como para ser utilizado a la escala de los derivados del petróleo. Aunque aún no presenta suficiente eficiencia en costos, sí exhibe el potencial de hacerlo en los años venideros y de posicionarse a nivel mundial como uno de los principales combustibles alternativos. Se trata de un elemento abundante

⁶¹ Envision sees cost of electric cars at parity by 2025-2026. Reuters (2022)

⁶² Otro aspecto a tener en cuenta es que los tiempos de carga varían según la potencia eléctrica que se disponga. Es cierto que a veces los vehículos a combustión hacen paradas para recargar sus tanques, pero demoran pocos minutos. En cambio, la carga más rápida posible de un vehículo eléctrico es bastante más lenta, por lo que un aspecto clave es que la autonomía sea suficiente para un día de uso únicamente con una carga nocturna. No perder tiempo en recargas intermedias se hace más difícil cuando se trata de vehículos de carga pesada, que necesitan más energía en el día para recorrer muchos kilómetros.

en el planeta que se encuentra ligado con otros elementos, en su mayoría con el oxígeno, en forma de agua⁶³. Para que sirva como combustible, debe ser aislado, para lo que existen distintos métodos.

Hoy por hoy, la obtención de hidrógeno más barata y más extendida es a partir de combustibles fósiles, lo que genera emisiones en el proceso. Al hidrógeno de esta fuente se lo llama *hidrógeno gris*. No obstante, existe otro método, llamado electrólisis, que sólo necesita agua —como materia prima— y electricidad —para alimentar el proceso de separación del hidrógeno— y no genera emisiones de GEI. Al hidrógeno obtenido a partir de energía eléctrica libre de emisiones —como pueden ser la eólica o solar— se le llama *hidrógeno verde*.⁶⁴ Luego, más allá de su producción, el uso del propio hidrógeno en un motor también es carbono neutral; lo único que despediría el escape de un camión a hidrógeno sería vapor de agua.

Para ordenar ideas: podría utilizarse electricidad de fuentes renovables para reemplazar fuentes fósiles donde sea posible y usarse hidrógeno verde donde se necesite un combustible que ocupe menos espacio que una batería. Es decir, el hidrógeno actúa como un medio para almacenar electricidad renovable con mayor densidad energética⁶⁵ que la que una batería puede ofrecer. De hecho, los motores a hidrógeno en realidad son eléctricos, porque el hidrógeno no se quema directamente como la gasolina sino que está presente en pilas de combustible que generan electricidad. Sin embargo, puede no ser muy eficiente usar electricidad renovable para obtener hidrógeno, transportar este a estaciones de recarga y presionarlo dentro de pilas de combustible para, entonces, convertirlo en electricidad nuevamente. En comparación, se aprovecha mucho más la energía usando la misma electricidad renovable para cargar directamente la batería de, por ejemplo, un auto eléctrico. Es por esto que se destinaría el hidrógeno sólo para aquellos procesos en que las baterías no resulten prácticas, como el ya mencionado transporte de carga, pero no

⁶³ A ello debe su nombre la conocida fórmula química del agua, H₂O: una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O).

⁶⁴ Existen otros “colores” de hidrógeno omitidos en el trabajo que representan modos de obtención con niveles intermedios de emisiones entre el hidrógeno verde y el hidrógeno gris a la hora de producirse.

⁶⁵ La densidad energética es la relación entre la cantidad de energía almacenada y un determinado volumen. Un combustible con mayor densidad energética almacena más energía en menos espacio, por lo que necesita de menores volúmenes para obtener un mismo rendimiento.

para un ómnibus suburbano o un auto que circule en la ciudad, porque sería menos eficiente.

El hidrógeno verde, más allá del transporte, tiene el potencial de reemplazar a los fósiles en otros usos energéticos, ayudar a reducir los problemas de intermitencia de la generación eléctrica renovable⁶⁶ y sustituir procesos contaminantes para la elaboración de, por ejemplo, fertilizantes de amoníaco. Como consecuencia de estas características, tiene el potencial de evitar 80 millones de Gg de CO₂ acumulado en el mundo para 2050 (lo que equivale a más de 2.500 veces las emisiones anuales de GEI de Uruguay) y alrededor del 20% necesario para alcanzar la neutralidad de carbono para ese año, pero debe constituir el 22% de la matriz energética global para ese entonces.⁶⁷

En Uruguay ya está trazada una hoja de ruta oficial para producir hidrógeno verde, bajo el nombre de *Programa H2U*. Más adelante se detalla cómo pensamos que la producción de hidrógeno verde en Uruguay no sólo impulsará a la economía en sí, sino que podría servir para avanzar en la mitigación de las emisiones del sector más difícil de volver carbono neutral —el agropecuario—. Más allá de ello, para acercarse poco a poco a un escenario de neutralidad de carbono tanto en el agro como en toda la economía, todavía falta hacer uso de otras herramientas, que involucran más activamente a la sociedad.

8.3 La sociedad y el mercado

En el camino hacia la neutralidad de carbono, las empresas y los individuos —como consumidores y como ciudadanos— tienen un papel que cumplir.

Es necesario que las empresas incluyan al cambio climático como un elemento más en la formulación de sus estrategias. Aunque esto pueda ser desafiante para algunas de ellas, implementarlo es importante debido al destacado rol que ya están empezando a tener los criterios de desarrollo sostenible e impacto social y ambiental

⁶⁶ Uno de los desafíos más grandes que enfrentan las energías eólica y solar es que el viento no sopla todo el tiempo y el sol no alumbra permanentemente, por lo que es necesario almacenar la energía en momentos de alta generación para usarla en momentos de baja generación. Dado que los bancos de baterías se pueden volver ridículamente pesados, voluminosos o caros para este fin, el hidrógeno puede ser uno de los candidatos a ocupar ese rol.

⁶⁷ Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay (2022)

que manejan las compañías en la asignación de capital global. Existe un marco cada vez más propicio para que el capital se coloque en sectores, gobiernos o empresas que tengan impactos positivos y que los mismos sean a su vez medibles, monitoreables y verificables, sin tener que renunciar a retornos positivos. Al mismo tiempo, la comunidad internacional erige cada vez más barreras para que los flujos vayan a sectores contaminantes y no adaptarse puede implicar una seria desventaja.

En el año 2005, el Banco Mundial elaboró los *principios de inversión sostenible*⁶⁸ que afirman la noción que un sistema financiero eficiente globalmente, debe generar valor a largo plazo. Sin sostenibilidad, el valor a largo plazo de los activos se erosiona. En Uruguay, afortunadamente, las condiciones son favorables para el desarrollo de iniciativas amigables con el medio ambiente. A modo ilustrativo, de acuerdo a los criterios ESG⁶⁹ (ambientales, sociales y de gobernanza) clasificados por J.P. Morgan Chase, Uruguay se encuentra en el quintil de países más atractivos para invertir en el mundo.⁷⁰

En lo que concierne a cada persona, todos los individuos tienen el poder de enviar mensajes al mercado al estar dispuestos a pagar por las opciones verdes cuando sea posible. Desde cambiar un anafe a gas por uno eléctrico hasta usar la bicicleta en lugar del auto, o simplemente contratando la tarifa inteligente de UTE para mejorar la eficiencia energética, las personas tienen el poder de demandar una economía más sustentable.

En esta línea, los miembros de la sociedad tienen dos tareas pendientes. En primer lugar, como ciudadanos, de informarse realmente acerca del alcance del calentamiento global, de su impacto ambiental y las implicancias de ello en el estilo de vida de nuestra generación y en las próximas. Con esa información, además, tienen la potestad de exigir políticas públicas amigables con el medio ambiente. En segundo lugar, como consumidores, queda la tarea de saber identificar aquellos hábitos de consumo que empeoran o alivian el problema y a través de qué productos y servicios pueden canalizar sus gastos en la dirección correcta. Y, por supuesto,

⁶⁸ IFC, Banco Mundial: “Principios de las Naciones Unidas de Inversión Responsable”.

⁶⁹ Por su sigla en inglés, que abrevia *Environmental Social Governance*.

⁷⁰ Presentation on Uruguay’s ESG fundamentals- MEF (2022)

estar dispuesto a pagar un poco más, en la medida de lo posible, por una causa que vale la pena.

En la próxima sección, ensayaremos algunas propuestas que pueden contribuir a conectar los puntos y constituir un aporte más en el camino nacional de reducción de emisiones hacia la neutralidad de carbono.

9.1 *Apuntar a la movilidad eléctrica*

Si bien no hay una única vía para mitigar las emisiones de GEI en el transporte⁷¹, la electrificación de los vehículos es absolutamente ineludible para alcanzar la neutralidad de carbono. En los anexos, se encuentran disponibles las comparaciones económicas entre alternativas eléctricas y contaminantes. Las mismas toman en cuenta diferentes opciones de incentivos para la compra de eléctricos y la correspondiente situación de las primas verdes en los sectores que consideramos más representativos,⁷² en base a los Costos Totales de Propiedad (CTP), es decir, los costos que supone el vehículo para el propietario durante toda la vida útil del mismo.⁷³ A partir de ellas, puede evaluarse bajo qué condiciones un consumidor racional elegiría, sin mayor intervención, la alternativa eléctrica.

La transición completa hacia un parque automotor eléctrico indudablemente llevará muchos años. Recordemos que deben reemplazarse casi un millón y medio de vehículos antes de que ello ocurra y, por dar un ejemplo, quien compró un auto cero kilómetro a nafta el año pasado no va a cambiarlo el mes que viene por uno eléctrico. A eso se suma que hoy por hoy los eléctricos todavía resultan más caros. Pero cuanto antes empiece a producirse el reemplazo, mejor. Y para adelantar los tiempos en que un auto eléctrico pase a ser más conveniente, una respuesta inmediata es dar incentivos económicos que reduzcan la diferencia cuanto antes.

- **Propuesta 1: Hacer el esfuerzo fiscal de mantener los incentivos a la compra de vehículos eléctricos (exoneraciones de IMESI, TGA⁷⁴, otros)**

⁷¹ Mejorar la eficiencia de la movilidad en general ya reduce las emisiones sin necesidad de electrificar. Esto implica emitir menos mediante cambios en las elecciones de los individuos, como el uso de la bicicleta o inclusive el transporte público en lugar del automóvil, o compartir recorridos en auto en lugar de viajar de a una persona.

⁷² Como consecuencia de la heterogeneidad de los vehículos y subsectores, evaluamos los CTP de: autos individuales (en base al trabajo de Lavalleya y Scalese 2021), el transporte oneroso de pasajeros (taxis, remises, vehículos de plataformas), ómnibus urbanos y de área metropolitana, utilitarios y transporte de carga liviana y finalmente, motos. Ver anexo de transporte.

⁷³ Nótese que para calcularlos se debe recurrir a una estimación prospectiva de ciertas variables clave.

⁷⁴ El IMESI es el *Impuesto Específico Interno* y la TGA es la *Tasa Global Arancelaria*.

mientras la transición no esté generalizada, al menos hasta que los avances tecnológicos provoquen que la prima verde sea determinadamente negativa en favor de los eléctricos —sin necesidad de un apoyo adicional— o hasta donde pueda sobrellevarse el compromiso en la recaudación⁷⁵.

Empero, dado que se proyecta que en esta década la prima verde se neutralizará entre las opciones eléctrica y a gasolina, deben atenderse las condiciones no monetarias para estar preparados cuando la electrificación esté en vías de masificarse. En todo Montevideo, hay apenas doce estaciones de carga de UTE, ninguna de ellas con más de seis conectores. En los municipios A, F y E no hay ningún cargador público. En todas las capitales departamentales hay un cargador y UTE ha estado implementando un plan para que haya uno cada 50 kilómetros como máximo,⁷⁶ pero un sinnúmero de ciudades del interior del país no tiene ninguno.⁷⁷ En la entrevista con Stipanovic, el presidente de Ancap hizo un comentario ocurrente al ser consultado sobre si compraría un auto eléctrico:

“Yo vivo en un edificio construido en el año 2009, o sea, bastante moderno [...]. En el lugar donde yo estaciono el auto en mi edificio hay un solo enchufe. Si el vecino estaciona al lado mío, no puedo enchufar ni la aspiradora. Si me sacara la lotería, me pusiera fanático y me comprara un Tesla, [un auto eléctrico de alta gama] ¿cómo hago para cargarlo? ¡Me tengo que mudar!”.

Pues si el paso hacia los eléctricos es inminente, una vez superada la barrera de la prima verde, la infraestructura debe estar preparada para que los compradores puedan elegirlos.

- **Propuesta 2: Expandir agresivamente la red de cargadores de UTE en anticipación de que los autos eléctricos se vuelvan mucho más**

⁷⁵ El 6% anual de la recaudación de la DGI en la última década respondió al IMESI por combustibles y por vehículos. DGI

⁷⁶ Véase “UTE encontró su modelo: costear 50% de la infraestructura de carga en municipios”- Portal de Movilidad 2022.

⁷⁷ Véase: Red de Carga en Uruguay- UTE

económicos. Requerir la incorporación de puntos de carga eléctricos en todos los estacionamientos próximos a construirse.

Mientras la llegada masiva de autos y otros vehículos eléctricos de poco kilometraje todavía tiene algunos obstáculos económicos para concretarse, en el caso del transporte público suburbano lo que atasca el proceso es realmente una cuestión de política pública.

Este segmento presenta primas verdes negativas porque los ómnibus recorren los kilómetros necesarios para que las recargas de electricidad barata licúen los elevados costos fijos de la compra de eléctricos y, a la misma vez, tienen la autonomía suficiente para cubrir la mayor parte de los recorridos urbanos y del área metropolitana⁷⁸. También es cierto que el desembolso inicial por unidad es superior al de otros segmentos, por lo que el capital necesario y un subsidio que iguale los precios de ambas alternativas también lo sería, y la vida útil de los vehículos es más larga —alrededor de 16 años— por lo que se requeriría un cambio de batería a la mitad de esta.

Independientemente de todo lo anterior, el factor más importante, reconocido por unanimidad en la literatura especializada como la principal barrera al recambio de ómnibus a eléctricos, es la forma en que está estructurado el Fideicomiso del Boleto, que se encarna en una tarifa de gasoil absurdamente barata —alrededor de \$13 por litro—, cuya reforma es motivo de debate hoy entre las autoridades⁷⁹. Se trata de un subsidio a las empresas de ómnibus que se recauda mediante un sobreprecio al gasoil para todos los demás usuarios y se destina a las empresas de transporte colectivo abaratándoles el precio del combustible. El objetivo de este mecanismo es trasladar dicho abaratamiento al precio del boleto. Tan es así que, en Montevideo, constituyó el 11% del financiamiento del sistema en 2019.⁸⁰

⁷⁸ Hay algunas pocas excepciones, que de todos modos pueden resolverse con una recarga corta durante el día.

⁷⁹ Véase: "Situaciones delicadas sí las hay": IM preocupada por subsidio clave para el precio del boleto.-El Observador (2022)

⁸⁰ Véase: Informe sobre tarifas y subsidios a usuarios del sistema de transporte público de pasajeros de Montevideo- 2020

El problema de este mecanismo recae en que las empresas no asumen los costos verdaderos del gasoil y si bien tiene como fin mejorar el acceso al transporte público, en la práctica resulta en una pérdida de eficiencia económica. Si bien los costos de la electricidad siguen siendo menores que los del gasoil con el fideicomiso, la diferencia en el precio de adquisición de los vehículos hace que no sea económicamente rentable comprar un ómnibus eléctrico; la prima verde es artificialmente positiva.

Como fue mencionado, el petróleo presentó subas en los últimos años, y el gasoil utilizado para los ómnibus pasó de valer \$ 40,40 por litro a comienzos de 2020 a valer \$ 64,99 al día de hoy (un aumento de 37,8%)⁸¹. Como el subsidio fija nominalmente el precio del gasoil para las empresas de transporte, no sólo las empresas no contemplan en el análisis los costos verdaderos sino que ni siquiera contemplan cuando estos crecen y el desembolso que realiza el Estado para mantener el subsidio es mayor. Esto es en efecto, lo que muestra el análisis comparativo que realizó el proyecto Movés.⁸²

Si se comparan los costos totales de propiedad incluyendo el fideicomiso para los vehículos a combustión contra un eléctrico al que se le subsidie la diferencia respecto a los precios de adquisición⁸³, la alternativa más favorable sería la última.⁸⁴ En caso que ningún incentivo se tome en cuenta, también es más favorable la alternativa eléctrica,⁸⁵ por lo que la clave pasa por reorientar el subsidio desde el gasoil a la compra de eléctricos sin que el aumento de precios del boleto tenga materialidad en los ingresos de los usuarios.

Para las empresas, reunir el capital en solitario se dificulta dada la dependencia de sus ingresos de las mismas del precio del boleto: la venta de viajes significó el 65%

⁸¹ Fuente: ANCAP

⁸² Véase: Comparativa: Costo Total de Propiedad, ómnibus diésel y eléctrico- MOVÉS 2020

⁸³ En el artículo 349 de la Ley N° 19670 está amparada esta práctica pero se limitó al 4% de la flota total de ómnibus; es necesario eliminar ese tope.

⁸⁴ Véase: Comparativa: Costo Total de Propiedad, ómnibus diésel y eléctrico- MOVÉS 2020

⁸⁵ Ver Anexo de Transporte: CTP Ómnibus Estándar.

de los ingresos en 2019,⁸⁶ por lo que un recambio no subsidiado tendría efectivamente impactos a corto plazo en el precio. Además, existe una caída en la venta de viajes desde 2013, la cual fue agravada por la pandemia. Para 2022 se estima que las ventas representen el 80% del total de 2019, alrededor del 70% de las de 2013.

Adicionalmente está la cuestión de si la fuente de recaudación para el fideicomiso es la más indicada. Por ejemplo, en lugar de gravar con \$3,5 adicionales a cada camión que se detiene a cargar gasoil, podría hacerse a los autos que circulan a nafta cotidianamente. En consulta para este trabajo, Gonzalo Márquez, exdirector de Transporte de la Intendencia de Montevideo, opinó que “tiene sentido gravar la movilidad individual, que es sobre todo a nafta, y no el gasoil, que se usa con fines productivos”.

- **Propuesta 3: Reorientar el fideicomiso desde subsidiar el gasoil hacia subsidiar la diferencia en el costo de adquisición de nuevas unidades eléctricas respecto a las de combustión interna (para las unidades que ya estén en circulación, mantener el subsidio al gasoil hasta el fin de su vida útil). A medida que disminuyen las unidades con gasoil subsidiado, el dinero ahorrado iría a compensar los subsidios de la adquisición de eléctricos.⁸⁷ Adicionalmente, cambiar la fuente de financiación del subsidio desde el gasoil hacia las naftas para desincentivar la movilidad del auto particular en lugar de penalizar al sector productivo.**

9.2 Un fondo “a la noruega” para el hidrógeno verde

De acuerdo a la Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay⁸⁸, en las próximas décadas la capacidad del país de producir hidrógeno a partir de energías renovables

⁸⁶Informe sobre tarifas y subsidios a usuarios del sistema de transporte público de pasajeros de Montevideo- 2020

⁸⁷Diego Pereira (especialista en finanzas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Uruguay) mencionó en la Expo Uruguay Sostenible 2022, que el país cuenta con una abundancia muy grande de oferta de dinero para temas sostenibles, incluso los bancos cuentan con altas cantidades de depósitos con interés en invertir en proyectos verdes/sostenibles. El recambio de la de ómnibus flota implica una iniciativa que cumple estas características y a su vez requiere desembolsos sustanciosos.

⁸⁸ Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay 2022

lo convertirá en un exportador neto con una oportunidad seria de competir.⁸⁹ Entre las ventajas que presenta Uruguay están la disponibilidad de agua dulce para producir el hidrógeno⁹⁰, el expertise con las energías renovables, la ventaja en la localización del puerto y la estabilidad económica e institucional del país en general para invertir.⁹¹ La suma de estos factores permitiría obtener resultados competitivos en el mercado mundial⁹².

Llevar a cabo un proyecto de la naturaleza de H2U iniciaría una segunda transición energética para el país⁹³ y, al ser una política de largo plazo, requiere una fuerte inversión en infraestructura y la creación de un marco institucional que lo avale. El capital inicial saldría de inversores privados internacionales y lo que se quedaría el país sería una fracción de los retornos.

A raíz de la iniciativa se crearían alrededor de 35.000 puestos de trabajo directos y se emitirían 7.000 Gg de CO₂ menos por año a 2040⁹⁴. Además, para ese entonces se estima que el mercado interno habría experimentado una sustitución del 75% de vehículos pesados (17.500 de 23.300) a pilas de combustible, un 80% menos de importaciones de fertilizantes y un 9% de penetración del mercado de transporte marítimo internacional.⁹⁵ El escenario supondría una menor dependencia del petróleo y fertilizantes importados, como también una diversificación exportadora tanto de productos como de destinos. Finalmente, por encima de todo se espera que el proyecto le deje a Uruguay alrededor de US\$ 300 millones en 2030 y de US\$ 2.100 millones anuales en 2040 —entre el mercado doméstico y de exportación— lo que representaría el 2% del PBI proyectado.

⁸⁹ Véase: Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay 2022

⁹⁰ En el mundo también se baraja cada vez más producirlo con agua salada

⁹¹ Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay 2022

⁹² El costo de producción sin contar el transporte estaría entre 1,2 y 1,4 US\$/Kg, siendo Chile el productor a menores costos produciendo a 1 US\$/Kg (H2U).

⁹³ La primera transición energética sería la que descarbonizó la generación de electricidad en Uruguay.

⁹⁴ Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay 2022

⁹⁵ Ídem

No presentaremos como propuesta la producción de hidrógeno verde, que sería la concreción de un proyecto ya delineado. Lo novedoso podría venir de lo que se puede hacer con los fondos obtenidos. El Estado, que adjudicaría en subastas los bloques marítimos para la generación, obtendría una fracción a determinar de la comercialización del hidrógeno y el grueso se lo llevarían los dueños del capital. Esa fracción, no obstante, podría ser de algunas decenas o cientos de millones de dólares.

El país podría, por ejemplo, hacer sinergia entre sus políticas verdes y apostar a la investigación y desarrollo de soluciones para el agro, que además de reducir emisiones elevaría la calidad y la consideración internacional de los productos de exportación nacionales. Recordemos, el proyecto Ganadería y Clima del MGAP, la apuesta más fuerte en este rubro a nivel nacional, tiene un presupuesto de apenas US\$ 2 millones reunidos a partir de donaciones. Consultada acerca de dónde pondría recursos en caso de disponerlos, la directora del proyecto Ganadería y Clima Cecilia Jones consideró varios posibles destinos. “En el largo plazo iría hacia mucho trabajo de mejoramiento genético”, que es donde aparecerían las siguientes limitaciones una vez que los sistemas de producción se hayan mejorado lo suficiente, sostuvo. “Nueva Zelanda, Australia... están todos mirando eso. También aditivos para inhibir la metanogénesis. Después, mejorar los manejos y eliminar emisiones improductivas. Y fortalecer las capacidades terciarias técnicas en los productores y más asistencia técnica”, subrayó.

- **Propuesta 4: Destinar una parte de los recursos obtenidos a partir de la comercialización de hidrógeno verde a investigación y desarrollo para reducir emisiones y elevar la calidad de la producción agropecuaria. El resto, imitando la política de Noruega para con su Fondo Soberano del petróleo, debería ser ahorrado o invertido fuera del país para evitar un efecto de *enfermedad holandesa*⁹⁶ que afecte la competitividad de las**

⁹⁶ Tras descubrir enormes yacimientos de gas a mediados del siglo pasado, los Países Bajos se pusieron a exportar en una magnitud tal que captó un volumen exorbitante de moneda extranjera. Ello hizo que su tipo de cambio se desplomara, llevándose consigo la competitividad exportadora de los sectores no petroleros. Este fenómeno pasó a ser conocido como la *enfermedad holandesa*. Noruega, en cambio, descubrió petróleo y optó por poner un porcentaje máximo de las utilidades generadas que puede usar el gobierno, con lo que evitó arruinar su competitividad.

exportaciones, cuyo monto dependerá de la escala que tome la recaudación total del hidrógeno verde.

9.3 Mercados de carbono y concientización

El 5 de octubre de este año, el *New York Times* publicó un artículo titulado “¿Cómo se ve la vida sostenible? Tal vez como Uruguay”. En el mismo, se encontraba la siguiente reflexión:

[...] la mayoría de las emisiones [del mundo] provienen de solo 100 o más corporaciones, argumentan los activistas, una concentración de producción industrial que, una vez descarbonizada, podría reducir la huella debajo de cada luminaria y sándwich. Incluso si fuera cierto, estos argumentos ignoran convenientemente un hecho incómodo: Walmart, Exxon Mobil y Berkshire Hathaway no quemaron ese combustible por su cuenta: les pagamos o lo quemamos nosotros mismos, porque la forma en que vivimos depende de ello.⁹⁷

En este sentido, son los consumidores quienes dirigen el cambio que se necesita. Si alinean su consumo con sus valores —suponiendo que valoran más aquellos productos amigables con el ambiente— optarán por aquellas opciones que presenten sellos o certificados que avalen su apoyo a un desarrollo sostenible. De aquí surge lo importante que es inculcar este tema, en todo el desarrollo de un individuo. Esto se vuelve una necesidad si se quiere generar una cercanía mayor con estos conceptos, que estarán presentes en las agendas políticas actuales y futuras, y de las cuales el apoyo y comprensión de los motivos de las mismas se volverá imprescindible.

- **Propuesta 5: Profundizar la enseñanza del cuidado del medio ambiente en la educación primaria y secundaria. Incorporar en la currícula universitaria, de todas las carreras existentes, contenidos acerca de cómo cada profesión se relaciona con la temática, qué consecuencias tiene su ejercicio para la sostenibilidad ambiental y qué opciones existen**

⁹⁷ Noah Gallagher Shannon, 2022, “What Does Sustainable Living Look Like? Maybe Like Uruguay”, *New York Times*.

para remediar los posibles impactos. Dedicar espacios a campañas de información pública al respecto.

Una vez que los consumidores son conscientes de los impactos medioambientales que pueden tener sus hábitos de consumo, deben tener a su disposición herramientas para poder identificar claramente qué alternativas se alinean con su pretensión de consumo sustentable.

Con el objetivo de lograr modificar las elecciones de los individuos, en Uruguay se adoptó el etiquetado de productos asociado a la salud y nutrición, que puede encontrarse en una gran variedad de productos alimenticios en forma de un rotulado frontal: adhesivos octogonales que señalan el exceso de sodio, azúcar o grasa en los alimentos. Para quien está decidiendo qué comprar, esto facilita que su decisión realmente refleje sus preferencias, porque da mayor información de los productos entre los cuales está optando. Un estudio de la Udelar en conjunto con UNICEF⁹⁸ arrojó que el 58% de los participantes cambió su decisión de compra al ver los octógonos del rotulado nutricional que Uruguay aprobó e impulsó en el año 2018. Algunos optaron por no comprar y otros se decidieron por un producto sustituto/similar con menos o ningún octógono. Cabe destacar que previo a la existencia del rotulado, otros estudios plantean que solo una mínima parte de los consumidores se tomaban el tiempo de observar la información nutricional en la parte de atrás del paquete. Esta comparación nos permite destacar la importancia que tiene que el rotulado sea simple, llamativo y de fácil lectura.

Con una inspiración análoga a los octógonos de los alimentos, podría implementarse una suerte de “eco-etiquetado” donde pueda verse a simple vista un símbolo que indique si un producto fue elaborado de acuerdo a estándares de neutralidad de carbono.

Si bien haría falta investigación para decidir un diseño apropiado, proponemos la siguiente etiqueta basándonos en varios factores: Primero, que en nuestro país ya se está utilizando un etiquetado nutricional octogonal, por lo que la población conoce

⁹⁸ UNICEF, Udelar, 2020, “Efectos inmediatos de la implementación del rotulado nutricional frontal en Uruguay”.

su funcionamiento. Por otro lado, un estudio hecho para Perú⁹⁹ obtuvo como resultado que el método "GDA - semáforo" —siendo este representado por octógonos coloreados— fue el modelo de etiquetado que mejor permitió identificar el aporte calórico y el que generó en los consumidores un entendimiento con mayor rapidez, lo que es elemental dada la celeridad con que los compradores toman decisiones en una góndola. En el mismo trabajo se presentan otros autores que concluyen lo mismo. En cuanto a la utilización de colores, en este caso el verde, ayuda a mejorar la captura de atención del consumidor y reduce tiempo de búsqueda de la información para cada consumidor¹⁰⁰, aparte de ya estar íntimamente asociado a la sustentabilidad ambiental en la sociedad.

- **Propuesta 6: Implementar un proyecto piloto de etiquetado en productos con certificación carbono neutral para el mercado local. Si bien el diseño podría ser modificado, proponemos preliminarmente un estilo como el del siguiente prototipo:**



Para la certificación de la neutralidad de carbono, se requeriría un trabajo muy minucioso en el monitoreo de aquellas empresas que pidan la etiqueta para sus productos. El respaldo del Ministerio de Ambiente sería fundamental para corroborar que los certificados que cada empresa pueda lograr no sea un caso de *greenwashing*, es decir, que presente como verdes procesos que no lo son.

Otra forma de obtener la neutralidad de carbono es, simplemente, pagar por la captura de las emisiones. Por ejemplo, una empresa emisora de GEI puede pagar a

⁹⁹ Véase: Pineda Soto, V. I., & del Socorro Estrada Oré, E. L. (2020) Comparación de tres modelos de etiquetado nutricional frontal de productos industrializados en Perú, 2019. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 22(1), 35–45

¹⁰⁰Véase:Cabrera, M. (2016)-"La influencia del color en la percepción saludable de alimentos".

alguien que se decida a emprender en una plantación forestal que capture el equivalente a sus emisiones. Estos bonos permiten lograr una compensación de las emisiones de los GEI y los utilizan generalmente empresas que buscan cumplir metas ambientales. La divisa corriente en los mercados de bonos de carbono es la Unidad de Carbono Verificada (VCU), que equivale a una tonelada de CO₂ secuestrada de la atmósfera. En cuanto a Uruguay, dado que cuenta con una elevada proporción de fuentes renovables de la energía consumida y políticas que estimulan la inversión forestal, tiene un alto potencial para el secuestro de carbono. Los bonos de carbono ya existen en Uruguay y suelen comerciarse con otros países. Los hay tanto en el caso de actividades que capturan —como los forestales— como en otras que emiten —como la cadena cárnica¹⁰¹— pero podrían extenderse mucho más para lograr una colocación eficiente de las emisiones difíciles de eliminar por sí solas en el sector productivo.

Tanto Blasina como Jones admitieron lo difícil que es conseguir que una vaca eructe sin metano o defeque y orine sin generar N₂O. Pero, para reducir las emisiones netas en el establecimiento ganadero, ambos señalaron que quizás pueda avanzarse más con un monte de abrigo que capture carbono que seguir insistiendo en suprimir emisiones presas de la biología.

- **Propuesta 7: Dar mayor apoyo al desarrollo de mercados de carbono que permitan certificar productos como carbono neutrales¹⁰². Entre otros efectos positivos, podría contribuir a respaldar el etiquetado mencionado anteriormente para el mercado local y permitiría asentar una estrategia dirigida a neutralizar emisiones en el caso de los productos de exportación, cuyos destinos se volverán cada vez más exigentes en cuanto a cobrar las externalidades de las emisiones de GEI¹⁰³.**

¹⁰¹ Un ejemplo es el de la empresa BPU Meat que obtuvo cierta popularidad por vender carne carbono neutra. Véase Bloomberg (2022): *Uruguayan Meatpacker Bets on Appetite for Carbon-Neutral Beef*

¹⁰² En el marco del Artículo 6 del Acuerdo de París. Véase: *Top 3 de las decisiones de la COP26 sobre el Artículo 6- Climate Trade* (2022).

¹⁰³ Un caso del estilo es el de la Unión Europea. Después de trazar lineamientos estrictos para ir hacia una producción regional libre de emisiones, los europeos están empezando a cobrar las emisiones en los productos que importan a modo de no autoflagelarse su competitividad contra productos con estándares ambientales más laxos que los propios.

10 Conclusiones

En materia de emisiones de gases de efecto invernadero, Uruguay se encuentra en una situación atípica y ambigua.

Por una parte, el país tiene un presente destacado. Las emisiones de GEI por habitante son bajas en comparación a países con ingresos similares. En los últimos años, no salió del *top 3* mundial en cuanto a generación de energía limpia. En distintos medios de prensa del mundo, no es inusual que Uruguay se cuele en recuadros y portadas como un referente en materia de descarbonización. A primera vista, parecería tratarse verdaderamente de un país modelo en sustentabilidad ambiental.

Al mismo tiempo, el camino a seguir en el futuro parece mucho más incierto que el recorrido hasta ahora. Uruguay se adelantó tanto en donde podía avanzar, que se hace mucho más difícil seguir adelante en los lugares que quedan. A la vez que los demás países recorten sus emisiones de carbono, Uruguay deberá luchar por contraer las de metano y óxido nitroso. Mientras en el exterior cierran las centrales de carbón, los frigoríficos uruguayos seguirán abiertos. En cualquier discusión ambiental en las próximas décadas, a Uruguay le costará mucho menos rendir cuentas sobre sus logros conseguidos que sobre su planificación a futuro.

La radiografía de las emisiones a nivel nacional mostró los principales puntos fuertes y débiles en la economía. Los primeros vienen a ser las emisiones en la industria y en la generación de electricidad, mientras que los segundos están representados por la quema de combustibles fósiles y el sector agropecuario. Con el objetivo de aprovechar los primeros y atacar los últimos, se propuso una serie de incentivos para la electrificación del parque automotor uruguayo, un fondo a partir de hidrógeno verde que apoye la investigación y desarrollo de técnicas que reduzcan el impacto del agro, el desarrollo de un mercado de bonos de carbono y medidas para involucrar a la conciencia ciudadana.

El presente trabajo procuró dar un diagnóstico entendible y formular propuestas a la altura del desafío. Ninguna de las iniciativas expuestas es imposible de financiar para los recursos del país ni imposible de implementar para las capacidades de su gente. Más que enlistar expresiones de deseo, el aporte de este

documento pretende ser, con todas sus limitaciones, sumar a un debate fundamentado y maduro sobre la sostenibilidad en la economía nacional. Más que cumplir una meta concreta, el hilo conductor es moverse en una dirección: hacia un Uruguay carbono neutral.

11 Referencias

Entrevistas realizadas

- Alejandro Stipanovic, Presidente de ANCAP, entrevistado el 22/8/2022.
- Álvaro Pérez del Castillo, Director Ejecutivo de Carbosur, entrevistado el 17/8/2022.
- Ana Virginia Chiesa, Economista en el Ministerio de Ambiente y Docente de Población, Economía y Desarrollo en la UDELAR, entrevistada el 17/6/2022.
- Cecilia Jones, Oficial Técnica de Cambio Climático y Sustentabilidad del MGAP, entrevistada el 13/10/2022.
- Eduardo Blasina, Presidente de la Comisión Honoraria de Agroecología, entrevistado el 19/9/2022.
- Gonzalo Márquez, Director de Transporte de la Intendencia de Montevideo (2018-2021) y Consultor Independiente Especializado en Transporte y Movilidad (2021-Actualidad), entrevistado el 16/8/2022.
- Marcelo Caffera, Doctor en Economía (Ph.D.) de los Recursos Naturales por la University of Massachusetts, Profesor y Director de la Licenciatura en Economía de la Universidad de Montevideo, entrevistado el 15/8/2022.
- Rossana Gaudioso, Economista en el área de Economía Ambiental en el Ministerio de Ambiente, entrevistada el 17/6/2022 para el trabajo.

Bibliografía referenciada

- Ares, G., Antúnez, L., Giménez, A., Vitola, A., Gugliucci, V., Machin, L. Bove, M. (2020) Efectos inmediatos de la implementación del rotulado nutricional frontal en Uruguay.
- ANCAP, 2022, "Histórico precios de combustibles". Disponible en: <https://www.ancap.com.uy/10564/1/historico-precios-combustibles.html>

- Audisio, M., 2022, “UTE encontró su modelo: costear 50% de la infraestructura de carga en municipios”, Portal Movilidad. Disponible en: <https://portalmovilidad.com/ute-encontro-su-modelo-costear-50-de-la-infraestructura-de-carga-en-municipios/>
- Banco Mundial, 2022. Países en la cima de los mercados de carbono. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/05/24/countries-on-the-cusp-of-carbon-markets#:~:text=Pa%C3%ADses%20como%20Chile%2C%20Ghana%2C%20Jordania,los%20mercados%20internacionales%20de%20carbono.>
- Banco Mundial-IFC, “Principios de las Naciones Unidas de Inversión Responsable”. Disponible en: <https://firstforsustainability.org/es/sustainability/external-initiatives/sustainability-frameworks/united-nations-principles-for-responsible-investment/>
- Bizlatin Hub. “Uruguay pioneers carbon neutral meat in South America”, 6 de diciembre de 2021. Disponible en: <https://www.bizlatinhub.com/carbon-neutral-meat-uruguay/>
- Blasina, E., 2021, “Un asado para Bill y Melinda”, El Observador. Disponible en: <https://www.observador.com.uy/nota/un-asado-para-bill-y-melinda--20212215024>
- Bloomberg, 2022, “Uruguayan Meatpacker Bets on Appetite for Carbon-Neutral Beef”. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-05-13/uruguayan-meatpacker-bets-on-consumer-appetite-for-green-beef>
- Bresciano, D., Burger, M., Guevara, R., Martínez Díaz G., Taks, G. (2010) Educación ambiental en la universidad de la república, estado y perspectivas. Disponible en: <https://udelar.edu.uy/retema/wp-content/uploads/sites/30/2018/09/5193-educacion-ambiental-RETEMA-1.pdf>
- Buis, A., 2019, “The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide”, NASA. Disponible en: <https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon->

- Cook, J., 2016, “Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming”, IOP Publishing. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Cook, J., et al, 2016 Environ. Res. Lett. 11 048002: “Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming”. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/048002/pdf>
- DGI, 2022, Series de Datos- Recaudación anual por impuesto: <https://www.dgi.gub.uy/wdgi/page?2,principal,dgi--datos-y-series-estadisticas--serie-de-datos--recaudacion-anual-y-mensual-por-impuesto,O,es,0>,
- El Observador, 2022, “‘Situaciones delicadas sí las hay’: IM preocupada por subsidio clave para el precio del boleto.”. Disponible en: <https://www.elobservador.com.uy/nota/situaciones-delicadas-si-las-hay-im-preocupada-por-subsidio-clave-para-el-precio-del-boleto-202282420300>
- Ember, 2022, Global Electricity Review 2022. Disponible en: <https://ember-climate.org/app/uploads/2022/03/Report-GER22.pdf>
- Exante, 2022, “Impacto de los agronegocios en la economía uruguaya”.
- Gallagher, N., 2022, What Does Sustainable Living Look Like? Maybe Like Uruguay, New York Times. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2022/10/05/magazine/uruguay-renewable-energy.html>
- Gates, B. 2017, “¿Cómo evitar un desastre climático?”, Penguin Random House.
- Gautam, B., 2022, “Oil could slow declines as supply risks return to fore”, Reuters. Disponible en: <https://www.reuters.com/markets/commodities/oil-could-slow-declines-supply-risks-return-fore-2022-09-30/#:~:text=A%20survey%20of%2042%20economists,but%20well%20above%20current%20levels.>
- Generalitat Valenciana, 2010. Reglamento Etiqueta Ecológica de la Unión Europea. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion->

ambiental/temas/etiqueta-ecologica-de-la-union-europea/reglamento_eee_libro_val_tcm30-185099.pdf

- Global Petrol Prices, consultado el 19/10/2022 en: https://www.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/
- Grupo interinstitucional, 2020, “Informe sobre el Status Quo de la Movilidad Urbana Sostenible en Uruguay”, NUMP. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/informe-sobre-status-quo-movilidad-urbana-sostenible-uruguay>
- Grupo interinstitucional, 2022, “Huella Ambiental de la Ganadería en Uruguay”. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/huella-ambiental-ganaderia-uruguay>
- HINICIO y Grupo interinstitucional, 2022, “Guía sobre Movilidad Urbana Eléctrica en Uruguay”, Proyecto NUMP. Disponible en: http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/visualizar-contenido/-/asset_publisher/fnOFJTPAaHM7/content/lanzamiento-de-la-guia-de-movilidad-urbana-electrica-en-uruguay
- IEA (2021), World Energy Outlook 2021, IEA, Paris. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- IEA, 2022, Hydrogen Analysis. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/hydrogen>
- IMPO, 2018, Ley N° 19670 art. 349. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19670-2018/349>
- Intendencia de Montevideo, 2022. Pedido de acceso a la información pública realizado para este trabajo: Expediente Nro. 2022-1090-98-001739 Actuación 13.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. En: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY,

USA. Disponible en:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf

- IPCC, 2021: Technical Summary. En *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponible en:
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf
- Lavalleja y Scalese, 2021, Estudio de esquemas fiscales e incentivos en la movilidad y el transporte, MOVÉS. Disponible en:
<https://moves.gub.uy/iniciativa/esquemasfiscalesydeincentivos/>
- Lobos, G.; Vallejos O., Caroca, J., Marchant, C. (2005) El mercado de los bonos de carbono. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*. Recuperado de: El Mercado de los Bonos de Carbono (“bonos verdes”)
<https://riat.utralca.cl › test › article › download>
- Márquez, G., 2019, “Estudio sobre el funcionamiento del sector de transporte por aplicaciones y sus consecuencias en el sector de transporte oneroso de pasajeros de la ciudad de Montevideo”, Intendencia de Montevideo. Disponible en:
https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/informefinalt.oneroso12032019_0.pdf
- Márquez, G., 2020, Informe sobre tarifas y subsidios a usuarios del sistema de transporte público de pasajeros de Montevideo, Intendencia de Montevideo. Disponible en:
<https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/imsubsidiosaltransporte digital.pdf>
- Márquez, G., Director de Transporte de la Intendencia de Montevideo 2018-2021, entrevistado el 16/8/2022 para el trabajo.
- McKinsey & Company, 2022, “The net-zero transition: What it would cost, what it could bring by McKinsey”. McKinsey & Company.

- MEF, 2022, “Presentation on Uruguay's ESG fundamentals”. Disponible en: <http://deuda.mef.gub.uy/29602/12/areas/esg-fundamentals.html>
- MEF, 2022, Uruguay's Sovereign Sustainability-Linked Bond (SSLB) Framework. Disponible en: <http://sslburuguay.mef.gub.uy/30702/21/areas/marco-de-referencia-biicc.html>
- MGAP, 2021, “Anuario Estadístico Agropecuario”. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/diea-presento-anuario-estadistico-agropecuario-2021>
- MIEM, 2021, BEN 2020. Disponible en: <https://ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/1-1-Libro-BEN2020.pdf>
- MIEM, 2022, “Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde en Uruguay”. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/hoja-ruta-hidrogeno-verde-uruguay>
- MIEM, 2022, BEN 2021. Disponible en: <https://ben.miem.gub.uy/balance.php>
- MIEM, 2022, Parque Automotor. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/estadisticas/parque-automotor>
- Ministerio de Ambiente, “Sistema de información y monitoreo. Visualizador de avances de la CDN y otros indicadores vinculados”, consultado en octubre de 2022. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/sistema-informacion-monitoreo>
- Ministerio de Ambiente, 2021, Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2019. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/inventarios-nacionales-gases-efecto-invernadero-ingei>
- MOVÉS, 2020, “Comparativa: Costo Total de Propiedad, ómnibus diésel y eléctrico.”
- NASA Earth Observatory, 2022. Disponible en: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global->

- Revista forestal. Bonos de carbono: el valor del aire limpio (2022)
Recuperado de: <http://www.revistaforestal.uy/industria/bonos-de-carbono-el-valor-del-aire-limpio-urugua.html>
- Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, 2017, “Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional”. Disponible en:
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/primera-contribucion-determinada-nivel-nacional#:~:text=La%20Contribuci%C3%B3n%20Determinada%20a%20Nivel,Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Cambio%20Clim%C3%A1tico>.
- Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático, 2021, “Estrategia Climática de Largo Plazo Uruguay”. Disponible en:
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/gobierno-nacional-presento-estrategia-climatica-largo-plazo-uruguay>
- UNICEF, 2021, 9 de cada 10 niños y niñas de América Latina y el Caribe están expuestos al menos a dos crisis climáticas y ambientales. Disponible en: <https://www.unicef.org/lac/comunicados-prensa/ninos-ninas-america-latina-y-caribe-expuestos-cambio-climatico>
- UNICEF, Udelar, 2020, “Efectos inmediatos de la implementación del rotulado nutricional frontal en Uruguay.” Disponible en:
<https://www.unicef.org/uruguay/media/3256/file/Efectos%20inmediatos%20de%20la%20implementaci%C3%B3n%20del%20rotulado%20nutricional%20frontal%20en%20Uruguay.pdf>
- UTE, 2022, Red de carga en Uruguay. Disponible en:
<https://movilidad.ute.com.uy/carga.html?tab=red-de-carga>
- Van Herpen, E., Hieke, S., y van Trijp, H. (2014). Inferring product healthfulness from nutrition labelling. The influence of reference points. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195666313004224?via%3Dihub>
- Verra, sitio oficial, consultado en octubre de 2022. Verified Carbon Standard. Disponible en: <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/>

12 Anexo: Costos Totales de Propiedad (CTP) en el transporte

Este anexo contiene los gráficos del trabajo de Lavalleja y Scalese (2021) para los automóviles y supuestos propios actualizados para calcular los CTP de los demás vehículos terrestres en base a la metodología de NUMP y recuperado de la página de Eficiencia Energética.

Supuestos Lavalleja y Scalese (2021)

Los supuestos más relevantes que destacan para los autos individuales en las cuatro subdivisiones son:

- Un recorrido anual de 12.500 km para cada alternativa (alrededor de 34 km diarios)
- Un uso de 8 años para luego venderlos con una igual tasa de depreciación entre ambas alternativas. Esto supone que el vehículo eléctrico se revende previo al cambio de batería.
- Para la tasa de descuento¹⁰⁴ de los costos variables con excepción de la nafta tomaron la variación promedio del IPC para el período 2010-2019.
- Para la evolución del precio de la nafta se toma una evolución a igual tasa que el promedio de 2016-2021.

Automóviles individuales

En general, los autos eléctricos en cuanto a autonomía —para el uso en ciudad— y velocidades no se quedan rezagados frente a sus alternativas a combustión. El principal problema que presenta este segmento, es que la mayoría de la población no recorre los kilómetros necesarios como para que sea rentable la alternativa eléctrica.

¹⁰⁴ La tasa de descuento es la tasa a la que se trasladan al día de hoy los costos futuros, como por ejemplo los gastos en combustible y mantenimiento. Busca generar una equivalencia entre el valor temporal de los costos futuros y los actuales.

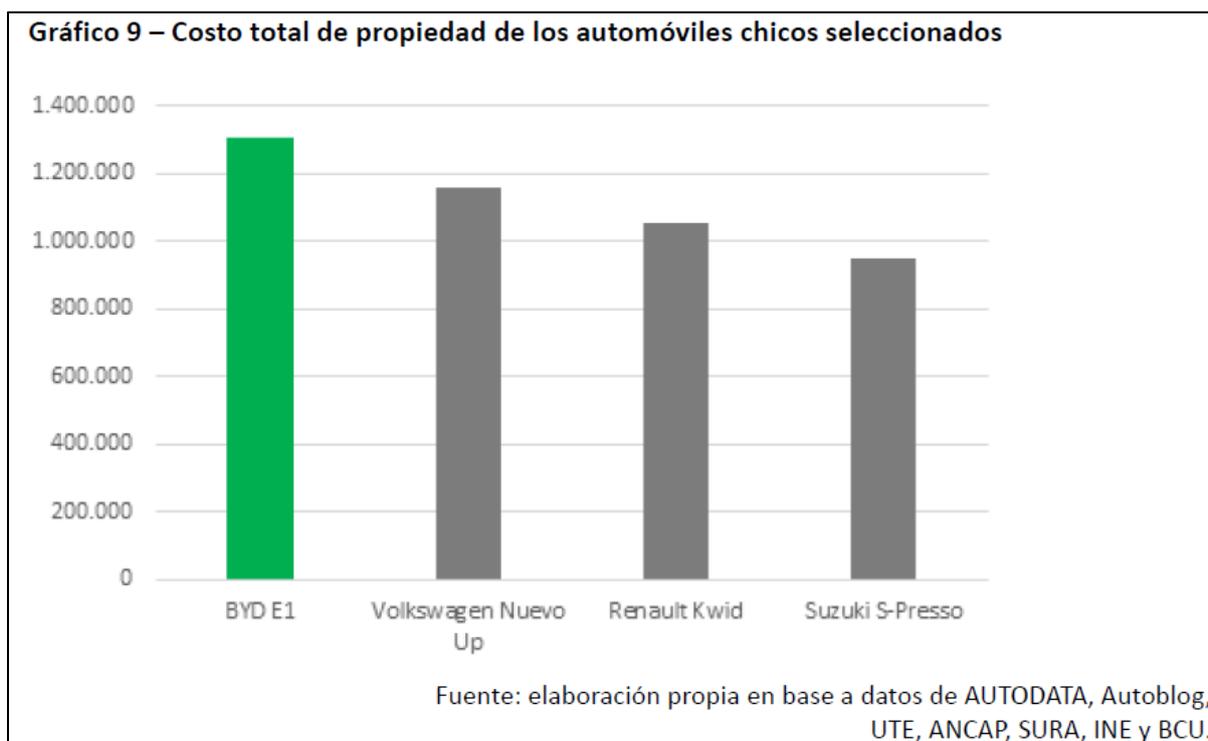
Para el estudio del CTP de los autos individuales, tomamos los resultados de Lavalleja y Scalese (2021)¹⁰⁵, quienes clasificaron cuatro subsectores y compararon en cada caso las opciones eléctricas con los autos más vendidos de cada uno en 2019. Estas subdivisiones engloban: autos pequeños, medianos compactos, grandes y SUV y crossovers.

CTP Autos individuales- Tablas y gráficos de Lavalleja y Scalese (2021)

Tabla 5 – Automóviles chicos elegidos para realizar la comparación

Marca	Modelo	Precio en dólares	Precio en pesos	Combustible	Consumo de combustible (kWh/litros) cada 100 km
BYD	E1 GS 45 KW Full, 2Abag, ABS, espejos, Ay. Estac. 5p. Aut.	27.990	1.183.641	BEV Aut.: 300km	10,7
VOLKSWAGEN	Nuevo Up Move 1.0 Full, faros, 2Abag, ABS 5p.	14.890	629.668	Nafta	5,5
SUZUKI	S-Presso 1.0 GL Full, 2Abag, ABS, Ayud. Estac. 5p. (IND)	11.990	507.033	Nafta	4,6
RENAULT	Kwid 1.0 Life dir, a/a, 4Abag, ABS 5p. (BRA)	11.990	507.033	Nafta	6,5

Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA y Autoblog.



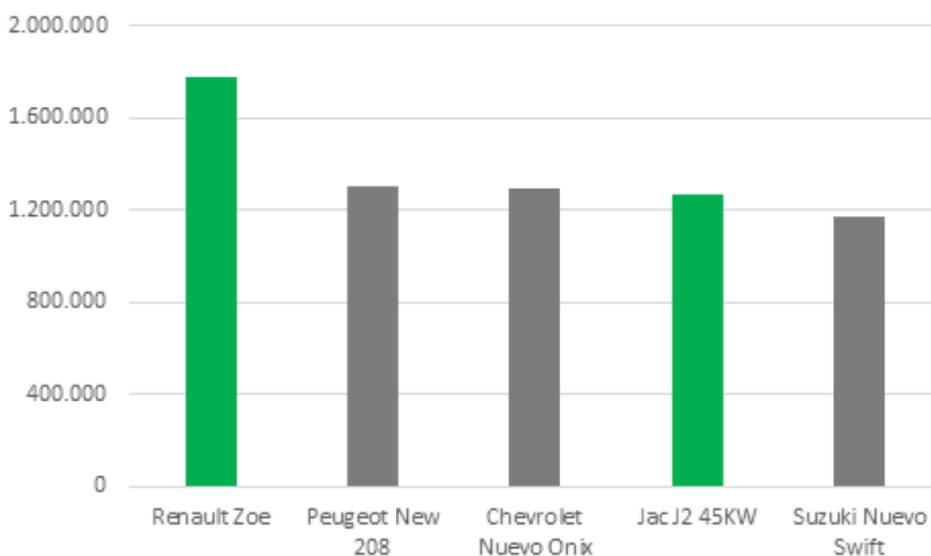
¹⁰⁵ Véase: Estudio de esquemas fiscales e incentivos en la movilidad y el transporte

Tabla 6 – Automóviles medianos compactos elegidos para realizar la comparación

Marca	Modelo	Precio en dólares	Precio en pesos	Combustible	Consumo de combustible (kWh/litros) cada 100 km
RENAULT	Zoe 65 KW Extra Full, 2Abag, ABS 4p.	39.990	1.691.097	BEV Aut.: 390km	9,4
JAC	J2 45KW Full, 2Abag, ABS, espejos, Ay. Estac. 5p. Aut.	26.990	1.141.353	BEV Aut.: 310km	13,3
PEUGEOT	New 208 1.2 Allure 82 HP Full, clim,4Abag,ABS,t.cie,Ay.Est(BR	19.490	824.193	Nafta	7,8
SUZUKI	Nuevo Swift 1.2 GL Full, 2Abag, ABS,faros,espejos 5p.(IND)	15.490	655.041	Nafta	4,7
CHEVROLET	Nuevo Onix 1.0 Joy Full, 2Abag, ABS, radio, Btooth 5p.	14.990	633.897	Nafta	4,1

Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA y Autoblog.

Gráfico 10- Costo total de propiedad de automóviles medianos compactos



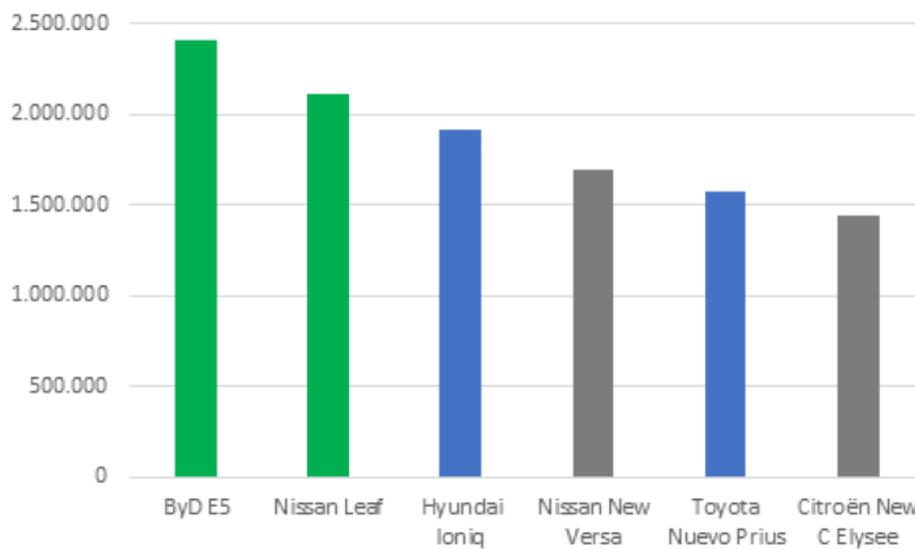
Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA, Autoblog, UTE, ANCAP, SURA, INE y BCU.

Tabla 7 – Automóviles grandes elegidos para realizar la comparación

Marca	Modelo	Precio en dólares	Precio en pesos	Combustible	Consumo de combustible (kWh/litros) cada 100 km
BYD	E5 160 Kw Extra Full 4p.	55.998	2.368.043	BEV Aut.: 300km	15,8
NISSAN	Leaf Tekna 110 KW Extra Full, cuero, Ay.Estac. 5p. Aut. (UK)	47.990	2.029.401	BEV Aut.: 270km	14,8
HYUNDAI	Ioniq 1.6 GDi Híbrido Extra Full, 7Abags Aut. 5p.	34.990	1.479.657	HEV	4,1
TOYOTA	Nuevo Prius C 1.5 Híbrido Extra Full, Ayud.Estac. 5p. Aut.	25.990	1.099.065	HEV	3,9
NISSAN	New Versa 1.6 Exclusive Ex.Full, cuero, CES, Ay.Est. Aut. 4p.	25.490	1.077.921	Nafta	6,7
CITROËN	New C Elysee 1.2 Feel Pack 82 HP Full, 4Abag, ABS, esp, llan 4p.	19.990	845.337	Nafta	6,4

Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA y Autoblog.

Gráfico 11 – Costo total de propiedad de los automóviles grandes seleccionados



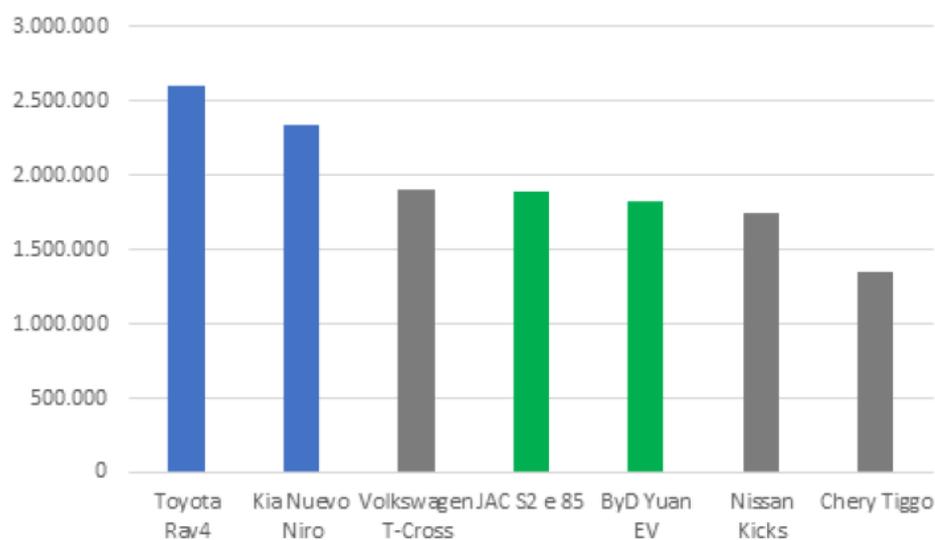
Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA, Autoblog, UTE, ANCAP, SURA, INE y BCU.

Tabla 8 – Automóviles SUV y crossover elegidos para realizar la comparación

Marca	Modelo	Precio en dólares	Precio en pesos	Combustible	Consumo de combustible (kWh/litros) cada 100 km
JAC	S2 e 85 KW Extra Full, cuero, Ayud. Estac. 5p. Aut.	39.990	1.691.097	BEV Aut.: 270km	12,2
BYD	Yuan EV GS 70KW Ex. Full, cuero, techo pan., Ay. Est. 5p. Aut.	39.990	1.691.097	BEV Aut.: 300km	13,5
TOYOTA	Rav4 2.5 S Hybrid Full, 7Abags, ABS, Ay. Estac. Aut.	49.990	2.113.977	HEV	4,6
KIA	Nuevo Niro 1.6 GDi Hybrid Plus Extra Full Aut.	43.990	1.860.249	HEV	4,4
NISSAN	Kicks Exclusive 1.6 Extra Full, cue, CES, CTR, HSA, Ay. Est. 5p. Aut	29.490	1.247.073	Nafta	5,9
VOLKSWAGEN	T-Cross 1.6 Trendline Full, 6Abag, ABS, Ay. Estac. Aut.	28.990	1.225.929	Nafta	7,2
CHERY	Tiggo 2 1.5 Full, 2Abag, ABS, pant., Ay. Estac. (CHI)	17.990	760.761	Nafta	5,5

Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA y Autoblog.

Gráfico 12 – Costo total de propiedad de los automóviles SUV y crossover seleccionados



Fuente: elaboración propia en base a datos de AUTODATA, Autoblog, UTE, ANCAP, SURA, INE y BCU.

Principales conclusiones:

Como puede apreciarse, si bien hay algunos casos de excepción, son pocos los modelos eléctricos que compiten seriamente en costos con los autos a combustión en los vehículos particulares y existen fundamentos para creer que la penetración de ellos en el mercado no va a ser masiva en el corto plazo¹⁰⁶, con los supuestos del trabajo. Para los autos grandes y pequeños los CTP son muy altos. En los medianos compactos solo un modelo eléctrico relevado (Jac J2 45 KW) resulta conveniente en comparación con las alternativas más preferidas, y para el caso de las SUV son dos los modelos eléctricos que presentan costos competitivos. Lo curioso de estos últimos es que, hasta 2020, los vehículos más comprados fueron híbridos, los cuales suponen costos sustancialmente mayores que el resto de las alternativas. Por lo tanto, la elección no pasa únicamente por el plano meramente monetario, sino que entrarían en juego otros factores, como por ejemplo la autonomía¹⁰⁷.

Tomando en cuenta a todos los subgrupos, existen ciertos aspectos que tienen incidencia directa en los resultados: la cantidad de kilómetros que se recorran, el precio de la nafta y el tipo de cambio.¹⁰⁸ De todas formas, en base a los resultados de los autores, el ritmo de la penetración de vehículos eléctricos no se acelerará abruptamente. Será el progreso tecnológico el verdadero impulsor de la universalización de los autos eléctricos, a fuerza de bajar sus costos. Hasta entonces, resta concientizar al consumidor de la eficiencia económica de los autos eléctricos para aquellos cuyo uso sea rentable, sostener los incentivos mientras el efecto negativo en la recaudación sea razonable y seguir preparando la infraestructura para la entrada de vehículos eléctricos en el futuro.

¹⁰⁶ Estudio de esquemas fiscales e incentivos en la movilidad y el transporte (2021)

¹⁰⁷ Ídem

¹⁰⁸ El primero generalmente no se cubre por el usuario promedio. El segundo aumentó desde la fecha de publicación del trabajo y el último disminuyó, favoreciendo la compra de vehículos eléctricos. Fuente: BEVSA

Supuestos utilizados en CTP propios

Para la elaboración de los CTP, se utilizaron las planillas de Excel del NUMP disponibles en la página de eficiencia energética¹⁰⁹, pero se actualizaron varios supuestos:

- Se actualizaron el tipo de cambio y el precio de los combustibles con los valores de octubre de este año. Para la evolución proyectada en el precio de los combustibles se utilizó la variación promedio anual del IPC de los últimos 10 años para nafta y gasoil.
- Para la variación anual de los precios de la electricidad se tomó la inflación promedio de los últimos 10 años de la tarifa eléctrica en el IPC.
- Para la tasa de descuento se utilizó la inflación promedio anual de los últimos 10 años.
- Se actualizaron las tasas de IMESI y las TGA. A modo de que la visualización del gráfico resulte más amigable, se sumaron todos los aportes impositivos.
- Se actualizaron las tasas de interés de todos los vehículos en ambas alternativas (se las aumentó a 10%) con la excepción de las motos, que mantienen las tasas predeterminadas por el NUMP, dado que el financiamiento tiene un peso menos relevante en ese tipo de vehículos. Con estas tasas, a pesar de ser mayores para ambos casos, se penaliza la compra de eléctricos por requerir incentivos de capital inicial mayores, volviéndolo un supuesto conservador.
- El resto de los parámetros se mantienen incambiados para los vehículos seleccionados.

¹⁰⁹ eficienciaenergetica.gub.uy

Transporte de pasajeros oneroso: Taxis, remises y vehículos de plataformas

Este grupo incluye los taxis, vehículos de plataformas digitales¹¹⁰ y remises. A diferencia del transporte individual, el sector tiene primas verdes negativas porque con los costos de un auto particular, superan una cantidad mínima de kilómetros eficiente. Entonces, mientras estos usuarios no opten por la alternativa sustentable perderán dinero. En el caso de Uber, si bien se recorren más kilómetros en promedio, la cantidad de horas que se le destina es variada¹¹¹ considerando que la mayoría de los choferes lo utiliza como un ingreso extra a su principal actividad. Con esta dinámica, la conveniencia para estos conductores se asemejará más a la del auto particular: dependerá de la cantidad de kilómetros diaria que se recorran.

Para el caso de taxis y remises, esto no ocurre. En Montevideo los primeros (los cuales tienen una participación mucho mayor en el total de viajes)¹¹² recorren alrededor de 80.000 km por año,¹¹³ por lo que el costo en energía de los taxis a nafta es alrededor del 40% del CTP. Además, los taxis eléctricos en el desembolso inicial, cuentan con \$570.000 de subsidio (incluido en el CTP) a aquellos que deseen cambiar un vehículo eléctrico y disponen también de llamados a precio.¹¹⁴

Si bien la conveniencia de los taxis eléctricos es prominente en términos de CTP, todavía persisten dificultades para la transición. En entrevista para esta investigación, Gonzalo Márquez¹¹⁵ aseguró que existen “(...) factores que escapan el razonamiento meramente económico, entre ellos, el conservadurismo propio del sector”. Los taxistas enfrentan barreras que los vuelven reacios a cambiar, dado que se deberán adaptar a una dinámica de la que tienen muy poco conocimiento, dejando atrás una con la que están familiarizados. Es un servicio que está bastante atomizado,

¹¹⁰ Tomando como referencia a Marquez (2019), se considerará a Uber como “vehículos de plataformas digitales”-Véase: Estudio sobre el funcionamiento del sector de transporte por aplicaciones y sus consecuencias en el sector de transporte de pasajeros en la ciudad de Montevideo-2019

¹¹¹ Véase: Estudio sobre el funcionamiento del sector de transporte por aplicaciones y sus consecuencias en el sector de transporte de pasajeros en la ciudad de Montevideo-2019

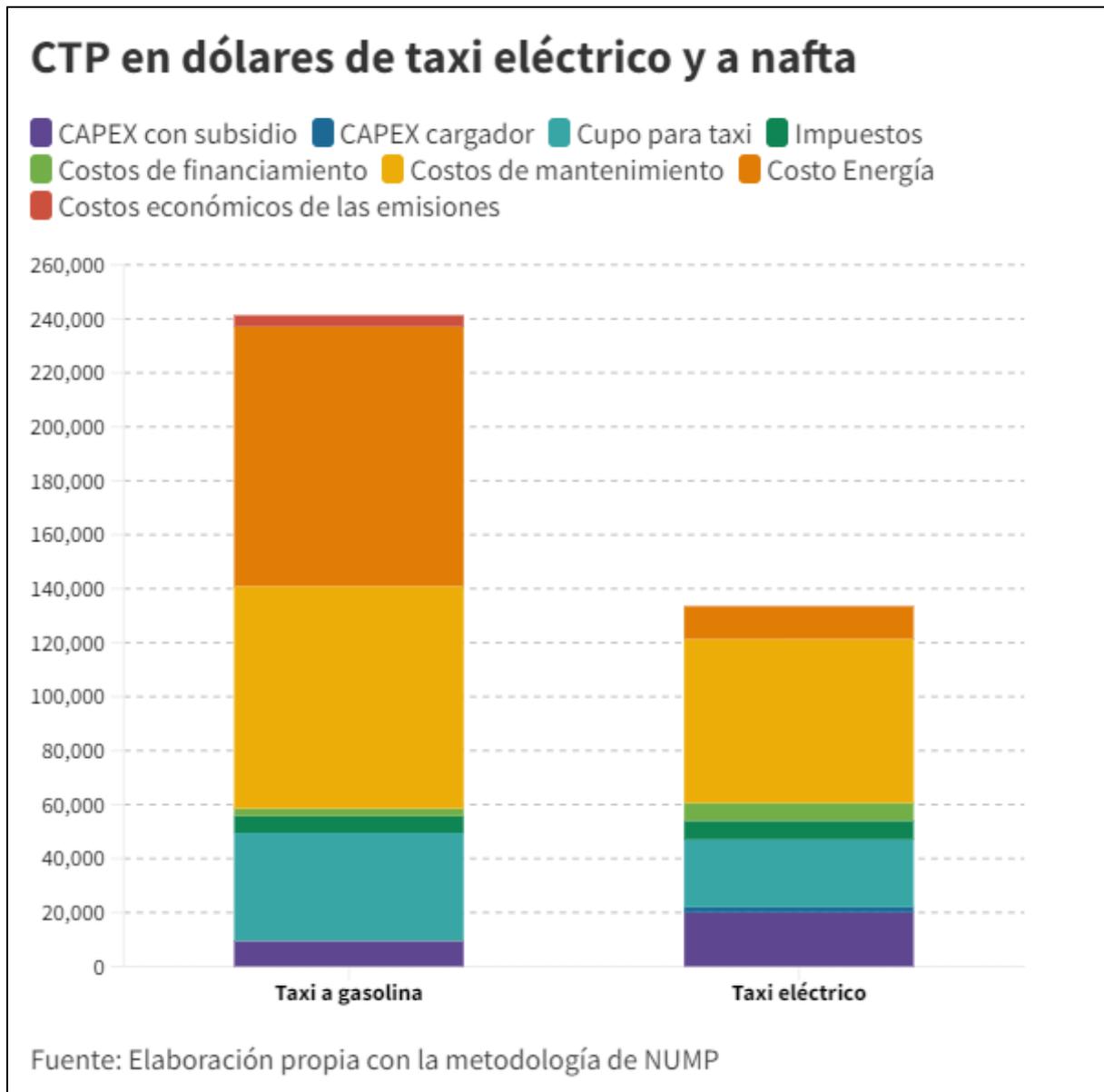
¹¹² Ídem

¹¹³ Fuente: Esquemas Fiscales y de incentivos en la movilidad y el transporte-2021

¹¹⁴ Fuente: Intendencia de Montevideo

¹¹⁵ Director de la División Transporte de la IM 2018-2021

en el sentido de que son miles de propietarios pequeños, lo cual dificulta el accionar colectivo en comparación, por ejemplo, a los ómnibus. De todas formas, este conjunto de factores debería mitigarse con el propio avance en la curva de aprendizaje del sector, para lo cual es fundamental alcanzar un porcentaje que genere una externalidad de red positiva en el recambio y haga aún más evidente la conveniencia para los usuarios.



Desde la percepción de los taxistas,¹¹⁶ existe cierta incertidumbre luego de la entrada de Uber y la caída de ingresos que esta significó. Esta entrada, de todas formas, trajo consigo una mayor eficiencia para el sistema en general y principalmente para el consumidor.¹¹⁷ El incentivo al recambio permitiría una mayor competitividad y recuperación del ingreso perdido como resultado de la mayor eficiencia en costos, que mejorará independientemente de la presencia de Uber en el mercado.

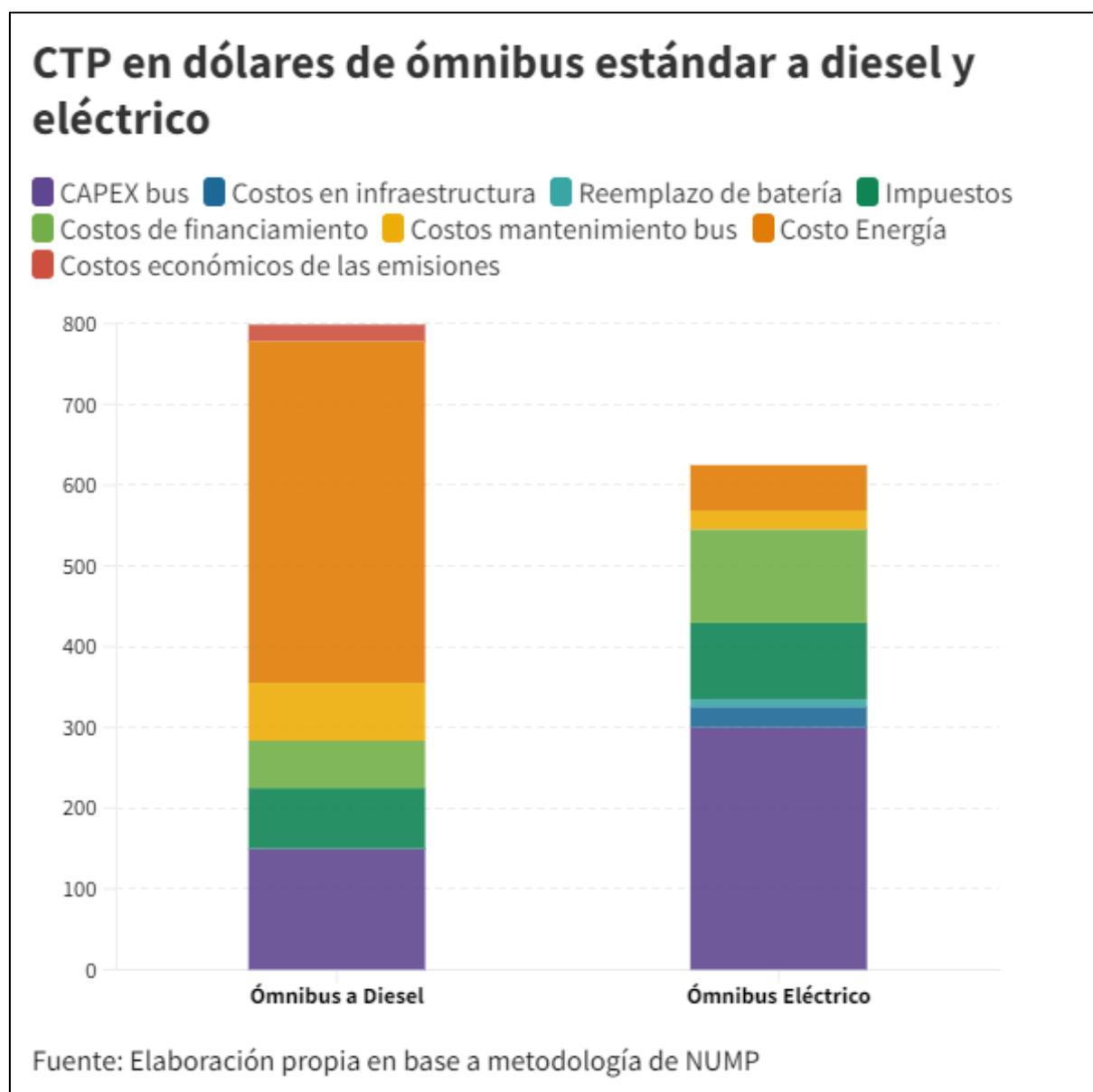
La clave reside entonces en preservar los incentivos para brindar las garantías al sector a realizar los recambios correspondientes, fundamentalmente en relación al primer desembolso. Pero la conclusión más importante es que la conveniencia económica es clara.

¹¹⁶ Según lo consultado con Gonzalo Márquez

¹¹⁷ Véase: Estudio sobre el funcionamiento del sector de transporte por aplicaciones y sus consecuencias en el sector de transporte de pasajeros en la ciudad de Montevideo-2019

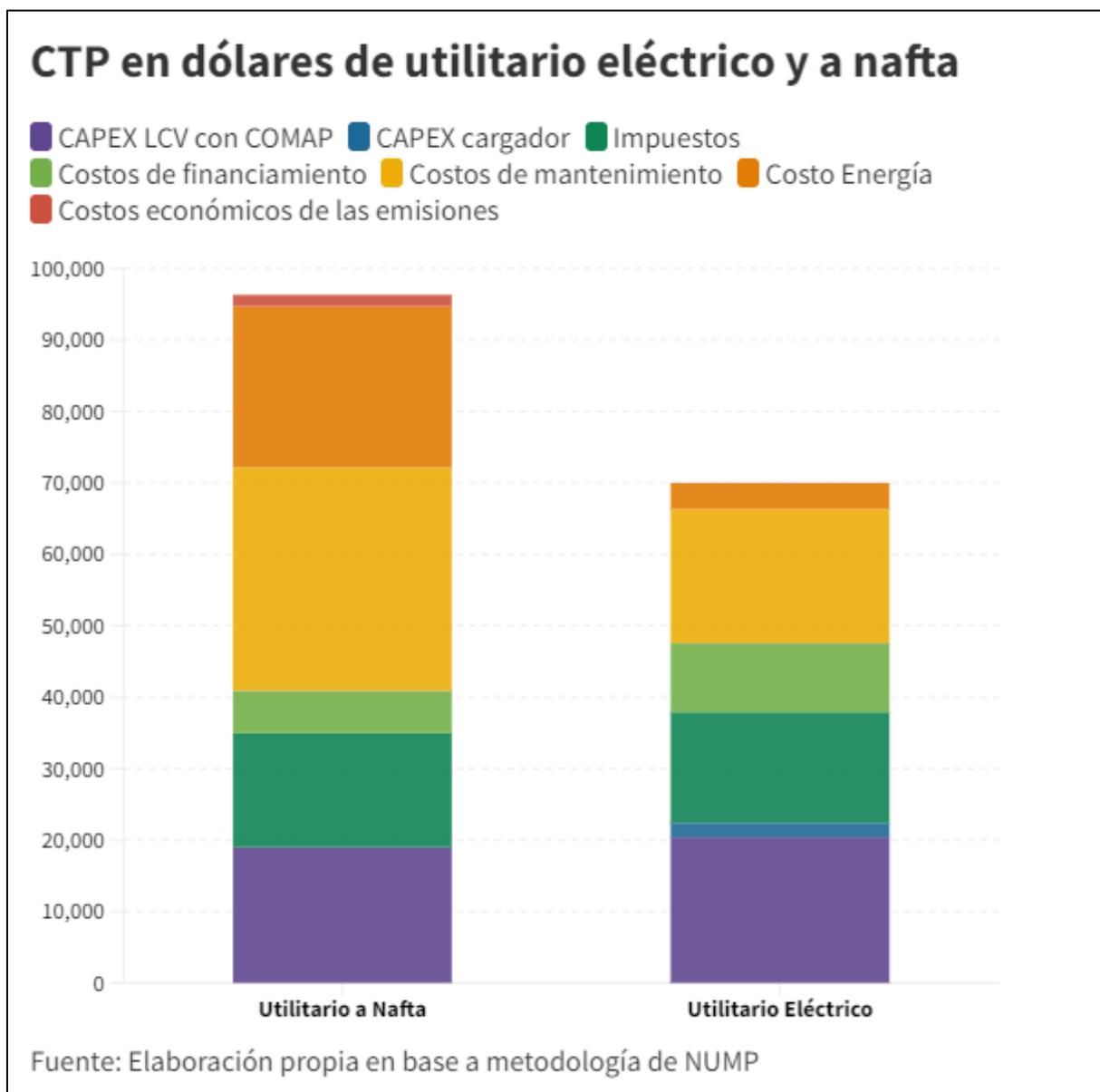
Ómnibus de recorridos cortos en el área metropolitana

Este segmento ya fue abordado en la propuesta de modificación del Fideicomiso del Boleto, por lo que solo se presenta gráficamente el CTP a modo de ilustrar las ventajas en costo de las unidades eléctricas en ausencia de subsidio y fideicomiso.



Transporte utilitario de carga urbano liviano y motos

Esta categoría engloba a las camionetas de última milla, pick ups, motos y bicicletas eléctricas. Todas estas alternativas resultan convenientes en términos exclusivamente monetarios porque efectivamente recorren cantidades eficientes de kilómetros. Los propietarios tienen un incentivo adicional a comprar vehículos eléctricos ya que hacerlo es uno de los requisitos para acceder a Certificados de Eficiencia Energética, por los cuales se puede recibir una compensación monetaria en conjunto con otras buenas prácticas.¹¹⁸



¹¹⁸ DNE- Instrumentos para la promoción de la movilidad eléctrica

Utilitarios

Los utilitarios eléctricos tienen autonomías suficientes para los kilómetros que suelen recorrer y al no contar con cargas muy pesadas tampoco requieren baterías adicionales. A su vez, cuentan con beneficios que incentivan la incorporación de los mismos en las empresas. Entre ellos, destacan los beneficios COMAP que les permite acceder a las empresas a un descuento desde el 35% de la inversión que se paga mediante deducciones del IRAE.¹¹⁹

Observando los CTP, queda evidente que la conveniencia financiera está y es aún más impulsada por los mecanismos previamente descritos. Seguir promoviendo este tipo de campañas, concientizar fundamentalmente a los privados de su eficiencia en costos y continuar marcando el ejemplo en el ámbito público¹²⁰ de este tipo de beneficios asegurará el recambio en este sector.

Motos eléctricas

Las motos eléctricas también presentan ventajas en CTP que las vuelven asequibles y primas verdes negativas. No obstante, para costos de adquisición razonablemente competitivos, se abre una brecha de calidad en cuanto a velocidad y, sobre todo, en autonomía.¹²¹

Como principal incentivo está el programa Subite que fue diseñado para motos y triciclos eléctricos por UTE y el BSE, el cual les brinda una devolución del 10% del valor de compra del vehículo (pero con topes en el precio de compra), además del seguro obligatorio del BSE por un año y descuentos en la factura de UTE.¹²²

¹¹⁹ Ídem

¹²⁰ Véase MOVÉS: Promoción de la movilidad eléctrica en Uruguay

¹²¹ En los ejemplos utilizados la autonomía de la variante eléctrica es de 60-75 km con carga completa (puede adquirirse una segunda batería) mientras que la moto a nafta ronda los 400 km de autonomía con el tanque lleno.

¹²² Véase: Programa Subite

Los CTP muestran la mayor eficiencia de las motos eléctricas en términos de costos, su factibilidad depende del uso que se necesite sujeto a la autonomía, el recambio se daría en los usuarios cuyo recorrido diario se atenga a dicha restricción.

