

MARCO ESTRATÉGICO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA ARGENTINA

CENTRO ARGENTINO
DE INGENIEROS

ACADEMIA NACIONAL
DE INGENIERÍA



CAI



Integrantes del equipo del Centro Argentino de Ingenieros y de la Academia Nacional de Ingeniería

Coordinador: Ingeniero Oscar Vignart

Ingeniero Ernesto Badaraco

Ingeniero Carlos M. Casares

Ingeniero Martín Fraguío

Licenciado Gustavo Yrazu

INDICE

Prefacio	6
Resumen ejecutivo	8
PROPUESTAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA ARGENTINA.	12
Captura de carbono por medio de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN).	12
Uso local y exportación de Gas con compensación en origen de las emisiones de CH ₄ en su uso final.	13
Plan de eficiencia energética.	13
Expansión de las energías renovables.	14
Producción de bioenergía moderna.	14
Energía Nuclear.	14
Producción y Utilización de Hidrógeno.	15
Institucionalidad del sector energético, coherente con los compromisos de descarbonización.	15
Desarrollo de infraestructura adicional al Gas NC y la generación, transmisión y distribución.	16
Calidad institucional y financiamiento.	16
1 Objetivos y fundamentos	19
1.1 Necesidad de elaborar una Propuesta de “Estrategia de Transición Energética al 2050” para Argentina.	19
1.2 Las condiciones naturales que permitirían el consumo local y la exportación de gas natural con cero neto de emisiones de CO ₂ en su uso final.	27
1.3 Expansión de la productividad de la Cadena Agroindustrial como resultado de la captura y secuestro de Carbono.	29
1.4 Preservar un bajo Costo de Capital es un Objetivo central para el éxito de la Transición en Argentina.	30
1.5 Cómo se propone alcanzar estos objetivos.	30
1.6 Enfoque conceptual para satisfacer los Objetivos propuestos:	31
1.7 Vigencia de la Economía circular.	36
2 Situación energética Argentina y el contexto internacional	37
2.1 Posición Internacional de Argentina, en cuanto a su Cantidad de Emisiones, por US\$ de PBI P/CÁPITA.	38
2.2 Energía disponible en Argentina y en el Mundo.	40
2.3 Oferta Nacional de Fuentes No renovables.	44
2.4 Oferta Nacional de Fuentes Renovables.	45
2.5 Las transiciones energéticas en el Mundo, reflejadas en la evolución histórica de la oferta de energía primaria	46
2.6 Energía Secundaria, Energía Útil y Transición energética.	51
2.7 Prioridades de Inversión en Reducción de Emisiones.	56

2.8	Hidrógeno: Combustible en desarrollo sin emisiones.	62
2.9	Bioenergía.	66
2.10	Enfoque simultáneo de las Cadenas de Valor de la Energía Eléctrica y el Gas Natural.	69
3	Estrategia para la Transición Energética de Argentina para “Cero Emisiones Netas” al 2050, sobre la base del uso de SBN	73
3.1	El Ciclo de la Vida en la Tierra y las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” (SBN), para el Secuestro de CO2 y otros GEI.	73
3.2	Diseño de la Transición Energética Argentina al 2050.	79
3.3	El Acuerdo de París y el camino a las emisiones cero.	82
3.4	La matriz energética Argentina y el paso a la neutralidad.	85
3.5	El inventario de GEIs	86
3.6	Acciones comprometidas por Argentina para mitigar sus emisiones en el sector energético.	88
3.7	El balance del carbono y el potencial de las SBN para la transición energética. El caso de argentino.	89
4	Los nuevos desafíos tecnológicos, económicos y regulatorios	97
4.1	Nuevos Desafíos Tecnológicos.	97
4.1.1	Reducción de Emisiones y/o Captura y Secuestro de Carbono.	97
4.2	Tecnologías para reducir las emisiones de GEI durante los últimos 15 años. Temas en debate.	98
4.3	El rol del gas natural en Argentina. ¿Por qué es un desafío?	105
4.4	Mecanismo de Formación de Precios igual para todas las Tecnologías.	106
4.5	Estabilidad del Sistema de Potencia.	107
4.6	DERs: Su utilización para neutralizar y/o reducir el costo de las Externalidades.	110
5	Eficiencia energética en la transición	113
5.1	El rol de la eficiencia energética en la transición	113
5.2	La situación argentina con respecto a la eficiencia energética.	117
6	Financiación de la incorporación de los nuevos activos necesarios para completar la transición energética	119
6.1	Inversiones globales necesarias y capacidad de financiamiento.	119
6.2	Una aproximación a la situación argentina	120
6.3	Instrumentos generales disponibles anteriores a la COP 26	120
6.4	Mecanismo de Desarrollo Limpio y Bonos de Carbono	124
6.5	El Acuerdo de París, la COP 26 y sus nuevos mecanismos.	130
6.6	Bonos de carbono e impuesto al carbono	133

7	Propuestas centrales	136
7.1	Reducción de Emisiones de GEI en el mercado local mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN).	136
7.2	Exportación de Gas natural sin Emisiones de CO2 en su Uso Final. (Compensadas en origen por medio de SBN)	138
7.3	Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)	140
7.4	Oportunidades de reducción de emisiones de GEI a partir de soluciones basadas en la naturaleza	141
7.4.1	Deforestación Evitada	141
7.4.2	Degradación evitada:	142
7.4.3	Pérdidas evitadas de carbono y aumento del secuestro de carbono en los suelos de ecosistemas naturales y cultivados de la Argentina:	142
7.4.4	Disminución de las emisiones entéricas del ganado bovino:	142
7.4.5	Forestación:	143
7.4.6	Emisiones evitadas del sector residuos sólidos urbanos orgánicos y aguas residuales:	143
7.4.7	Otras mejoras asignables a la Estrategia propuesta:	144
8	Propuestas adicionales	147
8.1	Incremento de Eficiencia Energética. Una rápida respuesta para reducir emisiones de GEI.	147
8.2	Bioenergía moderna mediante Procesos Químicos, con producción de combustibles comparables con los combustibles fósiles.	150
8.3	Centrales Nucleares e Hidroeléctricas	151
8.4	La electrificación de la movilidad, de los usos Residenciales y de las Plataformas Industriales.	153
8.5	Reducción de Metano comprometida por Argentina.	155
8.6	Análisis de alternativas para producción y uso de H ₂	156
ANEXO I – Antecedentes resumidos del equipo CAI-ANI		158

Prefacio

El Centro Argentino de Ingenieros y la Academia Nacional de Ingeniería tienen por objetivo común contribuir a los debates públicos en los que la Ingeniería tenga una injerencia relevante. En esta ocasión, han elaborado conjuntamente un documento orientado al análisis y propuestas para la optimización de una estrategia de transición energética considerando las metas de descarbonización adoptadas por nuestro país y el mejor uso de los recursos energéticos disponibles.

Nuestras instituciones le otorgan a este tema una importancia fundamental dada la magnitud de los recursos puestos en juego y las inversiones requeridas. Resulta además evidente la urgencia de definir claramente los marcos normativos que aporten seguridad jurídica y previsibilidad a esas inversiones que en general son de largos periodos de recuperación.

Nuestro país se ha fijado metas ambientales compatibles con los acuerdos alcanzados en las reuniones internacionales del COP19 y siguientes. Debemos ser consecuentes con el objetivo de que la temperatura media del planeta no llegue a superar en más de 1,5° grados centígrados los niveles preindustriales. De acuerdo con esto nuestro país se ha propuesto llegar al cero neto de emisiones de CO₂ en el año 2050. Para que esto sea posible se deberá trabajar en varios frentes, como se indica en este documento. Los más relevantes son la transición hacia las energía renovables y limpias, la eficiencia energética, la electrificación, y el uso de la naturaleza para “capturar” el CO₂ ya emitido. En esta última acción, nuestra profesión, la ingeniería, se combina con la agronomía y las ciencias naturales.

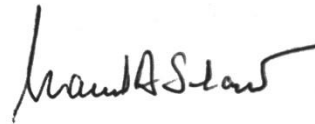
No podemos desconocer que la Argentina dispone de grandes reservas de shale gas que hoy son comercialmente explotables. La sustitución de los combustibles fósiles en el mundo deberá racionalmente comenzar por el carbón y los líquidos pesados, que todavía constituyen un porcentaje importante de la matriz energética de varios países. Hay una ventana de tiempo para sustituirlos por gas natural y ésta es una oportunidad para nuestro país que no deberá demorarse en aprovecharla. Con más razón a la vista de los eventos mundiales que han elevado su precio.

La Argentina es uno de los pocos países que dispone de millones de hectáreas aptas para cultivos y forestación con tecnologías ya probadas para potenciar la captura de carbono. Nos hemos sentido en la responsabilidad de llamar la atención sobre esta ventaja, sobre la cual advertimos que no existe suficiente conciencia.

Confiamos en que este documento contribuirá a la calidad de las decisiones en una actividad tan relacionada con la preservación del ambiente y a su vez tan esencial para el despegue de nuestro país.



Ing. Pablo Bereciartua
Presidente
Centro Argentino de Ingenieros



Ing. Manuel A. Solanet
Presidente
Academia Nacional de Ingeniería

Resumen ejecutivo

El propósito de este trabajo ha sido detectar las fortalezas y oportunidades que se le presentan a la Argentina tanto a nivel local como mundial en función del potencial de sus recursos. No se ha pretendido tener las respuestas a las inquietudes que se presentan ante un tema tan desafiante, sino ayudar a realizar las preguntas apropiadas.

En los últimos siglos distintas naciones o grupos de naciones han enfrentado desafíos que afectaban a amplios segmentos de la población: epidemias, plagas, hambrunas, o guerras. Pero por primera vez en nuestro tiempo la humanidad en su conjunto enfrenta una situación grave, difícilmente controlable y de alcance universal: el desafío ambiental cuya manifestación más notoria es el calentamiento global.

Los antecedentes muestran que el problema deriva de acciones del hombre, por ello denominadas antropogénicas, con impacto sobre la naturaleza y el medio ambiente. Ponen en riesgo el nivel de vida conseguido por la humanidad a partir de la revolución industrial.

Desde hace 20 años científicos y políticos debaten con qué tecnologías retrotraer estos efectos y las responsabilidades atribuibles a cada Nación o a cada tipo de industria por el uso de los recursos energéticos disponibles, en especial los fósiles. Se han conseguido, por primera vez en la historia, acuerdos en cuya concreción se han involucrado prácticamente todas las naciones, aunque aún subsisten diferencias con respecto a cómo definir y asumir las responsabilidades y establecer en qué proporción pagará cada país los costos de la transición tecnológica necesaria.

Confrontando las acciones llevadas adelante por distintas naciones, se puede percibir que el consenso logrado es en parte ambiguo y que por ello muchos gobiernos se demorarán en cumplir sus compromisos por considerar que la responsabilidad que se les ha asignado no tiene fundamentos equitativos. Esta diferencia existe en especial entre las naciones que han conseguido su desarrollo industrial pleno desde hace aproximadamente un siglo, vs. las que recién ahora están comenzando a mejorar el estándar de vida de su población. Éstas últimas han acumulado un volumen de emisiones inferior al de las desarrolladas.

Se considera también que, más allá del debate sobre el pedido de las naciones más atrasadas, de asignar en esta transición responsabilidades económicas proporcionales a las emisiones acumuladas históricamente, cada país debe elaborar su propia estrategia de transición. Deberán tener en cuenta en primer lugar, las ventajas comparativas de las que

disponen, para diseñar a partir de ellas el camino y las etapas de su propia transición. En el caso argentino, nuestra visión de una estrategia con ventajas comparativas se basa en la gran disponibilidad de gas natural hasta mucho más allá de los escenarios y plazos a los que sería posible planificar. Por otro lado, la posibilidad de hacer un uso inteligente de nuestros recursos biológicos naturales, utilizando los mismos a través de “Sistemas Basados en la Naturaleza”, permitiría cumplir con una parte importante de los compromisos de reducción de emisiones asumidos en distintas rondas de negociaciones internacionales.

El marco estratégico aquí propuesto es dar prioridad a los mecanismos biológicos de la naturaleza para capturar emisiones y enfrentar así el desafío del cambio climático. Se considera, sin embargo, que hay un exceso de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas principalmente al uso de combustibles fósiles, por encima de la capacidad de captura de la naturaleza.

Muchos países han priorizado sus inversiones e innovaciones para cambiar sus actuales tecnologías de producción de energía eléctrica por otras sin emisiones. En general adoptaron la decisión de electrificar progresivamente el transporte, la producción de calor y los procesos industriales. Se tiende también a reducir la infraestructura de extracción, transporte y refinado de combustibles fósiles, a pesar de que son actividades con un elevado stock de capital acumulado y aún no amortizado.

Las principales líneas estratégicas analizadas y propuestas para instrumentarse en forma conjunta o separada, para Argentina, son además complementarias y buscan cumplir con las ‘Contribuciones Nacionales Definidas’ (CND) que cada Nación puede establecer libremente. La Argentina también evolucionará hacia energías limpias y procesos industriales descarbonizados. Sus ventajas comparativas le permitirán hacerlo a un ritmo que no pondrá en riesgo su desarrollo y permitirá financiar la transición a un costo aceptable. Con las nuevas tecnologías a implementar será factible que la economía pueda crecer sosteniblemente y desarrollar áreas de negocios.

La ciencia ha hallado fundamentos para afirmar que el aumento global de la temperatura del planeta necesita limitarse a no más de 1,5°C por encima de los niveles preindustriales. Esta meta requiere que se alcance el cero neto de emisiones antropogénicas hacia el año 2050 (NetZero2050). La información disponible indica que la mejor alternativa para lograr ese objetivo en el caso argentino, es la basada en la naturaleza como factor de absorción, combinada con la producción de gas natural. Las emisiones serían capturadas por la extensa geografía, la vegetación y los suelos de nuestro país. Se sumaría la incorporación de una combinación de otras tecnologías ya probadas para la producción de Energía Eléctrica: renovables NC (solar y eólica), nuclear, hidroeléctrica, etcétera. Deberán estar coordinadas de manera tal que luego del previsible proceso de electrificación de casi todas las formas de obtener calor y trabajo mecánico, el costo total de la unidad de energía se mantenga en la Argentina competitivo con los promedios internacionales.

Nuestro país está en una posición inmejorable en caso de optar por utilizar el gas natural, el más limpio de los fósiles con amplia disponibilidad, incluso para exportación. Sus reducidos costos contrastan con los eventos mundiales que han elevado su precio.

Hay un excedente de millones de hectáreas aún disponibles para nuevos cultivos y forestación con tecnologías ya probadas. Combinado el gas con las “soluciones basadas en la naturaleza” nuestro país podría cumplir sus compromisos y convertir este desafío en una oportunidad de desarrollo única.

En el inicio de la configuración del globo terrestre, el material que lo componía era totalmente inorgánico. No había vida vegetal, animal, ni humana tal como la conocemos ahora. La atmósfera del planeta estaba compuesta por nitrógeno, metano, vapor de agua y dióxido de carbono (CO₂).

Luego, la superficie terrestre comenzó a enfriarse hasta temperaturas que permitieron el desarrollo de seres vivos mediante un proceso físico químico basado en la fotosíntesis. La acción de la energía de los rayos del sol, en forma conjunta con moléculas de CO₂ y de agua presentes en la atmósfera, las convirtieron en cadenas de carbono e hidrógeno. Éstas, a su vez, formaron vegetales, primera manifestación de la existencia de seres vivos con un ciclo temporal de nacimiento, desarrollo y fin. Durante millones de años ese proceso continuó poblando de materia biológica la superficie terrestre que hasta ese momento estaba compuesta solo de sales inorgánicas a elevada temperatura. Al final del ciclo de vida de cada especie, los residuos orgánicos emitían al descomponerse gases de efecto invernadero (GEI) y en especial CO₂, que la naturaleza utilizaba para la reproducción de nuevos vegetales. Así se fueron cubriendo las superficies de la tierra aún desérticas. Esos gases se volvían a reciclar al finalizar la vida de las plantas en un ambiente con exceso de CO₂, incrementando la cantidad de vegetales y la de los animales que se alimentaban de ellos. Este proceso continuó avanzando, pero siempre existía un leve desequilibrio por el cual, — además del reciclado—, se absorbía parte del CO₂ preexistente en la atmósfera desde el surgimiento del planeta Tierra. La multiplicación de las especies vegetales impulsaba una mayor emisión de CO₂ al fin del ciclo de vida de cada ser vivo.

Hace más de 200 años, comenzó la denominada “revolución industrial” período en el cual los hombres necesitaron cada vez más energía para producir calor y trabajo mecánico. Con el descubrimiento de los combustibles fósiles, hubo una explosión de su uso energético provocando emisiones crecientes de los denominados GEI, por su efecto en el calentamiento de la atmósfera. Los excedentes no capturados motivaron un aumento de 280 a 400 ppm de CO₂ en sólo 150 años. De una población estable de 1.000 millones de habitantes la humanidad pasó a más de 8.000 millones en apenas 200 años y al expandirse además el nivel de confort y el uso de nuevos aparatos mecánicos y eléctricos alimentados directa o indirectamente por la combustión de fósiles, surgieron excedentes de CO₂. Finalmente, ya no pudieron ser íntegramente capturados por la fotosíntesis y comenzaron a acumularse en la atmósfera.

En la Tabla I, se aprecia la magnitud anual que han alcanzado tanto la emisión como la captura de gases de efecto invernadero a partir del sistema inicial basado en la naturaleza. Pero también puede apreciarse, que existe un pequeño desequilibrio en sentido inverso al anterior y que ese pequeño pero creciente desequilibrio, acumulado durante tan solo 150 años, ha conducido a un preocupante stock actual de CO₂ acumulado en la atmósfera. (860 Gt).

Las emisiones antropogénicas son sólo el 5% del total emitido cada año, pero los mecanismos basados en la naturaleza aún tienen capacidad residual para la captura y secuestro de parte de carbono emitido. Sólo el 2,6% del total de emisiones por fenómenos naturales y por la acción del hombre, es el excedente neto que se emite a la atmósfera cada año. (21 Gt).

Los aspectos conceptuales desarrollados hasta ahora fundamentan las propuestas incluidas en este texto. En la ya referida Tabla I presentamos de manera simple, tanto el ciclo de la vida en la Tierra como el desequilibrio que actualmente conduce a la acumulación de gases de efecto invernadero. De ahí la decisión de reducir las emisiones antropogénicas.

Algunos estudios solo mencionan el rol negativo de las emisiones de GEI. No aclaran que las mismas existen desde el origen de la tierra en sucesivas reconversiones continuas del “Ciclo de Vida” iniciado en base al CO₂ existente en la atmósfera antes de la aparición de la vida. Deben saber que este ciclo de vida con sucesivas capturas y luego emisiones de CO₂ es el propio de cada especie y que la cantidad neto que ha agregado el hombre cada año a partir de la revolución industrial, ha alcanzado sólo recientemente el 2,6% del total.

Tabla I - Balance anual de emisiones y secuestro de CO₂ (2020)

CONCEPTO	EMISIONES [Gtn de CO ₂]	SECUESTROS [Gtn de CO ₂]
Emisiones asociadas al ciclo de vida de la naturaleza	771	
Emisiones antropogénicas de combustibles fósiles	35	
Emisiones por el uso antropogénico incorrecto del suelo	6	
Absorción natural por los océanos (hasta profundidad de 200 m)		337
Absorción natural por el suelo, las plantas, pasturas y forestación		454
TOTALES	812	791
Total Neto fugado a la atmosfera anualmente	21	
STOCK ACTUAL CO₂ ACUMULADO EN LA ATMÓSFERA: (Origen del “Efecto Invernadero” y consecuentemente del “Cambio Climático”)	860	

Es asimismo necesario considerar la importancia de los avances en la eficiencia energética. Después de las “Soluciones Basadas en la Naturaleza”, los desarrollos de eficiencia energética son los que han mostrado más productividad del capital invertido para reducir las

emisiones de CO₂. La eficiencia energética no solamente es una herramienta para reducir emisiones, sino que permite extender en el tiempo y con menor costo, la transición hacia las nuevas tecnologías de generación.

Por último y como aspecto central para hacer posible la transición, se requerirá la evolución hacia alternativas más limpias en la movilidad, en las viviendas y en la industria. Estas inversiones no tendrán una magnitud que impacte la macroeconomía. Hay para ellas distintas formas factibles de financiación a largo plazo en mercados internacionales.

PROPUESTAS PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA ARGENTINA.

Captura de carbono por medio de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN).

Argentina está entre las ocho naciones del mundo con mayor superficie geográfica. Tiene además muy buena calidad de suelo en gran parte del territorio, por lo que es comparable con otros países de mayor tamaño en cuanto a potencial de secuestro de carbono. Estas son las condiciones requeridas para dar factibilidad al abastecimiento local y exportación de gas con y sin emisiones de GEI en su uso final.

La explotación agrícola ocupa alrededor de 33,7 millones de hectáreas. La ganadería duplica esa superficie, pero existen además otras tierras aptas disponibles para expandir la frontera agrícola y consiguientemente la producción agropecuaria, o la forestación. También para Captura y Secuestro de Carbono (CCS - Carbon Capture and Sequestration), en tanto se asegure que las metodologías aplicadas de rotación de pasturas, uso de fertilizantes y especies agrícolas seleccionadas, han sido diseñadas o modificadas para contribuir a la absorción neta de GEI. Así tendrá valor comercial en los mercados de carbono. Por otra parte, existe una superficie del orden de 100 millones de hectáreas que, en la Patagonia y también en zonas ubicadas más al norte, han sido degradadas por distintas causas (la ganadería ovina intensiva entre ellas), pero que podrían ser recuperadas.

En la COP 24 en Polonia y 3 años después en Glasgow, este tema fue uno de los centrales. Allí concluyeron que parte de la solución al problema ambiental podría ser lograda a través de las “Soluciones Basadas en la Naturaleza”. Muchas tierras incrementarían su valor y volverían a ser nuevamente productivas para poder contribuir, primero desde el sector de los combustibles sin emisiones de GEI, y segundo desde el incremento y la productividad del sector agrícola ganadero, a la mejora de nuestra balanza comercial.

Nuestras estimaciones indican que la Argentina tiene un potencial mínimo de emisión de bonos de carbono por año (1 bono de carbono es igual a una Tonelada de CO₂ Eq) de 131.400.000 bonos. Esta cantidad permitiría la exportación de hasta 162 mill de m³/d de gas natural con compensación de emisiones en origen. Pero esta cantidad podría ser muy

superior, en función de cuánta superficie sea económicamente recuperable para Forestación, Agricultura y pastoreo.

Uso local y exportación de Gas con compensación en origen de las emisiones de CO₂ en su uso final.

Esta propuesta está destinada al cumplimiento del Acuerdo de París a partir de la óptima utilización de los recursos y las ventajas comparativas de la Argentina. Nuestro país es el tercer país del mundo en recursos de shale gas. Al desarrollo experimentado en la formación Vaca Muerta de la Cuenca Neuquina con recursos de gas (307 TCF) equivalentes a 180 años de los valores de producción del año 2022, se le suman los avances exploratorios en la formación Palermo Aike en la Cuenca Austral. Esta cuenca posee recursos de shale gas (129,5 Tcf) equivalentes a un 42% de los de Vaca Muerta.

El primer objetivo de esta estrategia es la sustitución de los combustibles sólidos y líquidos usados actualmente, por gas natural. Los sectores relevantes para esta sustitución son la movilidad, la generación de energía eléctrica y la producción de calor industrial. Para ello hay que alcanzar un nivel de producción doméstica de gas natural en una escala que permita explotar en forma competitiva los recursos de gas argentino. Se debe lograr que la Argentina sea exportador neto de gas con incidencia en el mercado internacional, principalmente en contra estación. La conveniencia económica de mantener el uso local y exportación resultar de lograr un elevado factor de uso a lo largo del año. Es posible la exportación de gas por ducto a países de la región y de gas natural licuado (GNL) con mayor valor comercial por entregarse, —siempre a pedido del comprador—, habiendo compensado en origen mediante SBN, el mismo volumen de emisiones de CO₂ que se producirán en su uso final.

El gas natural también jugará indirectamente, al permitir la producción de energía eléctrica con equipos eficientes, un rol importante en facilitar la transición hacia la difusión masiva de la movilidad eléctrica con inversiones de menor significación.

Plan de eficiencia energética.

Es posible planificar y lograr mejoras de eficiencia energética para cada sector económico o cada tramo de cada cadena de valor. Esta tarea convoca ayuda técnica y financiamiento de reducido costo y a largo plazo. La Argentina lo hizo hace 12 años con el Banco Mundial a través de un crédito a fondo perdido. El préstamo cubrió el 90% de la consultoría y las mejoras de eficiencia, al 9% anual en pesos. La experiencia indica que los períodos de recuperación de las inversiones recomendadas a PyMEs no superaron los 3 años en la mayoría de los proyectos.

Expansión de las energías renovables.

El país cuenta con recursos potenciales, aptos para producir cantidades importantes de energía solar, eólica e hidroeléctrica. Lo destacable de esos recursos, en especial los dos primeros, es que su “factor de uso”, y con él la productividad de las inversiones, en muchas zonas y en el país en su conjunto, es superior al promedio mundial.

En el mundo se dispone de softwares cada vez más complejos y de baterías para neutralizar las intermitencias. En caso contrario se hace necesaria generación de respaldo que las compensen, más disponibilidad de almacenamiento y redes eléctricas acordes a los niveles de transmisión máxima que por diseño y seguridad del sistema de potencia deben contemplarse. La Argentina tiene potencial para seguir este camino en forma competitiva con otras naciones. El aspecto clave a estudiar es como elevar el factor de uso que maximiza la productividad de la potencia instalada y compensa en mayor o menor medida sus externalidades.

Las centrales hidroeléctricas con capacidad de embalse constituyen una de las soluciones más eficientes para compensar intermitencias de las renovables solar y eólica. Un despacho conjunto hidro, con otro eólico o solar, permite ofertar elevados porcentajes de energía firme sin emisiones y con mayor productividad que cada una de las dos tecnologías en forma independiente.

Producción de bioenergía moderna.

Partiendo de la opción de las SBN, no debemos dejar de contemplar a la bioenergía en sus distintas formas. Son alternativas que aún tienen costos altos por sus características de diversificación y necesidad de tratamientos específicos (tanto de la materia prima como de los subproductos). Pero si no se las tiene en cuenta no se estaría aprovechando adecuadamente la reducción de GEI que esta forma de energía podría aportar a la matriz energética argentina.

El aprovechamiento de la materia orgánica surgida de plantas, animales y residuos para la producción de bioenergía, con captura y secuestro de carbono (BECCS), permite el cierre del ciclo de carbono (CO₂), reduciendo su concentración en la atmósfera. Se debe tener en cuenta que algunas bioenergías pueden ser producidas en refinerías existentes, luego de un “revamping” que las haga aptas para ese nuevo uso. Se contribuiría a la reducción de las emisiones de GEI (como ejemplo, Biocombustibles para reemplazar el JP1 en la aviación).

Energía Nuclear

A partir del accidente de Fukushima, se han incrementado los requisitos de seguridad de las centrales nucleares, conduciendo a elevar los costos de construcción, instalación,

puesta en marcha y disposición final del material radiactivo y del equipamiento e instalaciones contaminadas. Sin embargo, estos costos se compensan con una vida útil prolongada, por lo que su financiación con garantías adecuadas resulta una alternativa analizable.

La Argentina cuenta con una larga experiencia en centrales nucleares de potencia, (70 años de acervo científico y tecnológico y 50 de operación exitosa de centrales de potencia). Además, resulta estratégico el proyecto SMR CAREM, un reactor modular de baja potencia y la posibilidad que brinda de disponer en Argentina de una matriz energética con participación nuclear. Nuestro país ha exportado reactores de investigación y producción, compitiendo con las más prestigiosas firmas internacionales, a lo cual podría sumar la exportación del CAREM.

Producción y Utilización de Hidrógeno

Otra de las alternativas para la producción de energía sin emisiones es el hidrógeno, como fuente energética y como vector de almacenamiento. La obtención del hidrógeno se logra por electrólisis del agua. Las que lo hacen con fuentes de energía eléctrica limpias, sin emisión, producen hidrógeno “verde”.

La producción de hidrógeno verde en la Argentina ha despertado interés en inversores privados del exterior debido a la abundancia de energía eólica “on shore”, de elevado factor de uso en la Patagonia argentina. Pero aún cabe resolver cuestiones relacionadas con su transporte y almacenamiento a costos razonables. tienen hasta hoy elevados costos de producción, operación y transporte. Sin embargo, se están reduciendo por las significativas inversiones en investigación de grandes empresas de energía y de universidades.

La producción de hidrógeno “azul” a partir de gas natural con captura y secuestro de carbono podría darse en Argentina por la competitividad y la disponibilidad mayores volúmenes de gas natural. Sin embargo, no tendría sentido producir hidrógeno a partir de gas natural y compensar simultáneamente con SBN las emisiones de CO₂ asignables a ese proceso. Representaría un costo adicional al de utilización del gas natural directamente en su uso final con la misma tecnología de absorción a partir de SBN, que es justamente el equivalente al costo de producir el hidrógeno.

Otra opción para la obtención de hidrógeno azul, podrían ser los métodos físico - químicos de CCS que surjan en el transcurso de esta transición y que compitan económicamente con las SBN.

Institucionalidad del sector energético, coherente con los compromisos de descarbonización

Las transformaciones tecnológicas, legales e institucionales que derivarán de esta transición, requerirán una reforma de los Marcos Regulatorios del Gas natural y de la Energía

Eléctrica, que respondan a los desafíos de las nuevas tecnologías y permitan corregir errores regulatorios introducidos en las últimas dos décadas.

Ello lleva a un delicado balance en el diseño de la regulación. Debe asegurar el abastecimiento del suministro eléctrico, el cumplimiento estricto y progresivo de los objetivos de descarbonización, y un costo competitivo de cada una de las alternativas tarifarias, —incluyendo impuestos—, que deberán enfrentar los usuarios. Además, debe dar señales que canalicen la inversión hacia los cuellos de botella del sistema actual o de los previstos a futuro, con el objetivo de que la sociedad pague el menor costo de ENS (energía no suministrada). El mejor ejemplo a considerar es quizás la regulación de Chile, —la Ley Corta—, que eliminó problemas similares a los existentes hoy en Argentina desde su sanción en 2005.

Las Instituciones y en especial la última de ellas que contempla el aspecto ambiental—, son claves para hacer eficiente el marco regulatorio que deberá regir hasta 2050. Será un período en el cual gran parte de las actividades que consumen energía habrán sido electrificadas.

Desarrollo de infraestructura adicional al Gas NC y la generación, transmisión y distribución.

Tanto las nuevas fuentes de generación como las crecientes demandas de energía eléctrica originadas en la electromovilidad, la calefacción, la descarbonización y los procesos industriales, requerirán la modificación de sistemas eléctricos, transmisión y distribución. La electrificación masiva conducirá a un cambio tecnológico en la distribución, la cual podría pasar a ser mayoritariamente en media tensión y con complejos controles de la operación en tiempo real por IT, tanto del lado de la oferta, —que incluirá equipos de generación distribuida—, como del lado de la demanda.

Calidad institucional y financiamiento.

El monto de las inversiones, sus largos períodos de recuperación en un sector capital intensivo, hace imprescindible la estabilidad de las reglas de juego, tarifas razonables y la reducción del riesgo país. Debe haber previsibilidad para lograr el acceso a un costo de capital compatible con la rentabilidad. Ésta a su vez, dependerá de los precios de la energía eléctrica. Esto tiene importancia para el logro de la estabilidad del sistema en el tiempo, pero también la tiene para contribuir al financiamiento de la transición. Se estima que requerirá en el mundo inversiones globales totales hasta el año 2050, de entre 150 a 250 Billones de dólares.

Los cálculos para la Argentina permiten estimar que, a los precios de renovación actuales y con las tasas de incremento de la demanda asociadas a la electrificación de la movilidad y la industria, (10% anual) podrían ser necesarias inversiones equivalentes a 5 puntos del

PBI anuales, —alrededor del 25% de la Inversión Bruta Interna de nuestro país en el año 2022. Es lo que requerirán las inversiones en renovación, expansión de la producción, transporte y distribución de gas y electricidad, y para la electrificación de las actividades. Todo ello neto de las reducciones obtenibles por incrementos de eficiencia energética.

Las inversiones pueden ser inferiores si se aprovechan inteligentemente las dos ventajas comparativas de la Argentina: la abundancia de gas y las soluciones basadas en la naturaleza para la captura y secuestro de CO₂.

Existen ya algunos mecanismos de financiamiento en el mundo, que se están potenciando después de la COP 26. Nos referimos a los bonos verdes, los bonos de carbono, fondos que financian a privados con verificación de standards de carbono, mecanismos cooperativos de mitigación.

PARTE I

CONTEXTO INTERNACIONAL Y DE ARGENTINA

Objetivos y fundamentos

1.1 Necesidad de elaborar una Propuesta de “Estrategia de Transición Energética al 2050” para Argentina.

Se ha considerado que en un contexto tan complejo, una Estrategia válida solo puede surgir de un amplio análisis que incluya una estimación de las Inversiones durante la transición, pero también de aquellas Acciones y Regulaciones que, —tanto en los aspectos Ambientales y Tecnológicos, como asimismo en los Económicos e Institucionales—, se visualicen como la mejor Alternativa, alineada con lo que hoy considera posible el consenso científico internacional, para llevar adelante la Transición que corresponde a Argentina, desde, la Matriz Energética y las Emisiones de GEI actuales, hasta contar con el Derecho a pertenecer, por los esfuerzos realizados y en no más de 30 años, a un escenario Global con Emisiones Antropogénicas Netas Nulas y también, con menores Stocks de CO₂ acumulados en la atmósfera e imputables a nuestra Nación, permitiendo así cumplir con el Acuerdo de París.

Todo ello surge como posible en este trabajo donde se ha concluido que, en el caso de Argentina, en caso de aprovecharse las ventajas comparativas que posee naturalmente, requerirá Inversiones anuales por Unidad de PBI muy inferiores a las hasta ahora estimadas por la IEA, IPCC, McKinsey y otras Instituciones. Se ha concluido también que el camino para lograrlo es incluir como primera prioridad en toda propuesta, el máximo aprovechamiento de sus ventajas comparativas.

La producción de energía por medio de varias de la gran variedad de Tecnologías ya existentes o por medio de las nuevas Tecnologías cuya introducción se propone analizar en este trabajo, conllevan en esta etapa de su desarrollo externalidades económicas, —positivas y negativas, ya sea por CCS, menores emisiones, mayor necesidad de infraestructura y/o por un menor factor de uso de la misma, y/o por interrupciones aleatorias no evitables que encarecen el Costo de Capital y el Costo social de la ENS—.

Cabe destacar que el Costo de Capital es el componente con mayor participación en la cadena de valor del precio de la Energía, tanto para la producción de Gas Natural como de Energía Eléctrica.

Por los motivos que se irán desarrollando, este Documento se diferencia de otros similares por el énfasis puesto en recurrir a dos objetivos clave: la explotación del enorme recurso de Gas Natural disponible en Argentina, y la potencial remoción o secuestro de CO₂ de la atmósfera (y de mitigación de las emisiones de GEIs) a partir de las “SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA”¹ (SBN), por ser los volúmenes de recursos disponibles para aplicar estas soluciones muy superiores en nuestro País que en otras naciones.

Esta combinación permitirá reducir con un menor costo, tanto los excedentes anuales de emisiones de GEI de origen antropogénico, como parte del Stock actual de los GEI ya acumulados o que pudieran seguirse acumulando en la atmósfera en forma decreciente durante la Transición. Se ha concluido que, combinado con la explotación del gas natural, este es el camino hacia Net Zero 2050 con menor valor presente de sus costos, porque además de reducir las Emisiones de GEI, permitirá conservar, restaurar y ampliar todos los ecosistemas naturales y productivos de la Argentina.

Es cierto que las actividades del hombre durante los últimos dos siglos se han diferenciado de las precedentes en cuanto a la utilización de combustibles fósiles, —ya sea para climatizar ambientes; abastecer de Energía a las industrias; substituir metales, madera y textiles de origen vegetal o animal con materiales petroquímicos (Algunos irremplazables); proporcionar transporte a las personas y cargas; o generar energía eléctrica—, y han dejado por ello un rastro de emisiones de GEI que no era concebible en los cuatro mil años anteriores, en los cuales la población del globo terrestre prácticamente no se alejó de un entorno algo menor de los 1000 millones de habitantes y estos no contaban más que con leña, carbón, piedra y fibras vegetales para producir calor o realizar algunas manufacturas con madera, telas o metal en su propio hogar.

Hemos observado que muchos de los análisis que llegan hoy a nuestras manos sobre las consecuencias climáticas de los GEI, están solo concentrados en cómo reducir estas Emisiones eliminando el uso de fósiles, mediante el paso a tecnologías que no utilicen esos combustibles.

Estamos proponiendo sumar a esa reducción paulatina de la extracción y combustión de fósiles, un gran esfuerzo en Capturar una parte creciente de las emisiones ² mediante el

¹ Se utiliza la sigla SBN de aquí en adelante

² Gas Natural: El más limpio y el que permite alcanzar los mayores niveles de eficiencia térmica entre todos los fósiles

refuerzo de la capacidad de captura del ciclo biológico anual de la tierra, —el cual se describe en el Capítulo 3—.

Este agregado, daría mayor probabilidad de éxito e involucraría menores costos en los acuerdos internacionales en los que Argentina y otras Naciones se han comprometido a alcanzar “emisiones netas = 0” en 2050.

Por el contrario, no se ha tenido en cuenta en muchos análisis, que la misma naturaleza ha introducido, —en algún momento posterior a la creación de nuestro Planeta como parte del sistema solar—, “Soluciones Basadas en la Naturaleza”, —SBN—, que permitieron, —y siguen permitiendo—, absorber la mayor parte de las emisiones antropogénicas de GEI y en especial el CO₂ de la atmósfera, la cual estaba compuesta inicialmente solo por CO₂, nitrógeno, agua y metano, sin Oxígeno.

Conceptualmente, el CO₂ que ahora nos preocupa, ha posibilitado el origen de la vida y de los que por ese motivo fueron denominados “seres vivos”.

Esto fue así desde cuando nuestro planeta era aún una gran masa de piedra de distintos compuestos inorgánicos que estuvieron durante millones de años a elevadas temperaturas. La transformación de ese CO₂ de la atmósfera original en distintas moléculas orgánicas para dar lugar a organismos “vivos” mediante el proceso de Fotosíntesis y teniendo como procesador a la Clorofila, ha sido el origen del milagro que representa la vida, con el aporte energético de la irradiación del sol como motor o proveedor de Energía para hacer posible ese proceso de “Fotosíntesis”, o sea la conversión del gas CO₂ y el agua en vegetales y a partir de ellos, del surgimiento de animales y el hombre, que evolucionaron alimentándose y cubriendo sus necesidades con distintas especies de esos vegetales, además de disponer del Oxígeno residual del proceso como fuente de vida que permitía el funcionamiento de los distintos órganos de cada cuerpo vivo.

Por ese motivo se ha considerado que, el enfoque respecto a la correlación entre emisiones GEI y el Cambio Climático consecuente, debe ser más amplio y hacer referencia a las actividades del hombre que provocan hoy ese 5% del Total de las Emisiones anuales de GEI, pero teniendo presente que en las últimas décadas se ha roto un cierto equilibrio previo entre las Emisiones Totales y la Captura, —solo natural, pero que era algo mayor al Total de Emisiones, naturales más antropogénicas—. Esto ha ocurrido en un porcentaje neto aún reducido (2,6% de las Emisiones totales, que es el excedente que hoy se vuelca a la atmósfera y que debe ser suprimido).

La Captura natural de las Emisiones antropogénicas por las SBN, aún alcanza entonces al 2,4%, entre lo capturado por la vegetación terrestre y por los Océanos. La suma de 2,4 % capturadas y 2,6 % emitidas a la atmósfera (5% de las Emisiones Totales), corresponde a las Emisiones antropogénicas.

Es decir que, además de capturar casi 800 Gt de las emisiones anuales naturales, los SBN capturan actualmente (absorbidas por los océanos), el 23% de ese 5% de las emisiones de carbono antropogénicas³ más una cifra superior al 31%⁴ (absorbidas por los ecosistemas biológicos terrestres), de ese mismo 5% de Emisiones antropogénicas totales, por la acción de los elementos que componen el “suelo” y por la regeneración o crecimiento de nuevas plantas, las que paulatinamente han ido cubriendo la corteza terrestre, la cual se va nutriendo por las raíces y hojas caducas de estas plantas que se forman y crecen, como se ha mencionado, en base a la fotosíntesis.⁵

Muchas de las moléculas orgánicas terminan incorporadas al suelo y absorbidas por el mismo, otorgándole riqueza por ser nutrientes en la cadena de valor alimentaria, riqueza que hace posible que los cultivos que alimentan a los hombres y a los animales sean nutritivos, aunque lamentablemente en ciertos casos el hombre no ha sabido preservarlos, por el mal uso originado en el desconocimiento científico. Este mal uso es el que ha conducido en parte a la desertificación y empobrecimiento de los suelos ya mencionada en este texto.

Por lo tanto, el 46% restante (21 Gt CO₂), hoy no absorbido por la tierra ni por el mar, es el creciente remanente de emisiones Antropogénicas de CO₂ que incrementan cada año el stock atmosférico. (P. Friedlingstein et al.: Global Carbon Budget 2020). Pero, como se verá con más detalle en el Capítulo 3, Ítem 3.1, estas emisiones antropogénicas o, “relacionadas con la actividad del hombre” y no capturadas son solo el 2,6 % del total de emisiones anuales de CO₂ medidas en el Globo Terrestre. En tanto que el Total de las Emisiones relacionadas con la actividad del hombre son, como se ha mencionado, solo el 5%⁶ del total de Emisiones que participan cada año en el “Ciclo de la Vida” de la Tierra.

Cabe preguntarse porque la preocupación por un porcentaje tan pequeño de emisiones, y la respuesta requiere comprender que el problema central no son tanto las emisiones de este año o el próximo, sino la ruptura de ese delicado equilibrio del ciclo de vida de la naturaleza y la acumulación ya existente y creciente en la atmósfera (“Stock”) de una cantidad de CO₂ equivalente a 40 veces las Emisiones Netas anuales Antropogénicas⁷, sin que el Hombre percibiera cuando este proceso se inició, que, por primera vez, había un excedente

3 Es decir, producidas por el hombre

4 Trabajo ya citado del IPCC. También en P. Friedlingstein et al.: Global Carbon Budget 2020

5 Ver Cuadro 3.1

6 Ver la descripción de este fenómeno en Daniel Yergin 2020, capítulo “el Ciclo de Carbono”. También en P. Friedlingstein et al.: Global Carbon Budget 2020.

7 Las Netas son actualmente la mitad de las Emisiones Antropogénicas Totales. La Naturaleza absorbe aún la otra mitad

de emisiones que ya no podía ser absorbido por la naturaleza y por ello comenzaba a acumularse en la atmósfera y a impactar en el Clima.

Ese “Stock acumulado y creciente” y sus consecuencias fueron registrados recién hace unas pocas Décadas. Y veremos cómo, prevenir las consecuencias de ese Stock acumulado y en lo posible reducirlo es, junto con anular ese 2,6% que escapa cada año a la atmósfera, el principal objetivo compartido en los acuerdos alcanzados entre la mayoría de las Naciones.

Por no reincorporarse esas moléculas excedentes de CO₂ al “Ciclo de la vida” en a lo sumo los últimos 80 o 100 años, se ha configurado ese creciente stock de gas CO₂ y otros GEI en la atmósfera, stock que produce el denominado “Efecto Invernadero”, que es el que está cambiando el Clima del Planeta, pero en forma perceptible hace solo unas pocas décadas.⁸

Asimismo, el aumento de carbono en los océanos, —también por absorber parte de las emisiones antropogénicas por medio de los SBN propios de los océanos, los que cubren 2/3 de la superficie terrestre—, los ha acidificado (una disminución de su pH), lo que acarrea también problemas ambientales, al reducir su capacidad de absorción de GEI y disminuye la calidad de vida y la supervivencia de las especies que lo habitan.

Es el efecto contrario al aumento del carbono en los ecosistemas terrestres, en particular los de cultivo, pastoreo y forestales, que aumentan su productividad y resiliencia frente al cambio climático al disponer de Carbono en el suelo al cual están arraigados. Por esta razón en este documento se propone incrementar, mediante mecanismos de recuperación de los bosques, terrenos degradados o desertizados y también implantando pasturas de distintos ecosistemas terrestres, de manera de potenciar su capacidad de secuestrar carbono atmosférico, incrementando el volumen de vegetales en todas las regiones del país, porque en su ciclo de vida, estos vegetales transferirán carbono al suelo, disminuyendo el Stock de GEI y promoviendo la restauración, conservación o mejora de estos Ecosistemas. **Este proceso se conoce como la alternativa para resolver el “Actual deterioro Ambiental” mediante “Soluciones Basadas en la Naturaleza”.**

Las propuestas buscan lograr en primer término 2 objetivos: **no sólo la incorporación del mayor volumen técnicamente factible y económicamente conveniente de tecnologías aptas para producir energía de fuentes renovables (Sin Emisiones en realidad), sino también con acelerar aún más el proceso denominado “Secuestro de Carbono”** de los gases GEI que se sigan produciendo durante la transición y también luego de 2050 porque ello asegurará una mayor disponibilidad de alimentos para la creciente población mundial.

En los siguientes capítulos se fundamenta **porque concentrarse en especial en las arriba mencionadas “Soluciones Basadas en la Naturaleza”, —SBN—, que actúan fijando Carbono en el suelo y en la biomasa aérea y subterránea, carbono que en caso contrario es enviado a la atmósfera por las emisiones actuales y muy especialmente, comenzar a captar parte del Stock de 860 Gt CO₂ acumuladas en la atmósfera por haberse excedido la**

8 Ver Cuadro 4.2B del Capítulo 4.

capacidad de Secuestro propia del “Ciclo de vida de la Naturaleza”, luego de menos de 2 siglos desde el inicio de la era industrial. Se procura así restaurar el “Ciclo de Vida” natural que tuvo lugar durante los primeros millones de años de vida en la Tierra—.

Se propone también facilitar mediante regulación que libere y con ello impulse operaciones privadas en competencia, la negociación libre en mercados secundarios locales e internacionales del producto de las capturas de GEI por los SBN mencionados, o por métodos físico - químicos (Carbon Capture and Storage), capturas basadas en Tecnologías que ya existen y en otras de menor costo que sin duda surgirán en el transcurso de esta compleja “Transición”.

El Acuerdo de París

El Objetivo consensuado en París ha sido definido en forma precisa: “Evitar que el incremento de la temperatura media global del planeta supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales. Busca, además, promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5°C”, logrando neutralizar emisiones excedentes por encima de las cantidades que permitieron durante miles de años el equilibrio natural de emisiones y captura, —o incluso un leve excedente de captura, por si fuera necesario enfrentar alguna contingencia climática no prevista—.

Se procura recuperar así la igualdad, —o incluso un nivel inferior— de Emisiones respecto del de Capturas de CO₂, impulsando la expansión de las distintas especies vegetales que puedan absorber el mayor volumen de CO₂ disponible, para lograr así un piso “Neto anual = 0” de incorporación a la atmósfera de nuevas emisiones antropogénicas, incluso después de haber logrado una progresiva reducción del Stock en unas pocas décadas adicionales y con ello crear un “buffer”, que implique un menor riesgo de perder nuevamente el equilibrio recuperado, aunque solo fuera en forma transitoria.

Pero este objetivo no implica la “Anulación” de todas las Emisiones, —de las cuales el 95% son naturales, producidas cada año por el Ciclo de Vida de la Naturaleza—, pues ello implicaría concomitantemente también la anulación de la vida tal como la conocemos. A lo sumo se busca una reducción del 3% o algo más, en un contexto de reducción a la mitad, —o menos de la mitad—, de las actuales emisiones antropogénicas y una posterior Estabilización en el nuevo nivel alcanzado para asegurar que no se estancará o revertirá la reducción paulatina del actual Stock de GEIs.

Resumiendo, y como veremos en el Cap. 3, las Emisiones anuales de la naturaleza más las provocadas por la acción del hombre (Antropogénicas) son de un rango más de 30 veces superior al objetivo de reducción anual de emisiones⁹ en estos próximos 28 años, hasta

⁹ Entre 25 y 30 Gt sería el objetivo de reducción anual respecto de los niveles actuales. Este nivel de reducción no podría ser alcanzado el primer año, pero se impulsará la extensión generalizada

2050. Pero igualmente las emisiones a reducir son un 51% de las Emisiones antropogénicas actuales y por esa magnitud, será complejo y costoso alcanzar el cumplimiento del acuerdo programado para 2050, hecho que justifica la búsqueda de alternativas Tecnológicas de menor costo para evitar que el proceso se estanque en Naciones de bajos ingresos.

El ciclo de vida de la naturaleza no puede llegar a capturar actualmente el total de emisiones, pero por solo un 2,5% o 2,6% de diferencia, pero esta diferencia se va a incrementar en todas las Naciones con el crecimiento de la Actividad Económica, a menos que se adopten ya mismo medidas para reducir las emisiones antropogénicas actuales y continuar disminuyéndolas a medida que el crecimiento económico requiera mayor Energía disponible, —y mayores Emisiones—, en especial para no trabar el crecimiento de las Naciones más atrasadas.

Un 3% de reducción **del actual total estabilizado** de las emisiones (naturales más antropogénicas), por medio de cultivos, pasturas o forestación, permitiría comenzar, además de un nuevo período con emisiones netas = 0, este nuevo equilibrio que puede ser logrado con una combinación de reducción de Emisiones e incremento de captura y secuestro de GEI por SBN o mecanismos físico-químicos.

El Cuadro 1.2.1 muestra un Balance Mundial estimativo del total de emisiones Antropogénicas 2020 tomado como “Base = 100” y el porcentaje de secuestro de esas mismas emisiones en el marco del ciclo natural de la vida. La porción que la naturaleza ya no puede secuestrar era nula hasta el desarrollo de la industria y la movilidad impulsada por fósiles a mediados del siglo XX, pero es creciente desde hace décadas. —Y es el excedente emitido a la atmósfera—.

A continuación del cuadro, se explicitan unas primeras hipótesis sobre el mix de medidas que podría adoptar cada país para reducir Emisiones. También se menciona en el Capítulo 3, Punto 3.8, que resultados se estiman posibles a partir de los esfuerzos para incrementar la Eficiencia Energética y también de un simultáneo incremento del Secuestro por medio de “SBN”, lo que reduciría el esfuerzo necesario para la reducción paulatina del uso de fósiles pudiendo cumplir igualmente con los compromisos consensuados y asumidos.

Es posible apreciar en el mismo cuadro 1.2.1 que hoy se fuga a la atmósfera aproximadamente el 50% de las Emisiones de origen antropogénico, porcentaje que viene creciendo desde el inicio de la era industrial y en especial desde la 2ª posguerra, cuando no había fugas a la Atmósfera por ser similares las Emisiones antropogénicas que la Captura del CO₂ preexistente por “El Ciclo de la Vida” y por ello, se incrementaba la vegetación o, excepto en zonas degradadas, se mantenía el equilibrio entre la nueva vegetación y la que habiendo

de las acciones necesarias a todas las Naciones firmantes del acuerdo en el menor tiempo posible. Las propuestas de este documento permitirían alcanzar esa meta a corto plazo.

terminado su ciclo de vida, se descomponía paulatinamente, generando el nuevo CO₂ y agua que darían origen a nueva vegetación, en volúmenes iguales o mayores a los previos.

Cuadro 1.2.1

Balance de emisiones, secuestro y fuga a la atmosfera de GEI exclusivamente de origen antropogénico¹⁰ datos 2020

EMISIONES TOTALES DE GEI DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO	
1. Actividades agropecuarias (Incluye uso Combustibles Fósiles)	23%
2. Actividad Industrial	27%
3. Transporte	30%
4. Generación Eléctrica	20%
TOTAL MUNDIAL DE EMISIONES DE GEI 100%	
SECUESTRO NATURAL Y FUGA A LA ATMÓSFERA DE LOS GEI EXCLUSIVAMENTE DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO.	
1. Secuestro actual natural por los OCÉANOS	21%
2. Secuestro actual por procesos naturales EN TIERRA	28%
3. Fuga a la atmósfera (Debe anularse antes de 2050)	51%
TOTAL MUNDIAL DE SUMIDEROS DE EMISIONES 100%	

Emisiones seguirán existiendo, pero en menor magnitud y también serán compensadas en parte por mayor CCS por distintos métodos, naturales o no, eliminando en conjunto ese 51% de las antropogénicas.

Se recuerda que además de reducir ese 2,6% del total de emisiones Totales (el 51 % de las Antropogénicas), sería también conveniente reducir en un cierto porcentaje la acumulación del Stock actual existente en la atmósfera. Para ambas tareas son válidas las

¹⁰ Es decir, emisiones originadas en la actividad del hombre. La cantidad originada por las Emisiones y también los Secuestros asociados a procesos naturales, —Fotosíntesis y absorción de CO₂ en tierra con crecimiento de la vegetación y absorción en los Océanos—, son de una dimensión muy superior, hasta 20 veces más que estas. Esto se detallará al inicio del Capítulo 3. Fuente: Daniel Yergin e Informe 2018 IPCC (Op. Cit)

propuestas incluidas en la PARTE III de este Texto, teniendo como prioridad por su eficiencia y reducido costo en Argentina, las SBN.

1.2 Las condiciones naturales que permitirían el consumo local y la exportación de gas natural con cero neto de emisiones de CO₂ en su uso final.

Como segundo Objetivo, complementario al de alcanzar progresivamente en la transición hacia 2050 una emisión anual de GEI neta nula, la primera y más importante propuesta del capítulo VII incluye, además, un fuerte incremento de la producción de gas natural NC para uso local, aprovechando de esa manera todo el parque existente de generación eléctrica a gas y absorbiendo, con nueva generación eléctrica a gas sin Emisiones GEI de muy bajo costo relativo comparado con otras tecnologías, gran parte de los incrementos de Demanda de Energía Eléctrica esperables por la decisión de electrificar todos los consumos de Energía pero al menor costo posible.

En el actual contexto mundial también será viable su exportación en gran escala, tanto por gasoductos a países limítrofes, como licuado (LNG) facilitando que los volúmenes en **contra estación** a Naciones del hemisferio norte permitan nivelar el conjunto de ventas locales y al exterior, para asegurar el máximo “Factor de Uso” a la Infraestructura de Producción, Transporte y Licuefacción a construir **y reducir así el precio interno de la Energía** en Argentina por una mayor productividad local y competitividad internacional.

En todos los casos puede ser utilizado localmente o exportado con o sin “Emisiones Netas Nulas en su uso Final. En este último caso **requeriría hacer uso de las “SBN” para capturar la cantidad de CO₂ solicitada por el comprador¹¹ y documentar la garantía de descarbonización del gas exportado como veremos en el Cap. 3 y en la Propuesta N° 1 incluida en el Cap. VII.**

Se estima que sería posible exportar un volumen anual de gas natural bastante superior al consumo interno actual, con la ventaja adicional de **asegurar un “precio neto” en el mercado interno similar a la “paridad de exportación”**, es decir el Precio de Exportación, pero neto de los costos de licuefacción local, transporte por barco hacia el país comprador y regasificación en destino, asegurando así precios internos en Argentina socialmente no conflictivos, una mayor “Competitividad Internacional” para la Industria local y permitiendo prolongar el uso del gas natural durante varias décadas como principal fuente de Energía.

Esta oportunidad puede aprovecharse en nuestro país, mediante la **captura y secuestro por medio de SBN de la misma cantidad de emisiones de CO₂ que serán producidas, en parte**

¹¹ La cantidad de CO₂ capturado que solicite cada comprador será función del tipo y eficiencia de los equipos en los que se produzca el “Uso Final” del Gas comprado.

en nuestro país y en parte en los “países de destino del gas natural exportado”, emisiones que dependerán del uso final que se dé al gas argentino en ese país y que serán compensadas por medio del secuestro previo en nuestro territorio de las emisiones de CO₂, mediante las mencionadas SBN certificadas por el productor de Gas y/o el exportador, para cada operación de venta sin emisiones GEI. Los mecanismos de Bonos de Carbono acordados en la última COP de Glasgow 2021 podrían ser la base de este tipo de operaciones.

De esta forma, el uso de este gas exportado desde Argentina no afectaría el total de compromisos propios de reducción de emisiones de GEI del País importador de ese combustible fósil. Esto ya está ocurriendo en exportaciones de GNL que realizan multinacionales petroleras a Japón. La crisis derivada de la suspensión de compra de gas de origen ruso por parte de los países Europeos abre una oportunidad que ha sido mencionada en los medios del exterior y que se considera puede ser aprovechada por Argentina. El LNG se convertiría así en un “Vector Económico” de similar importancia al Agropecuario.

Estas exportaciones en las cuales se podría utilizar SBN para captura simultánea de CO₂, permitirían dar un valor superior al gas exportado, financiando además mediante el uso de Bonos de Carbono, tanto la recuperación de suelos degradados hoy de escaso valor como el costo de la forestación o manejo agrícola, también hoy de bajo valor relativo. Se podría reponer parte de la deforestación que ha tenido lugar desde la segunda mitad del siglo XIX y durante el siglo XX en nuestro país¹², volviendo a incorporar al suelo el carbono que ha perdido y su capacidad de ser fértil para usos agrícolas de alto rendimiento, al retrotraer su proceso de degradación mediante Captura de CO₂ por suelos cultivados o plantados con especies seleccionadas para asegurar un elevado rendimiento agrícola, adicionalmente al máximo posible de captura de CO₂ por Ha y por año.

Estos complementos requerirían, para tener una dimensión económica significativa, la restauración de ecosistemas, la aforestación¹³ de muchas zonas y asegurar mediante tecnologías y genética adecuadas, **el secuestro de carbono en suelos**, frenando la erosión superficial de grandes superficies de nuestro país, pudiendo **extenderse el aprovechamiento del suelo (mediante nuevas tecnologías) a zonas aún nunca desarrolladas** y mejorar el manejo de pastizales y pasturas, incrementando la producción y productividad agropecuaria y forestal del país, al mismo tiempo que se recupera con este proceso la extensa superficie de tierras degradadas y/o desertizadas de Argentina, —por ejemplo, por explotación ovina intensiva en la Patagonia, pudiendo incrementarse las exportaciones de alimentos, de productos del agro y la agroindustria, la madera y también productos industriales elaborados

12 185.000 Ha por año según informa en 2022 el Ministerio de Ambiente.

13 Aforestación: Forestar en zonas que nunca lo han estado previamente.

a partir de esa madera, incrementando ingresos y mejorando con todo ello el **Balance de Pagos**, origen de gran parte de las reiteradas crisis económicas argentinas.

Se facilitará además a otras naciones su propia transición, al reemplazar combustibles fósiles sólidos o líquidos por gas natural con o sin emisiones de GEI asociadas a su uso en destino durante las próximas tres décadas, plazo estimado hasta completar la innovación y disponibilidad de nuevas tecnologías sin emisiones de GEI y la mejora de las existentes y del acceso al capital necesario para instalar en forma masiva nuevas infraestructuras que produzcan calor y realicen trabajo mecánico sin emisiones, tanto en la Oferta como en la Demanda y en lo posible, bastante antes de 2050.

1.3 Expansión de la productividad de la Cadena Agroindustrial como resultado de la captura y secuestro de Carbono.

Se parte de estimar que es posible un aumento muy significativo en la producción y las exportaciones agrícolas y ganaderas, en base a la combinación con la captura remunerada de CO₂ y la fijación de carbono en los suelos destinados a lograr este incremento de producción, incremento por el cuál, además de satisfacer el Objetivo de “Net Zero 2050” hará posible reducir y/o eliminar algunas de estas tasas e Impuestos sin afectar el nivel de ingreso fiscal¹⁴ de la Nación por el mayor volumen de producción que acompañaría esta expansión agrícola financiada por tareas de descarbonización del Medio Ambiente, permitiendo que el agro pueda percibir rentas más equitativas por sus Inversiones que habrán contribuido a la mejora de la Balanza Comercial y a la eliminación de GEI y de esa manera, financiar la expansión agroindustrial, las plantaciones y la forestación controladas con las mejores tecnologías y por último, impulsando con la formación de nuevo Capital procedente de las utilidades de esos proyectos, la integración hacia adelante, industrializando las cadenas de valor de la agroindustria y la Energía que aquí se proponen.

Lo expuesto en este trabajo está destinado a que, aprovechando la “Transición Energética”, todas las propuestas se hayan diseñado con la intención de **asegurar mayores volúmenes de producción y exportaciones, las que permitirán incrementar el Valor Agregado de las cadenas Agroindustriales y las Energéticas**. Se liberarían así fondos generados por el Agro y la Energía redireccionándolos a financiar una creciente producción agroindustrial, de servicios agropecuarios y de gas natural.

Además, este crecimiento conjunto de las dos cadenas de valor, —Agroindustria y Energía—, asegura que **serán también financiables las inversiones en la transformación de la industria Energética, necesarias para hacer posible la “Electrificación generalizada de la Demanda de Energía”**, en un período en el que se prevé un fuerte incremento de la

14 Que por supuesto, igualmente debe ser reducido, volviendo a los años en que el gasto del Estado no superaba el 25% del PBI o aún menos.

participación de la Energía Eléctrica en el total de Energía entregada al Mercado Interno. Por supuesto que ello deberá lograrse manteniendo la Calidad de servicio, es decir que deberán ser hechas las inversiones de respaldo.

1.4 Preservar un bajo Costo de Capital es un Objetivo central para el éxito de la Transición en Argentina.

Se aspira a asegurar que, en la imprescindible y ya iniciada transición de las Cadenas de Valor del Gas Natural y de la Energía Eléctrica, los cambios de Tecnologías y de Regulación que tengan lugar hasta alcanzar los Resultados comprometidos también por nuestra Nación, —de “Emisiones Netas Nulas al 2050”—, no tendrán como consecuencia incrementos de costos relativos de la energía superiores a los de las Naciones más competitivas, ni pérdidas relativas de Competitividad Internacional para la Industria Argentina, ni reducciones de Productividad Global y en especial, no conducirán en nuestro País a la reducción de la Productividad del Capital, el recurso más escaso y de mayor costo relativo de Argentina en toda comparación internacional, en un sector, el energético, cuyos precios están conformados principalmente por Costos de Capital en toda su cadena de valor.

El Costo de Capital, que solo puede ser amortizado en más de 20 años en cualquiera de los tramos de la cadena de valor de las industrias del Gas y Eléctrica, —y nunca en menos de 15—, es el insumo que, —sin contar los más de 20 impuestos cargados en esta cadena de valor de la electricidad producida con equipos alimentados con gas natural—, representa hasta más del 80% del Precio, sin impuestos, de la Energía Eléctrica y del Gas al consumidor final.

Cabe mencionar por último que el sólo hecho de poder seguir utilizando el gas natural para producir energía eléctrica con las tecnologías actuales y cumpliendo simultáneamente con los compromisos de reducción de emisiones de CO₂, permitiría postergar la substitución de equipos de elevada eficiencia, cuya tecnología y cuya vida útil estarán aún vigentes por muchos años, siendo rentables con bajos precios de la Energía que producen, contribuyendo también en consecuencia, a postergar inversiones durante la Transición y dejar capacidad de Crédito disponible en Bancos y en el Mercado de Capitales para la expansión de la economía argentina en todos los demás sectores industriales.

1.5 Cómo se propone alcanzar estos objetivos.

El principio ordenador con el que se ha elaborado este trabajo se apoya en los criterios de los últimos diagnósticos y recomendaciones que ha utilizado el IPCC. (Informe Especial del IPCC 1,5°C - 2018 y el Informe Especial del IPCC de Cambio climático y territorio – 2019). Básicamente, estas recomendaciones conducen, tanto a reducir Emisiones GEI por el uso de Tecnologías Renovables y/o de bajas o nulas Emisiones, sumadas a una mayor

Electrificación del transporte, los hogares¹⁵ y la Industria, como a incrementar la Eficiencia Energética de las actividades que consumen Energía y capturar y Secuestrar los GEI que aún se sigan emitiendo por acción del hombre, permitiendo que ciertas áreas de nuestra Geografía vuelvan a contribuir al ciclo de vida de la naturaleza por su capacidad de captura anual de GEI.

1.6 Enfoque conceptual para satisfacer los Objetivos propuestos:

Se basa en 6 acciones prioritarias a concretar en forma simultánea.

A) Incrementos de Eficiencia Energética, la herramienta clave.

Se cree necesario poner especial énfasis en la “Eficiencia Energética”, que podría definirse como: *“llevar adelante cada una de las tareas y Procesos a los que se dedican actualmente los hombres, pero con un consumo de energía y por ello también de Emisiones GEI, inferior al actual”. Es decir que cada Nación debe fijarse como objetivo reducir su actual “Intensidad Energética”, asumiendo un compromiso público al respecto.*

Para este Documento, profesionales pertenecientes al CAI y la ANI, con experiencia en lograr incrementos de Eficiencia Energética en Industrias¹⁶, han recopilado y analizado información a partir de antecedentes reales, sobre **en cuáles de las actividades con mayores emisiones sería posible lograr reducciones importantes de emisiones de GEI mediante incrementos de Eficiencia Energética**, con un periodo de recuperación de la inversión breve, —nunca superior a tres años—, o sea condiciones adecuadas al elevado Costo de Capital vigente en Argentina. Las reducciones de consumo de energía estimadas para cada empresa oscilaron, en todos los casos analizados, entre el 15% y 30%.

Esto puede lograrse mediante incentivos para el diseño e introducción de Tecnologías y Procesos que incrementen la “Eficiencia Energética”¹⁷, **ya sea en forma natural y con costos reducidos, inferiores al Costo Social de seguir emitiendo los GEI, o de capturarlos por métodos físico químicos, que sean además financiables con —“Bonos de Carbono”—**, que

15 El proceso de producción y consumo de Energía Eléctrica es probablemente, —con las actuales Tecnologías—, el que mayor eficiencia permite alcanzar. Ello fundamenta la recomendación de utilizar transporte eléctrico y llevar al máximo, con tecnología y aislación térmica, la Eficiencia Energética en hogares, oficinas e Industrias.

16 Trabajos realizados con financiación del Banco Mundial en Levaduras Lesaffre; Envases Plásticos Bandex; Alimentos Balanceados Pigüé; Metalúrgica Barbieri y otros casos adicionales.

17 Después de 2010, el Banco Mundial destinó 15 millones de US\$ a financiar a fondo perdido estudios y modificaciones en pequeñas industrias de Argentina, destinadas a incrementos de Eficiencia Energética. Colaboró la UIA en la selección de las empresas, las cuales solo debían aportar el 10% del costo del Estudio y recibían financiación al 9% anual en pesos en caso de confirmar que tenían interés en concretar el proyecto

serían negociables en mercados secundarios para financiar los procesos de captura basados en la naturaleza o los procesos físico-químicos propuestos para esta Transición.

Otra alternativa disponible es lograr con elementos y materiales para la construcción ya desarrollados, un menor consumo de energía por mayor Eficiencia en el Diseño, la Construcción y la Climatización de Viviendas y Oficinas.

Es también central la reducción del consumo de Energía por mayor Eficiencia Energética en Actividades Industriales, Agropecuarias y Comerciales. Este es probablemente el mayor desafío por la necesidad de cambiar la Tecnología de múltiples procesos industriales y sus plataformas, además de reconstruir la infraestructura eléctrica y de gas **a la cual han dedicado los países desde hace décadas, parte significativa de su Inversión Bruta, hasta alcanzar cifras cercanas al 15% de su actual stock de capital, con una expectativa de vida útil superior a la de casi cualquier otra industria, vida útil que ahora perdería su valor económico si se desea** acelerar la transición. Al respecto, no parece posible hundir masivamente y reemplazar por otras Tecnologías la totalidad del capital de los activos de las cadenas de valor del Sector Energético en menos de 3 o 4 décadas. **Provocaría una reducción de calidad de vida difícilmente manejable socialmente**, además de ser técnicamente complejo realizarlo. (Por el cambio total de las tecnologías a utilizar y la natural indecisión inicial de los inversores hasta no ver la continuidad de la Regulación y las normas regulatorias y los resultados de las mismas en cada Tecnología).

El consumo de Energía también puede reducirse por cambio de Tecnología para incrementar su eficiencia, electrificando el Transporte de personas y carga, volviendo a la utilización de FFCC y vías de agua naturales o canales planificados en tramos extensos, que sean requeridos para reemplazar al transporte de grandes cargas por camión. Tampoco parece posible hundir masivamente activos dedicados al transporte con 10 o 15 años de vida útil residual, en un período menor a los 30 años que restan hasta 2050. Tampoco habría crédito disponible para financiar en menos de 15 o 20 años el reemplazo integral del actual parque automotor de uso familiar.¹⁸

Otro tema para analizar es la reducción de emisiones de GEI por mayor Eficiencia en Generación Eléctrica con uso decreciente de Fósiles líquidos, incorporando un cierto porcentaje de Nuclear por su extensa vida útil si el nivel de riesgo país permite financiarlas con bajo costo de Capital. También se puede avanzar con la incorporación de diversas Tecnologías Renovables, que se sumarán a la Matriz Energética y para cuya compleja operación

18 Como ha señalado Peter Drucker en distintos trabajos, la transferencia de automóviles usados en los países desarrollados es uno de los mecanismos de redistribución de ingresos más efectivos. Cada año se venden en el mundo 100 millones de autos nuevos, pero no se dan de baja otros 100 millones sino solo 60 y quedan funcionando 40 millones de vehículos usados que no se convierten en chatarra, lo cual incrementa el parque automotor en esos 40 millones que no podrían ser eliminados de inmediato con solo una decisión política.

se podrá combinar con las Hidroeléctricas ya existentes el “Despacho Conjunto” de Hidroeléctricas con Renovables Intermitentes, introduciendo en la operación modelos de IT, que serán imprescindibles, pero que no podrán ser instalados con éxito si no se lo hace paulatinamente, experimentando con “islas” y proyectos “piloto” en pequeñas ciudades, antes de iniciar una transformación masiva de todas las tecnologías relacionadas con la Oferta y la Demanda de Energía actualmente abastecidas por fósiles, en especial en operaciones de gran escala.

También es imprescindible rediseñar los equipos del hogar y los industriales para permitir que funcionen con energía Eléctrica y operados por software complejos y capaces de conectarse entre sí en diferentes niveles (Viviendas individuales con sus medidores inteligentes conectados al despacho y a la red, transferencias de carga automáticas en conjuntos de viviendas alimentadas por un solo cable alimentador, áreas urbanas o industriales abastecidas por una sola subestación sin recurrir a reservas exageradas de elevado costo, sistemas de potencia extendidos a una región Nacional o regional). Es probable que estos softwares no estén disponibles con un grado suficiente de confiabilidad en menos de una década si se pretende un uso masivo. En este período intermedio se deberá aceptar una reducción del factor de uso, es decir una reducción de la productividad del capital.

B) Las SBN como camino para frenar el proceso de degradación de distintos suelos y por distintas causas, que ya llega al 24% de la superficie terrestre¹⁹

Debe tenerse presente que, si bien se recomiendan como prioritarias las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” para el proceso de Descarbonización de la atmósfera, estas son a su vez el principal instrumento para frenar la degradación y la desertificación de ecosistemas que afecta a una parte importante de la superficie terrestre.

A su vez, la capacidad de absorción de carbono de los suelos podría alcanzar su nivel de saturación en 20 a 40 años, de la mano de la reversión sostenida de la desertificación y la erosión de la superficie emergente de la tierra que ya ha sido afectada o que se encuentra en proceso de desertificación, en muchos casos por la actividad del hombre.²⁰

Si se frenara por completo la degradación de ecosistemas y se implementaran a escala global las “SBN” es posible presumir que luego de este período de transición, podrían estar disponibles otros métodos confiables y de menor costo para la Captura, Secuestro y

19 Naciones Unidas- Programa Década de los desiertos y la lucha contra la desertificación:
https://www.un.org/en/events/desertification_decade/index.shtml

20 Allan Savory. Presentación en Harvard. “Como revertir la desertificación” (ver Anexo Documental) y Naciones Unidas Programa Década de los desiertos y la lucha contra la desertificación:
https://www.un.org/en/events/desertification_decade/index.shtml

Transformación de CO₂ en sustancias Orgánicas e Inorgánicas inertes desde el punto de vista ambiental.

C) Exportación de Gas a la región y en contra estación al hemisferio Norte.

De acuerdo con lo expuesto en el punto I.3 al inicio de este capítulo y luego como primera propuesta en el conjunto de las presentadas en el capítulo VII, un complemento para convertir en oportunidad los objetivos de descarbonización propuestos por Argentina, es la exportación de gas natural sin emisiones en su uso final, ya sea todo el año en la región y/o en contra estación al hemisferio norte. En el primer caso, el gas puede transportarse por gasoductos, en tanto que en el segundo sólo puede transportarse licuado como GNL. Los acuerdos internacionales indican que debe poderse certificar en cada operación comercial que este gas está libre de emisiones de CO₂ en el uso final. **Exportar un volumen similar todos los meses del año, está asociado a una mayor productividad de los Activos de la cadena de valor involucrados, por incrementarse el factor de uso.**

Como ya se ha mencionado, esta operación permite hacer uso de las dos ventajas comparativas más importantes de Argentina, —El volumen disponible de Gas NC y la dimensión de su territorio y la posibilidad de convertirlo en un sumidero de CO₂ mediante prácticas racionales de agricultura y forestación.

D) Utilización de Renovables “Aleatoriamente Interrumpibles”.

Las reservas de Potencia térmica combinadas con almacenamiento y con software específico, podrían reducir estas externalidades. Por eso es tan importante disponer de una alternativa complementaria como es la de utilizar las Soluciones Basadas en la Naturaleza para reducir las emisiones GEI.

En esta introducción y en el capítulo 3, nos concentraremos primero en los mecanismos de Captura y Secuestro de GEI, ya sea por métodos físico-químicos o, especialmente por medio de SBN, para estimar cual puede ser su incidencia en esta evolución hacia 2050. Las demás alternativas destinadas a cumplir con los compromisos internacionales de reducción de emisiones de GEI, serán tratadas en el Capítulo V sobre Eficiencia Energética y en especial, en la primera de las propuestas incluidas en la PARTE III (Capítulo VII, Propuestas).

E) La posibilidad de incrementar la CCS mediante SBN y otros Sistemas Mecánicos y Físico – Químicos diseñados por el Hombre.

Este Documento se ha propuesto encarar el **Objetivo** de alcanzar para el año 2050 un **Volumen de Emisiones** antropogénicas anuales de **GEI netos igual a cero, o, mejor aún, negativo**, tal como fue hasta hace aproximadamente no más de 100 años, teniendo en cuenta no solamente la reducción imprescindible de procesos desarrollados por el hombre que generan emisiones de GEI, sino también proponiendo como incentivar y como utilizar simultáneamente los **SBN** y también las Tecnologías y los procesos físico - químicos que ha desarrollado la Ciencia para lograr un mayor volumen de “secuestro” de los Stocks de CO₂,

convirtiendo ese CO₂ acumulado en la atmósfera en biomasa aérea o **subterránea**, —carbono orgánico de los suelos—, útil para una mayor productividad de la agricultura, o convertir a ese CO₂ en productos “inertes”, sólidos, líquidos o gaseosos, que no produzcan residuos contaminantes y que podrán tener o no un uso rentable industrial posterior.

F). Lograr un “Balance neto Nulo” de Emisiones y Secuestro de GEI de origen Antropogénico.

Este es el objetivo final en el cual están todas las naciones comprometidas y requiere ese pequeño, pero muy complejo porcentaje de reducción de las actuales Emisiones Totales, pero que representan la mitad de las antropogénicas, reducción que hoy sería de no más del 3%, pero en el futuro podría ser mayor si no se dispone desde ahora de mecanismos de captura de GEI, —preferiblemente Basados en la Naturaleza—, o por medio de Tecnologías basadas en Procesos físico químicos.

Para ello son necesarias medidas de reducción de uso de fósiles como aspecto central, pero también mejoras de Eficiencia Energética en todos los procesos y recurrir al “Secuestro de GEI” también por todos los medios disponibles, pero tratando de no superar un costo de la Energía que conduzca a una reducción perceptible y conflictiva del nivel de vida actual, en especial en las Naciones más pobres.

Esa reducción necesaria de Emisiones es, —como se ha mencionado—, cercana al 50% de las emisiones antropogénicas actuales y será de un mayor porcentaje a medida que se incremente la Demanda Global de Energía.

El incremento neto de las nuevas Demandas de Energía deberá ser cubierto prioritariamente con las fuentes con menores emisiones que vayan surgiendo y ese incremento de Demanda será de gran magnitud, por lo menos con las aspiraciones de sacar de la pobreza a su creciente población, como expresan hoy las Naciones menos desarrolladas, —entre ellas, Argentina—.

Por ese motivo, a lo largo de todo el trabajo se insistirá en la conveniencia de abrir las Tecnologías para la producción de Energía en cualquiera de sus formas a la competencia a largo plazo, e incentivar de esa forma la innovación en nuevas Tecnologías sin Emisiones para mantener los costos bajo control durante la transición. No sabemos que Tecnologías estaremos utilizando dentro de 50 o más años, pero no deberá tener emisiones GEI ni costos elevados.

Los Stocks de GEI acumulados en los últimos casi 100 años (860 Gt), que como hemos reiterado deben ser reducidos, seguirán sin embargo creciendo durante gran parte de la Transición. (Hasta 2040 o incluso más allá, aunque comiencen a desarrollarse de inmediato todas las estrategias de CCS y Eficiencia Energética disponibles). Será necesario programar una actuación concertada entre las Naciones con más Tecnología y recursos económicos frente a emergencias.

1.7 Vigencia de la Economía circular.

Por último, se expresa la convicción de los autores respecto a que no solo es necesario pensar en el secuestro de CO₂, sino también en soluciones técnica y económicamente sustentables para el reciclado de todos los materiales que, —al fin de su uso o de su vida útil—, no sean biodegradables y/o sean contaminantes del suelo o del ambiente. El concepto de Economía Circular se está convirtiendo en una Política pública aceptada, en especial en Europa y debería ser incorporada a todo Plan que se formule para la Transición al 2050 también en Argentina.

Situación energética Argentina y el contexto internacional

En este Capítulo 2, se ha incluido Información de Base que será utilizada para elaborar los Análisis subsiguientes y las Propuestas formuladas en este Documento. Hemos concluido que estas Propuestas satisfacen los 2 Objetivos centrales incluidos en el Capítulo 1 y **permitirán enfrentar con éxito los Desafíos tanto Tecnológicos, como Económicos e Institucionales que presentará la actual Transición durante las próximas tres Décadas.**

Para asegurar que las Propuestas incluidas en el Capítulo VII sobre la base de la información y análisis realizados en los Capítulos anteriores no conducirán a debates sin fundamentos cuantitativos, técnicos y económicos, sino que por el contrario, **permitirán completar consensos en un tiempo reducido sobre una Matriz sostenible y que no restará competitividad en el mercado Internacional a la industria y al agro Argentinos**, se ha optado por trabajar en este documento, sobre la producción de Energía Eléctrica a partir de la Cadena de Valor del Gas, pero también sobre las cadenas de valor de la Energía Eléctrica producida por las 4 fuentes renovables medianamente desarrolladas a la fecha (Hidro, Solar, Eólica y Bioenergía) y una 5ta y 6ta. aún en desarrollo pero con muchas inversiones acumuladas a lo largo de décadas, como son el Hidrógeno y las nuevas formas de energía Nuclear de fisión.

Además de ser en sí misma una cadena de valor, la de Energía Eléctrica generada con gas natural es junto con las represas Hidro, el back up natural de las renovables interrumpibles y el complemento que quizás en forma decreciente pero siempre importante, —en tanto siga siendo competitiva y en tanto sus emisiones puedan ser parcial o totalmente controladas—, seguirá abasteciendo el Mercado Eléctrico.

Por ese motivo se ha denominado al gas “El Combustible de la Transición”, combustible que también se derivará, —luego de ser transformado en Energía Eléctrica—, al transporte de personas y carga y a la producción de Calor y Trabajo Mecánico en la Industria, todo ello durante todavía muchos años, los suficientes como para amortizar las inversiones en la infraestructura necesaria para utilizarlo durante esta transición y también más allá, si se mantiene competitivo y se desarrollan mecanismos de secuestro, “Naturales”, “Físicos” o “Químicos” aptos para asegurar que las “emisiones netas” asociadas al uso del gas, —y

las emisiones del mismo gas—, seguirán siendo siempre nulas y **que se habrá podido reducir en forma significativa el actual Stock de GEI en la atmósfera, manteniéndolo estabilizado y bajo control.**

Se parte de la convicción que, el Objetivo acordado en París, de “Emisiones Antropogénicas Netas Nulas y Stocks de CO₂ en la atmósfera inferiores a los actuales”, será alcanzado muchas décadas antes del fin de las reservas de gas natural y **a pesar del aumento del porcentaje de energía que será suministrada a la población bajo la forma de Energía Eléctrica**, por las razones expuestas en el Capítulo 3 de este Texto. Su destino posterior hoy no se conoce, pero es probable que quede asociado a la Petroquímica para la elaboración de ciertos Plásticos, uno de los más útiles e importantes materiales utilizados en la sociedad moderna, por su destino y trayectoria de reemplazar metales y otros materiales, más costosos y con mayor huella de carbono.

Para la mayoría de las cadenas de valor de las Energías desarrolladas hasta ahora y que no contribuyen a la reducción de los GEI, **se espera una trayectoria descendente en su utilización mucho más acelerada que la del gas**, por la dificultad de hacerlas limpias y competitivas rentablemente. (Carbón, Fósiles líquidos y sus subproductos de Destilerías que no tengan un destino asegurado en la industria química y petroquímica). Solo queda la duda sobre el plazo para que la Fisión nuclear vuelva a ser rentable y aceptada por la sociedad y/o la Fusión nuclear sea técnica y económicamente viable. Para otras alternativas Tecnológicas aun no probadas y desarrolladas suficientemente, como la Geotermia, las Olas y las Mareas, se puede esperar un desarrollo quizás brillante (si no surgen externalidades), pero más lento que la de los paneles FV y la Eólica.

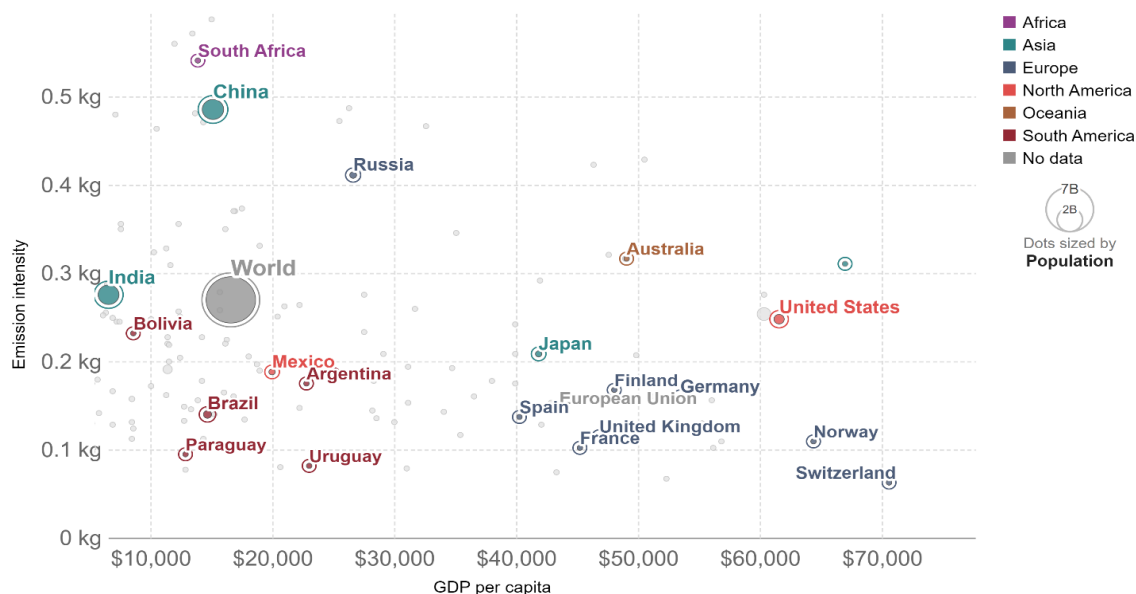
Con respecto a los hidrocarburos líquidos, cabe tener en cuenta que, si bien se espera una reducción en su utilización como combustible, no sucederá lo mismo en su utilización como materia prima petroquímica, habida cuenta que más del 90% de los productos manufacturados —hoy en día— están relacionados, directa o indirectamente, con la Petroquímica.

2.1 Posición Internacional de Argentina, en cuanto a su Cantidad de Emisiones, por US\$ de PBI P/CÁPITA.

Comparación de Intensidad de Emisiones de GEI entre Naciones.

Carbon emission intensity vs GDP per capita, 2018

Carbon emission intensity is the ratio between emissions of CO₂ (in kg) to the output of the economy (in international-\$). (Bubble sizes denote population.)

Our World
in DataFigura 2.1 Intensidad de emisiones de CO₂ – varios países –

Fuente: Our World in Data (compilado con datos del Banco Mundial)

En la figura superior 2.1, es posible observar que, si bien Europa ha logrado reducciones significativas de emisiones de GEI, por medio de un esfuerzo sostenido por varias décadas para reducir la intensidad de sus emisiones, por el contrario, las naciones que suman con su población más de la mitad de los habitantes de la tierra, si bien han mejorado sensiblemente el nivel de vida de estos, lo han hecho a costa de, entre otras cosas, incrementar la intensidad de sus emisiones expresadas en (kg de CO₂/US\$ de PBI per Cápita). Eso ocurre con Sudáfrica y en especial China y también Rusia, que suman más de 1600 millones de habitantes y también en menor medida con India, Japón, Canadá, Australia y Estados Unidos, que, si bien tienen una intensidad de emisiones muy inferior a los países antes mencionados, suman otros 2000 millones de habitantes con una intensidad de emisiones superior a las naciones europeas de similar o mayor ingreso per cápita, pero que muestran en sus relativamente bajas emisiones el resultado del esfuerzo de las últimas décadas para reducir emisiones de GEI de distintas fuentes.

Argentina, así como ya lo han hecho otras Naciones de medianos o Bajos ingresos en búsqueda de equidad, podría reclamar un objetivo de convergencia de Emisiones per cápita proporcional para todas las Naciones al finalizar la transición al 2050, y solicitar también que primero hagan grandes esfuerzos los países que además de tener más acceso al

capital, han acumulado más Emisiones en los últimos 100 años, tanto por su población como especialmente por la falta de eficiencia energética mostrada desde el inicio de la revolución industrial y también por la intensidad actual de sus emisiones por cada US\$ de PBI per Cápita, —en este momento, al que podemos considerar el punto de partida de la Transición—.

Este grupo de trabajo no va a recomendar ese reclamo, **pero si se va a proponer que, dada nuestra mediana intensidad relativa de emisiones, y las posibilidades de nuestro territorio para capturar GEI, se solicite facilitar nuestra financiación de la transición, habilitando el libre comercio internacional del secuestro de emisiones GEI**, con lo cual, además de mejorar nuestra Balanza Comercial se podrá contribuir a que otros países que carecen de las ventajas comparativas de Argentina estén en condiciones de llegar a 2050 habiendo cumplido con las metas comprometidas en los distintos acuerdos internacionales en vigencia.¹

2.2 Energía disponible en Argentina y en el Mundo.

Oferta clasificada por Fuentes Primarias

En esta revisión de conceptos generales y antecedentes, destinada a ser **referencia de nuestras Propuestas y del Orden de Prioridad de las mismas**, se destaca que las *“Fuentes de Energía Primaria son aquellas fuentes energéticas en estado natural, que no han sufrido aun ningún tipo de transformación debida a la acción humana”*. Pueden ser utilizadas directamente, —energía hidráulica, solar, biomasa²—, o requerir procesos previos de extracción como el petróleo, el carbón, la geotermia, etc.

A su vez, las fuentes primarias se clasifican en **no renovables y renovables**.

Las **“No Renovables”** son fuentes agotables y cuyo tiempo del proceso natural de producción o conformación excede largamente el período de su consumo. Están mayoritariamente constituidos por combustibles fósiles (Sólidos, Líquidos y Gaseosos). Sus externalidades ambientales negativas son considerables y generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) incrementando la Temperatura media ambiente cuyo crecimiento se quiere controlar dentro de los límites recomendados.

Las fuentes **“Renovables”** se regeneran en un tiempo igual o menor al ritmo de consumo de la Tecnología y Potencia para la cual se ha diseñado su utilización. Son ambientalmente más amigables y de baja o nula emisión neta de GEI ya sea por no emitirlos (ej. eólica y solar) o, **por absorberlos total o parcialmente en el mismo período de crecimiento de las plantas utilizadas para producirlos** (Bioenergía).

¹ Se ha incluido esta propuesta en el Capítulo 7

² La leña constituye aún hoy el 9,3 % de las fuentes de Energía primaria a nivel global.

Dicho esto, se muestran en los tres gráficos siguientes: la “Oferta Interna” de Energías Primarias, en el Mundo y en la Argentina:

- Participación Porcentual. Oferta de Energía Primaria Global, (figura 2.2).
- Participación Porcentual de las distintas Fuentes en Argentina (figura 2.3).

Comparando la matriz internacional de Energía Primaria con la de Argentina resulta evidente una diferencia importante. En el mundo, **el carbón mineral sigue teniendo una participación de más de un cuarto de la oferta energética primaria**. Se usa para generar electricidad en todos los continentes. En Argentina, hoy y desde hace varias décadas, no pasa del entorno del 1% del total de las fuentes primarias. Su lugar lo ocupa el gas natural, como se comentará más adelante. Esto tiene una gran importancia a los efectos de determinar el costo de la transición energética. El gas natural es mucho menos emisor y se usa en equipos con mayor eficiencia energética que el carbón. **Por lo tanto, ese primer tramo, — muy significativo—, de la transición, que algunos países, incluidos varios desarrollados, tienen como asignatura pendiente y los está llevando a solicitar desde ahora postergaciones de la fecha acordada de 2050, ya está cumplido en Argentina.**³

La oferta mundial de energía primaria tuvo la siguiente composición en 2019, (Ver figura 2.2), de acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía:

³ China y la India han pedido postergaciones al 2060 y 2070 respectivamente, a pesar de que, la suma de las emisiones de ambas Naciones supera el 50% del Total de emisiones mundiales.

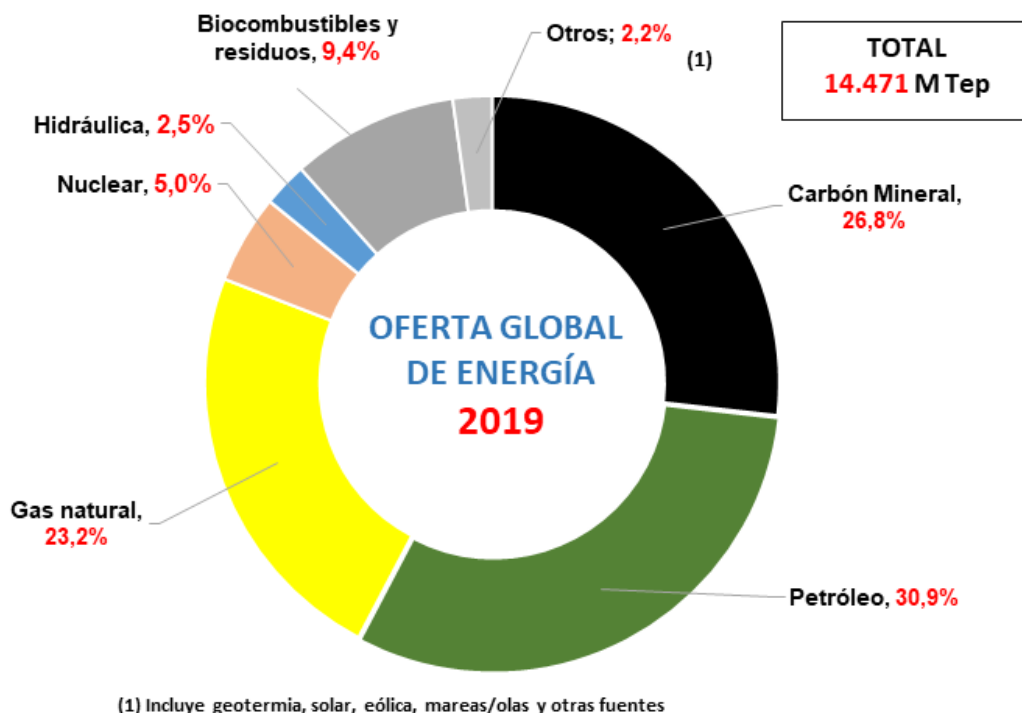


Figura 2.2 Oferta global de energía primaria

Fuente: Elaboración propia a partir de información de IEA 2019

Con el propósito de efectuar una comparación con la Matriz global, la matriz energética primaria argentina del año 2020 se muestra abajo, en la figura 2.3. Es posible apreciar que, si bien parecieran existir grandes diferencias en cuanto a los porcentajes de uso de fósiles como el Petróleo y en especial de gas natural, existe una diferencia mucho más importante entre ambas Ofertas, por la composición química y la magnitud de las emisiones y residuos y por otros efectos del uso de Carbón, que como se ha mencionado fue abandonado en Argentina hace ya muchas décadas y que, por el contrario, participa con un 27% en la Matriz Energética Mundial.

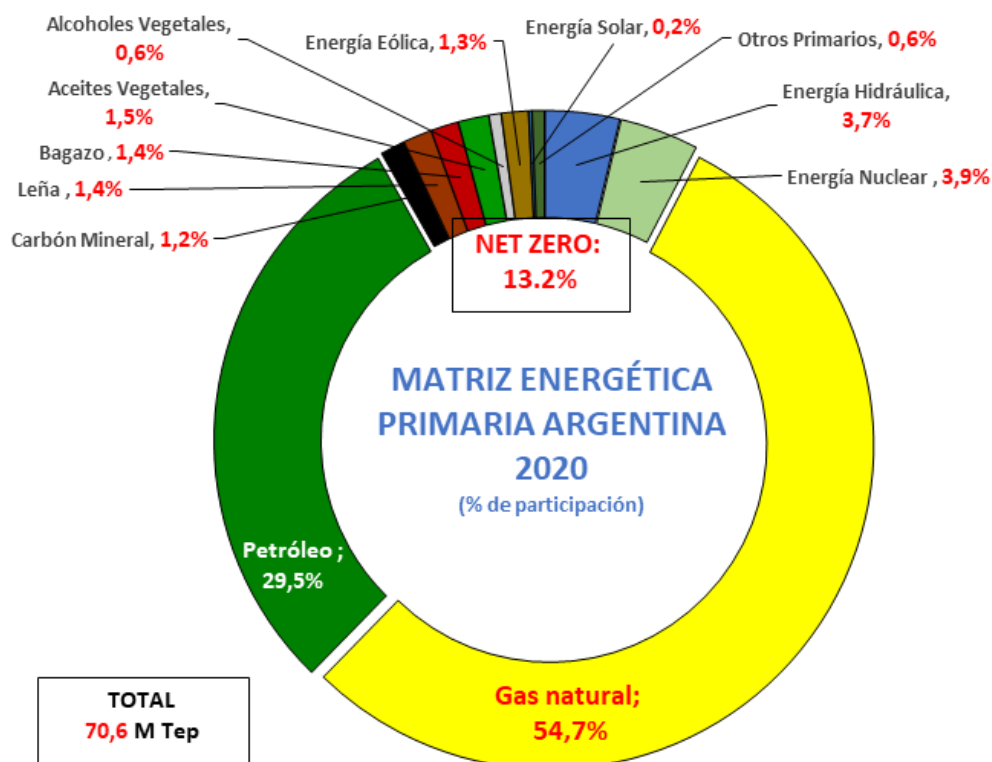


Figura 2.3 Matriz de energía primaria argentina

Fuente: Elaboración propia a partir del BEN 2020

Cabe aclarar que, por **convenciones internacionales** (a efectos de no duplicar información) la oferta interna de energías primarias de cada país, o más bien su “Matriz Energética Primaria”. no incluye las importaciones y otros conceptos de energías consideradas secundarias. Como por ejemplo el gas natural por redes y/o el gas natural licuado, que, aunque no sufran una transformación son incorporados como energías secundarias (lo que se verá en el este capítulo, Punto II.6).

Como Argentina puede autoabastecer cualquier incremento de su Demanda interna de gas natural hasta mucho después de 2050, esto indica que el porcentaje de oferta primaria de gas incluido en la Matriz puede ser aún mayor que el 54,7% mostrado en la figura 2.3. Esto implica que la simple sustitución de un combustible fósil por otro, (gas natural en lugar de Fuel-Oil, naftas, Gas-Oil, etc.) todos de producción local, permitirían otra reducción sensible de las emisiones de GEI.

Esta reducción de Emisiones, pero también de costos de la Energía, sería aún mayor, — por el incremento de Eficiencia Energética—, si el recurso “Gas Natural” se utilizara en la Producción de Energía Eléctrica para avanzar rápidamente en la electrificación del Transporte y de parte importante de la Demanda de Energía para producir Calor y Trabajo Mecánico de la Industria Manufacturera.

2.3 Oferta Nacional de Fuentes No renovables.

Producción y participación porcentual

Más del 85 % de la energía consumida por Argentina en 2020 provino de fuentes fósiles. La segunda fuente de energía en Argentina, luego de los combustibles fósiles, es la bioenergía, con un 5% del total de la energía primaria (Leña, Bagazo, Aceites Vegetales, Alcoholes, Biogás, y otros residuos agroindustriales).

El gas natural es el combustible básico de la estructura energética de Argentina, que es uno de los 10 países del mundo que muestran más de la mitad de la oferta energética provista por el gas natural. Y el único de ellos que no es un gran productor mundial de hidrocarburos (representa menos del 0,8 % de la producción mundial de hidrocarburos, cifra que resulta comparable con el 0,56 % de participación en la población mundial y el 0,58% del PBI mundial).

El petróleo sigue siendo un protagonista importante, con un poco menos de un tercio de la oferta energética primaria. El principal sector consumidor de los productos energéticos secundarios obtenidos a partir del petróleo, es el transporte y, en mucha menor medida, el sector agropecuario.

La participación del carbón para uso energético es muy pequeña desde hace muchas décadas y se limita a la operación de algunas máquinas de una central generadora de energía eléctrica. Hay otra terminada de mediana potencia, (250 MW) pero no está en operación continua.

Como se ha mencionado previamente, la electrificación del abastecimiento de Energía a la Sociedad (más del 99% de la población tiene acceso a la electricidad), la extensión de las redes de distribución de gas natural y la logística del gas licuado de petróleo en garrafas ha limitado el uso de la leña a los sectores más alejados de los centros urbanos y representa poco más del 1% de la oferta total.

La energía nuclear es calificada como no renovable desde el punto de vista de que su ritmo de consumo es mayor del tiempo de generación del recurso. Pero, como es una tecnología no emisiva, se la agrupa junto a las fuentes renovables como tecnología que sobrevivirá a un mundo post - combustibles fósiles. El país tiene más de medio siglo de experiencia en operación de centrales nucleares y cuenta con tecnología y profesionales capacitados, que han construido y operan 3 centrales de potencia que proveyeron en 2020 casi el 4% de la oferta primaria. Argentina ha exportado además, centrales nucleares con fines medicinales y de estudio compitiendo en las respectivas licitaciones con firmas de primer nivel internacional.

2.4 Oferta Nacional de Fuentes Renovables.

Producción y participación (%)

A nivel global, la **principal fuente renovable** es, hasta la fecha, la **bioenergía**, que representa alrededor del 5% de la oferta primaria de energía. El segundo lugar, es ocupado por la **hidroelectricidad**, que representa alrededor del 4% de la oferta primaria energética, valor promedio por la variabilidad impuesta por el clima en las cuencas hidrográficas, el caudal de las cuales tiene ciclos de varios años, es decir plurianuales, exigiendo la disponibilidad de fuentes Térmicas para respaldo de la posible Energía (no Potencia) faltante.

Según el uso para el cual fueron diseñadas, habitualmente la **“Potencia Firme” de diseño de las Hidroeléctricas** es del orden del 30 % al 40% de la Potencia Instalada cuando son de “acumulación”, es decir con un almacenamiento de agua equivalente a algunas semanas o incluso meses, pero mucho menos cuando son de “pasada”. Pero siempre depende de la volatilidad de la hidrología de esa cuenca, del Registro Hidrológico histórico de cada caso particular y de la decisión del proyectista, relacionado con los usos adicionales que se pretenda dar a cada central para incrementar su rentabilidad.

Usos adicionales previstos en un proyecto, son por ejemplo el riego, la atenuación de crecidas, navegación y la disponibilidad de agua potable para ciudades ribereñas. Para que la ecuación de costos sea completa, también debe contabilizarse el Costo Social de la ENS y el valor del incremento de potencia firme si la central planifica un despacho conjunto con una tecnología renovable aleatoriamente interrumpible.

Los biocombustibles, -incluidos dentro de la Bioenergía-, clasificados como “Aceites vegetales” (biodiesel) y “Alcoholes vegetales” (bioetanol) proveen más del 2% de la energía primaria.

Las Energías Renovables Interrumpibles (solar y eólica) proveyeron en 2020 un poco menos del 2% de la oferta de energía primaria. Pero, hay muchos emprendimientos que están planificados o en construcción que continúan ingresando en la red, aumentando esta participación. Unido a los planes futuros de expansión estas 2 fuentes irán progresivamente teniendo una presencia mayor en la matriz energética argentina, con las ventajas ambientales que ello va a implicar.

Las Tecnologías Renovables tienen innovaciones y un comportamiento muy dinámico y no es posible afirmar hoy cuáles de esas tecnologías prevalecerán en los próximos 30 años. Por ese motivo se recomienda, en el capítulo VII y también como complemento de otros puntos de este Texto, dar libertad para definir la CND (contribución Nacional Determinada), es decir el mix de tecnologías incluido en cada oferta, en tanto se respete la reducción anual de Emisiones de GEI que a su vez Argentina ha comprometido en sus acuerdos internacionales.

2.5 Las transiciones energéticas en el Mundo, reflejadas en la evolución histórica de la oferta de energía primaria

El mundo está desde hace no más de dos décadas inmerso en una gran “**Transición energética**” hacia la descarbonización de la energía, que es justamente el tema de este trabajo. Resulta por lo tanto relevante, observar la evolución en el tiempo de la oferta de energía primaria y ganar perspectiva sobre el punto en que el país se encuentra a ese respecto.

En las figuras 2.4 y 2.5 siguientes, podemos observar la evolución histórica de la oferta de energía primaria en el mundo y su composición porcentual.

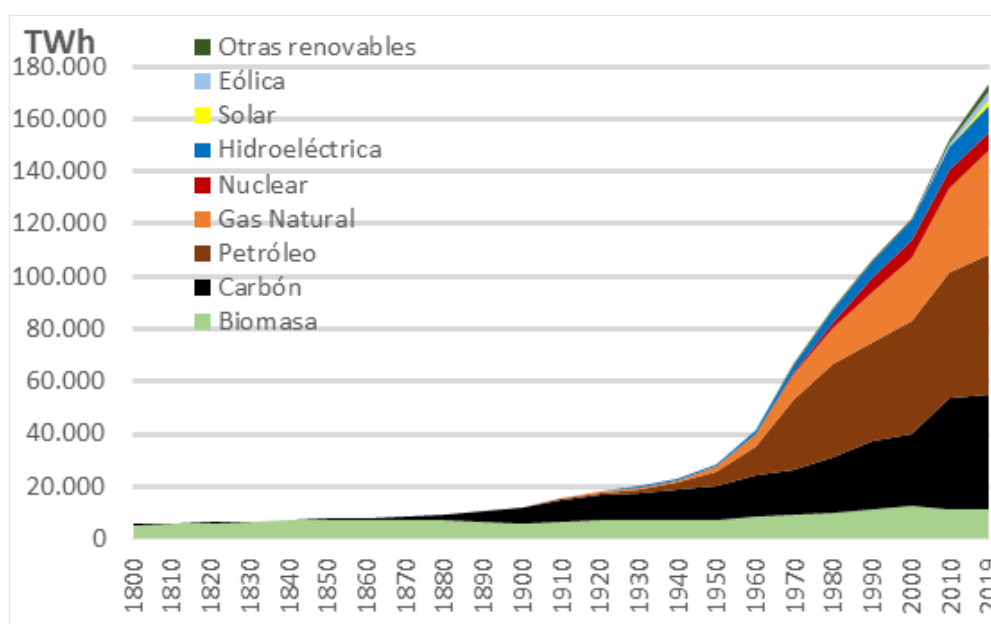


Figura 2.4 Evolución histórica de la oferta de energía primaria en el Mundo (TWh)

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Our World in Data 2019 (basado en datos de Vaclav Smil y BP)

La evolución de los últimos 70 años nos muestra una tasa de crecimiento que intuitivamente resulta difícil de aceptar. ¡La oferta se ha multiplicado 7 veces!. (1950-2020). Y si retrocedemos otros 70 años más (1880 – 1950), encontramos que la única oferta de Energía primaria, en el momento en que la industria manufacturera comenzaba a incrementar su producción aceleradamente, era prácticamente la Biomasa.

La velocidad de estos cambios y su magnitud, muestran la verosimilitud que tiene la proyección de los próximos 30 años, período en el cual los principales Think Tanks y Universidades consideran que la electrificación y el cambio de Tecnologías por otras más amigables con el ambiente, más la automatización del abastecimiento de Energía basada en IT para operar simultáneamente oferta, demanda y almacenamiento, se expandirán a un ritmo similar, **reemplazando las Tecnologías actuales** pero también reduciendo parcialmente las

elevadas tasas de crecimiento de nueva infraestructura que serían esperables, por medio de **una mayor Eficiencia Energética** en todos los procesos que consumen energía.

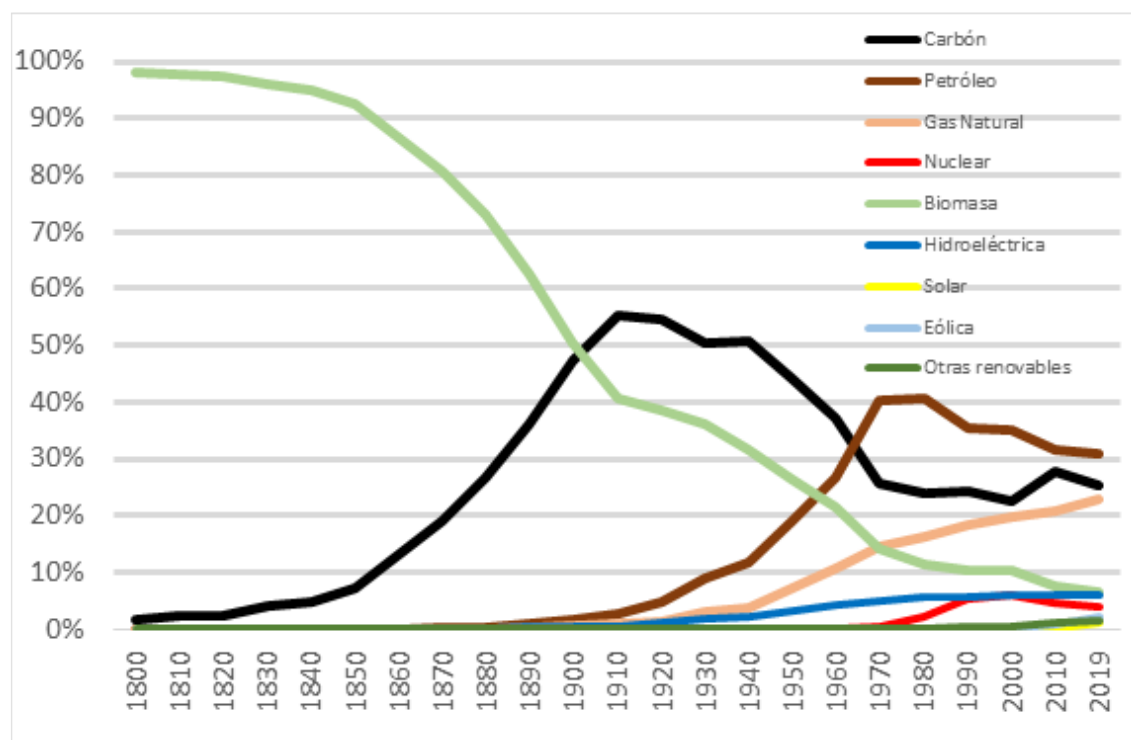


Figura 2.5 Evolución porcentual de la oferta de energía primaria en el Mundo

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Our World in Data 2019 (basado en datos de Vaclav Smil y BP)

En las figuras 2.6 y 2.7 que se muestran a continuación, se puede apreciar la evolución histórica de la energía primaria en el país, partiendo del año 1922, en que comienzan registros oficiales sobre el sector energético, hasta el presente. En la figura 2.6 se observan los valores absolutos de oferta energética, en tanto que en la figura 2.7 se muestra cómo varía la composición porcentual de cada uno de los componentes de la oferta según el paso de los años.

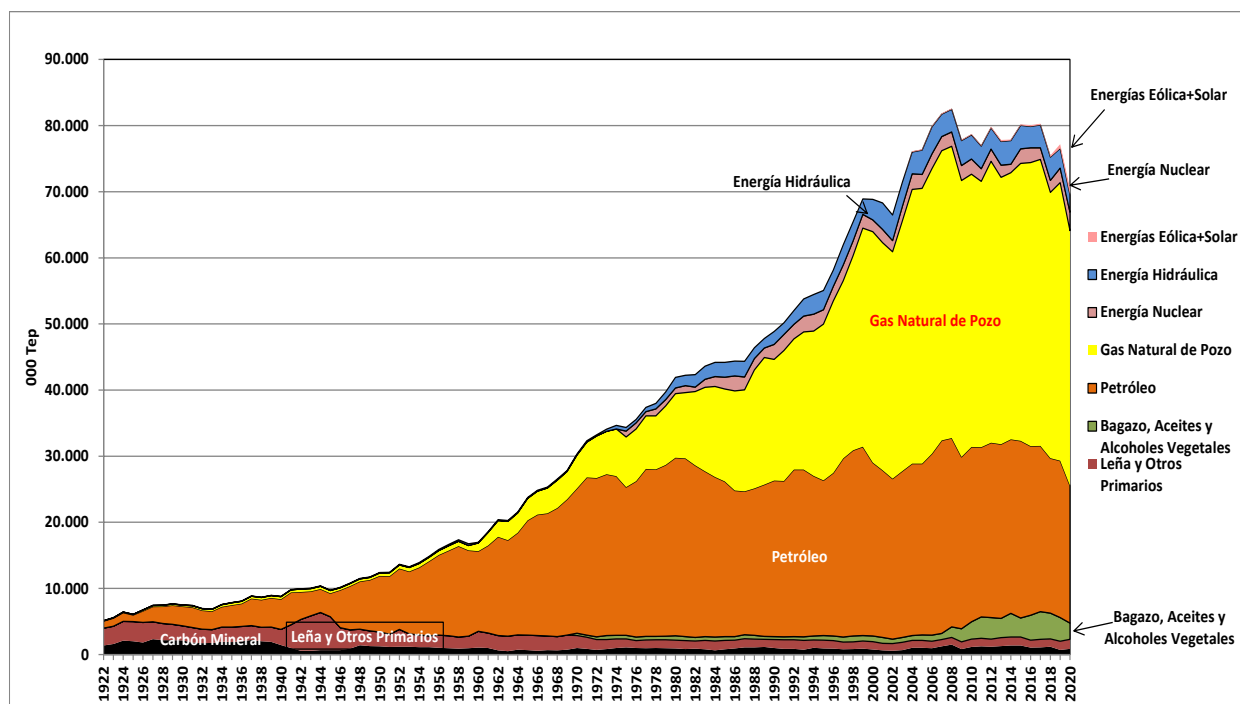


Figura 2.6 Evolución histórica de la oferta de energía primaria en Argentina

Fuente: Elaboración propia a partir del BEN Argentino y datos de Fundación Norte y Sur

La figura 2.6 expone el aumento no lineal, con pendiente exponencialmente creciente de la oferta energética durante los últimos 100 años, medida en unidades físicas (Toneladas equivalentes de petróleo, TEP), con algunas crisis breves hasta 2002 y con la excepción de 2002 a 2004. Pero el crecimiento es prácticamente nulo en la última década. En este proceso, cada nueva fuente energética va aportando la mayor parte del incremento de la oferta, en tanto que las fuentes anteriores van quedando estancadas o en descenso. Es natural que esta aceleración se de en los próximos años con las Renovables y el Shale Gas.

Pero visto en el marco de 100 años, no cabe duda respecto a que fue el gas natural quien escaló más rápidamente su participación hasta que detuvo su expansión por problemas Macroeconómicos ajenos al Mercado de la Energía, problemas que han tenido lugar en los últimos 10 a 15 años, a pesar de haberse descubierto a mediados de ese período en Argentina **el segundo yacimiento más grande del mundo y uno de los de mayor calidad de Gas No Convencional.**

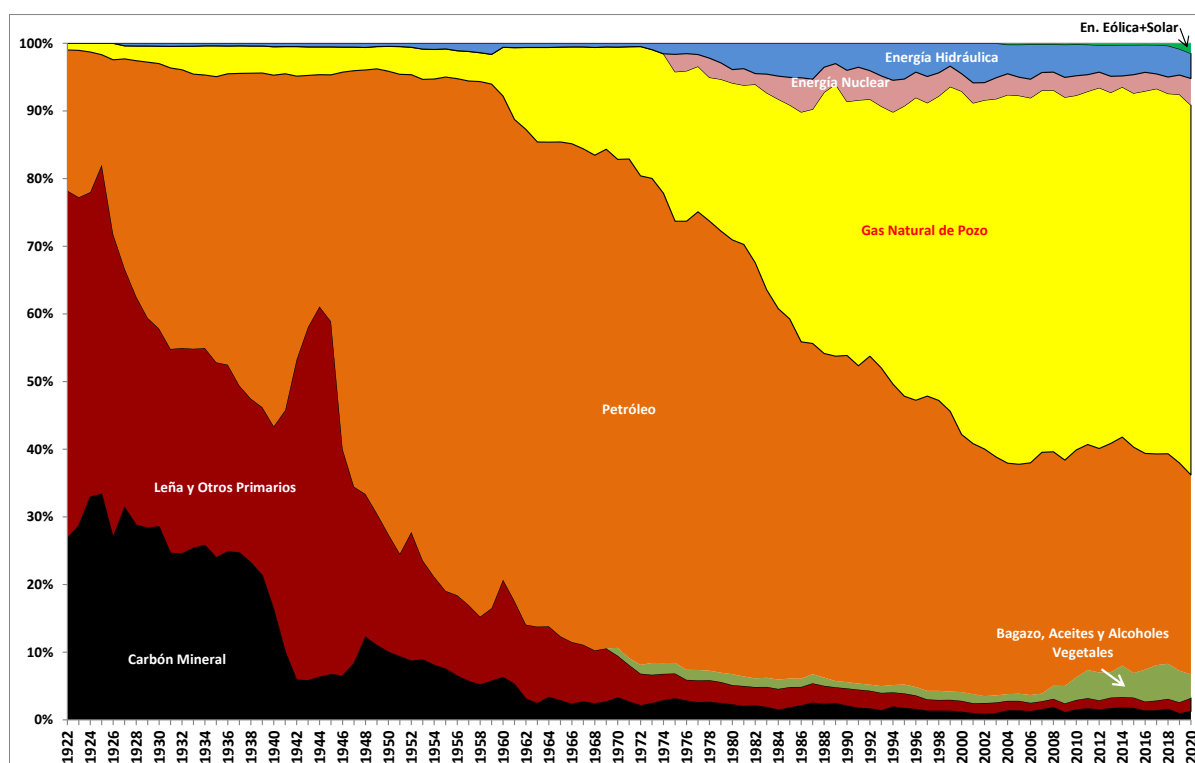


Figura 2.7 Evolución histórica de la composición de la oferta de energía primaria en Argentina

Fuente: Elaboración propia a partir del BEN Argentino y datos de Fundación Norte y Sur

La composición porcentual de las fuentes, (figura 2.7) nos muestra con más detalle las sucesivas transiciones energéticas que se dieron en el país, —en forma paralela con lo ocurrido en el mundo—, en el último siglo. (1922 – 2019).

En 1922 todavía la principal fuente era la leña, el combustible que acompañó a los seres humanos desde tiempos prehistóricos. El carbón mineral ocupaba el segundo lugar y ya venía el petróleo aumentando su participación, con el paréntesis obligado de los años de la Segunda Guerra Mundial, en que la limitación de importaciones motivó una vuelta brusca y breve a los combustibles vegetales.

El **petróleo** ocupa el primer lugar en las décadas centrales del siglo pasado, pero rápidamente va cediendo al gas natural usos importantes (como la generación eléctrica y la producción de calor, tanto residencial como industrial).

A partir de la **segunda mitad del siglo XX** y, sobre todo, desde fines de los '50 y principios de los '60, con la llegada de las Empresas Petroleras extranjeras convocadas por el Gobierno del Dr. Frondizi, y a fines de la década del 70, cuando se descubren los grandes yacimientos gasíferos del Centro de la Cuenca neuquina, el gas ha ido obteniendo participaciones cada vez mayores, hasta superar sólidamente la mitad de la oferta energética. Es de destacar la construcción de gasoductos troncales y la expansión de las redes domiciliarias urbanas que posibilitaron una participación tan intensa del gas natural, la cual es de

una magnitud no común en el mundo. Para comprender el origen de la tendencia hacia una participación tan elevada del gas natural, debe recordarse que Loma de la Lata, el principal Yacimiento convencional de Argentina tenía en el comienzo de su explotación 13 TCF de reservas, en tanto que Vaca Muerta, descubierta cuando el anterior se estaba ya agotando, tiene cerca de 300 TCF de recursos no convencionales técnicamente recuperables y en el país los yacimientos confirmados de Gas No Convencional suman más de 800 TCF de recursos gasíferos. (Más de 400 años del actual consumo anual de Argentina).

Cabe recordar que, como ya se señalara en el capítulo II, Punto II.2, esta información no incorpora las importaciones de gas natural de los últimos años, refiriéndose la información consignada solo al gas natural de pozo. En especial en la figura 2.6, es posible observar el fuerte crecimiento de la producción de gas en la década de los años '90 en contraste con la falta de crecimiento de producción local de Petróleo y gas en los últimos 15 años, aspecto que condujo a la importación de grandes cantidades de GNL en muchos años de ese período, hecho que ha afectado el Balance de Pagos Nacional de una manera significativa. El corriente año 2022 es una muestra del estancamiento en el uso de este recurso por falta de reglas claras y falta de planificación para el desarrollo de la infraestructura necesaria.

La transición hacia tecnologías libres de emisiones de carbono ya ha comenzado, aún antes que se advirtiera la influencia de esas emisiones en el cambio climático. En las últimas 4 décadas del siglo pasado, grandes aprovechamientos **hidroeléctricos** han consolidado una participación significativa en la oferta energética. Otro tanto cabe mencionar de la **energía nuclear**, que muestra más de medio siglo de experiencia en el montaje y la operación ordenada de centrales nucleares de potencia y también refleja su aporte a la matriz en cuanto a cantidad de Energía, por su elevado factor de uso.

Desde que el hombre ha usado Energía para disponer de calor y realizar trabajo Mecánico, las Bioenergías participan en la oferta primaria de energía libre de carbono en forma neta y en cantidades crecientes. Y también debe recordarse que **el reemplazo del Fuel Oil por gas natural** en usos residenciales e industriales hace algunas décadas, permitió mantener más acotadas las Emisiones. Por último, el paso de la generación térmica con Turbinas de vapor a Ciclos combinados de 60% de eficiencia a partir de 1995, redujo a la mitad el incremento de Oferta de combustibles necesarios para Generación, por la mayor eficiencia de los ciclos combinados. Argentina se convirtió en 2002 en el país con mayor eficiencia promedio en la Generación Térmica de Energía Eléctrica, con solo **1630 kcal/kWh**.

Las fuentes de Energía con emisiones netas de carbono "cero", que evolucionan globalmente de manera más dinámica (eólica y solar), están recién apareciendo con cifras relevantes en los últimos años, con potencial y perspectivas de crecimiento importantes, pero están todavía atravesando una fase inicial en la oferta energética total. Cuando se analiza la matriz de energía eléctrica, la participación de estas fuentes muestra valores porcentuales de mayor envergadura. Las dificultades para obtener financiación son la traba principal.

No cabe duda respecto a que Argentina deberá respetar los acuerdos de reducción de Emisiones de GEI firmados y por ello estas tecnologías renovables se introducirán rápidamente a menos que alguna otra Tecnología Renovable hoy no conocida o aún no rentable⁴ o, alguna Tecnología de CCS de menor costo surja inesperadamente. Hoy ese escenario, alternativo a las energías renovables aleatoriamente interrumpibles, es considerado solamente en relación con la CCS por medio de “soluciones basadas en la naturaleza” (SBN), que tiene como principal ventaja menores costos de Capital en la Inversión inicial y menores costos por no tener que hundir activos con extensa vida útil residual y elevada eficiencia térmica, que pueden seguir funcionando sin más inversiones que las necesarias en Bonos de Carbono para compensar sus reducidas Emisiones.

Precisamente, la principal limitación a una expansión más acelerada de estas fuentes Renovables con emisiones cero, radica en que para disponer de un factor de uso elevado deben ser habitualmente instaladas lejos de la demanda, —dado que en general en los centros poblados con gran demanda el factor de uso de las tecnologías solar y eólica es bajo y por ello no son rentables—.

Como estas dos principales tecnologías renovables son aleatoriamente interrumpibles y el bajo factor de uso conduce a una mayor Inversión inicial en reservas y almacenamiento y por ello un mayor Costo de Capital y como ya se ha mencionado, se han verificado también otras externalidades económicas de estas tecnologías, que reducen la productividad de todo el sistema energético⁵, **habiendo obligado al diseño de tecnologías complementarias, apoyadas en IT + almacenamiento en baterías**, para que este impacto económico en la competitividad, —tanto en nuestra Nación como en todas las demás Naciones donde desde hace dos décadas se están instalando—, sea el mínimo posible.

2.6 Energía Secundaria, Energía Útil y Transición energética.

Se denomina “ENERGÍA SECUNDARIA” al conjunto de aquellos productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de fuentes de energía primaria o de otras fuentes secundarias y son los que se entregan directamente al consumidor final. (la “Demanda”).

ENERGÍA UTIL: Resulta también relevante tener presente el concepto de Energía Útil, o sea, la energía que se pone a disposición del consumidor como

fuente energética (tanto Secundaria como Primaria). **El porcentaje de Energía Útil entregada a la Demanda, en relación con la Energía Inicial Total necesaria para disponer de esa**

4 Energía Geotérmica, Energía de las Olas, Energía Mareomotriz, distintas Tecnologías de Hidrógeno, Conversión en sales inorgánicas, etc.

5 Ver capítulo 4

cantidad de “Energía Útil” entregada finalmente a la Demanda, permite medir la Eficiencia del proceso desde el lado de la Oferta.

Existe un cierto margen para incrementar la Eficiencia Energética desde el lado de la **Oferta** en el caso de la Energía Eléctrica, —en especial por medio de medidores inteligentes programados y operados centralizadamente, equipos de almacenamiento y “Smart Grids” destinadas a suspender oferta innecesaria y a mover demanda en el tiempo para reducir la Potencia máxima demandada y mejorar así el Factor de uso de la Oferta, pero es mucho más relevante y rentable todo lo que se puede hacer, aún en una Nación de escasa intensidad Energética como Argentina, mejorando la Eficiencia Energética desde el lado de la **Demanda, tanto residencial como industrial.**

En la figura 2.8, a continuación, se puede apreciar la evolución del consumo de los distintos tipos de combustibles para la generación de Energía Eléctrica (teniendo en cuenta que en alguna medida esta energía puede ser primaria —a partir de las renovables— o secundaria —a partir de los combustibles fósiles y el uranio—). En la misma vemos el peso relativo que ha tenido el carbón y que aún sigue teniendo, a pesar de ser el combustible fósil más contaminante (no solo por la mayor emisión de CO₂ por unidad de energía generada, sino también por los otros GEI y el material particulado (MP) —que es causante de muchas afecciones respiratorias y muertes derivadas—.

Es allí donde el gas natural tiene su mayor oportunidad para contribuir, en forma sustentable, a una Transición Energética acelerada. El efecto en la aceleración de la transición sería notable si todo el consumo de Carbón y Fuel Oil pudiera ser reemplazado por Gas en pocos años, Incrementando la Eficiencia Energética de los procesos industriales y de la movilidad, al avanzar en su electrificación masiva y recordando además que las máquinas que toman su energía del Gas pueden ser por diseño mucho más eficientes que las alimentadas con carbón o fósiles líquidos.

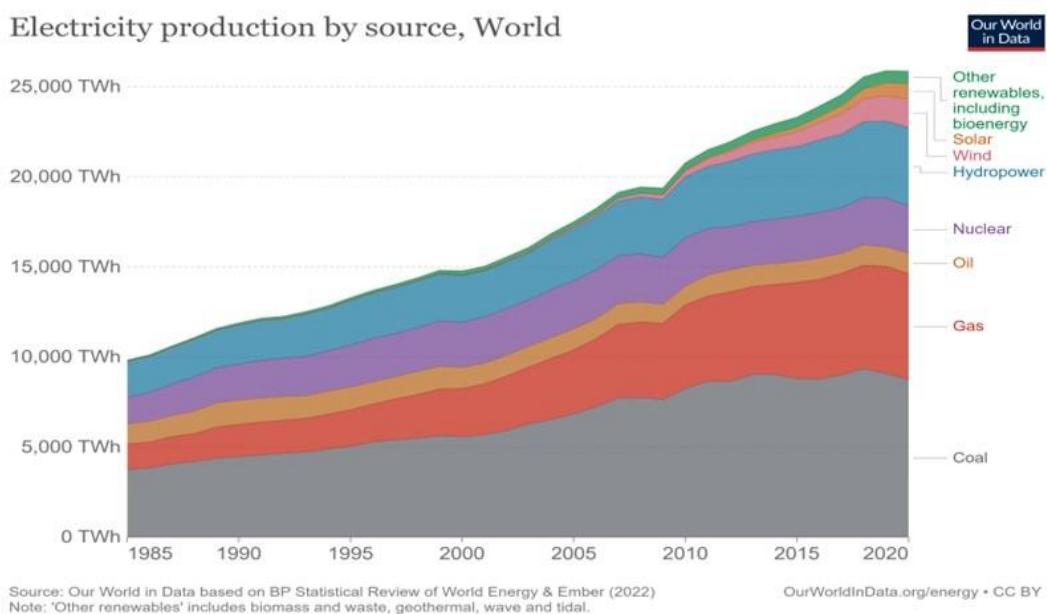


Figura 2.8 Evolución histórica de la producción de electricidad por tipo de combustible/energético

Fuente: Our World in Data (basado en datos de BP y EMBER)

Los datos de la figura 2.9 siguiente nos dan la posibilidad de tener un panorama más amplio del consumo de cada porción de energías secundarias y primarias que son distribuidas para su utilización por los distintos sectores de la sociedad.

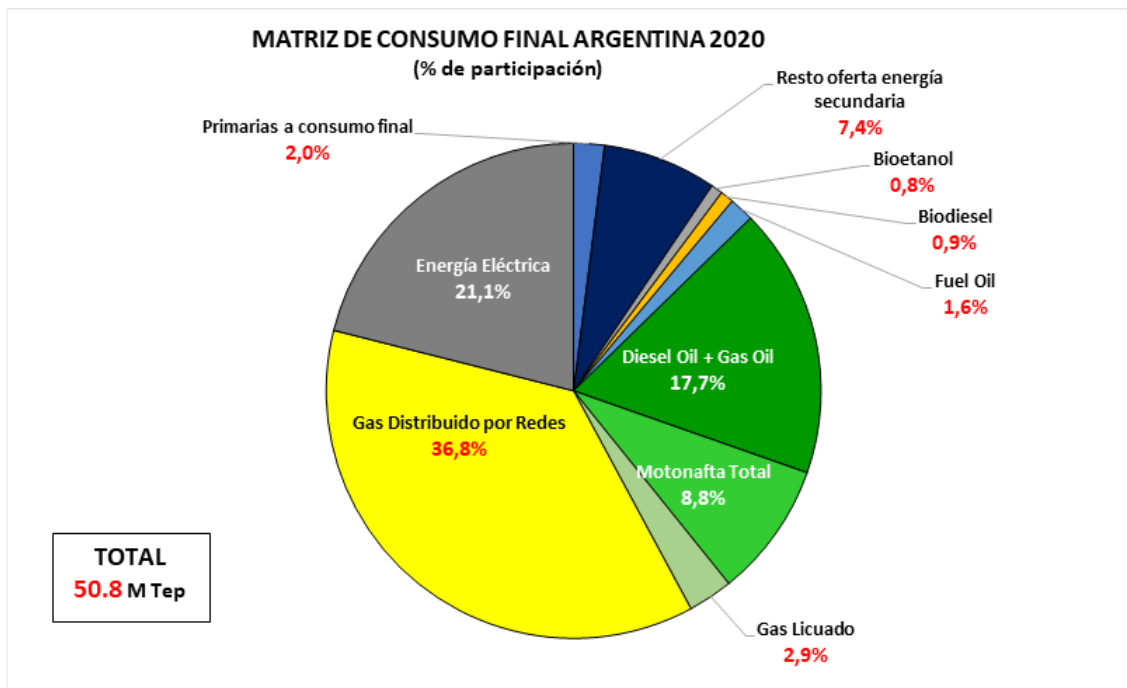


Figura 2.9 Composición del Consumo de energía útil en Argentina

Fuente: Elaboración propia a partir del BEN 2020

Debe tenerse presente que en la participación del gas que allí se muestra, no aparecen las centrales de generación eléctrica ya que los combustibles utilizados por el parque térmico (en más de un 90%, gas natural) están contabilizados en la cadena de abastecimiento de la energía eléctrica. El usuario recibe energía eléctrica producida con gas en esa cadena de valor y así se computa en la matriz. La participación del gas natural que se reporta como Energía Secundaria es la que corresponde a los otros usos, fuera de la generación de electricidad, e incluye las importaciones de gas natural **que no han sido transferidas a Centrales de Generación.**

Cada Energía Secundaria tiene una participación diferente en el abastecimiento de Energía a los distintos sectores de la Economía. Por ello es importante determinar las prioridades en los esfuerzos a realizar para reducir el consumo de cada Energía Secundaria, para poder Planificar correctamente los esfuerzos e inversiones durante la transición. Este tema se trata en II.7.

Los datos de la figura 2.10 siguiente nos dan la posibilidad de tener un panorama sobre qué sector de la comunidad consume cada porción de energías secundarias y primarias que han sido previamente distribuidas para su utilización final.

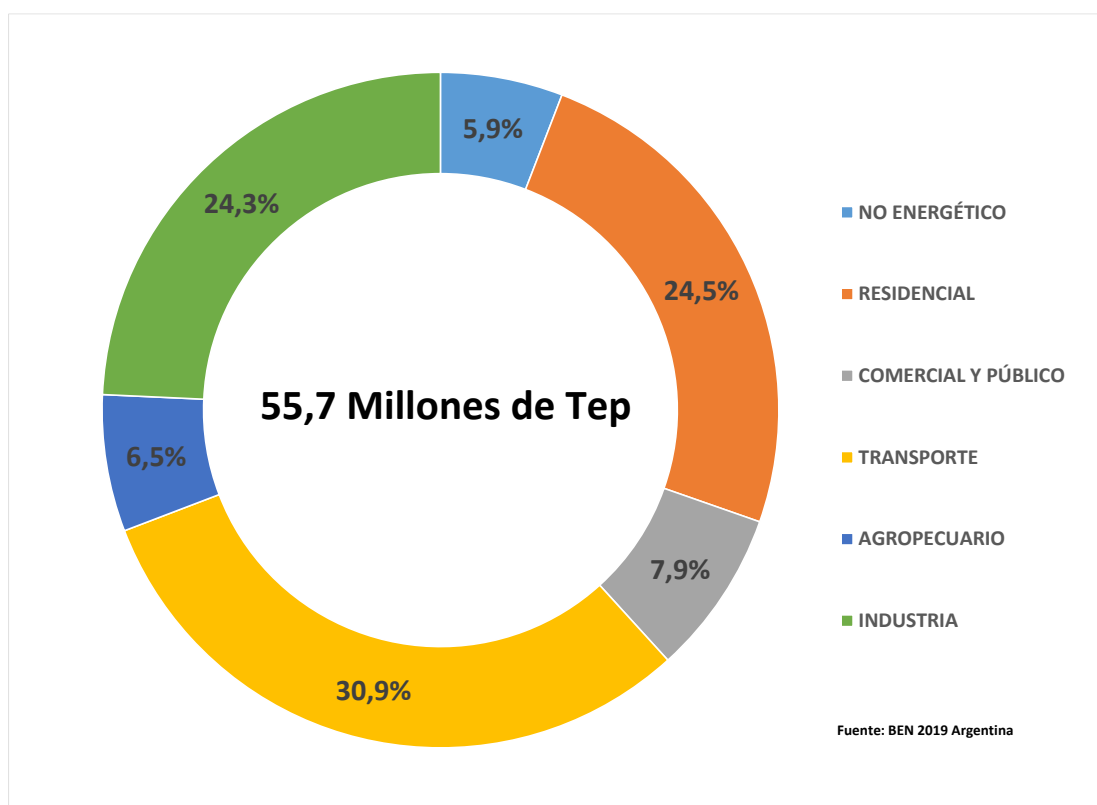


Figura 2.10 Composición del consumo de energía en Argentina, por sector de la economía.

Fuente: elaboración propia a partir de BEN 2019

En tanto que en la figura 2.11 que se muestra a continuación, es posible observar esta misma información a nivel mundial. Los valores que consumen la Industria, el Transporte y los Usuarios Residenciales son aproximadamente iguales en Argentina y en el mundo, alrededor del 80%.

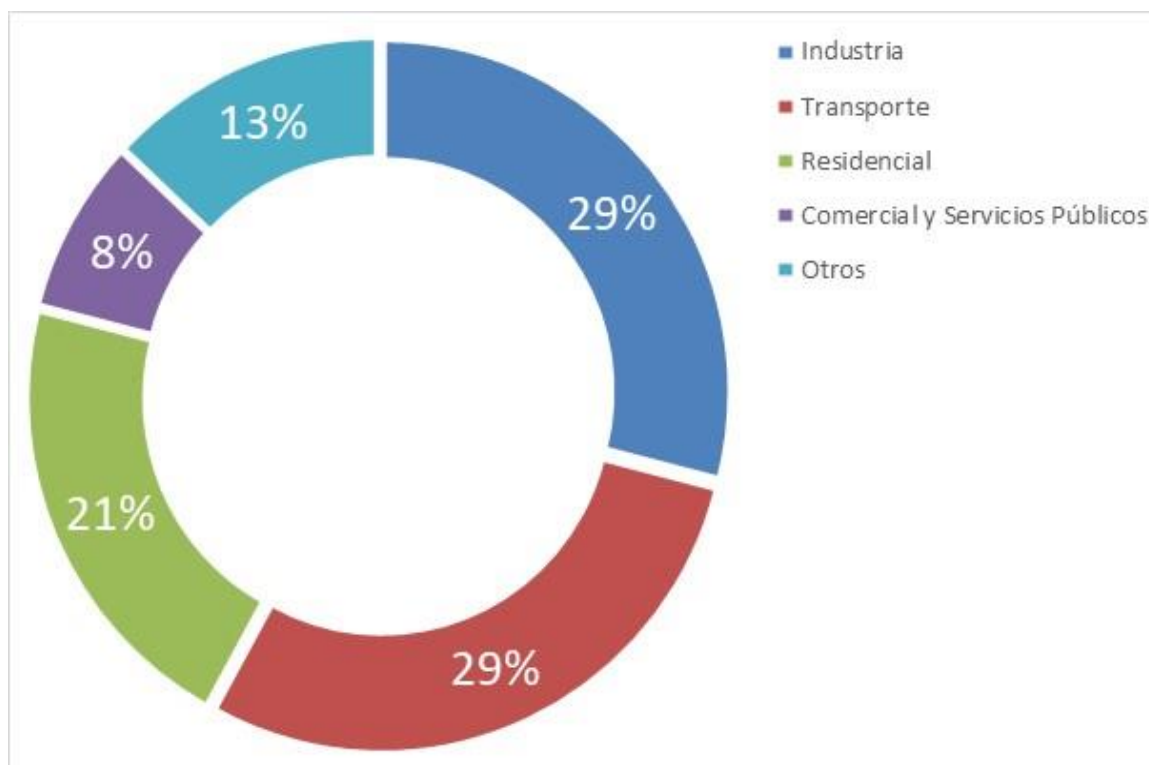


Figura 2.11 Composición del consumo de energía en el Mundo, por sector de la economía.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la EIA 2019

Es probable que Argentina pueda por ello compartir sus propios avances y tener cada vez más acceso a Tecnologías de uso universal que se irán incorporando durante la próxima Transición. Podrá efectuar una selección y decidir el “Catch Up” de lo más eficiente que ya haya sido probado en el mundo desarrollado, el cual, por supuesto, paga siempre el mayor costo del Innovador.

Es posible afirmar que, **la electrificación, si bien conecta por redes a más del 99%** de la población, todavía tiene un camino importante por recorrer en la transición energética, en especial para sustituir una parte relevante de los fósiles actualmente consumidos con menor Eficiencia Energética en **transporte**, en producción de calor para **usuarios residenciales**, comercio, sector público y otros diversos usos, de los cuales los más importantes son hasta hoy los relacionados con realizar trabajo mecánico y suministrar calor en **instalaciones industriales** y transporte.

El transporte tiene combustibles casi exclusivos, en cuya extracción y producción en refinerías impactará en el futuro con un eventual cambio de paradigma, al volcarse la obtención

de Potencia mecánica hacia la Tecnología eléctrica, cuya fuente primaria, aunque sea otro fósil como el gas, conducirá a una reducción de hasta el 50% del consumo y por ende de las emisiones de GEI por su superior Eficiencia Energética a lo largo de todos los tramos de su cadena de valor y en especial en sus formas de uso por la Demanda, que al utilizar Gas como combustible, o Generar Energía Eléctrica con equipos alimentados a gas que dupliquen la eficiencia de las usuales tecnologías Turbo Vapor anteriores, conducirá a una reducción de emisiones y a un menor costo de Capital.

En forma indirecta, hay una modificación Tecnológica que implicará una inversión adicional previsible en el período de Transición: la electrificación de la movilidad y de la producción de calor, podría conducir a tener que transformar la Distribución eléctrica, reemplazando la Distribución en Baja Tensión por la que se realiza en Media Tensión, la cual solo sería transformada a BT en cada domicilio, registrando menos pérdidas en el sistema de Distribución y siendo su cochera, —sin importar donde se encuentre—, también parte de la Demanda consolidada de ese cliente y eventualmente, si el Distribuidor cuenta con un acuerdo con el propietario de la cochera, el mismo formaría parte, —en forma transitoria—, también de la Oferta con la batería de su automóvil, para evitar riesgos de ENS en un Nodo determinado y una vez más, mejorar el Factor de Uso de la Oferta.

2.7 Prioridades de Inversión en Reducción de Emisiones.

En el cuadro 2.12 siguiente se muestra **el volumen consumido directamente por el Mercado Nacional de Energías Secundarias y Primarias**. Se indica también en la última columna la participación porcentual de cada energía secundaria en el Total consumido, tanto en valor nominal expresado en TEP como en su participación porcentual. Cabe aclarar que se ha utilizado el año 2019 por considerarlo más representativo que el 2020, debido a la Pandemia COVID 19.

En las 6 columnas verticales se muestra a su vez, —para cada uno de los 6 Sectores en que se ha dividido la Demanda—, la Distribución nominal y porcentual de cada una de las Energías secundarias y primarias consumidas por ese determinado Sector de la Demanda.

Esta información será una Base cuantitativa útil para fundamentar en parte las propuestas y Recomendaciones incluidas en el Capítulo 7.

Cabe mencionar que, en este cuadro 2.12 siguiente, no se ha incluido como Energía Secundaria el Hidrógeno porque aún no existen usos masivos, que se estima se irán generalizando dentro del período de Transición en análisis y en la medida que se reduzcan sus costos y se disponga de Tecnología adecuada para su transporte. Este tema será tratado con más detalle en el Punto II.8.

ENERGIAS SECUNDARIAS + PRIMARIAS A CONSUMO FINAL	RESIDENCIAL		COMERCIAL Y PÚBLICO		TRANSPORTE		AGROPECUARIO		INDUSTRIA		NO ENERGÉTICO		TOTAL	
BEN Argentina 2019	miles de TEP	%	miles de TEP	%	miles de TEP	%	miles de TEP	%	miles de TEP	%	miles de TEP	%	miles de TEP	%
Energía Eléctrica	3.713	27,2%	2.678	60,9%	45	0,3%	76	2,1%	4.290	31,7%	-	-	10.803	19,4%
Gas Distribuido por Redes	8.474	62,1%	1.208	27,5%	2.043	11,9%	-	-	7.734	57,2%	-	-	19.460	34,9%
Gas Licuado	1.192	8,7%	199	4,5%	-	-	83	2,3%	182	1,3%	-	-	1.655	3,0%
Otras Naftas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	7,7%	250	0,4%
Motonafta Total	-	-	-	-	6.176	35,9%	-	-	-	-	-	-	6.176	11,1%
Kerosene y Aerokerosene	9	0,1%	-	-	615	3,6%	-	-	-	-	-	-	624	1,1%
Diesel Oil + Gas Oil	-	-	102	2,3%	6.716	39,0%	3.256	89,3%	102	0,8%	-	-	10.176	18,3%
Fuel Oil	-	-	52	1,2%	71	0,4%	101	2,8%	149	1,1%	-	-	373	0,7%
Coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	328	10,1%	328	0,6%
Carbón de Leña	173	1,3%	115	2,6%	-	-	-	-	-	-	-	-	288	0,5%
Bioetanol	-	-	-	-	539	3,1%	-	-	-	-	-	-	539	1,0%
Biodiesel	-	-	-	-	1.012	5,9%	-	-	-	-	-	-	1.012	1,8%
No Energético	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.680	82,3%	2.680	4,8%
Carbón Mineral	-	-	-	-	-	-	-	-	43	0,3%	-	-	43	0,1%
Renovables	92	0,7%	46	1,0%	-	-	-	-	92	0,7%	-	-	230	0,4%
Bagazo	-	-	-	-	-	-	-	-	921	6,8%	-	-	921	1,7%
Energía Eólica	-	-	-	-	-	-	129	3,5%	-	-	-	-	129	0,2%
TOTAL CONSUMO	13.653	100,0%	4.400	100,0%	17.218	100,0%	3.645	100,0%	13.514	100,0%	3.258	100,0%	55.687	100,0%
		24,5%		7,9%		30,9%		6,5%		24,3%		5,9%		

Cuadro 2.12 Consumo de cada fuente de energía útil por sector de la Economía, en Argentina.

Fuente: Elaboración propia a partir del BEN 2019

Analizando el contenido del cuadro 2.12, puede observarse una participación muy relevante del transporte en dos de los combustibles líquidos (moto naftas y Diesel Oil + Gas Oil) y en menor medida en Aero-kerosene, bioetanol y biodiesel. También existe consumo relevante de gas en el Transporte, a través del GNC.

El sector agropecuario tiene una participación importante en el consumo de Diesel Oil y Gas Oil.

Se advierte la presencia mayoritaria del gas natural en el **consumo residencial**, con participación del gas licuado y muy residualmente de la leña.

La **industria** tiene en Argentina una participación muy significativa en el consumo, tanto de energía eléctrica como de gas. Pero no con los porcentajes del 60% o más, que con frecuencia alcanza en los países desarrollados.

La observación de esta matriz de consumo hace pensar que **no resultará sencillo lograr una descarbonización rápida**, tanto por la imposibilidad tecnológica de sustitución inmediata de las infraestructuras o tecnologías de consumo como, especialmente, por la magnitud de las inversiones involucradas en ese proceso en una Nación con difícil y costoso acceso a la Financiación y los Costos Totales y por ende las tarifas que hasta ahora, —e incluyendo todas las externalidades—, requerirían la mayor parte de las nuevas alternativas Tecnológicas hasta hoy disponibles para la producción de Energía Eléctrica sin emisiones de GEI, o para capturarlas y secuestrarlas luego de emitidas.

El cuadro 2.12 presentado en la página anterior, **puede facilitar la determinación de prioridades**, tanto en las Inversiones que encare el sector privado para la sustitución de infraestructuras que le permitan cumplir con el sendero de reducción de Emisiones de GEI, como en la Investigación y Desarrollo de nuevas tecnologías por parte de instituciones científicas públicas o privadas y en las prioridades de diseño asignadas a las distintas Normas e Incentivos que requerirá esta Transición para pasar a fuentes con menos Emisiones GEI en el menor plazo y al menor costo y también para adoptar procesos y equipos que, tanto en la Oferta como en la Demanda aseguren mayor Eficiencia Energética.

La prioridad asignada por la regulación a una dada Energía Secundaria de las incluidas en el Cuadro 2.12, puede implicar —si fuera arbitraria y no surgida del funcionamiento de los mercados—, externalidades negativas para otras formas de Energía que participan en los mix de tecnologías de todas las ofertas y con ello un mayor costo de la Energía para los clientes. Por eso **es importante que las regulaciones sean lo más genéricas posible, abarcando sin ninguna diferencia a todas las Tecnologías, tanto en reglas de juego como, si fuera necesario inicialmente, en algún tipo de subsidios.**

También es importante que la contratación de los paquetes de oferta Mayorista sea a un plazo único, independientemente del período de amortización de cada una de las tecnologías que cada Generador incluya en su mix de oferta **y aceptando que para participar el Inversor tiene libertad para seleccionar su propia combinación de Tecnologías, pero para ganar la licitación respectiva tiene que ofrecer el menor precio, además de aceptar el régimen de penalidades por ENS válido para todos los contratos ofertados en cada licitación, sin importar cual sea el mix de tecnologías y la participación de cada una en la oferta de un dado oferente.**

Por último, —y también cualquiera sea el mix de las Tecnologías incluidas en una oferta y el porcentaje de participación previsto para cada Tecnología en cada año del contrato—, **todas las ofertas de una dada licitación deben cumplir en su conjunto, con el porcentaje único de reducción anual de emisiones prevista en los acuerdos nacionales con el exterior, todo ello con el fin de que los inversores y los “Think Tanks” que investigan tengan permanentes incentivos para buscar nuevas formas de producir Energía sin emisiones, con por supuesto un menor valor presente del costo Total anual por unidad de energía firme para toda la vida del contrato, para poder competir con las ya existentes.**

Para establecer prioridades en investigación e Inversiones, es conveniente en primer lugar establecer cuáles son los ítems de Energía Secundaria con mayor demanda porque tendrán una mayor reducción de emisiones y probablemente por la mayor escala, una mayor tasa de retorno. (Última columna del cuadro 2.12). En esos mayores ítems de Energía Secundaria: (1) Gas por redes; (2) Energía Eléctrica y (3) Combustibles para transporte: naftas, Diesel Oil y Gas Oil, **deben diseñarse los incentivos y regulaciones y concentrarse los esfuerzos para:**

- 1) **Incrementar la Eficiencia Energética en ambos lados, Oferta y Demanda.** Para la **Oferta**, incrementar la eficiencia en toda transformación de energía primaria en secundaria y de primaria o secundaria en calor o trabajo mecánico, (Cada participante debería tener los mismos incentivos para dar prioridad en sus ofertas en cada mercado, a las Tecnologías en las que el proceso produzca la menor cantidad de GEI por unidad de Energía entregada). Pero la adjudicación debe ser por precio. La reducción anual de emisiones es un dato común que obliga a todos los participantes en la licitación a respetarlo, con fuertes penalidades y el riesgo de ser desplazado como proveedor por incumplimiento. Este tema será tratado más extensamente en el Capítulo VII (Propuestas).

La evolución desde vehículos alimentados a fósiles líquidos a Vehículos Eléctricos podría reducir hasta el 15% de las emisiones totales antropogénicas de todos los orígenes, porque la Eficiencia Térmica en los Equipos de Generación Eléctrica de CC a gas duplica la de los motores de combustión interna. Incluyendo las pérdidas del transporte eléctrico en Alta y Media Tensión y las del ciclo de carga y descarga de las Baterías, aún hay fuertes ventajas de eficiencia en los vehículos Eléctricos⁶, incluso si la Energía Eléctrica se genera con una máquina Térmica y por supuesto casi 25% a 30% si se produce con Equipos de Generación de Energía Eléctrica sin emisiones de GEI.

- 2) Para la **Demanda** y en el caso de los equipos que ya son eléctricos, queda menos margen para incrementar la eficiencia en el caso de esos motores y equipos, —en comparación con los equipos térmicos—, pero el uso de los Estampillados que diferencian a los equipos eléctricos y a gas en categorías, en base a sus niveles de Eficiencia Energética, deberían ser generalizados obligatoriamente, ya sean para uso Industrial o residencial.
- 3) Determinar para la Energía consumida en cada uno de los 6 Sectores en que se ha dividido la Demanda, (6 Columnas del cuadro 2.12) **cuáles son los procesos y tecnologías destinados al confort residencial y a la Industria, que utilizan mayor cantidad de esa Energía por unidad de producción o de servicio**, calculando además las emisiones en toneladas de CO₂/ Tep de los Procesos y Tecnologías que emiten en mayor proporción.

La presencia de una “**Carbon Tax**” con una sola tasa por unidad de emisión, pero con pagos totales que deberían ser decrecientes en forma proporcional a una mayor Eficiencia Energética y/o menores Emisiones por unidad de Energía, puede acelerar la incorporación de nuevas Tecnologías en reemplazo y/o lenta sustitución de las anteriores. **También es clave eliminar la “Variabilización de los Costos Fijos de Capital” en las Tarifas y cobrar un**

6 Como la recarga de la batería durante el proceso de frenado y la actividad de la batería como almacenamiento de Energía en la Red de Distribución (Valor económico de la mayor Productividad)

Cargo Fijo por el costo de Capital más cercano a la realidad, pues en caso contrario el cliente no tendrá interés en tomar medidas para incrementar su factor de uso, **–Productividad–**, en la Demanda, aspecto clave para compensar los costos incrementales de esta nueva etapa.

- 4) Cuando el volumen consumido de una forma o uso de Energía y el tiempo de amortización lo justifiquen, sería adecuado fijar unas primeras prioridades para un rápido incremento de las “Carbon Tax”, **con el fin de impulsar el desarrollo de alternativas Tecnológicas ya probadas en otros Mercados** que permitan comenzar los cambios en el ámbito de cada Energía útil y para cada Sector de Consumo, entre los que más emiten GEI en cada Sector.

El objetivo es recortar el volumen de Emisiones Comprometidas con la mayor Eficiencia Energética, es decir al Mínimo Costo. Las operaciones con Bonos de carbono deben realizarse entre particulares en un mercado libre, pero con regulaciones públicas que incluyan certificaciones y ser sometidas previamente a un Benchmarking para facilitar acuerdos entre el Estado y los particulares que participan como operadores y que en última instancia deben beneficiar a los usuarios.

- 5) Si las actividades que consumen una determinada y elevada cantidad de Energía en un dado Sector no son homogéneas en tecnologías, incentivar que se agrupen buscando que acuerden un común denominador de las **tecnologías de mínimo consumo** en el momento de la reposición de equipos, **para comenzar por resolver los problemas comunes en una primera etapa a los subsectores cuyos integrantes sumen un volumen significativo y permitan mayor eficiencia y una reducción más rápida y de menor costo unitario por cada tonelada de CO₂ eliminada o evitada** (Ejemplo: aislaciones térmicas para la construcción de residencias; Instalaciones y Procesos de un dado Sector Industrial). Son tareas que pueden llevarse adelante estableciendo un mercado en competencia en el cual los integrantes de cada actividad deban certificar sus emisiones y se asegure la colaboración entre Sectores industriales y Universidades en la certificación de los estándares utilizados.
- 6) Como se ha recomendado en el punto 4) anterior, los datos que surgirán de estos pasos deberán ser probablemente incorporados analizando experiencias internacionales **(Benchmarking)** porque ninguna Nación y menos una de mediano Desarrollo tiene capacidad para completar por sí misma el diseño de Tecnología óptima para seleccionar el orden de mejora de eficiencia de cada Energía secundaria y llevar adelante masivamente estos procesos.

Es aconsejable no incorporar incentivos económicos, excepto la reducción temporal de impuestos generalizada a las nuevas tecnologías a instalar en reemplazo de las anteriores. (Por lo menos eliminación del IVA e IB cuando se estén reemplazando equipos que no han llegado al fin de su vida útil.) Pero permitir que los precios de Mercado orienten las

decisiones, en tanto que los mecanismos de formación de precios sean transparentes y los mismos para los distintos sectores y tecnologías.

A pesar de ello, se reitera que en algunos casos puedan establecerse incentivos indirectos, financiando por ejemplo, con **“Créditos considerados Blandos para Argentina, pero normales en Mercados de Economía estable”⁷**, o sea, **—intereses reales positivos, con condiciones similares a los internacionales y a largo plazo—**, a quienes decidan incorporar determinadas tecnologías que ya se hayan probado en el exterior y se haya verificado que contribuyen a una reducción más significativa de Emisiones de GEI, pero a costa de inversiones iniciales de mayor magnitud.

7) En principio es visible que son solo 4 las Energías Secundarias con una Demanda totalmente diferenciada del resto (Representan el 84% del total de las 13 Energías Secundarias computadas). Los incentivos destinados a reducir emisiones, —si se decide incorporar alguno, como los que ya ha traído a Argentina el Banco Mundial—, deberían concentrarse al principio en esas 4 Energías:

- Motonafta
- Diesel Oil + Gas Oil
- Energía Eléctrica
- Gas por Redes

8) Por otro lado, 3 de los 6 sectores en que se ha dividido la Demanda, consumen el 80% del Total de la energía útil. (Transporte, Residencial e Industria). **Cada uno de ellos requiere tecnologías e incentivos diferentes**, —en especial cuando tienen larga vida útil—, que en muchos casos los avances en productividad y en Tecnología de los proveedores ya están suministrando.

9) Solo 2 de las 13 Energías Secundarias clasificadas son significativas (con más de 85% de participación) en 3 de los 6 Sectores de la Demanda.

En otros 2 Sectores de la Demanda, solo otras 2 (con más del 80% de participación) de las 13 energías secundarias son comparativamente más relevantes. En esos casos el sentido común indica que los incentivos para lograr mejoras de Eficiencia Energética deben concentrarse en esos Sectores de la Demanda.

7 Es decir donde solo se esté subsidiando desde el Estado la protección al prestamista contra decisiones arbitrarias o no previsibles del mismo Estado.

- 10) En total, **en solo 10 ítems de un cuadro de los 100 ítems⁸ que consolidan los consumos de cada tipo de energía por Sector, debe concentrarse la atención en reducir emisiones GEI.** De igual forma, **en 4 de las 13 Energías Secundarias analizadas sería importante realizar estudios con mayor profundidad**, en todos los casos para mejorar la eficiencia y reducir emisiones desde el lado de la Oferta.
- 11) Por último, el cuadro 2.12 muestra un total de 37 demandas registradas de los 6 Sectores en que se ha dividido la demanda, **pero de esas 37 solo 10 tienen relevancia.** Esto nos indica que muchas de las Energías Secundarias son utilizadas solo por algunos Sectores de la Economía, aspecto que podría concentrarse aún más por el paso a la Energía Eléctrica como fuente de Energía de muchos equipos, -no solo automóviles-, actualmente alimentados con fósiles.

Si bien este análisis destinado a asignar prioridades en los esfuerzos económicos destinados a reducir consumos, reducir emisiones e introducir nuevas Tecnologías requiere una mayor profundidad, siguiendo estas primeras reflexiones es posible comenzar a fundamentar algunas de las recomendaciones formuladas en el Capítulo VII.

El análisis de la Eficiencia Energética desde el lado de la Demanda puede ser encarado en forma simultánea, al analizar los consumos de las Energías secundarias por cada Sector o por medio de una concentración en algunos ítems que también surgen de este cuadro (Por ejemplo, la eficiencia térmica y la productividad del Capital en el acondicionamiento de la temperatura ambiente de viviendas y oficinas). En el Capítulo 5 se amplía el análisis de este tema.

2.8 Hidrógeno: Combustible en desarrollo sin emisiones.

El Hidrógeno (H_2), que califica dentro de las Energías Químicas (transformación de diferentes elementos químicos contenidos en determinadas sustancias, mediante reacciones químicas, generando energía accesible mediante un proceso que permite clasificarla como Energía Secundaria), es una gran esperanza como combustible alternativo a los fósiles (particularmente al gas natural), ya que es cercano a ellos, —para lo cual debería terminar de definirse la posibilidad o imposibilidad del aprovechamiento de partes de la infraestructura existente—. Los que apuestan por el uso masivo de Hidrógeno, han invertido millones de dólares en identificar la alternativa tecnológica más conveniente para su producción, transporte, almacenamiento y uso.

⁸ Debe recordarse que no se ha incluido el Hidrógeno, por ser reducido aún el volumen de utilización (El costo es elevado) y por no haberse definido la tecnología que se impondrá para su producción, transporte y almacenamiento. Pero las Tecnologías están reduciendo costos y las inversiones en este vector Energético son muy elevadas.

Prácticamente no emite gases efecto invernadero (solo vapor de agua, cuya vida media en la atmósfera es efímera, de aproximadamente sólo 10 días); pero no es un recurso energético, por cuanto no se encuentra aislado en la naturaleza, sino que es preciso producirlo a partir de otras energías primarias (como los fósiles, la biomasa, la nuclear o las renovables).

Desde poco después de 1800 se conoce la electrólisis del agua como método de producción de hidrógeno a partir de electricidad; y desde 1839 se conoce la celda de combustible como procedimiento electroquímico para convertir la energía del hidrógeno de nuevo en energía eléctrica. Por eso se destaca que el H_2 es un “Vector” que permite acumular y transportar energía, pero probablemente siempre a un costo superior al Transporte de la Energía Eléctrica en alta tensión.

Los primeros motores a combustión de hidrógeno aparecen en 1920 y el H_2 ha sido también un elemento de fundamental relevancia durante la carrera espacial en la década de 1960. Sin embargo, hoy encontramos que, a pesar de la cantidad de investigaciones en curso, todavía sigue siendo una alternativa energética en etapa de desarrollo, que no ha alcanzado su etapa comercial económicamente competitiva con las otras fuentes de energía disponibles; por lo que será necesario seguir esperando que las enormes inversiones en curso conduzcan en algún momento a su uso masivo, aunque algunas automotrices se han adelantado y han adquirido distintas patentes por considerarlo una alternativa. Ya circulan incluso prototipos de Vehículos Eléctricos alimentados con la Tecnología de “Fuel cells” en más de un país. Ómnibus, automóviles e incluso motocicletas.

Los siguientes comentarios tienen el propósito de evaluar con qué nivel de esfuerzo económico es posible esperar que se involucre capital privado en Argentina con el objeto de incorporar el Hidrógeno a su Matriz Energética.

La obtención de hidrógeno a partir de la combustión de combustibles fósiles (“Hidrógeno Azul” o “Hidrógeno Gris” según se capture el CO_2 generado o no) todavía no resulta una opción ni económica ni ambientalmente aceptable. Consumir un combustible fósil para obtener hidrógeno no parece ser la solución más económica hacia la reducción de los GEI, por más que se realice el secuestro del CO_2 generado. Ello es así por el consumo de energía requerido para su producción, que supera ampliamente al del consumo directo de gas natural con secuestro de CO_2 . Y menos aún si el Hidrógeno se destina a producir Energía Eléctrica en Celdas de Combustible.

El Hidrógeno producido a partir de electrólisis con energía eléctrica Renovable, es conocido como Hidrógeno “Verde”. Siempre puede ser almacenado, pero respetando condiciones que debe cumplir el recipiente para evitar fugas por la facilidad con que la molécula de H_2 puede traspasar paredes sólidas de diferentes estructuras moleculares.

Mediante “electrólisis”, las moléculas de agua se pueden descomponer para formar hidrógeno y oxígeno. Esta reacción química necesita de un aporte energético, que puede ser suministrado mediante energía eléctrica. Este hidrógeno producido puede ser consumido

en forma simultánea a su producción mediante “celdas de combustible”, que regeneran a su vez Energía eléctrica, o puede ser almacenado a presión, o en estado líquido, o mediante la conversión transitoria en hidruros metálicos. Esta alternativa hoy en día no resulta sustentable a menos que el H_2 se utilice como combustible para impulsar una turbina de Generación Eléctrica previamente utilizada con gas natural.

La obtención de hidrógeno a partir de biomasa es una opción ambientalmente aceptable (también denominada “hidrógeno Verde”), pero aún muy costosa por los requerimientos de tratamiento de los gases tóxicos y material particulado producidos, en comparación con otras alternativas; sin perjuicio de que se debe tener muy en cuenta en el aprovechamiento de residuos de la ganadería y de la agricultura, como así también en las fracciones orgánicas de los residuos domésticos.

También puede utilizarse un **Biocombustible** de primera generación, —como alcohol de caña de azúcar—, para producir H_2 a través de un proceso de “Reforming” y luego, en un proceso continuo, utilizar ese Hidrógeno en una “Celda de Combustible” para producir energía eléctrica a medida que se consume. Muchos de los ensayos ya mencionados en vehículos lo han sido por este proceso, que se encuentra aún en etapa de implementación comercial para asegurar que se lo podrá utilizar en forma económicamente sustentable. Sin embargo, y como ya se ha mencionado, algunas de las más grandes automotrices del mundo ya han comprado distintas patentes.

Por último, corresponde mencionar la producción de hidrógeno a partir de **Microalgas**, por fotosíntesis o ingeniería metabólica. Esta alternativa puede llegar a ser una revolución, pero aún se encuentra en etapas incipientes de desarrollo. Grandes Petroleras están investigando esta alternativa.

En síntesis, por no ser el hidrógeno una energía primaria, el desafío está en lograr que su Costo de Producción y Almacenamiento, sin fugas ni riesgos de inseguridad, sea lo suficientemente competitivo y sustentable respecto de las otras fuentes de energía.

Por lo tanto, **la producción de “hidrógeno verde” mediante electrólisis tendría futuro a partir del uso conjunto con energías renovables intermitentes**, evitando el costo de las principales externalidades de estas. Y dado que, una vez elaborado, puede regularse el momento de utilizarlo para producción de Energía Eléctrica, **si se reducen sus costos, será posible usarlo como un “acumulador”, para el momento en que la Oferta “Interrumpible”** no pueda abastecer a la demanda energética. Para ello aún resta mejorar las Tecnologías de la celda de combustible y la del almacenamiento del Hidrógeno, en cuanto a su peso, su costo y su vida útil, —en especial el **costo de las placas** de las Celdas de Combustible en las cuales se produce la Energía Eléctrica. Ese costo se está reduciendo por el desarrollo exitoso de nuevos materiales para producirlas.

Con respecto al potencial reemplazo del gas natural por el hidrógeno, aprovechando la infraestructura existente, no parece una opción de corto ni mediano plazo, en virtud de:

- a) las grandes cantidades que se requieren para dicho reemplazo y teniendo en cuenta que el contenido de energía del hidrógeno por unidad de volumen transportado es más de un 25% menor que la del gas natural (teniendo en cuenta la relación energía-densidad-compresibilidad);
- b) por su baja energía de activación (más de 20 veces menor que la del gas natural) y amplio rango de inflamabilidad (4 a 75% en aire), lo cual implica mayores e importantes requerimientos de seguridad;
- c) la necesidad de encontrar soluciones a la descarburación y fragilización que provoca en el acero al carbono (material utilizado en la construcción de los gasoductos) y
- d) su todavía elevado costo.

Todo lo expresado precedentemente son argumentos adicionales para retomar la opinión de que las Energías Renovables Aleatoriamente Interrumpibles, no encontrarán en el H₂ una fácil e inmediata solución para superar el 25% o 30% del total de abastecimiento de Energía que requiere toda sociedad Moderna, y que por ello es necesario seguir impulsando la investigación, dejando abierto el acceso al mercado de energía a nuevas tecnologías, **licitando volúmenes de Energía sin especificar el mix que deberá usar la oferta, pero manteniendo penalidades por ENS siempre proporcionales al Costo Social de las interrupciones. En una transición de esta magnitud, equivocarse al ofertar una tecnología o un mix de Tecnologías que afecta la economía nacional y el bienestar de las personas debe tener un costo y se sabe cómo calcularlo.**⁹

El problema de la eficiencia en el proceso de producción de Hidrógeno:

Algunos defensores del uso del Hidrógeno consideran que la reducida eficiencia en la producción por electrólisis a alta presión no tiene importancia, porque esa falta de eficiencia no es relevante al utilizarse Fuentes Renovables para producirlo. (Energía eólica o solar), que son de costo variable nulo y limpias.

Esta es una confusión conceptual grave por considerar que si no hay costos variables no hay costo. No se percibe que existen costos de oportunidad (Costos de Capital Fijos) y que, en las energías renovables, la casi totalidad de los costos son costos de capital más el costo de las externalidades **que deben ser recuperados y remunerados en el lapso de su vida útil.** Concretamente el Stock de Capital de toda la cadena de valor de la energía eléctrica representa en Argentina un sexto (1/6) del Stock de capital total neto de amortizaciones, el cual alcanza a unos 1.200.000 millones de US\$, -1,2 Billones de US\$-. O sea que el stock

⁹ El Banco Mundial y Empresas de gran magnitud como Endesa España y Enel de Italia han desarrollado por lo menos dos metodologías desde hace más de 3 décadas.

de la infraestructura de las cadenas de Energía Eléctrica y Gas natural podría alcanzar aproximadamente medio PBI de Argentina. **Y este valor del Stock** de Yacimientos de Gas, gasoductos, Centrales de Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, (200.000 millones US\$) no sería menor (Probablemente bastante mayor) si toda la infraestructura Energética fuera Renovable y **se incluyeran todos los costos e inversiones asociados a las Externalidades de las dos principales renovables, Solar y Eólica que los inversores en renovables van a estar obligados a realizar.**

Por lo expuesto, se considera que la lentitud en el desarrollo del hidrógeno como fuente de energía de uso generalizado obedece a diversas causas ya mencionadas. En resumen:

1. No es una fuente de energía primaria, sino más bien un portador de la misma; producido a partir de otras fuentes de energía, pero aún con altos costos de producción y acondicionamiento,
2. Producción no competitiva por electrólisis (por su baja eficiencia),
3. Gas incoloro, inodoro y de “energía de activación” significativamente más baja que la del gas natural (1 a 20) y un rango de inflamabilidad mayor (7 a 1 aprox.), indicadores que lo hacen un combustible muy explosivo y por ello más peligroso que el gas natural,
4. Difícil de acumular ya que para licuarlo se requiere de muy bajas temperaturas (-253°C vs -160°C del gas natural),
5. Necesidad de encontrar soluciones económicas a la descarburación y fragilización que provoca en el acero al carbono (material de los gasoductos) y
6. La opción de utilizarlos en celdas de combustibles requiere alta pureza para no “tapar” las membranas de intercambio iónico y las membranas en sí son caras, (por el momento) por los componentes hasta ahora metálicos requeridos para elaborarlas. Si bien se están ensayando, con buena expectativa, plásticos especiales.

2.9 Bioenergía.

Es la forma de energía renovable que ha acompañado al hombre a lo largo de su historia. El manejo del fuego por el ser humano lleva cientos de miles de años y el poder capturar fuegos de la naturaleza y controlarlos para beneficio humano debe considerarse el inicio de la bioenergía. Se produce a partir de la quema de materia orgánica en distintas formas y por distintos métodos. Esta materia orgánica surge de plantas o animales, sus restos y residuos y permite el cierre del ciclo de carbono (CO_2), reduciendo la concentración de este gas en la atmósfera. Además, existe un gran potencial de disponibilidad de estos recursos en nuestro planeta, —mayor que el actual, porque algunos manejos de la tierra han conducido a la erosión y a veces, posterior desertificación de orden del 40% de la superficie terrestre.

También en este caso, el texto incluido a continuación servirá de base a las conclusiones y recomendaciones sobre la inclusión de la Biomasa en la Matriz Energética de Argentina, siendo de destacar que es hasta ahora la fuente renovable más importante de nuestro país y probablemente lo seguirá siendo impulsada por la reconversión de los operadores de “Downstream” de Fósiles.

En las clasificaciones actuales de la energía podemos encontrar una división entre la **“bioenergía tradicional”** y la **“moderna”**. La suma de ambas sigue siendo la forma más importante de energía renovable, tanto en la matriz energética global como en la de Argentina.

La **“bioenergía tradicional”**, es en muchos casos, poco sostenible para las personas o los ecosistemas y por esta razón existen iniciativas para su sustitución, en las regiones donde es la principal fuente de energía doméstica. El caso más conocido es la quema de heces deshidratadas o madera de deforestación no sustentable en África y Asia como combustible para la cocción y calentamiento de agua en hogares de muy bajos ingresos. Existen programas, en casi todos estos países, para sustituir estos usos —que generan ceguera infantil y otras enfermedades crónicas (en virtud de los productos de la combustión, tales como el material particulado y ciertos gases tóxicos)— por usos más eficientes y sostenibles de la energía. En muchos casos manteniendo incluso a la biomasa como su fuente de energía primaria.

Además de la clasificación explicada en los párrafos anteriores, la bioenergía puede clasificarse según las propiedades de la biomasa. Una primera propiedad es su contenido de humedad, por lo tanto, la quema directa es apropiada para aquellas con bajo contenido de humedad y por el contrario, la fermentación anaeróbica y otros procesos químicos son los más adecuados para la transformación de la biomasa húmeda en una fuente de energía. Por lo tanto, la biomasa húmeda (RSU¹⁰ fracción orgánica, residuos agroindustriales o cultivos energéticos, etc.) genera biogás al ser digerida anaeróbicamente. Es decir que puede suplantarse en parte a los fósiles.

Entre los usos históricos de la bioenergía que han ido evolucionando a lo largo de milenios es importante citar la producción de cerámica y porcelana, la metalurgia, la destilación de trementina y alcohol, etc. Muchos de estos usos siguen siendo importantes hoy, regresando a su uso en algunos casos en aquellas industrias que requieren bajar sus emisiones de CO₂. También los primeros automóviles funcionaron con biocombustibles cuando los automovilistas no conseguían la “benzina” o “ligroin” recomendados por el fabricante y solo tenían acceso a los productos de una “Apoteca” como el alcohol o la turpentina. El primer diseño de Ford usaba el alcohol de grano de las destilerías de campo (que serían perseguidas por la ley seca) como su combustible.

10 RSU, FRACCIÓN ORGÁNICA

La bioenergía se clasifica hoy de distintas maneras. **Según su uso:** generación de energía eléctrica, combustibles para transporte (biocombustibles de primera generación y avanzados), energía para uso residencial y para uso industrial. En el caso de los biocombustibles sus formas más conocidas son el Biodiesel y el Bioetanol, que actualmente se utilizan mezclados en distintos porcentajes con el Diesel y la Nafta respectivamente, aunque pueden utilizarse al 100%. Entre los biocombustibles avanzados se encuentran el biojet, el diesel verde, que son conocidos como “Drop-In fuels” o combustibles de diseño.

El biodiesel tiene una vida útil acotada (por degradación, en virtud de la presencia de ésteres y glicéridos) y tiene limitaciones para su uso en lugares de bajas temperaturas (por solidificación de estos 2 componentes). Respecto del bioetanol también podemos señalar que algunos subproductos de la fabricación deben ser tratados y utilizados, para que no se conviertan en materia contaminante.

También debe tenerse presente su costo, que, con las actuales tecnologías y productividad de las plantaciones, es superior a los fósiles a los cuales reemplaza.

A partir del crecimiento acelerado de la industria de los biocombustibles de la primera década del año 2000 se inician distintos **debates respecto a la competencia en la asignación de la tierra cultivable para producir alimentos o energía**. También sobre otros cambios en el uso de la tierra, deforestación, eficiencia energética y muchos otros más. **Estos debates han permitido el desarrollo de sistemas de análisis de las cadenas de valor, desde el origen de la materia prima hasta el consumo final, permitiendo determinar el nivel de sostenibilidad de cada cadena, tanto de manera cualitativa como cuantitativa, por ejemplo, en cuanto a sus emisiones netas de GEI en relación con la unidad de producto final.**

El análisis de fortalezas y amenazas de cada forma de bioenergía es complejo debido a que cada fuente de materia prima, cada proceso de transformación y cada uso final tienen características diferentes, y muchos de estos están en acelerada evolución. Sin embargo, desde la óptica de la transición energética analizado en este estudio, **algunas formas de bioenergía pueden contribuir a mejorar el perfil de emisiones de los combustibles fósiles y compensar una parte de estas a partir de los cultivos y de la Captura de CO₂ por los suelos en los que estos se producen, permitiendo así que Argentina pueda desarrollar, —en forma complementaria—, sus recursos naturales, como, por ejemplo, sus reservas de gas natural, logrando un alto nivel de mitigación de emisiones a partir del desarrollo simultáneo de los ecosistemas naturales y cultivos mediante los cuales se puedan lograr efectos beneficiosos y cuantificables en relación con su efecto sobre el cambio climático.**

Existen naciones (Brasil) en las que gran parte de los fósiles para uso en motores de combustión interna se han substituido por alcohol de caña de azúcar. En otros países, (EE. UU.) se cruza en menor proporción nafta de origen fósil con alcohol, el que tiene como origen la fermentación del maíz. Por ello ha surgido el debate sobre la competencia con los alimentos.

“La Bioenergía y su multiplicidad de formas de presentación y uso sigue siendo la principal fuente de energía renovable de la humanidad y es vista como una de las mayores oportunidades para la transición energética y un futuro libre de emisiones a partir de 2050 (Informe Especial del IPCC de 1,5°C, 2018)”

2.10 Enfoque simultáneo de las Cadenas de Valor de la Energía Eléctrica y el Gas Natural.

Se considera que no será posible completar la transición en una fecha anterior al año 2050 con emisiones Totales netas igual a cero de GEI. El mayor emisor del mundo, China, la fija para 10 años más tarde, 2060, plazo suficiente para amortizar, por ejemplo, los 270 GW a carbón que tiene actualmente en proyecto y construcción¹¹. India no lo ha definido aún, pero ha dejado interpretar con sus estudios que su fecha para la Neutralidad de Emisiones GEI es 2070. Considera que, por equidad, primero debe desarrollar su economía, como antes lo hicieron las Naciones que iniciaron su crecimiento industrial hace 2 siglos.

Pretender hacerlo en un plazo menor implicaría en casi todas las Naciones, hundir infraestructura en condiciones de uso equivalente a una porción significativa de su PBI y de su Stock de Capital, además de crear con gran esfuerzo económico para reemplazar plataformas industriales alimentadas actualmente por fuentes fósiles para producir Calor y Trabajo Mecánico, por equipamiento eléctrico quedando capacidad ociosa en equipos no amortizados en caso de pretender concretar una transición en muy pocos años que tampoco podría ser financiada por insuficiencia de crédito, —y en consecuencia mayor costo del mismo—, dentro del período de utilización asignado.

Ningún País puede paralizarse hasta que la Transición se haya completado. Por ello debe planificarse teniendo en cuenta las vidas útiles de los equipos que transitoriamente se incorporan a cada sector industrial, porque en diferentes sectores y regiones geográficas aún no existe Tecnología disponible para su electrificación y las empresas deberán efectuar en sus libros amortizaciones aceleradas que deberían ser admitidas por los Organismos concentrados en la recaudación impositiva del Estado.¹²

En el caso de Argentina, la velocidad adecuada para los plazos de introducción de Tecnologías que permitan un proceso de Electrificación rentable es clave, por la incapacidad de acceso a crédito internacional y para no perder puntos adicionales de un PBI per cápita que ya hoy es inferior al de 1974 y al de 1998. **Cuanta menos inversión requieran los primeros años de la Transición, más eficiente será la misma. De allí la recomendación de**

¹¹ Cabe comparar esta decisión con la construcción entre 2005 y 2010 de 200 GW de ciclos combinados a Gas en EEUU que reemplazaron igual cantidad de centrales a Carbón.

¹² Es probable que en las próximas reuniones COP se establezcan normas globales para igualar a todas las Naciones en este tema.

comenzar por el uso del Gas No Convencional compensando parcial o totalmente en origen sus emisiones por SBN, en los porcentajes requeridos para cumplir con los compromisos acordados internacionalmente de reducción de Emisiones.

Por otra parte, la capacidad de construcción de Nuevas Tecnologías Renovables en la Oferta y Tecnologías de la Demanda que permitan Electrificar operaciones que hoy consumen Fósiles con una mayor cantidad de Emisiones, avanza lentamente por no haberse completado aún en cada caso su desarrollo en gran escala con costos reducidos y sin externalidades, que aseguren que los primeros inversores no perderán dinero cuando salgan al mercado sus competidores con las siguientes generaciones de esas mismas o similares tecnologías para la Electrificación de Operaciones Industriales.

Por otro lado, los gobiernos no autorizarán trasladar a tarifas el costo de puesta en marcha de sustituciones masivas de tecnología de Generación Eléctrica, por lo cual, a menos que las financien los Gobiernos, —Argentina y también algunos países de elevados ingresos no tendrán como hacerlo—. Las Utilities, los grandes Fondos de Inversión y Fondos de Pensión, no aceptarán participar en la financiación de estos cambios a menos que las Empresas y sus accionistas, —Jubilados y sus Fondos de Pensión en muchos casos—, no se vean obligados a enfrentar pérdidas económicas por ello.

Pero cabe destacar que, por ahora, existen para Argentina 3 ventajas poco frecuentes:

- 1) Antigüedad elevada de las Tecnologías y muchas líneas de producción que utilizan Fósiles, tanto en la Oferta como en la Demanda. Ello permite hundir activos que de cualquier forma ya sería necesario renovar con un costo menor que otros países.
- 2) Disponibilidad abundante de gas natural, la Fuente Fósil con menores Emisiones GEI y un costo de producción a largo plazo varias veces inferior en este momento que en las Naciones desarrolladas.
- 3) Posibilidad de retrasar parte de la transformación industrial en base a la ventaja ambiental que tiene Argentina como consecuencia de lo expresado en el Punto 2) previo.

Argentina cuenta con el beneficio de disponer de uno de los dos yacimientos más importantes del mundo del combustible fósil con menor cantidad de emisiones de GEI y otros componentes que son responsables del Cambio Climático: el gas natural “No Convencional”.

Es posible estimar que, si los usos de carbón para generación de energía se convirtieran masivamente a gas, en equipos de alta eficiencia en todas las naciones donde aún se utiliza este recurso fósil (casi 40% de las emisiones del mundo) y con ese gas se produjera energía eléctrica, no sólo para sustituir a la Generación Eléctrica y la Producción de calor con carbón, sino también para pasar rápidamente —por ejemplo, en menos de 2 décadas— a movilidad eléctrica todo el transporte de las naciones, el mundo estaría mucho más cerca

del “equilibrio entre emisiones y secuestro” de lo que ha estado nunca en los últimos 80 años, desde que comenzó el uso creciente de combustibles fósiles.

El reciente informe anual emitido por la IEA señala que **en 2050 todavía se continuará utilizando una cantidad de gas natural significativa, en tanto que el carbón, actualmente responsable del 40% de las emisiones de GEI habrá dejado de utilizarse.** Algo similar se estima que ocurrirá con los fósiles líquidos, según declaran últimamente las mayores petroleras del Mundo Occidental, comprometidas en substituirlos por fuentes de Energía no contaminantes o a lo sumo por gas natural a pesar de las crecientes restricciones a la financiación de la prospección y Extracción, restricciones que se han reflejado en un considerable incremento de precios.

Por estas razones y para asegurar a la población que Argentina será uno de los mayores y más inmediatos contribuyentes a la reducción global de GEI, **es conveniente acompañar el desarrollo y la instalación de energías renovables, más baterías con grandes capacidades de almacenamiento —en caso que sea posible bajar su costo— y también de otros mecanismos de reducción de emisiones hoy en desarrollo, con disponibilidad abundante de gas —“el combustible de la transición”—** aquí y en gran parte de las naciones desarrolladas, incluso aquellas que se ven obligadas a importarlo. **Con una condición adicional: Todas las emisiones del uso actual y de los incrementos de producción de gas natural para nuevos usos y de la parte creciente año a año de lo que ahora ya se produce, debería estar acompañada por la planificación y selección de las áreas en las cuales serán Secuestradas todas las Emisiones posibles por las “SBN”, con los mecanismos propuestos en los Objetivos de este trabajo.**

Por lo expuesto, toda proyección sobre la expansión de la oferta de generación eléctrica debe incluir el estudio conjunto del abastecimiento necesario de gas para este tipo de Energía y para los usos Industriales de mayor eficiencia, además de planificar y comprometer a toda la Demanda a una reducción de emisiones proporcional a la asignada a Argentina en cada año de la Transición, —en base a programas de incremento de Eficiencia Energética y a la contratación a Largo Plazo de Gas y de desarrollo de SBN, con el fin de estabilizar los precios y en conjunto con el desarrollo de “Soluciones basadas en la Naturaleza” asegurar los niveles de reducción por captura de las emisiones de CO₂—, **dado que ningún consumidor podría eludir el porcentaje anual de reducción de GEI previamente planificado y acordado con su respectivo sector, el cual debería responder a las regulaciones que se establezcan para asegurar el cumplimiento de los acuerdos de reducción de Emisiones anuales hasta 2050.**

Estas inversiones deben tener **las Garantías suficientes de Organismos Multilaterales—, con la convicción que la producción de Energía Eléctrica será el primer destino del gas en esta Transición** y por ello es necesario tener bajos Costos de Capital para el gas y la electrificación, lo que permitirá a Argentina substituir con una gran reducción de emisiones y de Costos, a otras energías secundarias, en especial fósiles, pudiendo compartir así, —junto

con un reducido conjunto de naciones—, el liderazgo en esta transición sin riesgo de afectar el crecimiento, como les ocurrirá a otras Naciones que no cuentan con este recurso.

Cabe reiterar nuevamente que esta transición debe incluir además incentivos a la Exportación de gas en forma creciente, siempre que sea posible hacerlo con “Emisiones compensadas en origen por medio de SBN y por ello Nulas en el uso final” del gas natural exportado, en base a los métodos de SBN mencionados y como una herramienta más destinada a garantizar la sostenibilidad macroeconómica de Argentina en los próximos 30 años.

Por último, la disponibilidad de gas sin restricciones de volumen ni costo hasta más allá de 2050 permite también a nuestro país y a las industrias instaladas en él, **postergar las inversiones necesarias para esta transición**. El acuerdo de París tiene metas que Argentina se ha comprometido a cumplir, pero sabiendo que el Acuerdo deja en libertad a cada Nación para elaborar su propio Plan para lograrlo¹³. Argentina puede alcanzar su cupo comprometido de emisiones antropogénicas netas nulas **antes de 2050** con solo cambiar a gas el uso de otros fósiles que aún se utilizan y concretar la CCS por medio de Soluciones Basadas en la Naturaleza, como se propondrá en el Capítulo 3 siguiente.

13 Esa libertad para seleccionar el mix de Tecnologías y acciones es la denominada CND (Contribución Nacional Determinada)

Estrategia para la Transición Energética de Argentina para “Cero Emisiones Netas” al 2050, sobre la base del uso de SBN

3.1 El Ciclo de la Vida en la Tierra y las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” (SBN), para el Secuestro de CO₂ y otros GEI.

Este capítulo se ha concentrado en mostrar y fundamentar las ventajas de Argentina desde el punto de vista biológico, para encarar la transición hacia un ambiente y hacia formas de energía más limpias. Pero previamente se ha considerado necesario mostrar cuáles son los procesos biológicos y físico químicos naturales que desde hace cientos de miles de años conforman el denominado “Ciclo de la Vida”, en el cual la molécula de CO₂ ha tenido un rol central en el desarrollo de todas las formas de vida vegetal y animal sobre la tierra.

Hemos percibido que quizás por desconocimiento, se destaca en distintos estudios solo el rol negativo de las emisiones de GEI, sin aclarar que las mismas existen desde el origen de la tierra en un ciclo de sucesivas y continuas reconversiones y que las cifras que ha agregado el hombre a partir de la revolución industrial, no son hoy más que el 5% del Total anual que en forma permanente se emiten por procesos naturales autónomos y son absorbidas luego por la naturaleza cada año, **sin que tenga nada que ver en ello la acción del hombre.**

El problema que preocupa a la ciencia es la cantidad creciente de emisiones antropogénicas surgidas luego de la revolución industrial¹, las que han conducido a un desequilibrio en relación con la situación anterior y ese desequilibrio, que representa anualmente más del 2 % de las emisiones Totales de CO₂, debe ser neutralizado, como así también **el stock de lo ya emitido hasta ahora en exceso, stock que es lo realmente riesgoso porque representa**

¹ Y en especial desde mediados del siglo XX

40 veces las emisiones netas anuales hoy excedentes, las que la vegetación y los océanos ya no pueden absorber y que por eso deben ser llevadas a un “Neto = 0” antes de 2050.

Los gobiernos de las principales naciones han acordado hacerlo con el límite mencionado en el año 2050. En ese momento se volvería al equilibrio del “Ciclo de la Naturaleza”, **absorbiéndose ya desde antes de esa fecha** y también en forma posterior, **parte del creciente stock hoy existente en la atmósfera**, para asegurar que no estaremos en una situación donde cualquier desbalance de emisiones transitorio ponga en riesgo la vida, —o la calidad de vida—, vegetal, animal y humana tal como la conocemos.

Hace miles de millones de años, la masa de la tierra, —que era un conjunto de compuestos inorgánicos en estado de fusión por haberse desprendido en ese estado de la masa del sol—, comenzó a enfriarse lentamente pasando al estado sólido y dejando una masa gaseosa atraída, —como toda la materia que está en el espacio—, por la fuerza de gravedad, en este caso de la Tierra. La masa gaseosa era fundamentalmente una combinación de Dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), nitrógeno (N_2), vapor de agua (H_2O) y otros gases y por lo que sabemos, en ese ambiente no se había podido desarrollar la vida evolutiva tal como hoy se conoce.

Al iniciarse el proceso de Fotosíntesis los gases que componían la atmósfera primitiva y en especial el CO_2 , comenzaron a formar, con la participación de la energía del Sol, vapor de agua y moléculas de clorofila, las estructuras celulares de los primeros organismos vivos.

Este proceso continuó aceleradamente hasta que la superficie de la tierra se cubrió de plantas primero y luego de distintos animales. A su vez plantas y animales tenían un ciclo de vida, al final del cual sus restos se transformaban nuevamente, emitiendo el CO_2 que habían absorbido de la atmósfera para formarse y agua. Éste CO_2 , a través del proceso de fotosíntesis mencionado, es decir a través de la energía de los rayos del sol combinados con la molécula de dióxido de carbono y agua y la clorofila como procesador, comenzaba una nueva etapa del ciclo, permitiendo el crecimiento de la biosfera, estableciéndose progresivamente un ciclo de vida en la superficie de la tierra que fue el que permitió primero a los animales y después a los hombres, alimentarse y hacer uso del ciclo propio de vida de cada especie.

Este ciclo circular, ha tenido un balance desparejo durante millones de años. En un principio la absorción del CO_2 para conformar células orgánicas vegetales fue reduciendo la cantidad de CO_2 de la atmósfera, convirtiéndolo en las cadenas de Carbono que formaron los seres vivos y devolviendo a la atmósfera el Oxígeno necesario para hacer posible la vida de la mayor cantidad de las actuales especies animales y de los seres humanos. Por supuesto que también cambió el clima sobre la tierra, la humedad conformó los mares y permitió estabilizar la temperatura de la superficie de la tierra, hasta que fue posible la vida, en especial del hombre, que se ha desarrollado e incrementado sus funciones hasta llegar al actual nivel de habilidades y conocimientos.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

Como hemos mencionado y veremos en este capítulo III y en los subsiguientes, todas las naciones están haciendo esfuerzos para determinar cómo evolucionará su propia demanda de energía en sus distintas formas, tratando de asegurar la “Transición Energética” hacia las formas más eficientes y por ello con menos emisiones de GEI.

La Transición de la que trata este texto, implica analizar la información disponible para comprender cuál será la evolución más probable de la demanda de energía; como se logrará hacer más eficientes o cambiar o mejorar todos los procesos cuando ello permita reducir esa demanda; **estimar las inversiones necesarias** para llevar adelante la transformación; definir las nuevas Reglas de Juego que impulsarán al sector industrial, comercial y a las familias a participar tanto de la transición como del incremento de eficiencia en cada proceso y por último, **definir las fuentes del mix de recursos financieros con los que esta transición podrá ser pagada, sabiendo que no será fácil derivar de los mercados de capitales y en solo 28 años el equivalente a 2 PBI mundiales.**

Hace algo más de dos siglos, una serie de hechos políticos y descubrimientos técnicos condujeron al inicio de la revolución industrial, cuyo recurso central era la energía, para poder llevar adelante los trabajos para los cuales ya no era suficiente la fuerza de los animales ni del hombre y tampoco la fuerza hidráulica, el fuego y el viento, utilizados en algunas manufacturas familiares desde hacía miles de años.

Pero en especial durante los últimos cerca de 100 años, la utilización como fuente de energía de los combustibles fósiles, condujo en forma lenta pero continua a una situación inversa a la precedente, en cuanto a que, **en lugar de existir un volumen excedente de CO₂ que se iba reduciendo paulatinamente, por la absorción natural que permitía el desarrollo de organismos vivos en la superficie de la tierra y en el mar, la actividad del hombre, —en especial en la industria y luego en el transporte durante el siglo XX—, comenzó a revertir ese fenómeno,** conduciendo a que el ciclo natural de vida no fuera ya posible, porque primero se neutralizó y luego comenzó lentamente a ser excedentario el CO₂, como consecuencia de sumarse al ciclo natural, la actividad industrial y la búsqueda de confort de los seres humanos, los que además se multiplicaron más rápidamente que en cualquier época anterior.

Estos excedentes, comenzaron a acumularse crecientemente en la atmósfera durante el siglo XX a medida que el volumen total de emisiones de CO₂ crecía con la mejora del estándar de vida de la población. Hoy, el stock acumulado que no ha podido ser absorbido por la naturaleza, alcanza a 860 Giga Toneladas de CO₂ y **en esta década se están acumulando alrededor de 20 Giga ton. de CO₂ netas adicionales cada año.** Este saldo residual anual de emisiones sería de escaso riesgo, —aunque igual sería necesario eliminarlo—, si no fuera por el volumen de stock ya alcanzado.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

En el cuadro siguiente, (Cuadro 3.1) se muestra un balance promedio anual integral de emisiones y secuestro de CO₂ de los últimos 10 años.²

CONCEPTO	EMISIONES [Gtn de CO ₂]	SECUESTROS [Gtn de CO ₂]
Emisiones asociadas al ciclo de vida de la naturaleza	771	
Emisiones antropogénicas de combustibles fósiles	35	
Emisiones por el uso antropogénico incorrecto del suelo	6	
Absorción natural por los océanos (hasta profundidad de 200 m)		337
Absorción natural por el suelo, las plantas, pasturas y forestación		454
TOTALES	812	791
Total Neto fugado a la atmosfera anualmente	21	
STOCK ACTUAL CO₂ ACUMULADO EN LA ATMÓSFERA: (Origen del “Efecto Invernadero” y consecuentemente del “Cambio Climático”)	860	

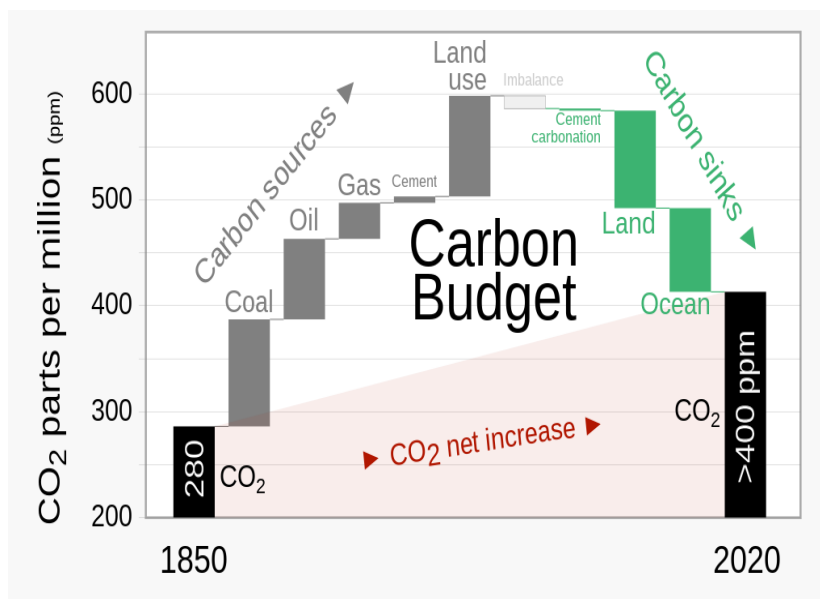
Cuadro 3.1 Balance Global de Emisiones y Secuestros de CO₂

En el **cuadro 3.1** superior se muestra el balance anual de emisiones de CO₂, tanto antropogénicas como naturales. Como se ha mencionado, es posible advertir que, si bien las Emisiones Antropogénicas son de 41 Gt anuales, el total de Antropogénicas fugado actualmente a la atmósfera e incorporado al Stock cada año, es de solo 21 Gt, es decir aproximadamente el 2,6 % de las emisiones totales que son de algo más de 812 Gt.

En el cuadro 3.2 se puede ver con mayor detalle el aspecto central, que es la acumulación neta de Stocks desde 1850.

² En Gt de CO₂

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN



Cuadro 3.2 Acumulación de CO₂ desde 1850

Fuente: Global Carbon Budget © GCP 2001-2021

Si nos concentramos en las emisiones de CO₂ originadas por los combustibles fósiles exclusivamente, en la figura 3.3 podemos ver la evolución desde 1800 y observar que recién hacia 1950 el crecimiento de consumo de energía en el mundo conlleva a un crecimiento significativo de las emisiones de CO₂, a razón de un promedio de 30% cada 10 años, con picos de más del 50% en las décadas de 1950 y 1960.

Ahora bien, como se puede ver en el referido gráfico, el carbón ha sido y sigue siendo el combustible que más CO₂ genera alcanzando un 40% del total, en tanto que el petróleo y sus derivados un 32% y el gas natural un 21%. Por lo tanto, si se reemplazase el carbón por gas natural (particularmente en la generación de electricidad) se reducirían las emisiones de CO₂ en un 45% aproximadamente, lo que representaría unas 6,5 Gt CO₂. Objetivo este que debería estar incorporado a la Transición Energética, como complemento al desarrollo de las Renovables, que ya de por sí tiene el desafío de cubrir el crecimiento de la demanda energética.

CO₂ emissions by fuel or industry type, World

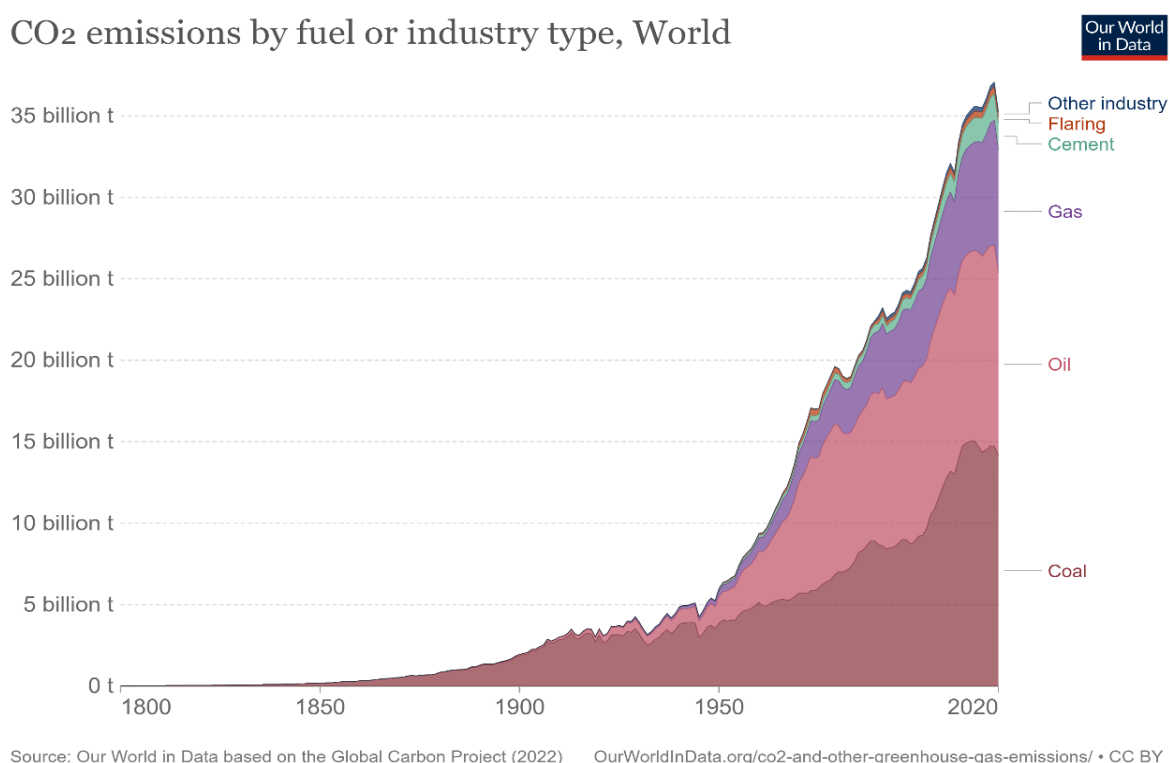


Figura 3.3 Acumulación de CO₂ desde 1850

Fuente: Our World in Data (basado en datos de Global Carbon Project)

En todo plan que se formule para los años futuros estas 20 o más Gt anuales van a desaparecer como máximo en el año 2060. Pero cabe preguntarse qué otros cambios están siendo vistos como necesarios:

- 1) En primer lugar, la necesidad de no agregar más emisiones no capturadas al Stock existente y comenzar a capturar una parte creciente de las emisiones antropogénicas totales, para comenzar a mantener constante o reducir el stock actual, 40 veces mayor que las emisiones netas anuales fugadas a la atmósfera y el real origen del efecto invernadero.
- 2) Por otro lado, se va a tener que incrementar la captura por parte de los sistemas naturales terrestres más que por sistemas naturales relacionados con el mar. El motivo es que la captura por parte del mar es ya inferior por km² que la correspondiente a los sistemas terrestres y porque la superficie del mar está además hoy bajando su pH y así acidificándose, por lo que hay que reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera para evitar o reducir lentamente el intercambio entre la atmósfera y la superficie marítima. El mar ha reducido su capacidad de secuestro. (Pero hay estudios que demuestran que sería posible recuperarlo porque de su profundidad media de 4.500 m, sólo los 200 superiores han absorbido un contenido importante de CO₂).

- 3) Un aspecto clave es concentrar los mejores profesionales en la investigación científica, para mitigar las emisiones y aumentar el secuestro de carbono a partir de la fotosíntesis en los ecosistemas terrestres. Potenciando así las **Soluciones Basadas en la Naturaleza**. Eso podrá lograrse mediante la restauración de ecosistemas, la mejora en la agricultura, etc. La falta de conocimientos Biológicos es un problema casi inexistente frente a los que plantea el desarrollo de nuevas tecnologías renovables de Generación Eléctrica sin externalidades y con bajos costos de construcción y de O & M.
- 4) En cuanto a la ganadería, tema muy debatido por razones que no siempre son científicas, es posible lograr sistemas productivos que no provoquen deforestación ni degradación de ecosistemas al tiempo que se promueve la mitigación de emisiones y el secuestro de carbono en suelos por el adecuado manejo de pastizales, cultivos, rodeos, estiércol y otros productos y servicios que generan y/o incorporan en su cadena de valor.

Pero también podrá contribuir la utilización de tecnologías para recuperar zonas desérticas o degradadas y permitir que las mismas se conviertan en ecosistemas adecuados al clima local y que produzcan bienes y servicios ecosistémicos (granos, carnes, maderas, frutas, agua y aire limpio, etc.). Ambos usos son también mecanismos de captura de CO₂, además de facilitar la alimentación de una población mundial en expansión.

En la figura 3.10 (incluida más adelante), se ha incorporado un gráfico donde se muestra el ciclo anual de emisiones y absorción de carbono, —tanto naturales como antropogénicos—, que tiene lugar día a día entre el suelo, las plantas, los animales, el hombre y la atmósfera, mostrando también la transición del CO₂ capturado en la tierra y emitido en los procesos naturales que hemos descripto. La misma explica con claridad en forma gráfica, tanto los valores relacionados con las emisiones y la absorción natural y el ciclo de vida de los seres vivos, como los de las emisiones originadas en la actividad del hombre (antropogénicas), tanto en el uso de fósiles para generar calor y/o energía en sus distintas formas, como también en labores rurales y el manejo de la tierra.

3.2 Diseño de la Transición Energética Argentina al 2050.

Todas las naciones deberán hacer esfuerzos para alcanzar la meta de “emisiones netas cero” en 2050. Pero si se acepta que estamos hablando de “emisiones netas” y que ello implica considerar no sólo la producción de CO₂ enviado a la atmósfera, sino también la captura del mismo CO₂ por distintos métodos. Argentina tiene ya una posición privilegiada por el actual saldo neto de Emisiones y Captura y esta situación puede mejorar aún más en pocos años si se tienen en cuenta los mecanismos de captura de CO₂ por medio de **“Soluciones Basadas en la Naturaleza”**, además de las restantes alternativas de CCS por métodos físico – químicos ya conocidos desde hace muchos años, pero de mayor costo y por ahora, mayores dificultades de instrumentación.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

Su gran extensión territorial, escasa población, clima templado disponibilidad de agua en ríos y napas y más de 150 millones de hectáreas aptas para la agricultura, las pasturas y la forestación, permiten suponer que la captura y secuestro de carbono por medio de “soluciones naturales”, permitirá que nuestro País alcance la neutralidad de las emisiones GEI dentro del plazo comprometido y **con costos operativos e Inversiones menores que otras Naciones**, siendo además factible, —como se ha establecido en los Objetivos de la Transición propuestos en el capítulo I—, colaborar con otros países para que puedan alcanzar sus propias metas de “emisión neta cero” no más allá del 2050.

Entre los antecedentes a tener en cuenta, **este capítulo se ha concentrado en mostrar las ventajas de Argentina desde el punto de vista biológico**, para encarar el camino de la transición hacia un ambiente más limpio y formas de energía también más limpias, por medio de las condiciones naturales mencionadas en el párrafo anterior, que lamentablemente hasta ahora, y pese a su relevancia en el debate por el cambio climático de los últimos 15 años, no han tenido la consideración que merecen. En los próximos capítulos procuraremos mostrar como **este camino puede contribuir a reducir la Intensidad energética y las Emisiones Antropogénicas con un menor costo que por medio de otras Tecnologías**, por lo menos en su nivel de desarrollo actual.

- Argentina. Principales Sectores/Procesos emisores de GEI (Toneladas de CO₂ Equivalente por año y Porcentaje)³

En mediciones basadas en normas vigentes hasta hace pocos años, el total de emisiones de Argentina era de 370 Millones de Tns. de CO₂ por año, con la siguiente distribución:

- Emisiones actuales provenientes de usos energéticos:

195 millones tCO₂e (53% del Total de 370)

- Emisiones de otras fuentes (agrícolas, ganaderas, etc.):

144 millones tCO₂e (39% del Total)

- Procesos Industriales: 4 millones tCO₂e (4% del Total)
- Residuos: 4 millones tCO₂e (4% del Total)

Es importante tener presentes que estos números muestran datos solapados de distintos sectores económicos. Por ese motivo, para analizar las emisiones de los distintos sectores,

³ Los datos de Emisiones corresponden a los valores existentes previamente a una revisión concretada entre 2020 y 2021. Mediante esa revisión técnica, se redujo el total de 370 Mill Tns. CO₂ como Emisiones oficiales de Argentina, proveniente de combustibles fósiles, a un valor aproximado a 170 Mill Tns. CO₂.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

es conveniente consultar la figura 3.7, en la cual están desagregados los distintos sectores con mucho más detalle.

Estos cuatro grandes grupos mencionados en el párrafo anterior, —en realidad sólo dos grandes grupos, el primero y el segundo—, provienen de la figura 3.6 y muestran sólo los principales ítems del Balance nacional.

Argentina. Emisiones de CO₂ por combustibles fósiles. Posición relativa internacional.

Año 2020	Emisiones de CO ₂				
País	Total Anual Millones tCO ₂ e	(%)	Per Cápita (kg/cap)	Per GDP (t/US\$ GDP)	GDP per Cápita (US\$GDP/cap)
Alemania	711,4	1,9%	8,5	183,1	46.200
Argentina	167,6	0,5%	3,7	202,0	18.600
Australia	414,5	1,1%	16,4	334,7	49.800
China	10.490,0	28,6%	7,3	577,9	13.100
EEUU	5.255,8	14,3%	16,0	289,7	55.300
India	2.626,0	7,2%	1,9	297,2	6.800
Japón	1.105,9	3,0%	8,7	227,2	38.700
Rusia	1.679,4	4,6%	11,5	464,8	24.700
Sud África	475,9	1,3%	8,1	706,9	12.200
Total Mundial	36.702,5	100,0%	4,8	323,0	15.200

Cuadro 3.4 Emisiones de CO₂

Fuente: Our World in Data (basado en datos de GCP y Banco Mundial)

Los números que se muestran en la tabla anterior (**Cuadro 3.4**) confirman que los esfuerzos que debe hacer Argentina para cumplir con las metas de “Net Zero 2050” son inferiores a los que deberán hacer países más ricos, pero a veces menos poblados (Australia) y en otros casos con mucha menor superficie disponible por habitante, para lograr avances hacia emisiones netas nulas en base a “Soluciones Basadas en la Naturaleza”.

La transición que estamos analizando, obligará a alguno de esos países a cambiar la forma de producir energía eléctrica y abastecer de calor y trabajo mecánico a plantas industriales con mucha mayor inversión que la que será necesaria en nuestro país, debido a que, a pesar de su mayor desarrollo, han basado más la producción de energía en su economía en el carbón y el petróleo, —en forma muy diferente a lo que muestra la matriz energética Argentina, basada en el gas y sin restricciones de disponibilidad del mismo.

Parte del Objetivo central de este trabajo es no volver a repetir errores cometidos en el pasado y no dejar pasar esta oportunidad en la cual, conjuntamente con la transición hacia una tercera etapa en las Tecnologías para la Producción y Consumo de energía, será posible mejorar las exportaciones de combustibles limpios (ya sean biológicos o fósiles (Gas) con certificación de emisiones nulas por su uso en destino) y con esas exportaciones mejorar también el balance de pagos, incrementar las fuentes de trabajo de calidad, actualizar

la infraestructura industrial y de transporte y también **mejorar la calidad de los ecosistemas y sus suelos por la captura de carbono**, permitiendo incrementar aún más que lo ya conseguido en los últimos 30 años, en cuanto a la producción y exportación de alimentos al mundo.

La carrera hacia la neutralidad de emisiones de GEI, encuentra a Argentina en condiciones mucho más favorables que a las grandes naciones industriales con las cuales tenemos que competir. Si efectivamente nos abrimos al mundo simultáneamente con la transición energética hacia 2050, daremos satisfacción al objetivo común de lograr la neutralidad de emisiones de CO₂. Nuestro propósito es ayudar con este texto descriptivo a la valoración de nuestras ventajas, todas ellas relacionadas con las **propuestas de la Parte III**, ayudando a la economía de nuestro país, estancada desde hace 60 años en términos relativos respecto del resto del mundo, a retomar un sendero de crecimiento.

3.3 El Acuerdo de París y el camino a las emisiones cero.

a) Compromisos NDC o CND (Contribución Nacional Determinada).

b) Como cumplir Técnicamente sin afectar el crecimiento Económico.

Existe la necesidad de planificar una transición energética que requerirá elevadas inversiones en todas las naciones, debido a la acumulación de un gran stock de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera, provenientes del uso de combustibles fósiles y de otras actividades humanas durante los últimos más de 100 años. En otras palabras, sin la presencia de esas emisiones y la decisión de dar fin y como mínimo neutralizar, —o incluso reducir el stock de las mismas—, a través de las acciones incluidas en el Acuerdo de París, no sería necesario planificar esta transición energética para lograr “emisiones netas cero”.

En ese marco, los países se comprometen a presentar sus propios planes de reducción de emisiones como “*Contribuciones Nacionales Determinadas*” (CND) para lograr con las Tecnologías, mecanismos económicos e Instituciones que cada país crea conveniente adoptar, el objetivo principal de mantener el incremento de la temperatura de la atmósfera por debajo de los 2°C respecto de los valores previos a la Revolución Industrial, intentando incluso que el calentamiento global no supere los 1,5°C en relación con esa fecha tomada como base.

A partir de la publicación del Informe Especial del IPCC de 1,5 °C en 2018 y de los análisis de modelización matemática que sustentan el mismo, se acuerda que, para mantener a la atmósfera en este rango de temperaturas, **se debe sumar a la disminución de emisiones anuales, el secuestro del Stock de CO₂ que se ha ido acumulando en la atmósfera en grandes cantidades.**

Los resultados de los modelos de simulación científica de todo el mundo publicados por el IPCC en 2018 muestran que es indispensable lograr que la sumatoria de las **emisiones antropogénicas netas** de todos los sectores combinados de la actividad económica lleguen

a cero para 2050. Además, y como ya se ha mencionado, es indispensable que los ecosistemas sean transformados para que secuestren carbono a través de la fotosíntesis, tanto en su biomasa como en los suelos en los cuales crecen las especies de esa Biomasa. Este es el único camino para evitar que la temperatura media global supere los 2 °C, concepto que cuenta con el acuerdo de todos los científicos y Think Tanks involucrados.

La figura 3.5⁴ que se muestra a continuación, fue preparada por la **ICC** (International Chamber of Commerce) y permite apreciar la drástica reducción de emisiones que debe ocurrir en todas las actividades humanas (bandas de colores), y la importante cantidad de secuestro que debe surgir del cambio del manejo de los ecosistemas productivos del mundo, en particular los agrícolas y ganaderos, pero también los naturales (banda verde oscuro). Todos los ecosistemas terrestres deben modificar la manera en que son manejados y afectados por el hombre, de manera de lograr minimizar sus emisiones y maximizar sus secuestros del CO₂ almacenado en la atmósfera. Esto último podrá ser logrado a partir de las **Soluciones Basadas en la Naturaleza** u otras Tecnologías que permitan capturar Stock hasta obtener Emisiones netas Negativas. Estas Tecnologías de CCS están en proceso de investigación y desarrollo en gran cantidad de Naciones.

Para dar dos ejemplos, la deforestación debe ser eliminada y los bosques naturales deben ser restaurados para que estos logren aumentar su stock de carbono. El término técnico que los define es “sumideros de carbono”. Otro ejemplo es el de los suelos agrícolas en los cuales se promueve el paso de la labranza convencional a la labranza mínima o siembra directa⁵ para evitar la oxidación del carbono del suelo por la remoción y exposición a la atmósfera que se produce cuando el trabajo agrícola se realiza en la forma convencional.

Es importante recordar que la Argentina desde la década del 1990 viene transformando su agricultura y hoy, liderando internacionalmente esta nueva tecnología, más del 90% de su producción es bajo sistemas de “labranza cero”, lo que permite la absorción y fijación en el suelo del Carbono de la Biomasa.

⁴ En este gráfico 3.5 el “Net Zero” se alcanzaría aproximadamente en 2035 en el caso que las emisiones no tuvieran nuevos incrementos y si las capturas como se muestra el gráfico 3.3

⁵ SIEMBRA DIRECTA. Tecnología de siembra que evita el arado convencional y la pérdida de Carbono acumulado en la superficie trabajada. Es una Tecnología en la cual Argentina mantiene un liderazgo Tecnológico a nivel internacional.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

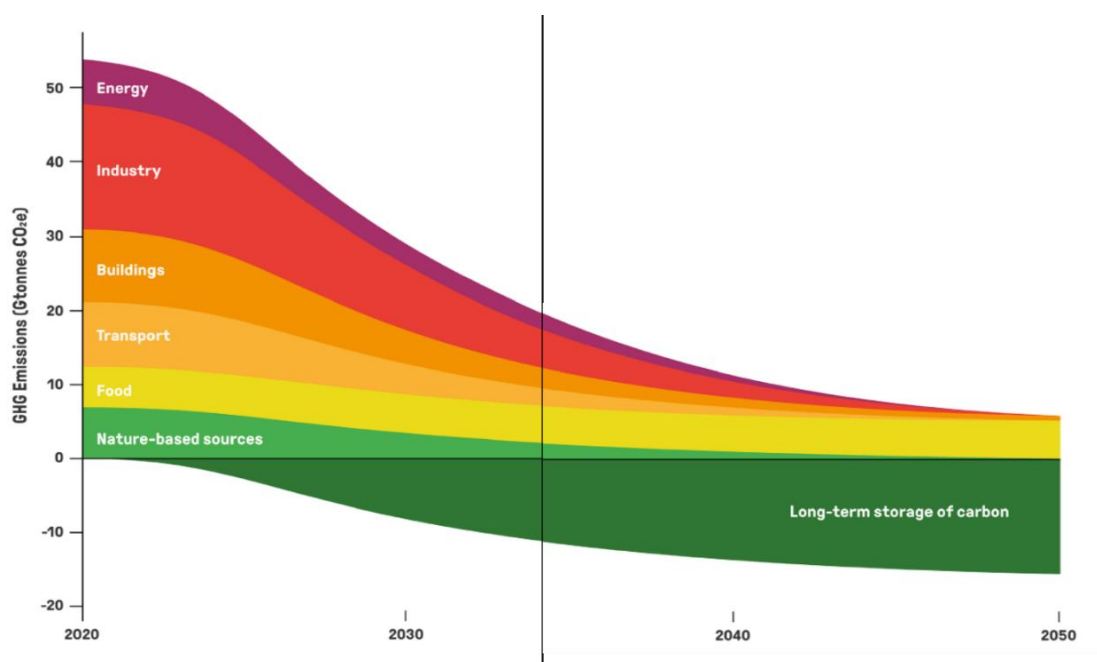


Figura 3.5 – Proyección de Reducción Esperada de Emisiones de CO₂

Fuente: ICC International Chamber of Commerce (2020)

El camino promovido hoy por los entes multilaterales de las Naciones Unidas y las organizaciones empresarias como la ICC muestran la gravedad de la situación global y el enorme desafío que será para todos los sectores de la Sociedad Civil, todas las empresas y todas las personas, cambiar estas actividades emisoras por otras que permitan alcanzar una “emisión neta Cero”.

En este trabajo y en este capítulo en particular, se intenta mostrar de qué manera, en la transición energética de nuestro país hacia emisiones netas nulas de GEI en 2050, es simultáneamente posible atraer inversiones y movilizar recursos para hacer el mayor aporte posible al crecimiento y mejora de la calidad de vida de la nación, **combinando la acción de los amplios ecosistemas naturales y productivos con gran capacidad de secuestro de carbono y simultáneamente impulsar el desarrollo de un sector energético, —el del gas natural—, de un volumen de recursos comprobadas per cápita incomparable en el mundo, combustible que durante la transición podrá contribuir a la competitividad internacional de Argentina y a generar recursos financieros para asegurar una etapa de elevado desarrollo económico y social, además de proveer los fondos necesarios para financiar la transición energética, sin necesidad, además, de hacerlo en forma apresurada por el volumen de recursos naturales disponibles, que permitirán cumplir con las reducciones comprometidas sin grandes inversiones.**

3.4 La matriz energética Argentina y el paso a la neutralidad.

Como se mostró en los capítulos anteriores de este trabajo, la matriz energética Argentina es muy dependiente del gas natural. Además, Argentina está explotando una de las 2 reservas de este recurso más importantes del mundo. Por lo tanto, para nuestro país, el poder desarrollar su matriz energética, —en el período de transición— y a partir del desarrollo de recursos propios es vital. **La actual situación europea genera sin duda una oportunidad adicional** que podría prolongarse varios años e incluso acelerar tratados comerciales estancados desde hace décadas.

Además de este importante recurso energético, la Argentina cuenta con una gran extensión territorial con diversos ecosistemas con alto potencial para el secuestro de carbono en suelos, biomasa aérea y subterránea. Por lo tanto, debería ser posible para nuestro país **poder dar cumplimiento a sus compromisos medioambientales relacionados con la mitigación de emisiones y desarrollar simultáneamente sus recursos energéticos con destino a la exportación.**



Figura 3.6 - Meta de mitigación Contribución Nacional República Argentina⁶

En el Figura 3.6, vemos las Contribuciones Nacionales de la Argentina tomando como base el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de nuestro país informado desde 1990 hasta 2014. Esta información debe actualizarse cada dos años según fue establecido en el

⁶ Este gráfico ha sido elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sustentable antes del cambio de 2021 en la metodología de medición de emisiones, que redujo los valores asignables a Argentina de 350 Gt CO₂e/año a menos de 170 Gt CO₂e/año

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

Acuerdo de París. A partir de ese año se proyectan hasta 2030 las emisiones bajo 3 escenarios.

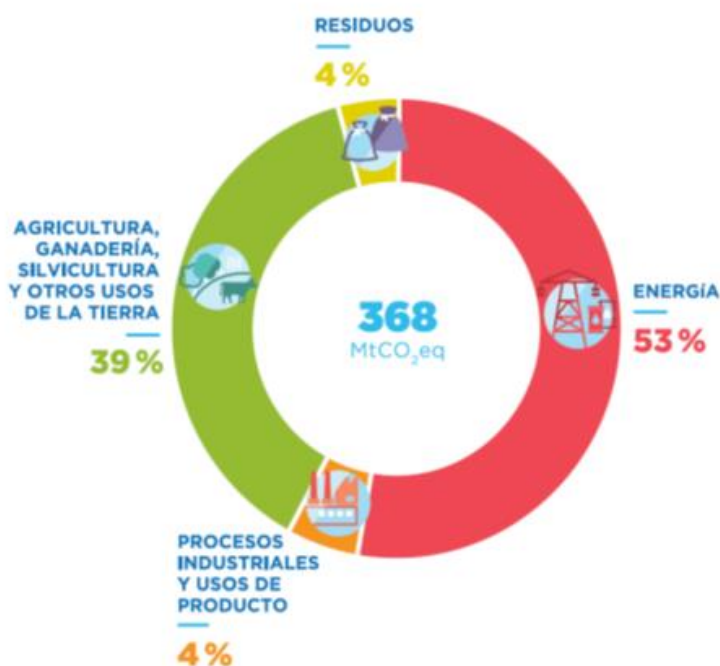
El más alto y de color oscuro refleja una trayectoria sin cambios tecnológicos para mitigar emisiones.

El segundo corresponde la meta de emisiones a la cual se compromete Argentina de manera “incondicional” y el más bajo agrega aquellas actividades de mitigación “condicionales”, es decir, que solo se podrán lograr con apoyo financiero y tecnológico internacional o con el establecimiento de un mercado de carbono muy activo, que permita realizar transacciones de gran volumen para financiar el desarrollo de forestación y pasturas destinadas a la captura y secuestro de mayor volumen de carbono.

3.5 El inventario de GEIs

Para poder planificar es indispensable conocer las emisiones de las distintas actividades bajo métodos estandarizados a nivel global. Por lo tanto, desde 1996 el IPCC viene publicando las “Guías para los Inventarios Nacionales de GEIs”. Estas guías son utilizadas por todos los países del mundo para informar sus emisiones, y también como base para sus planes de mitigación y adaptación.

Emisiones totales de gases de efecto invernadero por sector IPCC (2014).



Fuente: Segundo BUR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Figura 3.7- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Argentina.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

En la Figura 3.7, vemos el último inventario publicado por la Argentina, su total de emisiones en el centro y los porcentajes de los principales en las secciones circulares.

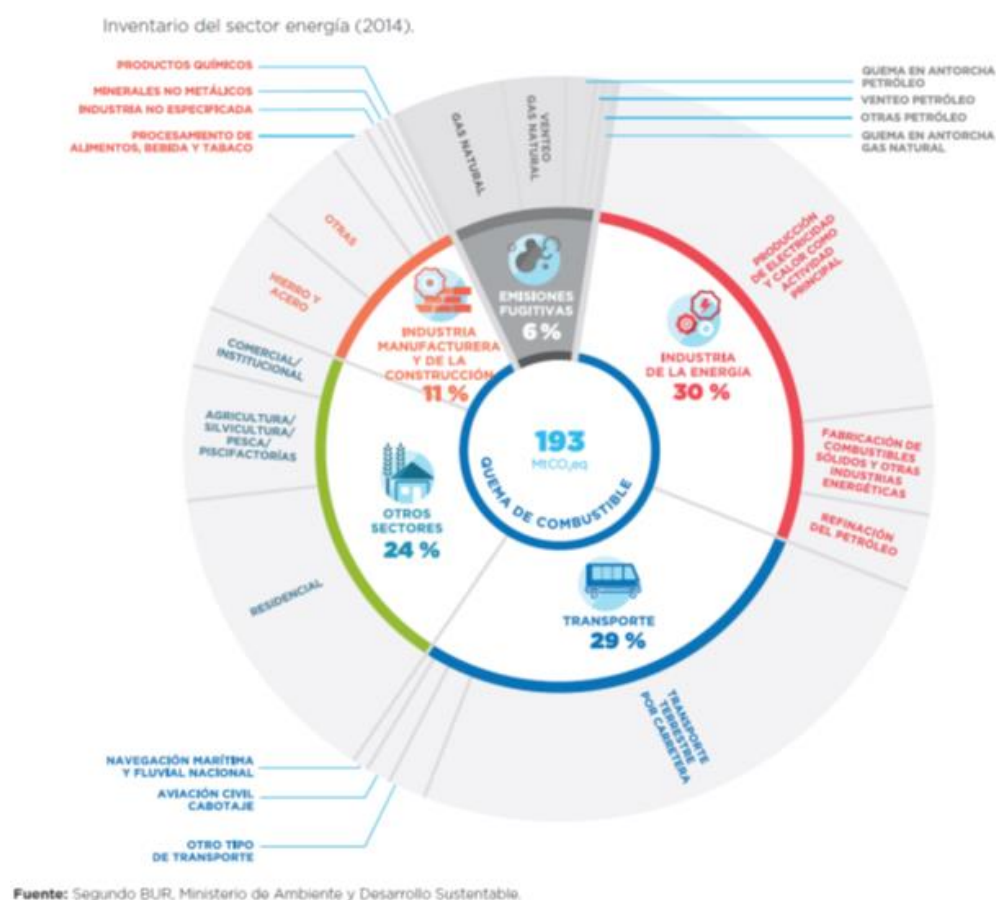


Figura 3.8- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Sector Energía.

En la figura 3.8, se muestra un amplio detalle de las emisiones generadas por el sector energético en Argentina, clasificadas por fuente de emisión a partir del consumo final.

Como complemento, se muestra a continuación (figura 3.9), la evolución histórica (1990 – 2014) de las Emisiones por subsector Económico. Los mayores crecimientos se observan en Producción de Energía y en Transporte.

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

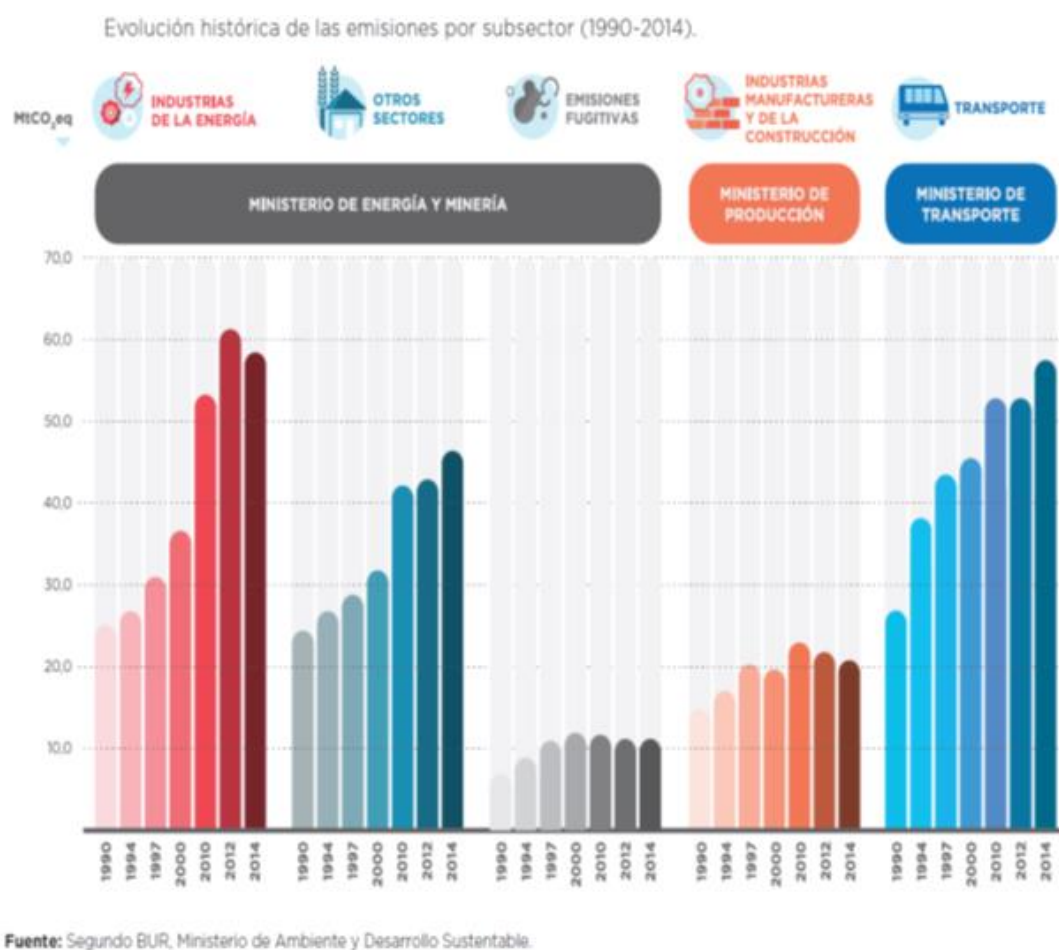


Figura 3.9 - Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Sector Energía. Evolución histórica de los subsectores. Fuente: Segundo BUR

Esto muestra la complejidad y la multiplicidad de tecnologías e inversiones que será necesario desarrollar y luego concretar para que cada uno de estos subsectores cambie su tendencia y comience a bajar sus emisiones, sobre todo distintos actores para lograr diseñar algunos caminos posibles.

3.6 Acciones comprometidas por Argentina para mitigar sus emisiones en el sector energético.

El camino de la Transición Energética tiene infinitas posibilidades por la cantidad de variables que involucra. Por esta razón durante la última década se ha trabajado en los “Escenarios Energéticos” porque cada uno de ellos viene creciendo con una clara tendencia desde el inicio de la serie en 1990.

El plan de acción (Figura 3.10) presentado por el Gobierno Argentino ante las Naciones Unidas para disminuir sus emisiones de GEI se basa en trabajar desde dos Ejes de Intervención. Disminuir la Demanda de Energía a partir de medidas de eficiencia energética y cambio de tecnologías, al mismo tiempo que se aumenta la oferta de Energía con la

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

introducción de tecnologías de emisiones bajas o nulas. En la Figura 4 puede verse el detalle de las medidas de mitigación aprobadas.

Estructura del Plan de Acción.



Figura 3.10- Esquema del plan de mitigación propuesto por las Autoridades Nacionales para el Sector Energético Argentino, al especificar sus Contribuciones Nacionales Determinadas (CND).

3.7 El balance del carbono y el potencial de las SBN para la transición energética. El caso de argentino.

Para planificar la superación del desafío ambiental al que se enfrenta la humanidad debido al calentamiento global, el que podría generar procesos de cambio en los sistemas principales de la vida en la tierra que por ahora están fuera del control del Hombre, es importante reiterar que los principales gases de efecto invernadero, **dióxido de carbono (CO₂)**, **metano (CH₄)** y **óxido nitroso (N₂O)**, son componentes naturales de la atmósfera desde que existe la vida en la tierra como hoy la conocemos, es decir en la que el ciclo de la energía está liderado por el sol y la transformación de la energía contenida en sus rayos del espectro lumínico, son los que convierten al CO₂ en materia vegetal a través de la fotosíntesis.

Estos gases cumplen distintas funciones vitales en el desarrollo de la vida, tanto por las emisiones de CO₂ que acompañan la descomposición de organismos vivos al fin de su ciclo de vida, como la incorporación del nitrógeno (principal componente de las proteínas) en los seres vivos.

Los 4 elementos o átomos que componen estos tres Gases de Efecto Invernadero o GEIs: carbono C, hidrógeno H, oxígeno O y nitrógeno N, se encuentran como parte de otras moléculas que pueden estar en estado líquido, sólido o gaseoso según en qué etapa del

ciclo se encuentren. Por ejemplo, el oxígeno que respiramos todos los días fue producido por la fotosíntesis y sigue siendo recirculado por ella sin que se pierda un solo átomo en el proceso. Este es el ciclo de la vida y **estas transformaciones sucesivas requieren energía, que es provista por el Sol.**

El ser humano desde la aparición de la especie utiliza el fuego, limpia territorios para la caza y la agricultura, corta árboles para distintos usos y así comienza un proceso de emisión de GEIs a la atmósfera a partir del cambio del uso de la tierra. Al descubrir los combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo y gas) comienza un período distinto, en el cual se agregan a la atmósfera elementos que hacía millones de años se encontraban excluidos del ciclo de la vida.

Es importante recordar que todo el carbono que se encuentra en los combustibles fósiles fue parte de organismos vivos que vivieron en períodos donde la atmósfera contenía niveles superiores de CO₂ e inferiores de oxígeno. En la figura 3.10 siguiente, podemos ver como en el ciclo de carbono existe una serie de fuentes de emisiones y también un conjunto de sumideros.

Por lo tanto, no todo el CO₂ que se emite (9,4 Gt C bajo la forma de 41 Gt CO₂) queda en la atmósfera. El 31% (3,4 Gt C) es capturada por los ecosistemas terrestres a partir de la fotosíntesis que hacen las plantas (tanto las cultivadas como las que no lo son), en tanto que el 23% (2,5 Gt C) es capturado por los océanos, los que transforman este gas en ácido carbónico provocando su acidificación y contaminación subsecuente. Por ello hoy y a diferencia de hace 2 siglos, el 51% (21 Gt CO₂ de un total de 41 Gt CO₂) de las emisiones de CO₂ no son capturadas y se acumulan en la atmósfera.⁷

Este saldo de emisiones antropogénicas de 21 Gt CO₂ anuales es el mínimo que es necesario eliminar para restablecer el equilibrio anterior y eso explica el objetivo de Net Zero 2050. (P. Friedlingstein et al.: Global Carbon Budget 2020).⁸

⁷ Ver cuadro 3.1, al inicio de este Capítulo. Estos valores de 21 Gt netas por año expulsadas a la atmósfera son Emisiones antropogénicas

⁸ Es importante recordar que estos datos de emisiones están expresados en Gigatoneladas de Carbono (Gt C) y no de CO₂ (Gt CO₂). Por lo tanto, para hacer su conversión se debe multiplicar el dato por 3,67; de la siguiente manera:

Los sumideros terrestres secuestran anualmente: 3,4 Gt C x 3,67 = 12,47 Gt CO₂

Los océanos secuestran anualmente: 2,5 Gt C x 3,67 = 9,17 Gt CO₂ y

La atmósfera retiene: 5,1 Gt C x 3,67 = 18,17 Gt CO₂

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

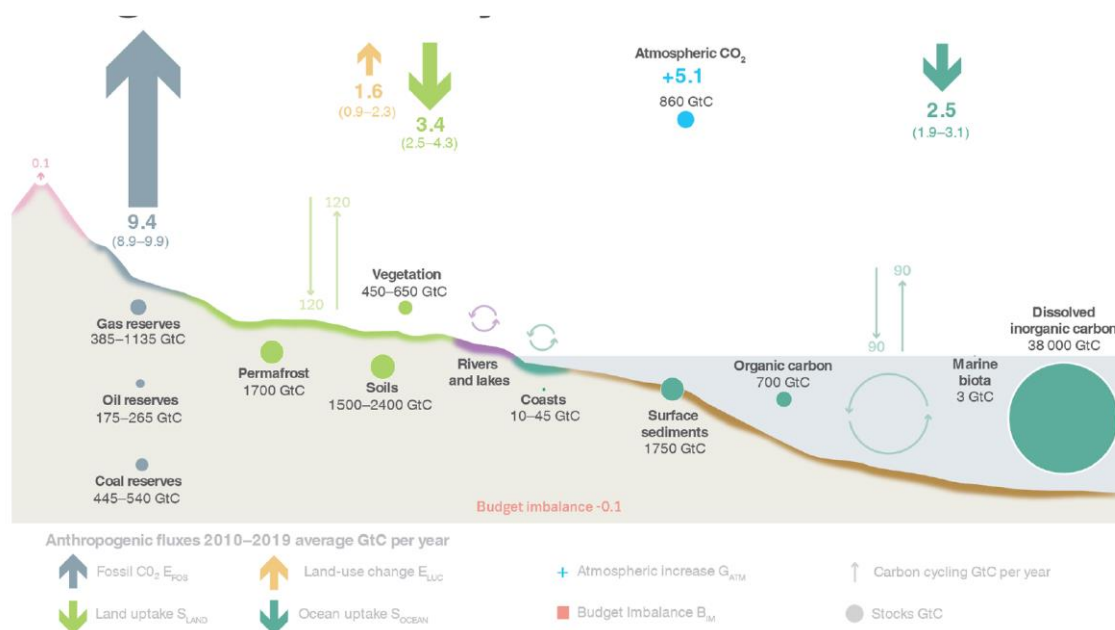


Figura 3.11 - Stocks y flujos de carbono. Fuentes de emisión y sumideros naturales y antropogénicos. (Stocks en Gt C, Flujos en Gt C por año). “Ver nota al pie sobre unidades de Carbono y CO₂”

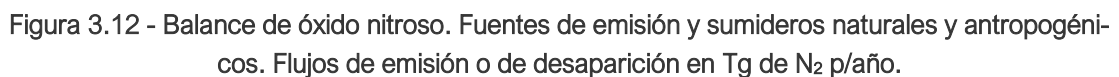
Fuente: Global Carbon Budget © GCP 2001-2021

El saldo neto no capturado de las emisiones antropogénicas es actualmente del 51 % de estas emisiones generadas por los seres humanos, pero es solo el 2,6% de las emisiones Totales (Naturales + Antropogénicas). En París se acordó reducir a cero en 2050 ese 2,6 % del Total, o sea el 51% de las antropogénicas.

Siguiendo la ruta de ese Acuerdo, los distintos sectores públicos, privados y multilaterales han consensuado que se debe llevar este balance a niveles netos de emisión cero para 2050. Por lo tanto, los excedentes, —prácticamente la mitad—, de las dos fuentes de emisión principales: quema de combustibles fósiles (82%) y cambio en el uso del suelo (18%) deben ser eliminados en 30 años.

Estos mismos actores consensuaron que es indispensable también realizar un gran esfuerzo en el secuestro paulatino del Stock de CO₂ atmosférico. Ese volumen se comenzó a acumular desde hace por lo menos 150 años, pero la mayor parte solo en los últimos 60 años. Ello deberá hacerse a partir de las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” y/o mediante el uso de tecnologías de “Captura y Secuestro de Carbono”. Solo así se podría evitar que la temperatura media atmosférica supere en 2°C o más las temperaturas medias previas a la era Industrial. El óptimo buscado es un nivel medio solo 1,5°C superior al vigente al inicio de la era Industrial.

El ciclo del nitrógeno está ligado a la agricultura y la ganadería y un esquema con sus fuentes de emisión y sumideros puede verse en la Figura 3.12. Vemos que las fuentes de emisión antropogénicas son: la Agricultura 3,8 GgN/año y los combustibles fósiles 1,0



En la figura 3.13 siguiente, se puede apreciar el balance de emisiones y secuestros del **metano**. Es importante recordar que el CH₄ no es considerado como un gas de stock, sino como un gas de flujo. Los dos anteriores CO₂ y N₂O son gases de stock por su larga vida en la atmósfera. El CH₄ es un gas de flujo ya que su vida media en la atmósfera oscila entre los 8 y los 12 años. Los principales generadores de metano antropogénico son las actividades agropecuarias (227 TgCH₄/año, las emisiones entéricas del ganado, el manejo del estiércol y el cultivo de arroz) y las emisiones a partir de la industria de los combustibles fósiles (108 TgCH₄/año). Por su parte la principal fuente de emisión natural son los humedales (194 TgCH₄/año. El sumidero principal del CH₄ es la descomposición química en la atmósfera (531 TgCH₄/año), y en menor medida los suelos /40 TgCH₄/año).

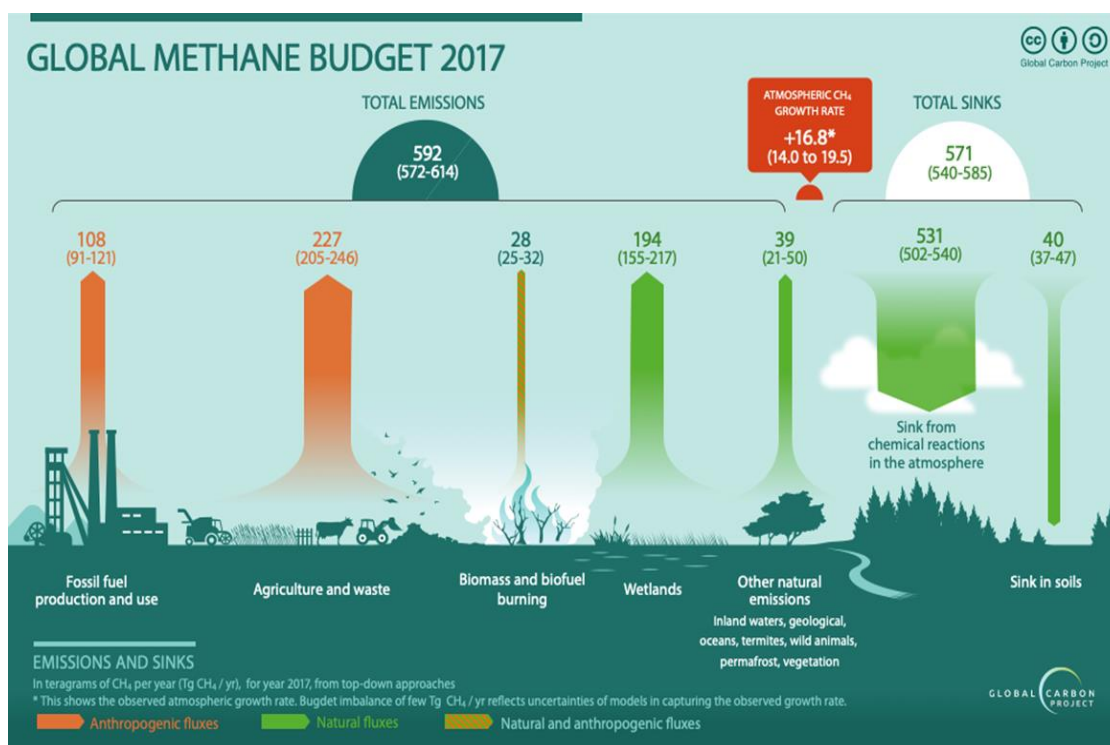


Figura 3.13 - Balance de metano 2017. Fuentes de emisión y sumideros naturales y antropogénicos. Expresado en Tg de CH₄ p/año

Fuente: Global Carbon Project. Global Methane Balance 2017. Jackson et al. 2020, ERL.

Las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” son un conjunto de mejoras a los ecosistemas naturales y productivos de manera que estos disminuyan sus emisiones de GEIs y aumenten su contenido de Carbono. Existe una multiplicidad de acciones que generan estos dos efectos positivos. Algunos de ellos son: frenar la deforestación y la degradación de bosques, eliminar o disminuir la labranza, eliminar la erosión de los suelos, promover rotaciones de cultivos que aumentan el carbono en el suelo, aplicar fertilizantes nitrogenados de bajos niveles de emisión y en cantidades y momentos en los que se minimizan las emisiones de N₂O, etc.

La cumbre de Río de Janeiro de 1992 y el Protocolo de Kioto solo promovieron a los árboles como el camino para mitigar las emisiones. Sin embargo, a partir del Acuerdo de París se instalan las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” como un camino más amplio que comprende que la vida en la tierra depende de ciclos complejos en los cuales **los ecosistemas naturales y bajo cultivo (y sus suelos) son más importantes que la atmósfera como depositarios de stocks de carbono** y que por ello, todas las actividades que se desarrollan en estos ecosistemas deben tender a bajar las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄ y a secuestrar la mayor cantidad posible de carbono tanto en suelos, como en árboles, pasturas, etc.

El potencial global de secuestro de carbono en los suelos del mundo es hoy la prioridad de varias iniciativas de varias entidades multilaterales, gobiernos de países y empresas en todo

el mundo. Cómo se ha mencionado previamente y debido a la actividad de los hombres con la labranza y la deforestación, **los suelos del mundo han liberado entre 50% y 75% del carbono que se había llegado a acumular originalmente.** Esta es una pérdida de 135 Gt C; cerca de 500 Gt CO₂ (Lal, 2018). **La recuperación de este carbono perdido por los suelos mejoraría mucho la salud de sus ecosistemas productivos, generando aumentos de rendimientos y de producción en todos los suelos donde se apliquen las prácticas de manejo sostenible para secuestrar carbono y mitigar emisiones.** Se estima que el potencial de captura por parte de los suelos bajo cultivo en el mundo es de 1.45-3.44 Gt C (Es decir, 5.3 a 12.6 Gt CO₂) por año (Lal, 2018).

El gobierno de Francia durante la COP21 en París presentó una iniciativa para la “recarbonización” de los suelos del mundo **llamada 4 por mil.** En esta se promueve que se incremente anualmente el 4/1000, —0,4 %—, del contenido de carbono en los suelos agrícolas del mundo. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, por su parte lanzó en 2020 el Programa RECSOIL para implementar a nivel global este desafío.

Se reitera una vez más que el objetivo de este trabajo realizado entre profesionales de la ANI y el CAI es poder contribuir a la planificación de la transición energética Argentina bajo un Plan Energético que simultáneamente, por sus bajos costos, promueva el desarrollo económico y social, uniendo las reservas de gas natural no convencional y su potencial energético de bajo costo para el consumo doméstico y su exportación al mismo tiempo que, con parte de los fondos generados por las exportaciones, se pueda financiar en la restauración y reconversión de los ecosistemas naturales y se mejoren la agricultura y ganadería del país a partir de la aplicación de las “Soluciones Basadas en la Naturaleza” detalladas más arriba.

El beneficio de este enfoque es que **permitiría al país promover dos actividades de gran impacto en el empleo y la generación de riqueza, una basada en el gas natural fósil y la otra, complementaria, porque absorbería las emisiones asociadas al uso de gas natural, en la mejora de ecosistemas que aumentarían su producción.** En ambos casos generando importantes aumentos en las exportaciones (**en el caso del gas natural prácticamente no hay límites físicos a las exportaciones, pero se propone en el Capítulo VII (“Propuestas”) que estas exportaciones estén libres de emisiones de CO₂ en su uso final, como resultado de los procedimientos que se establezcan para la CCS por los suelos, la agricultura y la forestación de vastas zonas de Argentina, las que mejorarían así su productividad.** Esta combinación aportaría un significativo ingreso de divisas y un aumento de la producción exportable de alimentos.

Las cadenas de valor involucradas en este proceso van desde los pastizales de la Patagonia hasta los bosques y montes naturales y las tierras aptas del Chaco, Formosa y Misiones, pasando por los ecosistemas intermedios en todas las demás provincias. Es decir, todas las actividades productivas, de conservación, deberían ingresar en este proceso de

ESTRATEGIA PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE ARGENTINA PARA “CERO EMISIONES NETAS” AL 2050, SOBRE LA BASE DEL USO DE SBN

restauración y mejora del suelo para generar suficientes emisiones evitadas y secuestro de carbono verificado y certificado como para permitir que Argentina cumpla con su Contribución Nacional Determinada y logre llegar a 2050 con emisiones Netas Cero, al mismo tiempo que provee a su población y al mundo con mayor volumen de alimentos y energía de bajo, nulo o incluso negativo nivel de emisiones de GEIs.

	Concepto para el mercado de carbono	Potencial de emisión de bonos de carbono por año (1 Bono de Carbono es igual a 1 Tonelada CO2 Eq)
1	Deforestación Evitada:	37,000,000
2	Degradación evitada:	8,000,000
3	Pérdidas evitadas de carbono y aumento del secuestro de carbono en los suelos de ecosistemas naturales y cultivados de la Argentina:	38,000,000
4	Disminución de las emisiones entéricas del ganado bovino:	14,000,000
5	Forestación:	26,400,000
6	Emisiones evitadas del sector residuos sólidos urbanos orgánicos y aguas residuales:	8,000,000
Total	Bonos de Carbono emitidos anualmente	131,400,000

Cuadro 3.14 Potencial de las Soluciones Basadas en la Naturaleza

(Valores anuales proporcionados por las fuentes citadas en cada concepto)

Para cuantificar el potencial de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la Argentina, en el Cuadro 3.14, analizamos los siguientes componentes y la contribución de cada uno de ellos, desde la óptica de los mercados de carbono.

En la Parte III de este Texto (Propuestas), a principios del Capítulo VII, se han desarrollado los conceptos incluidos en el cuadro anterior (3. 14), solo en base a la información disponible en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Esta estimación oficial, no impide realizar cálculos estimativos tomando como parámetros la dimensión de territorio libre para expansión de la frontera agropecuaria o para Forestación, sabiendo que ambas variables podrían duplicar o triplicar esas cantidades de captura de GEI en función de las especies, la disponibilidad de riego y la selección y el manejo correcto de los suelos.

De ese análisis de los datos oficiales ha surgido que estimando los valores medios para los 6 conceptos del cuadro 3.14 incluidos como potenciales sumideros de CO₂, sería posible disponer de 164 Millones m³/día de gas natural con Emisiones compensadas en origen y por ello sin emisiones de CO₂ en su uso Final (Por ejemplo, en generación eléctrica, probablemente la demanda que más crecerá en las próximas 3 décadas).

PARTE II

ASPECTOS A CONSIDERAR PARA ELABORAR CADA UNA DE LAS PROPUESTAS

Los nuevos desafíos tecnológicos, económicos y regulatorios

Teniendo en cuenta el material disponible se han elaborado y se muestran a continuación, algunos análisis que se han clasificado por su incumbencia como aspectos **Tecnológicos, Económicos e Institucionales**.

Hemos visto que la **Etapla I** del ciclo de vida de la producción y utilización de Energía¹ a partir de fósiles, que comenzó a utilizar el hombre 100 años después del inicio de la era Industrial, requirió a los operadores de la cadena de valor de esta nueva Tecnología conocimientos muy complejos para esa época. A su vez la **Etapla II**, Iniciada hace poco más de 40 años, puso a los reguladores y a los operadores de las empresas frente a una poco explorada situación en aspectos económicos e institucionales. Estos últimos han llegado hasta ahora, produciendo consecuencias económicas complejas y deberán seguir siendo estudiados y corregidos aquellos efectos negativos que en caso contrario incidirán hasta el fin de la **Etapla III**.

Pero desde el inicio de la actual **Etapla III**, presionados no por las regulaciones ni por la competencia, sino por la necesidad de dar respuesta urgente a las Demandas de reducción de Emisiones de GEI, tanto los operadores como los **reguladores enfrentan dificultades Tecnológicas, Económicas y Regulatorias o Institucionales** que nunca antes se habían conocido.

4.1 Nuevos Desafíos Tecnológicos.

4.1.1 Reducción de Emisiones y/o Captura y Secuestro de Carbono.

1ª Externalidad a eliminar. (Objetivo de este trabajo).

En el capítulo III hemos visto cual es el volumen relativo de las emisiones de GEI y en especial de CO₂. Si bien en términos porcentuales es reducido, su incremento en los últimos

1 Calor, producción de Trabajo Mecánico, Energía Eléctrica

años ha conducido a la necesidad de tomar medidas que se considera son realmente urgentes para evitar problemas de un elevado costo para la sociedad. La captura y secuestro de carbono por métodos técnicos o químicos es un complemento necesario que se incrementará en la medida que se reduzcan sus costos, **pero el objetivo central es reducir las emisiones de la industria, la energía y el transporte, procurando** reducir primero y anular después totalmente, —en no más de 2 o 3 décadas—, los incrementos anuales del Stock de 860 Gt acumuladas hasta ahora en la atmósfera terrestre y si fuera posible, comenzar a reducir ese Stock por medio de una combinación de mayor Eficiencia Energética, abandono creciente del uso de fósiles y Soluciones Basadas en la Naturaleza, mecanismo que ha funcionado autónomamente desde antes de la existencia de los hombres en la Tierra.

Las externalidades relacionadas con el incremento del Stock de CO₂ y también su eliminación son y serán de elevado costo para la sociedad de cada nación. En especial los costos estarán asociados a las Tecnologías utilizadas para reducir mediante CCS dicho Stock, para producir Energía Eléctrica y para incrementar la Eficiencia Energética.

La reducción de emisiones es un objetivo que no puede ser retrasado ni dejado de lado, pero es necesario verificar cómo puede ser conseguido sin causar daños económicos colaterales y necesidades de inversión que podrían hacer bajar el nivel de vida de muchos países (Externalidades negativas a evitar).

El CO₂ volcado a la atmósfera es la primera Externalidad que debe ser enfrentada, pero debe tenerse presente que, según la metodología adoptada, existen muchos desafíos técnicos, económicos y regulatorios que se enunciarán a continuación, proponiendo en todos los casos donde sea posible, una alternativa para minimizar el costo social y el económico de las externalidades que se produzcan como consecuencia del proceso central y prioritario de reducción de las emisiones netas de CO₂ hasta convertirlas en negativas y comenzar a capturar y eliminar parte del Stock acumulado.

4.2 Tecnologías para reducir las emisiones de GEI durante los últimos 15 años. Temas en debate.

Externalidades Positivas y Negativas. Sus Orígenes y sus costos.

Las dos principales tecnologías que están siendo estudiadas para reducir emisiones y donde se ha invertido la mayor parte de los fondos destinados a infraestructura de energías renovables son la eólica y la solar.

Si se incluyen los Costos de Capital de toda la infraestructura necesaria para poder aprovechar estas Energías y además se computa el valor neto de todas sus externalidades, que por cierto son de elevado costo, —tanto las positivas (**el valor para la Sociedad de las emisiones GEI ahorradas**) como las negativas, (**los costos adicionales de las externalidades de las renovables**)—, se puede concluir que el Costo total de la energía sin fósiles, tendrá o no un elevado incremento en función de las Tecnologías seleccionadas para producirla.

Pero igualmente es por ahora algo más caro el Hidrógeno, la Energía Nuclear segura, y aunque son también alternativas válidas, se habla muy poco de la Geotermia, la energía de las Olas y de las Mareas y tampoco de la misma Energía Térmica con CCS y almacenamiento seguro a largo plazo de las emisiones GEI capturadas; o la transformación química del CO₂ capturado en sales inorgánicas estables y por último, aunque es la forma en la cual se suprimieron las emisiones de CO₂ sin intervención del hombre durante millones de años, **tampoco hay un debate extendido en los ámbitos académicos y Económicos sobre la posibilidad de introducir masivamente las “Soluciones Basadas en la Naturaleza”, probablemente las más eficientes, en especial para los países pobres con bajo valor de la tierra.**

Las energías de origen natural, —biomasa y biocombustibles—, son interesantes, pero tampoco se nota un esfuerzo sostenido para llevarlas adelante, a pesar de que la bioenergía encabeza todavía la mayor participación en el mundo entre la energía total producida por fuentes renovables.²

Pero si creemos en cambio, que las soluciones basadas en la naturaleza tendrán un rol destacado en los próximos 30 años en la CCS **contribuyendo quizás a una Estrategia más concentrada en “absorber por métodos naturales y más seguros”, que en “no emitir” durante la transición y por supuesto, más aún en los casos donde estas SBN son las más competitivas, como ocurre en Argentina.**

¿Cuáles son entonces las principales externalidades que deben preocuparnos por provenir de las dos tecnologías que tienen más futuro en los próximos años? Es posible afirmar que la solar y la eólica comparten la mayoría de sus externalidades, las cuales se producen por las mismas razones:

Definición de externalidades: “en el ámbito de la Economía de la Energía se puede afirmar que las “Externalidades” son *beneficios o perjuicios económicos* que afectan a la Nación, a ciertos sectores de la sociedad o a otras Empresas con las que se compete, por las consecuencias no previsibles que se ven obligados a enfrentar esos terceros, —otro inversor en equipos Convencionales, o Renovables, o los clientes—, si la Regulación los obliga a comprar a una cierta Tecnología su energía, o a competir con un contendiente que cuenta con reglas que le otorgan ventajas regulatorias, en especial en los mecanismos de formación de precios y en la prioridad de despacho, en ambos casos afectando la productividad del capital invertido.

Las Tareas o inversiones adicionales que se imponen a terceros sin su consentimiento, sin haber estudiado previamente las consecuencias no conocidas, ni consentidas, ni solicitadas, ni autorizadas por los perjudicados o los beneficiados por esa actividad que se lleva adelante sin previo análisis conjunto con los terceros afectados, o sin un Debate abierto

2 Ver Capítulos 3 y 4

con las Autoridades Regulatorias en su carácter de representantes de la Sociedad en su conjunto.

En ciertos casos, las Tecnologías Renovables, por su dependencia de hechos aleatorios e incontrolables por el hombre, pueden generar externalidades Económicas Negativas, iguales o en muchos casos mayores al principal costo de las **“no renovables”** (El Costo de las Emisiones GEI), **elevando el precio de la energía e incrementando el “Costo social de la Energía No Suministrada”³**, aspectos que se han procurado evitar en las propuestas de este Trabajo. Estos hechos son reconocidos en muchos países, pero no por ello han sido hasta ahora modificadas las normas, invocando como argumento “La existencia de un Bien Superior” del cual es beneficiaria toda la sociedad.

Las renovables más difundidas, –Solar PV y Eólica–, son **aleatoriamente interrumpibles** y de muchos análisis técnico económicos de especialistas en sistemas de Potencia, **surgiría que si la participación en la producción total de energía (no de potencia) de estas centrales de fuentes renovables supera el 20% o 30% de la Oferta total,**⁴ obligará a quienes operan el sistema eléctrico en el cual están insertas y a quienes operan en forma simultánea en el mismo mercado con máquinas convencionales, **a pedir a los operadores de estas dos renovables, o a los reguladores del Estado, que enfrenten los costos de sus externalidades ellos mismos, porque la actual regulación no sería equitativa y/o representaría una carga fiscal adicional para el Estado con respecto a por lo menos las siguientes externalidades:**

- 1) Instalación de **equipos de almacenamiento** en gran escala que sólo servirán para contar con una disponibilidad reducida pero instantánea y a máxima potencia durante un período reducido de tiempo, (Aún no se han difundido datos de Baterías con más de 10 horas de acumulación y suponemos que con mayor cantidad de horas la inversión no es recuperable) o, para disponer del tiempo suficiente como para adecuar la red y poder comenzar a importar energía desde otro Nodo, o, por último, **para que otra máquina convencional, térmica o hidroeléctrica que ha sido mantenida como Reserva, comience a operar para reemplazar a la renovable en cada interrupción aleatoria.** El costo de todos estos equipos adicionales es por ahora elevado. E incrementarán el costo unitario de la Energía y el Costo de Capital por las inversiones destinadas a evitar la ENS por interrupciones aleatorias de las dos renovables mencionadas.
- 2) Colocar por cada nuevo volumen de Potencia renovable Interrumpible, **equipos convencionales de reserva**, porque las baterías y las centrales Hidroeléctricas

3 Energía No Suministrada (ENS)

4 Disponer del 30% de la Oferta con Tecnología Fotovoltaica implica instalar más potencia PV que todo el 70 % restante del parque térmico y Nuclear complementario, porque el factor de uso es 3 veces menor que el factor de uso de la demanda.

nunca podrán tener la posibilidad de abastecer durante muchas horas o días los nodos de la Red en los que el recurso Renovable no esté disponible, aunque ello ocurra una vez por año o cada varios años.

- 3) Necesidad de Instalar Redes de Alta Tensión que permitan conectar los puntos geográficos de cada nación donde las centrales renovables son rentables a un menor precio de la Energía, —aunque en esa zona no exista Demanda—, con aquellas otras zonas en las cuales está radicada la demanda que se desea abastecer. Las estimaciones más conservadoras al respecto hechas para Argentina en la elaboración de “Escenarios Energéticos” 2019 fueron en ese momento de 40.000 km adicionales de AT en el año 2040, por encima de los 13.000 hoy existentes. Algunas ONG con más inquietudes Ambientales llegaron a proponer en 2019 hasta 100.000 km de líneas de A.T.
- 4) En el reciente informe de la Agencia Internacional de Energía se prevé un mínimo de 7,5 Trillones de US\$/año⁵ para la construcción durante las décadas de los años `30 y `40 de este siglo XXI de infraestructura energética, de los cuáles en esas dos décadas, una parte relevante es estimativamente asignada a transmisión en alta tensión y a centrales o parques de energías renovables. El total previsto hasta 2050 por la Agencia es de 150 Trillones de US\$ de inversiones Globales (algo más de 1,5 PBI del Mundo en 28 años y cada año casi el 35% del PBI de EEUU). Otra estimación independiente de McKinsey alcanza a 250 Trillones de US\$⁶

Esta multiplicación de las inversiones en infraestructura durante la actual década y los valores aún mayores durante las décadas de los `30 y `40, **solo tiene sentido si coexisten con un incremento de magnitud de la demanda y menores costos unitarios por la mayor escala o por innovaciones tecnológicas**, que acompañarían a la anunciada Electrificación de muchos sectores económicos y a cada vez menores Emisiones de GEI.

En caso contrario, sería imposible que la sociedad y en especial, la de las naciones más pobres, puedan afrontar ese incremento de costos de la energía, el cual será rechazado, por más que se invoquen todos los motivos ambientales ya instalados en la sociedad.

- 5) Un aspecto poco mencionado en publicaciones de la industria eléctrica es la necesidad de colocar aproximadamente el triple de potencia instalada de Tecnologías

⁵ En nomenclatura Argentina 7,5 Billones equivale a 7,5 Trillones en EE. UU. (30% PBI de EE. UU./año). El PBI de Argentina es ahora de aproximadamente 0,4 Trillones.

⁶ En el Caso de las inversiones, equivalen a entre 1,7 y más de 2 Productos Brutos mundiales a invertir en el transcurso de menos de 28 años, es decir más del 5% a 7% del PBI en inversiones anuales. Pocas economías podrán soportar una tasa de ahorro e inversión de esa magnitud, adicional a las BAU. Más aún cuando el precio de la Energía subirá, por lo menos transitoriamente.

Renovables que la Potencia demandada que se va a abastecer⁷. Esto se debe a que el factor de uso de la energía solar está entre el 17 % como promedio mundial y un máximo de 35% en algunos puntos y épocas del año, incluyendo una zona reducida en el NOA argentino, en tanto que la energía eólica oscila entre un 25% como promedio mundial y algo más de un 50% en muchas zonas (Excepto Off – shore, donde los valores pueden superar el 60%, pero también con mayores Costos de Instalación, mantenimiento y Transporte). Por su parte la demanda en casi cualquier país desarrollado del mundo y en una ciudad de 100.000 o más habitantes que viven con confort y donde existen procesos industriales y de servicios cuyo consumo de “Horas de Valle” no se reduce más que unas pocas horas, no baja de 65% a 85% de Factor de Uso, el cual puede llegar a ser en algunos sectores de la Red de casi 100% en días de extremo calor o frío.

Solo la combinación de Baterías, con equipos térmicos de reserva, más los Software que están siendo desarrollados para transferir y/o cortar transitoriamente cargas puntuales pre acordadas en cada domicilio o empresa, —en base a acuerdos previos firmados con los clientes—, y el uso de medidores inteligentes manejando las cargas de cada vivienda, comercio, oficina o industria ubicados sobre una red, e incluso las transferencias de carga entre sectores de la red misma, (Smart Grids) podrán evitar excesivos costos de Capital asociados a esas grandes demandas puntuales, relacionadas en el caso Argentino con la existencia de equipamiento de confort con solo algunos cientos de horas de uso por año, —las que además son simultáneas en las “Horas de Pico” con las de los demás clientes alimentados por ese mismo tramo de red o gran Subestación—. Las grandes demandas puntuales de pico siempre existieron, pero con renovables y grandes cargas simultáneas en la Red, —como los VE—, ahora pueden estar asociadas a faltantes de Oferta y requieren “Centrales de Generación Virtuales” para no reducir excesivamente la productividad del Capital y/o la Calidad de Servicio.

- 6) La necesidad de colocar Potencias de Generación renovables 2 o 3 veces mayores que la Demanda máxima de la red, también hace necesario multiplicar por 2 o 3 veces la capacidad de transporte en Alta Tensión. El sol y el viento se dan en unas determinadas horas del día, o de algunos días y en esas horas la capacidad de transporte debe poder movilizar hacia los centros de consumo toda la energía producida, a menos que se opte por acumular los excedentes de producción en Baterías que necesitarán más de 10 horas de capacidad de acumulación. Ambas alternativas

⁷ Es decir que cuando se menciona que 1 kW de energía solar tiene un costo de 1.000 US\$, debe aclararse que, si se quiere abastecer la Energía que consume en promedio 1kW de Demanda, hay que invertir inicialmente 3.000 US\$, no 1.000. Y a eso deben agregarse luego las demás externalidades (Reserva Térmica, el triple de transporte, almacenamiento, etc).

deberían evaluarse comparando la esperanza matemática de sus costos en función de los datos de campo recogidos.

- 7) El tiempo y los mecanismos de competencia recomendados dirán si es posible, — como ha ocurrido con casi todos los desarrollos industriales en los últimos 2 siglos—, innovar mejorando las actuales Tecnologías o creando otras renovables con costos más competitivos, y mayor productividad.

Es decir que no solamente existen esas características de las fuentes naturales renovables que obligan a instalar mayor potencia por cada unidad de demanda, sino que, en el ciclo de consumo anual, los valores de oferta y demanda máximos pueden no ser coincidentes, hecho que hará necesarias mayores reservas, desvirtuando en parte el ahorro de emisiones GEI.

Afortunadamente, en los últimos años se han desarrollado tecnologías y mucho software para permitir que los **Recursos Energéticos Distribuidos (REDs)**⁸, —entre los cuales se destaca el almacenamiento y las soluciones de software inteligente con capacidad para crear en forma transitoria “centrales virtuales”—, dividiendo en islas de diseño variable cada área de concesión de una empresa eléctrica, permitiendo que en especial las Distribuidoras contribuyan con complejos softwares a dar solución parcial a muchos de estos problemas, en el fondo todos problemas de productividad del capital invertido. Hay un punto específico en este capítulo sobre los DERs destinado a visualizar las contribuciones posibles de ese recurso.

- 8) Es necesario aclarar también que la necesidad de reducir emisiones conducirá a una fuerte electrificación de todas las actividades humanas, tanto en las familias como en el transporte, en las industrias y en los servicios públicos. Si realmente se quieren atender todos esos incrementos de demanda con solamente estas dos tecnologías renovables, dado que la estimación de inversiones en infraestructura probablemente por lo menos se duplicará durante esta década y se triplicará durante las dos décadas siguientes hasta el 2050, deben tenerse presentes estas externalidades que entendemos habrán sido consideradas por la IEA en sus estimaciones de inversiones en infraestructura distribuidas en el segundo trimestre de 2021, a pesar que en sus trabajos esa Organización estima que el mundo llegará a 2050 con un 90% de energías de tecnologías renovables, de las cuales 70 % serían

8 REDs: Recursos Energéticos Distribuidos. Comprende a todos los equipos y tecnologías que buscan facilitar la operación de la Red Eléctrica al menor costo posible y con el menor riesgo de ENS. (Generación Distribuida de distintas potencias, Almacenamiento en Baterías, Redes Inteligentes, Medidores inteligentes, software para ayudar a la operación y transferencia automática de carga y reducir el riesgo de fallas, etc.

Eólicas y solares, porcentaje que podría resultar muy costoso y no solo por la inversión sino también por las reservas destinadas a cubrir los riesgos de ENS.

El precio de la energía eléctrica podría subir considerablemente **por el incremento en la Inversión de capital por cada kilowatt de incremento de oferta de potencia**, lo cual es resoluble para los estamentos de mayores ingresos de la sociedad porque por sus incrementos de eficiencia Energética van a ahorrar en combustible para sus vehículos y para su calefacción, pero no para los sectores más pobres en el caso de nuestra Nación, que carecen de automóvil y de viviendas aisladas por lo que deberán ser probablemente subsidiados para reducir el consumo de energía o mejorar el aislamiento de sus viviendas. **Es razonable por ello volcar recursos a la investigación de las alternativas más económicas ya disponibles, o dar incentivos regulatorios para que se desarrollen en un marco de competencia de mercado.**

9) Riesgo de Reducción de la Calidad de Servicio por la necesidad de ubicar las plantas de Generación en lugares ubicados a miles de km de la Demanda.

A pesar de las inversiones que se concreten en software para el control de las redes y desplazamiento de la simultaneidad de las cargas, utilizando los Recursos Energéticos Distribuidos, no será fácil evitar el costo social de otra externalidad relacionada con un **incremento en la “Energía No Suministrada”, es decir un empeoramiento de la calidad de servicio**, porque la extensión del país obliga a traer a algunas energías sin o con pocas Emisiones desde lugares lejanos, —o asumir costos más elevados **por el bajo “Factor de Uso” si las Renovables se instalan al lado de la Demanda—**, incorporando por las mayores distancias y los cambios de nodos desde los cuales se inyecta Potencia, un mayor riesgo de falla y ENS **por problemas de estabilidad en el sistema de potencia** y por la probable decisión de no duplicar completamente la potencia instalada en base a reservas, a menos que sea una obligación contractual que se vuelque luego en las tarifas.

En EEUU, las ventajas en productividad derivadas de la interconexión entre Estados, generó accidentes que fueron recién solucionados cuando el Parlamento sancionó hace más de 20 años, una **Ley Federal de Transporte en Alta Tensión**, que delimita claramente las responsabilidades de los operadores de cada Estado limítrofe en caso de una falla. Por su enorme extensión y baja densidad de carga, **sería conveniente analizar una ley similar para Argentina en caso de extenderse la Red de la forma que hemos mencionado**, como consecuencia de la instalación masiva de Tecnologías Renovables. De igual forma sería

importante recalcular el costo Social de la ENS, utilizando las dos metodologías del World Bank. Ese cálculo permitiría definir el límite de Inversiones.⁹

- 10) Es conveniente disponer en un único Mercado Mayorista, también un único “Mecanismo de Formación de Precios” para todas las tecnologías que se introduzcan a medida que la innovación ponga en el mercado nuevos equipos para la producción de Energía Eléctrica “firme”¹⁰ y sin emisiones GEI. También se evitarán de esa forma los mayores costos de Operación, que pueden surgir cuando se usan **Mecanismos de Formación de Precios** y de “Despacho”¹¹ que difieren para cada tecnología. Es entendible que los Gobiernos traten de atraer inversiones en Equipos de Generación Eléctrica sin Emisiones, pero ello no debería hacerse dando “Regímenes Especiales” de formación de Precios o de pago de impuestos. La competencia va a impulsar la innovación con mayores beneficios para los ciudadanos que cualquier tipo de subsidios o mecanismos preferenciales en el despacho o en las cantidades vendidas. **Lo importante es que cada oferente desarrolle el mix de Tecnologías más económico para hacer su oferta, sabiendo además que será penalizado si no cumple con su reducción anual de Emisiones GEI y también será penalizado por cada episodio de ENS o corte a los clientes.**

4.3 El rol del gas natural en Argentina. ¿Por qué es un desafío?

Durante la transición de los próximos 28 años y después.

Debido al menor costo y menor contaminación del gas natural respecto de los otros combustibles fósiles; en contratos de Largo Plazo y garantizados por Organismos Multilaterales, —a pesar del muy elevado Costo de Capital de Argentina—, la Transición hacia “Net Zero 2050” puede ser cubierta con amplia participación de Gas NC y una cantidad prácticamente nula de fósiles líquidos; fundamentalmente para Transporte de Carga y/o Pasajeros (ya sea con GNC o GNL) y para **Generación de Energía Eléctrica** (ampliando la Reserva de Generación a Gas y el porcentaje de Energía Eléctrica en la matriz energética).

Esto indica que la producción de gas es un aspecto central en todo plan energético al 2050, porque en ese plazo fijado permitiría reducir quizás a menos de la mitad las emisiones producidas actualmente por combustibles fósiles líquidos en sus distintos usos. Con esa reducción será posible cumplir con los compromisos asumidos, compensando algunos de los costos (como el del transporte de alta tensión) con costos variables de la energía eléctrica

9 En las últimas 3 décadas se han utilizado los valores calculados para Argentina a fines de los '80 por técnicos de ENEL y EDF

10 Es decir, no aleatoriamente interrumpible

11 Reglas que rigen la orden del OED (Organismo Encargado del Despacho) para poner en marcha y comenzar a entregar al mercado mayorista la Energía Eléctrica que produzca esa máquina.

que no deberían ser más del 50% de los que pagan algunos países del Lejano Oriente y de Europa por la importación de GNL.

Por otra parte, se ha detallado en los capítulos II y III la existencia de una oportunidad de usar en el mercado mayorista local y también **exportar gas natural licuado en condiciones de emisiones netas nulas por el uso en destino**, aprovechando los excedentes de capacidad de absorción del suelo y de la biosfera de Argentina por la gran extensión, las condiciones naturales y la baja densidad poblacional de nuestro país.

El desafío es para Argentina aprovechar estas condiciones durante el período que se abre por delante hasta el 2050, período en el cual el uso del gas seguirá creciendo en reemplazo de otros fósiles, en tanto que es probable que a partir de 2040 comience lentamente a estabilizarse y a concentrarse su uso en Petroquímica.

Complementariamente, es necesario tener presente en todo el período en el cual el gas sea un recurso central para la recuperación del crecimiento de Argentina, la necesidad de mantener un “Benchmark” de “Best Practices” con los países que mejor lo han hecho, en cuanto a la Protección de Fugas de Metano en los procesos de extracción, transporte y utilización y de otras potenciales externalidades que han generado reclamos ambientales y dificultarían el equilibrio que prevén nuestros compromisos internacionales.¹²

4.4 Mecanismo de Formación de Precios igual para todas las Tecnologías.

Las fuentes de energía eólica tienen siglos de aprovechamiento por el hombre. Los paneles solares son en cambio una Tecnología reciente. En ambos casos, hasta que no quedó en evidencia la necesidad de disminuir las emisiones de GEI, su uso era limitado por dificultades en el transporte de la energía, tanto mecánica como eléctrica, pero fundamentalmente por la imposibilidad de abastecer “Energía Firme” en los horarios en que fuera necesaria para cada cliente. Por el contrario, una lámpara de aceite brindaba luz, que, si bien era sumamente precaria, se podía encender en el momento y lugar en el cual el usuario la necesitaba. La Energía Eléctrica y la lámpara eléctrica se conocieron a fines del siglo XIX y al principio tenían muy baja eficiencia, tanto en la generación, (es decir en la oferta), como lumínica, (la demanda). Hoy ese problema está totalmente superado.

En las tres Etapas del desarrollo de la cadena de valor del Gas y la Energía Eléctrica iniciada hace unos 120 años la competencia elevó la eficiencia de los equipos, desde niveles de menos del 10% de eficiencia térmica de hace 100 años, a los actuales, mayores al 60% de eficiencia y con una confiabilidad muy elevada.

¹² Ver Publicación de la Academia de Ingeniería 2016 sobre 9 creencias erróneas sobre explotación de Gas de Fracking. Ernesto Badaraco y Jose Luis Inglese.

Pero con la creciente convicción de que es necesario eliminar las emisiones de CO₂, se ha recurrido en la 3ª Etapa del sector eléctrico, —iniciada hace no más de 25 años—, a las tecnologías que carecen absolutamente de emisiones por utilizar como fuente de energía recursos naturales renovables. La única emisión computable es la correspondiente al proceso de construcción de los equipos y al traslado y montaje en el emplazamiento definitivo.

Pero hay un aspecto que no ha podido ser resuelto y es el que impide una expansión mucho más rápida de estas dos tecnologías renovables. Las mismas son aleatoriamente interrumpibles y tienen un factor de uso reducido. Ambas cosas conducen a la necesidad de disponer de reservas adicionales de respuesta inmediata, que en muchos casos sólo una batería puede proveer, dado que en algunos casos la velocidad con que se pueden maniobrar las compuertas de una central hidroeléctrica no alcanza para impedir alguna interrupción del servicio si no se cuenta con un equipamiento adicional de Potencia rotante y Almacenamiento. Pero según el tipo de interrupción y la pendiente de la “rampa” de reducción tampoco podrían ser útiles máquinas térmicas rotando a mínima carga porque el tiempo necesario en la mejor tecnología térmica disponible en grandes potencias, de Ciclos abiertos para pasar de 30% al 100% de carga no permite reemplazar la fuente renovable sin una instancia intermedia que debería ser cubierta por Baterías o Hidroeléctricas, destacando además que la Potencia disponible y el Transporte que vincula las Hidro con la demanda es limitado. En otros momentos las Hidráulicas ya están despachadas a su máxima Potencia.

Este es el desafío técnico y económico central de las dos principales tecnologías renovables, que se encuentran en el proceso de mayor expansión conocida para una tecnología actualmente¹³. El desafío económico es quizás aún más grave porque obliga a multiplicar las inversiones en los equipos y en el transporte de Energía, todos con bajo factor de Utilización. También ha originado el **otorgamiento de subsidios, explícitos** o no, en los contratos surgidos de las licitaciones de estas tecnologías renovables.

Todas las externalidades mencionadas en los puntos 4.1 y 4.2 están relacionadas con esta imposibilidad de asegurar la firmeza del abastecimiento. Esta circunstancia ha traído numerosas adaptaciones de la regulación en distintos países, haciéndola crecientemente compleja. Y además se esperan cada vez más modificaciones adicionales para hacer posible la Transición al 2050.

4.5 Estabilidad del Sistema de Potencia.

El Sistema de Potencia en el escenario de la Transición:

¹³ El apoyo recibido de los Gobiernos de las Naciones firmantes del Acuerdo de París, ha conducido a tasas de crecimiento cercanas al 100% anual, crecimiento que se moderará a medida que estas 2 Tecnologías se acerquen a una participación de más del 20% o 30% a nivel global.

Uno de los elementos centrales de la transición energética al 2050 será el proceso de electrificación de muchas actividades que hasta ahora obtenían energía a partir de la combustión de carbón o combustibles fósiles, líquidos y gaseosos. Inicialmente, al comienzo del uso de la energía eléctrica, cada fuente de energía se colocaba en el mismo lugar o muy cercana a la demanda de esa energía. A lo sumo una ciudad tenía una central para sus 5000 habitantes, pero no estaba interconectada con otras ciudades y tenía problemas de falta de carga en el horario nocturno para mantener el alumbrado público, llegando a ofrecer descuentos en la tarifa a las industrias que trabajaran de noche y les permitieran mantener en funcionamiento los equipos de generación, —que no podían funcionar con una carga inferior al 30%—. para asegurar la continuidad del alumbrado público.

Pero las enormes economías de escala, logradas al introducir Transmisión en Tensiones cada vez más elevadas, utilizar equipos de mayor dimensión tanto en la oferta, como en la demanda y en la localización alejada de algunas fuentes de energía de bajo costo marginal para disponer de potencia en horarios de punta, como las hidráulicas, condujeron a la construcción de redes interconectadas que **requieren una cierta estabilidad en las cargas y “equilibrio permanente en tiempo real entre Oferta y Demanda” para evitar el costo social de los desabastecimientos de energía (ENS)**. El otro requisito es no sobrepasar los límites de capacidad de Transporte y Transformación.

Todo sistema eléctrico de potencia es un “mallado eléctrico” que puede extenderse, tal como en el caso argentino, a lo largo de miles de kilómetros, interconectando distintas fuentes de Oferta con una gran cantidad de puntos de demanda, en “nodos” que permiten aprovechar las decenas de fuentes de producción de energía ubicadas en distintos puntos de esa “Malla”, la cual configura el sistema de potencia, entregando energía a la misma tensión o a tensiones diferentes, si se intercalan en la red equipos de transformación de tensión. Cada uno de esos Nodos debe estar en equilibrio permanentemente para evitar la actuación de desconexiones automáticas de Generación o de Distribución por excedentes o déficits asociados a limitaciones físicas de Producción o Transporte de Energía Eléctrica¹⁴.

El problema más frecuente **y que por ello debería ser estudiado en los ámbitos académicos especializados** en relación con en la operación de un “sistema de potencia”, que requiere mediciones en tiempo real, comandos a distancia que han sido crecientemente automatizados y operadores muy cualificados, es el surgimiento de algún desbalance instantáneo entre la Oferta y la Demanda de potencia en uno o varios nodos, o entre la potencia a transportar y la capacidad de transporte disponible en ese momento y en ese sector de una

14 Es un tema técnico del cual solo queremos destacar que para evitar interrupciones se recurre a las denominadas “Regulación primaria y secundaria de frecuencia”. Se menciona solo para recordar que existe externalidades relacionadas con este tema de la Operación del sistema de Potencia al incorporar tecnologías aleatoriamente interrumpibles

red que además no tiene alternativas disponibles en un momento dado para poder incrementar la energía que llega o que sale del nodo, evitando así la actuación de “Protecciones”.

Por supuesto que las externalidades de las fuentes de energía “aleatoriamente interrumpibles” representan un inconveniente no fácilmente solucionable. Con cientos de complejas alternativas que pueden dar solución instantánea a un desbalance entre oferta y demanda, no está ya al alcance de una persona operar manualmente cientos de máquinas de generación y de nodos de demanda. Si bien esta responsabilidad puede ser delegada en un software que habitualmente desconecta potencia o Carga, (DAGs o DADs), la introducción de cientos de parques solares o eólicos en los cuales la Oferta es aleatoriamente interrumpible, complejiza crecientemente la operación, en especial porque las instrucciones dadas automáticamente para evitar que por falta de oferta baje la frecuencia y en milésimas de segundo comiencen reacciones en cadena reconfigurando la red o “desacoplando” sucesivamente centrales de generación y/o o nodos de Distribuidores o Grandes Clientes con gran volumen de demanda, hacen crecer la inestabilidad a medida que aumenta la cantidad de nodos interconectados. Este problema técnico ha sido resuelto ya hace muchos años mediante el retiro automático (DAG o DAD ya mencionados) del generador o la distribuidora que permite restablecer el equilibrio en el sistema de potencia. Pero, aunque de corta duración por el uso de telecomandos, se puede tratar igualmente de un corte, y las renovables, —si no se incluyen baterías de igual potencia, con substitución de oferta automatizada, sin back up térmico y sin un software adecuado—, son muy susceptibles a esos accidentes.

No debe olvidarse que debido al factor de uso muy reducido (25%, o menos en muchos días del año) de la energía solar, es necesario instalar tres veces más potencia en el mismo lugar o en nodos distribuidos para contar con la cantidad de energía requerida por una demanda de potencia determinada. La inversión en infraestructura será por lo tanto el triple.

Este aspecto es uno de los más importantes, o quizás el más importante que los ingenieros que desarrollan proyectos de renovables han analizado en cada parque solar o eólico.

La electrificación continuará avanzando y también el desarrollo de nuevos “sistemas” o programas de control digital automatizados. Pero viendo los accidentes no previstos en otras Naciones, la prudencia aconsejaría no avanzar demasiado rápido y restringir a “islas” el porcentaje de introducción de este tipo de equipamiento de generación para acotar los potenciales daños. También se encarece la energía a toda la población cuando se admite que los poseedores de paneles solares puedan reinsertar a la red al mismo precio los excedentes en ciertos horarios en que no hay un pico de demanda, (Generación Distribuida) reduciendo con ello la productividad de todo el sistema. Este tema no será analizado, pero ha dado origen a muchas demandas legales y cambios de Regulación en varios Estados de EEUU.

Problemas en el despacho derivados de la inestabilidad del sistema de potencia:

Cabe consignar brevemente, que muchos de los problemas mencionados en relación con el Sistema de Potencia interconectado nacional, son transferidos o dificultan también el despacho y la operación del sistema, en el cual las renovables aleatoriamente interrumpibles tienen prioridad.

El ingreso o la salida aleatorios de potencia en distintos nodos de la red, en forma conjunta o escalonada en el tiempo, pero casi imposible de predecir¹⁵ con precisión, dificulta el despacho del OED y requiere por supuesto también complejos software tanto para prevenir como para evitar consecuencias en la calidad de servicio y/o salidas parciales de la oferta o la demanda que se producen automáticamente cuando la capacidad del sistema se torna inadecuada en algún punto de la red.

Por supuesto que las actuales normas de despacho que dan prioridad a las energías renovables tienen como “Externalidad” costos para todas las restantes tecnologías que en un momento dado se encuentren despachadas en el sistema interconectado. La potencia de una máquina térmica no puede modificarse del 100% al 30% en décimas de segundos o viceversa por la inercia de la masa rotante e incluso las hidroeléctricas tienen límites a esa capacidad por la inercia de la masa de agua en movimiento que obliga a los operadores del despacho a realizar la sustitución de la energía de una máquina por la de otras en un plazo de tiempo que asegure que no habrá riesgos para la estabilidad o para la integridad de los equipos, aunque el procedimiento implique el vertido de energía de alguna de las tecnologías involucradas por el cambio de prioridad en el despacho. Las respuestas mecánicas de las máquinas tienen tiempos que a veces superan la elaboración, envío y luego ejecución también mecánica de cualquier orden digital.

4.6 DERs: Su utilización para neutralizar y/o reducir el costo de las Externalidades.

Los Recursos Energéticos Distribuidos (DERs en inglés) han surgido como solución a la inestabilidad que han introducido, en las redes de los sistemas de distribución eléctrica, las externalidades asociadas a las energías renovables aleatoriamente interrumpibles, pero también porque permiten incrementar la eficiencia, —productividad—, de la cada vez mayor cantidad de equipos necesarios para operar, en especial la Distribución, cada vez más compleja.

Básicamente, tal como se explica en un documento de hace seis años¹⁶, al percibir el problema derivado de la inestabilidad y las interrupciones no previsibles en los sistemas de

15 Aunque los sistemas meteorológicos son cada vez más precisos y seguirán mejorando en el mundo para advertir sobre fenómenos climáticos con muchas horas de anticipación.

16 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA OPERADO CON I.T. Ernesto P. Badaraco. Anuario 2017 de Energía y Negocios.

potencia como consecuencia del ingreso de ese tipo de tecnologías, se ha recurrido a dotar de distintos tipos de software a las redes de baja y media tensión y también a la red interior de las viviendas u oficinas y por supuesto grandes industrias, para permitir que, con un margen de reserva de generación y almacenamiento de distintos tipos y/o formatos, se pueda evitar un costo social de ENS muy superior al actual y por supuesto, un bajo factor de uso y por lo tanto de productividad de todo el sistema de distribución.

A continuación, se presenta una definición elaborada por el Capítulo Argentino del Consejo mundial de energía WEC,¹⁷ incluyendo un listado de los principales recursos energéticos distribuidos.

Debe tenerse presente que sin estos recursos el valor de la energía se incrementaría de una forma tal que no podría ser pagado por los actuales usuarios con los niveles de consumo promedios vigentes en las naciones desarrolladas y de mediano desarrollo.

Los Recursos Energéticos Distribuidos (REDs) –Distributed Energy Resources (DERs) por su sigla en inglés–, son definidos como “el conjunto de recursos, acciones, servicios y tecnologías destinadas a resolver y luego optimizar las cuestiones de abastecimiento, planificación privada y pública a largo plazo y gestión en el tramo de la cadena de valor de la Industria Energética” denominada “Sistema de Distribución” en baja tensión (BT) y media tensión (MT).

Dentro de este conjunto, pueden enumerarse:

1. La gestión de la demanda;
2. El almacenamiento distribuido o “nube de energía”;
3. La generación distribuida;
4. El incremento de eficiencia energética en la oferta y la Demanda obtenida por diferentes medios;
5. La operación de redes inteligentes;
6. La operación por internet de los equipos de la demanda con y sin intervención en tiempo real de sus dueños y
7. El abastecimiento y/o el aporte como reservas de los autos eléctricos, entre otras”.

¹⁷ La representación en Argentina del Consejo mundial de energía se denomina CACME. Sus antiguos graduados de un curso de formación, establecido desde hace muchos años, han elaborado un extenso documento (bajo el liderazgo del Ing. Julián Tucillo y el Lic. Jorge Ferioli) sobre los DERs del cual hemos tomado la definición y la lista de recursos energéticos distribuidos más usuales a la fecha.

Si bien en los últimos cinco años se han hecho grandes avances con los nombrados y con nuevos recursos energéticos distribuidos, queda mucho por hacer si se pretende introducir un porcentaje superior al 25% a 30% de energías renovables aleatoriamente interrumpibles. No solamente serán nuevos software para distribuir y redistribuir las cargas en la red a medida que la oferta se modifica y el almacenamiento y las reservas rotantes no alcanzan para abastecer la demanda, sino que además se están poniendo en marcha soluciones comerciales basadas en medidores inteligentes que permitirían establecer contractualmente períodos de corte por hora o por día en equipos alimentados por electricidad, como aire acondicionado, freezers de heladeras eléctricas para reducción de demanda y simultáneamente utilizar las baterías de los automóviles eléctricos conectados a la red como reserva de almacenamiento remunerada cuando en la oferta pudiera escasear en un determinado alimentador de media o alta tensión o se estuviera superando durante una cantidad de tiempo riesgosa la capacidad de los transformadores insertados en la red.

Lo presentado como ejemplo es sólo una muestra del cambio radical que tendrán los sistemas de distribución al electrificar otras formas de energía para incrementar la eficiencia y no usar combustibles fósiles y cuáles serán las medidas a adoptar para evitar que la aleatoriedad de la oferta eleve los costos de la energía y deteriore progresivamente en la calidad de servicio de las redes eléctricas.

Eficiencia energética en la transición

5.1 El rol de la eficiencia energética en la transición

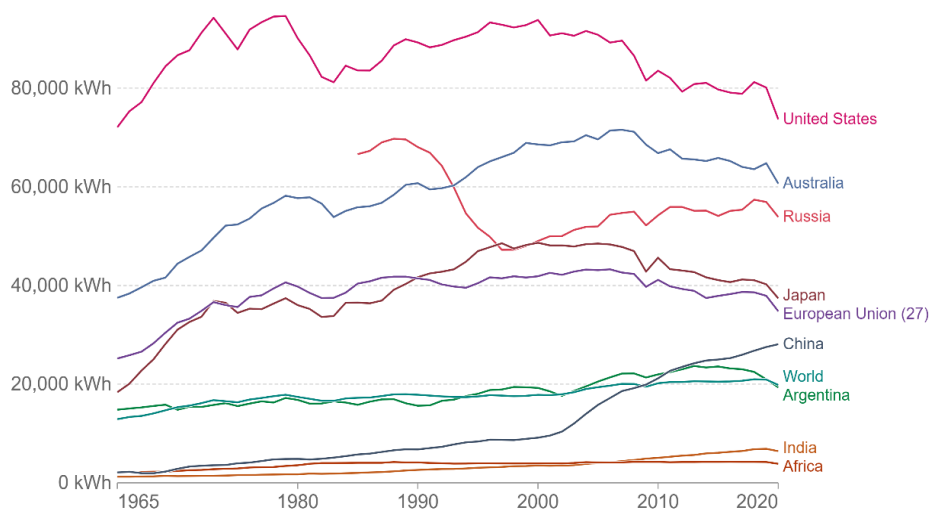
A medida que el ser humano buscó un mayor bienestar material y confort, fue necesaria una creciente transformación y utilización de energías en su propio provecho. Algunos seres humanos del siglo XXI gastan hasta 20 veces de energía que la empleada por una persona de la prehistoria. Esto quiere decir que para vivir con la calidad de vida actual se requiere conseguir energía en cantidades significativas. Obviamente, no todas las personas consumen la misma cantidad de energía, pero si dividimos la energía total consumida en cada país por su cantidad de habitantes, obtenemos lo que se llama el “consumo de energía promedio por habitante”.

En la siguiente figura 5.1 podemos ver el consumo de energía por habitante de algunos países o regiones desde 1965. Y en la figura 5.2 el consumo de energía de 2015 en función del Producto Bruto Interno de esos mismos países o regiones.

Energy use per person

Energy use not only includes electricity, but also other areas of consumption including transport, heating and cooking.

Our World
in Data



Source: Our World in Data based on BP & Shift Data Portal

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note: Energy refers to primary energy – the energy input before the transformation to forms of energy for end-use (such as electricity or petrol for transport).

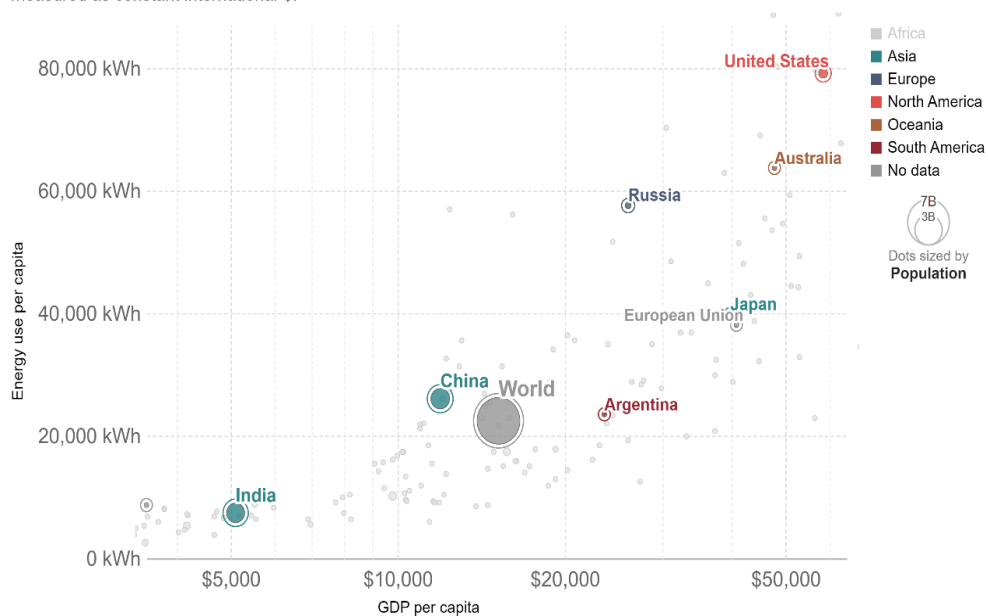
Figura 5.1 Evolución histórica del uso de energía por persona

Fuente: Our World in Data (basados en datos de BP y Shift Data Portal)

GDP per capita vs. energy use, 2015

Annual energy use per capita, measured in kilowatt-hours per person vs. gross domestic product (GDP) per capita, measured as constant international-\$. Dots sized by Population.

Our World
in Data



Source: Data compiled from multiple sources by World Bank

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 5.2 Consumo de energía en función del Producto Bruto Interno

Fuente: Our World in Data (basados en información recopilada por el Banco Mundial)

El uso racional de la energía significa conocimiento y conciencia de la energía que necesito gastar para desarrollar una determinada actividad, no malgastarla; mientras que el uso eficiente de la energía significa buscar reducir la cantidad de energía consumida en la realización dicha actividad, en la medida que las tecnologías me lo permitan.

Se puede decir que el esfuerzo para mejorar la eficiencia energética comenzó con la historia humana, pero adquirió velocidad con el inicio de la Era Industrial y la aplicación sistemática de la ciencia y la tecnología.

El avance de la era Industrial fue, entre muchas otras cosas, la historia de la reducción de la intensidad energética de los productos y servicios del sistema productivo. La eficiencia energética es, justamente, esa disminución de la intensidad energética o incremento de la productividad en el uso de la Energía de las actividades humanas.

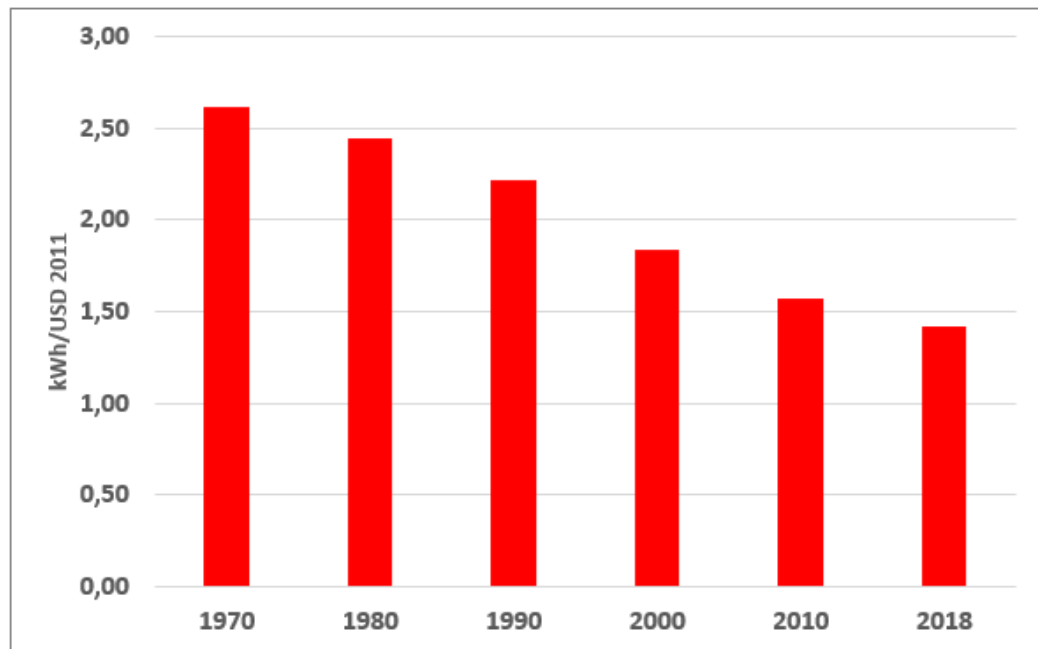


Figura 5.3 Evolución histórica de la intensidad energética mundial

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Our World in Data (a su vez basados en BP; World Bank; and Maddison Project DB)

En la figura 5.3 se observa la disminución de la intensidad energética mundial, medida como se hace usualmente, por el ratio entre la cantidad energía consumida y el producto bruto medido en dólares constantes. El numerador del ratio es el agregado del consumo energético de todas las actividades de la sociedad en un año determinado.

La disminución de la intensidad energética tiene una evolución irregular ya que es el resultado de múltiples mejoras individuales de actividades específicas y no de la evolución lineal de un solo proceso industrial.

Este gran esfuerzo humano permitió que la producción creciera consistentemente a lo largo de los dos últimos siglos sin agotar las fuentes de energía.

Desde los dos shocks petroleros de los años 70, el esfuerzo por bajar la intensidad energética de los productos se ha redoblado y sistematizado, combinándose con programas de etiquetado, estándares mínimos, asesoramiento de eficiencia (especialmente a través de las “ESCOs”, compañías de servicios de energía, especializadas en incrementar la Eficiencia Energética de industrias y cobrarse el servicio con el ahorro en consumo de Energía del cliente). También tienen las ESCOs un rol importante en comunicación y concientización ciudadana.

Cuando el problema del cambio climático fue asumido globalmente, la eficiencia energética pasó también a ser un instrumento esencial para lograr la descarbonización de la energía.

No hay energía menos emisora que la que no se consume.

Con el fin de mensurar la magnitud de la reducción de la intensidad energética que se necesita en la presente década para no demorar el cronograma global de Net Zero 2050 que preparó la Agencia Internacional de la Energía, es interesante observar los porcentajes de disminución que calculó esa Agencia a cumplir en esta década y que se muestran en la figura 5.4 siguiente:

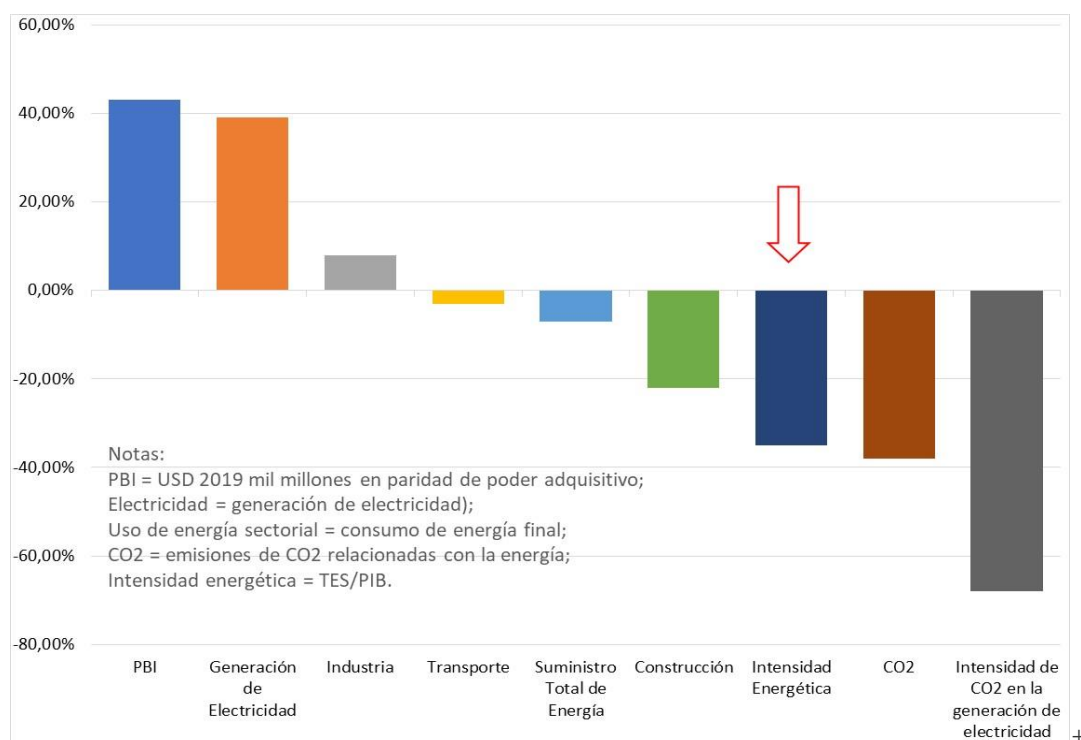


Figura 5.4 Indicadores Macroeconómicos y energéticos, que surgen del Escenario de Emisiones Netas Cero 2050

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la IEA

Para llegar a la meta de la década 2030 se requeriría una consistente disminución de la intensidad energética superior al 4% anual a lo largo de toda la década, lo cual es más del doble de la mejora de la eficiencia lograda en la década 2010-2020.¹

5.2 La situación argentina con respecto a la eficiencia energética.

Observando la evolución de las cifras desde 1990 hasta el presente, la intensidad energética argentina ha estado consistentemente por debajo de la cifra mundial (Figura 5.5). Entre otras razones, el peso de la actividad industrial con respecto al producto bruto interno (PBI), a nivel global, fue mayor en aproximadamente 5% que el de la participación de la industria en el PBI argentino (26% vs. 21%, en 2020, por ejemplo) ya que dicho sector es mayor demandante de energía.

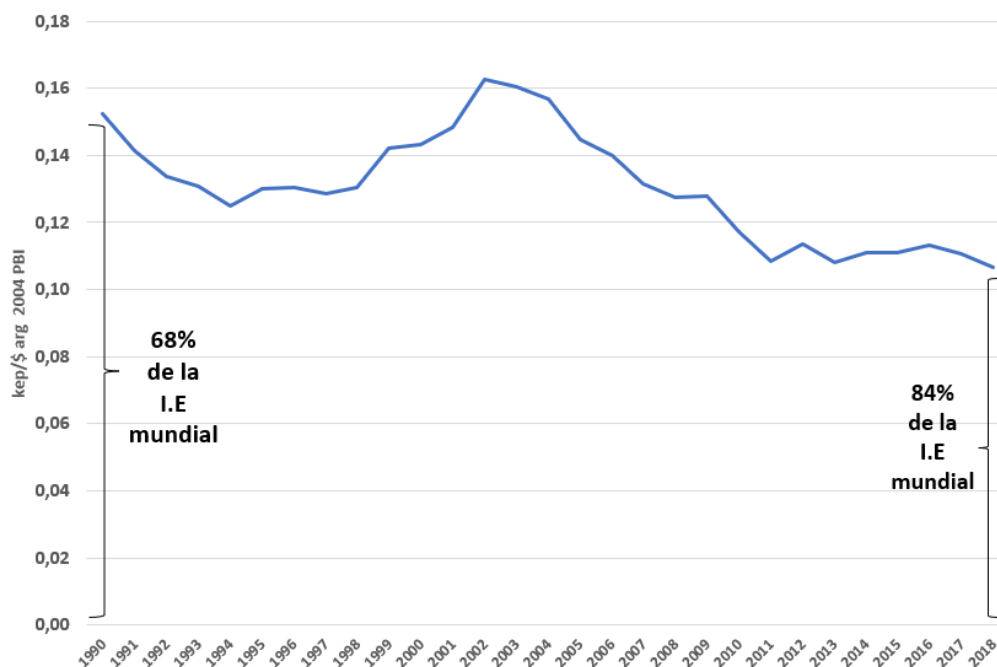


Figura 5.5 Evolución de la Intensidad Energética Argentina

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Argentina (INDEC y BEN) y de Our World in Data para datos globales (a su vez basados en BP; World Bank; and Maddison Project Database)

La intensidad energética argentina, que era algo superior a 2/3 de la global en 1990, fue en 2018 equivalente a un 85% de la intensidad energética mundial. Y no es porque Argentina

¹ Energy Efficiency 2021, IEA, pag. 8 – All rights reserved

se haya industrializado en estos 30 años, ya que el sector industrial oscila aproximadamente en un rango acotado en ambas puntas.

Las políticas de eficiencia energética que se fueron aplicando a lo largo del período carecieron del apoyo político, impulso ejecutivo y continuidad necesarios para lograr un comportamiento más permanente por parte de los agentes económicos.

También hay que decir que, a lo largo de las dos últimas décadas, los precios domésticos de los energéticos han estado desvinculados de los precios internacionales y ello también ha incidido en quitar incentivos económicos a los proyectos privados de eficiencia energética.

Por momentos, al menos a nivel de los mensajes públicos y privados, pareciera como si la necesidad de descarbonizar las actividades humanas se hubiera desconectado de la tradicional, progresiva y siempre necesaria mejora de la eficiencia energética. Pero, a la luz de los estudios internacionales sobre los requerimientos de la transición, como se ha señalado respecto al de la Agencia Internacional de la Energía, la eficiencia energética, por lo menos en la década 2020-2030, es una de las principales herramientas para hacer descender las emisiones del sector energético.

Para las posteriores 2 décadas, tecnologías más disruptivas como la sustitución de plataformas tecnológicas, sean de movilidad o de consumo industrial de energía, tomarán el lugar principal de la descarbonización.

Pero la década que termina en 2030 ya está en curso y las tecnologías son las que ahora se están aplicando, por lo que el concepto tradicional de bajar progresivamente la intensidad energética de la producción mediante mejoras incesantes de pequeño monto y aditivas a las tecnologías existentes sigue siendo vital para bajar la intensidad energética y con ello el nivel de emisiones asociadas a la producción.

Financiación de la incorporación de los nuevos activos necesarios para completar la transición energética

6.1 Inversiones globales necesarias y capacidad de financiamiento.

A efectos de cuantificar las inversiones para la transición energética, la Agencia Internacional de la Energía publicó en 2021 un trabajo, “Net Zero by 2050”, en donde se exponen en profundidad las implicancias de la transición energética en todos los sectores de la actividad humana.

El monto anual de inversiones energéticas, para cada uno de los próximos 30 años, debería duplicar el promedio anual de los 5 últimos años¹. Ello da una idea del considerable esfuerzo que la transición requiere y de la importante movilización de recursos públicos y privados que conlleva. Demandando para ello una correlativa evolución de las regulaciones del sector para lograr un acceso fluido y masivo de fondos a los proyectos.

El mismo trabajo citado, especifica que, en la década presente, la inversión energética debería crecer del 2,5% anual del PBI mundial (promedio del período 2016-2020) al 4,5% para 2030, descendiendo posteriormente ese porcentaje lentamente hasta la misma cifra inicial en 2050. La alta vara establecida en 2030 tiene como fundamento la necesidad de acelerar el proceso de reducción de emisiones compatible con un tope de incremento de temperatura de 1,5°C para mediados del siglo.

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) publicó también una estimación y llegó a magnitudes comparables.

1 IEA Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector p. 81. All rights reserved

6.2 Una aproximación a la situación argentina

Para estimar las inversiones a efectuar en Argentina para la transición energética se usará la estimación mundial de inversiones de la sección VI.1 y se proporcionará a las cifras argentinas aplicando la relación entre oferta anual de energía argentina y mundial.

Si se tiene en cuenta que la oferta total de energía al mercado argentino es, cercana al 0,55% de la oferta global, se podría presumir que un monto anual aproximado de las inversiones necesarias para desarrollar el sistema energético en el camino de una transición sustentable ascendería a USD 25.000 millones anuales (aproximadamente, un 5 % del PBI anual).

Como la inversión anual argentina, por ejemplo, en el total de la infraestructura no superó el 3% del PBI a lo largo de parte de la última década², debemos concluir que la meta es desafiante, aunque no imposible.

Se requerirá un enfoque conjunto público-privado (quizás es la oportunidad para la creación de una agencia específica) para lograr la optimización de los recursos y la convergencia de inversión nacional y extranjera, tanto en fondos propios como en deuda para una consecución exitosa.

6.3 Instrumentos generales disponibles anteriores a la COP 26

La transición energética presenta un alto desafío para poder lograr el financiamiento de las inversiones requeridas.

En el caso argentino, el monto anual necesario equivale a casi un cuarto del tamaño del sistema financiero argentino. Por lo tanto, hay que acudir a todo el financiamiento disponible, nacional e internacional, y apelar a fuentes de financiamiento comunes, pero también y especialmente, a los instrumentos que se van creando o adaptando para atender específicamente las inversiones de la transición energética en todas las Naciones.

A continuación, se citan algunos de esos instrumentos:

a) Financiamiento combinado:

Es un sistema usado desde hace décadas por los bancos de desarrollo internacionales o regionales. Consiste en alinear financiamiento privado junto con el financiamiento propio de dichos bancos, muchas veces en proporciones iguales. Equivale a duplicar la capacidad de financiamiento de los bancos de desarrollo y permite allegar fondos internacionales a

2 Situación y desafíos de las inversiones en infraestructura en América Latina, CEPAL, Boletín FAL, Edición N° 347, número 3/2016. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40504/1/S1600760_es.pdf pag. 7

emprendimientos en países emergentes, a tasas menores, por el conocimiento del país y la capacidad de evaluación de proyectos de dichos bancos. Eso permite que fondos privados aporten financiamiento a tasas menores por reducción del riesgo crediticio.

Se estima que, en 2018, el financiamiento combinado aportó mundialmente USD 140.000 millones a proyectos de energía sustentable en países emergentes. Ello representó un tercio del total de financiamiento combinado global.³

b) Bonos verdes:

Son títulos de crédito emitidos por instituciones públicas y privadas calificadas y que se destinan exclusivamente a proyectos que mejoren el medio ambiente y a inversiones en energía sustentable. Dichas instituciones pueden ser países, bancos de desarrollo o empresas privadas. No todos los bonos verdes se refieren a inversiones para mitigar el cambio climático. En 2019, el 80% de las emisiones de bonos verdes correspondió a objetivos de mitigación de emisiones⁴, o sea bonos dedicados a proyectos para contrarrestar el cambio climático.

- a) Comenzaron a utilizarse en 2007 y, a partir del último lustro, han tenido un crecimiento importante, como puede verse en la figura 6.1 a continuación:

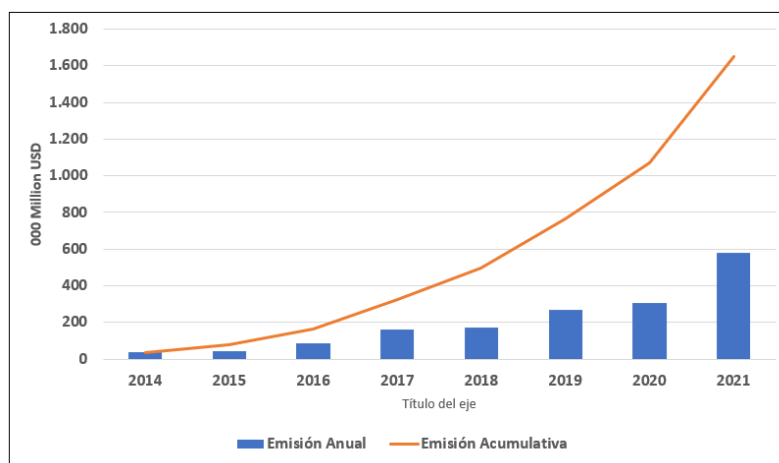


Figura 6.1 Emisiones de bonos verdes

Fuente: Elaborado propia a partir de datos de Climate Bond Initiative⁵

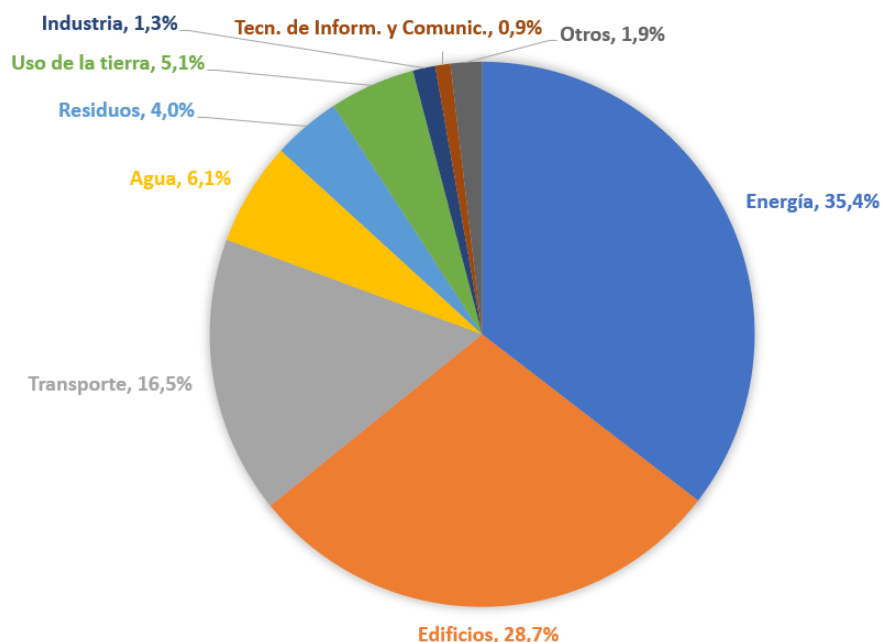
3 <https://www.weforum.org/agenda/2020/09/four-tools-for-increasing-sustainable-energy-financing/>

4 https://www.commerzbank.de/en/nachhaltigkeit/nachhaltigkeitsstandards/mitgliedschaft-ten_und_initiativen/climate_bonds_initiative/cbi.html

5 <https://www.climatebonds.net/market/data/#use-of-proceeds-charts>

FINANCIACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS NUEVOS ACTIVOS NECESARIOS PARA COMPLETAR LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Resulta interesante observar, el cuadro 6.2 siguiente, el destino de los fondos obtenidos, de acuerdo con el sector de utilización en el año 2021.



Cuadro 6.2 Destino de los fondos según sector de utilización – Año 2021

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Climate Bond Initiative⁶

Argentina podría obtener financiamiento a través de organismos multilaterales o regionales con capacidad de financiar los proyectos en ese mercado. Resulta, desde ya, imprescindible mantener una fluida relación con esos organismos y bancos de desarrollo multilaterales o regionales y permanecer como sujeto de crédito homologado por esas instituciones. Y, por supuesto, agilizar la presentación de proyectos para poder acceder a este nuevo mercado financiero en expansión. Todo ello, sin renunciar a la posibilidad de un acceso directo en cuanto se presente la oportunidad y se hayan creado condiciones de ingreso a dicho mercado.

C) Garantías:

Constituyen un mecanismo más amplio que el simple financiamiento. Además de facilitar la obtención de préstamos a tasa menor que el simple riesgo de crédito del prestatario, permiten reasignar riesgos tecnológicos, de ejecución de contratos, etc. Por lo tanto, su alcance es mucho mayor que la simple garantía de un préstamo, aunque también, obviamente, sirven para este fin.

⁶ <https://www.climatebonds.net/2022/01/500bn-green-issuance-2021-social-and-sustainable-acceleration-annual-green-1tn-sight-market>

En el caso argentino, otra vez aparecen los organismos multilaterales y regionales como los otorgantes que pueden cumplir esa amplia gama de alocaiones de riesgo que se necesitan en los proyectos, necesariamente complejos, de la transición energética.

Un caso exitoso de financiamiento combinado para energía sustentable, unido a un esquema de garantías de cumplimiento de contratos al que se ha acudido en Argentina, ha sido el de los proyectos de energías renovables, adonde se alinearon agencias oficiales de crédito de exportación de los países donde se ubicaban los fabricantes de equipos con financiamiento combinado de inversores privados convocados por las mismas agencias de crédito y, en ocasiones, garantía del Banco Mundial o del FODER argentino, de ejecución del contrato de compra de energía por parte del tomador final, CAMMESA.

Una política similar llevó el Banco Mundial con los países del Este europeo que establecían nuevos marcos regulatorios del mercado eléctrico hace 2 décadas. Allí, otorgó garantías cubriendo el riesgo político a las instituciones que financiaban nuevos proyectos eléctricos.⁷

d) Compañías de seguros:

Tienen, al igual que en el caso anterior, un rol importante en la alocaión de riesgos y, con ello, la facilitación de financiamiento a menor costo. Sobresale la importancia de las agencias de seguro de crédito a la exportación. Ellas, por ejemplo, resultan muy importantes en el armado final del financiamiento de los proyectos de energías renovables.

e) Fondos para capital propio (“equity”):

En un mundo con abundancia de capital y con un fuerte impulso ético por parte de los grandes inversores institucionales, con miras a un “carbono neto cero”, no puede faltar el componente de equity.

Se ha creado, a fines de 2020, un foro de los mayores administradores de inversiones globales (“The Investor Agenda”) con el objetivo de acompañar las metas del Acuerdo de París, a través de un pase gradual de sus activos a ser 100% sustentables, con revisiones cada 5 años.

Estos inversores tienen, globalmente, USD 9.000 millones (USD 9 trillones americanos) bajo su administración, de todas las clases de activos. Es interesante observar la evolución de los fondos dedicados a equity y deuda de empresas sustentables.

⁷ Fernando Manibog, Rafael Dominguez, Stephan Wegner, Power for Development, A Review of the World Bank Group’s Experience with Private Participation in the Electricity Sector, 2003, pag. 27 © 2003 The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank 1818 H Street, NW Washington, DC 20433. All rights reserved. Para acceder a un caso particular, ver <https://documents1.worldbank.org/curated/en/542121468758987473/pdf/29618.pdf>

Cuando se advierte la fuerza del compromiso de este grupo de inversores se percibe, no que vayan a faltar fondos para financiar inversiones sustentables, sino que pueden no ser suficientes para el resto de las inversiones remanentes en proyectos de combustibles fósiles que siguen siendo necesarias y forman parte de la transición para permitir el empalme de la situación actual con el mundo carbono cero que sobreviene.

En cualquier caso, Argentina debe permanecer alerta e involucrada en todos los andariveles de las finanzas globales para poder financiar las ingentes sumas que requiere la transición energética.

6.4 Mecanismo de Desarrollo Limpio y Bonos de Carbono

El Protocolo de Kioto, firmado en 1997 y puesto en vigor en 2005, diseñó un variado sistema de estrategias para establecer límites decrecientes de emisiones de GEI, pero con flexibilidades que permitieran a países o empresas facilitar la transición con excesos temporarios comprados en un mercado abierto a países o empresas con ahorros de emisiones.

Un esquema simplificado de los créditos de carbono está graficado en la figura 6.3 siguiente.

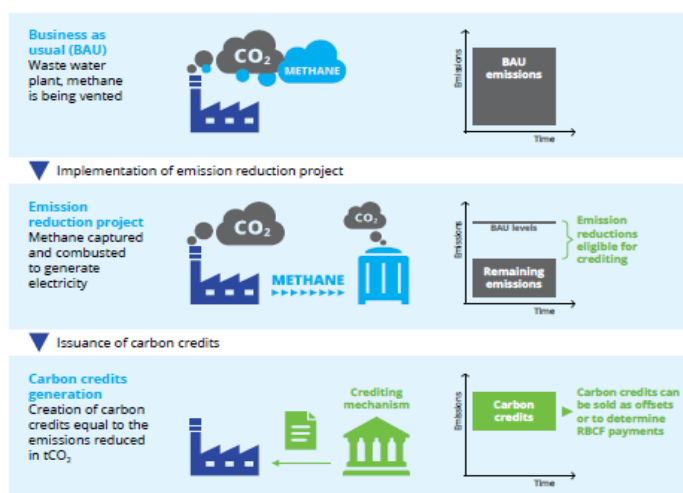


Figura 6.3 Esquema general del sistema de créditos de carbono Fuente: “State and Trends of Carbon Pricing 2020”, pag.48 © World Bank ⁸

Se abrieron en dos tipos de instrumentos: uno, regulado por entidades oficiales y otro, libre y voluntario.

⁸The World Bank. “State and Trends of Carbon Pricing 2020” (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO, pag.48 © World Bank

b) Mecanismo de Desarrollo Limpio

El Mecanismo de Desarrollo Limpio permitía a proyectos con reducción de emisiones de países en desarrollo vender sus ahorros de emisiones en el mercado mundial. Los compradores eran empresas de países industrializados los cuales atenuaban, de ese modo la transición a un entorno de menores emisiones.

Lo que se vendía eran Certificados de Reducción de Emisiones (CER) para proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio, que operaba en países que *no* eran Partes del Anexo I de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kioto (o sea era para países en desarrollo). Las Partes del Anexo I (países desarrollados) podían utilizar los CER para cumplir con sus compromisos de reducción o limitación de emisiones.

Cada CER tenía un número de serie compuesto por varios elementos diferentes que, cuando se combinaban, creaban un identificador único para el CER. El número de serie identificaba el hecho de que la unidad era un CER, la Parte de Kioto que había emitido el CER, el período de compromiso de Kioto para el que se había emitido el CER y el número de proyecto MDL del CER. Cada CER representaba 1 Ton. de abatimiento o secuestro CO₂ equivalente.

La venta del certificado permitía la fijación de un precio por el abatimiento del carbono. El programa ha atravesado diferentes fases y los precios del carbono han fluctuado con bastante amplitud.

Tratándose de un mecanismo regulado por los países, la cotización estuvo impactada por las vicisitudes de las diferentes COP (Conference of the Parties), que fueron monitoreando y modificando los parámetros del Protocolo de Kioto. En efecto, estaba prevista la expiración del mecanismo en 2012.

El mecanismo fue extendido después de 2012, mayormente para procesar las solicitudes pendientes a esa fecha, y recuperó algo de su vigor, pero muy lejos de los valores de ese año.

Contemporáneamente, se comenzó a experimentar un exceso de permisos en el mercado europeo, que es el de mayor liquidez de este instrumento. Esa abundancia de permisos hizo colapsar los precios del carbono en Europa probablemente por el empalme regulatoriamente débil con la prórroga del régimen de MDL más allá de 2012 y la simultánea crisis del euro⁹. Los precios bajos prevalecieron por varios años. Esa tendencia se fue revirtiendo

9 Para un análisis de la caída del precio de los permisos de carbono en 2012, en el Esquema Europeo de Intercambio de Emisiones, ver Nicolas Koch, Sabine Fuss, Godefroy Grosjean, Ottmar Edenhofer, "Causes of the EU ETS price drop: Recession, CDM, renewable policies or a bit of everything? — New evidence", Energy Policy, October 2014, pags. 676-685

desde la salida de la pandemia y adquirió características casi exponenciales en 2021 y 2022, en consonancia con la suba de los precios de los combustibles fósiles y la reafirmación del sendero decreciente de compromisos nacionales resultante de la COP 26 en Glasgow.

En la figura 6.5 se puede apreciar la evolución del número de proyectos aprobados, con el pico extraordinario en 2012 y un estancamiento posterior.

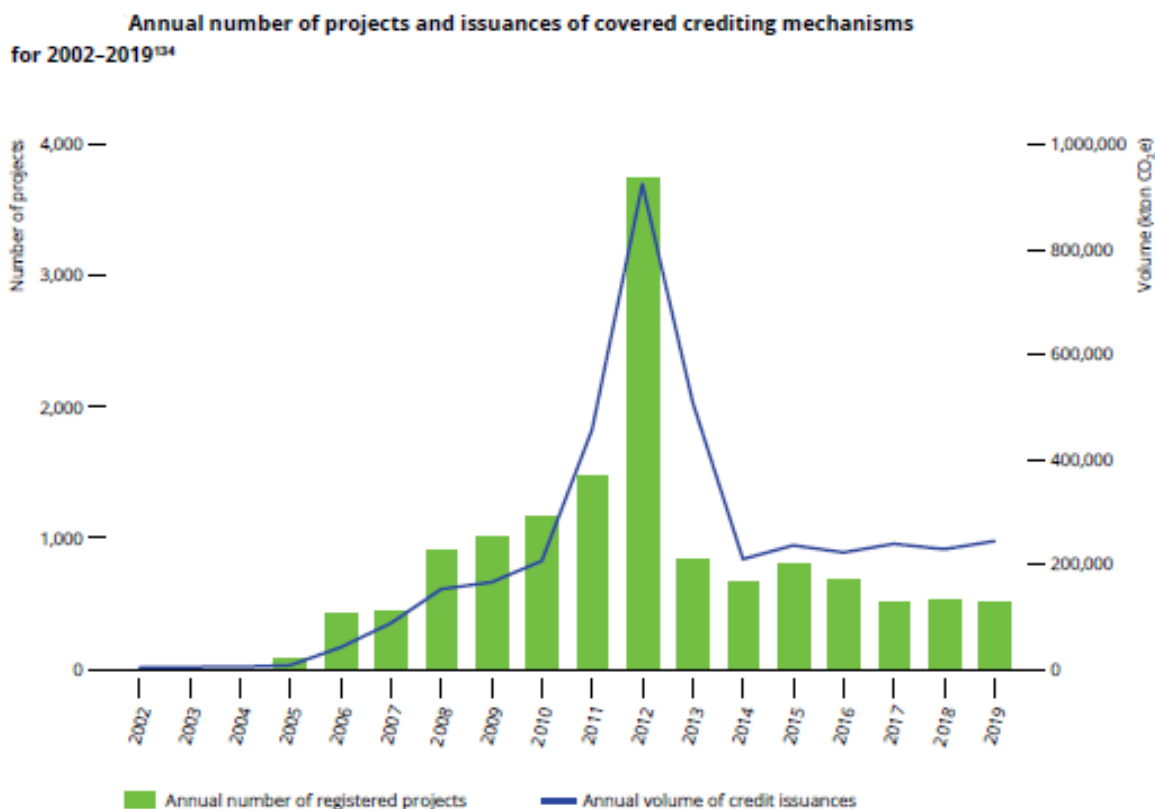


Figura 6.4 Número de proyectos y volumen de emisiones mitigadas

Fuente: “State and Trends of Carbon Pricing 2020” pag.54 © World Bank¹⁰

El Acuerdo de París de 2015, fue finalmente reglamentado en la COP 26, reemplazando los ya discontinuados Mecanismos de Desarrollo Limpio por instrumentos ampliados, con mayores controles de verificación, registración y la posibilidad de imputación a las metas nacionales obligatorias establecidas en ese mismo Acuerdo.

c) Estándares de Carbono Verificado (Verified Carbon Standards) y otros

¹⁰ The World Bank. “State and Trends of Carbon Pricing 2020” (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO, pag.54 © World Bank.

Paralelamente a esos mecanismos de regulación pública, la necesidad de encarar la mitigación de emisiones, por parte de empresas privadas, generó la creación de instrumentos fuera de los MDL. Son programas voluntarios, certificados por una entidad independiente, que permiten vender los créditos en un mercado relativamente desregulado.

Estos mecanismos voluntarios requieren de entidades verificadoras confiables y se apoyan en auditorías técnicas que mandan las entidades verificadoras para constatar el cumplimiento de los estándares.

Los certificados son usados (técnicamente, “retirados”) por ejemplo, en programas “Cero Carbono” para poder vender productos libres de emisiones, en forma neta.

El esquema de funcionamiento se muestra en la figura 6.5

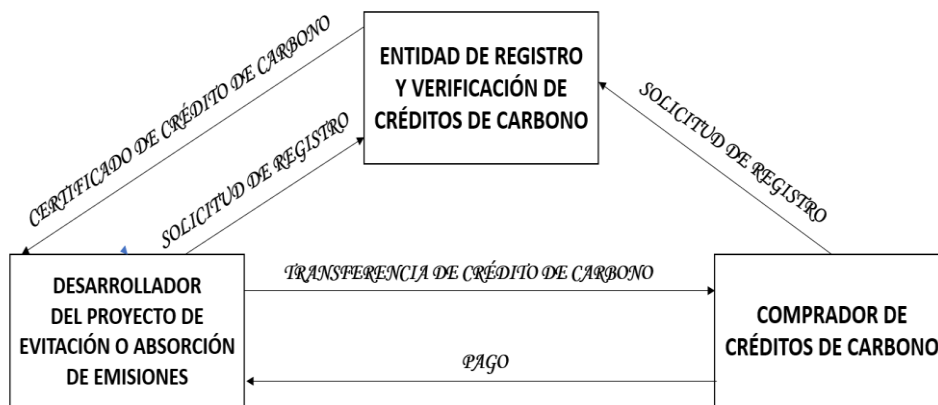


Figura 6.5 Esquema de creación y transferencia de créditos de carbono en el mercado voluntario de Estándares de Carbono Verificado

Como este mecanismo es de iniciativa y acción totalmente privada, existen varias entidades verificadoras y hay mercados donde se efectúan transacciones de compraventa de los créditos. La liquidez está restringida a poder hacerlo dentro del universo de aplicantes de cada una de las entidades verificadoras.

Los **créditos de carbono voluntarios** no son, al día de hoy, computables para la disminución de los compromisos nacionales. Pese a ello, constituyen una contribución importante en el logro de mitigación de emisiones y la progresiva descarbonización de las cadenas productivas. Facilitan un aterrizaje suave a la descarbonización mediante la compensación entre empresas obligadas y entes con crédito por evitación de emisiones o capacidad de absorción de las mismas.

Como en todo crédito de carbono, la cadena de transferencias termina en un usuario final que cancela el crédito al computarlo como menor emisión propia.

FINANCIACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS NUEVOS ACTIVOS NECESARIOS PARA COMPLETAR LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

En volumen de carbono retirado, los mercados voluntarios son todavía pequeños, pero están creciendo rápidamente, conforme más y más compañías van necesitando que sus productos tengan una mayor o, incluso, una total neutralidad en su huella de carbono.

En la Figura 6.6 de la página siguiente se puede observar el gran crecimiento de los proyectos amparados por VCS y compararlos con los MDL y otros proyectos de créditos de carbono que existen a nivel país, provincial o estadual.

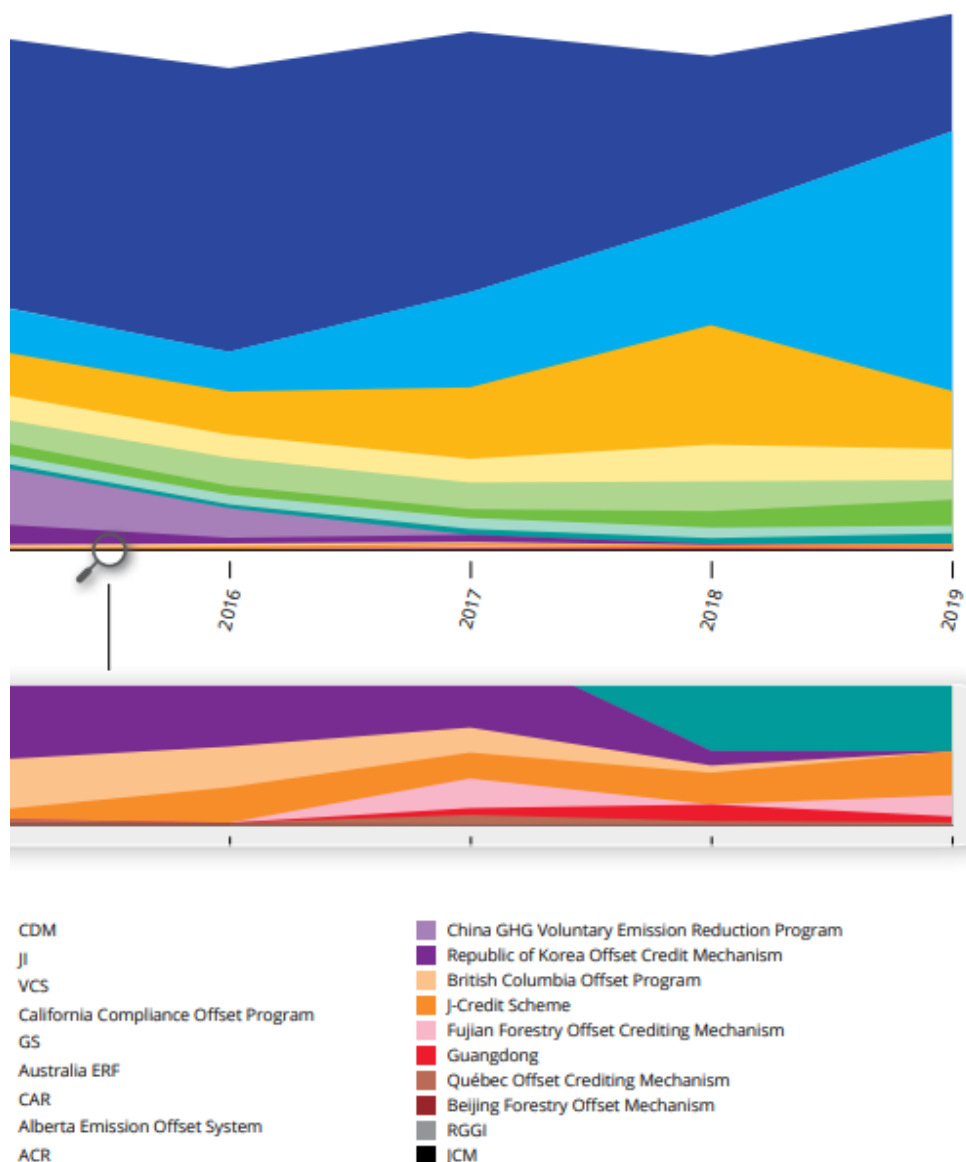


Figura 6.6 Evolución del número de proyectos bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio, Estándares de Carbono Verificado y demás mecanismos de créditos de carbono nacionales

y estatales o provinciales Fuente: State and trends of carbon pricing 2020, pag.56 @
World Bank¹¹

d) Repercusión en la Argentina:

En nuestro país, la historia del uso de Mecanismo de Desarrollo Limpio y VCS no participó del dinamismo mundial ya que, en algunos años tomó impulso, pero luego dicho empuje no se mantuvo. (figura 6.7).

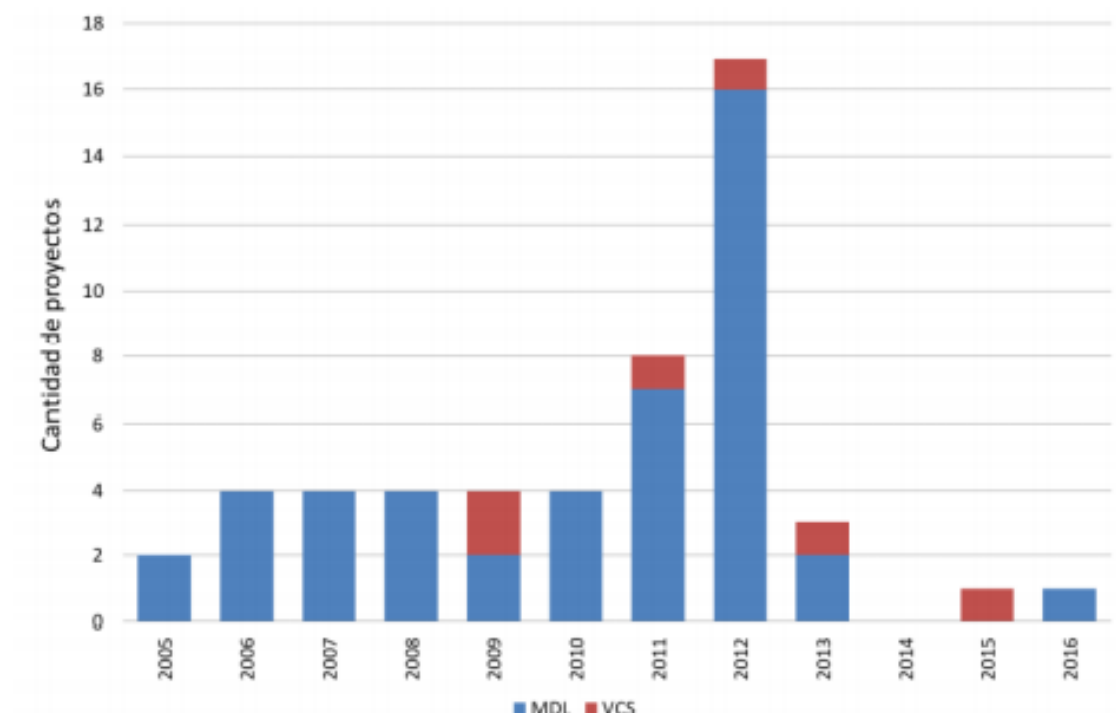


Figura 6.7 Evolución del número de proyectos bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio y Estándares de Carbono Verificado en Argentina

Fuente: 3er. Informe Bienal de Actualización Argentina a la CMNUCC pag. 235

En la figura 6.8 se puede observar la distribución sectorial de los proyectos presentados. Dentro del rubro Eficiencia Energética hay proyectos de cierre de ciclos abiertos de generación eléctrica.

11 The World Bank. "State and Trends of Carbon Pricing 2020" (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1586-7. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO, pag.56 © World Bank.

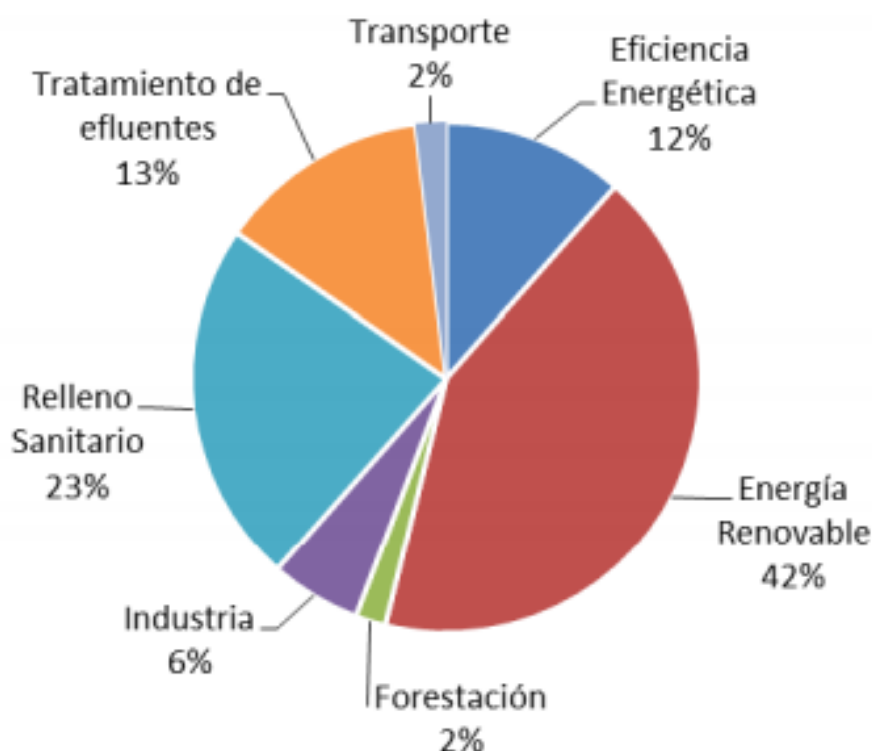


Figura 6.8 Distribución sectorial de proyectos presentados bajo Mecanismo de Desarrollo Limpio y Estándares de Carbono Verificado en Argentina

Fuente: 3er. Informe Bienal de Actualización Argentina a la CMNUCC pag. 236

6.5 El Acuerdo de París, la COP 26 y sus nuevos mecanismos.

Desde principios de la década pasada hasta el año 2015, la demora en convertir en compromisos efectivos las metas acordadas en la COP 15 (Copenhague, 2009) hizo reducir la cantidad de nuevos proyectos MDL y el precio implícito del carbono abatido.

En 2015, la COP 21 de París logró finalmente un acuerdo para el establecimiento de metas nacionales obligatorias de máximas emisiones de GEI, llamadas “nationally determined contributions” (NDC) o **“contribuciones determinadas a nivel nacional”** en español.

El objetivo final de neutralidad de carbono en 2050, ya a partir de ahora mandatorio, requiere de grandes inversiones, por lo que se hace imprescindible un período de 2 a 3 décadas para ir escalonándolas. En ese período, se supone que la sumatoria de las NDCs debe ir estableciendo globalmente un sendero descendente que conduzca a la neutralidad. Cada país deberá tener un techo progresivamente convergente a cero.

Para posibilitar la adaptación progresiva, la idea es que aquellos países que excedan la meta, estén en condiciones de poder transferir ese exceso de cupo a aquellos países que no puedan cumplir las NDCs en su totalidad en el plazo establecido, sin que la meta global sea traspasada.

Ese mecanismo de transferencia de créditos no debe ser vista como una forma de eludir las obligaciones ambientales contra el pago de un precio por el carbono. Con los protocolos de contabilización de emisiones, el máximo mundial admisible no va a ser sobrepasado, simplemente habrá una acomodación de cargas entre los países que están en mejores condiciones de adaptarse a la baja o a la absorción de emisiones y otros que necesitan más tiempo.

El precio implícito del carbono es el incentivo para que un país se adelante al cronograma y sea remunerado por el país que atrasa. El total no cambia y los NDCs progresivamente decrecientes obligan a todos, sean adelantados o atrasados.

Ahora bien, la falta de un cámara de compensación unificada para consolidar las transacciones de excesos y defectos de cupo entre países trajo serias dudas sobre si ese resultado neto de convergencia descendente iba a ser logrado o bien se iba a diluir en un conjunto de transacciones no adecuadamente registradas a nivel global. Sin un libro único y sin reglas acordadas, el riesgo de doble contabilización de reducciones de emisión estaba latente.

La COP 26 de Glasgow recogió ese desafío y emitió un conjunto de normas que están comenzando a implementarse.

En esencia, el Acuerdo de París, en su artículo 6, regulaba tres clases de mecanismos:

- a) Inciso 2: Acuerdos bilaterales entre países. Se transfieren cupos del país que genera mitigación al país que necesita permiso para emitir más que su cupo. La mitigación incluye proyectos de captura y almacenaje de dióxido de carbono,
- b) Inciso 4: Acuerdos multilaterales entre países y empresas para mitigación de emisiones,
- c) Inciso 8: Acuerdos de cooperación entre países con mecanismos no-de mercado.

La nueva unidad de carbono para el art. 6.2 es el **ITMO** (internationally transferred mitigation outcome, o sea Resultado de Mitigación transferido internacionalmente) que define una mitigación de 1 tonelada de CO₂eq.

Los ITMOs serán emitidos por los estados que son Partes del Acuerdo de París. Se utilizarán para compensar las emisiones de emisores variados, pero también deberán estar autorizados para su uso en restar del techo de emisiones de la NDC del emisor y sumar a la NDC del comprador.

El ITMO debe ser "real, verificado y adicional", que conlleve reducción de emisiones, y que se haya generado no antes de 2021 o represente una mitigación que ocurrió en ese momento.

El siguiente esquema simplificado (figura 6.9), describe el mecanismo de transferencia de metas del inciso 2, en el caso más simple de hacerlo en un solo año.

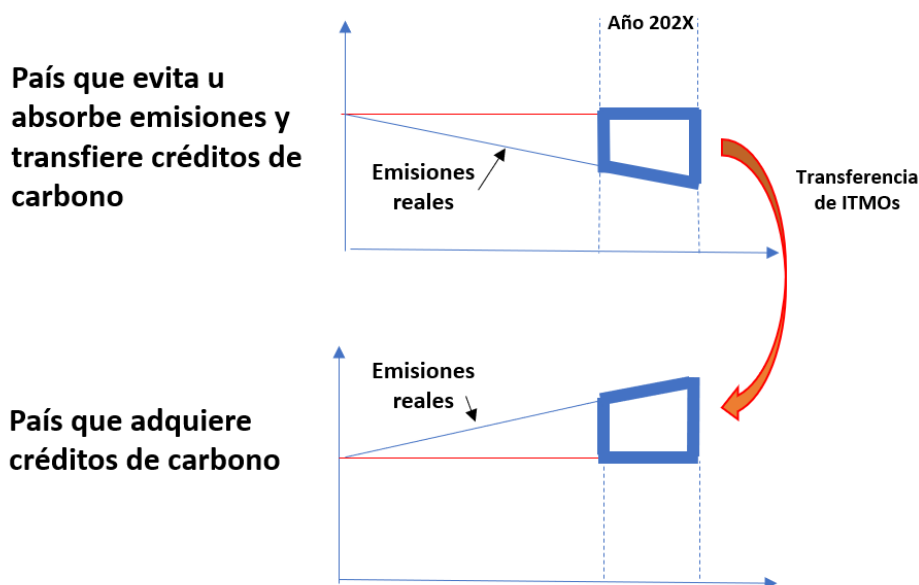


Figura 6.9 Esquema del mecanismo de transferencia de ITMOs

El inciso 4 reemplaza, ampliándolos, a los MDL. La nueva unidad de carbono para el art. 6.4 es el **A6.4ER** (Article 6, paragraph 4, emission reductions) que también define una mitigación de 1 tonelada de CO₂eq.

En cada transacción de A6.4ER habrá dos deducciones: una del 2% que se cancela, o sea, sólo se puede aprovechar el crédito transferido en un 98%; la segunda, es que un 5% se transfiere a un Fondo de Adaptación Global, o sea que sólo el 93% de cada transacción puede ser aprovechado como crédito de carbono por el comprador.

Así que la diferencia entre un ITMO y un A6.4ER radica en: a) que el ITMO reduce los NDCs del país que lo transfiere y b) por cada 100 A6.4ER sólo 93 pueden ser utilizados como crédito de carbono por el comprador.

Los procedimientos para emitir A6.4ER. serán supervisados por un Consejo de Supervisión y gestionado por las autoridades nacionales de cada país. El Consejo estará compuesta por 12 miembros elegidos por un período de dos años: dos miembros de cada uno de los cinco grupos regionales de las Naciones Unidas, un miembro de los países menos desarrollados y un miembro de los pequeños Estados insulares en desarrollo. Los países que participan deben ser Partes del Acuerdo de París, deben tener una NDC establecida conforme al Acuerdo de París, y deben designar una autoridad nacional que gestione los procedimientos del mecanismo. Los países que participan en el mecanismo se denominan “Partes anfitrionas”.

Las normas cuya implementación ordenó la COP 26 apuntan a los incisos 2 y 4. Se construirá una plataforma y una base de datos mundial, a cargo de la ONU. Las reglamentaciones detalladas están en elaboración.

El establecimiento de la cámara de compensación global deberá tener reglas e inspecciones de alcance suficiente que aseguren no solamente la registración, en más o en menos de las NDCs nacionales, de la transferencia de ITMOs y de A6.4ER (sin afectación de NDCs, pero certificando mitigación) sino la integridad de las transacciones. Esto implica la verificación de los proyectos de reducción o captura de emisiones y su cumplimiento posterior, incluido el manejo de los sumideros naturales o no. Toda la estructura del mercado de carbono se apoya en la confiabilidad de que los proyectos transferidos existen, que son eficaces en obtener los efectos que predicen, que éstos se cumplen en el tiempo y que las transferencias de los créditos de carbono son adecuadamente imputadas a cada parte, en una plataforma confiable y segura.

Por su parte, se estima que el mercado voluntario de los VCSs conservará el dinamismo que lo ha caracterizado desde su surgimiento espontáneo y su adaptación a las cambiantes alternativas que caracterizan a las distintas Cumbres del Clima.

Para resumir, cuando se emitan las reglas globales de contabilidad de transferencia de créditos de CO₂ coexistirán 3 mecanismos de transferencia de créditos de carbono:

- 1) Los ITMOs por convenio entre países que tienen influencia en las obligaciones NDCs
- 2) Los A6.4ER que son proyectos entre países y empresas, que no afectan ni positiva ni negativamente a los NDCs pero que mitigan adicionalmente carbono
- 3) Los créditos transferidos entre empresas en los mercados voluntarios (VCS) y
- 4) Las iniciativas regionales, nacionales, estatales o provinciales que vinieron operando desde hace tiempo para transferir créditos y **que ahora se adaptarán a la estructura del artículo 6, ya que después de Glasgow, ese artículo del Acuerdo de París (2015) ha devenido operativo.**

6.6 Bonos de carbono e impuesto al carbono

Si bien, los créditos de carbono constituyen una forma, creciente en importancia, de financiar las inversiones necesarias para la transición energética, también cumplen la función de determinar, por acción de la oferta y la demanda, un precio de seguir emitiendo, en aquellos casos en que sea imposible una interrupción inmediata de las tecnologías anteriores. De esa manera, el precio a la emisión constituye una forma de internalizar en la hoja de balance del emisor, el costo climático que, de otra manera, se distribuiría en toda la sociedad.

A medida que la presión de las metas nacionales de emisiones decrecientes (NDC) y, a nivel individual, se extienda la necesidad de explicitar y mitigar los niveles sectoriales de emisiones, que deben ser coherentes con los compromisos a nivel país, el juego de la oferta y la demanda de proyectos de abatimiento o absorción de emisiones se irá ajustando y será una señal válida del costo social creciente de seguir emitiendo.

Existe otra forma de lograr el mismo propósito de internalizar ese costo que es el impuesto al carbono, recolectado por los fiscos nacionales. Hay abundante bibliografía sobre los pros y los contras de ambos métodos que, por otra parte, no son necesariamente excluyentes¹². Pero este trabajo no tiene por objeto estudiar ese tema. Como el impuesto al carbono no es (aunque pudiese serlo, según las distintas legislaciones) una fuente de fondos para la transición energética, no se incluye en este capítulo. En algunos países, el impuesto al carbono es destinado para ese fin, en proyectos seleccionados por los Estados, pero en otros se destina a rentas generales.

En la figura 6.10 se puede observar, la cobertura absoluta de emisiones de CO₂, la proporción de emisiones cubiertas y el precio al carbono de los distintos instrumentos (CPI - Carbon pricing instrument) en varios países que tienen implementado alguna o ambas de las opciones indicadas.¹³

12 Para un examen más pormenorizado de la aplicación del impuesto al carbono, ver The World Bank. 2022. "State and Trends of Carbon Pricing 2022" (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1895-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO

13 The World Bank. 2022. State and Trends of Carbon Pricing 2022. State and Trends of Carbon Pricing;. Washington, DC: World Bank. © World Bank., pag. 19

FINANCIACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE LOS NUEVOS ACTIVOS NECESARIOS PARA COMPLETAR LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Absolute emissions coverage, share of emissions covered, and prices for CPIs across jurisdictions

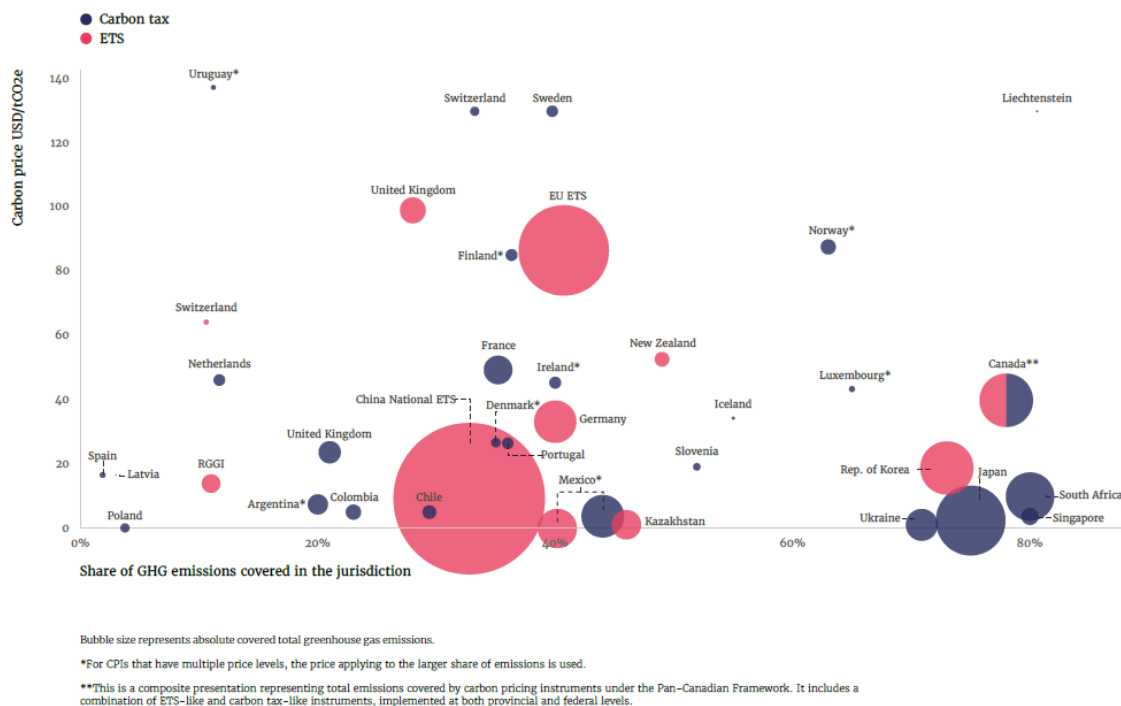


Figura 6.10 “Carbon Tax” y “Bonos de Carbono” implementados en distintos países

Fuente: The World Bank - State and Trends of Carbon Pricing 2022, pag.19 © World Bank¹⁴

14 The World Bank. 2022. “State and Trends of Carbon Pricing 2022” (May), World Bank, Washington, DC. Doi: 10.1596/978-1-4648-1895-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO, pag 19

Propuestas centrales

7.1 Reducción de Emisiones de GEI en el mercado local mediante Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN).

Dos desafíos complejos: Argentina enfrenta actualmente dos desafíos simultáneos de una magnitud que difícilmente pueda ser comparable con la de otros similares, por lo menos durante el último siglo.

Por una parte, la economía se encuentra en una situación extrema cuyas variables, son mayoritariamente negativas como consecuencia de la ausencia durante décadas de un Plan Macroeconómico sostenido a mediano y largo plazo como política de Estado, además de, fundamentalmente, mantener un elevado Déficit Fiscal soportado por endeudamiento externo y también interno, además de carecer de un mercado de Capitales en el marco de un déficit permanente y careciendo también de acceso al crédito externo.

El desafío Ambiental: Simultáneamente un acontecimiento fuera de control para las autoridades de cualquier Nación, —el calentamiento global—, ha conducido a que recientemente todas las naciones incluida ésta, hayan aceptado firmar compromisos de reducir esas emisiones, en especial las derivadas de la utilización de combustibles fósiles.

Éste último hecho y los acuerdos firmados para reducir el volumen de emisiones implicará, según las fuentes más informadas, entre 150 y 250 billones de dólares, —es decir 2 PBI mundiales en menos de 30 años—, que en su mayor parte deberían ser invertidos antes de 2040, para llegar a 2050 con un volumen de emisiones que permita mantener la temperatura media de la tierra por debajo de niveles sólo 1,5 °C superiores a los existentes en promedio antes del inicio de la era industrial.

En este trabajo hemos verificado que si ese objetivo desea ser alcanzado en los plazos establecidos y acordados por todas las Naciones¹, **Argentina debería comenzar a invertir cada año montos económicos de los que no dispone**, en equipos o tecnologías de

1 Excepto China y la India, que a pesar de ser responsables de más del 30 % de las Emisiones Totales, han comunicado que no podrán alcanzar la meta de “Net Zero 2050” antes de 2060 y 2070 respectivamente.

producción de Energía Eléctrica sin emisiones y en un proceso de electrificación masiva e incremento de la Eficiencia Energética de todo el equipamiento de transporte, en las cadenas de valor y las plataformas de los procesos industriales, más la climatización de hogares y oficinas, todos ellos demandantes de calor y/o trabajo mecánico de elevada potencia. Si el esfuerzo de nuestro país fuera proporcional al promedio mundial, eso implicaría invertir entre 5% y 6% del PBI cada año durante los próximos 20 años, objetivo que parece no alcanzable en las condiciones económicas actuales de la nación sin conducir a un mayor deterioro de la calidad de vida de sus habitantes.

Pero simultáneamente hemos analizado en distintos capítulos anteriores **que el mecanismo por el cual cada nación debería decidir cómo va a enfrentar el desafío económico de los compromisos firmados para reducir las emisiones de efecto invernadero, es libre y el sentido común indica que la selección debería estar guiada por las ventajas comparativas que tiene cada nación**, tal cual lo establece el acuerdo de París, en el cual no se imponen los mecanismos y las tecnologías sino tan sólo a la reducción de emisiones puesta como objetivo.

Dos de las ventajas comparativas de Argentina son, según se ha mencionado, tener la **segunda reserva de gas no convencional del mundo** y por otro lado una extensión de casi 3 millones de kilómetros cuadrados que permite el desarrollo extensivo de **“Soluciones Basadas en la Naturaleza”** para la captura y secuestro de CO₂

Por lo expuesto, **nuestra primera propuesta es la reducción convergente de emisiones hacia los niveles puestos como meta para cada año de las próximas tres décadas, utilizando las dos ventajas comparativas citadas, la disponibilidad de gas, el combustible fósil con menos emisiones y por otro lado, recuperar millones de hectáreas actualmente sin uso o degradadas y erosionadas por un uso técnicamente ineficiente.**

Esta alternativa, la de usar las dos ventajas principales comparativas de Argentina para enfrentar el segundo de los grandes desafíos, permitirá incorporar nuevos ingresos en el ámbito local y por medio de exportaciones, transformando en oportunidad el Desafío Ambiental, al volver más competitiva la industria argentina, reconstruyendo la capacidad industrial y el mercado de capitales, así como la infraestructura y el nivel de vida de los argentinos. **Estamos proponiendo utilizar gas natural local, que es además de bajo costo relativo y simultáneamente extender la frontera agropecuaria, forestar nuevamente todas las áreas degradadas o desertizadas y por último, como se propone en la segunda parte de esta propuesta, exportar gas natural cuyas emisiones de CO₂ hayan sido compensadas en origen por medio de Soluciones Basadas en la Naturaleza, para entregarlo libre de emisiones en su uso final al comprador del exterior que lo requiera.** Esta alternativa no sólo permitirá que Argentina cumpla con sus compromisos internacionales con respecto al cambio climático, sino que también permitirá mejorar su balance de pagos e incrementar sus reservas, contribuyendo a la recuperación económica de la nación.

Cabe destacar por último que la posibilidad de poner en marcha este mecanismo de convergencia hacia los niveles de emisiones GEI comprometidas, **requeriría simultáneamente el desarrollo de un mercado de carbono local**, con reglas propias surgidas de un consenso entre los actores y destinado a dar fluidez al intercambio de bonos entre aquellos que invierten en forestación o desarrollan agricultura con captura neta de CO₂ “Certificada” y quienes por seguir utilizando o incrementando su uso de gas natural, —como ocurrirá sin duda con la Generación Eléctrica para abastecer medios de transporte eléctrico más eficientes—, necesitan de esos bonos para garantizar la neutralidad en carbono por parte de nuestro país. En los próximos Ítems de este capítulo de propuestas veremos que **la forestación puede absorber por lo menos**, —según datos promedio oficiales—, 27 tnCO₂/Ha. año, lo cual permite calcular la superficie necesaria para un dado volumen de CCS de CO₂.

7.2 Exportación de Gas natural sin Emisiones de CO₂ en su Uso Final. (Compensadas en origen por medio de SBN²)

Propuesto como mecanismo complementario a la utilización de gas sin Emisiones GEI para uso local y destinado a más que compensar los Costos de Argentina en la Transición y a facilitar la recomposición de la Balanza Comercial, incorporando divisas por exportaciones de Gas y por participar con ventas en el Mercado de Bonos de Carbono internacional.

Se propone una estrategia de transición, efectiva y con reducido costo para la Sociedad, para la evolución hacia los volúmenes de emisiones antropogénicas netas nulas o negativas que le hayan sido asignadas a Argentina en los acuerdos globales firmados.

Partimos del supuesto de que, tal como se concluyó en el congreso CAETS 2021 realizado en Buenos Aires y a pesar de la postergación de sus compromisos por parte de China e India, será posible alcanzar la meta programada de Net Zero en el año 2050 y también las metas intermedias.

Esta primera Parte A, —en sus dos Propuestas alternativas, para el mercado local y para la exportación—, ha sido separada de las restantes incluidas en la Parte B, por considerarla una oportunidad de expansión de la Economía argentina que debe ser aprovechada y por ser el elemento Central para hacer posible cumplir con los planes de acción ambientales y con la financiación de los mismos.

La segunda alternativa incluida en la Parte A es:

“Exportación de gas natural por gasoducto a los países de la Región y con mayor valor de mercado, como GNL a otras Naciones, por sus emisiones nulas de CO₂ en su uso final debido a la compensación de emisiones en origen por medio de SBN”.

2 SBN: Soluciones Basadas en la Naturaleza

En este **Capítulo VII**, y en el **Capítulo 3**, se destaca la gran extensión aún disponible en Argentina para el desarrollo de distintos tipos de Cultivos Agrícolas, Pasturas multianuales, Forestación y otros tipos de Biomasa utilizables en la producción de Biocombustibles, destacando también que **todos estos muy abundantes recursos son utilizables para la captura y secuestro de CO₂**.

Ese potencial de Captura está potencialmente disponible (o sería desarrollable) en el muy extenso territorio nacional, **existiendo superficies aptas para su cultivo o forestación que permitirían cumplir con las obligaciones de reducción de Emisiones GEI propias de nuestro país al mínimo costo y simultáneamente, crearían condiciones para extender la frontera agropecuaria con un adicional de rentabilidad, —el que surja de la comercialización de los bonos de carbono—, y forestar grandes extensiones, incluso recuperando cientos de miles de km² previamente deforestados en el siglo y medio anterior.**³

El material orgánico excedente de esa capacidad de captura y secuestro por medio de **“Soluciones Basadas en la Naturaleza”**, puede estar destinado a la producción de biomasa, destinada a su vez a la producción de biocombustibles **y también a absorber GEI para permitir la exportación de gas natural que por ahora se explota en una muy pequeña escala en relación con la magnitud de los yacimientos nacionales de Shale Gas, para colocarlo en mercados como los de Japón, China o Europa, a los cuales ya hay empresas petroleras exportando desde Australia gas natural licuado, sin contenido de emisiones en su uso final en base al mismo mecanismo que el aquí propuesto.**

Esta alternativa ha sido considerada por tener además una Externalidad positiva, que es la recuperación en un período de no demasiados años de **suelos desertizados** por deforestación y/o por el uso inadecuado del suelo en muchas regiones del país, —hasta 1 millón de km²—, y que luego de este proceso incrementarían su valor y volverían a ser nuevamente productivos. **Este beneficio de recuperar y hacer fértiles suelos degradados con producción de Biomasa y alimentos con demanda asegurada permanecerá incluso luego del fin de la explotación del gas natural, tanto para atender las necesidades alimenticias, como de confort y de transporte de una población mundial creciente.** Argentina podría ser uno de los pocos países en mantener la producción de gas fósil algunas décadas después de 2050, sabiendo que su balance neto de emisiones GEI podrá seguir siendo nulo.

Uno de los objetivos planteados por el trabajo realizado en conjunto entre la ANI y el CAI es **lograr que la Generación Eléctrica producida con los recursos no convencionales de gas natural que tiene la Argentina, pueda generar los fondos necesarios para desarrollar de manera simultánea inversiones en los ecosistemas productivos y naturales del país, para**

³ Durmientes de quebracho y Tanino, además del uso local tradicional de los habitantes como fuente de calor y el de los agricultores que han expandido la frontera Agropecuaria talando bosques naturales. (185.000 ha /año el último dato oficial disponible.)

poder así compensar las emisiones que se generarán a partir de la combustión del gas natural en usos locales y en destinos del exterior.

Para poder lograr esta compensación de manera apropiada es necesario analizar las metodologías que regulan los mercados de carbono.

7.3 Solución es Basadas en la Naturaleza (SBN)

Cálculo estimativo de la superficie de bosques que deben ser implantados por cada millón de m³ de exportación diaria de GNL, en base al poder de Captura de CO₂ estimado por el Ministerio de Ambiente y presentado a la COP 21 de París.

El uso de los mercados para el combate al cambio climático se inicia con la firma del **Protocolo de Kioto en 1997**. Este sistema conocido también como “**Mecanismo de Desarrollo Limpio**”, estuvo en vigencia hasta el año 2012, con varios proyectos llevados adelante en Argentina.

En la **COP 21 en 2015 se discutió y aprobó el “Acuerdo de París”** que en su artículo 6 vuelve a incluir **los mecanismos de mercado como parte del camino a la resolución del calentamiento global**.

Además de estos dos mecanismos creados en el ámbito de las Naciones Unidas, hacia fines de la década de 1990 un conjunto de ONGs y empresas crean lo que se conoce como el “**Mercado Voluntario de Emisiones**” que se mantuvo en operación de manera ininterrumpida hasta el día de hoy. También, a partir de la no renovación del Protocolo de Kioto en 2012 muchos países, regiones y ciudades crearon sus propios mecanismos. Entre estos encontramos los impuestos al carbono, los sistemas “Cap & Trade” (techo a las emisiones y comercio) y algunos otros sistemas híbridos. En total estos sistemas gubernamentales nacionales, provinciales o regionales **suman hoy 64 iniciativas a nivel global**.

A partir del cierre del Acuerdo de París, en 2021 en la COP de Glasgow se inicia un nuevo camino en el cual se prevé que estos sistemas irán consolidándose en dos o tres sistemas comerciales **para la fijación del precio al carbono y la compensación de emisiones** entre países, empresas, ciudadanos, etc.

Todos estos sistemas tienen en común un conjunto de normas para lograr que el objetivo de disminución de las emisiones globales ocurra de manera sistemática, transparente, segura, real y certificable.

Para que las empresas argentinas operadoras de la cadena de valor del gas natural puedan exportar este producto libre de emisiones, necesitarán certificados o bonos de carbono que provengan de un mecanismo válido para el comprador. **El cliente dispuesto a pagar un sobreprecio por un gas libre de emisiones deberá contar con una certificación que le otorgue la certeza legal de que puede incluirlo en su contabilidad económica.** Por supuesto es

necesario también que sea verificable el cumplimiento de las metas comprometidas por cada Nación.

Se considera necesario repasar brevemente en esta propuesta cuales son las oportunidades que estimativamente tiene la República Argentina en el ámbito de las Soluciones Basadas en la Naturaleza, cuantificando su potencial de mitigación de emisiones según las metodologías de los mercados de carbono, con datos medidos a la fecha por las fuentes citadas. Por supuesto que para ampliar las posibilidades de expansión de esta alternativa económica que brinda la naturaleza a Argentina, sería conveniente realizar estudios de suelo, de residuos en todo el país, de superficie de tierras aptas para forestación con altos rendimientos, estimar la elasticidad de la extensión de la frontera agropecuaria frente a reducciones de retenciones y otros impuestos, etc. Pero este es un trabajo introductorio en el tema y por ello solo señalamos este objetivo sin utilizar nada más que los datos oficiales disponibles actualmente.

7.4 Oportunidades de reducción de emisiones de GEI a partir de soluciones basadas en la naturaleza

7.4.1 Deforestación Evitada

Argentina viene transformando parte de sus bosques nativos para la realización de otras actividades económicas. Desde el punto de vista de las emisiones de GEIs esta actividad genera una importante cantidad de emisiones. En el Anexo REDD+ del último Informe de Actualización (Ministerio de Ambiente 2021) se informa que la superficie deforestada de los años 2017 y 2018 se encuentra en el orden de las **185.000 hectáreas anuales**. Las emisiones generadas a partir de esta deforestación son de **46 millones de toneladas de CO₂ anuales**.

Las empresas o instituciones propietarias de las tierras que se estima podrán ser deforestadas en el futuro podrían decidir no hacerlo a cambio de una compensación económica bajo la forma de "**Bonos de Carbono**", encuadrados en el Marco Legal de los dos mecanismos previstos por el Artículo 6 del Acuerdo de París o el mercado voluntario.

Asumiendo que se pudieran concretar compromisos para frenar la deforestación en un 80% se podrían emitir bonos de carbono por **unos 37 millones de toneladas anuales de CO₂**.

No se formulan hipótesis sobre la cantidad de km² que podrían ser reforestados o aforestados. Tampoco sobre el monto por Tn de captura de CO₂ que debería ser ofertado en un Mercado de Carbono para interesar a dueños de tierras a Forestarlas y aceptar una certificación independiente anual de captura.

7.4.2 Degradación evitada:

Las normativas internacionales de **emisión de bonos de carbono** también contabilizan la **degradación que se evita** tanto en bosques nativos como en otros ecosistemas naturales. Según el último inventario de GEIs de la Argentina, —BUR 4 (Ministerio de Ambiente 2021)—, se emitieron por degradación de los bosques nativos **10 millones de toneladas de CO₂ en 2018**. El principal factor de degradación es el fuego, aunque existen también otros como la extracción furtiva de árboles, etc. Si a partir de la hipótesis de desarrollar proyectos que pudieran evitar el 80% de la degradación de bosques nativos se podrían **emitir bonos de carbono por unos 8 millones de toneladas anuales de CO₂** (80% de la degradación actual) para usar en la compensación de las emisiones del gas natural exportado.

7.4.3 Pérdidas evitadas de carbono y aumento del secuestro de carbono en los suelos de ecosistemas naturales y cultivados de la Argentina:

Según la reciente publicación del **potencial de secuestro de carbono en los suelos de la Argentina** (FAO y Ministerio de Agricultura de la Nación 2021), **al aplicar prácticas agrícolas y ganaderas mejoradas** a todos los suelos **bajo producción⁴** del país, el potencial de secuestro de carbono es de un **mínimo de 15,4 millones de toneladas de CO₂ por año a un máximo de 61,3 millones de toneladas de CO₂ por año**.

Tomando el valor promedio de ambos extremos se podría esperar que bajo un gran programa de aplicación de prácticas sostenibles al manejo de la agricultura y la ganadería **se podrían emitir bonos de carbono por unos 38 millones de toneladas anuales de CO₂**.

Cabe destacar que la superficie cultivada no alcanza a 40 millones de Ha. Y la dedicada a las distintas etapas del ciclo ganadero no supera los 70 millones Ha. Con un total de animales que muestra baja productividad por Ha, dado que se ha reducido a algo más de 50 millones de cabezas.

7.4.4 Disminución de las emisiones entéricas del ganado bovino:

Las emisiones de metano generadas a partir del aparato digestivo de los vacunos se conocen como emisiones entéricas y corresponden a **46,7 millones de toneladas de CO₂** (Ministerio de Ambiente 2021).

⁴ Cabe destacar que en los últimos años se ha establecido que solo en Agricultura, la actual superficie bajo explotación podría duplicarse hasta 65 o 70 millones de Ha.

Estas emisiones vienen descendiendo en los últimos años a partir de mejoras en el manejo de los rodeos. **Existen en el mercado internacional** (aún no introducidos en Argentina) **aditivos nutricionales con alto potencial para la mitigación de estas emisiones.**

Por lo tanto, si se desarrollara un programa donde **la mitigación de emisiones entéricas sea reconocida se podría lograr que un volumen de emisiones equivalente a las mismas se transforme en bonos de carbono.**

Bajo un programa adecuado y según expertos en el tema, se podría mitigar el 30% de estas emisiones a nivel nacional. Es decir, se podrían emitir **14 millones de toneladas de CO₂ anuales como bonos de carbono que remunerarían a los Productores** por mitigación de emisiones entéricas.

7.4.5 Forestación:

La actividad forestal de la Argentina es de menor relevancia que en otros países de la región contando con una **superficie ya implantada con bosques de 1,2 millones de hectáreas.**⁵

Como parte de la Tercera Comunicación Nacional, la Argentina presentó en la COP21 en París un estudio del potencial del sector forestal para aumentar el secuestro de carbono. (Jefatura de Gabinete y Secretaría de Ambiente de la Nación, 2015).

Según este estudio la Argentina podría incrementar su área implantada con bosques y cultivos antes de 2030 en 970 mil hectáreas⁶. Asumiendo el secuestro por hectárea forestada y por año en 27,2 toneladas de CO₂ por año esta actividad podría emitir bonos de carbono por 26,4 millones de toneladas anuales de CO₂.

7.4.6 Emisiones evitadas del sector residuos sólidos urbanos orgánicos y aguas residuales:

Según el BUR4 (Ministerio de Ambiente 2021), estos dos sectores **emiten 16 millones de toneladas de CO₂ eq. por año.** El tratamiento adecuado de estos residuos permitiría una importante mitigación de emisiones **y la recuperación de nutrientes clave para la agricultura y la ganadería** como nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, azufre, etc. Es muy difícil realizar una estimación de cuanto podrían reducirse las emisiones a partir de una adecuada disposición final de residuos y aguas residuales de la Argentina. Sin embargo, **si pudiera disminuirse**

5 (Superficie Implantada, no Bosques Naturales)

6 No sería necesario aclarar que 9700 km² son una cantidad irrelevante frente a los casi 3 Mill km² del territorio argentino, y que esa cantidad se podría forestar solo con remunerar con Bonos de Carbono la forestación de parte de las áreas laterales a las rutas pavimentadas.

ésta a la mitad, sería un gran logro para el país, con externalidades positivas para la sociedad en distintos campos.

Por lo tanto, se podrían emitir **8 millones de bonos de carbono anuales** a partir de la mejora de los sistemas de tratamientos de residuos sólidos urbanos orgánicos y las aguas residuales.

7.4.7 Otras mejoras asignables a la Estrategia propuesta:

Existen otras mejoras en el ámbito de las Soluciones Basadas en la Naturaleza.

Las mismas podrían realizar un aporte significativo a las emisiones de la Argentina. Entre ellos podemos mencionar: la fertilización nitrogenada mejorada (a partir del uso de inhibidores de ureasa, fertilización variable, etc.), el manejo de estiércol, purines, guano y otras deyecciones de la producción animal, las mejoras en la maquinaria agrícola, etc.

Por otra parte, si se revisan las cifras oficiales con detenimiento se advierte que las extensiones de tierra consideradas han sido en este estudio inferiores a las realmente disponibles en el País. Esta propuesta tendrá resultados diferentes de acuerdo con la posibilidad de establecer un mercado ágil de Bonos de Carbono que recompensen adecuadamente los costos de oportunidad y los costos operativos de quien desarrolle alguno de los proyectos mencionados. Las superficies disponibles para forestar o para extender pasturas, pueden ser muy superiores a las mencionadas, aunque estas últimas tienen reconocimiento oficial.

7.4.7.1 Impacto Fiscal positivo

Un incremento en las exportaciones que en una década y en función del contexto Macroeconómico Nacional, puede llegar a ser comparable con las exportaciones de cereales, o con una fracción importante de dichas exportaciones, permitirá simultáneamente reducir las retenciones al Agro, impulsar la expansión de la frontera agropecuaria a zonas de menores rendimientos.

	Concepto para el mercado de carbono	Potencial de emisión de bonos de carbono por año (1 Bono de Carbono es igual a 1 Tonelada CO ₂ Eq)
1	Deforestación Evitada:	37,000,000
2	Degradación evitada:	8,000,000
3	Pérdidas evitadas de carbono y aumento del secuestro de carbono en los suelos de ecosistemas naturales y cultivados de la Argentina:	38,000,000
4	Disminución de las emisiones entéricas del ganado bovino:	14,000,000
5	Forestación:	26,400,000
6	Emisiones evitadas del sector residuos sólidos urbanos orgánicos y aguas residuales:	8,000,000
Total	Bonos de Carbono emitidos anualmente	131,400,000

Cuadro Resumen: ⁷

Cálculo del Volumen Potencial de uso local o exportación de Gas sin Emisiones

De CO₂ en su uso final, en función de las capacidades de secuestro contabilizadas en el cuadro Resumen Superior.⁸

- 131.400.000.000 kg CO₂/año = 59.000 millones m³ CH₄/año
- 59.000 millones m³ CH₄/año = 162 millones m³ CH₄/día
- PESO de emisiones de CO₂ por combustión de cada m³ de gas natural: 2,2 kg CO₂/m³ de Gas
- FORESTACION: Estimación de potencial de absorción de CO₂ de distintas especies: 27 tn/Ha Año
- EMISIONES de CO₂ por MWh producido en un equipo de Generación Moderno con más de 60% de Eficiencia Térmica: 0,345 tnCO₂/ MWh. Comparar con la capacidad de Captura de 27 tn CO₂/Ha Año mencionada precedentemente.

Es decir que con la capacidad de captura contabilizada actualmente es factible exportar un volumen diario de gas natural igual o mayor al actual consumo interno.

⁷ Fuente: Min. Ambiente de la Nación y otros Documentos públicos

⁸ Tercera Comunicación Nacional de la Argentina. Presentada en la COP21 en París: "Estudio del potencial del sector forestal para aumentar el secuestro de carbono"

7.4.7.2 Conclusiones

En la lista global, Argentina tiene el mejor 2º puesto en emisiones

Con datos oficiales, que consideramos conservadores, sería posible elegir entre anular en muy pocos años las Emisiones Netas totales de nuestro País, o, como alternativa, mantener **el ritmo de reducción paulatina de Emisiones GEI previsto y exportar no menos de 160 millones m³/día** y probablemente, luego de la ampliación de los Mercados de Emisiones relacionados con las Soluciones Basadas en la Naturaleza, más de 300 millones m³ de gas natural por día, **abasteciendo, por ejemplo, gran parte de las necesidades de Europa con LNG para el cual no sería necesario contabilizar emisiones de GEI**

Considerando un valor promedio de referencia en base a los contratos de largo plazo que se están negociando actualmente, de 8 US\$/MBTU (Precio Boca de pozo + Transporte a puerto + Licuefacción) el Valor Agregado Bruto de esta actividad alcanzaría a 32.000 millones US\$/año.

Propuestas adicionales

8.1 Incremento de Eficiencia Energética. Una rápida respuesta para reducir emisiones de GEI.

La primera propuesta que consideramos por orden de importancia para permitir el cumplimiento de los compromisos que Argentina deberá asumir en esta etapa de lucha contra el calentamiento global, es **establecer un plan de incremento de la eficiencia energética para todos los integrantes de cada cadena de valor en la cual se utilice Energía, ya sea en los múltiples Procesos Industriales, en las viviendas, Comercios y edificios de oficinas**, con etapas priorizadas para la asignación de ayuda técnica y económica de acuerdo con su relación “costo - beneficio” o rentabilidad de las inversiones realizadas para reducir consumos manteniendo el mismo nivel de confort o las mismas prestaciones técnicas en cada uno de los sectores mencionados.

La experiencia local indica que pueden lograrse reducciones de entre el 20% y el 30% del consumo de energía con un repago financiado íntegramente en un período inferior a 2 o a lo sumo 3 años. Como se ha mencionado en los Capítulos I y V, hace menos de 10 años se llevó adelante una experiencia muy valiosa en Argentina al respecto. El Banco Mundial aportó a “Fondo Perdido” 15 Millones US\$ para financiar los estudios de consultoría a realizar en cientos de pymes argentinas y la Secretaría de Energía otorgó con parte de esos fondos una línea de crédito al 9% anual en pesos (Con una inflación que ya era cerca del doble) a los Empresarios que decidieran poner en marcha las modificaciones recomendadas.

Es importante recordar que prácticamente ese esfuerzo no tuvo resultado, porque, aunque el período de repago era en gran parte de los casos inferior a dos o tres años, **las empresas convocadas participaron, pero no vieron con interés este esfuerzo**. Sería de interés analizar otros posibles incentivos Positivos o Negativos, como ofrecer esos mismos servicios con una simultánea reducción de aranceles de Importación para asegurar competencia del exterior que motivara a los Industriales a buscar reducciones de costos. También podría impulsarse el desarrollo de compañías “ESCO”, empresas habitualmente puestas en marcha y administradas por Distribuidoras que mencionamos en el párrafo siguiente.

Creemos importante que desde el Gobierno o el Sector Privado se pida a las Concesionarias del Servicio Público de Gas y Electricidad que desarrollen Empresas que apliquen las modalidades de operación de las “ESCOs”.

Las ESCOs financian los proyectos de Eficiencia Energética con los ahorros futuros de ese mismo Cliente por reducción del consumo y asesoraban técnicamente a los clientes de la Utility para lograr incrementos de Eficiencia Energética por medio de cambios en los procesos y tecnologías para lograr ese Objetivo, **recuperando posteriormente el crédito otorgado mediante el simple procedimiento de continuar con el importe anterior de energía facturada, —aunque el consumo se haya reducido por el incremento de Eficiencia—, durante tantos meses como fuera necesario para recuperar el crédito y sus intereses. A partir de ese momento el cliente, —sin haber invertido nada previamente—, pasa a pagar el monto menor que resulta del incremento de eficiencia energética** instrumentado en distintas áreas de su empresa. La ausencia de inversiones a cargo del cliente y el crédito para las inversiones sin costo incremental de la Energía suministrada hizo atractiva esta oferta en EEUU.

Desde nuestro punto de vista, estas reducciones de consumo, que podrían parecer inconvenientes para las empresas proveedoras, les permitirán en realidad ir reduciendo a una menor tasa los incrementos de inversiones necesarias cada año en este período de transición, por registrarse un menor “crecimiento neto”, reduciendo el consumo de fósiles por unidad de producto, reduciendo la “Intensidad Energética” de la Nación y con ello **reduciendo la necesidad de parte de las inversiones necesarias para lograr una mayor electrificación de todos los sectores económicos**, uno de los mecanismos propuestos para alcanzar Net Zero en 2050.¹

El incremento de Eficiencia Energética puede iniciarse en el ámbito de la Demanda a partir del análisis de los instrumentos financieros que surgen dentro del Acuerdo de París para la mitigación de emisiones y el cumplimiento de los Compromisos de las Empresas que integran la Cadena de Valor y de los Países, independientemente de todas las transformaciones en la cadena de valor de la oferta. Por ese motivo **se recomienda que el incremento de**

¹ Debe recordarse que la inversión marginal incremental de 1 kW de potencia en la suma de los 5 tramos de la cadena de valor de cualquier tecnología, está comprendido entre 5000 y 10.000 US\$, y por ello en el caso argentino, la atención del incremento de la demanda, la renovación de parte importante del parque existente y el agregado de inversiones (como consecuencia de la electrificación de la industria, la movilidad y la climatización), podría alcanzar en los próximos 20 años un valor igual o superior al stock de capital de la cadena de valor, es decir aproximadamente 200.000 millones US\$ en 20 años, un promedio de 2,5 puntos del PBI por año. A esta suma deberían agregarse las inversiones relacionadas con el crecimiento de la demanda (2% o más) y la renovación de la infraestructura existente que ha concluido su vida útil (1%).

Eficiencia Energética sea considerado una primera prioridad, complementaria del uso de Gas sin emisiones de GEI mediante la captura con SBN.

La hoja de ruta para la eficiencia energética.

Se podría decir que todo lo que es posible hacer con la eficiencia energética en el plano regulatorio ya está escrito y comprobado en el mundo. En la Argentina también hay todo un corpus normativo que se ha venido aplicando a lo largo de varias décadas. Las circunstancias han determinado que, sin una política energética de conjunto, aún una normativa de eficiencia energética razonable, como la que rige en Argentina, se vea neutralizada y parcialmente esterilizada.

Por lo tanto, no habría que hacer una nueva normativa de eficiencia energética sino “ponerla en valor”, con adecuadas actualizaciones. **Pero también tender a precios energéticos representativos del verdadero costo del sistema. Esos precios, —que probablemente no se incrementarían en demasía si se reducen las cargas impositivas sobre la cadena de valor hasta niveles razonables—, son la guía del cálculo económico que cada empresa o consumidor residencial efectúa para invertir en eficiencia energética**

Al respecto, recordamos que el Documento N° 3 del Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería, de noviembre de 2021 analizó políticas públicas y emitió recomendaciones que, con el debido ajuste por el tiempo transcurrido, continúan, en buena medida, vigentes.

En un ambiente de precios energéticos realistas, la gran industria y las Pymes encararán proyectos de eficiencia energética de manera espontánea y sin necesidad de programas especiales. De hecho, las empresas y no las familias son quienes ya pagan mayoritariamente valores más representativos de los costos de la energía que consumen.

En las unidades económicas más pequeñas y, sobre todo, en los consumidores residenciales se hacen necesarias acciones estatales o de las cámaras de cada sector que concienticen e impulsen la introducción de prácticas eficientes.

La normativa argentina contempla estos aspectos. El **etiquetado de eficiencia**, por ejemplo, se cumple y ha sido muy exitoso. La concientización de la eficiencia no tiene el mismo éxito. Y el Estado ha tenido dificultades para integrar la eficiencia energética con la más abarcadora agenda de la descarbonización.

Lo concreto es que, dada la vacilante evolución de la intensidad energética argentina y contrastándola con el éxito mundial que se ha verificado con su disminución, **es segura la existencia de muchos proyectos de breve período de repago, Energía abundante de bajo costo comparativo, más Eficiencia Energética desarrollada por especialistas permitirían un salto de competitividad a la industria Nacional.**

8.2 Bioenergía moderna mediante Procesos Químicos, con producción de combustibles comparables con los combustibles fósiles.

La Biomasa utilizada para la producción de Bioenergía, habrá Capturado y Secuestrado CO₂ por Fotosíntesis previamente a su recolección, producción de Bioenergía y refinación en una destilería. Los gases de escape provenientes de la combustión de estos combustibles “sintetizados” mediante un proceso CCS solo equilibran el ciclo con un nivel de Emisiones netas = 0.

Por supuesto que además esas Emisiones pueden ser capturados e inyectados bajo la superficie de la corteza terrestre, en el fondo del mar o mediante la CCS concretada con SBN, resultando en el proceso, emisiones negativas y combustibles similares a los actuales. Pero destacamos solamente el proceso más simple, el que permite obtener destilados de Bioenergía Moderna con emisiones de GEI netas nulas.

Si se trata de solo su utilización, estos combustibles tienen un ciclo de vida con “Cero Emisiones Netas” debido a la captura de CO₂ en la etapa de crecimiento de los vegetales que integrarán la Biomasa. Y reiteramos que, si además se computa la captura del CO₂ generado en su combustión por medio de SBN, habrá “Secuestro Neto” al utilizar estos combustibles sintéticos.²

ENI spa fue una de las primeras empresas del ámbito de los hidrocarburos fósiles en **transformar una de sus refinerías tradicionales en una “Avanzada” o “Moderna”**, que permite elaborar combustibles que utilizan los motores alternativos (automóviles, camiones, tractores y aviones) sintetizándolos a partir de Biomasa.

La propuesta que hemos analizado y ahora proponemos se estudie con mayor profundidad **consiste en contratar un grupo de especialistas con antecedentes en esa transformación para trabajar conjuntamente con los profesionales argentinos para determinar los elementos clave necesarios para adoptar esta alternativa** de aprovechamiento eficiente y sustentable de este recurso que nos da la propia naturaleza y el ciclo de la vida de cada organismo vivo. Una vez más la propuesta está sustentada en las ventajas comparativas de Argentina, en este caso solo la abundancia de territorio disponible.

La idea es estudiar la conveniencia técnica y económica de ir transformando, durante la Transición, refinerías existentes argentinas a esta nueva tecnología, toda vez que no sea

² Esta propuesta de producción de bioenergía con y sin captura y secuestro de carbono. “BECCS”. parte de tener en cuenta que la bioenergía ya representa hoy más del doble de la energía solar, eólica e hidroeléctrica en conjunto.

posible transformar las mismas para la producción prioritaria y casi exclusiva de materia prima petroquímica. Pero primero sería necesario:

1. Determinar cuál sería el costo de inversión en la transformación y el costo de cada unidad de combustible elaborado en una refinería antigua reformada y en una refinería nueva destinada a refinar biomasa, ambas alimentadas con biomasa e incluyendo en un segundo estudio, la eficiencia obtenible en la refinación en ambas refinerías y el Costo de la CCS de los gases de escape de motores a combustión interna convencional.

8.3 Centrales Nucleares e Hidroeléctricas

Aprovechamiento del acervo tecnológico y la experiencia operativa.

El costo de esta transición será muy elevado y a Argentina le llevará muchos años recuperar un costo de Capital reducido en los Mercados Internacionales, similar al vigente en las Naciones desarrolladas. A menos que se disponga de una fuente de financiación especialmente diseñada para estos proyectos, como alguna de las mencionadas en el Capítulo VII, será difícil incorporar tecnologías de elevado costo como la Nuclear y la Hidroeléctrica e incluso otras más simples. Por ese motivo, se analizan en forma independiente:

El caso Nuclear y las perpetuidades

Hidroeléctricas y despacho conjunto con Renovables.

El costo promedio histórico por kilowatt instalado de “Potencia Firme” de una central hidroeléctrica ha sido casi siempre en Argentina superior a 10.000 US\$³ constantes al 2022. Si se desea comparar con otras Tecnologías el costo por kilowatt instalado, deberían entonces tenerse en cuenta tanto las externalidades que generan las Hidroeléctricas para asegurar la Oferta en los momentos de sequía, —como ha sido el año 2021 en la cuenca del Paraná—, como también el valor de la Externalidad “Emisiones de GEI” asociada a las Centrales Térmicas que se construyeron desde inicios del siglo XX.

Con respecto a la nuclear, el aspecto económico es similar. Si hubiera que capitalizar y recuperar las inversiones realizadas hasta la fecha en el prototipo CAREM, o en ATUCHA II, estamos seguros de que el precio de la Energía que permitiera repagar en los próximos 20 años las inversiones realizadas, **es decir el Precio Mayorista de esa Energía sería el asociado a inversiones cercanas a 10.000 US\$/kW constantes de 2022.**

Financiación de las centrales nucleares. Una alternativa.

3 Opus cit. Inversión en Infraestructura. Gestión Estatal y privatización. 1992. Capítulo Energía Eléctrica a cargo de Ernesto Badaraco con la colaboración de Luis Scholand. Publicado por FIEL a pedido del Banco Mundial

El elevado costo actual de las centrales nucleares es en gran parte consecuencia del accidente de Fukushima en 2013. Hasta ese momento, empresas del reducido grupo de 3 o 4 con dominio de la Tecnología, habían desarrollado modelos estándar de 1000 Mw de Potencia que, de acuerdo con los técnicos y gerentes Comerciales iban a poder entregarse con costos no superiores a 2.000 a 3.000 US\$/kW y en un plazo no superior a cuatro años. Las normas que impuso la AIEA a partir de 2013 más que duplicaron este costo y también la duración del proceso de construcción.

Pero no debe olvidarse que una central nuclear, según la experiencia internacional, —y también la local con las tres centrales de Argentina—, tiene una vida útil que duplica o quizás triplica la de las máquinas térmicas convencionales. Se calcula que con dos revampings intermedios, una central nuclear puede alcanzar 80 años de funcionamiento, con factores de uso muy elevados, lo cual las convierte en equipos sin emisiones GEI, pero además aptos para tomar la base en cualquier sistema eléctrico.

La pregunta siguiente es entonces cómo acceder a financiación y una posible respuesta es volver a analizar un antiguo instrumento financiero como el de las “perpetuidades”. Es decir, un bono emitido a 80 o 100 años, en el cual prácticamente sólo se percibe una renta anual y no pagos de capital, como fue el caso de bonos emitidos en Argentina a 100 años y era un instrumento frecuente para asegurar una renta en la Inglaterra del Siglo XIX y principios del XX.

Argentina ha desarrollado durante casi 60 años profesionales con nivel internacional en el área de energía atómica. Pero muchos de ellos son personas próximas a retirarse y sería importante comenzar a trabajar para formar a los potenciales reemplazos. El tema urgente es hoy el factor humano, pero también como financiar a largo plazo, —vida útil de un equipo nuclear—, la inversión inicial.

El despacho conjunto de centrales hidráulicas y eólicas o solares como alternativa para elevar el factor de uso de ambas tecnologías y convertirlas en rentables. ⁴

De igual forma, son convergentes las posibilidades de contar con energía renovable interrumpible (eólicas y solares) con un mayor Factor de Uso y un menor volumen de externalidades, —en especial **por la elevación del factor de uso conjunto de ambas tecnologías**—, cuando se efectúa el despacho conjunto de centrales solares o eólicas con centrales hidroeléctricas, donde estas últimas funcionan de “acumulador”, en especial si son precisamente Centrales Hidráulicas de acumulación. Un proyecto iniciado en 1998 e interrumpido en el año 2001 por la crisis económica que castigó a la Argentina en ese momento, tenía concedido el acceso al transporte para una instalación de un Parque de 450 MW Eólicos en Puerto Madryn, que serían despachados en forma coordinada con la central hidroeléctrica “El

4 "Despacho conjunto hidro-eólico". Anuario Energía & Negocios 2016. Ernesto Badaraco

Chocón”, ambos de los mismos accionistas, permitiendo que los 350 MW “firmes” de la central El Chocón, prácticamente se duplicaran.

Los primeros cálculos estimativos indican, como ya se ha mencionado, que las inversiones para renovar el parque de generación con tecnologías que permitan emisiones GEI decrecientes, manteniendo la actual calidad de servicio en el abastecimiento podrían requerir no menos de 160 Trillones de US\$, una cifra que representa seis o siete PBI de Estados Unidos o un 160% de un PBI mundial anual que deberá ser invertido en los próximos 25 años. Ninguna otra transformación desde el inicio de la era industrial ha requerido un monto de inversiones de esta magnitud. Es importante la contribución que todos los innovadores puedan concretar para llevar adelante consensuadamente esta transformación a un costo que sea pagable por cada una de las naciones involucradas **y por eso la innovación debe ser incentivada y facilitada**, como se ha recomendado en distintos puntos de este Texto.

8.4 La electrificación de la movilidad, de los usos Residenciales y de las Plataformas Industriales.

Nada impide que Argentina avance a la misma velocidad que las naciones desarrolladas en la electrificación de la movilidad personal, del transporte de cargas o del transporte público, calefacción, etc. Pero dado el elevado costo de Capital vigente en nuestra Nación, **primero será necesario determinar el período de recuperación de la inversión aceptable para las familias y las industrias, que será calculable en base al tiempo necesario para compensar económicamente la reducción de las emisiones GEI derivadas del proceso de electrificación.**

En otras Naciones es usual solicitar que las empresas de servicios públicos de electricidad instalen de común acuerdo con los proveedores de combustibles fósiles, estaciones de abastecimiento y carga rápida de baterías de automóvil eléctrico, con una densidad proporcional a la incorporación de este tipo de vehículos en el parque automotor.

En el caso de Argentina y teniendo especialmente en cuenta el momento en el cual será necesario instalar “Estaciones de Abastecimiento” de carga eléctrica en las principales rutas nacionales y en tramos no superiores a los 100 km parecería conveniente que las redes Eléctricas y la introducción de la movilidad eléctrica se realice en un período breve, para no tener inversiones muy importantes de Infraestructura con escaso Factor de uso y por ello con elevados intereses intercalares durante muchos años. El uso de Biocombustibles con la intensidad con que lo hace Brasil y de gas natural vehicular compensado en origen con SBN, puede permitirle a nuestro país una planificación del ingreso gradual de la movilidad eléctrica y con ello, una **postergación de inversiones sin incumplir con los acuerdos de reducción de Emisiones de GEI.**

Pueden existir o elaborarse acuerdos con las compañías eléctricas para que **la batería del automóvil sea una fuente de potencia virtual disponible en los horarios de punta,**

controladas y coordinadas por el medidor inteligente de cada vivienda o estacionamiento. En algunos países europeos, las cocheras de muchos nuevos edificios cuentan con enchufes especiales y la posibilidad de devolver energía remunerada a la red cuando la misma solicita en forma automática la **“respuesta de la demanda”**.

Este aspecto muestra que el EV es simultáneamente parte de la Oferta y también de la Demanda y que la planificación cuidadosa de la “Demand Response” en el caso de los automóviles eléctricos con baterías de gran capacidad, puede mejorar el factor de uso de las distintas tecnologías presentes en el mercado mayorista eléctrico y en la Red de Distribución, contribuyendo así a la reducción del costo de la energía eléctrica por ser posible configurar entre cientos de miles de VE disponibles como Oferta, una “Central Virtual”, disponible en distintas magnitudes, según la hora del día y la capacidad de la Red en esa área.

La característica de ser parte de la Oferta, **convierte al automóvil eléctrico en casi una necesidad en esta transición**. Su actividad de “almacenamiento” tendrá un costo casi marginal, —relacionado con la reducción de la vida útil proporcional a la cantidad de ciclos de carga y descarga—, y permitirá reducir en miles de millones de dólares las inversiones en almacenamiento ubicadas sobre la red eléctrica.

Pero no debe olvidarse que la construcción de un automóvil o en general un vehículo eléctrico, insume una gran cantidad de energía

En un informe elaborado por la empresa VOLVO, se calcula que recién después de 50.000 km de recorrido comienzan a ahorrarse emisiones GEI con el funcionamiento de un vehículo eléctrico, en vez de uno de motor a combustión interna alimentado por combustibles fósiles. Los nuevos modelos tienen alta eficiencia.

Si la comparación del VE se efectúa contra combustibles de origen biológico⁵, podría ocurrir que no sea posible recuperar las emisiones producidas durante el proceso de construcción del vehículo, a lo largo de la vida útil del mismo.

Pero esta información debe introducirse en la misma ecuación de costos en la cual se computa el rol del vehículo eléctrico en un sistema eléctrico, como parte de la Demanda, del almacenamiento y luego de la Oferta.

Es posible observar que existen aún muchos interrogantes sobre la configuración definitiva que tendrán los automóviles en los próximos años, cuando ya no estén alimentados por combustibles fósiles. Ciertas publicaciones alertan respecto a que, en un inicio, al estar la energía eléctrica producida todavía por combustibles fósiles como el gas natural, en realidad el automóvil eléctrico tiene una huella de emisiones adicional a la generada durante su

⁵ Como es el caso de los Combustibles sintéticos elaborados a partir de Biomasa que se mencionan en la Propuesta VII:B.3 de este Capítulo

fabricación. Tal es así que aún está en discusión si los autos híbridos no tienen futuro en esta Transición, aspecto al que se contraponen la propuesta de suministrar a las centrales eléctricas gas con Emisiones de GEI compensadas en origen con SBN y por ello con emisiones netas nulas en su uso final en Generación Eléctrica.

Por todos estos motivos hay algunos fabricantes que se han inclinado por vehículos alimentados por hidrógeno⁶.

Siendo las marcas de automóviles “globales” es poco lo que puede hacer Argentina en este caso para no hundir capital innecesariamente. Solo ser prudente y avanzar lentamente, **en cuanto a la infraestructura**, solo en las tecnologías que parezcan tener la continuidad asegurada. Las soluciones Basadas en la Naturaleza son las que exponen a menores riesgos a los inversores y dan más seguridad a la Nación de poder cumplir con sus compromisos de descarbonización.

8.5 Reducción de Metano comprometida por Argentina.

Uno de los GEI que más impactan en el cambio climático es el metano⁷. El metano tiene distintos orígenes antropogénicos, es decir relacionados con la actividad del hombre. Proponemos acciones en los siguientes campos para reducir las emisiones de metano de acuerdo con los compromisos asumidos en la reciente reunión de Glasgow 2021.

a. Reducción de las emisiones de metano provenientes de la industria energética.⁸

Es importante el diseño y/o la búsqueda de las mejores alternativas Tecnológicas ya probadas para la captura y secuestro de fugas de metano en campos petroleros o de gas, en gasoductos o conductos en alta, media y baja presión de gas natural, en refinerías, et-cétera.

En Argentina es esperable una elevada efectividad en el incremento de la captura y secuestro de metano, porque hasta la fecha nunca han sido organizados procedimientos sistemáticos para lograrlo.

b. Una segunda alternativa son los residuos sólidos urbanos.

Es conveniente organizar la recolección y tratamiento de los residuos provenientes de cloacas, fábricas, frigoríficos, industrias de la alimentación y residuos de animales, evitando su descomposición natural (Que acarrea emisiones de Metano) **y produciendo en cambio con ellos gas metano con Tecnologías que permitan almacenarlos y aplicarlos luego a**

6 Ejemplo: modelo Mirai de Toyota

7 Más de 24 veces que una masa de CO2 equivalente

8 Ver “ASPECTOS AMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES” El caso particular de “Vaca Muerta” en la Provincia de Neuquén, Academia Nacional de Ingeniería. 2013.

distintos usos mediante plantas industriales de digestión anaeróbica. Estas plantas producen como residuo: “digestatos”, los que pueden ser aplicados como abono en tierras cultivables, separando primero toda la fibra celulósica de los vegetales contenidos en estos residuos sólidos.

c. Eliminación de los basureros o “Cinturones Ecológicos”

Por último, es recomendable no abrir nuevos basureros para la acumulación de residuos en los cuales se mezclan distintos componentes con vidas de 50, 100 o 200 años, y por lo tanto no son utilizables para la producción de Biocombustibles.

Por el contrario, es conveniente dotar a conglomerados urbanos o industriales de sistemas de procesamiento local de los Residuos Sólidos más otros residuos animales o industriales, agrupando siempre volúmenes de procesamiento suficientemente elevados para resultar económicos. Estas plantas serán aptas para la producción de metano y la utilización de los residuos finales de este proceso como abono agrícola.

Con los actuales “depósitos de basura o cinturones ecológicos”, es recomendable en todos los casos en que aún no este hecho, montar un acondicionamiento impermeabilizado que **impida la fuga de metano** y conductos espaciados con “colectores” que permitan la recuperación de gas metano en esos vertederos.

8.6 Análisis de alternativas para producción y uso de H₂

Otra de las alternativas para producción de energía que ha sido más estudiada con distintas propuestas de Tecnologías para su producción y para su utilización final, es la producción de **hidrógeno como fuente energética y como vector de almacenamiento de energía**.

Pero el hidrógeno tiene en todas las formas exploradas hasta la fecha elevados costos de producción, operación, transporte. **El Objetivo compartido es alcanzar costos de 1 US\$/kg, pero hasta ahora solo hay avances hasta los 3 a 5 US\$/kg.** y se cree que la meta de 1 US\$ se alcanzará en 2050, en tanto se trabaje con tecnologías que permitan escalas significativas.

Esta reducción de valores está teniendo lugar como en todas las demás tecnologías relacionadas con la producción de energía sin fósiles, pero el Hidrógeno aún no es suficientemente competitivo. Sin embargo, consideramos que debe darse al sector privado la posibilidad de explorar a su riesgo alguna de las alternativas en desarrollo, convocando a inversores privados por medio de licitaciones internacionales abiertas que realizaría otro operador privado para abastecerse de Energía y **una vez más como aspecto clave, garantías de organismos multilaterales en relación con la estabilidad de las reglas de juego a no menos de 20 años, cuya contragarantía sería otorgada a los Organismos Internacionales Multilaterales por el Estado nacional.**

Parece lógico que un proyecto de Hidrógeno que por ahora no es encarado por ninguna empresa por falta de rentabilidad, no sea objeto de impuestos hasta que se ponga en marcha su primer uso comercial.

Producción de hidrógeno verde:

Esta es la alternativa que más interés despierta en inversores privados por la abundancia de energía eólica de elevado Factor de Uso on-shore en el sur argentino. (Valores cercanos o mejores que los parques eólicos off-shore en ambas costas de Estados Unidos). Los costos se seguirán reduciendo por lo que es conveniente facilitar el ingreso del Sector Privado en algún Proyecto piloto, otorgando como siempre las necesarias Garantías de Estabilidad Regulatoria, libertad de exportación y libre disponibilidad de las Divisas, imponiendo como única condición garantías reales de que todo ello sea a largo plazo.

Pero la producción de H₂ con energía Eléctrica de fuentes renovables tiene externalidades que deben ser computadas. En la producción de Hidrógeno Verde con Renovables, sus costos están deformados entre otras cosas, por la ausencia de consideración del “Factor de Uso”. Tener 1000 MW de un equipo de Generación térmica convencional permite generar cerca de 8000 GWh/año, pero 1000 MW de paneles solares solo pueden rendir 2000 o 2500 GWh., excepto en una pequeña franja que cubre 200 km de largo entre Catamarca y Salta, a 1500 km de Bs As., cuyo alto Factor de uso permitiría producir 3500 GWh por año.

Toda la cadena de Valor que incluye: Generación Renovable, Producción de H₂, Acumulación en recipientes criogénicos, introducción en una “Celda de Combustible”, necesidad de volver a producir energía eléctrica en la “Fuel Cell”, parece no ser por el momento y comparativamente, un proceso eficiente económicamente.

Entendemos que las ventajas principales son: cero emisiones al consumirlo y posibilidad de almacenarlo. Pero a igual volumen de energía acumulada, los costos no parecen poder competir aún con las baterías de litio. (Las que permiten acumular energías de todo origen, incluyendo las de menor costo total que las renovables interrumpibles).

Producción de hidrógeno azul con captura y secuestro de carbono

Esta alternativa puede darse también en Argentina por la disponibilidad durante los próximos 30 años de mayores volúmenes de gas natural que los que se podrán consumir internamente y exportar durante ese período y en los siguientes 100 años posteriores.

También es posible compensar las emisiones de CO₂ con absorción equivalente mediante pasturas y forestación en los millones de hectáreas disponibles y de bajo costo existentes en Argentina. Es un destino de exportación adicional que ya ha sido mencionado para el gas de Vaca Muerta, que no afectaría los compromisos asumidos.

ANEXO I – Antecedentes resumidos del equipo CAI-ANI

Oscar Vignart

Ingeniero Químico – Medalla de Oro – Universidad Nacional de La Plata. Premio Tetamanti: mejor ingeniero graduado UNLP. - The Dow Chemical Co: Diversas funciones ejecutivas en EE. UU., Brasil. y Presidente en Chile y Argentina. – Ex Presidente Cámara de Comercio de los Estados Unidos en Argentina y de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica. – Miembro de la Academia Nac. De Ingeniería y actual Director de su Instituto de Energía. Desde esa posición ha sido responsable de conducir la elaboración del libro a presentar en esta sesión. Ha recibido los Premios Konex, Lasalle, Security y Ladislao Reti.

Ernesto Pablo Badaraco

Ingeniero Industrial de la UBA. Postgrado en Administración de Negocios (MBA I.D.E.A. 1975) (P.A.D.E.1) y MBA “Masa Crítica Gerencial”, dictado por IDEA (1977 -1978). Integrante del “Instituto de Energía” de la Academia Nacional de Ingeniería (ANI). Integrante del Comité Ejecutivo de “Escenarios Energéticos 2035”. Ex Gte. Gral y Director de Central Dock Sud., ex Director de Edesur; ex Presidente de AGEERA, ex Director del “Postgrado en Administración del Mercado Eléctrico en el ITBA.”. Ha publicado un libro y más de 70 trabajos sobre energía y Administración.

Carlos Casares

Ingeniero Químico del Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Especializado en Gas en el Instituto del Gas y del Petróleo de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Carlos tiene más de 38 años de experiencia profesional en la Industria del Gas Natural y más de 28 años de desempeño docente como Profesor de Grado y de Postgrado, en distintas universidades. Es integrante del Instituto de la Energía de la Academia Nacional de Ingeniería, socio del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas y socio del Centro Argentino de Ingenieros. Consultor Independiente en materia energética.

Martín Fraguío

Ingeniero en Producción Agropecuaria, Magister en Administración de Empresas. Socio Fundador y Director Carbon Group Agro-Climatic Solutions. Miembro del Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería. Miembro Consultor CARI- Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales. Miembro fundador GPS- Grupo de Países Productores del Sur. Miembro de la Comisión de Energía y Ambiente de ICC Argentina (International Chamber of Commerce Argentina). Miembro del Grupo de Trabajo sobre Mecanismos de Precio al Carbono de ICC Global (International Chamber of Commerce). Profesor agronegocios, cadenas de valor circulares y bioenergía ITBA (Instituto Tecnológico Buenos Aires - KIT (Karlsruhe Institute for Technology), UTN (Universidad Tecnológica Nacional). Integrante Mesa ampliada del Gabinete Nacional de Cambio Climático.

Gustavo Yrazu

Licenciado en Administración de Empresas (Universidad Católica Argentina), graduado con Medalla de Oro. Contador Público Nacional (Universidad de Buenos Aires). Desempeñó posiciones ejecutivas y directivas en Pecom Energía, Citibank y otras instituciones, así como en la consultoría privada. Es integrante del Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería. Fue Secretario de Industria y Minería de la Nación y, en el ámbito universitario, Profesor Titular de Control Presupuestario de la Facultad de Ciencias Sociales y Económicas de la Universidad Católica Argentina, Miembro de su Consejo Académico y Miembro del Consejo Superior de la Universidad Católica Argentina.

Centro Argentino de Ingenieros

Twitter: @CAIngenieros

Instagram: @centroargentinoingenieros

Youtube: https://www.youtube.com/channel/UCvKViEMB0eH9lOTwNj_oJBg

Facebook: <https://www.facebook.com/centroargentinodeingenieros>

Linkedin: <https://www.linkedin.com/company/cai-centro-argentino-de-ingenieros/>

Página web: <http://cai.org.ar>

Academia Nacional de Ingeniería

Twitter: @aningenieria

Instagram: @aningenieria

YouTube: <https://youtube.com/channel/UCVdSMNFJE0GuO8g6KHxE3nQ>

Página web: <https://acading.org.ar>