Matriz energética y eléctrica en Chile

Autor

Nicolás García Bernal
Email: ngarcia@bcn.cl

Nº SUP: 132113

Resumen

En la matriz energética primaria de Chile predominan los recursos fósiles con una representación del 68% del total, que corresponde a la suma del petróleo crudo (30%), carbón mineral (22%) y gas natural (16%). Con menor participación destaca la energía primaria proveniente de la biomasa (23%), seguido por aquellas de origen hídrico (5%), solar (2%) y eólica (1%).

En Chile el consumo final de energía –representado por la matriz de energía secundaria –alcanzó 301.629 Tcal en 2019, destacando que los derivados del petróleo y la electricidad son los principales componentes, concentrando el 58% y 22% respectivamente.

Del total de la capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el 53,3% corresponde a generación basada en recursos renovables, es decir, de origen hidroeléctrico, solar fotovoltaico, biomasa y geotermia. El otro 46,7% corresponde a centrales termoeléctricas a gas natural, carbón o derivados del petróleo.

Al mes de julio de 2021, la producción anual de electricidad alcanzó los 47.127 GWh, de los que 19.383 GWh correspondieron a Energías Renovables No Convencionales (ERNC), es decir, en base a minihidráulica de pasada, solar fotovoltaica, eólica y biomasa. Por otra parte, en términos mensuales, durante el mes de julio de 2021, la generación bruta en el SEN alcanzó los 7.035 GWh de energía, lo que representó un aumento del 3,7% respecto del mes anterior, y 8,6% más respecto del mismo mes del año anterior.

Introducción

De acuerdo a lo solicitado a la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN), se presentan a continuación antecedentes referidos a la Matriz energética de Chile y posteriormente, a la Matriz Eléctrica del país. Respecto de la primera, se detalla la composición de la matriz energética primaria y secundaria e igualmente, se presenta el Balance Nacional de Energía. Posteriormente, en relación a la Matriz Eléctrica de Chile, se distingue entre la capacidad instalada y generación por tipo de energía.

I. Matriz energética y Balance Nacional de Energía en Chile

Una matriz energética es una radiografía del balance del consumo de energía producida desde distintas fuentes en un período de tiempo (Deloitte, 2016). Así, existen matrices primarias y secundarias, que se diferencian según sus recursos estén procesados o en estado natural.

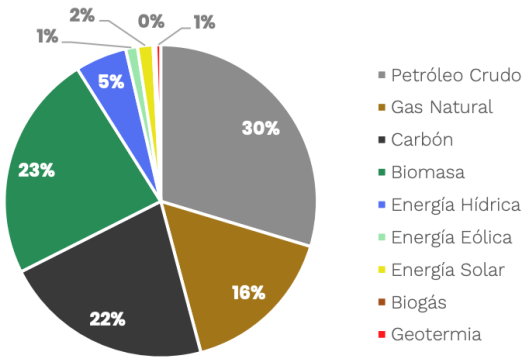
a. Matriz energética primaria

Según el Ministerio de Energía (2021), se entiende por **energía primaria** aquella obtenida de fuentes en su estado natural, es decir, que no han sufrido ningún tipo de transformación física o química mediante la intervención humana. Se pueden obtener, por lo tanto, desde la naturaleza, ya sea; en forma directa, como la energía hidráulica, solar, leña y otros combustibles vegetales; o después de un proceso de extracción, como el petróleo, carbón mineral y geo-energía, entre otras.

Una **matriz energética primaria**, por tanto, muestra la participación que tienen los energéticos capturados directamente de recursos naturales en el consumo total, dando cuenta de cómo se comporta la demanda por energía en un instante determinado. En el año 2019 –de acuerdo con el Ministerio de Energía (2021)- la matriz energética primaria de Chile ascendió a 345.647 Tcal.

En la matriz energética primaria los recursos fósiles concentran la mayor parte, representando el 68% del total, que corresponde a la suma del petróleo crudo (30%), carbón mineral (22%) y gas natural (16%). Como se observa en el gráfico 1, con menor participación destaca la energía primaria proveniente de la biomasa (23%), seguida por aquellas de origen hídrico (5%), solar (2%) y eólico (1%).

Gráfico 1. Matriz energética primara en Chile, año 2019.



Fuente: Energía Abierta, Ministerio de Energía (2020)

Nota: El factor de conversión utilizado para la energía Hidroeléctrica, Eólica, Solar y Geotérmica corresponde al utilizado en metodología internacional (Establecida por la Agencia Internacional de Energía, AIE) de generación de balances equivalente a 860 Kcal/Kwh, a excepción de la energía Geotérmica para la cual se asume un nivel de eficiencia de 10% en la transformación.

Para mayor detalle, el cuadro 1 da cuenta de los valores de la matriz energética primaria del año 2019, identificando entre la producción bruta nacional, importación, exportación, variación de stock y la oferta primaria resultante para cada energético. De esta se puede destacar que la mayor parte la oferta primaria de energéticos provenientes de recursos fósiles son importados.

Cuadro 1. Matriz Energética Primaria en Chile al año 2019. Unidades en Tcal.

Energético	Producción bruta	Importación	Exportación	Variación de stock	Oferta Primaria
Petróleo Crudo	1.814,68	101.073,63	-	352,33	**102.535,98**
Gas Natural	14.257,15	42.259,88	-	514,80	**56.002,23**
Carbón	5.992,69	67.045,03	-	-1.979,56	**75.017,28**
Biomasa	80.747,58	-	-	-427,03	**81.174,61**
E. Hídrica	18.438,68	-	-	-	**18.438,68**
E. Eólica	4.209,89	-	-	-	**4.209,89**
E. Solar	5.519,96	-	-	-	**5.519,96**
Biogás	1.011,44	-	-	-	**1.011,44**
Geotermia	1.737,20	-	-	-	**1.737,20**
Total	**133.729,27**	**210.378,54**	**0,00**	**-1.539,46**	**345.647,27**

Fuente: Energía Abierta (2021)

b. Matriz energética secundaria

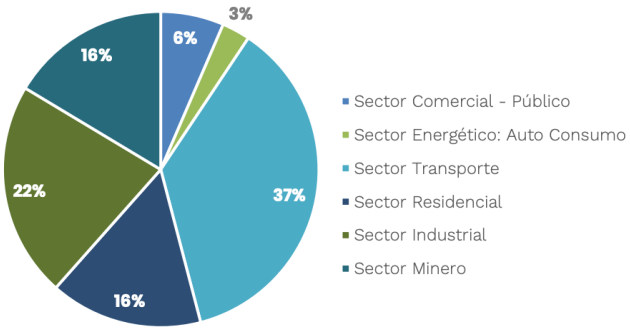
Por otra parte, la **energía secundaria** corresponde a los productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de energía de origen primario o de otras fuentes secundarias. Así, el Ministerio de Energía clasifica las fuentes de energía secundaria consideradas para el balance energético según su fuente primaria de origen, siendo las siguientes: electricidad, productos petroleros secundarios, derivados de carbón, derivados de biomasa o bio-combustibles.

La **matriz secundaria,** por tanto, da cuenta de la participación que tienen los energéticos en el consumo final de energía, incluyendo tanto los energéticos producidos a partir de la transformación de los primarios, como también aquellos que pueden ser objeto de consumo final, como es el caso del gas natural y la biomasa (Deloitte, 2016). En Chile el consumo final de energía[1] –representado por la matriz de energía secundaria– alcanzó 301.629 Tcal[2] en 2019, destacando que los derivados del petróleo y la electricidad son los principales componentes, al concentrar el 58% y 22% respectivamente.

Según se observa en el gráfico 2, al diferenciar el consumo final de energía en Chile según sector de actividad económica durante el año 2019, se evidencia una concentración en los sectores de transporte e industria, los que sumados representan el 59% del total.

[1] Energía destinada a los sectores consumidores de la economía nacional, tanto para uso energético como no energético.
[2] Teracaloría = 10^9 calorías (mil millones de calorías)

Gráfico 2. Consumo final de energía en Chile por sector de actividad económica, año 2019.



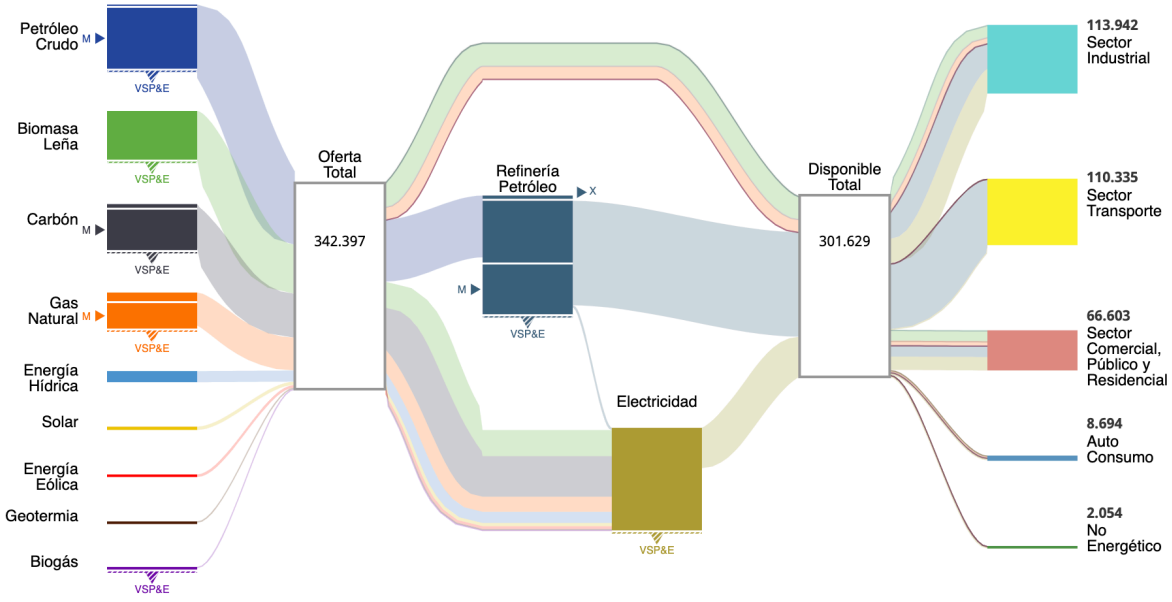
Fuente: Energía Abierta (2021).

c. Balance Nacional de Energía (BNE)

Tanto la matriz primaria y como la secundaria de energía están representadas en el Balance Nacional de Energía (BNE). Este corresponde a un informe estadístico que contabiliza la oferta total de energía disponible de un país en un año calendario, con el que se cuantifica –en Tcal- su consumo por los principales sectores de la economía nacional. Al igual que en el caso de las matrices energéticas, la última edición disponible del BNE corresponde a la información sobre la energía consumida durante el año 2019.

Como se observa en la figura 1, el BNE se divide en tres partes que representan el proceso. La primera parte corresponde a la (1) obtención de las materias primas energéticas, seguida por la (2) su transformación, y finalmente (3) su uso. Dichas partes corresponden a la matriz primaria, los centros de transformación y los consumos finales, respectivamente (Ministerio de Energía, 2021).

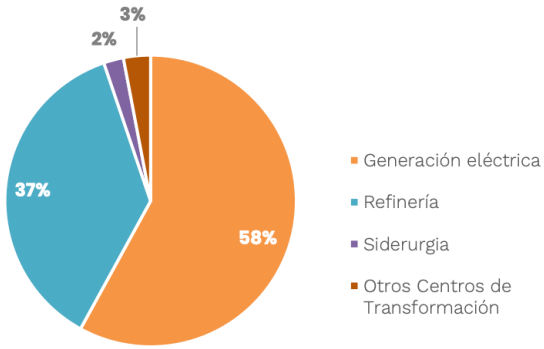
Figura 1. Balance de Energía en Chile, año 2019. Unidades en Tcal



Fuente: Ministerio de Energía (2021).

Respecto a los centros de transformación, se debe indicar que estos representan todos aquellos consumos de energía, primarios y secundarios, utilizados con fines de transformación directa a otros energéticos para fines específicos. Durante el año 2019, los centros de transformación procesaron 293.525 Tcal, siendo la generación eléctrica el principal centro de transformación al concentrar el 58%, seguido por la refinería de petróleo con un 37% (ver gráfico 3).

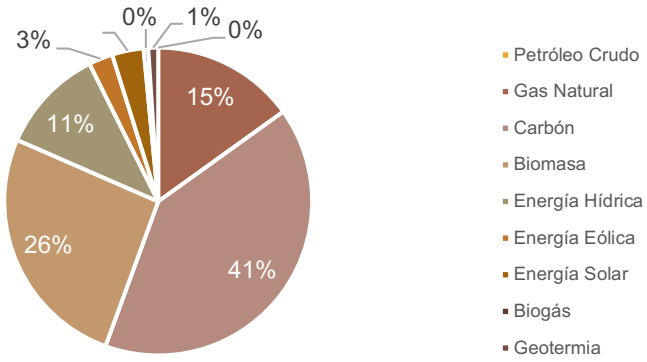
Gráfico 3. Consumo en centros de transformación en Chile, año 2019.



Fuente: Energía Abierta (2021).

Finalmente, del porcentaje correspondiente a generación eléctrica, el siguiente gráfico 4 permite identificar la distribución según energético primario. Como se observa, el carbón fue el principal aportante en la generación de electricidad con un 41% del total, seguido por la biomasa (26%), el gas natural (15%), energía hídrica (11%) y la energía eólica y solar, ambos con un 3%.

Gráfico 4. Distribución de energéticos primarios aportantes en la generación eléctrica, BNE 2019.



Fuente: Elaboración propia en base a Energía Abierta (2021)

II. Matriz Eléctrica en Chile

Actualmente los sistemas eléctricos se organizan – principalmente - bajo el denominado Sistema Eléctrico Nacional, el cual se originó el 21 de noviembre de 2017 tras la conexión del Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). Tras esto, el SEN cuenta con una longitud que alcanza los 3.100 km al abarcar desde la ciudad de Arica por el norte, hasta la Isla de Chiloé, en el sur (Coordinador Eléctrico Nacional, 2021). Este tiene una cobertura del 98,5% de la población nacional.

Junto al SEN, el Sistema Eléctrico cuenta con dos sistemas aislados: el Sistema de Aysén (SEA) que produce electricidad para abastecer la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y el Sistema de Magallanes (SEM), que abastece las Regiones de Magallanes y de la Antártica Chilena.

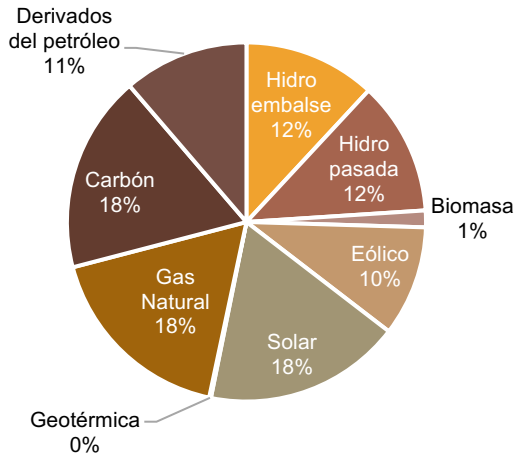
a. Capacidad Instalada

El reporte de la Asociación de Generadoras de Chile del mes de agosto del 2021 da cuenta que al mes de julio del mismo año, el SEN contaba con una potencia instalada de generación equivalente a 28,495 MW, los que corresponden a más del 99% de la capacidad instalada nacional.

Del total de la capacidad instalada en el SEN, el 53,3% corresponde a tecnología de generación en base a recursos renovables, es decir, de origen hidroeléctrica, solar fotovoltaica, biomasa y geotermia. Como se observa en el cuadro 2, el otro 46,7% corresponde a centrales termoeléctricas a gas natural, carbón o derivados del petróleo. Como se señaló, a continuación se observa en detalle la capacidad instalada de todos los tipos de energía que componen la capacidad instalada de generación del SEN.

Cuadro 2. Capacidad instalada [MW] en Chile según tipo de energía, al mes de julio de 2021.

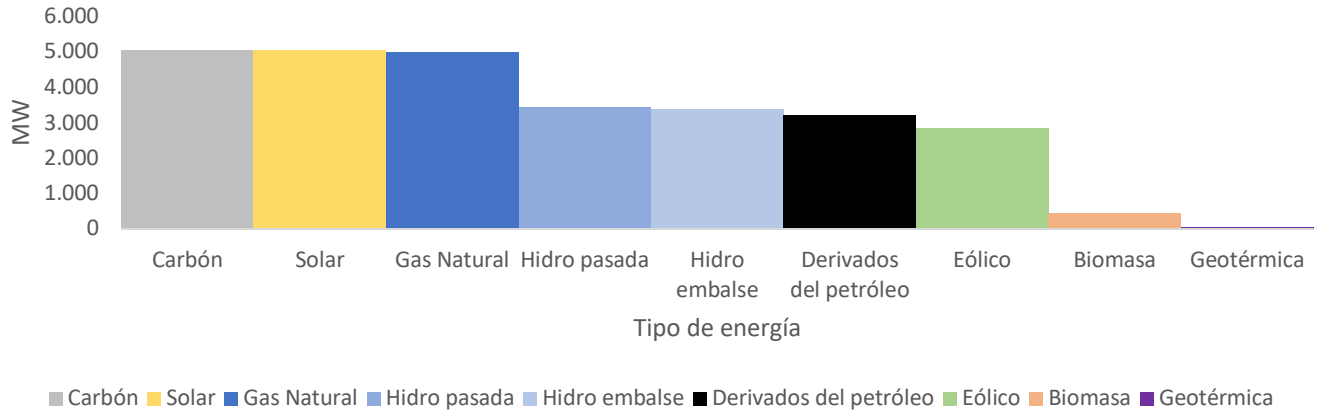
Tipo de energía	Capacidad Instalada [MW]	Participación Relativa [%]
Renovable	**15.198**	**53,3%**
Hidro-embalse	3.395	11,9%
Hidro-pasada	3.435	12,1%
Biomasa	430	1,5%
Eólico	2.835	9,9%
Solar	5.058	17,8%
Geotérmica	45	0,2%
No renovable	**13.297**	**46,7%**
Gas Natural	5.016	17,6%
Carbón	5.064	17,8%
Derivados del petróleo	3.217	11,3%
Total	**28.495**	**100,0%**



Fuente: Energía Abierta (2021).

Para dimensionar de mejor forma la capacidad instalada, el gráfico 5 muestra la misma información en un gráfico de barra, ordenando la capacidad instalada de mayor a menor.

Gráfico 5. Capacidad instalada [MW] en Chile según tipo de energía, al mes de julio de 2021.



Fuente: Elaboración propia en base a cifras publicadas por Energía Abierta (2021).

b. Generación bruta de Sistema Eléctrico Nacional al mes de julio 2021

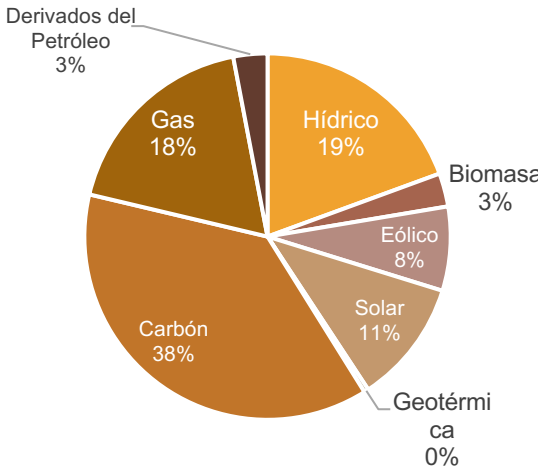
Cómo se indicó anteriormente, la electricidad concentra un 58**%** del consumo energético total. Y en consecuencia, el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) reportó que, al mes de julio de 2021, la producción anual de electricidad alcanzó los 47.127 GWh[3], de la cual 19.383 GWh correspondió a Energías Renovables No Convencionales (ERNC), es decir, en base a mini hidráulica de pasada, solar fotovoltaica, eólica y biomasa. Por otra parte, como se observa en el cuadro 3, en términos mensuales, durante el mes de julio 2021, la generación bruta en el SEN alcanzó los 7.035 GWh de energía, lo que representó un aumento del 3,7% respecto al mes anterior, y 8,6% más respecto al mismo mes del año pasado (Asociación de Generadoras, 2021).

La generación bruta del SEN acumulada al mes de julio 2021 fue principalmente térmica al concentrar un 59% del total, correspondiente a la suma del carbón (38%), gas (18%) y derivados del petróleo (3%). El restante 41% corresponde a generación bruta de origen renovable, es decir, lo correspondiente a fuentes de energía hídrica (19%), biomasa (3%), eólico (7%) y solar (11%). Lo recién señalado se observa en detalle en el cuadro 3 y gráfico respectivo.

[3] GWh = Giga Watt hora. Un millón de millones de Watts. El watt es unidad de potencia y el Watt hora es unidad de energía.

Cuadro 3. Generación bruta SEN por fuente de generación.

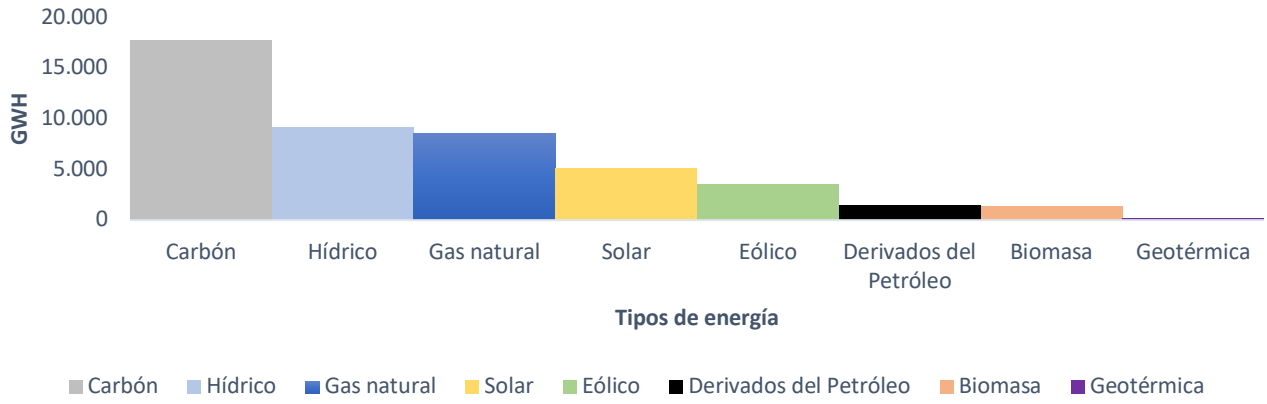
Generación bruta SEN [GWh]		
Fuente de energía	**Acumulado 2021**	**Julio 21**
Renovable	**19.383**	**2.505**
Hídrico	9.149	1077
Biomasa	1.388	196
Eólico	3.499	567
Solar	5.161	633
Geotérmica	186	32
Térmica	**27.745**	**4.529**
Carbón	17.708	2830
Gas	8.621	1308
Derivados del Petróleo	1.416	391
Total	**47.128**	**7.034**



Fuente: Asociación de generadoras de Chile (2021), en base al Coordinador Eléctrico Nacional (SEN).

Al igual que en el caso de la capacidad instalada, a continuación se presenta la generación bruta del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) acumulada al mes de julio en un gráfico de barras, en el cual se ordena de mayor a menor cada una de las fuentes de energía.

Gráfico 6. Generación bruta SEN por fuente de generación acumulada al mes de julio 2021.

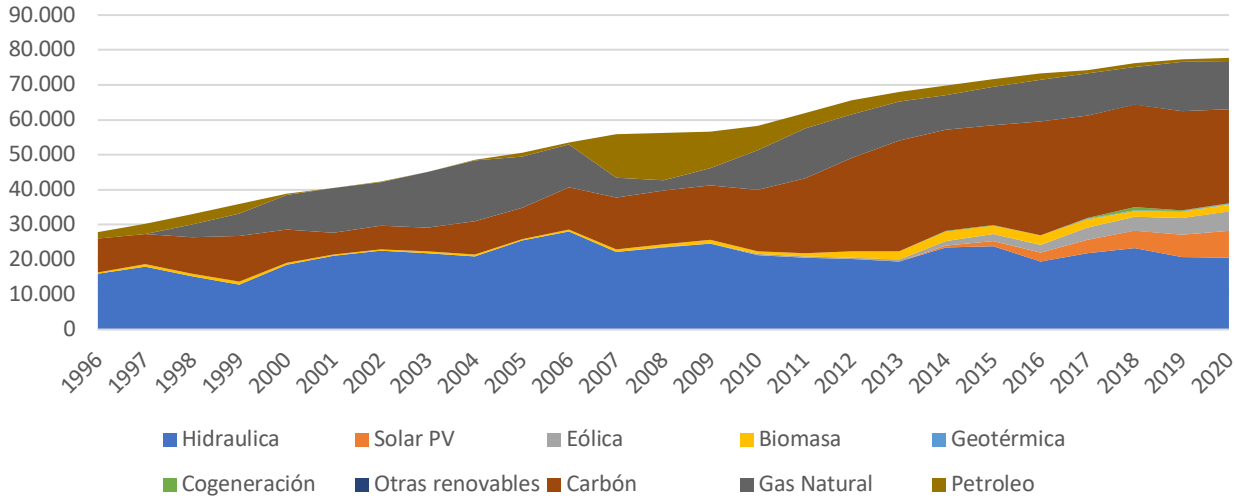


Fuente: Elaboración propia en base a cifras publicadas por Energía Abierta (2021).

c. Generación histórica de los sistemas eléctricos

En un periodo más amplio, el gráfico 7 da cuenta de la generación en el SEN (anterior SIC y SING) entre los años 1996 y 2020. Como se observa, históricamente la generación eléctrica se ha sustentado en base a carbón, gas natural y fuentes de origen hídrico. A partir del año 2012 se evidencia un aumento significativo en la generación basada en energías eólica, solar y biomasa.

Gráfico 7. Generación histórica de los sistemas SIC y SING, y posterior interconexión en el SEN. Período 1996 – 2020, unidades en GWh.



Fuente: Elaboración propia en base a Asociación de generadoras de Chile (2021), en base a cifras del CEN.

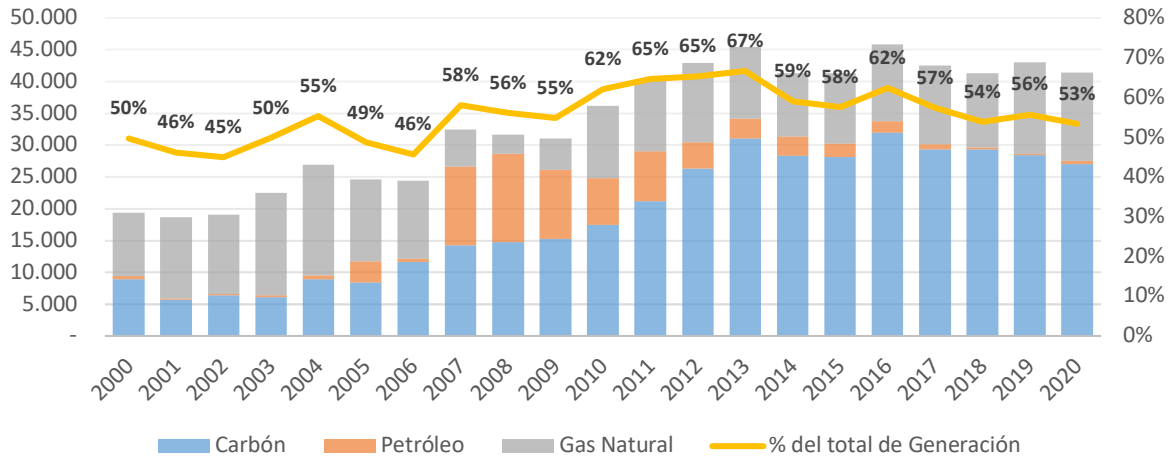
A continuación se presentan cifras de las principales fuentes de generación de la matriz eléctrica de Chile, siendo éstas las de origen hidráulica, fósil y solar, que -como se representó en el cuadro 3- constituían el 19,4%, 58,8% y 10,9%, respectivamente en el acumulado hasta el mes de julio 2021,.

i. Fósil

En las centrales térmicas convencionales se produce electricidad a partir de combustibles fósiles como el carbón, derivados del petróleo o gas natural[4] (Generadoras, 2021). Según se observa en el gráfico 8, la generación de electricidad en base a combustibles fósiles ha tenido una participación que históricamente ha oscilado entre el 45% y 67% del total, donde, el mayor aporte es producido por las centrales a carbón, seguidas por las que consumen gas natural y -en menor proporción- las petroleras. Al mes de julio de 2021, la generación eléctrica -basada en combustibles fósiles- acumulada alcanza los 27.745 GWh, con una capacidad instalada igual a 13.297 MW.

[4] En términos simples, en estas centrales el combustibles quemado en la caldera calienta agua y la transforma a una presión muy elevada, haciendo girar una turbina y un alternador para producir electricidad. El vapor que sale de la turbina se envía a un condensador para convertirlo en agua y así retornarlo a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

Gráfico 8. Generación de electricidad en base a combustibles fósiles [GWh], 2000 – 2020.



Fuente: Elaboración propia en base a cifras del Coordinador Eléctrico Nacional (2021).

ii. Hídrico

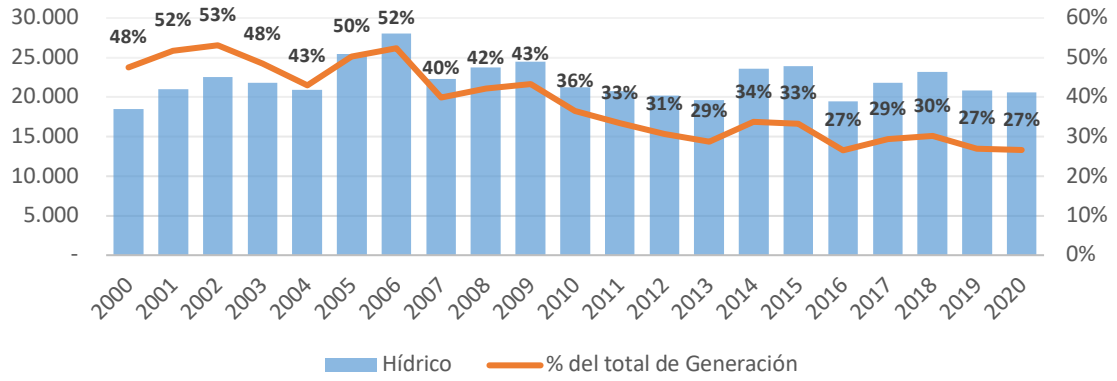
La hidroelectricidad es una fuente de energía de origen renovable que aprovecha la energía potencial del agua cuando se encuentra a una altura superior respecto a un punto de descarga (Generadoras, 2021). Se caracteriza por ser una energía limpia (es decir, no emite contaminantes) y que es de origen local, evitando así la dependencia de fuentes de energía importadas. En Chile, a julio de 2021, se registraban 6.839 MW de capacidad instalada, equivalente a cerca de 24% de la capacidad instalada total. Esta capacidad instalada corresponde a la suma de centrales hidroeléctricas de embalse y de pasada[5].

El estudio de cuencas del Ministerio de Energía del año 2016, demostró que en Chile existía un potencial hidroeléctrico de 15.938 MW. El concentrado principalmente en la cuenca del Biobío con un 18%, seguido por el río Baker (12%) y Palena (11%).

El gráfico 9 representa el registro histórico de generación eléctrica basada en el recurso hídrico. Como se observa, el año 2006 llegó a representar el 52% del total de la generación, al aportar con 28.034 GWh al sistema. Posteriormente, se evidencia una disminución en dicho porcentaje, registrando un 27% al año 2020.

[5] Las centrales de embalse corresponden a la instalación de un embalse para almacenar el agua y luego liberarla para producir electricidad. Por otra parte, las centrales de pasada corresponden a una instalación que utiliza el flujo del agua a través de un río o canal para proporcionar suministro continuo de electricidad, sin posibilidad de almacenar reservas.

Gráfico 9. Generación de electricidad en base a hidroeléctricas [GWh], 2000 – 2020.



Fuente: Elaboración propia en base a cifras del Coordinador Eléctrico Nacional (2021).

Al año 2019 la capacidad instalada de tecnologías hidroeléctricas en Chile registró 6.679 MW, de las cuales 3.324 MW corresponden a centrales hidráulicas de pasada y los restantes 3.355 MW a hidráulicas de embalse.

Cuadro 4. Capacidad instalada hidroeléctrica de Chile a diciembre de 2019. Unidades en MW.

	Hidráulica de pasada (MW)	Hidráulica de embalse (MW)	Total hidroeléctrico (MW)	Total (MW)	Participación energía hidroeléctrica (%)
SEN	3.301	3.355	6.656	23.860	27,9%
SEA	23	0	23	60,28	37,6%
SEM	0	0	0	107	0%
Total	**3.324**	**3.355**	**6.679**	**24.029**	**27,8%**

Fuente: Generadoras (2021)

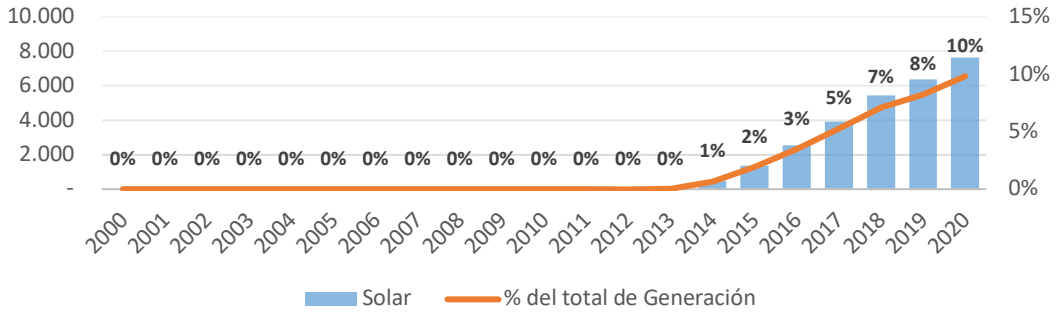
iii. Solar

Se entiende la energía solar como aquella de origen renovable que utiliza la radiación electromagnética proveniente del sol. En Chile, la zona norte posee la mayor incidencia solar del mundo, principalmente en el desierto de Atacama (Generadoras, 2021). La generación solar se realiza en base a dos tipos de tecnologías; los sistemas fotovoltaicos[6] (PV) y los sistemas solares térmicos[7], de los que en Chile sólo uno (Cerro Dominador) cuenta con acumulación de energía en sales fundidas, otorgándole un factor de planta cercano al 100%..

El gráfico 10 da cuenta el aumento registrado en la generación de electricidad en base a energía solar. Como se observa, al año 2020 esta contribuye con el 10% de la generación total.

[6] Esta utiliza paneles fotovoltaicos que captan la energía electromagnética del sol para transformarla en energía eléctrica.
[7] Las centrales solares térmicas se basan en la energía calórica de la radiación solar utilizada para producir electricidad.

Gráfico 10. Generación de electricidad en base a energía solar [GWh], 2000 – 2020.



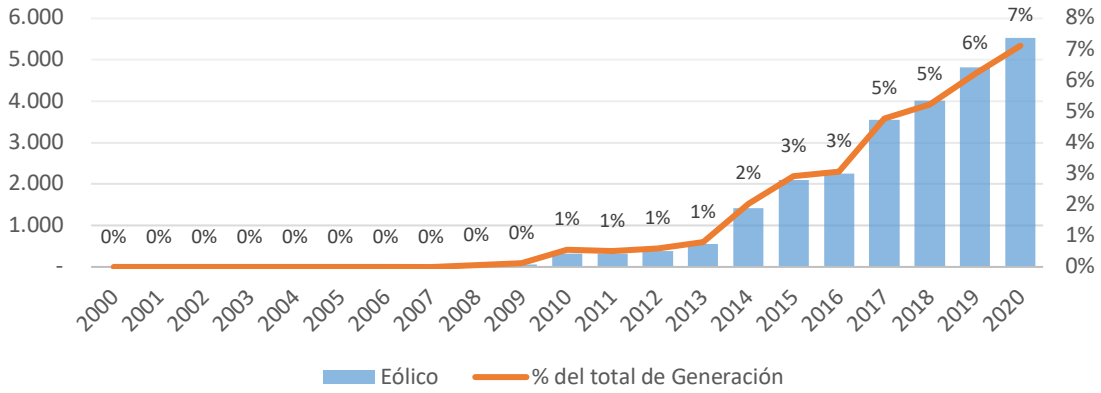
Fuente: Elaboración propia en base a cifras del Coordinador Eléctrico Nacional (2021).

iv. Eólico

Finalmente, la generación eólica se basa en la transformación de la energía cinética contenida en una masa de aire en movimiento (viento) en energía eléctrica, mediante turbinas eólicas acopladas a generadores eléctricos. Como indica la Asociación de Generadoras (2021), el principal medio para obtener energía eólica es a través de "*aerogeneradores de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica*" (Generadoras, 2021).

Como se observa en el gráfico 11, la generación eólica ha aumentado sostenidamente a partir del año 2013, llegando al 2020 a contribuir con el 7% del total.

Gráfico 11. Generación de electricidad basada en energía eólica [GWh], 2000 – 2020.



Fuente: Elaboración propia en base a cifras del Coordinador Eléctrico Nacional (2021).

Referencias

- **Deloitte, 2016** Sector energía I: Marco regulatorio y matriz energética de Chile, equipo researchCL. Disponible en: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cl/Documents/energy-resources/cl-er-estudio-energ%C3%ADa-chile-parte1.pdf
- **Ministerio de Energía, 2021.** Planificación Energética de Largo Plazo. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pelp2023-2027_informe_preliminar.pdf
- **Ministerio de Energía, 2021.** Energía Abierta. Disponible en: http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia/
- Coordinador Eléctrico Nacional (CEN), 2021. Sistema Eléctrico Nacional Disponible en: https://www.coordinador.cl/sistema-electrico/
- **Asociación de Generadoras de Chile, 2021.** Mercado eléctrico en Chile. Disponible en: http://generadoras.cl/tipos-energia/energia-eolica
- **Asociación de Generadoras de Chile, 2021.** Boletín del Mercado Eléctrico: Agosto 2021. Disponible en: http://generadoras.cl/media/page-files/1804/Bolet%C3%ADn%20Mercado%20El%C3%A9ctrico%20Generadoras%20de%20Chile%20-%20Agosto%202021.pdf
- **Ministerio de Energía, 2016.** Estudio de cuencas. Disponible en: https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/estudio_de_cuencas_2.pdf

Nota aclaratoria

Asesoría Técnica Parlamentaria, está enfocada en apoyar preferentemente el trabajo de las Comisiones Legislativas de ambas Cámaras, con especial atención al seguimiento de los proyectos de ley. Con lo cual se pretende contribuir a la certeza legislativa y a disminuir la brecha de disponibilidad de información y análisis entre Legislativo y Ejecutivo.

Creative Commons Atribución 3.0
(CC BY 3.0 CL)