

Diagnóstico de la situación actual



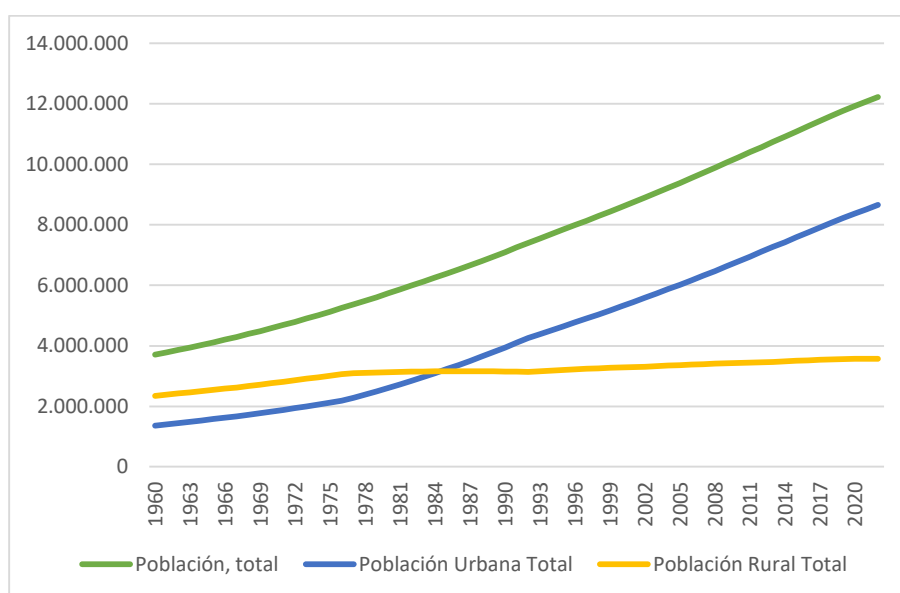
Contenido

.....	1
1. Contexto energético nacional.....	2
2. Abastecimiento primario de energía.....	3
3. Cobertura y consumo de electricidad.....	7
4. Cobertura y consumo de gas natural, GLP y biomasa.....	12
5. Potencial de las energías renovables en Bolivia para ERDIs.....	17

1. Contexto energético nacional

Bolivia cuenta al año 2022¹ con una población total de 12.224.110 habitantes, de los cuales un 71% es urbana (8.658.337) y un 29% se considera población rural (3.565.773). La tasa de crecimiento, al igual que en otros países de la región se encuentra disminuyendo en los últimos años, pasando de 1,65% en 2012 a 1,19% en 2022. La población rural no muestra grandes variaciones en su valor total a lo largo de los años, siendo la población urbana la que explica mayoritariamente el crecimiento de la población.

Figura 1. Población total, rural y urbana de Bolivia, de 1960 a 2022. Fuente: Banco Mundial.

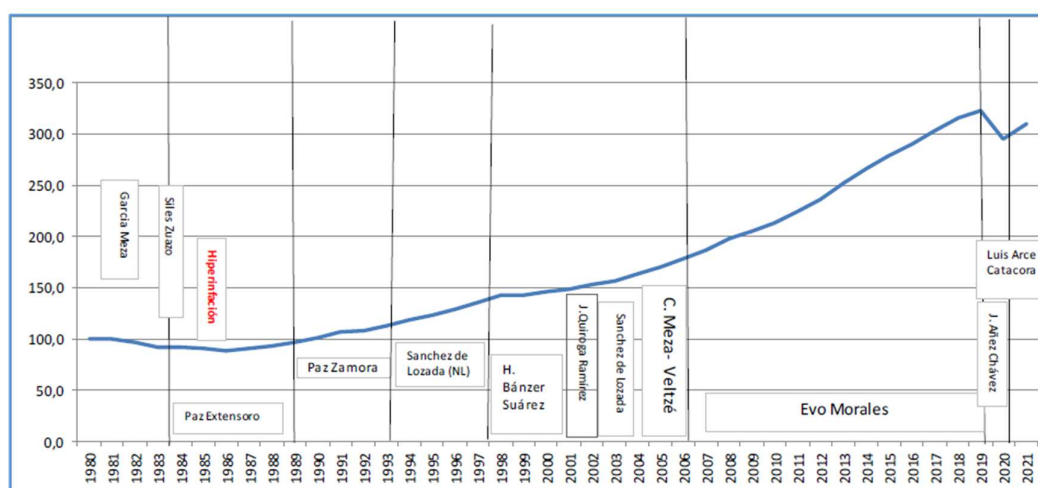


¹ Fuente: Banco Mundial, <https://datos.bancomundial.org/pais/bolivia>. La población total según el Instituto Nacional de Estadísticas de Bolivia para el mismo año es de 12.006.031.

En cuanto al desempeño global de la economía boliviana, la misma ha crecido de forma prácticamente sostenida desde mediados de la década de 1980, con mayores tasas durante el mandato del expresidente Evo Morales, y con caída asociada a la pandemia de COVID hacia el año 2020 (ver figura 2).

En términos de la evolución del PIB per cápita, se registra el mismo comportamiento. Tomando los datos del Balance Energético Nacional (BEN) 2006-2021, el mismo ha pasado de 1.229 a 3.437 USD/persona-año en dicho período.

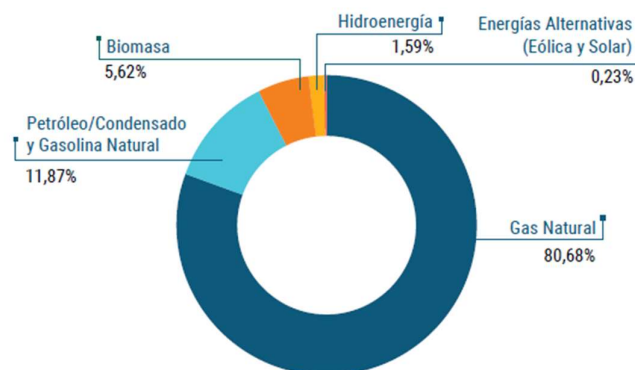
Figura 2. Evolución del PIB y presidentes de Bolivia 1980-2021 (Base 1980=100). Fuente: elaboración propia en base a INE.



2. Abastecimiento primario de energía

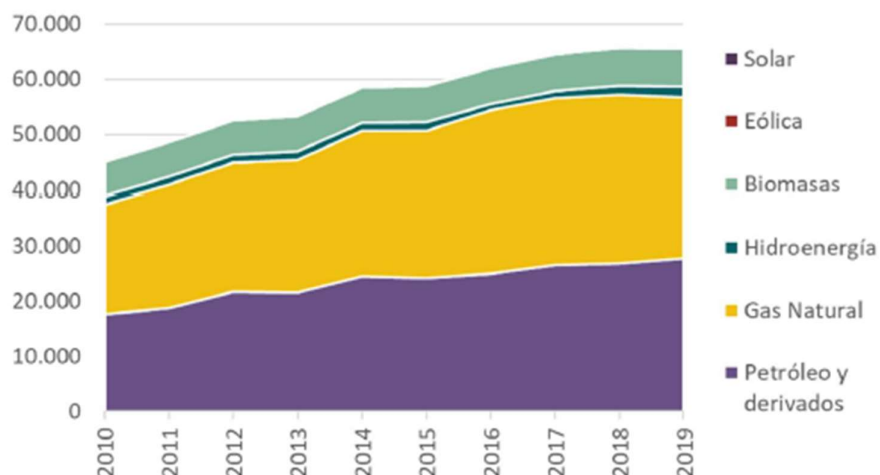
La producción de energía primaria de Bolivia está compuesta en gran medida por el gas natural, que en 2019 representó el 80% de un total de 127.482 kbep. En segundo lugar, se encuentra el petróleo con un 12,9%. El restante 7,1% es aportado por energías renovables -fundamentalmente biomasa- y en mucha menor medida hidro-energía, energía solar y eólica, como se muestra a continuación.

Figura 3. Estructura de la producción de energía primaria en 2021. Fuente: Balance Energético Nacional de Bolivia 2006-2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.



Sin embargo, una gran proporción de la producción de energía primaria de Bolivia se destina a la exportación, principalmente gas natural, y algo de petróleo crudo. Esto es notorio al comparar dicha producción con la oferta interna bruta total (OIBT) de energía para Bolivia, que en 2019 fue de 65.739 kbp, compuesta en un 43,8% por gas natural, 42,4% petróleo y derivados, 10,5% biomasa y el restante 3,1% hidroenergía.

Figura 4. Oferta Interna Bruta Total 2010 □ 2019, en kbp. Fuente: elaboración propia con datos del BEN - MHE.



La OIBT creció en el periodo 2010 – 2019 a una tasa promedio de 4,3% a.a. Se observan mesetas entre los años 2012 – 2013 y 2014 – 2015 y el crecimiento en los últimos años, entre 2015 y 2019 fue a un menor ritmo, de 2,8% a.a.

Por otro lado, si se desagrega el consumo energético por sectores de demanda, vemos que el principal rubro que demanda energía en Bolivia al año 2021 era el transporte (54,3%), seguido luego por la industria (21,5%) y el residencial (15,2%). Este patrón de consumo nacional se ve reflejado en

la estructura del consumo energético por fuentes, que para el año 2021 mostraba la siguiente composición: 26% Diesel Oil, 24% gas natural, 23% gasolinas, 11% electricidad, 8% biomasa y 7% gas licuado de petróleo (GLP).

Figura 5. Estructura del Consumo Energético por sectores, 2021 (%). Fuente: Balance Energético Nacional de Bolivia 2006-2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.

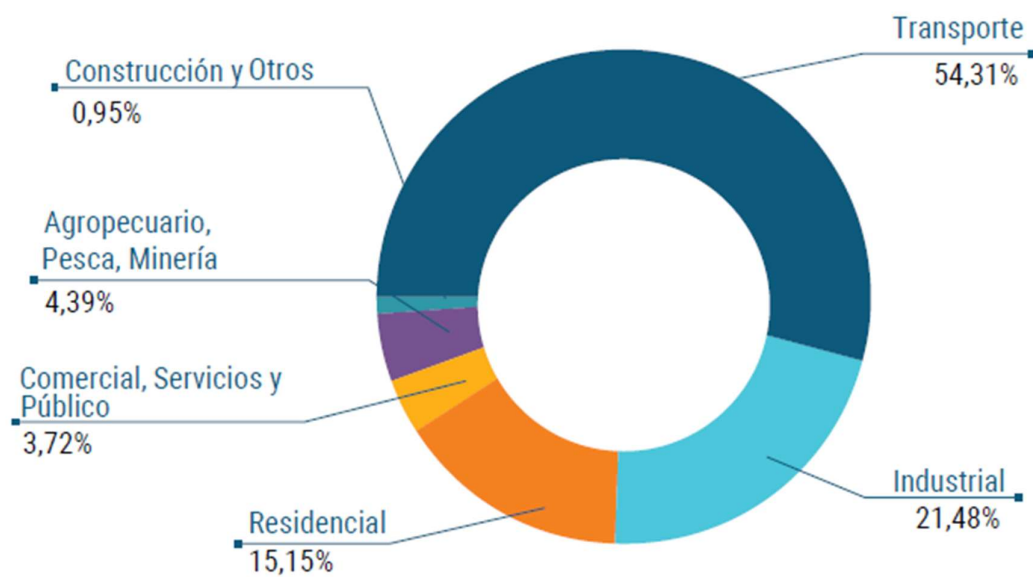
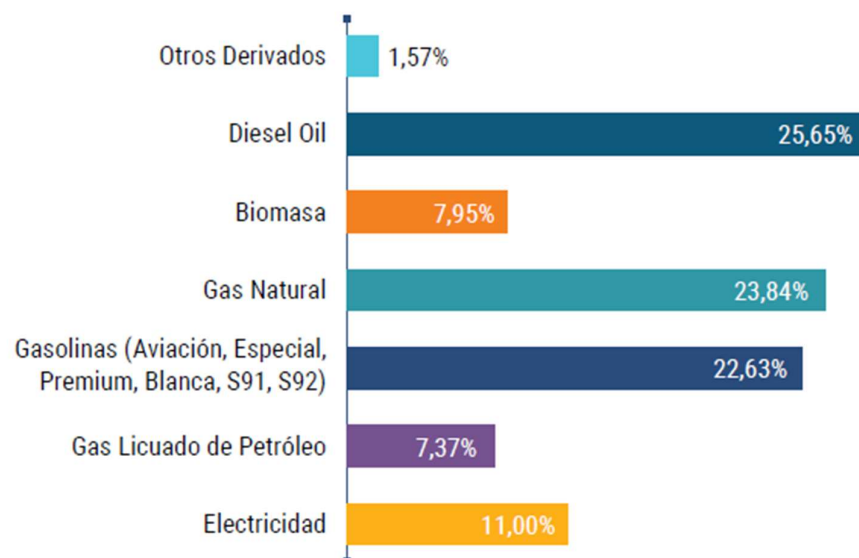


Figura 6. Estructura del Consumo Energético por fuentes, 2021 (%). Fuente: Balance Energético Nacional de Bolivia 2006-2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.



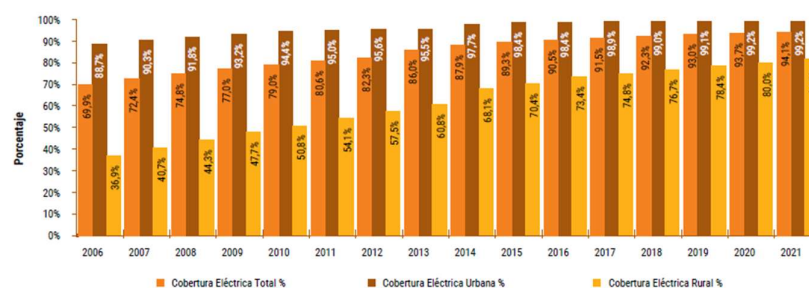
3. Cobertura y consumo de electricidad

El abastecimiento eléctrico en Bolivia es provisto mayoritariamente a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual facturó ventas por 7.734.803 MWh en 2022, de acuerdo a la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Energía Nuclear (AETN). Otra parte de la población es abastecida por Sistemas Aislados (SA) que, como su nombre lo indica, consisten en redes independientes del SIN, y para el mismo año representaron consumos de 436.173 MWh (Fuente: AETN). Quienes se encuentra fuera del alcance de estas redes, y cuentan con acceso a la electricidad, obtienen y gestionan el consumo eléctrico mediante pequeños sistemas independientes, entre los que se encuentran los Sistemas Inclusivos de Energías Renovables Descentralizados (SIERDs o ERDIS).

De acuerdo a un documento del Plan de Electrificación Rural 3 (PER 3)²³, al año 2023, la cobertura de electrificación en Bolivia en áreas urbanas es del 99,2% y en rurales 81,5%. En departamentos como Beni y Pando la tasa rural llega al 70%, y hay unos 200.000 hogares en todo el país que carecen de servicio eléctrico confiable.

El Gobierno de Bolivia logró aumentar la tasa nacional de cobertura eléctrica del 67,1% al 94,1% entre 2005 y 2021, en el marco de distintos planes de mejora del acceso a la energía como el Plan de Universalización – Bolivia con Energía 2010–2025, elaborado por el Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA).

Figura 7. Cobertura eléctrica total, urbana y rural en Bolivia, 2006–2021 (%). Fuente: Balance Energético Nacional de Bolivia 2006–2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.



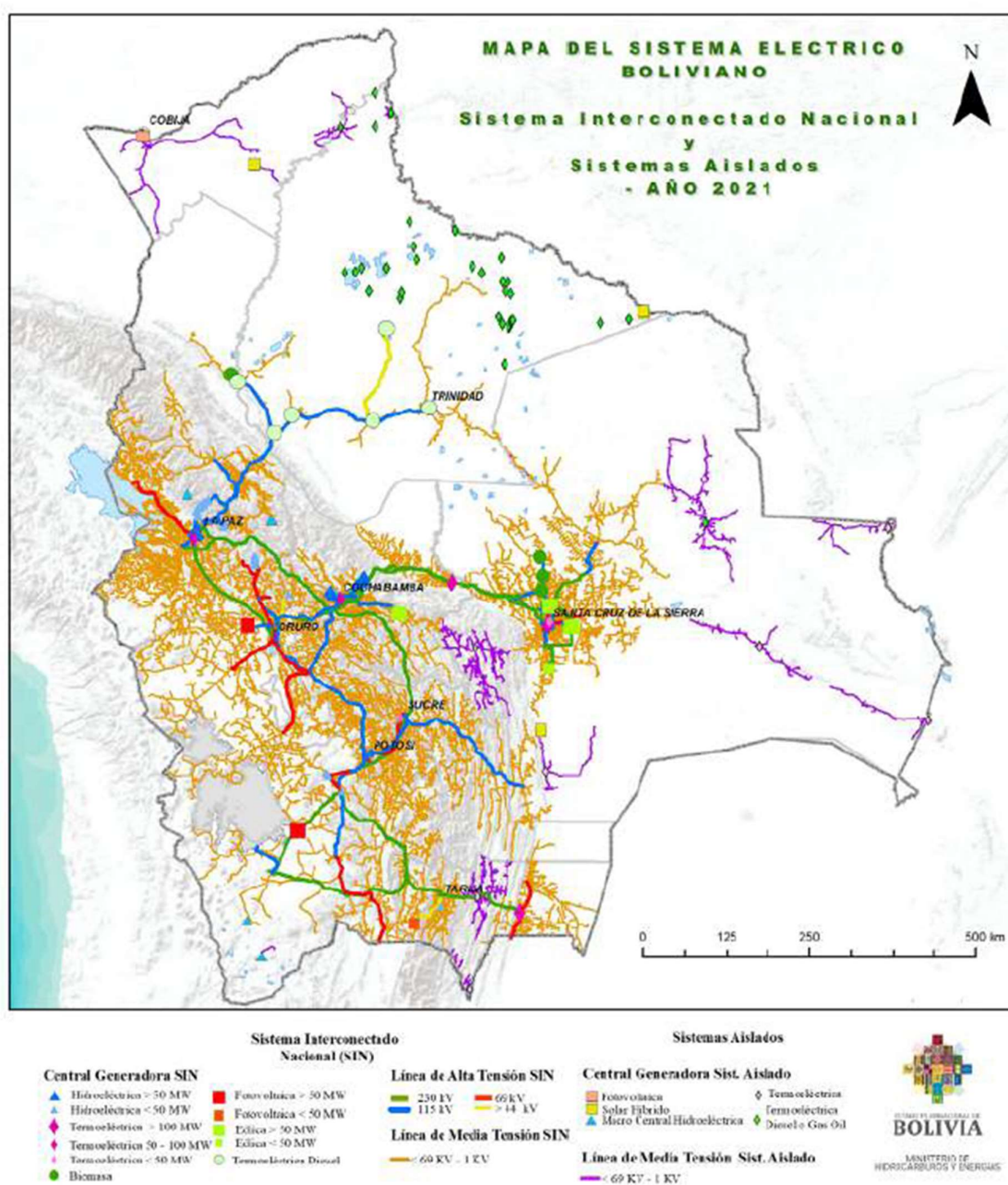
Si bien es notoria la ampliación en la cobertura del suministro eléctrico en los últimos 20 años, existe aún un porcentaje no menor de la población sin cobertura eléctrica. Esta última podría ser usuaria

² Programa de Electrificación Rural 3, Sistema de Gestión Ambiental. ENDE, Ministerio de Hidrocarburos y Minas, Estado Plurinacional de Bolivia, 2023.

³ Los Planes de Electrificación Rural 1 y 2 implicaron una inversión de 60 millones de USD, y 100 millones de USD, respectivamente. El PER 3 involucra una inversión de 202 millones de USD (100 MM BID, 100 MM Corea del Sur, y 2 MM el Fondo de Energía con Bajas Emisiones de Carbono para las Personas y el Planeta.

y beneficiaria potencial de SIERDs, tanto para usos domiciliarios como extensible a usos productivos.

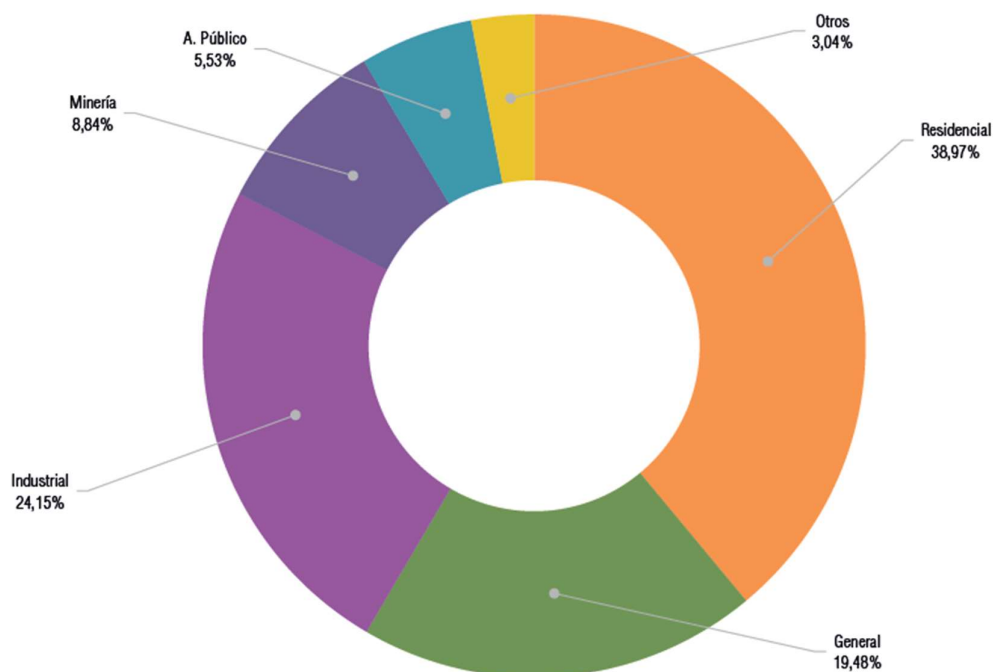
Figura 8. Mapa del Sistema Interconectado Boliviano. Fuente: Balance Energético Nacional de Bolivia 2006-2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.



En cuanto a los sectores que consumen electricidad, la mayor demanda de electricidad es la explicada por el sector residencial (39% en 2022), seguida por la industrial (24%), y el resto de los

sectores (general, minería, alumbrado público y otros)⁴, que componen la demanda total en los dos sub-sistemas que configuran el sistema eléctrico boliviano (SIN y SA).

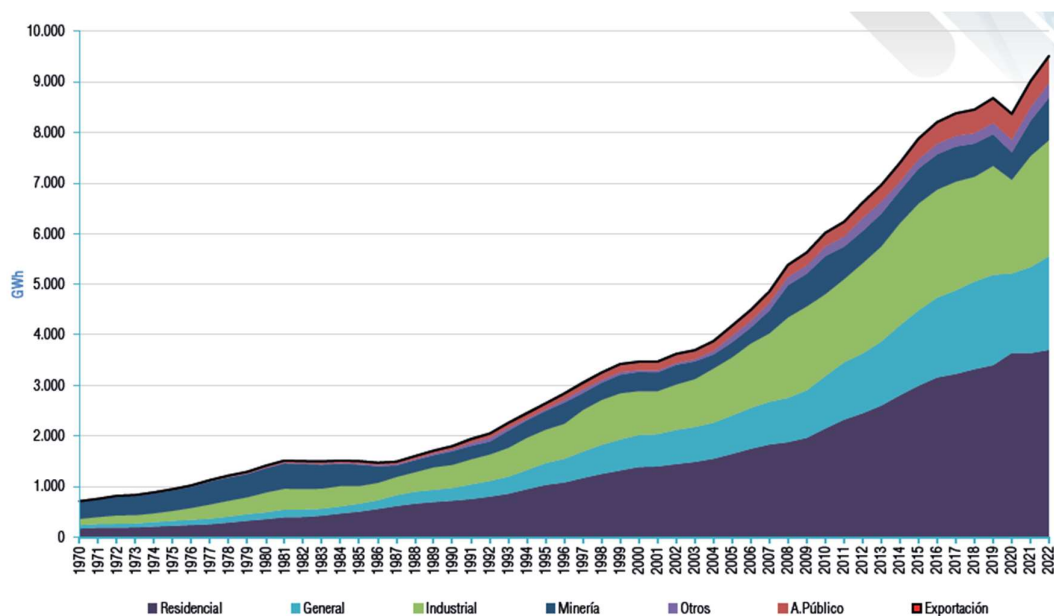
Figura 9. Porcentajes de demanda de energía eléctrica en Bolivia por sectores, año 2022.
Fuente: Anuario Estadístico 2022 de la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN).



Estos porcentajes han ido variando a lo largo de los años, a medida que se incrementaba la demanda total de electricidad a nivel nacional, reflejando cambios en la sociedad, en la economía, y en distintas políticas energéticas e industriales, entre otros motivos.

⁴ Clasificación utilizada por las estadísticas del sector eléctrico boliviano.

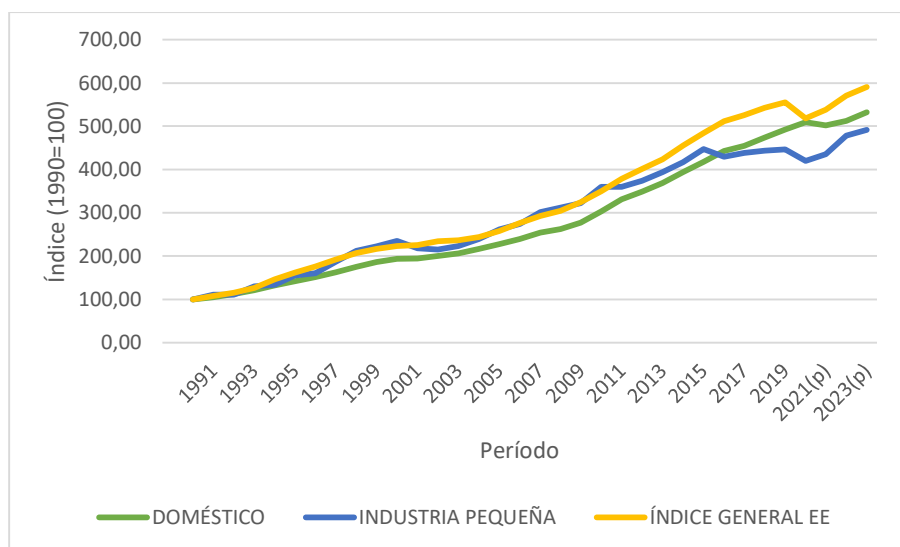
Figura 10. Evolución de la demanda de electricidad por sectores en Bolivia (SIN y SA), período 1970-2022. Fuente: Anuario Estadístico 2022 de la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN).



Si ponemos el foco en dos sectores de interés para el despliegue de SIERDs, el consumo de electricidad para el sector residencial y pequeñas industrias, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas, ha mostrado un crecimiento importante entre los años 1990 y 2023.

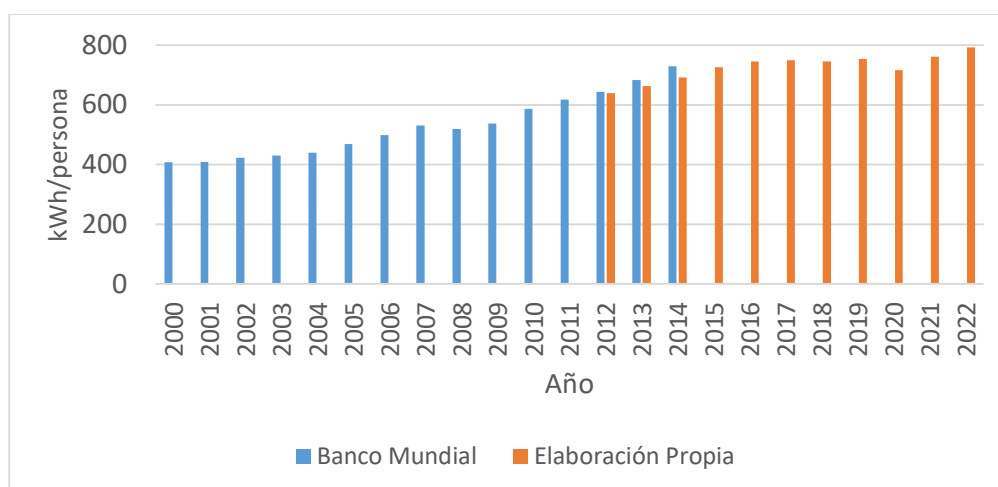
Observando el índice que relaciona el consumo de cada año con un año de referencia (1990), en el caso del consumo residencial total se ha casi sextuplicado, mientras que el mismo índice para el consumo de pequeñas industrias muestra un incremento de 5 veces en el mismo período.

Figura 11. Índice de consumo de electricidad a nivel doméstico, de pequeñas industrias, y general (1990=100), e índice de consumo de GLP, de 1991 a 2023. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia.



Si estas variaciones las relacionamos con el incremento de la población, a través del consumo per cápita de electricidad, también puede observarse un incremento importante, en particular a partir del año 2005 hasta 2016, donde el consumo per cápita anual era de aproximadamente 469 kWh/persona, llegando a 792 kWh/persona en 2022.

Figura 12. Consumo de electricidad anual per cápita en Bolivia (kWh/persona), de 2000 a 2014. Fuente: Banco Mundial (Serie azul) y elaboración propia a partir de datos de AETN e INE (Serie naranja).



Dicho volumen de electricidad facturado per cápita, sin embargo, refiere al total de los sectores mencionados previamente: residencial, general, industrial, minería, alumbrado público y otros, por

lo que debe interpretarse en forma acotada. En definitiva, lo que se observa en cuanto al panorama del consumo de energía eléctrica en Bolivia, es que se ha dado un proceso de incremento en la cobertura que todavía no alcanza a la totalidad de la población, acompañado por un crecimiento en la demanda total y per cápita⁵. Es decir, existe una demanda latente de electricidad –tanto para usos residenciales como comerciales, PyMEs, etc.– que podría ser cubierta en parte por SIERDs.

4. Cobertura y consumo de gas natural, GLP y biomasa

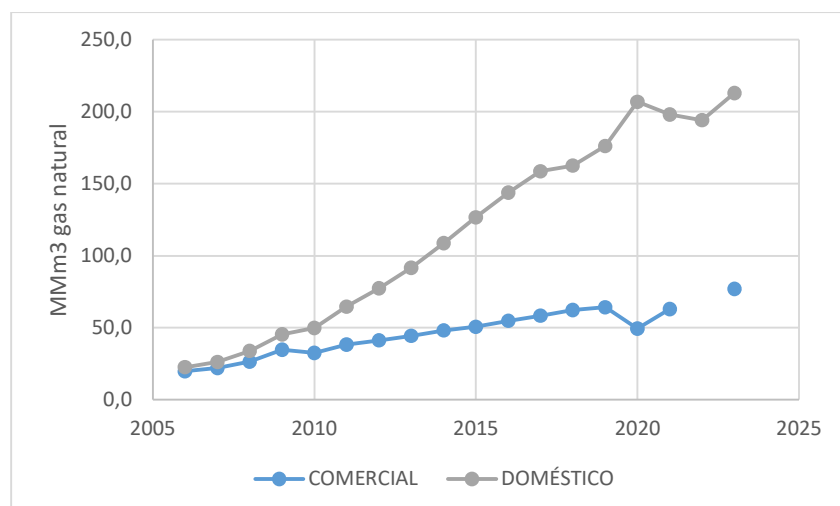
Los otros energéticos para los cuales es importante conocer su consumo y características, en el marco de elaborar una estrategia para el despliegue de SIERDs, son: el gas natural (principal energético si se excluyen los combustibles líquidos utilizados en gran medida en el sector transporte), el gas licuado de petróleo (GLP) y la biomasa.

A partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), es posible visualizar la evolución del consumo del gas natural, el cual se incrementó notablemente desde aproximadamente 20 millones de m³ (MMm³) al año en los años siguientes al 2000, hasta llegar a más de 213 MMm³ y 77 MMm³ para los sectores doméstico y comercial, respectivamente.

Si bien existen datos para el sector industrial, no se incluyeron en los gráficos ya que ha sido el sector con mayor consumo (490 MMm³ en 2005, llegando a 972 MMm³ en 2023) y se debe principalmente a grandes industrias, fuera del alcance de este proyecto.

⁵ Como comparación, en el año 2022, el consumo de electricidad per cápita era de 3.157 kWh/persona (Argentina), 921 kWh/persona (Bolivia), 3.162 kWh/persona (Chile), 4.245 kWh/persona (Brasil) y 1.770 kWh/persona (Perú). Fuente: Our World in Data. Nota: los datos pueden diferir entre fuentes de acuerdo a la forma en que se calcule dicho valor.

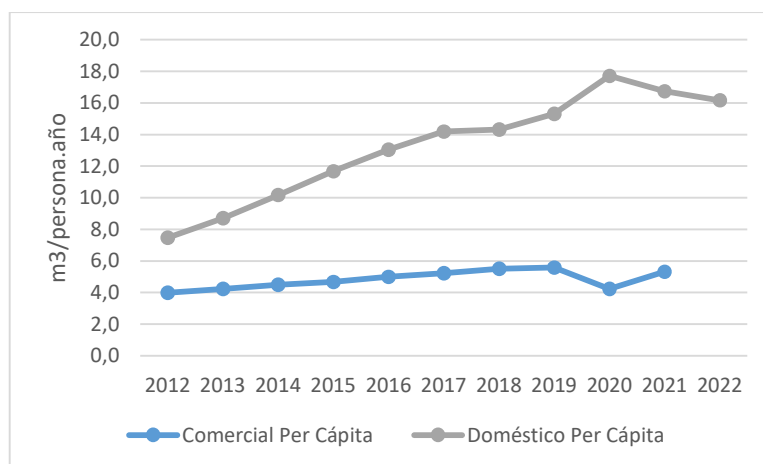
Figura 13. Consumo de gas natural para los sectores comercial⁶ y doméstico, en millones de m³ por año, de 2012 a 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia.



Si el consumo interno de gas se lo divide por los habitantes, se puede observar el incremento en el consumo, independiente del crecimiento de la población. De esta manera, se visualiza un incremento específico para dichos sectores, llegando a duplicarse el consumo per cápita residencial de gas natural, y aumentando –pero de manera más leve– el consumo comercial.

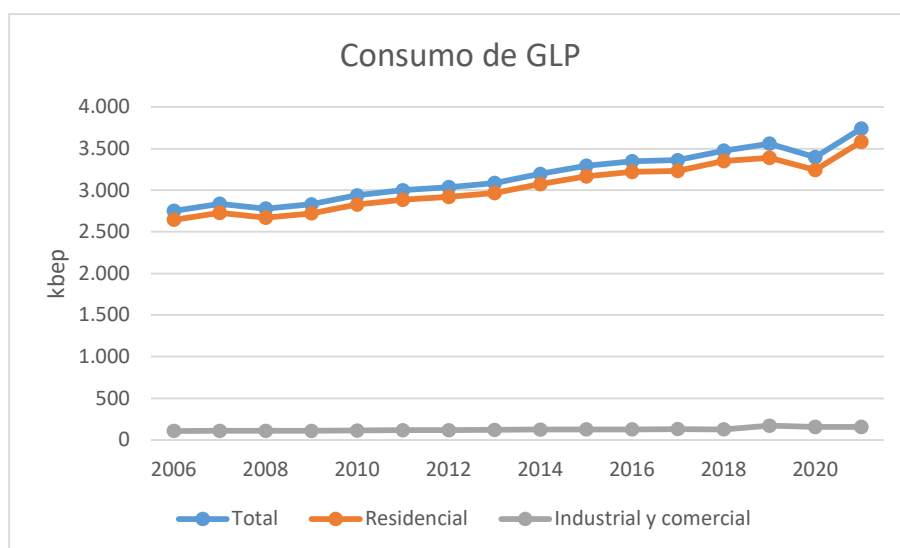
⁶ El valor del año 2022 para el sector comercial se quitó de la serie porque no resultaba coherente con la serie.

Figura 14. Consumo de gas natural per cápita para los sectores comercial⁷ y doméstico, en m³ por persona.año, de 2012 a 2023. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia.



En el caso del GLP, el consumo en Bolivia de dicho energético es principalmente para uso residencial, para usos calóricos como la cocción de alimentos.

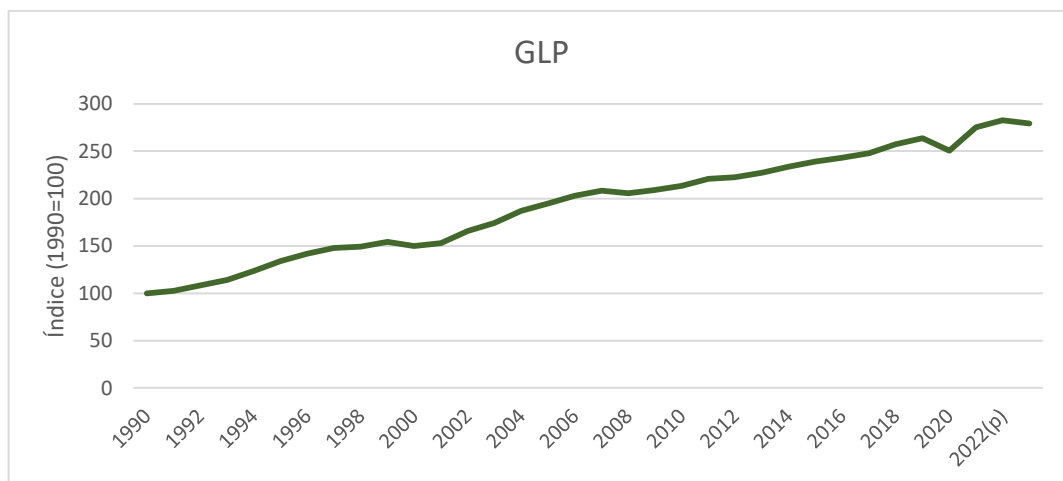
Figura 15. Consumo de GLP en kbep, de 2006 a 2021. Fuente: Balance Energético Nacional de Bolivia 2006-2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía.



Mediante un índice similar al utilizado para observar la evolución del consumo de electricidad, puede observarse que –para el mismo período– el incremento del consumo de GLP se ha visto más que duplicado, pero no ha mostrado un comportamiento tan dinámico como el del consumo eléctrico.

⁷ El valor del año 2022 para el sector comercial se quitó de la serie porque no resultaba coherente con la serie.

Figura 16. Índice de consumo de GLP (1990=100) de 1991 a 2023. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia.

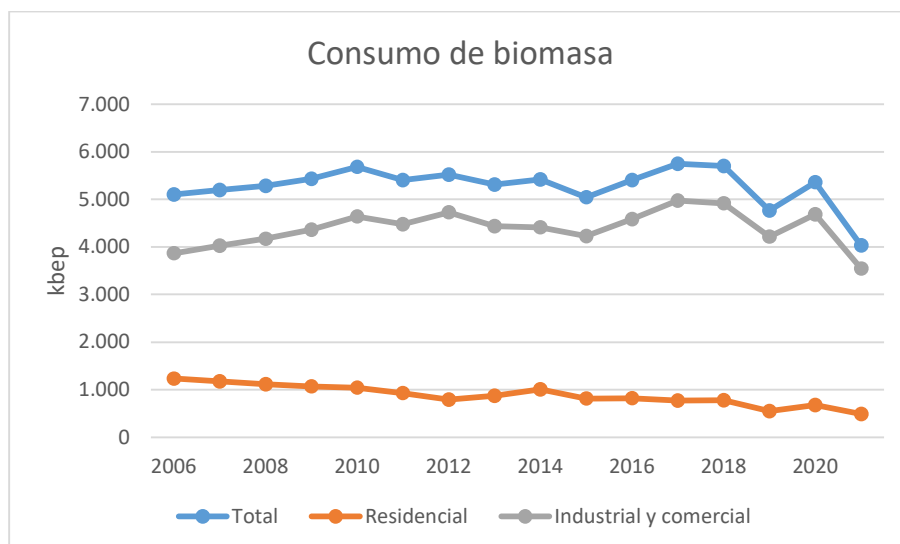


Solamente a modo comparativo⁸, en términos de consumo de energía per cápita, el consumo residencial de GLP representó en el año 2021, un valor de poco más de 0,7 kWh/persona-año, mientras que para el mismo año el consumo residencial de gas natural fue de 181 kWh/persona-año y el de electricidad en 2022 fue de 309 kWh/persona-año.

En el caso del consumo de biomasa, las estadísticas son más complejas que los otros energéticos porque una parte del consumo de biomasa que se utiliza en hogares, comercios y PyMEs proviene de circuitos informales que no se reflejan en registros. Sin embargo, es posible hacer estimaciones indirectas en base a encuestas de consumo de energía, o utilizar los registros que existen para grandes circuitos de producción y comercialización de biomasa.

Figura 17. Consumo de biomasa de 2006 a 2021. Fuente: Balance Energético Nacional 2006-2021, Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE) de Bolivia.

⁸ Se presenta una simplificación que no tiene en cuenta la eficiencia promedio de los artefactos eléctricos y aquellos a GLP o gas natural y, por lo tanto, omite las diferencias en energía útil que hay entre los usos de los distintos energéticos y sus tecnologías asociadas.



De acuerdo al BEN 2006-2021 de Bolivia, el consumo residencial de biomasa viene decreciendo desde 2006 en adelante, pasando de 1.233 kbep en 2006 a 486 kbep en 2021. Nuevamente, si se realiza el mismo cálculo a modo ilustrativo que para el consumo de gas natural y GLP, el consumo de biomasa residencial per cápita en Bolivia representó en 2021 un valor de tan solo 0,1 kWh/persona-año. El consumo industrial y comercial de biomasa es más importante que el residencial, pero no se cuenta con valores desagregados como para evaluar nichos donde se podrían insertar SIERDs en reemplazo de dicho energético.

5. Potencial de las energías renovables en Bolivia para ERDIs

Bolivia posee una dotación diversa de recursos energéticos renovables, de acuerdo a la región en análisis. Los mismos han sido identificados y cuantificados en distintos estudios, y en este diagnóstico se reproducen distintos mapas que muestran el potencial. Otros estudios⁹ han evaluado el aprovechamiento actual y potencial de energías renovables en la economía boliviana, de donde se desprende que las limitantes a una masificación en el uso de estas tecnologías no estarían vinculadas a cuestiones naturales. Más bien está relacionado a otras barreras de acceso económico-financieras o a un orden de prioridades referidos a la gestión de la actividad productiva.

En coincidencia próxima a los objetivos de Generis Bolivia, el estudio de referencia de ENDEV indica como principales necesidades de los pequeños productores: *“provisión de agua para riego y consumo humano, preparación y mantenimiento del área de cultivo, el cuidado y la protección de los cultivos, y el aumento de valor a los productos (granos) llevados al mercado”* ENDEV, GIZ, IICA, 2019, p. 33. Identifica también costos superiores a los de las tecnologías basadas en energías convencionales, como motobombas y bombas eléctricas. El proyecto ha abarcado más de 27 mil asociaciones productivas y PyMEs de las cuales sólo 335 han escogido energías renovables como parte de su solución. Específicamente se encontraron 9 bombas eólicas para extracción de agua, mientras que, en la asistencia a la transformación o procesamiento, se identifican secadores solares.

En estos casos el diagnóstico específico que dará marco a los casos de estudio, arrojará información para indagar si dentro de los limitantes al despliegue de las renovables descentralizadas, se deben a prioridades de mayor jerarquía (aumento en la productividad o tecnificación) que la “sostenibilidad ambiental” de los emprendimientos. El recurso natural y el costo actual de la tecnología serían suficientes para que sea una alternativa viable a largo plazo en comparación con energías convencionales, interesa indagar la disponibilidad de un financiamiento adecuado.

Pasando al caso del potencial del recurso solar, el cual es el más ampliamente utilizado para el despliegue de sistemas descentralizados de generación de energía en la actualidad, Bolivia cuenta con un destacado recurso. De hecho, el potencial efectivo se encuentra rankeado 18 entre más de 200 regiones/países¹⁰ debido a una “combinación única de factores que no es encontrada en otras partes: condiciones de cielo despejado persistentes, aire limpio, baja temperatura del aire, y gran altitud, lo que causa que la atmósfera sea más delgada comparada con áreas a menor altitud”. Estas condiciones se dan en particular en el sector sudoeste, donde se encuentran ciudades como Potosí, Sucre, y Oruro. En otras zonas, como en las que se encuentran las principales urbes del país (La Paz y Santa Cruz de la Sierra), el potencial es menor, pero es más que aceptable para aprovechamientos solares.

⁹ Por ejemplo, el “Diagnóstico sobre la utilización de las energías renovables en las cadenas productivas agropecuarias en Bolivia”, ENDEV, GIZ, IICA, 2019.

¹⁰ ESMAP. 2020. Global Photovoltaic Power Potential by Country. Washington, DC: World Bank.

Lo anterior indica que, desde el punto de vista del recurso, no sólo no existe un impedimento o condicionamiento natural para el aprovechamiento de este potencial en SIERDs, sino que las condiciones son en la mayor parte del territorio buenas a excelentes.

El recurso eólico, por su parte, no es particularmente bueno en la mayor parte del país, aunque tiene buenas condiciones en algunos sectores, que han sido aprovechados para la instalación de parques eólicos de potencia.

La tecnología eólica de media y baja potencia, que podría ser utilizada para SIERDs ha perdido terreno frente a la solar fotovoltaica en las últimas dos décadas. Sin embargo, no puede ser descartada por completo ya que podrían existir nichos específicos o condiciones particulares en donde la eólica podría ser más conveniente que otras alternativas.

Los potenciales de los otros dos recursos que podrían ser aprovechados para Sistemas Inclusivos de Energías Renovables Descentralizados (SIERDs o ERDIS), la biomasa y la hidroelectricidad, han sido también caracterizados, con sus particularidades.

En el caso del potencial uso de la biomasa como energético, es posible abordarlo desde dos perspectivas. Por un lado, Bolivia cuenta con una importante superficie de su territorio cubierta por distintas clases de bosques, alguno de los cuales podrían ser sujetos a aprovechamientos sostenibles con una adecuada gestión. Si se observa la evolución global de la superficie boscosa boliviana, lo que ha ocurrido en las últimas décadas ha sido un proceso de deforestación de millones de hectáreas, pasando de 56,7 millones de hectáreas en 1990, a 55 millones en 2000 y 52,5 millones en 2010¹¹. Este proceso se explica principalmente por cambios en el uso de la tierra para generar tierras aptas para ganadería y agricultura, y obviamente no pueden catalogarse como sostenibles. Sin embargo, pone de relieve que existe un importante recurso, y que la adecuada gestión para aprovechamientos sostenibles del mismo podría no sólo poner a disposición un recurso energético renovable, sino también obturar procesos de deforestación. Este recurso podría incorporarse a SIERDs, siempre que sea mediante estrategias de uso moderno e inclusivo de la energía, tanto en lo que respecta a la obtención de la biomasa y su transformación en un producto energético, como en lo referido a la tecnología de uso (usos térmicos principalmente).

La otra forma de abordar el potencial energético de la biomasa en Bolivia es a partir del aprovechamiento de residuos de biomasa de plantaciones/cultivos, la cual ha sido en efecto utilizada para proyectos de generación de electricidad (con bagazo de caña, principalmente). Sin embargo, este tipo de sistema energético en general requiere de cierta escala mayor a lo que se plantea a priori para SIERDs, especialmente cuando se trata de generación de electricidad. La inclusión de residuos de cultivos dentro de una estrategia de despliegue de SIERDs debería ser evaluada eventualmente de manera homóloga a los aprovechamientos forestales: mediante estrategias de gestión del recurso y tecnologías modernas.

¹¹ Servicio Nacional de Áreas Protegidas, 2013. Deforestación y regeneración de bosques en Bolivia y en sus áreas protegidas nacionales para los periodos 1990-2000 y 2000-2010.

Finalmente, también ha sido caracterizado en forma aproximada el recurso hídrico para su uso en centrales de generación hidroeléctricas. El mismo da cuenta de un potencial asociado a sus cursos de agua permanentes que ha sido utilizado en centrales de media y alta potencia, y que también podría ser parte de las opciones contempladas dentro de una estrategia global de crecimiento de renovables distribuidas, ya que existe la tecnología de mini y micro-centrales hidroeléctricas compatible con dicha estrategia.

A continuación, se reproducen los mapas a los que se hizo referencia en este apartado.

Figura 18. Mapa de recurso solar en Bolivia en kWh/m².día. Fuente: Balance Energético 2006-2022, Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia.

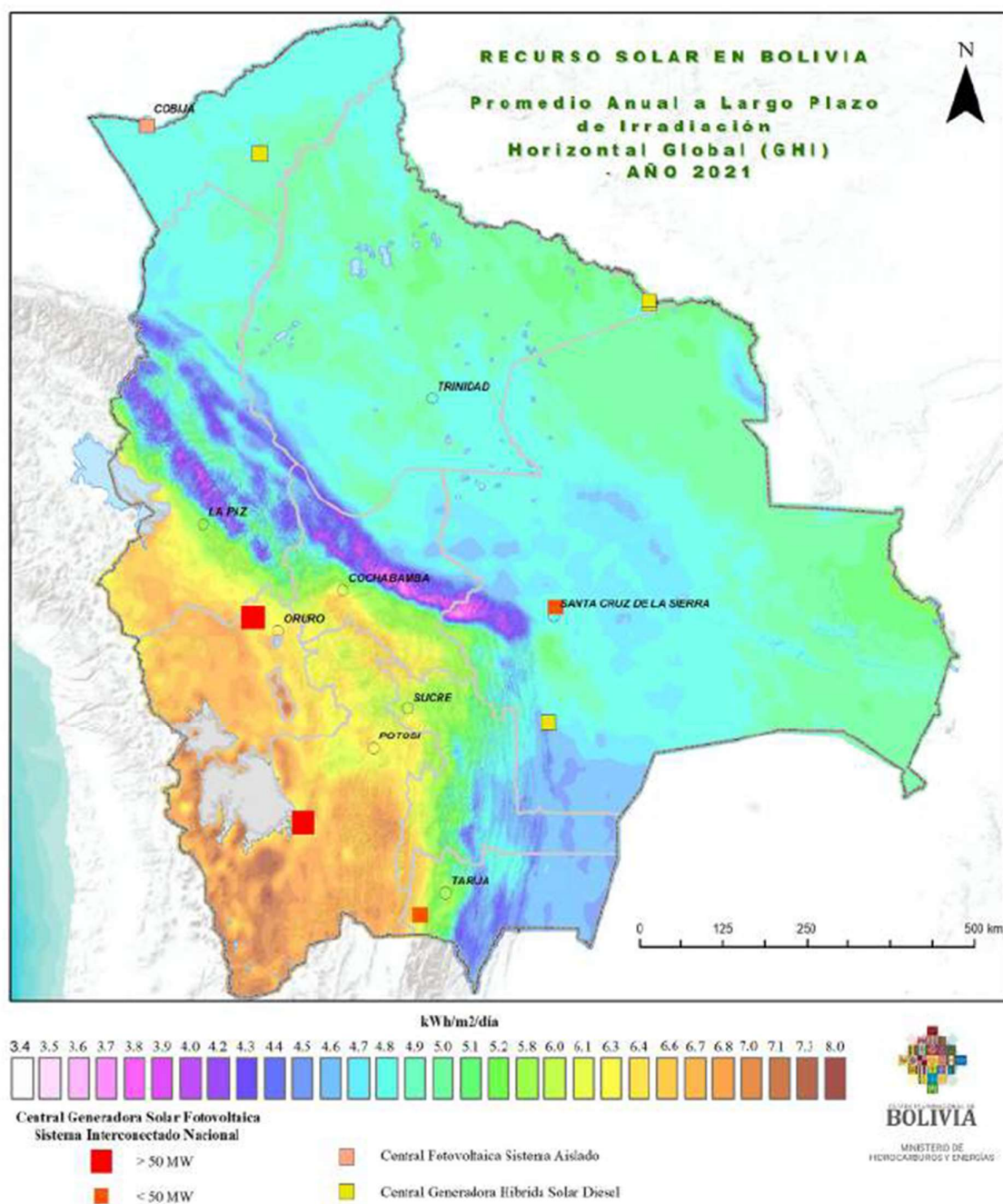


Figura 19. Mapa de recurso eólico en Bolivia expresada como velocidad media anual a 100m de altura, en m/s. Fuente: Balance Energético 2006-2022, Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia.

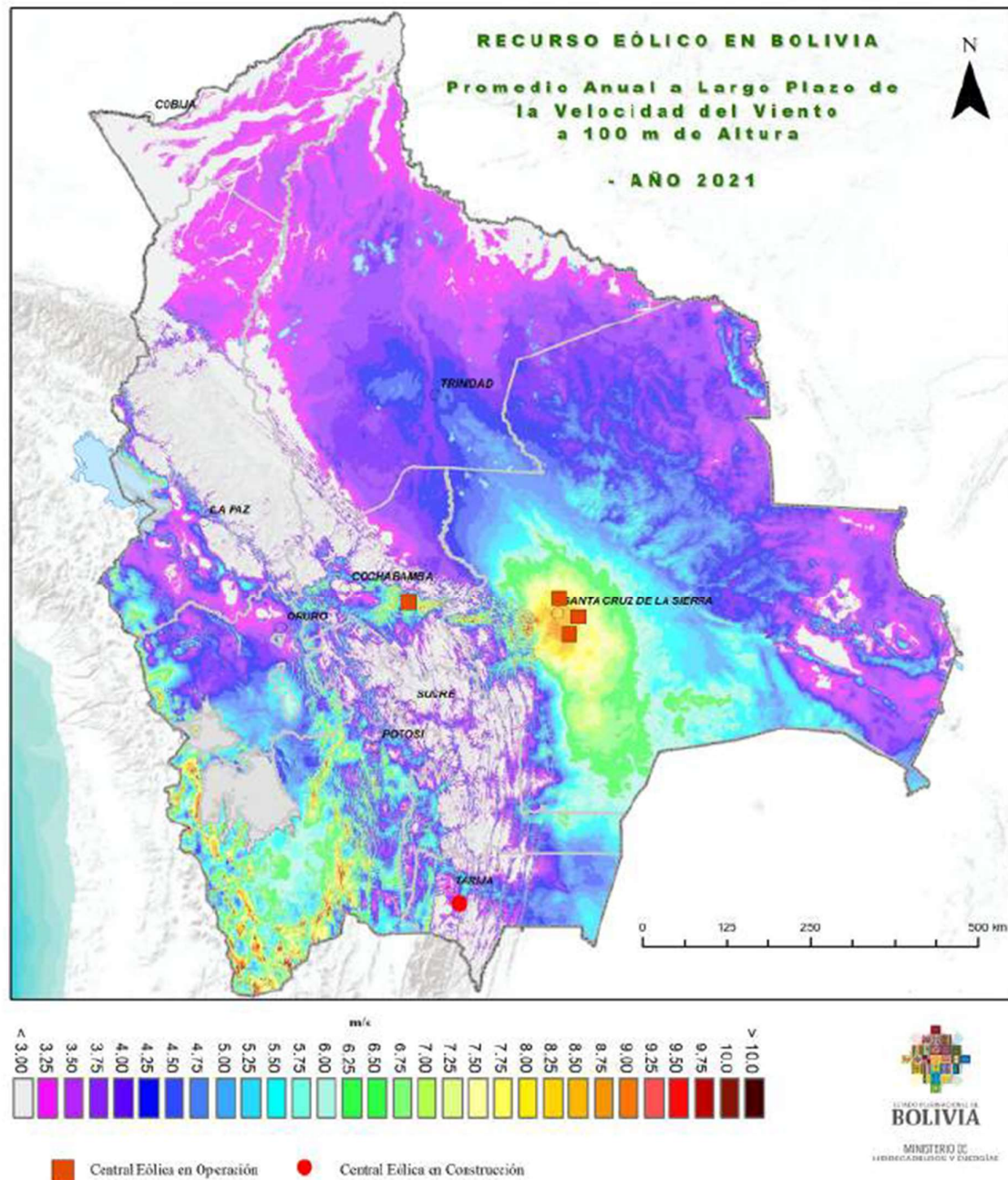


Figura 20. Mapa de potencial para aprovechamiento de biomasa en Bolivia. Fuente: Balance Energético 2006-2022, Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia.

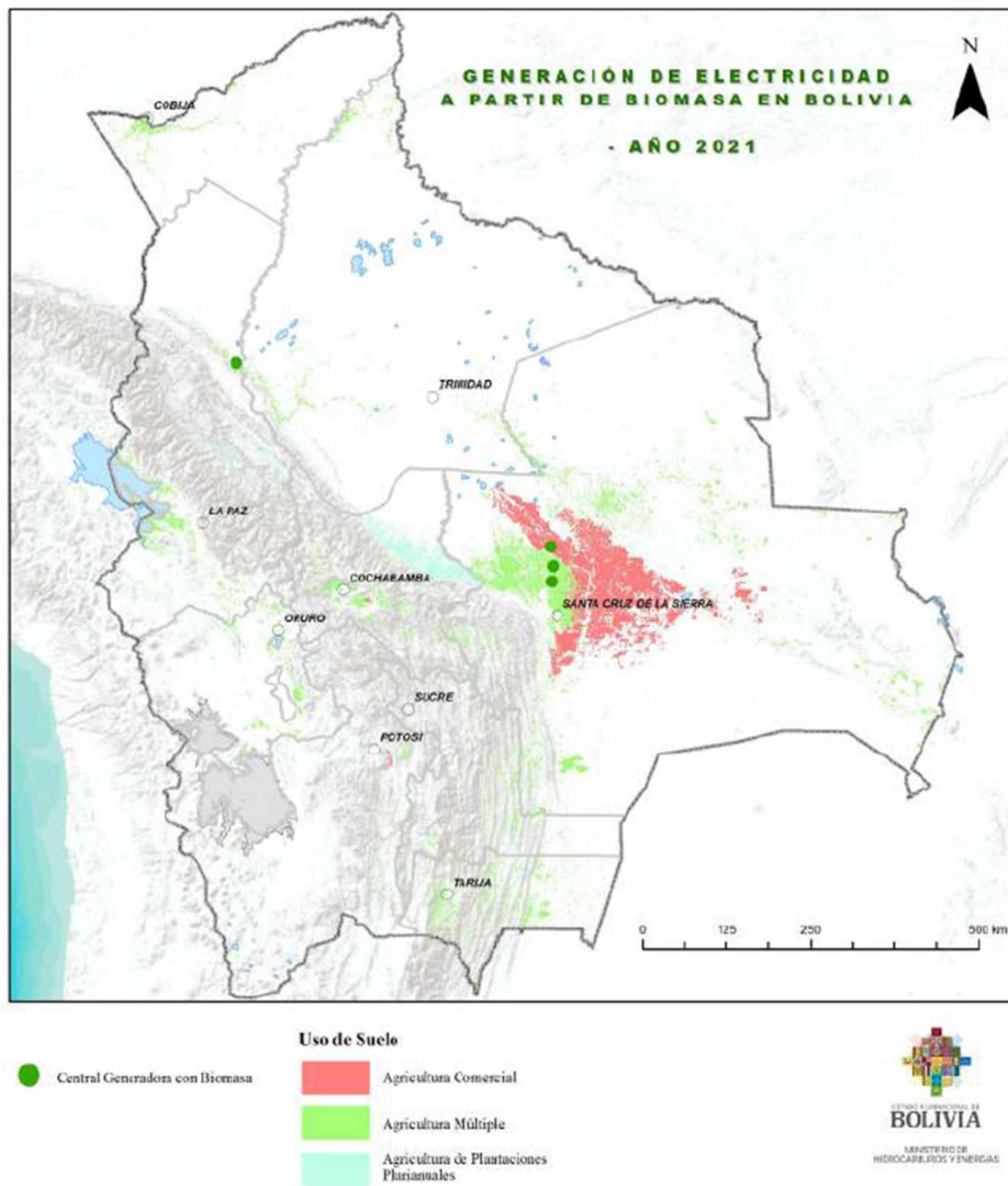


Figura 21. Mapa de deforestación en Bolivia y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, período 2000-2010. Fuente: Servicio Nacional de Áreas Protegidas, 2013. Deforestación y regeneración de bosques en Bolivia y en sus áreas protegidas nacionales para los periodos 1990-2000 y 2000-2010.

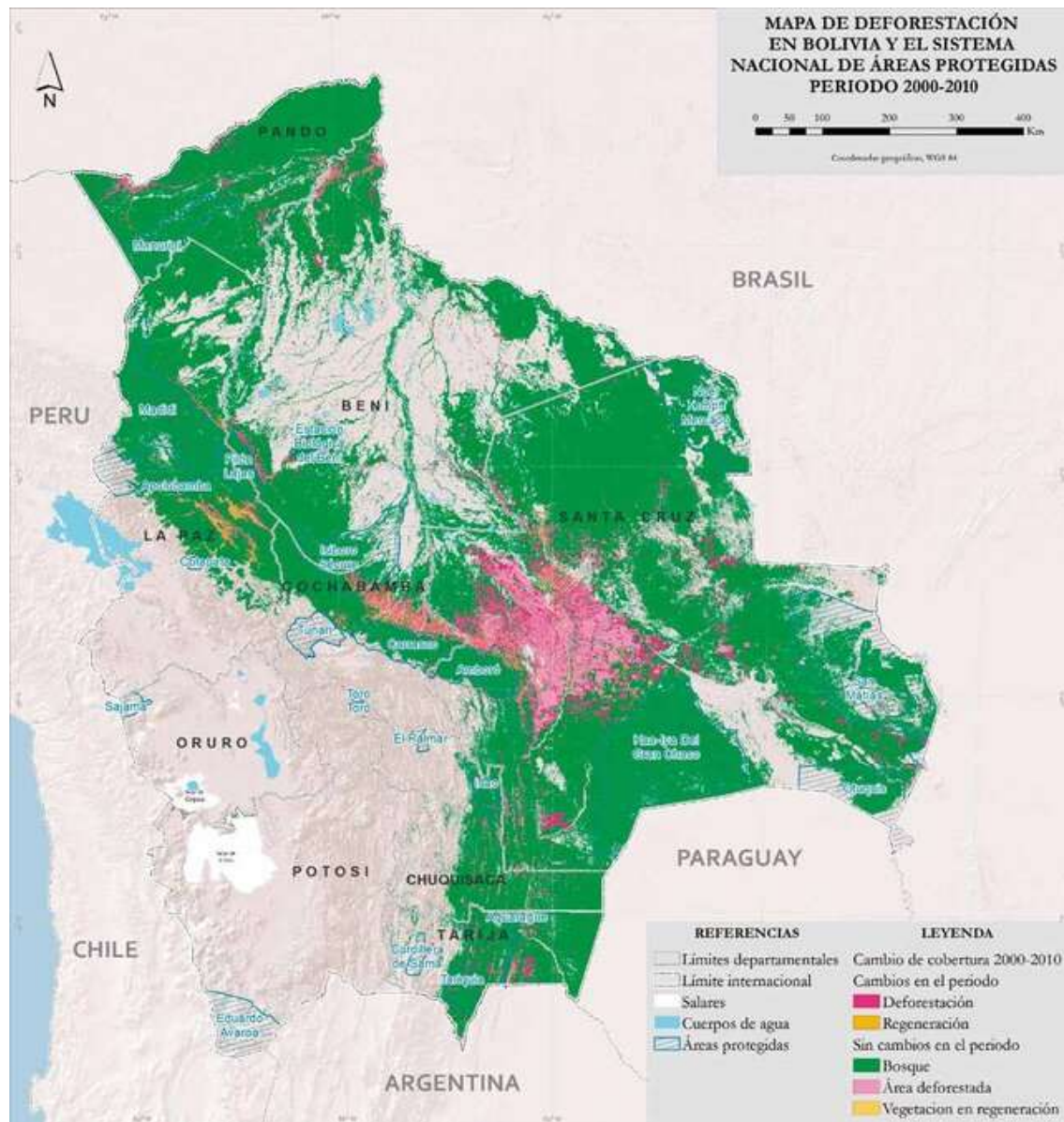


Figura 22. Mapa de potencial hidroeléctrico en Bolivia. Fuente: Balance Energético 2006-2022, Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia.

