

# DESAFÍOS PARA EL ACCESO UNIVERSAL A LA ENERGÍA LIMPIA EN CHILE

Paz Araya

Centro de Energía – Universidad de  
Chile



**fcfm**

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

# Visión

El acceso a la energía de calidad, que sea suficiente para un próspero desarrollo social y económico, y minimice impactos negativos en la sociedad y el medio ambiente, debe ser un componente fundamental de las políticas energéticas.

# Contexto

- La política **Energía 2050**, correspondiente a la primera política de largo plazo de Chile, establece como meta “Asegurar acceso universal y equitativo a servicios energéticos modernos, confiables y asequibles a toda la población”.
- **Objetivo nº 7** de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas: “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”, para lo que se propone “Asegurar acceso universal a servicios energéticos modernos, confiables y asequibles al 2030”.

# Objetivos

- Más allá de la accesibilidad energética
  - Sustentabilidad de la oferta y consumo energético,
  - Equidad en los precios de la energía y de los artefactos, y
  - Disponibilidad de tecnologías y recursos energéticos de calidad

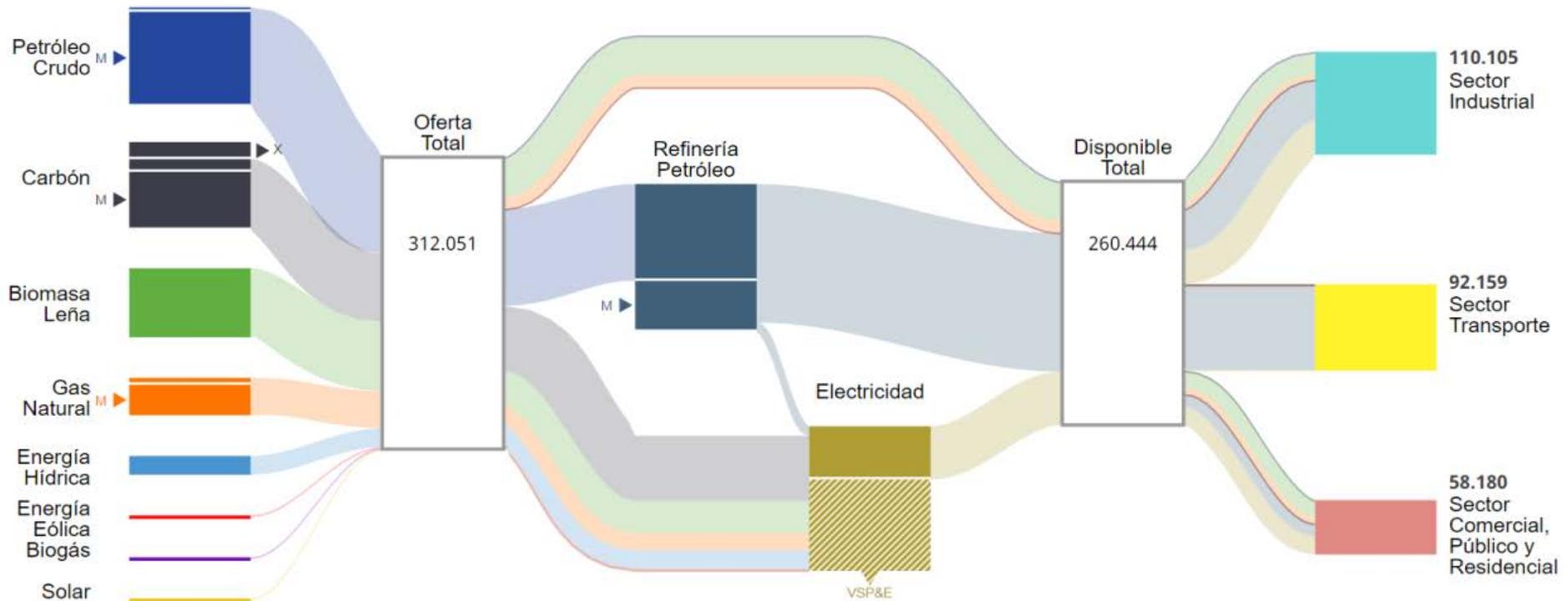
# El problema de acceso a la energía

- Los principales efectos de situaciones de falta de acceso, o acceso a energía carente de los atributos de sustentabilidad (equitativa, limpia, moderna, confiable, asequible), en la calidad de vida de las personas son:
  - Problemas de salud asociados a: falta de confort térmico por déficit de calefacción; y a presencia de contaminantes atmosféricos asociados a la quema de combustibles en malas condiciones (baja eficiencia de artefactos, combustibles con altas emisiones de contaminantes, problemas de ventilación y malas prácticas)
  - Endeudamiento, asociado a altos costos de los servicios energéticos.
  - Aislamiento social y geográfico.
  - Baja productividad de actividades económicas de pequeña escala que constituyen importantes ingresos en los hogares.

# Matriz energética chilena



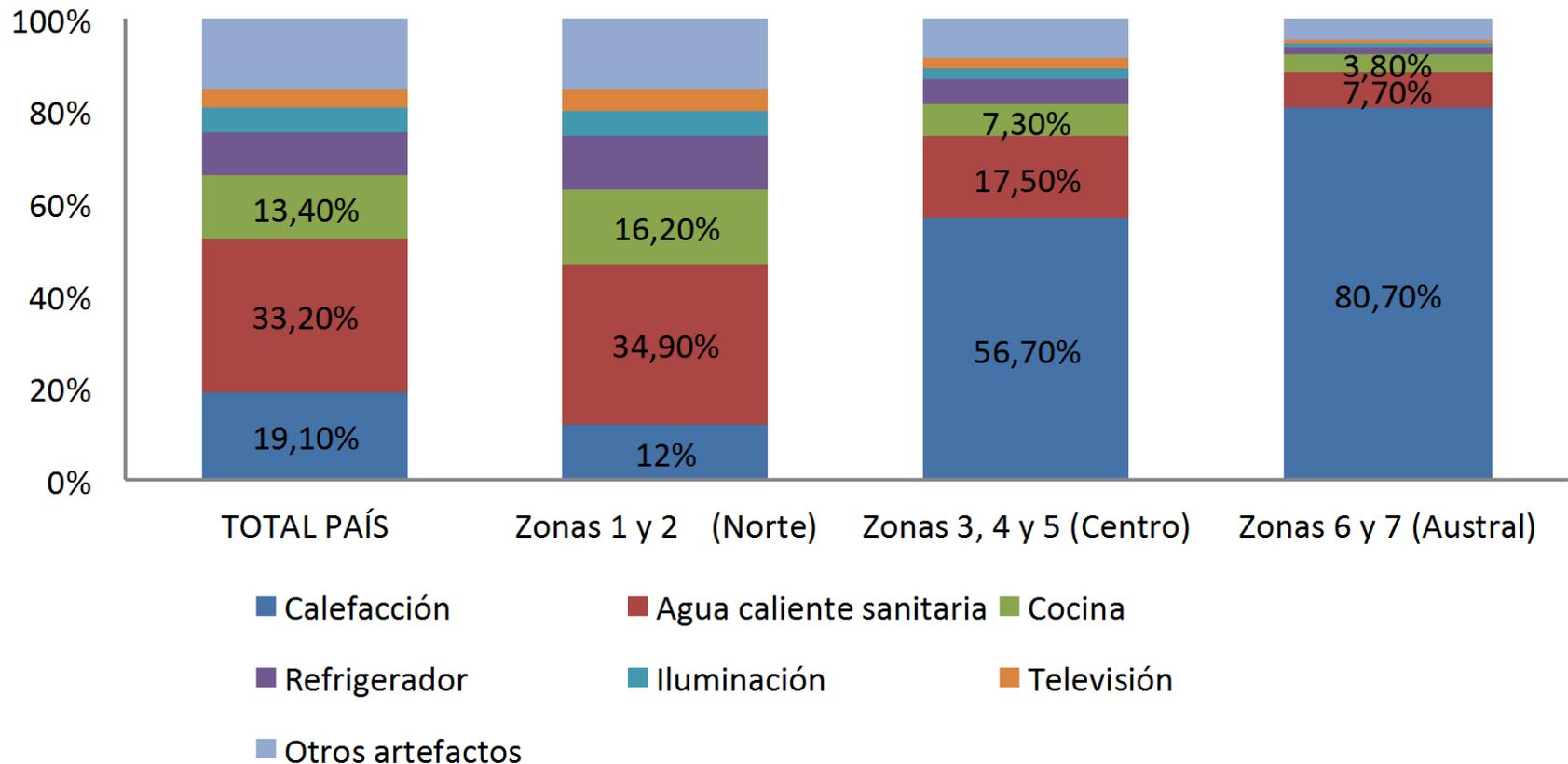
Todas las unidades están en TCal.



Balance Nacional de Energía de Chile.

Fuente: Ministerio de Energía. Disponible en <[energiaabierta.cne.cl](http://energiaabierta.cne.cl)>

# Uso de energía de la población en Chile



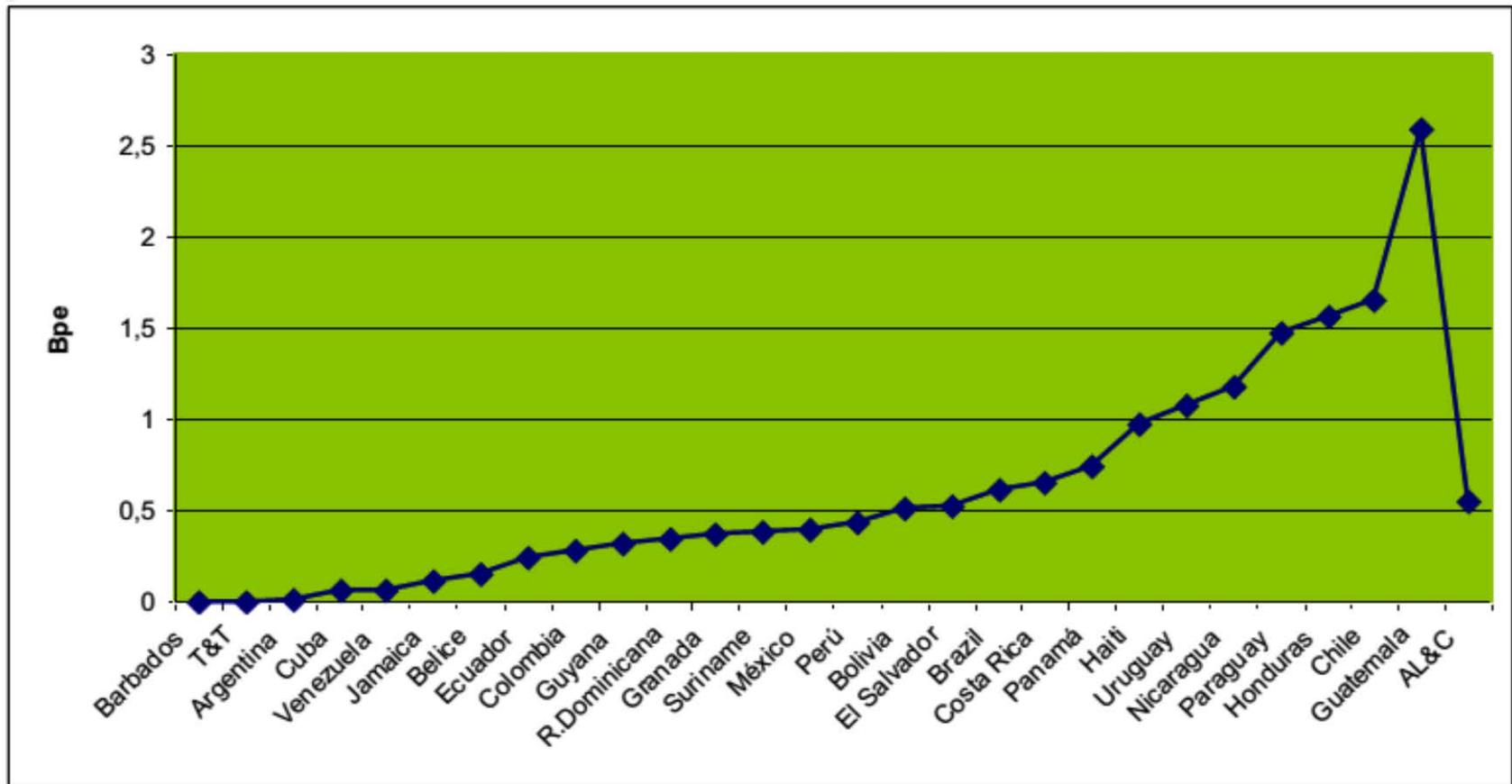
Distribución consumo de energía a nivel residencial por zonas térmicas.

Fuente: Elaboración propia en base a Corporación de Desarrollo Tecnológico.

# Diagnóstico del acceso a energía sustentable en Chile

- Elementos claves para la generación de un diagnóstico sobre el acceso:
  - (i) En relación al **consumo de energía eléctrica** el consumo actual se satisface con conexiones a una red eléctrica centralizada cuya energía proviene principalmente de Centrales a Carbón el cual, en su mayoría, es importado.
  - (ii) En relación al **consumo de combustibles**, en la zona centro y sur del país cobra gran relevancia el consumo de leña, representando una alta participación en la distribución de consumos de energía al interior de los hogares, debido a la necesidad de calefacción que es satisfecha principalmente con la combustión de leña en estufas individuales al interior de las viviendas.

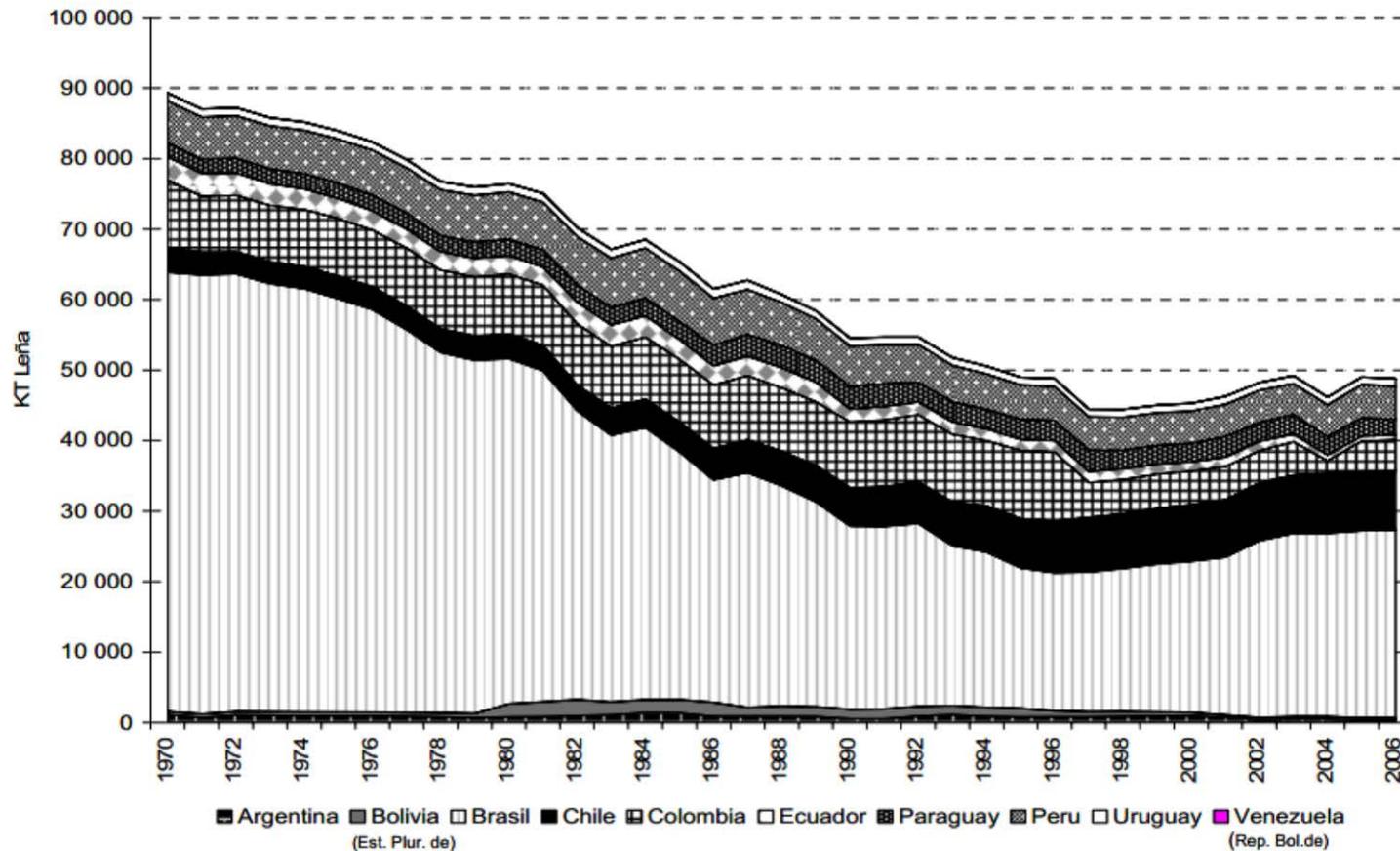
# Acceso a calefacción sustentable en Chile: contexto



Consumo de leña por habitante.

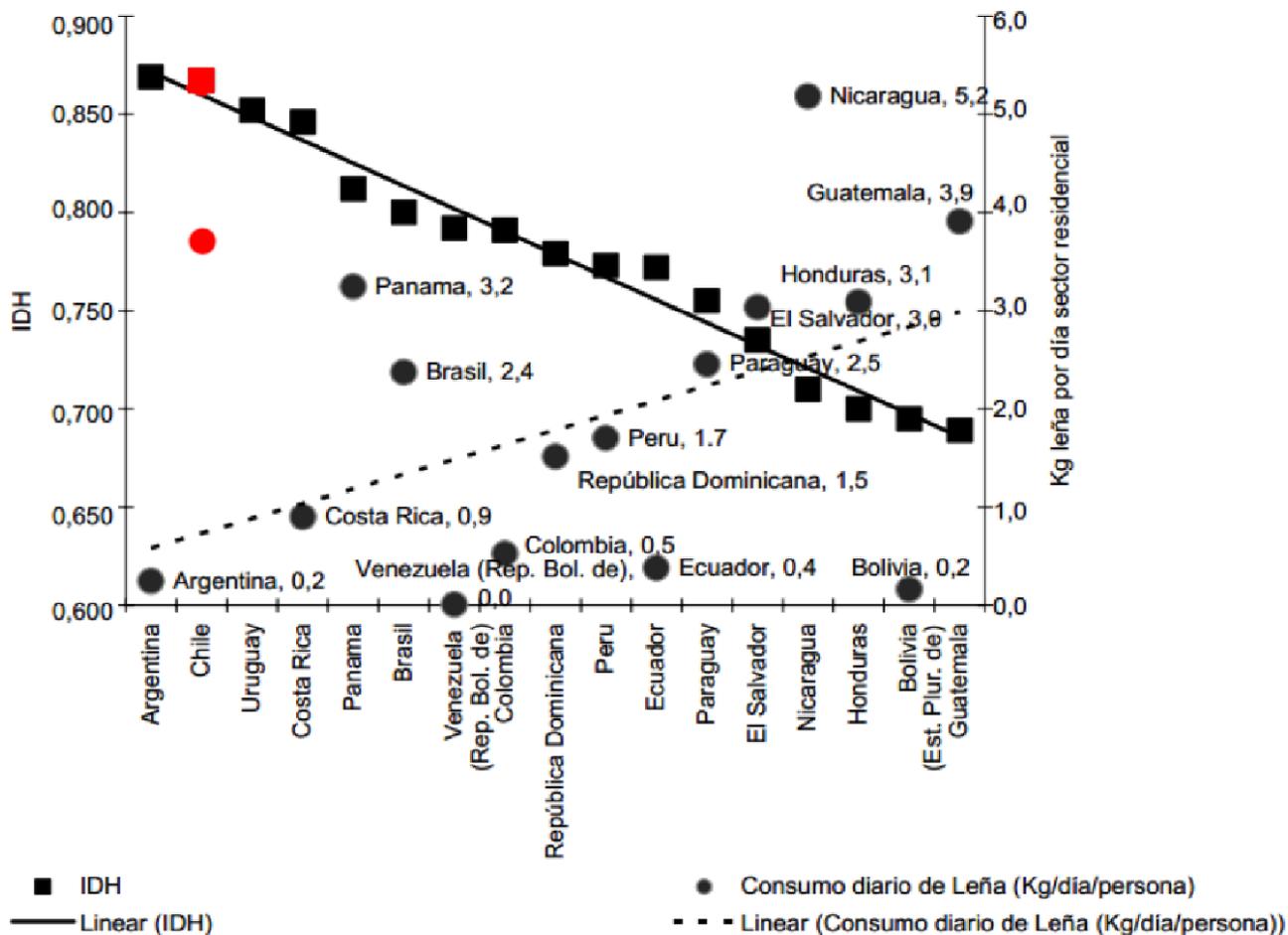
Fuente: Corporación Andina de Fomento, 2013.

# Acceso a calefacción sustentable en Chile: contexto



Consumo de leña en el sector residencial por países en América del Sur, período 1970 - 2006.  
Fuente: CEPAL 2013.

# Acceso a calefacción sustentable en Chile: contexto



Consumo residencial de leña por habitante rural e IDH.

Fuente CEPAL 2009, editado por el autor.

# Consumo de leña en Chile

- El consumo de leña en Chile no se asocia intrínsecamente a situaciones de pobreza, pues su consumo se encuentra presente en diversos estratos socioeconómicos de la población

**50%**

De los hogares de estratos socioeconómicos medios y bajos consumen leña para calefacción

**20%**

De los hogares de estratos socioeconómicos altos consumen leña para calefacción

**80%**

De los hogares de zonas rurales consumen leña para calefacción

**30%**

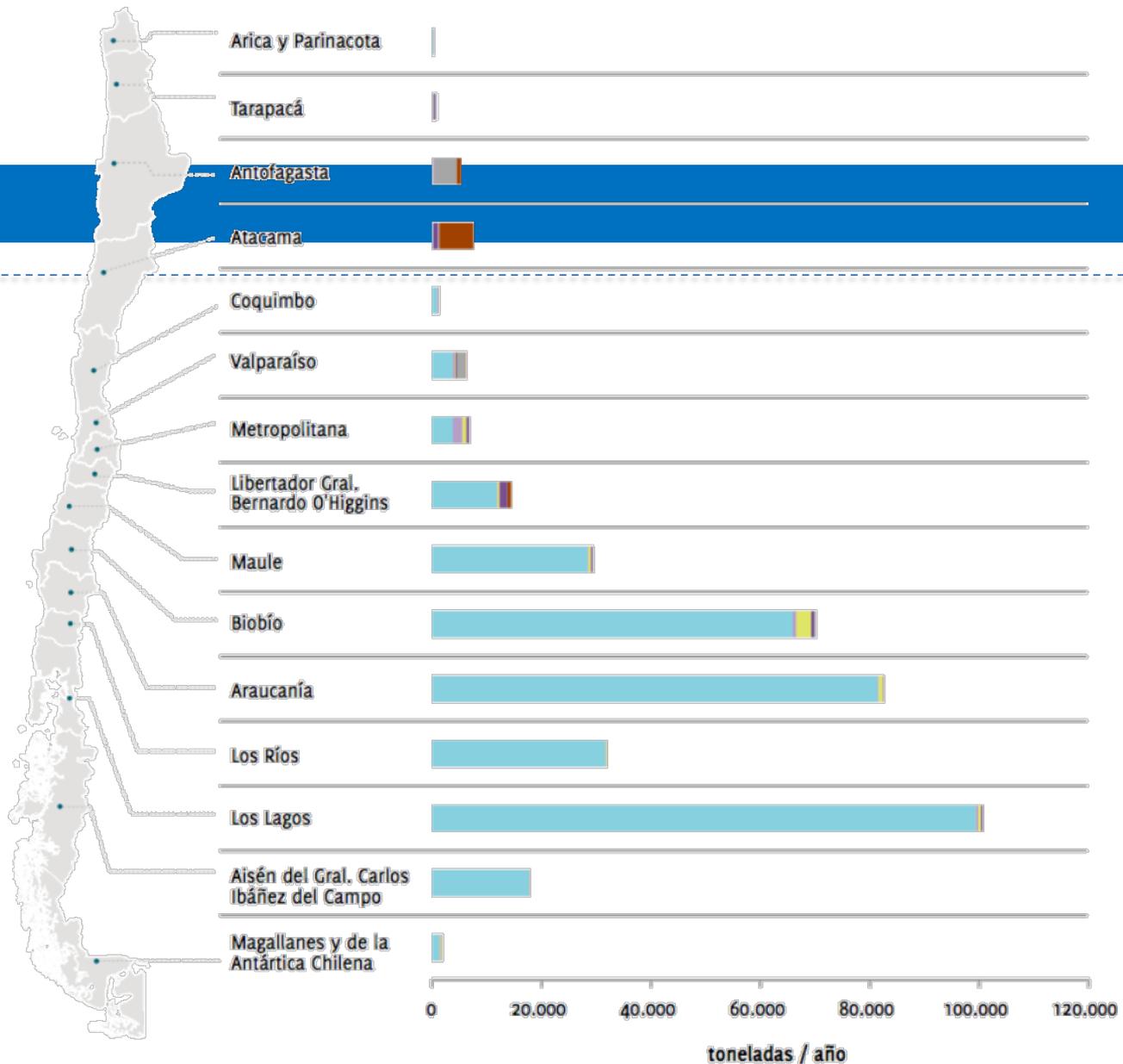
De los hogares de zonas urbanas consumen leña para calefacción

# Producción de leña en Chile

- A nivel internacional el uso de leña se asocia a características de pobreza debido a las condiciones de recolección por parte de mujeres y niños, situación que debilita las condiciones de bienestar de esta población.
- Sin embargo, esta situación no corresponde a los casos de Chile, pues la leña es extraída por pequeños productores madereros, para quienes su comercialización es una fuente de ingresos.
- Pese a lo anterior, los precios de venta de la leña tiene estrechos márgenes de ganancia para estos productores.

# El problema de acceso a calefacción en Chile

- Falta de confort térmico
  - Malas condiciones de las viviendas y costos de combustibles para calefacción
  - Más de un **60%** de la población de las zonas centro y sur del país tienen temperaturas **menores a 15°C** al interior de los hogares.
- Contaminación atmosférica
  - **4.070 personas mueren** al año por enfermedades cardiopulmonares relacionadas a los altos índices de contaminación atmosférica
  - **127.000 visitas anuales** que se realizan a salas de urgencia por episodios de bronquitis aguda en la población
  - La quema de leña para calefacción sería la principal causa (con **un 90% de los aportes**) de la contaminación por material particulado.



■ Leña   
 ■ Móviles   
 ■ Calderas   
 ■ Termoeléctricas   
 ■ Fundiciones Primarias y Secundarias   
 ■ Otros Procesos Industriales

Origen de la contaminación atmosférica. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente

# Sustentabilidad del uso de leña

- En Chile la oferta de leña del país proviene de bosque nativo y de plantaciones forestales
  - El año 2012 el **63%** de la madera utilizada con fines energéticos provino del **bosque nativo** y el **37%** de **plantaciones forestales** de eucalipto y pino.
  - De la leña proveniente de bosque nativo sólo un **19,6%** se produce bajo **planes de manejo forestal**.
- Pese a lo anterior, se considera que es posible satisfacer las necesidades energéticas de calefacción del país con bosque nativo en la medida que se maneje el recurso existente con planes de manejo, en efecto el consumo actual de leña representa un **21%** de la oferta de leña potencialmente aprovechable con planes de manejo.

# Aislamiento de la vivienda en Chile

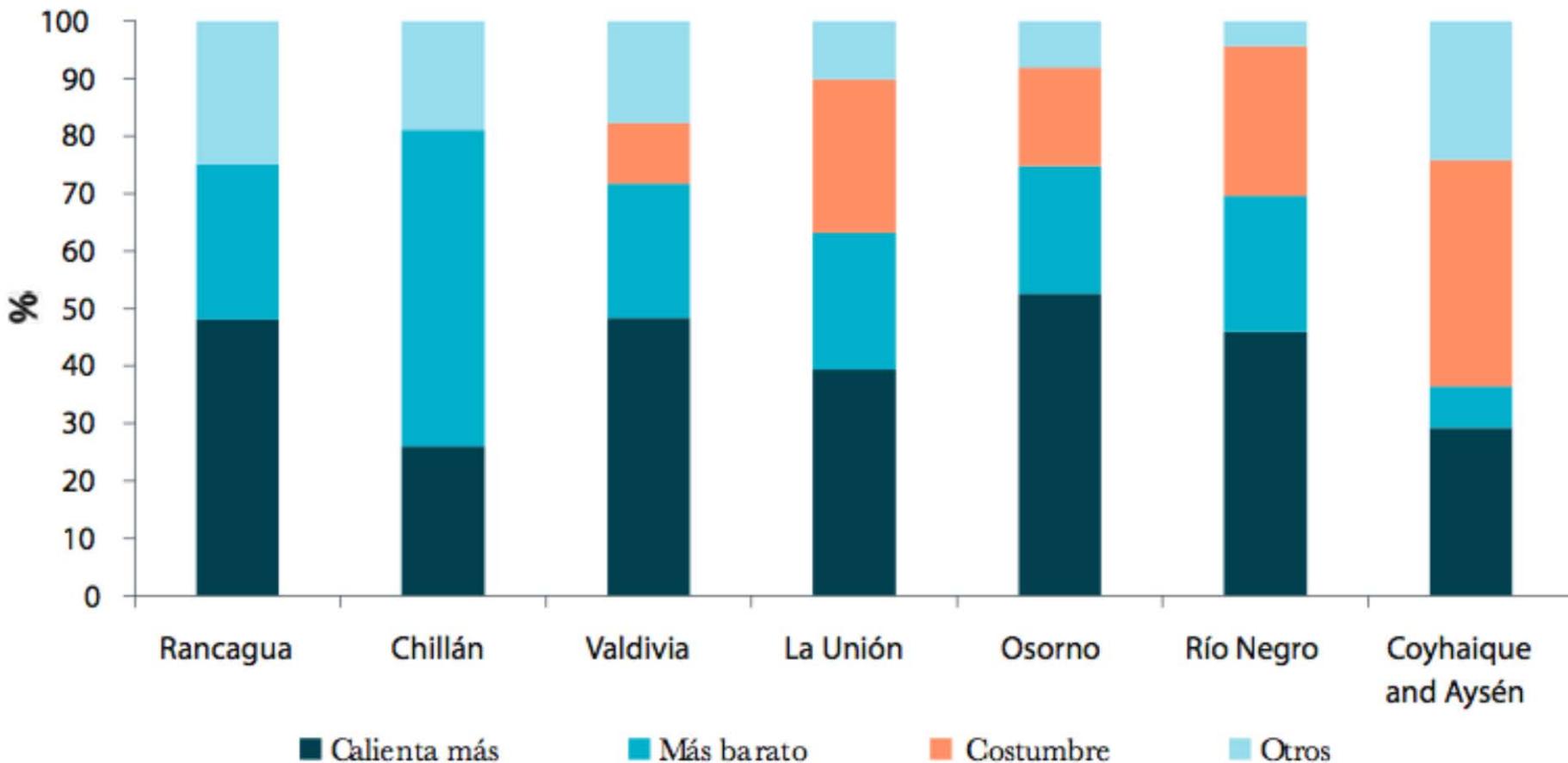
- En relación a las condiciones de aislamiento de las viviendas en Chile,
  - La primera reglamentación térmica se implementó el año **2000** (para techumbre) y fue posteriormente actualizada el año **2007** (incorporando pisos y muros), mejorando el nivel de las exigencias.
  - Antes de este período se han construido aproximadamente **3,5 millones de viviendas**, correspondientes a viviendas sin exigencias sobre su aislamiento.
  - Una vivienda construida antes del año 2000 puede tener demandas de calefacción de más del **doblo** respecto de las viviendas construidas posteriormente.
- A pesar de esto, la reglamentación aún es deficiente, ya que sólo considera la aislación térmica y sus exigencias no están adecuadamente adaptadas a las condiciones climáticas del país. La reglamentación no tiene exigencias en cuanto a infiltraciones de aire, humedad, condensación y ventilación. Condiciones fundamentales para mantener el confort ambiental interior y reducir la demanda energética en calefacción.

# Uso de leña húmeda

- La leña utilizada a nivel residencial en Chile se caracteriza por tener altos índices de humedad, análisis realizados en algunas ciudades muestran contenidos de humedad en base seca en el rango de **50% a 100%**, encontrándose la mitad de las muestras en rangos de 75% a 100%, valores mucho mayores a los normados en países como USA o Canadá que limitan al 25%.
- La humedad de la leña es un factor poco controlado debido a que el mercado de la leña es informal, que no cumple ningún tipo de legislación.
- A la fecha se han desarrollado programas de certificación de leña, que fomentan la comercialización de leña seca, sin embargo corresponde a una iniciativa de carácter privado que no se ha masificado entre los productores de leña.

# Mercado de la leña

- La informalidad del mercado de la leña explica en parte sus bajos precios, que junto a un aumento sostenido de los precios de combustibles fósiles, genera una preferencia de los consumidores por la leña.
- Comparando con alternativas, en promedio la leña tiene un costo 4 veces menor al de la parafina, 4,6 veces menor al del gas licuado y 5,3 veces menor al de la electricidad.
- La preferencia por la leña se justifica parcialmente por sus precios, donde además existen factores culturales que también determinan su uso masivo, tales como la costumbre o la percepción que la leña “calienta más”
- En relación a las costumbres, estudios señalan señala que la gente que vive en ciudades pequeñas mantiene hábitos y costumbres campesinas asociadas al uso de combustibles derivados de la madera.



Principales causas indicadas por consumidores para la combustión de leña en distintas ciudades de Chile.

Fuente: REYES 2012

# Desafío del acceso a calefacción sustentable en Chile

- Aprovechamiento energético del **recurso forestal** a través de la
- Combustión de **subproductos** de mejor eficiencia,
- En **artefactos** modernos,
- Con **proyectos a gran escala** a nivel comunitario que mejoran la eficiencia de las tecnologías y
- En viviendas de buenas condiciones de **aislamiento**, que permitan reducir la demanda en calefacción.

De esta forma “La energía de la madera, podría tener así un lugar importante en el bosque para uso múltiple, un modelo de manejo para la producción y cosecha combinada de madera, combustible y productos forestales no madereros, brindando una adecuada complementación con usos productivos de aquellos países, donde, por razones de ingresos y disponibilidad de oferta, los combustibles modernos no puedan reemplazar a la leña.”

## Acceso a electricidad sustentable en Chile: contexto

- Chile presenta altos índices de cobertura de electrificación y positivos impactos de los programas de electrificación rural, pues un **96,5%** de la población tiene acceso a energía eléctrica.
- Pese a lo anterior, hoy se enfrentan desafíos que permitan concretar mejoras con enfoque directo en la superación de la pobreza y mejora de la calidad de vida de comunidades rurales.

# Acceso a electricidad sustentable en Chile: desafíos

- En primer lugar, la población que no tiene hoy acceso a servicios energéticos, se caracteriza por pertenecer a comunidades geográficamente aisladas por diversas condiciones:
  - ubicación en zonas cordilleranas de difícil acceso,
  - ubicación en islas,
  - comunidades de viviendas dispersas.

Requiriéndose, en todos estos casos, la búsqueda de soluciones alternativas a la conexión a la red, que permitan cubrir necesidades básicas de la población involucrada. El año 2006 el Ministerio de Energía estima que **29.000** viviendas no podrían ser electrificadas mediante la extensión de la red debido a su extrema condición de aislamiento y dispersión.

# Acceso a electricidad sustentable en Chile: desafíos

- A la fecha los proyectos de electrificación rural han permitido ampliar la cobertura eléctrica en más de 220 mil viviendas en 20 años, lo que se ha logrado principalmente proyectos de extensión a la red eléctrica, sin embargo, sigue existiendo una presencia de autogeneración con diesel a nivel rural, lo que tiene mayores costos y necesidades de operación y mantenimiento y no consideran la integración técnica con el desarrollo social.
- Estadísticas muestran que las soluciones de energización rural con diesel tienen una vida útil promedio de 3 años, tras lo cual deben ser reemplazados.
- A través de diversos documentos es posible reconocer la idea que la participación de la comunidad en la mantención y operación de los sistemas permitiría dar mayor sustentabilidad en el tiempo a este tipo de proyectos a través de la apropiación de las tecnologías.

# Acceso a electricidad sustentable en Chile: desafíos

- El año 2013, a través de una encuesta, se identificaron 79 locaciones aisladas con el potencial para desarrollar soluciones de electrificación rural a través de microredes, acorde a los siguientes criterios:
  - (i) número de viviendas que electrificar;
  - (ii) índice de desarrollo humano;
  - (iii) patrones de migración; y
  - (iv) previa existencia de un proyecto de electrificación.

La mayoría de estos proyectos se encuentra en la zona norte del país.

# Acceso a Energía Sustentable, Desafíos

- Acceso a subproductos limpios y modernos del recurso forestal:
  - Se necesitan combustibles para calefaccionar las viviendas, y la biomasa es la principal opción, dadas las características antes mencionadas, sin embargo no es sustentable seguir quemando leña en las condiciones actuales, dados los efectos negativos en la salud de las personas.
  - Existen alternativas para esto, el desarrollo de subproductos de la biomasa, tales como pellets y chips, que permiten aprovechar de forma más eficiente el contenido energético de la madera, generando en consecuencia menores emisiones (hasta 10 veces menores que estufas utilizadas en Chile).
  - Este tipo de subproductos puede eventualmente tener un precio mayor que el pagado hoy por la leña, sin embargo si se considera la internalización de externalidades negativas asociadas a los problemas de salud, se obtiene un importante beneficios social, siendo desde el punto de vista social una solución costo efectiva.

# Acceso a Energía Sustentable, Desafíos

- Acceso a viviendas de baja demanda térmica:
  - antes de promover cambios en la fuente de energía utilizada para calefacción, se debe trabajar en la reducción de la demanda, pues de esta forma se genera una menor presión sobre el requerimiento de recursos energéticos y sus efectos.
  - Estudios demuestran que la sola mejora de la aislación de las viviendas puede reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos en valores cercanos al 30%.
  - El trabajo debe enfocarse tanto en la mejora de la aislación térmica de viviendas existentes como en la mejora de la reglamentación térmica para nuevas viviendas.

# Acceso a Energía Sustentable, Desafíos

- Acceso a tecnologías eficientes para la calefacción:
  - Es necesario generar una transición en la forma de calefaccionar las viviendas, esta transición comienza por la mejora de la calidad de la leña y reducción de la demanda térmica de las viviendas, para finalmente generar un cambio a nivel de tecnologías, pasando desde la combustión individual al interior de las viviendas, a sistemas de calefacción distrital que permitirían mejorar la eficiencia de los sistemas y aportar a la reducción de sus efectos en la salud de las personas.
  - Un estudio demuestra que la reducción en casos de mortalidad puede ser de al menos 4500 en un período de 30 años en las ciudades declaradas saturadas.

# Acceso a Energía Sustentable, Desafíos

- Acceso en zonas aisladas a proyectos de electrificación con energías renovables:
  - Chile posee un gran potencial para el desarrollo de energías renovables, particularmente de energía solar, y sin embargo, parte importante de las soluciones de electrificación para zonas aisladas han sido cubiertas a través de la generación con diesel.
  - En este sentido, se debe reforzar la implementación de soluciones energéticas con energías renovables en zonas aisladas, a través de metodologías de trabajo que promuevan la apropiación de las soluciones energéticas por parte de las comunidades que los sustentan.



- El creciente interés por proyectos de iniciativas sociales para la energización de zonas aisladas conlleva tanto la oportunidad de financiar el desarrollo tecnologías que impactan positivamente en la calidad de vida de las comunidades involucradas, como el riesgo de falla del proyecto por falta de financiamiento para el mantenimiento y seguimiento de las soluciones, y el bajo involucramiento de la comunidad que permita dar continuidad a los proyectos.

# El Centro de Energía y metodología de co-construcción

- Desde su creación el año 2009, el Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, ha trabajado en el desarrollo de soluciones energéticas para zonas aisladas explorando metodologías de trabajo conjunto con la comunidad en la cual se desarrollan los proyectos (co-construcción), con el objetivo de dar sustentabilidad en el tiempo a las soluciones tecnológicas.
- Esta metodología promueve la integración temprana de la comunidad en el diseño, implementación, operación y evaluación de las iniciativas, facilitando la participación activa en todas las decisiones relevantes del proyecto.

# El Centro de Energía y metodología de co-construcción



- Dentro de los principios que sostienen la co-construcción de soluciones energéticas se señala:
  - el reconocimiento al conocimiento y dinámica local, valorando el saber como un elemento identitario;
  - dirección del proyecto a cargo de un equipo transdisciplinario que facilite el diálogo entre el conocimiento técnico-científico y los saberes locales;
  - involucramiento de actores relevantes de la comunidad local en la participación en todas las etapas del proyecto;
  - apropiación tecnológica por parte de la comunidad que de viabilidad a cambios en el largo plazo;
  - capacitación con enfoque constructivista que facilite la toma de decisiones informada por parte de la comunidad.
- Y las características principales de este sistema es que contempla un diseño de proyectos flexible y participativo, una gestión comunitaria del territorio que defina estructuras organizacionales resilientes para asegurar prácticas adecuadas de mantenimiento y operación.
- El propósito de esta aproximación es que el producto elaborado se ajuste a las realidades locales, acorde a sus atributos culturales, sociales, ambientales y económicos.

# El Centro de Energía y metodología de co-construcción

- Diversos proyectos realizados a la fecha desde el Centro de Energía han permitido implementar y enriquecer la metodología de trabajo desarrollada.
- Una valiosa experiencia corresponde a la llevada a cabo en Huatacondo, una comunidad aislada habitada por cerca de 30 familias en la zona norte del país. Huatacondo contaba con una red eléctrica aislada en base a un generador diésel que operaba 10 horas por día.
- El proyecto consistió en la instalación de una microred que aprovecha el abundante recurso de energía renovable (solar y eólica) para proveer electricidad de forma continua.
- El proyecto consideró además el diseño de componentes de gestión de demanda que se hicieran cargo de fluctuaciones en la generación, minimizaran el uso de diésel de respaldo, optimizara el uso de baterías, determinara la operación del bombeo de agua y enviara señales a los consumidores para fomentar cambios conductuales.
- El proyecto se desarrolló en etapas que permitieran asegurar sustentabilidad en el tiempo: formación de confianzas, trabajo conjunto con la comunidad en la definición de un modelo de gestión, aseguramiento de la sustentabilidad en el tiempo.

# El Centro de Energía y metodología de co-construcción



Acorde a evaluaciones realizadas en la comunidad, el proyecto tuvo impactos positivos en el ambiente, en las actividades productivas y presenta una percepción positiva por parte de la comunidad.