



# RedPE

## **Vulnerabilidad Energética Territorial: Desigualdad más allá del hogar**

Noviembre, 2020

**RedPE**  
Red de Pobreza Energética

[www.pobrezaenergetica.cl](http://www.pobrezaenergetica.cl)

# Red PE



# CONTENIDO

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción</b>                                                                  | <b>6</b>  |
| <b>2. HACIA UN CONCEPTO DE VULNERABILIDAD ENERGÉTICA TERRITORIAL (VET)</b>              | <b>10</b> |
| 2.1 Sistema territorial                                                                 | 10        |
| 2.2 Sistema sociotécnico de energía                                                     | 12        |
| 2.3 Vulnerabilidad: sensibilidad y resiliencia                                          | 14        |
| 2.4 Vulnerabilidad energética territorial                                               | 17        |
| <b>3. MARCO METODOLÓGICO PARA CARACTERIZAR LA VULNERABILIDAD ENERGÉTICA TERRITORIAL</b> | <b>20</b> |
| 3.1. Pobreza energética: brechas en el acceso equitativo a energía de calidad           | 21        |
| 3.2. Amenazas y componentes expuestos en el sistema sociotécnico de energía (SSTE)      | 22        |
| 3.3. Características de sensibilidad del sistema sociotécnico de energía                | 25        |
| 3.4. Resiliencia del sistema sociotécnico de energía                                    | 28        |
| <b>4. Conclusiones</b>                                                                  | <b>38</b> |
| <b>5. Referencias</b>                                                                   | <b>39</b> |

### Índice de Figuras

|                    |                                                                                           |    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura N°1:</b> | Territorio como relación entre sistemas socioculturales, sociotécnicos y socioecológicos. | 12 |
| <b>Figura N°2:</b> | Componentes del sistema sociotécnico de energía y su entorno relevante.                   | 14 |
| <b>Figura N°3:</b> | Resumen de las dimensiones e impactos de la Vulnerabilidad Energética Territorial.        | 18 |
| <b>Figura N°4:</b> | Esquema de amenazas y exposición del SSTE.                                                | 24 |
| <b>Figura N°5:</b> | Dimensiones de sensibilidad propuestas.                                                   | 28 |

---

### Índice de Tablas

|                   |                                                            |    |
|-------------------|------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla N°1:</b> | Dimensiones de la resiliencia.                             | 17 |
| <b>Tabla N°2:</b> | Resumen de propuesta de indicadores de flexibilidad.       | 29 |
| <b>Tabla N°3:</b> | Resumen de propuesta de indicadores de memoria.            | 32 |
| <b>Tabla N°4:</b> | Resumen de propuesta de indicadores de autotransformación. | 34 |

## 1

## INTRODUCCIÓN

La energía es uno de los recursos fundamentales para el desarrollo económico y humano de las personas y de las sociedades contemporáneas. Por un lado, el acceso a una energía de calidad tiene consecuencias en el acceso a educación, empleabilidad, alimentación e incluso en la salud de las personas (Liddell & Morris, 2010; Nadimi & Tokimatsu, 2018; Robić & Ančić, 2018; Thomson, Snell & Bouzarovski, 2017). Por otro lado, un sistema energético estable y de calidad habilita el desarrollo económico al permitir la implementación de tecnologías modernas de producción, ampliar el uso de tecnologías de información y comunicación, entre otros (Bhatia & Angelou, 2015; Naciones Unidas, 2018; Practical Action, 2017).

En la actualidad, los sistemas energéticos se encuentran tensionados por dos fenómenos paralelos y relacionados entre sí, sobre todo en los países en vías al desarrollo: el cambio climático y la necesidad de una transición energética. En primer lugar, el cambio climático ha puesto en evidencia los efectos negativos de una matriz energética basada mayoritariamente en combustibles fósiles, debido a los efectos de sus altas emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). A nivel global, la generación de energía contribuye con un 30% de las emisiones totales de GEI, mientras que el sector energético contribuye un 73% de las emisiones totales (incluyendo transporte, electricidad y calefacción, edificios, manufacturas y construcción, emisiones fugitivas y combustión de otros combustibles)<sup>1</sup>. Por lo tanto, la matriz de generación de energía debiese transitar hacia la descarbonización en las siguientes décadas si se desea mantener el calentamiento global por bajo los 1.5°C y adaptarse a los límites planetarios (Falk et al., 2019; IPCC, 2019a; Rockström et al., 2009). Esta radical transformación debiese ser capaz, al mismo tiempo, de asegurar un suministro energético adecuado al desarrollo económico y humano, adaptándose a las nuevas

1- Para mayor detalle véase: [https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=percentage&end\\_year=2016&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=percentage&end_year=2016&start_year=1990)

condiciones climáticas y tecnológicas, necesarias para la transición a una matriz energética renovable.

En segundo lugar, a medida que los países en desarrollo alcancen mejores estándares de vida para la población y se mantengan las mismas condiciones tecnológicas, el consumo de energía per cápita debería aumentar, lo que incentiva el crecimiento de la generación de energía a nivel nacional y/o regional (Bhatia & Angelou, 2015; International Energy Agency, 2018). Debido a las presiones internacionales por reducir el uso de combustibles fósiles en las matrices energéticas nacionales, estos países deben equilibrar el crecimiento de su matriz, implementando medidas de eficiencia energética y en pro de la transición hacia energías renovables, para asegurar el acceso equitativo de la población a energía limpia y de alta calidad (Falk et al., 2019; World Bank et al., 2018). Esta transición energética también debería ocurrir en los países desarrollados, al reorientar su producción de energía y aumentar la eficiencia de su utilización. Así, por un lado, se espera que los sistemas energéticos entreguen sus servicios de una manera más eficiente, estable y resiliente y, por otro lado, se adecúen a las transformaciones necesarias para un modelo de desarrollo sostenible (Falk et al., 2019; IPCC, 2019a).

Este conjunto de desafíos se conoce como el trilema energético, es decir, el desafío de contar con una seguridad energética en el suministro, una transición energética que asegure una relación sustentable con el entorno planetario y una disminución de la pobreza energética asegurando el acceso equitativo a la energía (World Energy Council, 2019).

La literatura sobre **seguridad energética** es bastante diversa y permite una mirada en la estabilidad del suministro energético a nivel nacional, con un énfasis en el suministro de petróleo en los primeros estudios en esta área (Ang et al., 2015; Månsson et al., 2014; Proskuryakova, 2018; Sovacool & Hess, 2017; Sovacool & Mukherjee, 2011). Aun cuando la literatura reciente ha intentado integrar dentro de este concepto las dimensiones de sustentabilidad y acceso equitativo (Ang et al., 2015; Radovanović et al., 2018; Sovacool & Mukherjee, 2011; Winzer, 2012), la seguridad energética sigue siendo un concepto polisémico y estas dimensiones se han abordado de mejor forma en la literatura sobre transición y pobreza energética, respectivamente.

En la literatura sobre **transición energética** se combinan aportes de investigación sobre emisiones de Gases de Efecto Invernadero y trayectorias de transformación tecnológica e institucional (Falk et al., 2019; Geels et al., 2017; IPCC, 2019a; Moss et al., 2010), destacándose la importancia de diversos factores como los sistemas y procesos de innovación, la transformación del régimen sociotécnico, desarrollo de nichos, aprendizaje social, entre otros, para el cambio hacia una matriz energética más sustentable (Bridge et al., 2013; Geels, 2004, 2010; Geels et al., 2017; Walker et al., 2004; Walker et al., 2008). Por lo tanto, el objetivo de esta literatura es describir y proponer mecanismos y procesos para la transformación de una matriz energética que actualmente afecta de forma significativa al medio ambiente.

Finalmente, tras el concepto de **pobreza energética** existe también una diversa comunidad científica y de políticas públicas. En ella es posible encontrar propuestas de definición centradas en el gasto energético y otras en la accesibilidad a fuentes energéticas modernas, quedando la calidad del servicio energético en un puesto secundario de la discusión (Culver, 2017; Rademaekers et al., 2014; Tirado, 2017; Urquiza, Amigo, Billi, Calvo et al., 2019). Un rasgo compartido por estos enfoques es la centralidad del hogar como unidad de análisis

para identificar las brechas o barreras en el acceso a energía, lo que limita sus aportes a una reflexión holística sobre el sistema energético.

Para comprender de mejor manera los desafíos, brechas y vulnerabilidades que enfrenta el sistema de energía en el escenario actual se requiere integrar los aportes de estas tres tradiciones conceptuales. El objetivo de este documento es proponer un marco analítico, que permita analizar la vulnerabilidad de los sistemas energéticos frente a las tensiones que define el trilema energético y las amenazas derivadas del cambio climático. Integrar elementos presentes en la literatura científica del riesgo, pobreza energética, seguridad energética y transición sociotécnica nos permite comprender de qué forma los componentes y estructuras de un sistema energético, por un lado, son vulnerables a disrupciones externas derivadas, por ejemplo, del cambio climático y la transición energética y, por otro, tienen impactos sobre el acceso, la equidad y la calidad del servicio energético en un territorio.

Para alcanzar los objetivos propuestos, en la segunda sección de este documento se definen e ilustran tres conceptos relevantes para el desarrollo del marco analítico propuesto: territorio, vulnerabilidad y sistema sociotécnico. A partir de la conjunción de estos tres conceptos se propone el concepto de **Vulnerabilidad Energética Territorial (VET)**, entendida como la propensión de un territorio a no garantizar el acceso equitativo – en cantidad y calidad – a servicios energéticos resilientes que permitan el desarrollo humano y económico sostenible de su población. Es decir, una mayor probabilidad de existencia de brechas de acceso o inequidad en los servicios energéticos de calidad; o bien, de significativos impactos derivados de riesgos siconaturales que lo hacen incapaz de garantizar una provisión sostenible y resiliente de estos servicios. 



## 2

# HACIA UN CONCEPTO DE VULNERABILIDAD ENERGÉTICA TERRITORIAL (VET)

---

10

---

El marco analítico acá propuesto se basa en la comprensión de tres fenómenos. En primer lugar, una concepción de **sistema territorial** que permita observar el fenómeno en distintas escalas temporales y espaciales, considerando la interrelación entre sistemas socioculturales, ecológicos y técnicos. En segundo lugar, el concepto de **vulnerabilidad** de un sistema complejo frente a una amenaza de su entorno. Finalmente, la comprensión del sistema energético como un **sistema sociotécnico**. Estos tres elementos se expondrán en las siguientes secciones.

### 2.1 Sistema territorial

Para ampliar la escala de observación del fenómeno de acceso equitativo a energía de calidad en el hogar, podemos utilizar el concepto de territorio como una plataforma desde la cual avanzar en esta problematización. Desde las ciencias sociales, puede comprenderse un **territorio** como un conjunto de relaciones, procesos y dinámicas sociales producto de las comunicaciones de la sociedad situadas en un tiempo y un espacio. De esta forma, el territorio se entiende como “condensaciones potenciales de sentido que perduran en el tiempo, que permiten activar en cualquier momento las formas como conexiones comprensibles sobre nuestra existencia” (Urquieta et al., 2017, p. 148).

Así definido, el concepto de territorio parece lo suficientemente flexible para permitir múltiples observaciones (desde distintos puntos de vista) sobre un mismo espacio; es decir, es posible construir distintos territorios en un mismo espacio a partir de la tematización

económica, religiosa, tecnológica, política, científica, etc. que se haga sobre él. Por ejemplo, cuando nos referimos a la Patagonia, podemos definirla en términos climáticos, político-administrativos y/o socioculturales, teniendo cada conceptualización un sentido y una demarcación de límites distinta para quienes habitan el territorio, quienes lo estudian, quienes lo visitan para turismo, etc. Ahora bien, esta versatilidad en la definición conceptual debe ser siempre complementada con el ejercicio de transparentar los supuestos base a partir de los cuales se define el territorio observado.

En este contexto, este documento propone clasificar las interrelaciones, procesos y dinámicas que ocurren en el marco de un territorio en tres dominios: sistema socioecológico, sistema sociotécnico y sistema sociocultural. Aunque se trate sólo de una distinción analítica - ya que por definición todos estos dominios coexisten y se co-constituyen entre sí en el territorio -, esta distinción parece fundamental para avanzar hacia una definición compleja de Vulnerabilidad Energética Territorial que se haga cargo justamente de la diversidad de definiciones posibles de construir respecto de un territorio, a la hora de observar un espacio particular.

En primer lugar, entendemos como **sistema socioecológico** el complejo de interacciones componentes y procesos sociales y naturales, en donde, desde la perspectiva de Elinor Ostrom, los servicios y recursos naturales son el principal foco de análisis (Ostrom, 2009). Para Ostrom, este sistema se compone de cuatro elementos: sistemas de recursos, unidades de recursos, sistemas de gobernanza y usuarios (Ostrom, 2009). Los sistemas sociales operan gracias a que se encuentran acoplados estructuralmente a sistemas ecológicos, con los que intercambian constantemente materia y energía en ambos sentidos, lo que se traduce en una relación estrecha que permite que se gatillen mutuamente cambios estructurales (Urquiza Gómez & Cadenas, 2015).

Por **sistema sociotécnico** entendemos un sistema complejo resultante del entramado de relaciones observables entre distintos actores, tecnologías y estructuras sociales que se desarrollan en torno a los diversos servicios necesarios para la sociedad, es decir, emerge del acoplamiento entre sistemas sociales y sistemas técnicos. Un sistema sociotécnico es un "entramado de elementos tecnológicos y sociales, tales como dispositivos técnicos, decisiones organizacionales, roles involucrados y prácticas sociales, en la implementación y uso de tecnología" (Montedónico, Herrera, Marconi & Urquiza, 2018, p. 7).

Por **sistema sociocultural** entenderemos todas aquellas comunicaciones ocurrientes e incumbentes específicamente en o sobre el territorio delimitado. Asumiendo que lo social es el horizonte comunicativo general, hay formas en las que es posible observar manifestaciones particulares de los sistemas funcionalmente diferenciados, organizaciones, grupos y sistemas interaccionales en determinados contextos territoriales. Estas formas, condensadas de sentido territorial, operan en base a elementos culturales, comprendidos como la memoria de ese sistema territorial en particular, que opera como un medio de comunicación que probabiliza ciertas comunicaciones antes que otras y, por tanto, la mantención y estabilización de determinadas estructuras sociales. De esta manera, este dominio sociocultural incluye al menos las condiciones económicas, políticas, jurídicas, científicas y culturales asociadas al modo de vida particular de un territorio.

El concepto de territorio, por tanto, describe la relación situada en un tiempo y espacio entre los dominios socioculturales, sociotécnicos y socioecológicos, derivada del constante intercambio de materia, energía y comunicaciones. Como se evidencia en la figura, esta

delimitación es siempre una decisión analítica arbitraria, y como tal, reconoce la importancia constitutiva de mantener siempre presente la relación con diversos entornos relevantes (para cada uno de los dominios), los que condicionan mas no determinan el acontecer del sistema territorial observado.

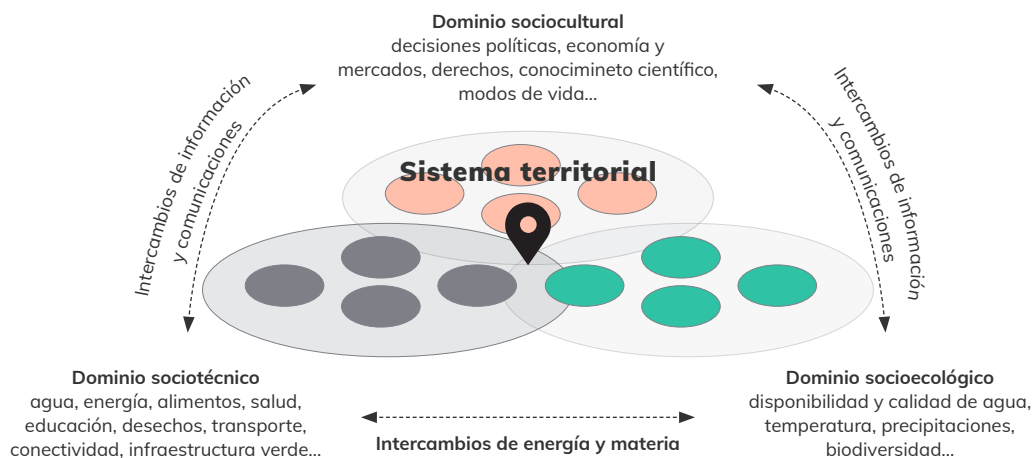


Figura N°1: Territorio como relación entre sistemas socioculturales, sociotécnicos y socioecológicos.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Sistema sociotécnico de energía

Desde los aportes de Geels (2002, 2004, 2010) se entiende a los sistemas sociotécnicos como los vínculos entre distintos componentes que condicionan la tecnología e infraestructura utilizada para ciertas funciones sociales (como transporte o comunicación). Entre estos elementos se cuentan los artefactos, los conocimientos, el capital económico, los recursos humanos, los significados culturales, entre otros (Geels, 2004). En estas interacciones que ocurren en la producción, distribución, comercialización y uso de la tecnología, históricamente se han producido por lo que Geels ha denominado regímenes sociotécnicos, es decir, modos dominantes de uso de la energía que condicionan tecnologías, regulaciones, modos de uso, entre otros factores (Geels, 2002, 2004, 2010).

Para este documento, complementaremos la propuesta desarrollada por Geels, a partir de la definición de los componentes que interactúan en el sistema sociotécnico de energía (SSTE), distinguiéndolos en cinco grandes grupos. En primer lugar, las **empresas productoras y distribuidoras** de energía y tecnologías, quienes corresponden a organizaciones cuyas decisiones se basarán comúnmente en criterios económicos, aun cuando en ocasiones podrán complementarse con fines públicos. En tanto organizaciones, cuentan con un conjunto de características propias, tales como recursos económicos, infraestructura, tecnologías, cultura organizacional y conocimiento especializado.

Luego se encuentran los **reguladores**, que son los actores encargados de aplicar las normativas y leyes que configuran las reglas del juego, así como también, de diseñar e implementar políticas públicas que intervienen directamente sobre la infraestructura,

tecnologías y usos de la energía. En tanto es una organización, el aparato estatal también presenta características específicas (recursos económicos, infraestructura, tecnologías, cultura organizacional y conocimiento), pero su lógica decisional se basa en una compleja relación entre lo político y lo técnico.

En tercer lugar, se distingue a los **consumidores** de tecnología y energía, quienes requieren servicios energéticos relacionados con la alimentación, higiene, climatización, iluminación, dispositivos eléctricos y usos productivos. Entre ellos se encuentran los hogares, pero también las empresas productoras de bienes y servicios, servicios públicos, entre otros actores, lo que implica una diversidad de lógicas de decisión y distintos niveles de complejidad. Por otro lado, estos consumidores pueden ser al mismo tiempo productores de la energía que consumen cuando poseen las capacidades tecnológicas o recursos naturales requeridos. Ejemplos de esta posibilidad son la generación en base a energía solar o, en el caso residencial, el uso de leña proveniente de recolección.

Estos tres grupos de actores y organizaciones son los que interactúan en un primer nivel dentro del sistema sociotécnico, y son quienes, en base a sus constantes interacciones, van dando forma a un entramado de estructuras específicas llamado régimen sociotécnico, que define modos de uso de la energía y tecnología, además de las regulaciones de su funcionamiento. Algunos ejemplos son el régimen de uso de leña en el sur de Chile, en el que relaciona un conjunto bastante complejo de actores, o las estructuras de suministro de energía eléctrica de una ciudad, de las cuales dependen numerosos servicios críticos, como el servicio de agua potable, los servicios de salud, la cadena de producción y almacenamiento de alimentos, etc.

Esta interacción ocurre en y sobre el marco del cuarto y quinto elemento que se expresan de forma particular en cada territorio observado: la **memoria del territorio** y la **infraestructura común**. La primera refiere a la capacidad de un sistema territorial de aprender respecto de la relación con su entorno inmediato, considerando sus estructuras y procesos. Esto se expresa en la mantención en el tiempo y la puesta a disposición de conocimientos, información, decisiones y experiencias históricas, a las cuales se puede recurrir en forma de aprendizajes en distintos tipos de soportes (oral, escrito, archivo, etc.).

La **infraestructura común**, por otro lado, corresponde a la tecnología de uso común necesaria para la generación, distribución y uso de la energía. Dado que el sistema sociotécnico de energía (SSTE) requiere inversiones de alto costo, es común la existencia de infraestructura financiada total o parcialmente por el Estado y operada por el sector público o privado.

Por otro lado, el sistema sociotécnico de energía posee constantes interacciones con su **entorno**, especialmente con elementos de los sistemas socioculturales y ecológicos cruciales para su funcionamiento. Por el lado de los sistemas socioculturales, se entienden como relevantes al menos el **sistema político**, cuyas decisiones impactan sobre las características de los organismos públicos y el mercado de la energía; el **sistema jurídico** que genera leyes y normativas, que sintetizan las reglas del juego formales de diversos aspectos de los sistemas sociotécnicos; el **sistema científico** que genera el conocimiento, que integra la investigación científica y aplicada para el desarrollo de tecnologías relevantes para la producción y uso de la energía; y el **sistema económico** que condiciona la demanda y oferta de energía tanto a nivel macro y microeconómico.

En el caso de los sistemas ecológicos, estos proveen diversos **servicios ecosistémicos** necesarios para el funcionamiento del sistema, entre ellos los **recursos naturales** que se

utilizan para la producción, distribución y uso de la energía, las **condicionantes climáticas** del territorio, que tienen efecto sobre la demanda de climatización, pero también sobre el potencial energético del territorio. Asimismo, el sistema sociotécnico genera efectos sobre la **biodiversidad** de los ecosistemas que son afectados por esta producción, distribución y uso, especialmente por las emisiones de contaminantes.

La propuesta de este documento se resume gráficamente en la figura N°2.

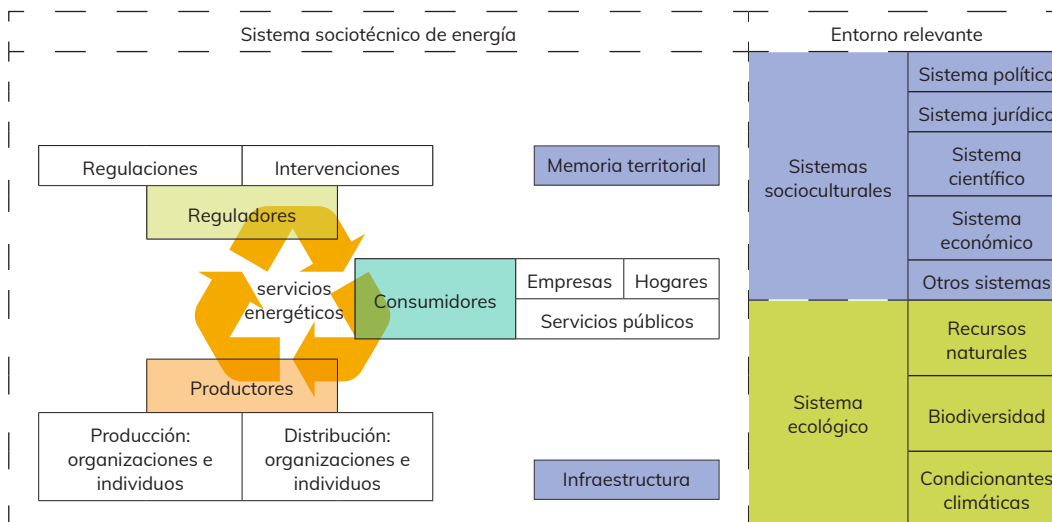


Figura N°2: Componentes del sistema sociotécnico de energía y su entorno relevante.  
Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas sociotécnicos de energía generan servicios energéticos a partir de interacciones entre productores, consumidores y reguladores. Estas interacciones poseen al menos **cinco etapas de la cadena de suministro y producción** (Gracceva & Zeniewski, 2014): extracción, transporte – almacenamiento, refinamiento – conversión, transformación – distribución y uso final.

Integrar dentro de estos procesos el uso final de la energía es de especial relevancia, ya que permite caracterizar las condiciones tecnológicas y socioculturales de los usuarios, permitiendo que la vulnerabilidad energética no se reduzca a un problema de acceso o suministro, sino que también constituya un problema sobre la calidad de la energía, en términos de adecuación, confiabilidad, seguridad y no contaminación (Red de Pobreza Energética, 2019). Dentro de sus usos finales se distinguen al menos cinco clasificaciones: a) climatización de edificaciones, b) iluminación, uso de dispositivos eléctricos y tecnologías de información-comunicación, c) alimentación, d) agua caliente sanitaria, e) transporte de personas y carga y f) usos productivos de la energía.

## 2.3 Vulnerabilidad: sensibilidad y resiliencia

El concepto de vulnerabilidad ha estado presente en variados debates científicos y públicos en relación con la desigualdad socioeconómica en general y sobre el acceso a energía en

particular. Por un lado, se ha entendido la vulnerabilidad como la falta de acceso a servicios o condiciones de vida mínimos, es decir, como una categoría que puede reemplazar o complementar al concepto de pobreza (Pizarro, 2001). Por otro lado, en la perspectiva del análisis de riesgo, la vulnerabilidad se ha entendido más bien como las características de un sistema que aumentan la probabilidad de impactos negativos en su funcionamiento y en la entrega de servicios cruciales para la población (CR2, 2018; IPCC, 2012, 2019b).

Siguiendo la conceptualización del quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), se entenderá **vulnerabilidad** como la propensión de un sistema específico o territorial a sufrir impactos negativos generados a partir de una amenaza (CR2, 2018; IPCC, 2012, 2019b). En esta perspectiva, el **riesgo** es un concepto multifactorial que corresponde a la probabilidad de que algo de valor para la sociedad se encuentre en peligro con un desenlace incierto, como resultado de la interacción entre tres elementos: la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad del sistema (CR2, 2018; IPCC, 2012, 2019b).

En más detalle, la vulnerabilidad puede descomponerse en la **sensibilidad**, entendida como la propensión de los componentes expuestos del sistema a ser afectados negativamente por las amenazas debido a alguna de sus características, y la **capacidad de respuesta y adaptación**, que se expresa en las capacidades de los sistemas, organizaciones y ecosistemas para enfrentar y superar condiciones adversas presentadas por la amenaza, la exposición y la sensibilidad.

La capacidad de respuesta y adaptación de un sistema complejo se relaciona con el concepto de **resiliencia**, y requiere considerar los aportes de esta diversa tradición teórica. Aun cuando existen diferentes definiciones de la resiliencia, su conceptualización más sofisticada proviene del estudio de los sistemas ecológicos y describe la capacidad de un sistema complejo de reducir el impacto de disturbios mediante la adaptación y/o preservación de sus relaciones estructurales. De esta forma, mantiene su identidad y sus características esenciales (función y organización), permitiendo múltiples puntos de equilibrio, lo que evita una conceptualización rígida de la resiliencia de un sistema (Cumming, 2011; Folke, 2006; Gunderson & Holling, 2002).

Para definir las características de sensibilidad de un territorio es necesario conocer la amenaza específica a la que se enfrenta. Mientras que la capacidad de respuesta y adaptación – además de tener una expresión específica a alguna amenaza en particular – también puede ser pensada de manera genérica, es decir, como una característica emergente propia del sistema, que permite mantener sus funciones frente a múltiples amenazas, en algunos casos no conocidas. Por ejemplo, un protocolo de respuesta puede ser generado en un contexto específico para la ocurrencia de desastres, pero posteriormente puede ser adaptado hacia otro tipo de amenazas e incrementar la capacidad de respuesta del sistema en general.

Cabe notar que esta resiliencia puede observarse, desde el presente, de dos formas: mirando hacia el pasado de forma expresiva y proyectando hacia el futuro de forma predictiva. Desde una perspectiva **expresiva** se describen los efectos de disturbios y la forma en que el sistema pudo reducir los impactos y mantener sus servicios después del evento ocurrido. Desde una perspectiva **predictiva** se identifican características de las estructuras y componentes de un sistema que permitan estimar relativamente la resiliencia de un sistema ante una amenaza futura (Folke, 2006; Urquiza & Billi, 2020). Si bien recogeremos aportes de la

literatura científica en ambas perspectivas, el interés de este trabajo es dar cuenta de una predisposición hacia la vulnerabilidad energética, por lo tanto, se observa desde una perspectiva predictiva de la resiliencia.

A partir de una revisión de literatura (CR2, 2018) se identifican tres atributos asociados con un sistema resiliente: **flexibilidad**, **memoria** y **autotransformación** (Biggs et al., 2012; CR2, 2018; Urquiza & Billi, 2020). Por un lado, un sistema resiliente es aquel que puede reaccionar adecuadamente y reestablecer la provisión de sus servicios luego de una amenaza (**flexibilidad**); generar información y aprendizaje sobre su relación con el entorno considerando la reacción de sus propias estructuras frente a las amenazas (**memoria**); y adaptar y/o transformar sus estructuras y componentes para mantener sus servicios en el tiempo (**autotransformación**). Esta transformación puede ocurrir de manera espontánea o planificada en función de ciertos objetivos. Esto último es crucial cuando se está hablando de sistemas complejos adaptativos con capacidad de cognición – como los sistemas socioecológicos, sociotécnicos o socioculturales – ya que poseen la cualidad de adaptarse reflexivamente a su entorno (Berkas, F., Colding, J., Folke, 2001; Gunderson & Holling, 2002; Luhmann, 2006).

La literatura relaciona al menos tres características con la **flexibilidad**: la diversidad, conectividad y redundancia de sus componentes y estructuras (Binder et al., 2017; Molyneaux et al., 2016; Smith & Stirling, 2008). Por su parte, la dimensión de **memoria** se relaciona con la generación de información de las operaciones del sistema y su relación con el entorno (distinguiéndose de él) y con la capacidad de producir aprendizaje a partir de esta información (Berkas, F., Colding, J., Folke, 2001; Folke et al., 2005; Nykvist, 2014). Por último, la **autotransformación** implica el grado en que la coordinación de los componentes del sistema, la capacidad de anticipación y la toma de decisión le permiten a un sistema socioecológico o sociotécnico adaptarse frente a una amenaza y gestionar el riesgo al que se ve enfrentado (Desouza & Flanery, 2013; Urquiza & Billi, 2020; Urquiza Gómez & Cadenas, 2015). Esta cualidad del sistema puede estar orientada a adaptar las estructuras actuales en el tiempo (gobernanza adaptativa) o transformar estas estructuras hacia nuevos puntos de equilibrio (gobernanza transformativa) (Biggs et al., 2015; CR2, 2018).

El estado de este conjunto de características (flexibilidad, memoria y autotransformación) se construye históricamente y condiciona la capacidad de respuesta y adaptación del sistema. De esta forma, a mayor flexibilidad, aprendizaje y autotransformación, un sistema socioecológico, sociocultural o sociotécnico puede de mejor manera enfrentar las amenazas y gestionar los riesgos que experimenta.

La tabla N°1 presenta un resumen de las distinciones acá descritas.

| Resiliencia en sistemas socioecológicos y sociotécnicos |                     |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Expresiva                                               | Predictiva          |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                     |
| Capacidad de respuesta                                  | Flexibilidad        | <b>Diversidad:</b><br>existencia de componentes cualitativamente distintos.                                                                                           | <b>Redundancia:</b><br>existencia de componentes que cumplen funciones asimilables.                                                                 | <b>Conectividad:</b><br>cantidad de elementos conectados respecto del total de conexiones.                                                                          |
|                                                         | Memoria             | <b>Registro:</b><br>capacidad del sistema para generar, mantener y poner a disposición información sobre su funcionamiento y su relación con el entorno.              | <b>Reflexividad:</b><br>capacidad del sistema para procesar información y generar distinciones sobre su relación e interdependencia con el entorno. | <b>Aprendizaje:</b><br>capacidad del sistema para integrar nueva información e interpretaciones alternativas desde el registro y reflexividad.                      |
| Capacidad de adaptación                                 | Auto transformación | <b>Coordinación:</b><br>grado de participación y coordinación (público, privada, sociedad civil) en las decisiones públicas, a nivel local, nacional e internacional. | <b>Anticipación:</b><br>capacidad de identificar escenarios alternativos sobre los componentes y estructura del sistema.                            | <b>Decisión:</b><br>capacidad del sector privado, del sector público y la sociedad civil para tomar decisiones sobre la estructura y el funcionamiento del sistema. |

Tabla N°1: Dimensiones de la resiliencia.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 Vulnerabilidad energética territorial

Tomando en consideración lo anteriormente planteado, **vulnerabilidad energética territorial** se entiende como la propensión de un territorio a no garantizar el acceso equitativo – en cantidad y calidad – a servicios energéticos resilientes que permitan el desarrollo humano y económico sostenible de su población. Es decir, una mayor probabilidad de existencia de brechas de acceso o inequidad en los servicios energéticos de calidad; o bien, de significativos impactos derivados de riesgos siconaturales que lo hacen incapaz de garantizar una provisión sostenible y resiliente de estos servicios.

Esta propensión es condicionada por las características de **sensibilidad** y **resiliencia** del sistema sociotécnico de energía del territorio de estudio. Las características de sensibilidad refieren a los recursos económicos, características sociodemográficas, de infraestructura, tecnológicas, culturales y de conocimiento en un territorio en relación con los servicios energéticos. Por otro lado, como se propone en este documento, la resiliencia refiere

a la capacidad de respuesta y adaptación que emerge de la capacidad de flexibilidad, memoria y autotransformación del sistema energético. De esta forma, la combinación de estas condiciones tiene impactos sobre la disponibilidad, precios, demanda energética, confiabilidad, seguridad, adecuación y contaminación de las fuentes y tecnologías utilizadas para los servicios energéticos de un territorio.

Así, estas condiciones sociotécnicas permitirán explicar las brechas en el acceso equitativo a energía de calidad de los diversos usuarios en un territorio. Siguiendo con esta lógica, dada una amenaza, de origen climático u otro, la vulnerabilidad energética territorial permitirá comprender, y en algunos casos proyectar, cómo reaccionará el sistema sociotécnico de energía de un territorio, visualizando los impactos intermedios ya mencionados y el riesgo que significa esto en el acceso a servicios energéticos de alta calidad. En el siguiente apartado, se presentará la metodología recomendada para esta propuesta, resumida en la figura N°3, integrada por un conjunto de indicadores y lineamientos metodológicos. <sup>PE</sup>

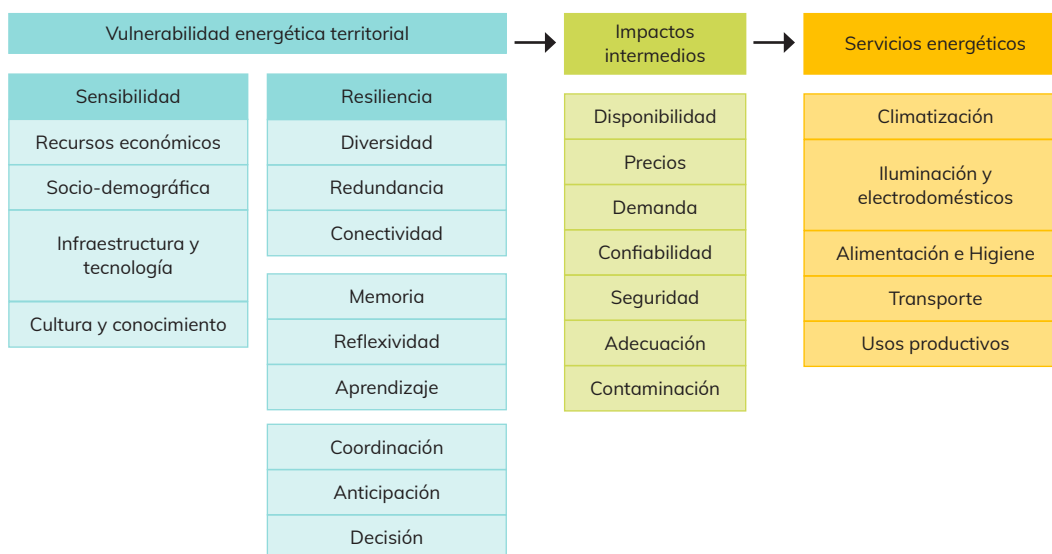


Figura N°3: Resumen de las dimensiones e impactos de la Vulnerabilidad Energética Territorial.  
Fuente: Elaboración propia.



# 3

## MARCO METODOLÓGICO PARA CARACTERIZAR LA VULNERABILIDAD ENERGÉTICA TERRITORIAL

20

En este capítulo se desarrollarán lineamientos metodológicos para evaluar la vulnerabilidad energética territorial. En términos generales se sigue una estructura inspirada en el trabajo de IPCC AR5 y el Marco de Vulnerabilidad CR2 (CR2, 2018; GIZ, 2017, 2018; IPCC, 2012).

- i. **Identificar componentes del sistema sociotécnico de energía** siguiendo lo planteado en el apartado 2.3, pero profundizando en la interacción de los componentes en las etapas de extracción, transporte – almacenamiento, refinamiento – conversión, transformación – distribución y uso final, según como estas se lleven a cabo en cada territorio específico.
- ii. **Identificar la relevancia del sistema sociocultural** mediante la revisión de aspectos políticos, jurídicos, científicos, económicos y otros que condicionen la estructura del sistema sociotécnico de energía.
- iii. **Identificar la relevancia del sistema socioecológico** mediante levantamiento de datos y revisión de literatura para establecer el estado y características de distintos servicios ecosistémicos como los recursos naturales, biodiversidad y condiciones climáticas relevantes para el funcionamiento e impactos del sistema sociotécnico de energía.
- iv. **Identificar y describir las principales brechas en el acceso a energía de alta calidad en el territorio**, mediante instrumentos como el desarrollado por la Red de Pobreza Energética para el sector residencial (Red de Pobreza Energética, 2019) y de

los otros sectores a través de indicadores afines, la revisión de literatura científica y trabajo en terreno con comunidades, expertas y expertos académicos y del territorio.

- v. **Identificar y describir las amenazas que enfrenta el sistema sociotécnico de energía** mediante la revisión de literatura científica y trabajo en terreno con comunidades y expertas y expertos académicos y del territorio. Determinar impactos directos e intermedios esperados de las amenazas identificadas y los componentes del sistema que se encuentran expuestos.
- vi. **Describir los factores de sensibilidad** del sistema sociotécnico en relación con las amenazas identificadas y las condiciones sociotécnicas relacionadas con las brechas en el acceso equitativo a energía de calidad.
- vii. **Describir la resiliencia del sistema sociotécnico** frente a la amenaza específica como características de flexibilidad, memoria y autotransformación del sistema.
- viii. **Describir la Vulnerabilidad Energética Territorial** como combinación de los factores de sensibilidad y resiliencia del sistema sociotécnico de energía.

### 3.1. Pobreza energética: brechas en el acceso equitativo a energía de calidad

Tal y como se propone en este documento, un primer antecedente de la vulnerabilidad energética territorial refiere a las condiciones que producen la falta de capacidad de un territorio para asegurar el acceso equitativo a energía de calidad en el tiempo presente a sus diversos integrantes. Esto implica conocer las distintas brechas en el acceso a energía de diverso tipo, tanto algunas relacionadas con el sector residencial como otras relacionadas con el sector productivo y los servicios públicos. Para el caso del sector residencial las brechas de acceso a energía se han conceptualizado bajo el nombre de pobreza energética, y existen diversos instrumentos que permiten evaluar su existencia en un territorio. La Red de Pobreza Energética (RedPE) ha propuesto anteriormente un marco analítico para cuantificar y comprender este fenómeno en términos de acceso, equidad y calidad, con la potencialidad de adaptarse a las características de cada territorio (Red de Pobreza Energética, 2019).

Los servicios energéticos clave en el sector residencial corresponden a los de cocción y mantención de alimentos, higiene personal, servicios relacionados con la electricidad (iluminación, información, comunicación, entre otros) y la climatización de la vivienda (refrigeración y calefacción). En los otros componentes del territorio (como los servicios públicos y sectores productivos), la importancia de estos servicios y sus condiciones de uso dependerá de un conjunto de características específicas. Por ejemplo, la mantención de temperaturas mínimas y máximas es crucial en servicios públicos como la educación y establecimientos de salud, sin embargo, en otros usos productivos la seguridad podrá ser igual o más relevante. Por otro lado, al poner el foco de interés en una perspectiva territorial, al menos dos grupos de servicios se suman: el transporte y los usos productivos de la energía.

En función de esto, es posible generalizar los criterios de acceso equitativo a energía de calidad propuestos en el marco analítico de pobreza energética centrada en el hogar (Red de Pobreza Energética, 2019) para dar cuenta de esta diversidad. En términos de **calidad** de los servicios energéticos serán relevantes la **adecuación** de las fuentes de energía y

tecnologías para los usos esperados, aprovechando el avance tecnológico hacia usos más eficientes; la **confiabilidad** del suministro energético en el tiempo; la **seguridad** del uso de fuentes de energía y tecnologías en su utilización para evitar accidentes; y la minimización de **externalidades** en el uso de fuentes y tecnologías energéticas al disminuir su cantidad de emisiones de diversas sustancias dañinas para la salud humana y los ecosistemas.

Por otro lado, en términos de **equidad** en el acceso a energía de calidad seguirá siendo relevante la proporción de los ingresos que son destinados a consumo energético en función de los intereses del sector analizado. Por ejemplo, para el caso residencial la literatura ha demostrado lo perjudicial para los ingresos familiares de un gasto excesivo en energía (Red de Pobreza Energética, 2019), sin embargo, no podrán ocuparse los mismos umbrales o criterios para el caso de un sector industrial, que por sus características, implica un alto consumo de energía. En este sentido, será relevante reunir antecedentes que permitan comprender las presiones presupuestarias del sector productivo al compararlo con sus símiles en otros casos de estudio. Un componente importante en este sentido será el precio de las distintas fuentes de energía en un territorio y su condición de ventaja o desventaja en relación con otros.

Finalmente, la dimensión de capacidad de inversión será crucial para comprender las capacidades de los sectores residencial, productivo y público para acceder a tecnologías con mayor eficiencia y con menor cantidad de emisiones de sustancias nocivas para la salud y los ecosistemas. Esta capacidad de inversión sin duda será condicionada por la oferta de tecnologías alternativas, su precio y costos de operación, pero también por las condiciones regulatorias que puedan actuar como barreras o facilitadores.

### 3.2. Amenazas y componentes expuestos en el sistema sociotécnico de energía (SSTE)

Luego de conocer las principales brechas en el acceso a energía de calidad de un territorio, es necesario describir las **amenazas** a las que se enfrenta la generación de servicios energéticos de alta calidad, para definir los componentes del sistema expuestos a amenazas del entorno. Esto permitirá definir a continuación el grado de sensibilidad y resiliencia de sus componentes. Como se mencionó en la introducción de este documento, al menos son dos las principales amenazas que viven los sistemas sociotécnicos de energía: (i) los impactos del cambio climático en la generación y distribución de energía; y (ii) las presiones por una descarbonización de la matriz energética en un contexto de superación de la pobreza energética. Si bien en este apartado se lista un conjunto de fenómenos considerados como amenaza, este listado deberá ser considerado como referencial y adaptado de manera específica según el sistema sociotécnico de interés y sus características.

Entre los impactos del cambio climático se cuenta una **disminución de las precipitaciones** en ciertas regiones del mundo, por lo que la generación hidroeléctrica vería aminorada la cantidad de recursos hídricos disponibles (Emodi et al., 2019); un aumento de **variabilidad climática** que puede generar condiciones meteorológicas con baja o nula productividad de energía solar y eólica (Fant et al., 2016; van der Wiel et al., 2019; Viviescas et al., 2019; Zhang et al., 2019); un **aumento de temperaturas** que puede disminuir la operatividad de las líneas de distribución, encarecer el costo de la energía eléctrica o generar cortes de suministro (Burillo et al., 2019; Rübhelke & Vögele, 2013); un aumento de **riesgo de incendios forestales**

producto de condiciones climáticas y acción humana (Carlini et al., 2019); y un incremento de ocurrencia de **desastres socionaturales** debido la creciente incidencia de eventos de origen climático (Yair, 2018), entre otros.

Las presiones por descarbonizar la matriz energética, aunque con efectos positivos al mitigar emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), presentan desafíos para ciertos componentes del sistema sociotécnico de energía, en especial para los sectores privado y residencial que poseen infraestructura en base a combustibles fósiles y que deben enfrentarse a la **obsolescencia prematura** de sus inversiones en tecnología e infraestructura y a nuevas inversiones en el proceso de transición energética (Curtin et al., 2019; Simshauser, 2017).

Por otro lado, si este proceso no es acompañado con medidas eficaces de eficiencia energética, a medida que se superan condiciones de pobreza energética de los hogares se genera un **aumento de la demanda** (Dowling, 2013; Emodi et al., 2019; van Ruijven et al., 2019). Por ejemplo, se puede observar un incremento en la demanda de climatización de las viviendas por efecto del aumento de temperaturas del planeta, la demanda por un mejor acceso a iluminación, tecnologías de la información y comunicación, entre otros servicios.

Por otra parte, la integración de energías renovables como la solar o la eólica, implica gestionar la variabilidad de su generación de manera eficiente, con el objetivo de asegurar la estabilidad de los servicios energéticos. De no ser así, se expone a los consumidores a **variabilidad o inestabilidad en el suministro energético** (van der Wiel et al., 2019).

Asimismo, en el caso de territorios que no posean la totalidad de su generación o producción de energía dentro de sus límites, fuentes externas al territorio pueden generar **inestabilidad en el suministro** energético debido a factores geopolíticos y/o debido a los impactos de las amenazas mencionadas anteriormente.

La siguiente figura N°4 resume las amenazas identificadas y los componentes del sistema afectado. Cabe considerar que amenazas y/o componentes adicionales podrían identificarse a partir del estudio de sistemas territoriales particulares.

Red  
PE

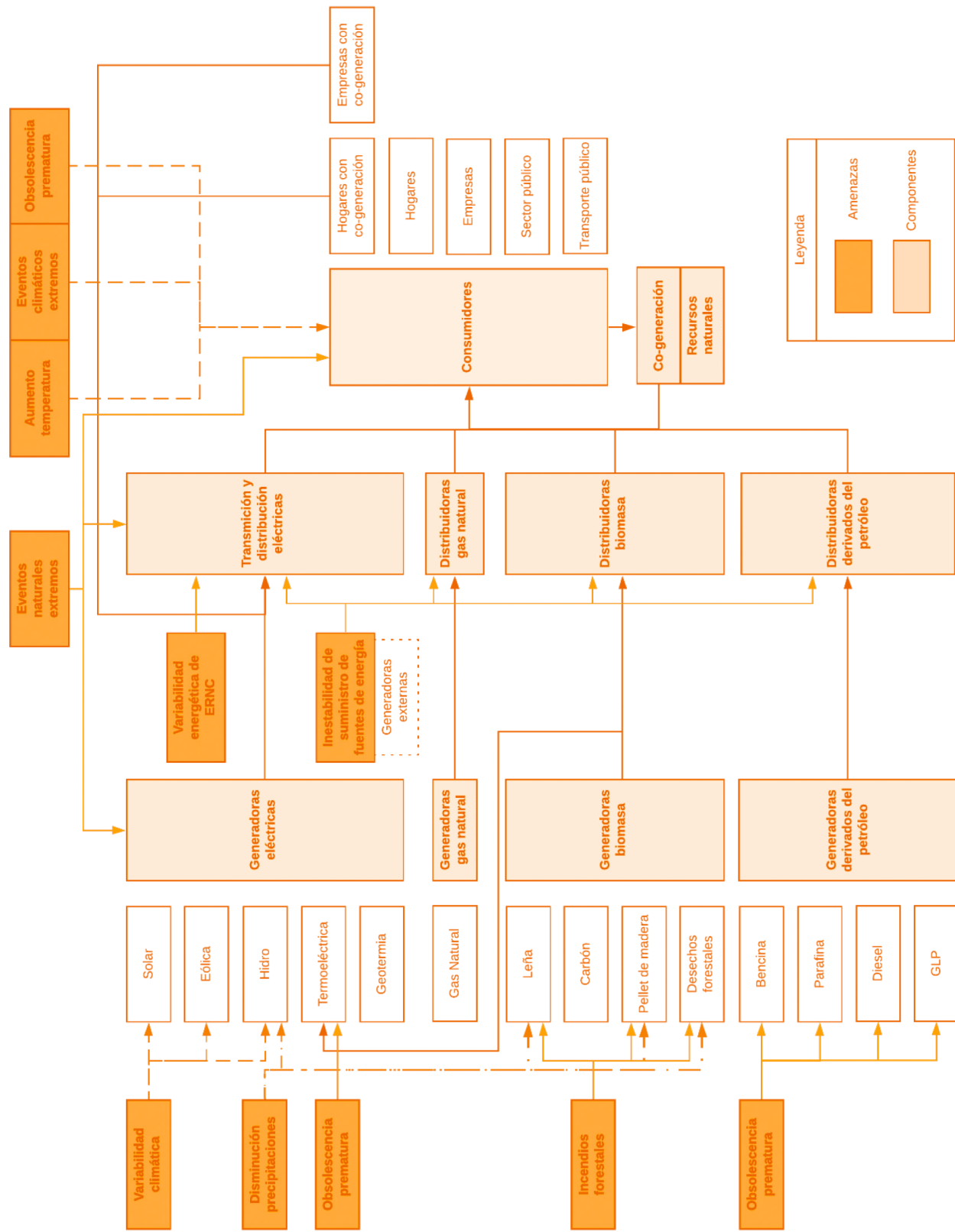


Figura N°4: Esquema de amenazas y exposición del SSTE.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Características de sensibilidad del sistema sociotécnico de energía

A partir de lo expuesto en los párrafos anteriores, la sensibilidad refiere a las propiedades del sistema sociotécnico en términos de sus características económicas, sociodemográficas, de infraestructura, tecnológicas, culturales y de conocimiento que condicionan la existencia de brechas en el acceso a energía y/o aumenten la propensión a sufrir impactos negativos en función de las amenazas identificadas. Al igual que las amenazas comentadas en el apartado anterior, las características de sensibilidad acá descritas corresponden a un listado de referencia, por lo que su identificación dependerá del caso de estudio específico.

En términos de **características económicas**, al menos dos elementos serán relevantes: (i) el precio de las tecnologías y fuentes energéticas relativo a los ingresos de los integrantes del sistema territorial (residenciales, privados y públicos) y a otros territorios; y (ii) el desarrollo de una oferta de alternativas energéticas capaz de satisfacer las necesidades del sistema territorial.

La configuración de estas dos características condicionará en gran medida las posibilidades de acceso de los componentes del territorio, especialmente aquellos que poseen menores recursos económicos, como los hogares y pequeños emprendimientos. Por ejemplo, aquellos hogares que poseen un gasto en energía excesivo respecto a su ingreso son sensibles a altos precios de la energía, lo que pone mayor presión sobre sus presupuestos familiares, acrecentado su condición de pobreza energética (Boardman, 1991; Heindl & Schuessler, 2015; Hills, 2012; Moore, 2012; Red de Pobreza Energética, 2019). De igual forma, aquellos hogares que se encuentren cerca del límite de esta condición son más sensibles a caer bajo el umbral de pobreza energética frente a un escenario de alzas de precios.

Por otro lado, la construcción de una oferta energética pertinente para el territorio es crucial para que sus componentes accedan efectivamente a los servicios energéticos requeridos. Este proceso de construcción comúnmente no será eficiente exclusivamente mediante mecanismos de mercado, y en ocasiones se requiere de regulaciones e intervenciones del sector público. De esta forma, la existencia de monopolios u oligopolios no regulados, altos costos o riesgos de inversión, falta de regulaciones o incentivos para el desarrollo de alternativas, entre otros elementos, podrá aumentar la probabilidad de brechas en el acceso a energía de calidad y su estabilidad en el tiempo debido a amenazas externas.

En relación con las **características sociodemográficas**, se encuentran los hogares compuestos por población vulnerable (niños, niñas, adolescentes y personas mayores) o con condiciones de salud que los hacen más sensibles a los efectos negativos en la salud debido a temperaturas fuera de los rangos recomendados y contaminación por uso de fuentes energéticas contaminantes. Por esta razón, altos costos de energía dificultarían, por ejemplo, el acceso a los servicios de climatización que permitan alcanzar niveles adecuados de confort térmico (Pérez-Fargallo et al., 2017; Red de Pobreza Energética, 2019; Thomson, Petticrew & Douglas, 2015).

Por otro lado, los hogares cuyo sustento dependa principalmente de sostenedoras mujeres son más sensibles frente a las amenazas del cambio climático sobre los servicios energéticos. Esto se debe a que son generalmente ellas quienes gestionan la energía en el hogar, ya sea para labores asociadas al trabajo doméstico no remunerado o para el cuidado de otras personas. Esto implica que la carga de trabajo aumenta para mujeres, ya sea por los impactos en la gestión de las energías o el aumento de personas dependientes en el hogar, lo que las hace más susceptibles de caer en situación de pobreza energética (Amigo et al.,

2018). Además, se ha observado que en ciertos estratos sociales hacen un uso más intensivo del hogar y por tanto, sufren un mayor impacto de las bajas temperaturas para minimizar el consumo energético (Porras Salazar et al., 2020).

Otros factores de sensibilidad, en relación con condiciones socioeconómicas, pueden identificarse en comunidades étnicas, minorías o grupos excluidos de la sociedad, debido a la intersección de condiciones de privación. Por otro lado, los hogares con personas con enfermedades electrodependientes son más sensibles a la variabilidad en el suministro y al aumento de sus costos.

En relación con las **características tecnológicas y de infraestructura**, de manera transversal, la baja eficiencia energética y mayores emisiones contaminantes producidas por el sistema energético aumentan su sensibilidad ante las amenazas del cambio climático y la descarbonización acelerada. En primer lugar, es posible reconocer que en un contexto de inestabilidad energética, asegurar la cantidad mínima de energía requerida por los servicios energéticos críticos de un sistema sociotécnico representa una mayor carga si existen componentes con un uso ineficiente de la energía. De esta forma, un SSTE ineficiente requiere una mayor cantidad de energía por cada unidad de servicio energético final que otro sistema que se encuentre bajo las mismas condiciones socioecológicas y socioculturales pero que disponga de tecnología más eficiente. En el sentido opuesto, un SSTE que asegura el funcionamiento de los servicios energéticos críticos progresivamente con menor energía por unidad, se vuelve menos sensible a variabilidades energéticas y climáticas derivadas de amenazas del cambio climático (Gao et al., 2019; Global Energy Institute, 2018; Le & Nguyen, 2019; Nelwan et al., 2017; Sovacool & Mukherjee, 2011).

En segundo lugar, un sistema sociotécnico de energía basado en combustibles fósiles y/o contaminantes que posee un impacto negativo y recurrente en el sistema socioecológico local, nacional y/o mundial, es más sensible ya que existen presiones crecientes por respetar los límites planetarios y mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 1.5°C. Es decir, al depender de fuentes combustibles fósiles y/o contaminantes, ya sea en el mismo territorio o en uno externo, es más sensible frente a un escenario de transición energética al provocar mayor probabilidad de obsolescencia prematura de su infraestructura o suministro (Curtin et al., 2019; Falk et al., 2019; Mercure et al., 2018; Simshauser, 2017).

Junto con la preocupación por los límites planetarios, cada vez son más relevantes las condiciones ambientales de los territorios donde se emplazan empresas generadoras de electricidad o productos derivados. De esta forma, si el suministro energético de un territorio afecta a otro, además de generar una zona de sacrificio con las negativas consecuencias que esto posee, aumenta la sensibilidad del territorio, al basar su consumo en una fuente insostenible en el largo plazo (Bouzarovski & Simcock, 2017; Heffron et al., 2015; Hernández, 2015; Jenkins et al., 2016).

Un tercer factor de sensibilidad refiere a los umbrales técnicos de operación que poseen las empresas generadoras, productoras de fuentes primarias o derivadas, transmisoras y distribuidoras. Este tipo de umbrales refiere comúnmente a la sensibilidad de la infraestructura y tecnología utilizada frente a fenómenos meteorológicos como las temperaturas mínimas, olas de calor, precipitaciones, eventos extremos y desastres naturales. Los sistemas sociotécnicos que se encuentren basados en tecnología e infraestructura con un umbral de operación de menor rango o con menor flexibilidad para operar en distintas condiciones serán más sensibles a la ocurrencia de estos eventos meteorológicos.

Un cuarto factor de sensibilidad referido a la infraestructura se relaciona con las condiciones de conectividad del sistema territorial con los proveedores o fuentes de energía que se encuentran por fuera de sus límites. Si bien en el caso de los sistemas energéticos, especialmente los eléctricos que se encuentran integrados territorialmente, su operación comúnmente ocurre a nivel central, el análisis de vulnerabilidad energética territorial puede basarse en una unidad de menor magnitud y analizar las relaciones entre este caso y el entorno nacional e internacional. En cualquier caso, lo relevante a analizar en esta dimensión es la conectividad de las cadenas de suministro y su sensibilidad frente a fenómenos meteorológicos, sociales, económicos y geopolíticos. Por ejemplo, condiciones marítimas para el suministro de derivados energéticos; condiciones meteorológicas para líneas de transmisión; manifestaciones sociales y uso de carreteras; o episodios económicos y geopolíticos y sus impactos en el suministro energético.

En relación con los **componentes socioculturales** que pueden ser considerados como factores de sensibilidad, estos dependerán altamente de la memoria del sistema territorial de referencia y de las posibilidades de ser analizados. En este sentido, la ocurrencia de casos de corrupción y/o colusión reciente genera menor confianza en las instituciones y actores del sistema territorial, lo que puede disminuir la capacidad de respuesta y adaptación. Otro elemento relacionado con esto es la ausencia de culturas organizaciones de carácter abierto y con mayor transparencia que generen mayor confianza en las instituciones y actores del sistema territorial.

Por otro lado, las experiencias de proyectos de innovación fallidos, ya sea por causas técnicas, sociales, económicas o por mala implementación, vuelve más sensible al sistema sociotécnico de energía al generar mayores resistencias o menor percepción de autoeficacia para hacer frente a las amenazas. La memoria territorial permite activar conocimiento, información y aprendizajes pertinentes para la respuesta y adaptación del territorio, por lo que una memoria territorial carente de experiencias exitosas probablemente observa con mayor incertidumbre las amenazas del entorno.

Otros elementos socioculturales deberán ser evaluados acorde a las características del territorio. Por ejemplo, en el caso del sur de Chile las prácticas socioculturales asociadas al uso residencial de leña podrán ser vistas, por un lado, como estrategias de las comunidades locales para hacer frente al frío como una amenaza a sus modos de vida o, por otro lado, como un factor que genera resistencia al cambio hacia fuentes de energía con menores emisiones de material particulado (Amigo, 2019). La decisión de si incluir este elemento como una variable de sensibilidad, dependerá de una posición normativa sobre qué es lo primordial que se debe mantener en el desarrollo del sistema sociotécnico y su adaptación a nuevos escenarios.

Finalmente, en relación con el **conocimiento** disponible para los integrantes del sistema sociotécnico, los factores de sensibilidad se relacionan con la ausencia de bases de datos de carácter público sobre el sistema energético y su relación con el entorno, la falta de estudios científicos y técnicos sobre las características del sistema territorial, la exclusión del conocimiento local y la ausencia de evidencia en la toma de decisiones, entre otros elementos. De manera general, los factores de sensibilidad se relacionarán con la ausencia de información, difusión, discusión y diversidad de conocimientos en el desarrollo del sistema sociotécnico de interés.

La siguiente figura resume ciertos factores de sensibilidad, que aun cuando no sean exhaustivos, podrán servir de referencia para los casos de estudios específicos.

| Dimensiones de sensibilidad       |                             |                                    |                                  |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Economía                          | Socio-demografía            | Infraestructura y tecnología       | Cultura y conocimiento           |
| Altos precios de energía          | Niños, niñas y adolescentes | Baja eficiencia energética         | Corrupción                       |
| Falta de alternativas energéticas | Personas mayores            | Altas emisiones de CO <sub>2</sub> | Desconfianza institucional       |
| Bajos ingresos de hogares         | Desigualdades de género     | Altas emisiones de aerosoles       | Cultura y conocimiento           |
| Empresas pequeñas                 | Desigualdad étnicas         | Umbral de operación técnica        | Falta de conocimiento científico |
| ...                               | ...                         | Falta de conectividad              | Falta de datos abiertos          |
|                                   |                             | ...                                | ...                              |

Figura N°5: Dimensiones de sensibilidad propuestas.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Resiliencia del sistema sociotécnico de energía

Como se mencionó previamente, se entenderá **resiliencia** como la capacidad de un sistema para absorber disrupciones o perturbaciones y al mismo tiempo mantener su función e identidad (Folke et al., 2016; Peterson et al., 1998). Esta propiedad de un sistema refiere a la capacidad de respuesta de sus estructuras ante amenazas externas, pero también su capacidad de adaptabilidad y de transformación en el tiempo, sea esta emergente o dirigida por objetivos puntuales.

Acorde a lo planteado, se analizará la resiliencia del sistema sociotécnico de energía en tres grupos de características deseables: a) la flexibilidad (diversidad, redundancia y conectividad de sus elementos y estructuras), b) la memoria del sistema (registro, reflexividad y capacidades para el aprendizaje) y c) su capacidad de autotransformación (capacidad de coordinación, anticipación y decisión). Al evaluar estas dimensiones se podrá tener un panorama general de la resiliencia que posee un sistema sociotécnico frente a las amenazas que percibe.

#### 3.4.1 Flexibilidad

Un sistema sociotécnico de energía cuya estructura y componentes son **diversos** posee mayor capacidad de respuesta, al diversificar los impactos asociados a las amenazas y aumentar su capacidad para reconvertir en el corto plazo las estructuras afectadas. Esto ya sea porque posee diversos tipos de fuentes de energía o porque la propiedad de la generación y distribución son diversas y genera menores niveles de dependencia externa o interna. Por otro lado, aumenta las probabilidades para la respuesta y adaptación al diversificar las maneras o perspectivas para enfrentar una amenaza hacia el sistema (Biggs et al., 2012; Binder et al., 2017; Chester & Allenby, 2019; Jesse et al., 2019; Krishnan, 2016; Liddell & Guiney, 2015; Molyneaux et al., 2016; Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; Stirling, 2007).

Por otra parte, **redundancia** y **conectividad** son cruciales para una adecuada capacidad de respuesta. Cuando uno o varios componentes son afectados negativamente por la amenaza en cuestión, un sistema con mayores niveles de redundancia posee un espacio de amortiguación (*buffer*) o respaldo, que permite mantener los servicios energéticos pese a los impactos negativos de la amenaza (Biggs et al., 2012; Erker et al., 2017; Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019; Roege et al., 2014; Teng et al., 2013; Ulanowicz et al., 2009). Del mismo modo, la conectividad implica una mayor integración y modularidad del sistema sociotécnico. Esto aumenta la capacidad de respuesta al permitir tanto mantener el servicio mediante la cooperación de otros componentes como asegurar la segmentación de los impactos al generar estructuras modulares (Biggs et al., 2012; Binder et al., 2017; Chester & Allenby, 2019; Jesse et al., 2019; Lietaer et al., 2010; Ribeiro & Pena Jardim Gonçalves, 2019). De esta forma, se pueden observar estas tres características en los siguientes indicadores mencionados en la tabla N°2.

| Sub-dimensión | Nombre indicador                                    | Descripción de indicador                                                                                               | Referencia                                                                                    |
|---------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diversidad    | Shannon-Weaver Index (SWI) presente                 | Cuantifica el grado en que un sistema diversifica o concentra sus fuentes de energía.                                  | (Binder et al., 2017; Kharrazi et al., 2015)                                                  |
|               | Shannon-Weaver Index (SWI) últimos 20 años          | Cuantifica la tendencia de diversificación o concentración de sus fuentes de energía.                                  | Adaptación basada en (Binder et al., 2017; Kharrazi et al., 2015)                             |
|               | Dependencia externa                                 | Porcentaje de demanda energética cubierta por generación local.                                                        | Adaptación basada en (Molyneaux et al., 2016; Sovacool & Mukherjee, 2011)                     |
|               | Disparidad                                          | Cuantifica el grado de diferencia que poseen los componentes del sistema.                                              | (Binder et al., 2017; Wyss et al., 2018)                                                      |
|               | Indicador Shannon-Weaver Index (SWI) para propiedad | Cuantifica el grado en que un sistema diversifica o concentra la propiedad.                                            | Adaptación basada en (Binder et al., 2017; Kharrazi et al., 2015; Sovacool & Mukherjee, 2011) |
|               | Generación eléctrica distribuida                    | Porcentaje de capacidad instalada que es generada por sistemas distribuidos respecto del total de capacidad instalada. | Adaptación basada en (Sovacool & Mukherjee, 2011)                                             |
|               | Multiplicidad de generación de energía              | Porcentaje de generadores que pueden funcionar con más de una fuente de energía.                                       | Propuesta basada en (Roege et al., 2014)                                                      |
|               |                                                     | Porcentaje de servicios energéticos residenciales que pueden ser generados con distintas fuentes.                      | Propuesta basada en (Red de Pobreza Energética, 2019; Roege et al., 2014)                     |

|                     |                                |                                                                                             |                                          |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Redundancia</b>  | Capacidad instalada            | Razón entre capacidad instalada máxima y demanda máxima.                                    | (Sovacool & Mukherjee, 2011)             |
|                     | Reservas de energía            | Relación entre consumo y reservas potenciales en años restantes de consumo al ritmo actual. | (Sovacool & Mukherjee, 2011)             |
|                     | Almacenamiento de energía      | Porcentaje almacenamiento respecto de demanda máxima.                                       | (Sovacool & Mukherjee, 2011)             |
|                     | Conectividad con exterior      | Cantidad de conexiones de respaldo del SSTE con el exterior.                                | (Sovacool & Mukherjee, 2011)             |
| <b>Conectividad</b> | Distancia promedio entre nodos | Cuantifica el promedio de distancia entre nodos del sistema                                 | (Binder et al., 2017; Wyss et al., 2018) |
|                     | Centralidad                    | Cuantifica el grado de centralidad de un nodo en relación con otros.                        | (Binder et al., 2017; Wyss et al., 2018) |
|                     | Modularidad                    | Cuantifica el grado de autonomía o segregación de componentes del sistema.                  | (Binder et al., 2017; Wyss et al., 2018) |

Tabla N°2: Resumen de propuesta de indicadores de flexibilidad.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2 Memoria

En la literatura sobre sistemas socioecológicos y sociotécnicos se ha relevado la importancia de la memoria y el aprendizaje en su papel en los procesos de adaptación, transformación y gobernanza cuando existen condiciones institucionales favorables para su desarrollo (Biggs et al., 2012; Ernst, 2019; Folke, 2006; Folke et al., 2005; Geels, 2004; Nykvist, 2014; Smith & Stirling, 2008; Tompkins & Adger, 2004; Walker et al., 2006).

Siguiendo a Biggs et al. (2012), se pueden identificar dos herramientas clave para el aprendizaje social: el monitoreo y la experimentación. La primera se refiere a la capacidad para almacenar y poner a disposición información, aprendizajes y experiencias en organizaciones e instituciones para su utilización posterior al enfrentar una amenaza (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke, 2006; Gunderson & Holling, 2002; Walker et al., 2006). En segundo lugar, la experimentación a través de procesos participativos es capaz de mejorar las redes de aprendizaje, niveles de confianza y colaboración del sistema, haciéndolo más resiliente (Berkes, 2007; Biggs et al., 2012; de Kraker, 2017; Folke et al., 2005).

A la hora de proponer indicadores para la dimensión aprendizaje es necesario tener en cuenta que este acercamiento es de carácter predictivo y, por lo tanto, limitado por su punto de vista. Una metodología que describa los procesos de respuesta y adaptación empíricamente será más precisa en analizar la efectividad de los procesos participativos y de aprendizaje. Esta propuesta, en cambio, busca dar cuenta de los factores contextuales relevantes que facilitan en un sistema la construcción de aprendizajes y su puesta en disponibilidad en la memoria del sistema.

Tomando como referencia esta distinción desarrollada por (Biggs et al., 2012), se proponen tres subdimensiones de la memoria. En primer lugar, se requiere de un **registro** o sistema de información que permita monitorear la historia del sistema sociotécnico de energía, conocer su funcionamiento lo más periódicamente posible o en tiempo real. Si el acceso a este sistema de información permite alta modularidad (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015), es decir, acceso independiente y descentralizado, facilita la retención de la memoria en varios componentes del sistema.

Una segunda dimensión de la memoria es la **reflexividad** que refiere a la capacidad del sistema sociotécnico de energía para procesar la información contenida en su registro y generar distinciones con su entorno, en este sentido, son cruciales la generación de conocimiento científico, evaluaciones de impacto, estudios de sustentabilidad, entre otros.

Por último, un sistema sociotécnico de energía con mayores **capacidades instaladas para el aprendizaje** tiene mayores posibilidades de convertir esta información y conocimiento en ideas y soluciones apropiadas para adaptar o transformar los componentes y estructuras del sistema sociotécnico en vista de las amenazas identificadas. El aprendizaje social, si bien es sumamente deseable para aumentar la resiliencia del sistema, depende de un conjunto de condiciones para ser efectivo. Entre estas se pueden mencionar el balance de poder entre actores; la existencia de valores compartidos, confianza, legitimidad y apoyo institucional; la instalación de un proceso iterativo y recurrente; liderazgo y capacidades organizacionales, entre otras (de Kraker, 2017; Ernst, 2019; Nykvist, 2014; Reed et al., 2010).

Otro acercamiento a la relevancia del aprendizaje plantea la importancia de ciertos roles o funciones dentro de un sistema socioecológico. De esta forma, el grado en que el aprendizaje puede efectivamente mejorar la gestión adaptativa de estos sistemas se expresa en la presencia o ausencia de los roles: repositorios de conocimientos, intérpretes, conectores, facilitadores, visionarios, innovadores, experimentadores, seguidores y reforzadores (Berkes, F., Colding, J., Folke, 2001; Folke et al., 2005). La propuesta de estos autores es que la presencia o ausencia de estos roles en un sistema socioecológico permite comprender el estado de su memoria y el aprendizaje.

Tomando estos aportes como base, se lista en la tabla N°3 un conjunto de indicadores propuestos para esta dimensión.

| Sub-dimensión | Nombre indicador                                                              | Descripción de indicador                                                                                                                                                                                      | Referencia                                                                           |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Registro      | Existencia de plataformas de datos abiertos sobre SSTE                        | Existencia de datos abiertos mediante portales oficiales.                                                                                                                                                     | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Información actualizada de proveedores y disponibilidad de fuentes de energía | Existencia de datos abiertos mediante portales oficiales.                                                                                                                                                     | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Cobertura de información sobre sistema de plataformas de datos abiertos       | Porcentaje de indicadores de esta propuesta que pueden construirse con bases de datos abiertas y actualizadas, respecto del total.                                                                            | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Periodicidad de la información sobre sistema de plataformas de datos abiertos | Promedio de años en que se actualiza la información sobre indicadores de VET.                                                                                                                                 | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Monitoreo de emisiones contaminantes                                          | Porcentaje de asentamientos humanos con presencia de monitoreo de contaminantes criterio (NO <sub>2</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ) respecto del total. | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Monitoreo de emisiones de GEI                                                 | Porcentaje de sectores de generadores y usuarios de energía que poseen inventarios de emisiones de GEI respecto del total.                                                                                    | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Gestión de demanda                                                            | Existencia de un sistema de gestión de demanda y oferta energética.                                                                                                                                           | Propuesta en base a (Chester & Allenby, 2019)                                        |
|               | Smart Grid                                                                    | Cobertura de Smart Grid respecto del total de clientes.                                                                                                                                                       | Propuesta en base a (Chester & Allenby, 2019)                                        |
| Reflexividad  | Apariciones en medios de comunicación                                         | Cantidad anual de publicaciones de prensa sobre sistema SSTE (5 años).                                                                                                                                        | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Chester & Allenby, 2019; Fath et al., 2015) |
|               | Conocimiento científico                                                       | Cantidad de publicaciones científicas sobre sistema sociotécnico de energía (5 años).                                                                                                                         | Propuesta en base a (Berkas, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)              |
|               | Evaluaciones de impacto de proyectos energéticos                              | Porcentaje de proyectos energéticos con evaluación de impacto social, ambiental y ecológico.                                                                                                                  | Propuesta en base a (Berkas, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)              |

|             |                                   |                                                                                                                             |                                                                                |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Aprendizaje | Patentes propiedad intelectual    | Cantidad de patentes de propiedad intelectual sobre algún componente sistema sociotécnico de energía (5 años).              | Propuesta en base a (Berkes, F., Colding, J., Folke, 2001; Folke et al., 2005) |
|             | Proyectos de innovación           | Cantidad de proyectos de innovación exitosamente implementados en el sistema sociotécnico de energía en los últimos 5 años. | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)        |
|             | Instituciones educativas          | Cantidad de instituciones educativas con planes de formación relacionados con SSTE                                          | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)        |
|             | Organizaciones No Gubernamentales | Cantidad de apariciones en prensa y publicaciones de ONG sobre sistema sociotécnico de energía (5 años).                    | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)        |
|             | Campañas educativas.              | Cantidad anual de campañas educativas e informativas sobre sistema sociotécnico de energía.                                 | Propuesta en base a (Berkes, F., Colding, J., Folke, 2001; Folke et al., 2005) |

Tabla N°3: Resumen de propuesta de indicadores de memoria.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3 Autotransformación

Finalmente, una tercera dimensión de la resiliencia refiere a la **autotransformación** de los sistemas socioecológicos o sociotécnicos. Es decir, la capacidad de los sistemas para modificar y gobernar sus componentes y estructuras en virtud de ciertos objetivos, ya sean definidos teleológicamente o emergentes a partir de nuevas condiciones (CR2, 2018).

De manera más genérica, algunos autores han definido gobernanza como las condiciones para un orden regulado y acción colectiva o la generación de instituciones para la coordinación social (Folke et al., 2005; Lee, 2003; Stoker, 1998). Con mayor detalle, Lebel et al. (2006) vinculan la gobernanza y la resiliencia del sistema, en tanto la primera genera condiciones para compartir el poder y coordinar la acción individual y colectiva. Gobernanza, según estos autores, contiene a las leyes, regulaciones, discursos y procesos de toma de decisión que surgen de la interacción de múltiples actores (Lebel et al., 2006).

Para incentivar una mejor toma de decisiones, al concepto de gobernanza se le han añadido un conjunto de adjetivos que incluyen condiciones para un ejercicio efectivo de esta y para la mejora de las condiciones de resiliencia del sistema. Entre estos se encuentran la gobernanza interactiva (Kooiman et al., 2008), gobernanza adaptativa (Folke et al., 2005; Tompkins & Adger, 2004), o la gobernanza policéntrica (Biggs et al., 2012; Carlisle & Gruby, 2017; Urquiza, Amigo, Billi, Cortés, et al., 2019), entre otros.

De manera esquemática, se pueden identificar tres factores que propician la capacidad de autotransformación del sistema sociotécnico de energía y así aumentar su resiliencia. Por

un lado, es relevante la **coordinación** que poseen los actores (ej. sector público y privado) para regular y generar decisiones vinculantes sobre el sistema sociotécnico de energía. Una condición relevante para esta dimensión es que un mayor policentrismo o descentralización en la toma de decisiones propicia que se aprovechen de mejor manera los aprendizajes sociales generados a escala local, ya que poseen un conocimiento más profundo de las amenazas y riesgos que los niveles centrales o globales (ej. cuenca, macro-cuenca, ciudad) (Biggs et al., 2012; Carlisle & Gruby, 2017; Urquiza, Amigo, Billi, Cortés, et al., 2019).

En segundo lugar, la **anticipación** es crucial para asegurar procesos de autotransformación en el sentido de lograr una mejor planificación del desarrollo y adaptación a las amenazas y riesgos que enfrenta el sistema. De esta forma, ejercicios de *backcasting* o *forecasting* o el diseño de estrategias de manera participativa permiten a los actores del sistema sociotécnico disminuir el grado de incertidumbre respecto a sus inversiones e implementar soluciones en línea con mejorar la resiliencia y sustentabilidad del sistema.

Finalmente, la capacidad del sistema de **tomar decisiones** de manera vinculante y efectiva es crucial para su autotransformación. De esta forma, las condiciones normativas, financieras y políticas del sector público y privado condicionan la capacidad de toma de decisión del sistema para mejorar sus condiciones de resiliencia. Asimismo, condicionan la posibilidad de que estas decisiones sean integradas por cada componente del sistema y sean verificadas.

Esta propuesta se resume en el siguiente listado de indicadores, presentados en la tabla número 4.

| Sub-dimensión | Nombre indicador                   | Descripción de indicador                                                                                     | Referencia                                                                                                   |
|---------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Coordinación  | Descentralización                  | Cantidad de proyectos energéticos aprobados por organismos locales mediante mecanismos de participación.     | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Stoker, 1998)                                   |
|               |                                    | Existencia de organismos locales enfocados en gestionar y/o fiscalización sobre operaciones del SSTE.        | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Stoker, 1998)                                   |
|               |                                    | Cantidad de normativas y regulaciones que cuentan con adaptación a las condiciones del territorio.           | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Stoker, 1998)                                   |
|               | Coordinación horizontal del Estado | Existencia de mesas técnicas y políticas de coordinación en el Estado sobre sistema sociotécnico de energía. | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Hoff, 2011; Stoker, 1998)                       |
|               | Coordinación público-privada       | Existencia de instancias de coordinación entre regulador y privados.                                         | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Hoff, 2011; Kooiman et al., 2008; Stoker, 1998) |

|                     |                                                     |                                                                                                                                                |                                                                                                              |
|---------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coordinación</b> | Alianzas público-privada-sociedad civil             | Coordinaciones transversales publico-privada-sociedad civil para coordinar operaciones del SSTE.                                               | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Hoff, 2011; Kooiman et al., 2008; Stoker, 1998) |
|                     | Presencia de gremios                                | Porcentaje de empresas adscritas a gremios respecto del total de empresas del SSTE.                                                            | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Hoff, 2011; Kooiman et al., 2008; Stoker, 1998) |
|                     | Participación ciudadana                             | Cantidad de proyectos con participación ciudadana respecto del total de proyectos.                                                             | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Hoff, 2011; Kooiman et al., 2008; Stoker, 1998) |
|                     | Movimientos y organizaciones sociales               | Cantidad de organizaciones y/o movimientos sociales con opinión pública respecto de impactos de sistema sociotécnico de energía.               | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Hoff, 2011; Kooiman et al., 2008; Stoker, 1998) |
| <b>Anticipación</b> | Backcasting o forecasting                           | Cantidad de ejercicios colaborativos (público-privado o coordinación horizontal de sectores públicos) de backcasting o forecasting sobre SSTE. | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)                                      |
|                     | Policy o white papers                               | Cantidad de policy o white paper publicados por Universidades, Centros de Estudios y ONG sobre SSTE.                                           | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)                                      |
|                     | Existencia de estrategias de desarrollo largo plazo | Existencia de estrategias de desarrollo de largo plazo del SSTE generadas con procesos participativos (ej. Estrategias energéticas locales).   | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)                                      |
| <b>Decisión</b>     | Marco regulatorio                                   | Existencia de un marco regulatorio que defina marco para sistema sociotécnico.                                                                 | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Stoker, 1998)                                   |
|                     | Regulación mercado energético a nivel local         | Existencia de actor regulador con atribuciones legalmente definidas que actúa a nivel local.                                                   | Propuesta en base a (Biggs et al., 2012; Folke et al., 2005; Stoker, 1998)                                   |
|                     | <i>Normative lock-in</i>                            | Cantidad de regulaciones con quorum calificado respecto del total de regulaciones relevantes al SSTE.                                          | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005)                                      |

|                 |                            |                                                                                                |                                                                         |
|-----------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Decisión</b> | Fiscalización              | Presupuesto total para acciones fiscalizadoras a nivel local.                                  | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005) |
|                 | Inversión privada en SSTE  | Inversión privada en capital fijo de SSTE como porcentaje del PIB.                             | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005) |
|                 | Inversión pública en SSTE  | Inversión pública en capital fijo de SSTE como porcentaje del PIB.                             | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005) |
|                 | Confianza en instituciones | Porcentaje de aprobación de instituciones relacionadas con el sistema sociotécnico de energía. | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005) |
|                 | Capital social             | Análisis de integración de componentes del sistema a través de análisis de redes.              | Propuesta en base a (Berkes, Colding & Folke, 2001; Folke et al., 2005) |

Tabla N°4: Resumen de propuesta de indicadores de autotransformación.  
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la mayoría de los indicadores que integran la dimensión de autotransformación son difícilmente cuantificables, es necesario complementar este análisis con aportes propios de un acercamiento cualitativo, ya sea mediante entrevistas a actores clave o revisión de información secundaria. En este sentido, preguntas orientadoras pueden ser las siguientes: ¿cómo se expresa el liderazgo que posee el sector público y privado en la generación de decisiones sobre el presente y futuro del SSTE? ¿Existen agendas diversas sobre la estructura, reglas y las transformaciones futuras del SSTE? ¿Qué urgencia o relevancia poseen en la opinión pública las temáticas relacionadas con el SSTE? ¿Qué tan efectiva es la participación ciudadana y sociedad civil en decisiones del presente y futuro del SSTE? ¿Existe un proceso de mejora continua en las estrategias energéticas territoriales y otros instrumentos de gestión relacionados a la temática abordada? 



## 4

### CONCLUSIONES

El acceso equitativo a energía de calidad es un desafío urgente en Chile y el resto del mundo. En este sentido, para avanzar en la comprensión de este fenómeno es necesario un acercamiento a nivel micro – como se ha hecho anteriormente a nivel de hogar (Red de Pobreza Energética, 2019) – pero también a nivel territorial, con el objetivo de integrar distintos usuarios, actores, condiciones de sensibilidad y resiliencia del acceso equitativo a energía de calidad desde la perspectiva del sistema sociotécnico.

En este documento se ha propuesto el concepto de Vulnerabilidad Energética Territorial como base para comenzar a comprender las condiciones del territorio que condicionan la falta de acceso equitativo – en cantidad y calidad – a servicios energéticos resilientes que permitan el desarrollo humano y económico sostenible de su población. La propuesta acá desarrollada puede servir como punto de partida para implementar sistemas de diagnóstico y seguimiento de las condiciones de sensibilidad, resiliencia y vulnerabilidad en distintas escalas territoriales, cuidando de adaptar pertinentemente las categorías acá desarrolladas al objeto de estudio definido.

Esta propuesta teórica y metodológica puede ser de utilidad tanto para comprender de mejor forma las condiciones territoriales que dan origen a la pobreza e inseguridad energética, como para tener un mejor diagnóstico del punto de partida desde el cual implementar transiciones energéticas hacia una matriz descarbonizada. Por otro lado, el análisis de riesgo, tanto originado por el cambio climático y por otro tipo de amenazas, podrá verse beneficiado por esta propuesta en tanto que complementa un enfoque centrado en los usuarios con uno enfocado en las condiciones del sistema sociotécnico para enfrentar los desafíos venideros.





















# RedPE

Red de Pobreza Energética



Fondecyt  
N°11180824