

# Marco de evaluación de la vulnerabilidad

Santiago, 2018  
Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>  
(FONDAP 15110009)  
Universidad de Chile



### **Directoras del proyecto**

Maisa Rojas (Directora)

Laura Gallardo (Directora alterna)

### **Mandante del proyecto**

Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente

### **Simulaciones climáticas regionales**

Deniz Bozkurt

### **Marco de evaluación de la vulnerabilidad**

Anahí Urquiza

Marco Billi

### **Plataforma de visualización de simulaciones climáticas**

Mark Falvey

Francisca Muñoz

Nancy Valdebenito

Matías Meneses

Felipe Saveedra

### **Edición de documento**

Nicole Tondreau

### **Diagramación de documento**

M. Giselle Ogaz

Las simulaciones climáticas regionales se realizaron en colaboración con el Laboratorio Nacional de Computación de Alto Rendimiento (NLHPC, por sus siglas en inglés) haciendo uso del supercomputador Leftraru.

Citar este documento como: Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup> (FONDAP 15110009) “Guía de referencia para la plataforma de visualización de simulaciones climáticas”. Proyecto “Simulaciones climáticas regionales y marco de evaluación de la vulnerabilidad” mandado por el Ministerio del Medio Ambiente. Julio de 2018. Disponible en [www.cr2.cl](http://www.cr2.cl)

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	5
MARCO CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD .....	5
PROTOCOLOS DE ESTANDARIZACIÓN .....	13
1. Protocolo para Diseño de Estudios de Riesgo y Vulnerabilidad Climática.....	13
2. Protocolo para Sistematizar Estudios Previos.....	19
3. Repositorio Climático Unificado .....	22
VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS .....	27



## INTRODUCCIÓN

El Ministerio del Medio Ambiente contrató en 2016 el presente estudio a un equipo multidisciplinario del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup> a través de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, el que fue desarrollado durante el año 2017.

El propósito del proyecto fue generar proyecciones climáticas para Chile a través de la modelación climática a escala regional. Dicha información busca aportar a la correcta estimación de la vulnerabilidad del país, y está disponible en una plataforma interactiva que permite apoyar el diseño de políticas públicas.

Este informe de síntesis presenta los resultados del análisis de los estudios de vulnerabilidad socio-ambiental del país, y plantea una propuesta conceptual y un protocolo de estandarización para este tipo de estudios, además de algunas consideraciones generales y recomendaciones basadas en la revisión de la literatura existente sobre la vulnerabilidad de distintos sectores y ámbitos territoriales y tecnológicos del país frente al cambio climático, así como las principales vulnerabilidades institucionales y brechas de conocimiento.

## MARCO CONCEPTUAL DE VULNERABILIDAD

Un importante desafío al desarrollar un marco conceptual para evaluar la vulnerabilidad climática de Chile es la variedad de definiciones y esquemas analíticos que se usan en la literatura. En este contexto se identifican múltiples usos y significados asociados a conceptos clave como ‘exposición’, ‘sensibilidad’, ‘capacidad adaptativa’, ‘peligro’, ‘resiliencia’, ‘riesgo’ y ‘vulnerabilidad’.

La Sociedad Alemana de Cooperación Internacional GIZ (2014) identifica tres grandes familias de definiciones: la primera [D1] se usa particularmente entre los especialistas de prevención y gestión de riesgos de desastre; la segunda [D2] corresponde a la propuesta del cuarto informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), que ha sido inspiración para un gran número de estudios y reflexiones; finalmente, una tercera definición [D3] es aquella del capítulo “Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad” del quinto informe del IPCC y que adopta elementos de las dos definiciones previas.

Si bien todas las definiciones tendrían un propósito análogo, y aun existiendo cierta similitud en sus supuestos subyacentes y sus elementos básicos, permanecen importantes diferencias tanto en el plano terminológico como lógico-estructural (relaciones y jerarquías entre dichos elementos).

En particular, como se muestra en los últimos dos cuadros de la figura, en D3 la vulnerabilidad pasa de ser la variable final que se busca determinar (como ocurría en D2), a convertirse en un factor dentro de aquella. Mientras tanto, la exposición pasa de ser uno de los elementos que componen la vulnerabilidad, a convertirse en otra dimensión que opera en el mismo plano de ésta en la definición del riesgo.

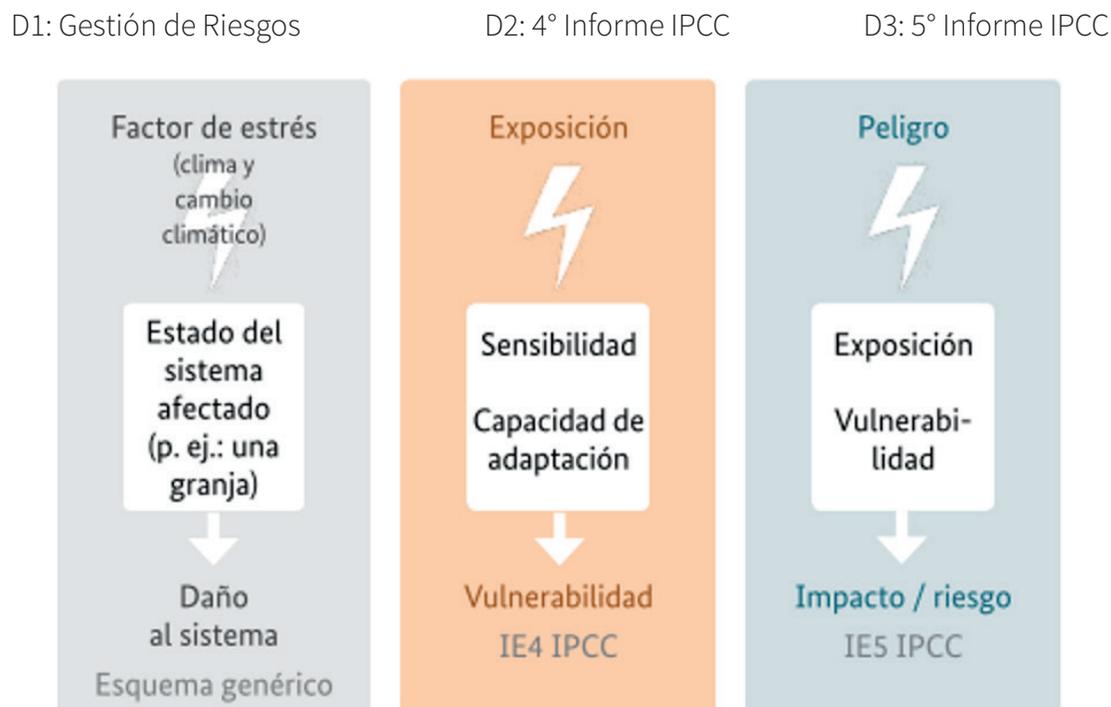


Figura 1: Comparación entre definiciones. Fuente: GIZ (2014, p.32)

Estas diferencias no tienen solamente valor terminológico: por el contrario, implican que al adoptar D3, la evaluación de la ‘vulnerabilidad climática’ representa solo una de las componentes de una aproximación más amplia que refiere a la estimación del ‘riesgo climático’.

Ello hace necesario contar con un marco conceptual general, que ilustre tanto el concepto de vulnerabilidad como las importantes interdependencias que éste tiene con los otros componentes del riesgo climático, permitiendo así articular las diferentes investigaciones relacionadas con el tema. Este ejercicio servirá como guía para la estandarización de conocimiento relacionado con condiciones de exposición, sensibilidad y capacidad de respuesta al cambio climático, constituyéndose en una base para la evaluación integral del riesgo y la vulnerabilidad.

Para la definición del marco conceptual, se adopta la noción propuesta en D3, la cual recoge el carácter holístico del riesgo y que tiene creciente aceptación y aplicación tanto en la comunidad internacional como en la realidad chilena (Ministerio del Medio Ambiente, 2016a). Sin embargo, siendo esta una definición muy reciente y distinta de aquella empleada en un gran número de estudios y publicaciones en el país, se considera relevante revisar de forma cuidadosa las continuidades y discontinuidades que las definiciones presentan entre sí para evitar las inconsistencias y ambigüedades que podrían derivar del uso poco atento de estas nociones.

El quinto informe del IPCC (IPCC, 2014: 5) comprende el riesgo como “Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro”.

A su vez, estos tres últimos conceptos se definen como (IPCC, 2014: 5):

- Peligro: Acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales.
- Exposición: La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente.
- Vulnerabilidad: Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación, entendidas como:
  - Sensibilidad: el grado al que un sistema o especie se vea afectada, sea de manera negativa o positiva, por la variabilidad o cambio climático.
  - Capacidad de respuesta: la capacidad de las personas, instituciones, organizaciones y sistemas para enfrentar, gestionar y superar condiciones adversas en el corto y mediano plazo, utilizando las habilidades, valores, creencias, recursos y oportunidades disponibles.

La interacción entre los tres elementos del riesgo se resume en el siguiente gráfico, donde se ilustra además cómo son influenciados por una variedad de dinámicas climáticas y socioeconómicas.

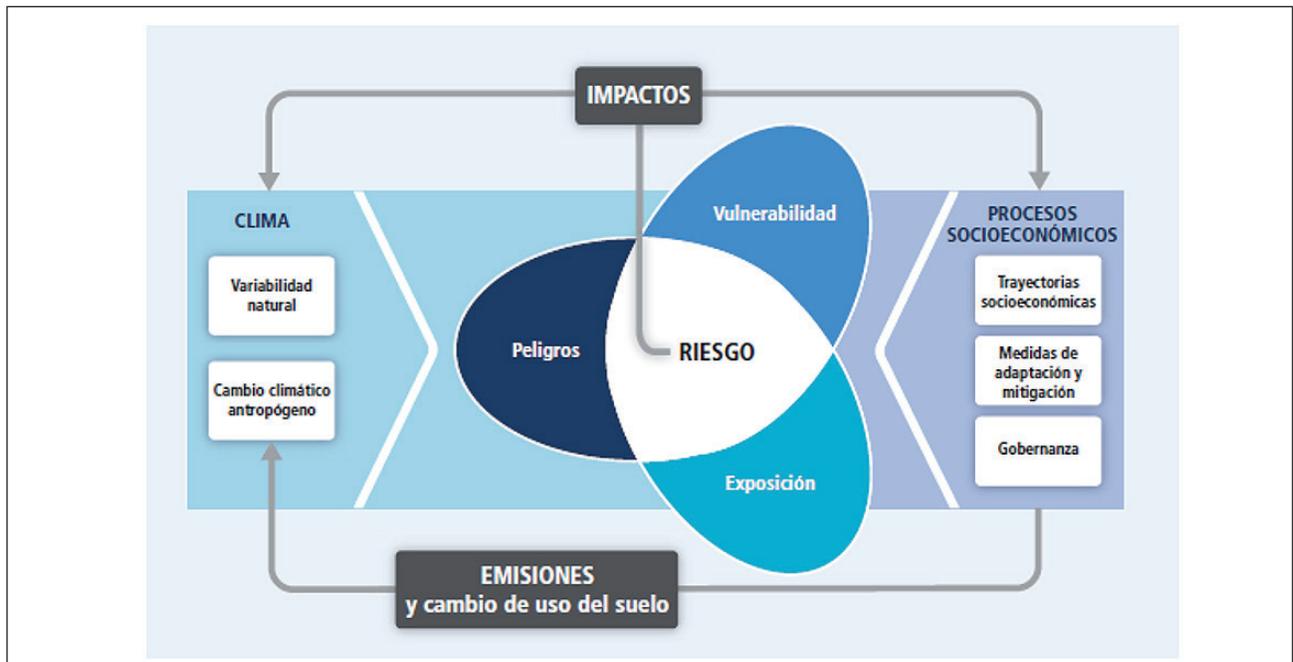


Figura 2: Conceptualización de Vulnerabilidad del 5o informe IPCC (2014, p.3)

Si bien esta definición es la base del desarrollo conceptual del presente estudio, a partir del análisis de la literatura y las aplicaciones realizadas hasta la fecha, se proponen algunas precisiones que permiten articular diferentes investigaciones en el contexto de la vulnerabilidad climática.

En este modelo, los peligros (o amenazas) hacen referencia a aquellos cambios y tendencias en variables climáticas que podrían potencialmente generar daños o impactos en ámbitos materiales o productivos. Las mismas variaciones y eventos extremos pueden afectar de forma muy distinta a cada sistema, por lo que la estimación de estos peligros debería considerarse transversal e independiente respecto de los diversos sistemas afectados. Dicho de otra forma, no es necesario conocer las características de las comunidades y sectores productivos para estimar las proyecciones meteorológicas futuras que podrán afectarles.

Por el contrario, la noción de vulnerabilidad identifica aquellos componentes que dependen únicamente de características del sistema. En este sentido, debe evaluarse en relación con cada uno de los distintos sistemas afectados (ecológico, productivo, social) pero con independencia respecto de los posibles peligros susceptibles de afectarlos.

La exposición actúa como factor intermedio entre peligro y vulnerabilidad, ya que identifica la presencia de elementos susceptibles a tendencias específicas y extremos climáticos dentro de cada sistema, lo que dependerá tanto de las características de dichos sistemas como de la naturaleza de los propios fenómenos climáticos que se están considerando. En otras palabras, siempre debería hablarse de la exposición de un sistema particular a un peligro climático particular. Por ejemplo, inundaciones, sequías y olas de calor podrían tener distribuciones geográficas muy distintas, afectando de forma diferenciada a distintas comunidades y grupos socioeconómicos (Krellenberg, Müller, Schwarz, Höfer, & Welz, 2013)

El riesgo, así, resultaría de una combinación de los efectos que cada peligro climático, mediado por las respectivas condiciones de exposición, produce sobre cada posible sistema de interés en función de las características de vulnerabilidad de este último.

La vulnerabilidad, como ya ha propuesto el IPCC (2014) contempla dos sub-dimensiones: sensibilidad y capacidad de respuesta. Un sistema se vuelve vulnerable al cambio climático cuando sus características particulares lo hacen sensible a peligros climáticos a los cuales es expuesto y cuando presenta una baja capacidad de respuesta frente a los impactos que estas sensibilidades generan.

Esto significa que si bien la vulnerabilidad debe entenderse prescindiendo de los peligros climáticos, ésta queda en parte dependiente de las condiciones de exposición a las variables hidroclimáticas: así como ciertos cultivos serán beneficiados, otros afectados y algunos indiferentes a eventos extremos o a los cambios en regímenes de temperatura (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2008a), de igual forma distintas comunidades podrán tener predisposiciones particulares a peligros climáticos específicos. Por ejemplo, el calor impacta mayormente a los adultos mayores y la contaminación a quienes sufren de enfermedades respiratorias.

Por el contrario, en la capacidad de respuesta se pierde la referencia directa a las variables hidroclimáticas y se pone más atención a los procesos internos de los sistemas que les permiten enfrentar y superar los problemas derivados de su sensibilidad y exposición a dichas variables.

En el ámbito social y productivo, por ‘respuesta’ se entienden las acciones por medio de las cuales sistemas, organizaciones o personas intentan mantener su viabilidad pese a los cambios. Esos recursos pueden tener su origen en instituciones, organizaciones, prácticas socioculturales, o adaptaciones espontáneas, entre otros. La capacidad de respuesta por lo tanto refiere a las condiciones que facilitan o dificultan estas acciones, incluidas las percepciones que el propio sistema tiene respecto de los cambios que lo afectan y su posibilidad de actuar frente a ellos (Qin, Romero-Lankao, Hardoy, & Rosas-Huerta, 2015). A partir de la literatura, se ha identificado que la capacidad de respuesta depende en gran medida de la flexibilidad del sistema, donde la diversidad, redundancia y conectividad entre sus elementos es fundamental (Norberg & Cumming, 2008).

Aunque sean más o menos espontáneas, las respuestas siguen siendo reacciones a los estímulos climáticos. Por lo tanto, deben ser distinguidas de la capacidad que tienen los sistemas de reflexionar y llevar a cabo proactivamente acciones ‘adaptativas’ frente a los cambios que podrían afectarlos en el futuro: esto es lo que llamaremos ‘capacidad adaptativa’<sup>1</sup>.

Se clasifican dentro de la capacidad adaptativa aquellos intentos de dirección de un sistema que derivan de su entorno. Por ejemplo, las acciones de una administración pública para orientar a otros sistemas y subsistemas y que, por ejemplo, son mediadas por un análisis de riesgo y vulnerabilidad como el que se propone en este documento. Los esfuerzos que se hacen desde el Ministerio del Medio Ambiente para avanzar en el análisis de la vulnerabilidad en Chile se pueden comprender bajo este marco.

Para desarrollar la capacidad adaptativa resulta fundamental la memoria del sistema, entendida como el procesamiento de información y aprendizaje de las experiencias en su relación con el entorno, y la capacidad de autotransformación del sistema, que se refiere a la modificación de sus propias estructuras y condiciones (Urquiza Gómez & Cadenas, 2015).

A diferencia de la capacidad de respuesta, que es una sub-dimensión de la vulnerabilidad y tenderá a focalizarse en aquellos elementos de mayor sensibilidad para el sistema específico afectado, la capacidad adaptativa hace referencia a todas las dimensiones del riesgo y puede manifestarse reduciendo la vulnerabilidad de un determinado sistema al cambio climático -lo que a su vez puede lograrse disminuyendo sus sensibilidades o aumentando sus capacidades autónomas de respuesta- o limitando su exposición, o incluso, atacando directamente a las tendencias hidrometeorológicas que originan los peligros climáticos: es decir, por medio de esfuerzos de mitigación.

Bajo esta perspectiva es posible comprender que ‘mitigación’ y ‘adaptación’ no deberían verse como caminos alternativos, sino como componentes complementarios de una misma estrategia orientada a reducir los riesgos asociados al cambio climático. La diferencia principal entre ambos es que la mitigación requiere de medidas con un grado de alcance mayor -incluso global- y, por lo tanto, es más compleja en términos de proyecciones y colaboración. Adicionalmente, sus efectos solo serán observables a largo plazo (en décadas). La adaptación, por el contrario, puede implementarse con medidas más acotadas y efectos más rápidos. Dicho esto, es indispensable trabajar sobre ambos componentes de forma complementaria.

---

<sup>1</sup> Esta distinción entre ‘capacidad de respuesta’ y ‘capacidad adaptativa’ ya había sido usada, por ejemplo, en CONAMA (2010).

Estas posibilidades de capacidad adaptativa dependen de la escala temporal y el grado de control disponibles en los sistemas afectados: una comunidad o sistema productivo podrá incrementar autónomamente sus propias capacidades de respuesta al cambio climático al recibir información, recursos y apoyo adecuado. Sin embargo, para atacar a sus condiciones de sensibilidad y de exposición podrán requerirse intervenciones coordinadas, planificaciones y políticas públicas de mayor alcance.

En conjunto, capacidad de respuesta y capacidad adaptativa conforman lo que se entiende como ‘resiliencia’ del sistema al cambio climático. Es decir, la capacidad integral de un sistema para anticiparse, resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, preservando, restaurando y mejorando sus estructuras, funciones básicas e identidad (Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, 2016). Todo queda resumido en el siguiente esquema, que adapta y expande la definición de IPCC (2014):

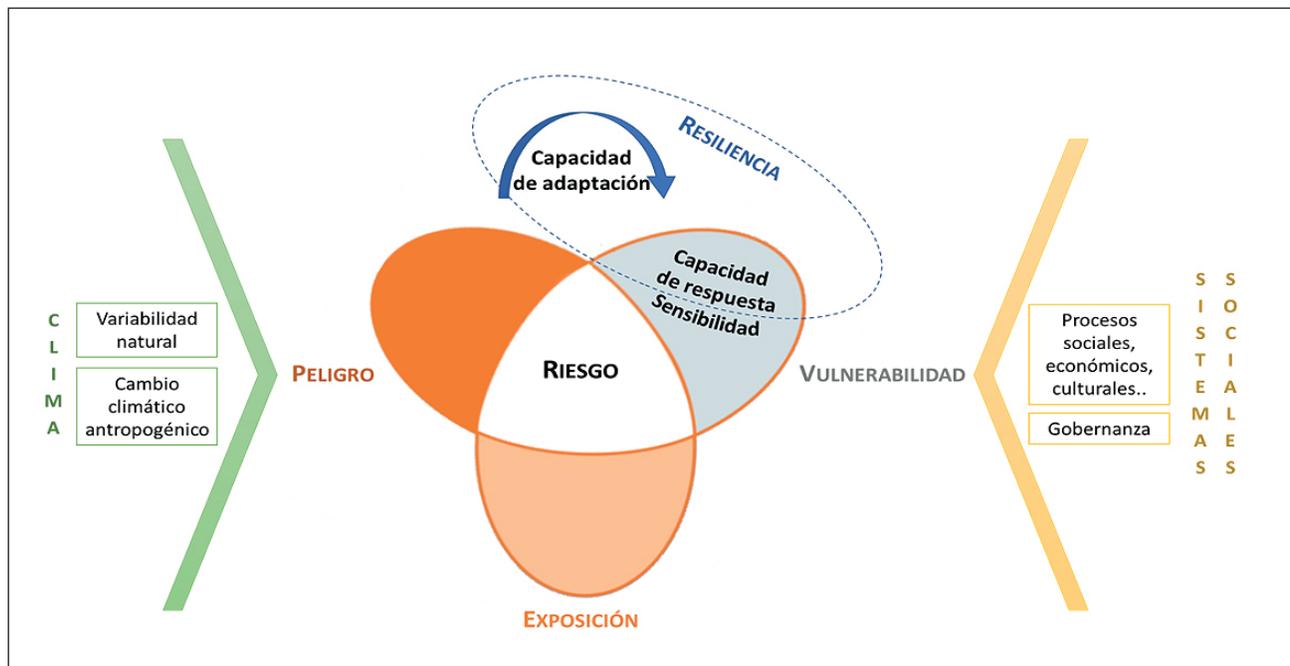


Figura 3: Marco conceptual del riesgo (elaboración propia en base a IPCC, 2014)

Al rotar el esquema, quedan más claras las posiciones del peligro y la vulnerabilidad respecto de los procesos climáticos y de las características de los distintos sistemas sociales, así como el papel ‘mediador’ de la exposición. La vulnerabilidad queda dividida entre sensibilidad y capacidad de respuesta, mientras que ésta se distingue de la capacidad adaptativa (reflexiva) como parte de una noción integrada de resiliencia.

A partir de lo previo, una adecuada operacionalización de las evaluaciones de riesgo climático requiere considerar los siguientes aspectos:

1. El(los) sistema(s) específico(s) cuya vulnerabilidad se desea evaluar y las interacciones entre ellos.
2. Los peligros (variables hidrometeorológicas) relevantes para el ámbito de estudio.

3. Las dimensiones de exposición que aplican para la(s) amenaza(s) y el(los) sistema(s) escogidos.
4. Los factores de sensibilidad que aplican para el(los) sistema(s) en relación con las dimensiones de exposición escogida(s).
5. La resiliencia global del sistema, que a su vez depende de:
  - a. las capacidades de respuesta que el sistema mantiene respecto de todos sus factores de sensibilidad;
  - b. las capacidades adaptativas aportadas por el marco institucional, regulatorio, científico, económico y social, que resultan de la capacidad de reflexión e intervención sobre las dimensiones de peligro, exposición, sensibilidad o capacidad de respuesta previamente mencionadas.

Uno de los puntos centrales de esta operacionalización es la diferencia entre las categorías de ‘riesgo’, ‘vulnerabilidad’ y ‘resiliencia’. En la literatura, la relación entre estos tres términos es muy confusa, pues cualquiera de ellos puede tomar el rol de categoría principal de las cuales las otras dos son atributos. En otros casos ‘vulnerabilidad’ se utiliza como sinónimo de ‘riesgo’ y antónimo de ‘resiliencia’ (es decir, los dos términos se tratan como opuestos, así que resiliencia puede interpretarse como ausencia de vulnerabilidad, y vulnerabilidad como ausencia de resiliencia). Si bien la evidencia permite concluir que existen importantes interrelaciones entre las tres variables -directas entre riesgo y vulnerabilidad, e inversas entre éstos y resiliencia-, el uso poco preciso de los términos puede producir confusiones y/o transformar estas palabras en simples sustitutos, perdiendo así sus especificidades analíticas. Una observación atenta, sin embargo, permitiría destacar que:

- El riesgo es la única de las tres categorías que suele asociarse con la probabilidad de acontecimiento de amenazas específicas. Si bien la vulnerabilidad se utiliza a veces de una manera parecida, la literatura ha virado hacia un uso de la palabra en referencia a una propiedad ‘contextual’ de aquellos sistemas potencialmente expuestos a amenazas. Esto permite concluir que el riesgo, tal como lo señala IPCC (2014), es una combinación de amenazas, exposiciones y vulnerabilidades.
- La vulnerabilidad incorpora a menudo la sensibilidad de componentes específicos respecto de amenazas a las que están expuestos. La resiliencia, por el contrario, hace referencia a la capacidad global de un sistema de adaptarse a cualquier amenaza a la que está expuesto y/o es sensible. Adicionalmente, la resiliencia tiende a clasificarse como una categoría emergente y difícil de observar, pues su caracterización depende de la observación de factores predictivos (capacidades de respuesta y adaptativas) o de efectos (reducción en la vulnerabilidad).

Nuestra propuesta ubica las tres categorías dentro de un esquema nidificado, en el cual ‘riesgo’ es la categoría de más amplio alcance y ‘resiliencia’ la más precisa y contextual, mientras que ‘vulnerabilidad’ ocupa una posición intermedia (Figura 5).

El esquema clarifica en qué dirección funciona la relación entre las categorías. Por ejemplo, un aumento en la resiliencia tiende a implicar una reducción en la vulnerabilidad. Pero en la dirección contraria ello no es necesariamente cierto, ya que una disminución en la vulnerabilidad podría deberse a una menor sensibilidad. Y si bien un aumento en la vulnerabilidad tiende a incrementar el riesgo, en la dirección contraria no resulta cierto, pues un aumento en el riesgo puede deberse a cambios en las probabilidades de ocurrencia y/o intensidades de las amenazas, o en una modificación en la concentración de los componentes expuestos a dichos peligros.



Figura 4: Relación entre las categorías de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia (climáticas)

Resulta clave abrir estos procesos evaluativos a la participación de actores relevantes como científicos (académicos y expertos), políticos (a nivel nacional, regional y local) y *stakeholders* (desde el mundo empresarial, la sociedad civil y las comunidades afectadas). Su presencia permite definir mejores indicadores y otorgar legitimidad a las evaluaciones y, por lo tanto, aumentar la viabilidad de las medidas que se decidan implementar. En la literatura internacional (Hegger, Lamers, Van Zeijl-Rozema, & Dieperink, 2012; Irvin & Stansbury, 2004; Lang et al., 2012; Ngar-Yin Mah & Hills, 2014; Reed, 2008) se indica la importancia de diseñar meticulosamente dichos procesos, recomendando incluir en etapas tempranas a los distintos grupos involucrados, emplear técnicas y formatos que faciliten el diálogo y la comprensión, fomentar la transparencia y la responsabilidad de las decisiones, y contar con facilitadores expertos, entre otros aspectos. Es fundamental abordar con cuidado estos elementos porque un mal empleo de métodos participativos podría resultar incluso contraproducente.

## PROTOCOLOS DE ESTANDARIZACIÓN

Consideramos que los esquemas y reflexiones presentados podrían tener interesantes aplicaciones prácticas a la hora de diseñar, sistematizar y estandarizar estudios dirigidos a estos problemas, más allá de aclarar conceptualmente los elementos relacionados con los estudios de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia climáticas, y de vislumbrar relaciones teóricas y empíricas entre conceptos.

Por ello proponemos adoptar el marco conceptual discutido como herramienta para la estandarización de estudios de riesgo, vulnerabilidad y/o resiliencia climáticas, que enfrente los desafíos de generación de conocimiento sobre la vulnerabilidad ante el cambio climático, considerando la amplia variedad de abordajes presentes en la literatura.

Dicha estandarización puede realizarse de tres formas distintas. En primer lugar, permite especificar un marco general para guiar estudios cualitativos, cuantitativos o mixtos, dirigidos a evaluar de forma integral los riesgos hidroclimáticos en distintos sistemas del país, especificando las dimensiones del riesgo y sus relaciones recíprocas. Esto será el objeto de la sub-sección .1.

En segundo lugar, aplicado a los estudios existentes, el marco conceptual ofrece una guía para comprender y articular las distintas variables tratadas y ‘traducir’ los lenguajes utilizados en una descripción unificada y sistematizada en términos de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático. Esto será revisado en la sub-sección .2.

Finalmente, el marco conceptual podrá servir como inspiración para la construcción de un Repositorio Climático Unificado que actúe como plataforma común para la generación e intercambio de conocimiento en material, tal como se detallará en la sub-sección .3.

### 1. Protocolo para Diseño de Estudios de Riesgo y Vulnerabilidad Climática

El esquema proporciona una guía para identificar los elementos que deberían ser considerados a la hora de diseñar e implementar un estudio sobre riesgo y vulnerabilidad climática, así como las interdependencias entre ellos.

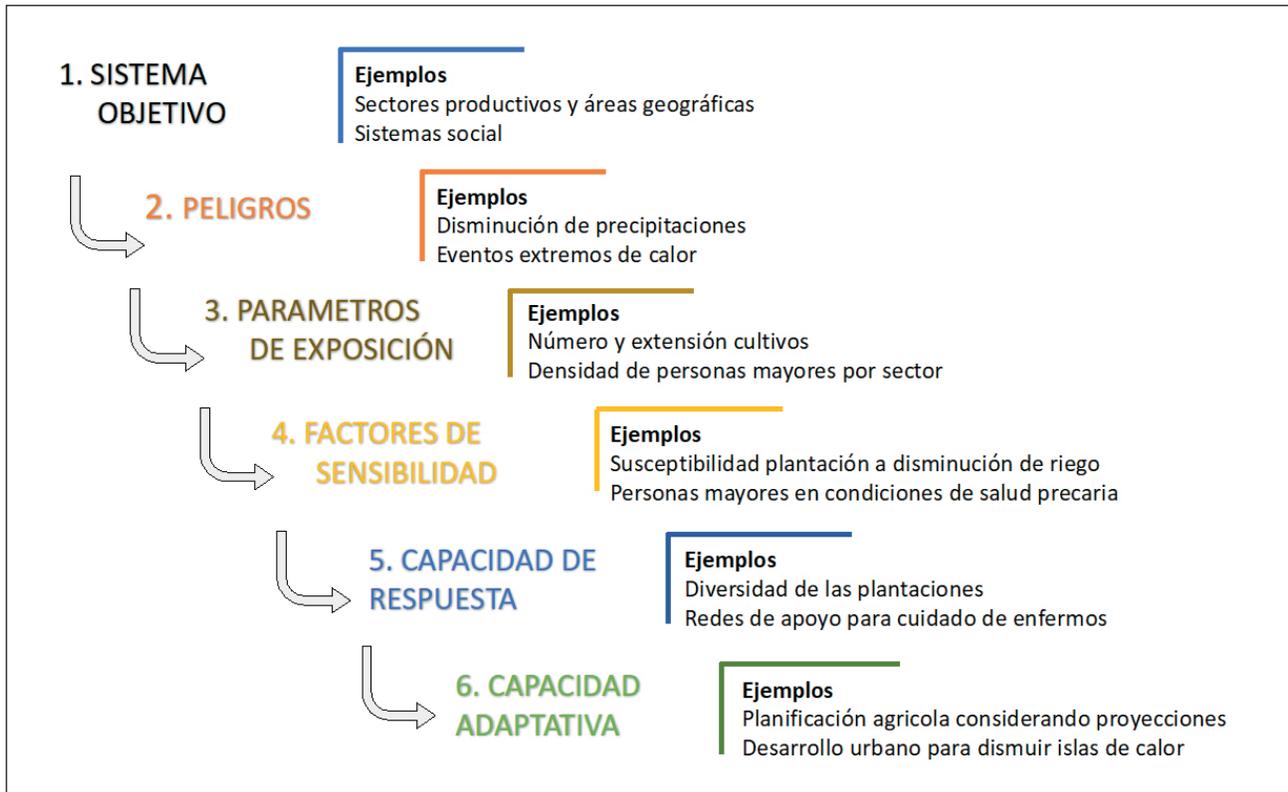


Figura 5: Protocolo de Diseño de Estudios de Riesgo y Vulnerabilidad Climática

El primer paso es definir el o los sistemas objetivos que se desea estudiar. Por ejemplo, en el presente estudio se han considerado sistemas de tipo sectorial, siguiendo la práctica corriente en el país. Una posibilidad alternativa es identificar los sistemas en términos territoriales.

Si bien ambas posibilidades tienen la ventaja de correlacionarse fácilmente con las actuales prácticas vigentes, ellas corren el riesgo de conducir a problemas como terminologías diferenciadas (con las consecuentes dificultades de comparabilidad o integración); frecuentes y no siempre transparentes solapamientos entre sus campos de aplicación; poca claridad en su específica delimitación; heterogeneidad de sus procesos, entre otros.

Con el fin de diseñar un protocolo general que sirva para generar, estandarizar y analizar de forma integrada a múltiples estudios de riesgo y vulnerabilidad climática en distintos ámbitos y niveles, se sugiere a continuación adoptar una noción de Sistemas Complejos Adaptativos. Es decir, sistemas compuestos por una variedad de elementos (sociales y no sociales) acoplados entre sí, con propiedades emergentes y capacidad auto organizativa (Cumming, 2011; Gunderson & Holling, 2002; Luhmann, 1998; Urquiza & Cadenas, 2015). En particular, dos tipos de SCA son relevantes para este análisis.

Los primeros son los sistemas socio-ecológicos. Éstos son sistemas auto organizados compuestos de elementos socioculturales y biofísicos acoplados entre sí. Adoptar dicha noción como referencia para la vulnerabilidad climática otorgaría una mirada privilegiada sobre el problema, ya que reflejaría de forma más transparente las características de auto organización de estos sistemas, representando mejor sus capacidades adaptativas y de resiliencia, y permitiendo además analizar de forma interdependiente los procesos que ocurren a distinta escala (Gunderson & Holling, 2002).

Podrían así definirse sistemas socio-ecológicos a nivel micro (barrios urbanos, sistemas cuencas-comunidades), meso (ciudades, ecosistemas) y macro (sectores a nivel nacional). Adoptando este enfoque, cada escala podría tratarse como un sistema autónomo que es posible de ser estudiado de forma independiente, pero a la vez se valorizarían sus interdependencias con otros sistemas socio-ecológicos en distintas escalas, las que podrían o bien convertirse en variables de entrada para estos modelos (así reconociendo efectos como la citada ‘doble exposición’) o integrarse directamente en el propio modelo en caso de que el análisis se ejecute en más sistemas a la vez. Adoptar esta noción implicaría sustituir todas las actuales referencias a delimitaciones geográficas (cuencas, zonas costeras), político-administrativas (comunas, regiones) o socio-culturales (comunidades) por las definiciones de los correspondientes sistemas socio-ecológicos, y usarlos como referentes para futuros estudios de vulnerabilidad climática.

En segundo lugar, y para rescatar también la división sectorial actualmente utilizada, se sugiere sustituir los ‘sectores’ por ‘sistemas socio-técnicos’, entendidos como sistemas auto-organizados compuestos de elementos socio-culturales y técnico-productivos acoplados entre sí (Kemp, Loorbach, & Rotmans 2007). Por ejemplo, podría identificarse un sistema socio-técnico relacionado con la producción, transmisión y distribución de energía; uno conectado con la producción, procesamiento y consumo de alimentos; uno con el diseño, construcción, mantenimiento y uso de infraestructuras, entre otros.

Tal como ocurre con los sistemas socio-ecológicos, el foco sobre los sistemas socio-técnicos permite observar las formas dinámicas de interacción entre los distintos componentes de dichos sistemas (actores, procesos, instituciones) y la manera en que estas promueven el mantenimiento del *status quo* independiente de las perturbaciones externas. Pero además, la propuesta de los sistemas socio-técnicos también puede servir para conceptualizar intervenciones adaptativas que busquen hacer transitar dichos sistemas hacia otras, más sustentables, trayectorias de desarrollo (Geels, 2010; Loorbach, 2010).

Tanto los sistemas socio-ecológicos como los sistemas socio-técnicos pueden comprenderse a partir de las específicas funciones o servicios que estos ofrecen. En este sentido, el riesgo climático de un determinado sistemas socio-ecológicos o sistemas socio-técnicos depende de la probabilidad que los servicios que este proporciona sean afectados en determinada medida (positiva o negativamente) por eventos climáticos.

Cada sistema puede proporcionar más de un tipo de servicio a la vez: por ejemplo, el sistema socio-técnico silvoagropecuario puede proporcionar tanto servicios productivos (en términos de la cantidad de bienes silvoagropecuario generados) como laborales (generación de puestos de trabajo), entre otros. De la misma forma, el sistema socio-ecológico correspondiente a una cuenca hidrológica puede generar servicios socioeconómicos (permitiendo el mantenimiento de las condiciones de vida de sus habitantes) o socio-culturales (permitiendo la persistencia de prácticas e identidades culturales diferenciadas).

Una vez definidos los sistemas objetivos y sus respectivos servicios, el modelo permite distinguir entre las variables climáticas que podrían influir sobre ellos y la exposición de cada servicio respecto de aquellas variables. Las variables climáticas son exógenas a los modelos de riesgo y vulnerabilidad (lo que significa que podrán modelarse de forma independiente, por ejemplo, en base a métodos de *downscaling* y considerarse como dadas al momento de modelar el riesgo). Por el contrario, la exposición deberá determinarse a partir de las características del propio sistema identificado y los objeti-

vos del análisis, y más precisamente, de la medida en que los *procesos* y elementos necesarios para generar los servicios característicos de dicho sistema están potencialmente afectados por los eventos climáticos: a continuación, denominaremos *componentes* a estos procesos y servicios.

La definición de los componentes debe considerar el nivel de detalle suficiente para lograr una relativa homogeneidad en la forma en que cada componente reacciona a las condiciones climáticas. Por ejemplo, la exposición del sistema socio-técnico silvoagropecuario en términos productivos puede definirse en términos en base a la cantidad y tipología de cultivos existentes en el país; por otro lado, su exposición en términos laborales dependerá del número de puestos de trabajo generados por la industria en cada categoría. Asimismo, en el sistema socio-ecológico 'cuenca hidrológica' la exposición socioeconómica puede depender de la demografía de sus habitantes.

En cada sistema, será posible identificar distintos servicios y distintos componentes: la determinación de cuáles entrarán en el análisis requerirá tanto la revisión de la literatura y conocimiento experto, como las prioridades del país y de sus *stakeholders*. Por lo mismo, sería adecuado que dicha definición se realizara por medio de un proceso participativo. Con el tiempo, sin embargo, sería idóneo proceder hacia una estandarización de las principales categorías de servicios y componentes, de forma que el esfuerzo de evaluación se deba limitar en elegir cuáles de estos mayormente se apliquen al específico sistema considerado.

La sensibilidad indica justamente aquella forma en que cada uno de estos componentes reacciona a los procesos climáticos, y requiere identificar aquellas características que hacen cada uno de los elementos del sistema más o menos propenso a ser impactados por el cambio climático.

Manteniendo el ejemplo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (2008) con el sistema productivo agrícola, cada especie de plantas podrá ser más o menos sensible a determinado proceso climático: el trigo no tendrá la misma sensibilidad del maíz a la sequía o a los cambios en los regímenes de temperatura. Asimismo, trabajadores especializados en los segmentos productivos que resulten afectados estarían más sensibles que los trabajadores generalistas, que podrían fácilmente reconvertirse. De la misma forma, no todos los individuos y grupos que inhabitan un sistema socio-ecológicos tendrán la misma sensibilidad a cada proceso climático. Así, la sensibilidad deberá definirse por cada pareja componente-proceso climático que se considere relevante para el análisis, en base a la literatura y conocimiento experto.

A la vez, al definirse la sensibilidad también se retroalimentará la definición de la exposición, ya que el hecho que distintos elementos o procesos presenten sensibilidades similares es lo que permite clasificarlos dentro de un único componente. En el caso de los sistemas sociales, podría ser conveniente proceder de forma inversa: que cierto componente haya sido considerado como fuente de sensibilidad para el sistema (por ejemplo, el nivel de ingreso socio-económico de los agricultores, edad de los individuos) puede ser razón para considerar su correspondiente grado de exposición (número o densidad de agricultores por tramo de ingreso o de habitantes por tramo de edad dentro de los sistemas socio-técnicos/sistemas socio-ecológicos en estudio).

Sin embargo, la elección de los componentes determina aquello que el análisis podrá mirar y aquello que ignorará. Por lo tanto, junto con consideraciones metodológicas, será importante someter esta decisión a procesos políticos y participativos que permitan identificar las variables de mayor interés para la comunidad y eventualmente valorarlas (esto último es relevante en el caso que se quiera pasar de un análisis de las distintas dimensiones de riesgo a un índice integrado).

Finalmente es necesario evaluar las características de resiliencia del sistema objetivo, las que hacen referencia a la capacidad del sistema socio-ecológico/sistema socio-técnico de reestructurar sus componentes y las interacciones entre ellos para preservar (o recuperar) el nivel de servicio tras una perturbación (capacidad de respuesta) o de aprender del pasado y anticiparse a perturbaciones futuras con medidas proactivas (capacidad adaptativa).

Por ejemplo, la capacidad de respuesta del sistema socio-técnico silvoagropecuario discutido anteriormente puede depender de la diversidad de los cultivos (para balancear los efectos climáticos positivos y negativos), o de la capacidad de reconvertir los terrenos de un uso a otro. En el caso del sistema socio-ecológico correspondiente a la cuenca hidrológica, puede referirse al grado de conectividad entre los habitantes, de redundancia entre sus instituciones, de la disponibilidad de recursos no vinculados a particulares usos, entre otros. Por su parte, la capacidad adaptativa dependerá de la existencia, en ambos casos, de procesos, organizaciones, regulaciones, o informaciones que promuevan la capacidad del sistema de observar su propio desempeño en las pasadas respuestas a eventos climáticos y proyectar las transformaciones necesarias para hacer frente a aquellos previstos para el futuro (considerando las tendencias de cambio climático). Un ejemplo es la existencia, conocimiento y aplicabilidad concreta de planes de adaptación climáticos.

Entonces, la resiliencia puede definirse de forma relativamente independiente respecto de la evaluación específica de riesgo climático, ya que depende del sistema considerado. Idealmente la resiliencia debería funcionar como un marco integrado para evaluar todos aquellos aspectos del sistema que crucen las distintas evaluaciones de riesgo y vulnerabilidad (climáticas y no), permitiendo un diálogo entre los problemas de cambio climático y otros socialmente relevantes.

En este marco, la resiliencia se operacionaliza tanto a partir de las características propias del sistema y su organización (capacidad de respuesta), como a su capacidad de auto observación y transformación, lo que depende además de las interdependencias que existen entre sistemas situados a distintas escalas. De esta manera, la resiliencia es uno de los ámbitos donde mayor importancia adquiere considerar distintas escalas y sus interdependencias, lo que se sugiere adoptar definiciones del sistema objetivo de tipo socio-ecológico (Allen, Angeler, Garmestani, Gunderson, & Holling, 2014) o socio-técnico, además de contar con diseños de evaluación participativos que enfatizen la relevancia de conocimientos y prácticas comunes dentro del sistema socio-ecológico/ sistema socio-técnico.

En términos generales, el proceso descrito puede resumirse por medio del siguiente esquema:

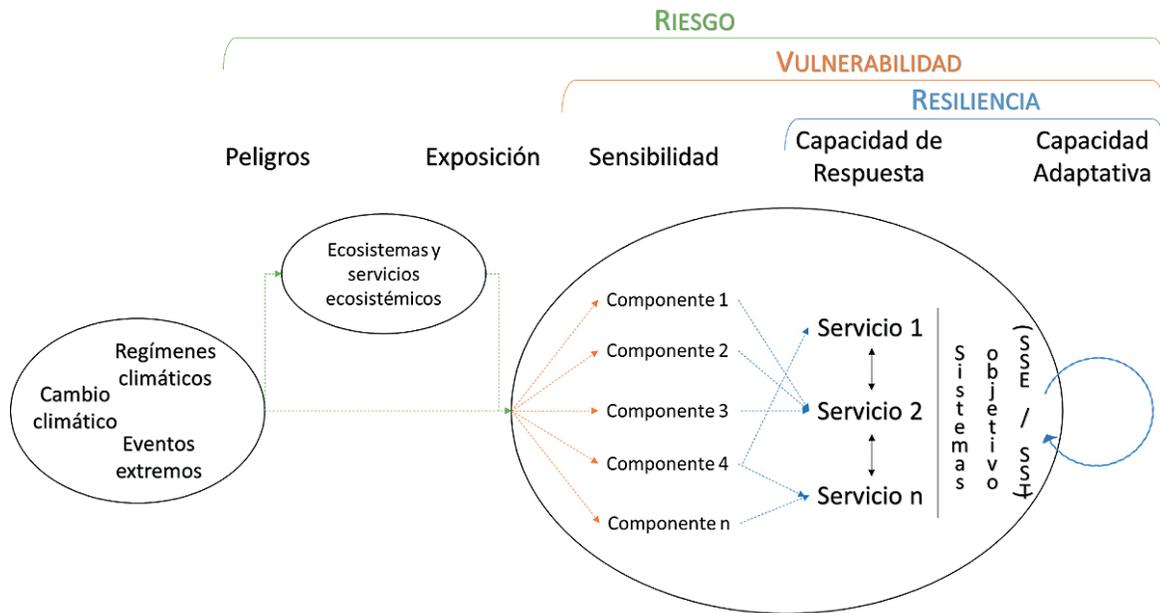


Figura 6: Representación procesual del Protocolo: proceso de estudio

Como puede apreciarse, el análisis del riesgo climático se divide en seis fases independientes (aunque interconectadas la una con la otra), lo que puede facilitar el trabajo interdisciplinario requerido para realizar este tipo de estudios:

- 1) Peligros: caracterizar la probabilidad de ocurrencia e intensidad de procesos hidroclimáticos y de alteraciones en servicios ecosistémicos producto de los mismos.
- 2) Exposición: evaluar el número y distribución de componentes del sistema en objeto sobre los cuales los peligros podrían impactar (en la literatura se conoce como 'elements-at-risk').
- 3) Sensibilidad: identificar características de dichos componentes que pueden hacerlos más o menos susceptibles a ser afectados por los peligros a los cuales están expuestos (robustez de los componentes).
- 4) Capacidad de respuesta: apreciar el grado de flexibilidad, redundancia, conectividad y memoria del sistema y en qué medida éste puede permitir mantener su funcionalidad pese a alteraciones en los componentes que pueden ser afectados por el cambio climático.
- 5) Capacidad adaptativa: analizar el grado de reflexividad del sistema y su capacidad de auto-transformarse para anticipar peligros futuros a los cuales sus componentes podrían estar expuestos y sensibles.

Según su objetivo específico, el análisis puede limitarse a considerar solo algunos de los pasos evidenciados. De esta forma:

- Un estudio que tome como objeto la resiliencia del sistema puede centrarse únicamente en capacidad de respuesta y capacidad adaptativa, ignorando aspectos relacionados con peligro, exposición y/o sensibilidad.
- Un estudio que quiera focalizarse sobre la vulnerabilidad del sistema puede incorporar la sensibilidad de los componentes en los que el sistema se apoya; alternatively, el estudio puede tomar como objeto privilegiado esta misma sensibilidad, y tratar la resiliencia como una característica exógena al análisis (es decir, como algo dado y apoyándose en estudios previos).

Finalmente, un estudio que busque caracterizar el riesgo global de un sistema respecto del cambio climático deberá necesariamente partir por evaluar peligros y exposiciones, que luego deberán compararse con su grado de vulnerabilidad. Dicha vulnerabilidad -y sus componentes: sensibilidades y resiliencia- podrán analizarse de forma endógena al estudio o tratarse como variables exógenas usando los resultados de investigaciones previas.

## 2. Protocolo para Sistematizar Estudios Previos

El protocolo anterior sirve para proporcionar una guía al diseño de un análisis en particular, pero es también necesario considerar la base de conocimiento que existe sobre la materia, la cual debe ser estandarizada y sistematizada para permitir la comparabilidad de análisis y resultados que se han ejecutado a menudo desde distintos marcos teóricos y conceptuales. El esquema general propuesto puede ser útil para aquello por medio del diseño de un segundo protocolo que permita clasificar indicadores derivados de la revisión secundaria de investigaciones previamente realizadas, de forma que sea posible incorporar sus resultados en el análisis de vulnerabilidad.

Para comenzar el análisis es necesario identificar indicadores e informaciones asociados a la interacción entre procesos climáticos y sistemas socio-técnicos / socio-ecológicos, los cuales deben diferenciarse de otros que podrían estar correlacionados (por ejemplo, la urbanización como un proceso socio-técnico no climático, la eutrofización de las aguas sería como un proceso socio-ecológico no climático)<sup>2</sup>. De esta forma, se aíslan los indicadores e informaciones útiles para proceder a un análisis de riesgo climático.

Para la identificación de dichos indicadores e informaciones pueden tomarse como punto de partida:

- Experiencias previas de la institución y/o de otras instituciones con las cuales esta colabora
- Literatura científica y 'gris'
- Bases de datos disponibles
- Entrevistas, talleres y grupos de trabajo con informantes clave

<sup>2</sup> Esto no significa que estos procesos queden completamente excluidos desde el análisis de riesgo climático: si bien no se consideran dentro de las categorías de 'peligro' y 'exposición' (que se limitan en este caso a amenazas de tipo climático) sí pueden indirectamente influir sobre la sensibilidad, capacidad de respuesta o adaptativa de los sistemas considerados.

No es relevante si la fuente clasifica a los indicadores e informaciones como factores de riesgo, vulnerabilidad, resiliencia, exposición o sensibilidad, ya que el término utilizado variará en cada caso de acuerdo al marco conceptual adoptado por cada fuente. Para evitar las posibles confusiones que esto podría generar es necesario ‘traducir’ dichos indicadores e informaciones a un sistema de clasificación unificado, para lo cual se propone adoptar el marco conceptual desarrollado en las secciones previas.

Se propone un protocolo de preguntas (Figura 7) para clasificar correctamente cada indicador e información dentro de una categoría analítica específica. De no lograrlo con la pregunta inicial, se procede a realizar la siguiente. Esto significa que las preguntas son nidificadas, pues solo se aplican si un indicador o información no se ha podido clasificar a partir de la pregunta previa.

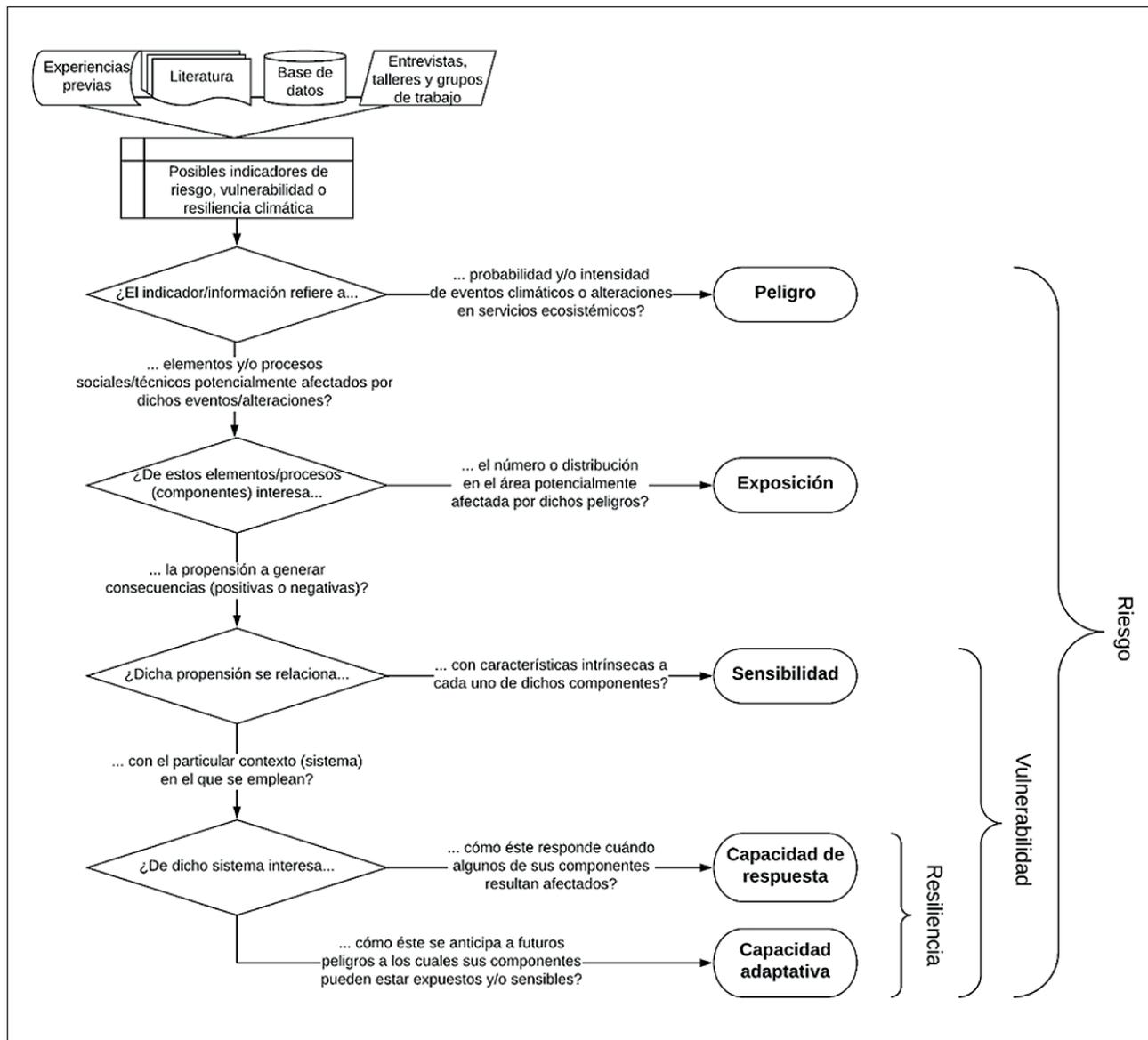


Figura 7: Protocolo de estandarización de antecedentes de riesgo y vulnerabilidad climática

La primera pregunta distingue entre: 1) indicadores e informaciones referidos a la probabilidad o intensidad de eventos climáticos o alteraciones en servicios ecosistémicos, clasificados como peligro, 2) Indicadores e informaciones asociados a elementos o procesos socio-técnicos (componentes) potencialmente afectados, donde para clasificarlos será necesario proceder a refinaciones ulteriores.

La segunda pregunta evalúa si los indicadores e informaciones refieren de manera explícita al número o distribución de los componentes en el área afectada por los peligros climáticos. Por ejemplo, el número o extensión de cultivos o actividades productivas, número de trabajadores por actividad económica, cantidad de residentes, entre otros. En este caso, se hablará de indicadores e informaciones de exposición, que son diferentes a los que no hacen referencia al número o distribución de componentes, sino a la propensión de éstos a generar consecuencias sobre el sistema y los servicios que proporciona.

Para esta última distinción, se avanzará hacia una tercera pregunta que distingue si dicha tendencia a generar consecuencias depende de características intrínsecas a cada componente frente a los efectos de ciertas amenazas (sensibilidad); o bien, del contexto en el que dichos componentes se emplean.

En esta eventualidad, será necesario proceder a una cuarta y última pregunta, que diferencia aquellos indicadores e informaciones relacionados con las respuestas de los sistemas en circunstancias análogas previas que evidencian su habilidad de reorganización y recuperación independiente de los daños sufridos en componentes específicos, como diversidad de los cultivos, redundancia y conectividad entre prácticas e instituciones, redes de apoyo (capacidad de respuesta). La categoría 'resiliencia' también incluye la capacidad que estos sistemas muestran para aprender del pasado y anticiparse a riesgos futuros por medio de la transformación proactiva de sus estructuras (capacidad adaptativa), como proyecciones climáticas, series temporales, memorias orales, planes de adaptación.

Tal como en la sección anterior, el protocolo tiene una estructura nidificada. Así, los distintos tipos de indicadores se podrán combinar para evaluar la resiliencia (capacidad de respuesta y capacidad adaptativa), la vulnerabilidad (capacidad de respuesta y capacidad adaptativa y sensibilidad) y el riesgo climático (todo lo anterior más peligro y exposición). De esta forma, será posible 'traducir' los indicadores e informaciones disponibles en un formato estandarizado que sea un insumo para la realización de estudios específicos siguiendo el proceso detallado en la sección .1 o alimentado un repositorio unificado que sirva como plataforma para estudios futuros (se explicará en la sección .3).

Como se ha anticipado, la utilidad de este protocolo es proporcionar una modalidad estandarizada para diferenciar entre distintos indicadores e informaciones en base al rol que juegan respecto del riesgo climático, y no a la específica terminología utilizada en cada estudio, que puede variar. Las preguntas permiten clasificar estudios existentes, y deben aplicarse de forma adecuada a las características de estos, considerando la calidad de los datos, la posibilidad de ser desglosados y los intereses de investigación propuestos.

Algunos casos pueden resultar complejos. Por ejemplo, ciertos estudios podrían tratar conjuntamente exposición y sensibilidad, proponiendo variables donde queda implícito tanto el número de ciertas unidades como su propensión a ser afectadas por ciertas amenazas climáticas (indicando el porcentaje de adultos mayores en cierta población, la proporción de suelos en riesgo). Mientras, otros textos hablarán de 'vulnerabilidad' indicando conjuntamente sensibilidad, capacidad de respuesta y capacidad adaptativa, o incluso juntando a todo aquello con exposición.

Toda vez que sea posible, deberían separarse estos aspectos, justamente aplicando las distinciones expuestas a cada una de las variables concretamente medidas dentro del estudio, independiente de la denominación que este último otorgue a cada variable. Otras veces, esto no será posible y en ese caso, el protocolo de estandarización obligará o bien a elegir una categoría o bien producirá una variable 'híbrida' (por ejemplo, exposición-sensibilidad) la cual, gracias a la naturaleza nidificada de dicho protocolo, seguirá manteniéndose claramente distinta respecto de las demás categorías<sup>3</sup>.

Gran parte de lo revisado refiere a estudios cuantitativos, que tienen la ventaja de estandarizar y modelar el riesgo y la vulnerabilidad climática. Sin embargo, puede ser provechoso complementarlos con otros de tipo cualitativo, que permitan indagar en la diversidad y complejidad de los sistemas objetivo, especialmente aquellos definidos en términos sociales o socio-ecológicos. En estos casos, el esquema propuesto se debe considerar más bien como una heurística, es decir una forma de clasificar y organizar las categorías analíticas y sus interdependencias, guiando su análisis. La flexibilidad del esquema permite que los estudios cualitativos puedan funcionar como una plataforma de experimentación para retroalimentar y mejorar el propio modelo. Adicionalmente, el protocolo puede servir como base para metodologías de tipo mixto, proporcionando una forma de articular sus elementos cualitativos y cuantitativos y facilitar así el dialogo entre complejidad y flexibilidad, con estandarización y generalización.

En síntesis, a la hora de realizar un estudio -ya sea cualitativo o cuantitativo- sobre riesgo o vulnerabilidad climática, se podrá utilizar el esquema conceptual presentado como marco general para articular e interpretar la investigación. En este contexto, el Protocolo de Diseño (Figura 5) servirá como guía para definir indicadores y determinar las metodologías más adecuadas. Además, antes de hacer un nuevo levantamiento de información, será posible revisar la información secundaria existente en la literatura, la que podrá 'traducirse' utilizando el Protocolo de Estandarización de Antecedentes (Figura 7) y/o almacenarse en un repositorio unificado, tal como se explicará en la siguiente sección.

### 3. Repositorio Climático Unificado

Tanto la definición de indicadores como la búsqueda de información secundaria se podrían beneficiar de la existencia de un Repositorio Climático Unificado, en el cual confluyan:

- Los resultados de procesos de monitoreo climático de distintos sectores y relativos Ministerios, como aquel propuesto en Ministerio del Medio Ambiente (2016a);
- Bases de datos que resulten de estudios llevados a cabo por el Ministerio de Medio Ambiente u otras instituciones públicas, relevantes desde el punto de vista climático (Encuestas Nacionales de Medio Ambiente, datos de emisiones de gases de efecto invernadero, usos de energía, contaminaciones intra y extradomiciliarias, coberturas de suelo y extensión cultivos, entre otros);

---

<sup>3</sup> Por ejemplo, en aquellos estudios que consideran entre los factores de vulnerabilidad la proporción de población que presenta característica tales como edad avanzada o enfermedades respiratorias, sería posible quizás obtener información relevante sobre la exposición de un sistema sanitario (siendo estas personas *elements-at-risk* para este sistema) pero no de sensibilidad (ya que dichos estudios no proporcionarían datos relevantes sobre en qué medida estas personas son efectivamente mayormente propensas a sufrir efectos de salud debido al cambio climático; esta información debería sacarse de otros tipos de estudios)

- Planes de adaptación regionales, nacionales y sectoriales, y otros instrumentos relevantes desde el punto de vista climático;
- Documentos de trabajo y otras publicaciones relevantes que sean de libre acceso y refieran a las dimensiones de vulnerabilidad ya identificadas.

Como ejemplo para un futuro Repositorio Climático Unificado, puede utilizarse el repositorio actualmente implementado por el Ministerio de Energía llamado “Energía Abierta”, una plataforma en línea en la cual todo usuario puede buscar de forma relativamente sencilla información, estudios y datos. Cuando el recurso que se busque sea de acceso público, este podría ser contenido directamente en el repositorio como archivo descargable; cuando sea de acceso restringido, podría proporcionarse un enlace a la página web del recurso, o información de contacto para obtenerlo.

Se considera que el Repositorio Climático Unificado debería apoyarse a una base de datos que funcione como índice de dicho repositorio, la cual debería componerse de una planilla principal (‘Fuentes’) y tres de apoyo (planilla ‘Sistemas Socio-Técnicos’, planilla ‘Sistemas Socio-Ecológicos’ y planilla ‘Variables’), cuyos contenidos se detallan a continuación:

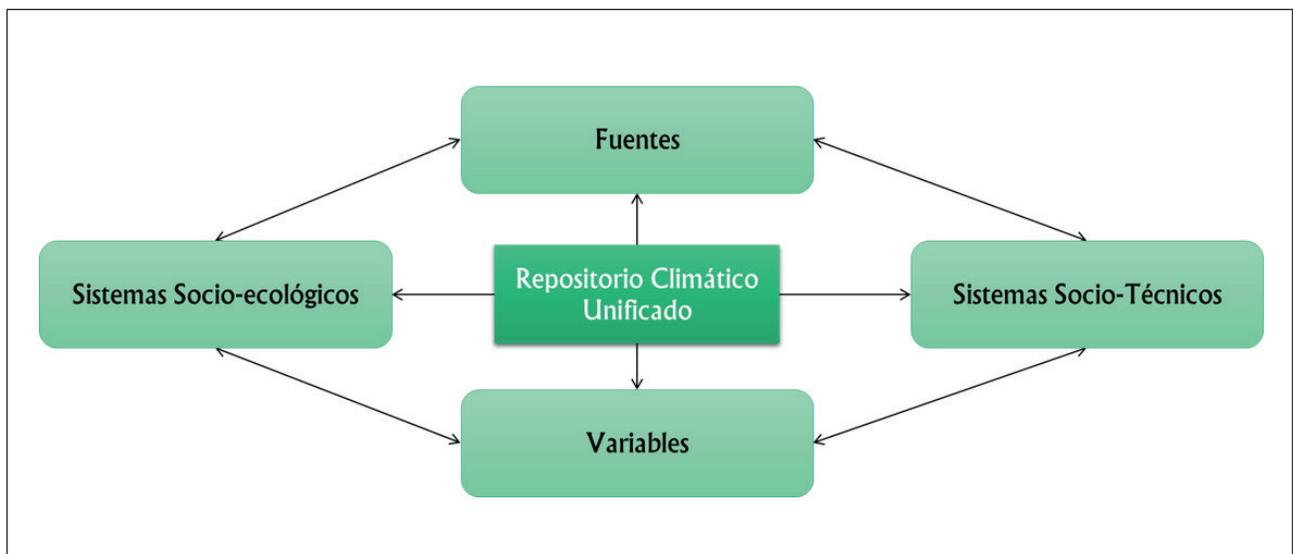


Figura 8: Estructura general del repositorio

Las planillas ‘Sistemas Socio-Técnicos’ y ‘Sistemas Socio-Ecológicos’ contendrían el catastro de los respectivos sistemas que se definieron como relevantes para el país. En un primer momento, los primeros podrían construirse a partir de los ‘sectores’ en los cuales actualmente se estructura la Tercera Comunicación Nacional, mientras que los segundos podrían definirse a partir de una revisión de las principales áreas geográficas tratadas dentro de los estudios existentes (cuencas, áreas urbanas, áreas costeras). Sucesivamente, será posible construir sub-sistemas para alcanzar un mayor nivel de complejidad (por ejemplo, dividiendo el sector energía en ‘generación’, ‘transmisión’ y ‘distribución’) o super-sistemas para visibilizar las interconexiones entre los sistemas existentes (por ejemplo, describiendo un sistema socio-ecológico compuesto por la interacción entre distintas cuencas, o entre cuencas y áreas urbanas que se apoyan a ellas etc.).

Ambas planillas deberían contener la siguiente información:

- Identificativo, nombre y descripción del sistema, incluidas informaciones relevantes (región administrativa, comunas y tipo de áreas geográficas, en el caso de sistemas socio-ecológicos).
- Eventuales sub-sistemas y super-sistemas a los cuales está asociado.
- Principales servicios que ofrece el sistema.
- Componentes asociados a cada uno de estos servicios.

La planilla 'Variables' reportará un catastro de todas las principales variables utilizadas dentro de los documentos incluidos en el repositorio para operacionalizar los distintos componentes del riesgo climático (descritos en el marco teórico de Figura 3). Podrán incluirse tanto indicadores cuantitativos (coeficientes de erosión, datos censales, usos de suelo, superficies cultivadas y sensibilidad de cada cultivo a eventos extremos) como categorías cualitativas (percepciones respecto de amenazas climáticas, capitales sociales, actitudes respecto al riesgo, estrategias o prácticas de respuestas). Para cada variable debería indicarse al menos la siguiente información:

- Identificativo, nombre y descripción.
- Tipología de variable (peligro, exposición, sensibilidad, capacidad de respuesta, capacidad adaptativa).
- Servicios y/o componentes a los cuales hace referencia (y respectivos sistemas socio-ecológicos / sistemas socio-técnicos).

La planilla principal, 'Fuentes', serviría a registrar la totalidad de las fuentes contenidas en el repositorio con información como:

- Identificativo, nombre y tipo de la fuente (publicación, informe técnico, estudio, datos, acción).
- Sistemas socio-técnicos y socio-ecológicos descritos dentro de ellas.
- Información bibliográfica de la fuente.
- Condiciones de acceso (libre, sobre autorización, venta).
- Información para acceso (enlace a página en repositorio, enlace a página web del recurso, datos de contacto de los autores).
- Observaciones complementarias.

Adicionalmente, cada 'fuente' deberá reportar los identificativos de los sistemas socio-ecológicos y sistemas socio-técnicos que trata, y de las variables incluidas en ella, de forma de quedar enlazada a las respectivas planillas.

Esta arquitectura de base debería complementarse con una interfaz de simple uso para los usuarios, que permita a los mismos realizar búsquedas por palabras clave ya sea por fuente, sistemas socio-ecológicos (o 'área geográfica'), sistemas socio-técnicos (o 'sector') o variable.

De esta forma, el Repositorio Climático Unificado podría volverse una plataforma central para la articulación de las investigaciones sobre riesgo y vulnerabilidad climáticas en el país, además de beneficiar de la continua retroalimentación y co-construcción entre científicos y tomadores de decisiones.

## VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de una revisión exhaustiva de la literatura científica e informes técnicos existentes en el país, ha sido posible caracterizar las principales vulnerabilidades socioeconómicas y socioculturales de los distintos sectores y ámbitos territoriales y tecnológicos del país frente al cambio climático, así como las principales vulnerabilidades institucionales y brechas de conocimiento que permanecen respecto del fenómeno. A partir de dicha revisión<sup>4</sup>, pueden derivarse algunas conclusiones y recomendaciones que se resumen en los siguientes puntos:

- En vulnerabilidad, los impactos pueden ser muy diferenciados por región y entre zonas urbanas y rurales. Esto requiere potenciar estudios dirigidos a visibilizar las diversidades locales. Por ahora, particularmente en los impactos urbanos y de salud, el foco sigue siendo la ciudad de Santiago y la región Metropolitana, ignorando las demás comunas del país.
- Todavía falta información profunda sobre los impactos reales en Chile, ya que muchos estudios se basan sobre hipótesis o información de otros países. Los sectores recursos hídricos y silvoagropecuario presentan una base de conocimiento más fuerte, seguida por la de ciudades -pero de forma limitada al caso de Santiago- mientras que infraestructura, energía y turismo resultaron débiles.
- Es importante considerar de forma integrada a todos los sectores y sistemas del país para dar cuenta de cómo las distintas iniciativas de adaptación y dimensiones de vulnerabilidad interactúan entre sí. Particularmente en la dimensión social, es relevante reparar que los factores de exposición, sensibilidad y capacidad de respuesta están sujetos a cambios continuos, que suceden espontáneamente y también como resultado de las políticas medioambientales y climáticas del país. Por ello, se debe desarrollar un sistema de monitoreo que cuente con indicadores centrales y sectoriales actualizados. La propuesta de Adapt-Chile (Ministerio de Medio Ambiente 2016a) es interesante en este sentido, en particular si se complementa con un marco conceptual más claro en términos de las diferencias e interacciones entre las distintas componentes de la vulnerabilidad, que permitan una evaluación integrada.
- A este propósito, es importante destacar que la diversidad de abordajes teóricos y metodológicos encontrados en la literatura es tanta que a menudo impide comparar o integrar los resultados. Para ello es necesario avanzar en el desarrollo de metodologías y marcos teóricos que permitan abordajes integrados. El capítulo Protocolo de Estandarización del presente informe es un primer paso en ese sentido, capaz de dar cabida a metodologías analíticas tanto cualitativas como cuantitativas para el estudio de distintos sistemas, amenazas y necesidades.
- En términos de exposición, debe considerarse que en todos los ámbitos analizados el cambio climático es solo un factor entre otros, que agrava situaciones muchas veces de origen antrópico directo y que a menudo también trascienden la esfera de responsabilidad y control de los

<sup>4</sup> Los resultados completos de la revisión de antecedentes pueden solicitarse al Ministerio de Medio Ambiente.

grupos y comunidades humanas afectadas. Esto es lo que se entiende como doble o múltiple exposición, lo cual apunta hacia una mirada más holística que contextualice el cambio climático dentro de un escenario de cambio ambiental global.

- En términos de sensibilidad, aunque se necesita poner atención a los tradicionales grupos vulnerables definidos en términos socioeconómicos y demográficos, resulta fundamental recordar que dichas variables no muestran siempre correlaciones directas y lineales con sensibilidad y vulnerabilidad de distintos grupos, y tampoco con su capacidad de adaptación y resiliencia. Es importante construir mapas geo-localizados que den cuenta de cómo las condiciones de sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa a distintas amenazas que interactúen entre sí, de forma dinámica y compleja, y de esta forma producir una visualización integrada de los riesgos asociados al cambio climático.
- En términos de capacidad de respuesta, un elemento clave tiene que ver con la percepción de las distintas poblaciones respecto al cambio climático, sus efectos, y la posibilidad efectiva de acceder a medidas de adaptación eficaces. Hay que recordar que el cambio climático siempre se observa como una amenaza entre muchas otras y suele caracterizarse por una falta generalizada de información y conocimiento específico, además de orientaciones actitudinales a procesos y acciones localizadas y de corto plazo.
- En términos institucionales, la literatura constata una fragmentación de políticas públicas tanto en términos sectoriales, como respecto de distintas comunidades epistémicas, y también en términos espaciales. Esto se suma a la consideración secundaria del cambio climático y su falta de integración explícita en las regulaciones, políticas y herramientas existentes. También se requiere fomentar el uso de indicadores, regulaciones e iniciativas integradas y holísticas, que permitan observar el cambio climático en todas sus facetas, aprovechar sinergias y evitar posibles retroalimentaciones negativas por parte de políticas públicas implementadas de forma aislada. El cambio climático y el monitoreo de riesgos y vulnerabilidades deberían volverse un objetivo permanente y articulador dentro de todas las planificaciones e instrumentos futuros. Al respecto, es importante destacar que los actuales esfuerzos para diseñar e implementar planes de adaptación climática integrados e intersectoriales podrían ser un importante aporte a reducir dicha fragmentación y promover mayor coordinación en abordar el cambio climático y sus consecuencias.
- Frente a la complejidad y controversia de estos temas, es importante considerar enfoques participativos y transdisciplinarios, que incluyan dentro de la toma de decisiones a distintos grupos -expertos, políticos, poblaciones locales, sociedad civil- y particularmente a destinatarios, beneficiarios y afectados por las iniciativas propuestas. Esto puede resultar muy beneficioso para valorizar conocimientos, estructuras de gobernanzas, infraestructuras y recursos existentes a nivel local, y para promover una mayor legitimidad y aceptación social de las políticas de adaptación y en mejorar su alineación con iniciativas espontáneas y condiciones locales preexistentes. Estas experiencias no resultan fáciles de diseñar y de implementar, pudiendo inducir otros riesgos adicionales, toda vez que su proceso se juzgue como insuficientemente representativo, transparente, y capaz de incluir de forma eficaz en los diferentes niveles de decisión, llevando en ciertos casos a resultados contraproducentes.

## REFERENCIAS

- CNID. (2016). Hacia un Chile resiliente frente a desastres: una oportunidad. Estrategia Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación para un Chile resiliente frente a desastres de origen natural. Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2016/12/INFORME-DE-SASTRES-NATURALES.pdf>
- CONAMA. (2008). Análisis de vulnerabilidad de los recursos hídricos de Chile frente a escenarios de Cambio Climático.
- CONAMA. (2010). Integración del cambio climático en la gestión municipal. Santiago de Chile.
- Cumming, G. (2011). *Spatial Resilience in Social–Ecological Systems*. Cape Town: Springer.
- Geels, F. W. (2010). Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. *Research Policy*, 39(4), 495–510. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.022>
- GIZ. (2014). *El Libro de la Vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad*. GIZ (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo), Adephi y EU-RAC.
- Gunderson L., Holling C. (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington, DC: Island Press.
- Hegger, D., Lamers, M., Van Zeijl-Rozema, A., & Dieperink, C. (2012). Conceptualising joint knowledge production in regional climate change adaptation projects: Success conditions and levers for action. *Environmental Science and Policy*, 18, 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.002>
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Suiza: IPCC.
- Irvin, R. A., & Stansbury, J. (2004). Citizen participation in decision making: Is it worth the effort? *Public Administration Review*, 64(1), 55–65. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2004.00346>
- Kemp, R., Loorbach, D., & Rotmans, J. (2007). Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development, 14, 1–15.
- Krellenberg, K., Müller, A., Schwarz, A., Höfer, R., & Welz, J. (2013). Flood and heat hazards in the Metropolitan Region of Santiago de Chile and the socio-economics of exposure. *Applied Geography*, 38(1), 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.017>
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(SUPPL. 1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0149-x>
- Loorbach, D. (2010). Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework. *Governance: An International Journal of Policy, Administration, and Institutions*, 23(1), 161–183.
- Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general*. Barcelona: Anthropos Editorial.

Ministerio del Medio Ambiente. (2016a). Informe Final: 'Definición de indicadores de cambio climático y del proceso de adaptación'. Santiago, Chile: Ejecutado por Adapt-Chile.

Ngar-Yin Mah, D., & Hills, P. (2014). Participatory governance for energy policy-making: A case study of the UK nuclear consultation in 2007. *Energy Policy*, 74(C), 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.002>

Norberg, J., & Cumming, G. S. (2008). *Complexity Theory for a Sustainable Future*. New York: Columbia University Press.

Qin, H., Romero-Lankao, P., Hardoy, J., & Rosas-Huerta, A. (2015). Household responses to climate-related hazards in four Latin American cities: A conceptual framework and exploratory analysis. *Urban Climate*, 14, 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.05.003>

Reed, M. S. (2008). Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10), 2417–2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>

Urquiza Gómez, A., & Cadenas, H. (2015). Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. *L'Ordinaire Des Amériques*, 218(2015), online. <https://doi.org/10.4000/orda.1774> Haut de page Auteurs



Santiago, 2018

**Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)<sup>2</sup>**  
(FONDAP 15110009) Universidad de Chile

