

Resumen Ejecutivo

MODELACIÓN DEL SISTEMA SOCIAL DE GESTIÓN DE LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO: RESULTADOS Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

Proyecto FONDEF Idea (ID20I10147)

Noviembre 2022

CONTENIDOS

1. Introducción	3
2. Enfoque y productos	4
3. La modelación sistémica discursiva (MSD) del SSGACC	8
4. La modelación matemática del SSGACC	11
5. Escenarios prospectivos del SSGACC	16
6. Escenarios de Estrategias de Intervención en el SSGACC	17
7. Recomendaciones de política pública	21
8. Bibliografía	26

1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto FONDEF IDeA (ID20110147) “Herramientas para la construcción de escenarios prospectivos de gestión del riesgo climático y desarrollo de estrategias de adaptación: el caso del sector minero” es una iniciativa multidisciplinar, cuyo objetivo es desarrollar una metodología para modelar escenarios prospectivos y escenarios de estrategias de intervención del sistema social de gestión de la adaptación al cambio climático (SSGACC), como insumo para la formulación de las políticas públicas de adaptación al cambio climático, aplicado de forma piloto al sector de la gran minería nacional. El equipo está conformado por investigadores del Centro de Sistemas Públicos (CSP) del Departamento de Ingeniería Industrial; del Departamento de Ingeniería de Minas (DIMin); y del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2).

Este proyecto de investigación cuenta, además, con la participación de entidades asociadas: el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Minería, la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) y el Consejo Minero.

El presente documento tiene el propósito de presentar una síntesis de la aproximación de investigación y de los principales resultados de las modelaciones de lo que se ha denominado discursiva, prospectiva y de las estrategias de intervención en el SSGACC, como insumo para la toma de decisión.

El documento tiene cuatro grandes apartados. El primero hace una descripción del enfoque metodológico del proyecto y de los productos que ha generado el proyecto. A continuación, se describen los resultados de cada una de las modelaciones desarrolladas: la Modelación Sistémico Discursiva (MSD) del SSGACC, la Modelación Matemática de la modelación sistémica discursiva, la Modelación de los escenarios prospectivos del SSGACC y la Modelación de los escenarios de intervención en el SSGACC. En un tercer apartado se recogen las recomendaciones de política pública que se derivan de los resultados de las modelaciones.

Es útil señalar que los resultados del caso piloto de la Gran Minería en Chile que se presentan deben leerse como productos en desarrollo, pues son los de un proyecto de investigación cuyo propósito es desarrollar una herramienta metodológica, más que estimar resultados de un caso concreto.

2. ENFOQUE Y PRODUCTOS

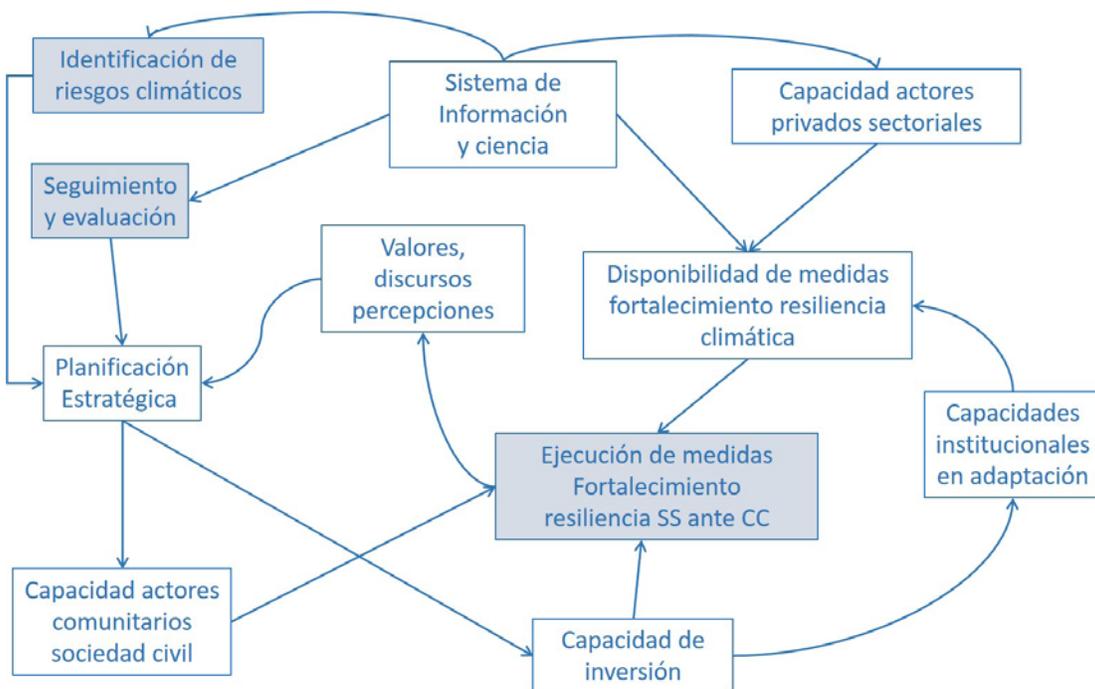
La propuesta de modelación del Sistema Social de Gestión de la Adaptación al Cambio Climático, en este caso específico el de la Gran Minería, obedece a la necesidad de disponer de una información que dé cuenta de forma integral del problema que enfrenta la política pública de adaptación al cambio climático.

Los modelos descriptivos utilizados de forma convencional para formular políticas públicas de adaptación describen, por un lado, el riesgo climático al que estaría expuesto el sector o territorio sujeto de la política pública (en la forma de cadenas de impacto, por ejemplo), y por el otro lado, identifican las medidas de gestión material de esos riesgos. Según esa descripción, el objetivo de la política es que las medidas lleguen a materializarse en el lugar y

tiempo adecuado según lo determina la información que proveen las modelaciones. Esto determina todo el formato de la política pública.

La limitación de esta aproximación es que, como señala la Ilustración 2, al intentar alcanzar los objetivos fijados, se enfrentan a otro conjunto importante de factores que condicionan el logro de los objetivos formulados. Incluso esos factores pueden llegar a poner en duda la racionalidad de los mismos. Esta es una situación muy estudiada en la literatura de política pública bajo el término de los wicked problems o problemas perversos, como podría traducirse (Rittel y Weber, 1973; Jiliberto, 2022).

Ilustración 1: Factores de política pública y sus relaciones



Fuente: Elaboración propia

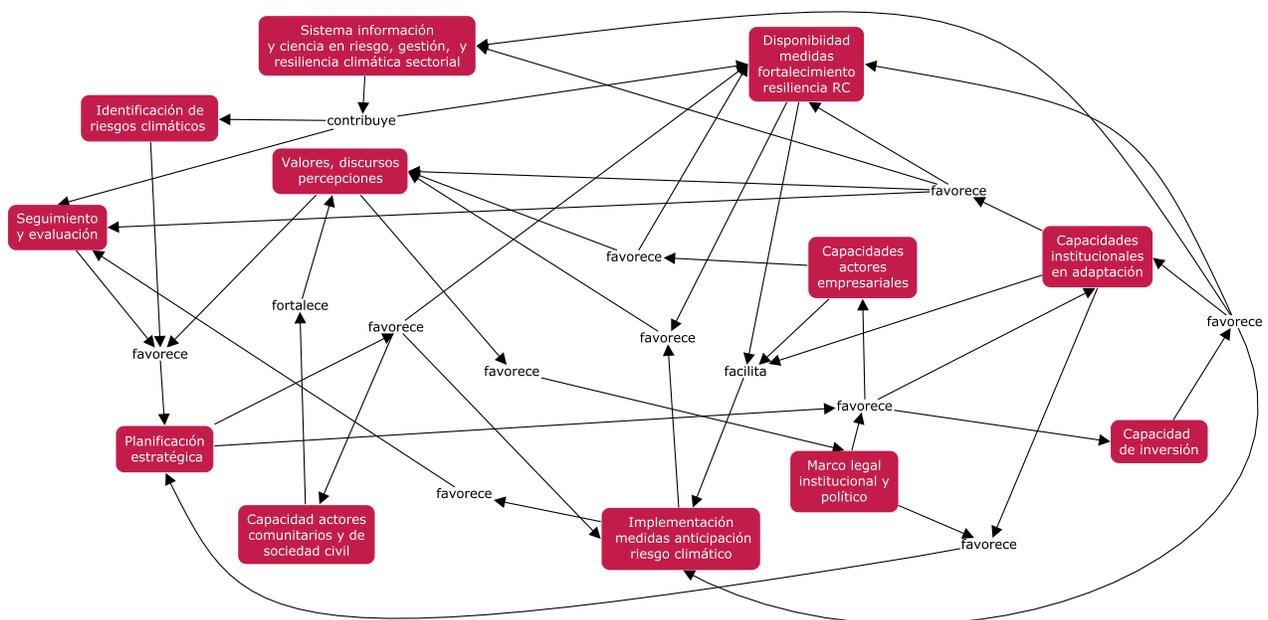
En los hechos, la política pública enfrenta la tarea de gestionar un problema ampliado reflejado en la Ilustración 2, cuestión en parte ya reconocida en los modelos de gestión de riesgo recomendados por el IPCC de facto (Jones et al., 2014) o posible de observar en los contenidos de las políticas públicas de adaptación que hacen referencia al conjunto de factores ahí mencionados (Fernández, 2021). Se trata de un problema de segundo orden, que se puede definir como el problema de tener que resolver un problema que no dispone de una solución determinada (Jiliberto, 2022).

Así, para generar una respuesta robusta al problema de segundo orden, la política pública de adapta-

ción debe disponer de una descripción no arbitraria del problema de segundo orden, para decidir de forma consistente.

Ese reto descriptivo es el que ha asumido este proyecto de investigación. Dado que el objeto de política pública que emerge de ese problema es un sistema de gestión social del problema de la adaptación al cambio climático se ha denominado a tal entidad Sistema Social de Gestión de la Adaptación al Cambio Climático (SSGACC) y es ese sistema el que se pretende modelar con propósitos de política pública, cuyo formato genérico para el caso de la gran minería en el país se grafica en la Ilustración 2.

Ilustración 2: Modelo genérico del SSGACC de la Gran Minería en Chile

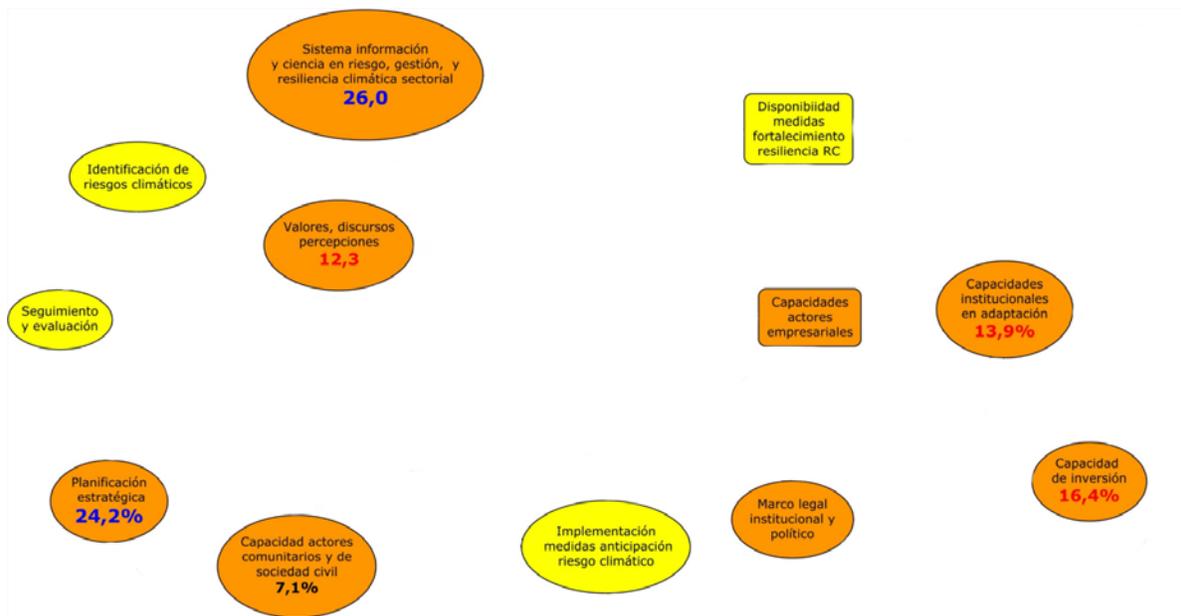


Fuente: Elaboración propia

La necesidad de comprender integralmente el objeto de la política pública de adaptación no es una mera curiosidad teórica. Si se observa la práctica de la política pública de adaptación se comprueba que en los hechos lo que la política pública hace es intentar abordar esa problemática de segundo orden, solo que de forma pragmática o intuitiva, y sin un soporte metodológico formal, brecha metodológica que es lo que el presente proyecto trata de abordar.

La ilustración 3 clasifica todos los proyectos o medidas del plan según su pertenencia a alguno de los elementos del SSGACC. Como se observa, de facto el plan no se limita a dar respuesta al problema de primer orden (identificación de riesgos, búsqueda de medidas de gestión de riesgos, aplicación de medidas), el que puede graficarse en los elementos en amarillo, sino que interviene con propósitos eficientes en muchos de los elementos formales del SSGACC, incluso con mayor énfasis que en los asociados al problema de primer orden.

Ilustración 3: Proyectos del PACCB según proyectos y elementos del SSGACC

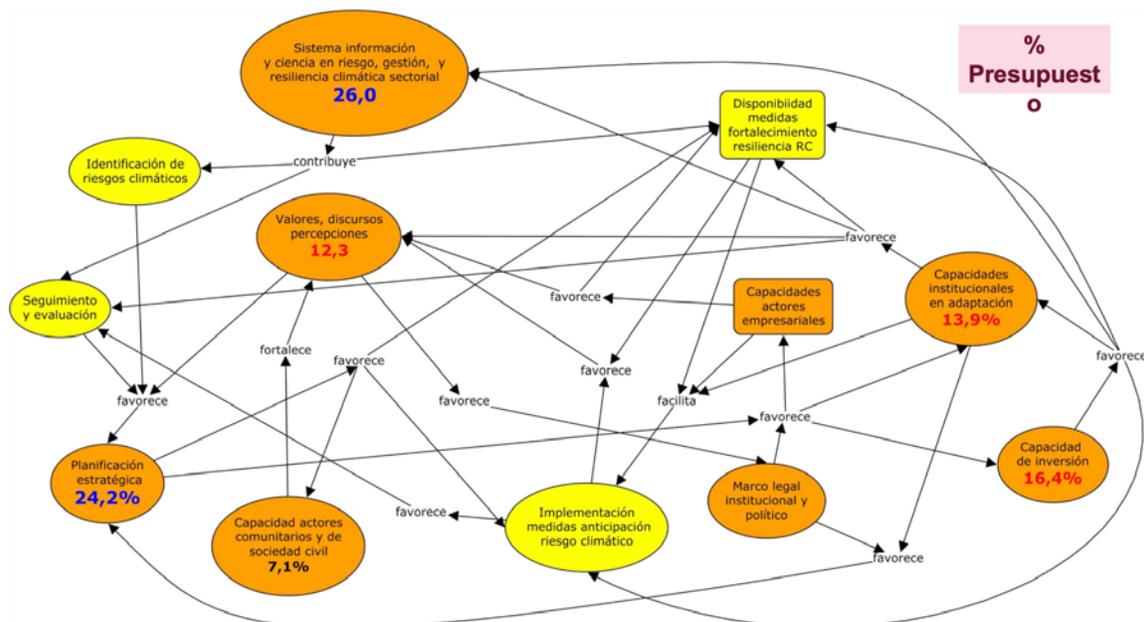


Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad (PACCB)

Ahora bien, la brecha metodológica actual supone que el diseño de la política pública no dispone, por un lado, de una descripción del sistema que interviene, un diagnóstico del mismo, que le facilite entenderlo y fijarse objetivos razonables; y por el otro lado, no dispone tampoco de la

posibilidad de evaluar ex ante cuál pudiera ser el efecto de su intervención, ya que de facto interviene en un sistema que no conoce, como grafica la ilustración siguiente:

Ilustración 4: Intervención sistémica del PACCB



Fuente: Elaboración propia a partir del Plan de Adaptación al Cambio Climático en Biodiversidad (PACCB)

Principales productos

La propuesta de modelación desarrollada en este proyecto de investigación comprende cuatro productos centrales, los que han sido formulados mediante un proceso participativo con actores claves del sector de la gran minería; públicos, privados, universidades, sociedad civil. Estos productos son:

1. Modelación sistémico discursiva del SSGACC: ofrece una descripción integrada e integral del problema de política pública. Le permite a partir del modelo genérico recogido en la Ilustración 2 entender el estado del problema y definir objetivos de manera consistente desde una mirada estructural y con ello llena el vacío metodológico actual de descripción (modelación) del objeto de política pública.

2. Modelación matemática de la modelación sistémica discursiva: facilita al formalizar matemáticamente la estructura de la modelación sistémico discursiva la posi-

bilidad de simular el comportamiento del sistema ante perturbaciones.

3. Modelación de los escenarios prospectivos del SSGACC: genera información sobre el comportamiento del SSGACC frente a escenarios futuros plausibles de su entorno, información que tiene una función analítica, pues permite identificar el comportamiento del sistema sin una intervención de política pública estructural.

4. Modelación de escenarios de estrategias de intervención en el SSGACC: genera información que permite evaluar opciones alternativas de estrategias de intervención en el SSGACC, lo que facilita que los objetivos definidos a partir de una mirada integral y estructural del objeto de política pública dispongan de una estrategia de implementación consistente, no arbitraria, ni trivial o fundada en el mero sentido común. En la actualidad, no hay una opción metodológica alternativa sistemática para hacer lo mismo.

3. LA MODELACIÓN SISTÉMICA DISCURSIVA (MSD) DEL SSGACC

La MSDS del SSGACC se alcanza mediante un proceso de especificación participada del modelo genérico recogido en la Ilustración 2 y su resultado formal es un mapa sistémico que caracteriza el estado del sistema.

El SSGACC se puede descomponer en tres dinámicas:

1. Dinámica de direccionamiento estratégico: Esta dinámica permite identificar el estado del direccionamiento estratégico del sistema, es decir, su capacidad para otorgar a la gestión una perspectiva integrada guiada por objetivos de largo plazo que resulta relevante en toda actividad de gestión, pero aun más en ésta, en la cual, dada la complejidad del objeto, la anticipación a efectos futuros inciertos y de gravedad, hacen casi imposible que sea exitosa sin un sostenido direccionamiento estratégico.

2. Dinámica de disponibilidad e implementación de medidas de adaptación: Esta dinámica da cuenta de la capacidad del sistema de producir anticipación al riesgo climático, adaptación y resiliencia, pues se centra en los elementos asociados más directamente con estas funciones: por un lado, el sistema de información y ciencia capaz de producir opciones de gestión de los riesgos climáticos, y resiliencia; y por el otro, la efectiva implementación de tales medidas, cuestión altamente dependiente de los actores, de sus capacidades, y de la tipología de gestión de riesgos, siendo más relevantes las capacidades empresariales en las medidas de gestión de riesgos indoor autónomas y más relevantes las del sector público en las outdoor compartidas.¹

3. Dinámica de capacidades públicas: La dinámica de capacidades públicas recoge de forma singularizada el conjunto de elementos públicos que juegan un papel muy relevante en el SSGACC. Presentes en las dinámicas anteriores, en esta se trata de dar una mirada global a las dinámicas de lo público en el sistema.

El estado del SSGACC

Las tres dinámicas analizadas conforman una unidad compuesta de 33 elementos, recogida en la Ilustración 5.

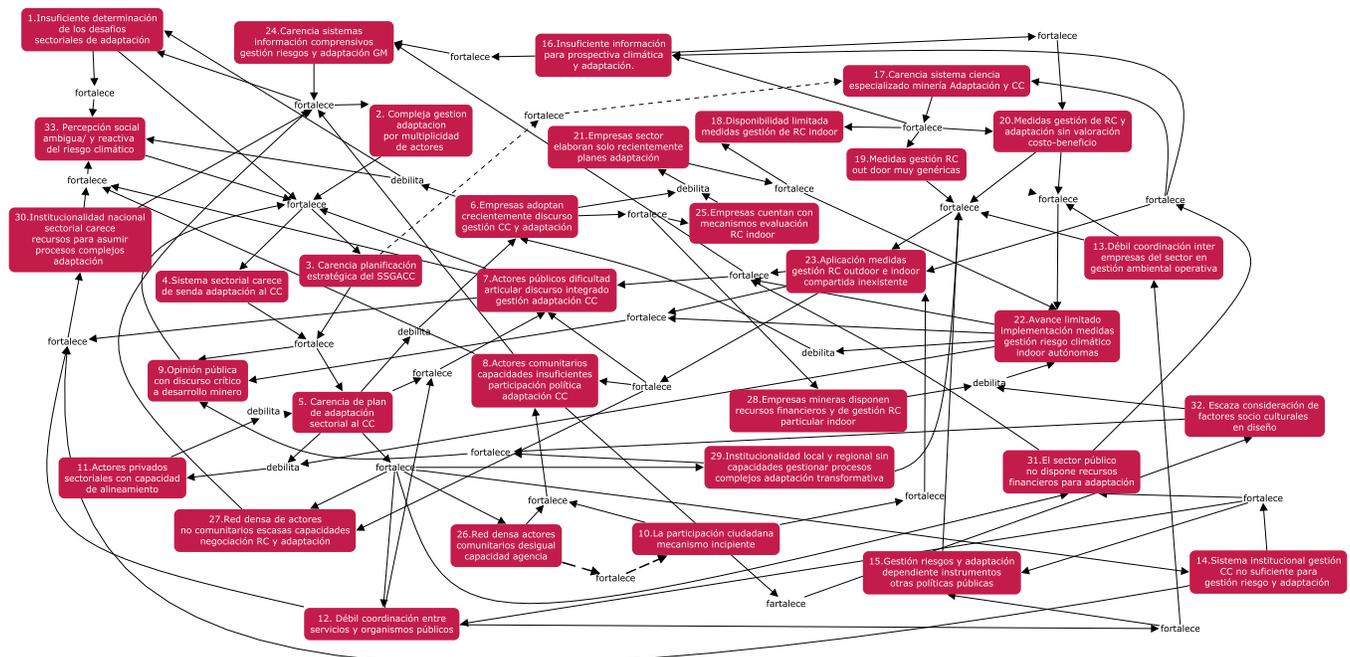
¹ **Riesgos indoor autónomos** hacen referencia a los riesgos climáticos que tienen lugar en la faena minera que la empresa puede gestionar autónomamente, ejemplo olas de calor que afectan a trabajadores en el tajo, o por marejada en un puerto propio, también se encuentra en esta categoría la escasez de agua para la producción minera.

Riesgos indoor compartido con impacto fundamentalmente en el entorno social hacen referencia a los riesgos climáticos que tienen lugar en la faena minera y que la empresa no puede gestionar autónomamente y que afectan a su entorno social, por ejemplo, riesgos en relaves por inundaciones o aluviones.

Riesgos out door compartido con impacto fundamentalmente en la propia actividad sectorial hacen referencia a los riesgos climáticos que tienen fuera faena minera que la empresa no puede gestionar autónomamente, por ejemplo, corte de suministros por inundación de vías públicas.

Riesgos out door compartido con impacto fundamentalmente en el entorno social hacen referencia a los riesgos climáticos que tienen lugar fuera de la faena minera que la empresa no puede gestionar autónomamente y que afectan a su entorno social, por ejemplo, escasez hídrica. Véase como ejemplo la tabla anexa al final del texto.

Ilustración 5: Sistema Social de Gestión de la Adaptación al Cambio Climático de la Gran Minería en Chile



Fuente: elaboración propia

El estado del SSGACC recogido en el mapa se describe muy sintéticamente a continuación:

a) Analizando la dinámica de direccionamiento estratégico se puede concluir que el sistema no está en condiciones de proveer una orientación estratégica para el proceso de adaptación del sector ni para la mejora del funcionamiento del propio sistema, lo que se alimenta de producciones de información y conocimiento insuficientes como para que eso pudiera ocurrir, como también de un conjunto de actores que, salvo parcialmente (los privados), no disponen de discursos articulados sobre el tema, entre otras cosas por la propia carencia de direccionamiento estratégico, que les impide entender su papel en el sistema o cuál es el bien público a producir en este caso.

b) Observando la dinámica de disponibilidad e implementación se puede concluir que la producción efectiva

de adaptación, calculada en el desempeño del elemento de implementación de medidas, muestra que por sí mismo el sistema, derivado también de la debilidad del sistema de conocimiento, no dispone de alternativas para la gestión del riesgo y la adaptación, salvo para un número muy limitado de casos; riesgos ya parcialmente materializados. Esto revela la impronta reactiva que tiene el funcionamiento del sistema hasta este momento. Esto redundante en que el propio funcionamiento del sistema no genera incentivos en los agentes para escalar su desempeño. Por un lado, el sistema no dispone de los beneficios del efecto demostración, y por el otro, no facilita a los actores elementos de éxito que pudieran incentivar renovados esfuerzos y recursos en los propósitos del sistema. En esta lógica, los riesgos que se ven menos cubiertos son aquellos que ocurren outdoor, que son los que tienen alcances sociales más evidentes.

c) Finalmente, la dinámica de fortalecimiento de capacidades públicas e implementación muestra que los elementos institucionales del sistema no están preparados para ejercer sus funciones sistémicas, mas ello redundando directa e indirectamente en las debilidades del direccionamiento estratégico, que es el único mecanismo que pudiera contribuir a superarlas, definiendo un bucle muy duro de retroalimentación.

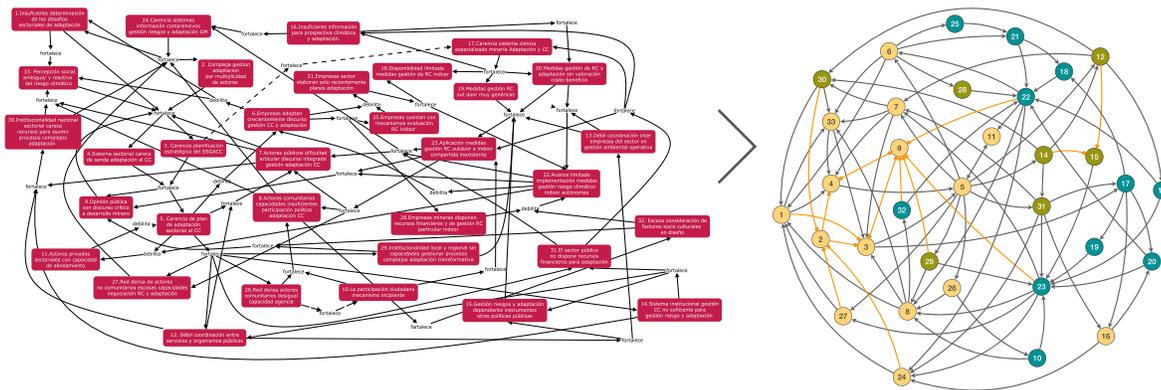
d) En síntesis, en su estado actual, el SSGACC de la GM no está produciendo adaptación al cambio climático en el sector de la GM y presenta unas características estructurales que indican que a menos que se dé un giro significativo esto va a seguir sucediendo sistemáticamente. La racionalidad de anticipación que fundamenta la gestión de la adaptación al cambio climático hace que esto sea particularmente grave, pues, ceteris paribus, el único incentivo que pueden llegar a tener los actores para actuar en un sentido contrasistémico, que superen las dinámicas actualmente dominantes, sólo pueden provenir justamente de la materialización de los riesgos climáticos, es decir, cuando se pierde el sentido de la anticipación. Y en esos contextos lo que domina la respuesta de todos los actores son estrategias reactivas, de bajo nivel de cooperación, y donde los riesgos con mayor probabilidad de descontrol son los outdoor de un mayor contenido social inmediato, pero que sin duda terminarían por afectar al sector en su totalidad. Este escenario pudiera ser el de este sistema si la política pública no facilita un giro estructural.

4. LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL SSGACC

La MSD facilita una descripción del SSGACC que identifica estructuralmente el estado actual de desempeño de la función del sistema. Ello permite definir objetivos de política pública teniendo como referencia su función social como un todo y no sólo sus partes, teniendo particularmente en cuenta el carácter sistémico de su producción. Sin embargo, operaciones más complejas, como inferir qué pasa si se perturba un elemento del sistema producto de esos mismos objetivos de política pública, quedan fuera del alcance de esta descripción.

Para superar esa barrera se lleva a cabo una formalización matemática de la MSD mediante la técnica de la modelación estructural cualitativa basada en grafos dirigidos signados (sidigrafos) como se observa en la Ilustración 9 (Dambacher et al., 2003; Ramos Jiliberto, 2007; Dambacher y Ramos Jiliberto, 2021).

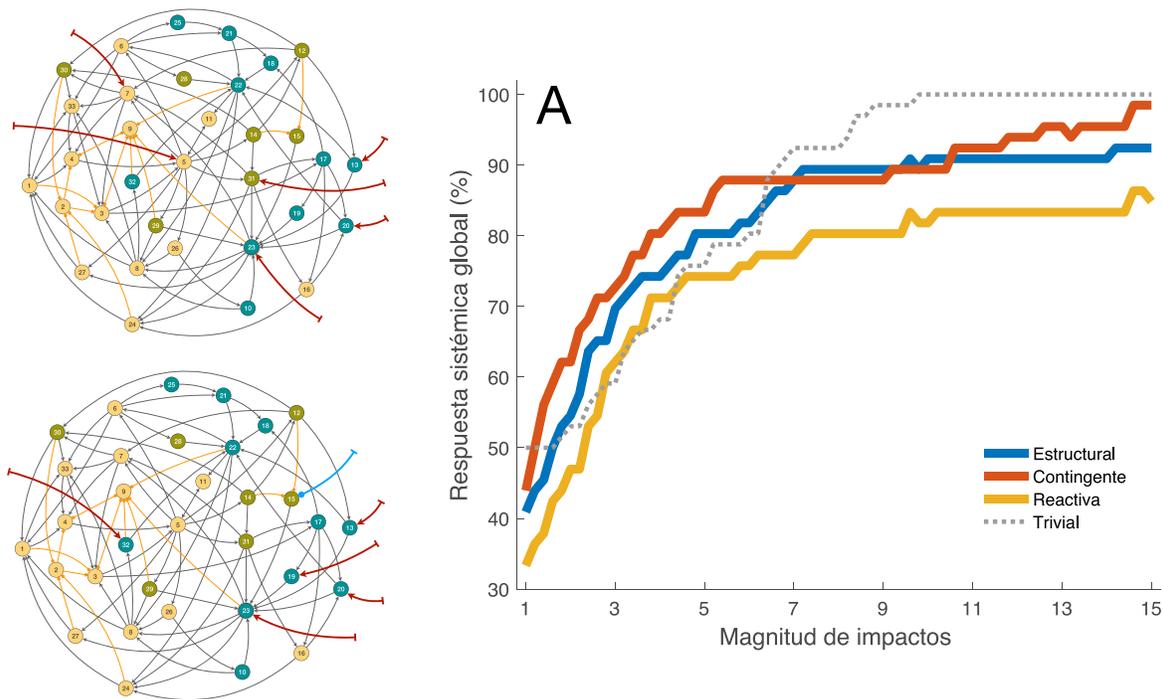
Ilustración 6: Formalización matemática de la MSD



Fuente: elaboración propia

Es importante señalar que aquello que la modelación matemática mide en las simulaciones de perturbaciones del sistema, sea por escenarios prospectivos o por estrategias de intervención, es la variación del estado de las variables debido a una perturbación, mas no puede valorar cuánto ese crecimiento o decrecimiento de las variables modifica el estado inicial del sistema modelado en la MSD. Entonces, los resultados no permiten valorar el efecto absoluto de perturbaciones provocadas por opciones de escenarios o estrategias, pero sí permiten valorar el efecto relativo diferencial de esas perturbaciones de forma consistente.

Ilustración 7: Metodología modelación de escenario prospectivos del SSGACC



Fuente: elaboración propia

Escenarios prospectivos del SSGACC

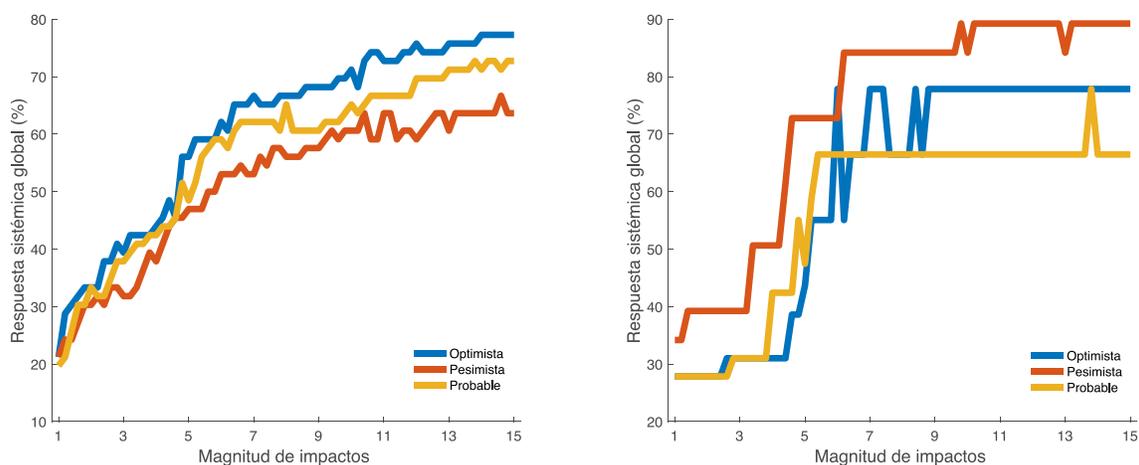
Para esta modelación se consideraron los siguientes escenarios de entorno del SSGACC de medio plazo (10 años):

- **Entorno optimista**, caracterizado por una aceleración lenta del cambio y los riesgos climáticos, una situación económica positiva y estabilidad política institucional.
- **Entorno pesimista**, caracterizado por una rápida aceleración del cambio y los riesgos climáticos, una situación económica crítica y una cierta estabilidad política institucional.
- **Entorno moderadamente optimista**, elaborado mediante metodología Delphi con actores claves, caracterizado por una aceleración lenta del cambio y los riesgos climáticos, una situación económica positiva e inestabilidad política institucional Ilustración 6 Estructura de los escenarios entorno del SSGACC.

Se presenta a continuación el resultado final de la modelación, es decir, cuando una vez construidos los escenarios prospectivos del entorno del sistema se estiman sus efectos en el SSGACC utilizando la modelación matemática del SSGACC.

La Ilustración 8 refleja de forma agregada para cada escenario el uso del potencial de variación positiva del sistema, referido a un total ideal recogido en el eje de las Y. El gráfico de la izquierda recoge la RSG sin ponderar los resultados en ningún sentido. En el de la derecha, los resultados son valorados según contribuyen a la mejora de los objetivos del sistema, asociados básicamente a la disposición e implementación de medidas de fortalecimiento de la adaptación y resiliencia climática.

Ilustración 8: Respuesta sistémica global de los escenarios prospectivos de entorno del SSGACC



Fuente: informe Hito 4 del proyecto de investigación

Análisis de los principales resultados

El indicador de Respuesta Sistémica Global muestra de forma agregada, es decir, considerando todas las variables del sistema, el uso del potencial de variación positiva de las variables; en otras palabras, el potencial de mejora de su estado. Este dato agregado del uso del potencial de variación positiva del sistema está representado como un porcentaje respecto de su máximo posible.

La RSG se comportó en la modelación de forma marcadamente positiva en todos los escenarios, no distinguiéndose la tendencia del escenario pesimista negativa de los otros dos escenarios. Este es, en principio, un resultado contraintuitivo, pues en el peor escenario las variables parecen mostrar un buen nivel de utilización del potencial de variación positiva del sistema.

Lo interesante es que la tendencia de respuesta relativa positiva de los elementos y del sistema en todos los escenarios es consistente con la propia naturaleza de lo modelado: un sistema social no deliberado de gestión de riesgo climático. Lo que la modelación muestra es que

ese sistema social justamente realiza su función social con independencia de la complejidad de los factores de entorno.

Ahora, como ya señaló, la modelación matemática de la MSD del SSGACC implicó perder la referencia al estado inicial del sistema. Entonces, la lectura de este resultado debe realizarse de forma cuidadosa. No es que el crítico estado inicial del sistema reflejado en la MSD haya transitado como un todo a los niveles positivos que señalan los datos, sino que lo que es positivo es el efecto relativo de la perturbación. La perturbación de entorno incita una respuesta de gestión que tiene el perfil que señalan los datos, pero se trata de un perfil relativo.

Las diferencias entre las tres curvas demuestran que el desempeño relativo del sistema tiene una tendencia similar razonable en los tres escenarios, pero es claramente peor en el caso pesimista que en el optimista, separándose unos 14 puntos, lo que permite una fácil interpretación: a saber, que el sistema opera peor en condiciones de mayor estrés climático.

Es explicable igualmente que el escenario optimista no se alejara mucho más del escenario pesimista, pues en este último la presión del aceleramiento de la emergencia de los riesgos climáticos hace que el sistema reciba presiones más intensas de gestión que compensan otras perturbaciones negativas del escenario, como limitación de recursos financieros, por ejemplo.

Esta idea es corroborada por la gráfica “Respuesta sistémica global de los escenarios prospectivos de entorno del SSGACC”. Ella revela la RSG si esta es ponderada por el logro de los objetivos del sistema, es decir, por el crecimiento o decrecimiento de los elementos correspondientes a la disponibilidad e implementación efectiva de medidas de la resiliencia climática.

Como se observa allí, en este caso el escenario pesimista es el que mejor se posiciona de los tres, a una muy buena distancia del escenario optimista. Lo que resulta igualmente contraintuitivo, pero que no lo es, si se tiene en cuenta adecuadamente lo modelado. Como ya se señaló, el escenario pesimista no implica como en ninguno de ellos que el sistema “no haga nada”. No, el sistema siempre gestiona, lo que sucede es que lo hace en distintas condiciones, y una de las condiciones del escenario pesimista, por diferencia con el optimista, es que lo hace bajo una mayor presión de gestión a causa de una más rápida emergencia de los riesgos climáticos.

Entonces, si bien de forma plana, cuando la variación de los elementos no es ponderada por nada, el sistema en el escenario pesimista se comporta relativamente peor que los otros dos, cuando se mira qué pasa con los elementos objetivo del sistema, eso cambia, pues la aceleración de la urgencia climática tiene efectos finalistas en el sistema y el reacciona activando los elementos objetivo del sistema si se quiere, y eso queda muy bien reflejado en esta curva y en la Tabla 1. Lo que viene además a ratificar que el modelo modela adecuadamente el sistema y su lógica de operación, pues esta mejora neta de los elementos objetivo es el resultado agregado del sistema. Pero esa reacción no está exenta de detalles, como se verá a continuación.

Los resultados detallados permiten ahondar en este aspecto. La MSD del SSGACC calificó su estado como el de hallarse en un modo reactivo, caracterizado por el hecho de ser capaz de responder a los riesgos climáticos sólo cuando estos se van anticipando, y solo parcialmente, en particular algunos de los riesgos indoor gestionados autónomamente por las empresas.

Tabla I: Respuesta Variables objetivos según escenarios

N°	Variable	Escenarios			Promedio
		Optimista	Pesimista	Probabilizado	
1	Nivel de valoración de los RRCC sectoriales	2	2	2	2,00
18	Disponibilidad de medidas de gestión de RC indoor	1	1	1	1,00
19	Disponibilidad de medidas de gestión de RC outdoor	1	1	1	1,00
22	Nivel de implementación de medidas de gestión del RC indoor autónomas	2	2	2	2,00
23	Nivel de implementación de medidas de gestión del RC outdoor e indoor compartidas	1	2	0	1,00
33	Percepción social del riesgo climático	2	2	2	2,00
	Promedio	1,50	1,67	1,33	

Fuente: informe Hito 4 del proyecto de investigación

La Tabla I recoge, como su nombre señala, la media de crecimiento de las variables objetivo en los tres escenarios. Lo que muestran los datos es que el sistema como media en los escenarios de futuro sigue en modo reactivo, en cualquier; mejorando los elementos más blandos de valoración y percepción de riesgo, pero en cuanto a disponibilidad de medidas y su implementación solo crecen de forma significativa las asociadas a los riesgos indoor como viene ocurriendo hasta ahora. Esto cualifica mejor cómo reacciona el sistema ante los entornos futuros gestionados, pero manteniendo un perfil reactivo. Esto permite señalar que, si bien los resultados no

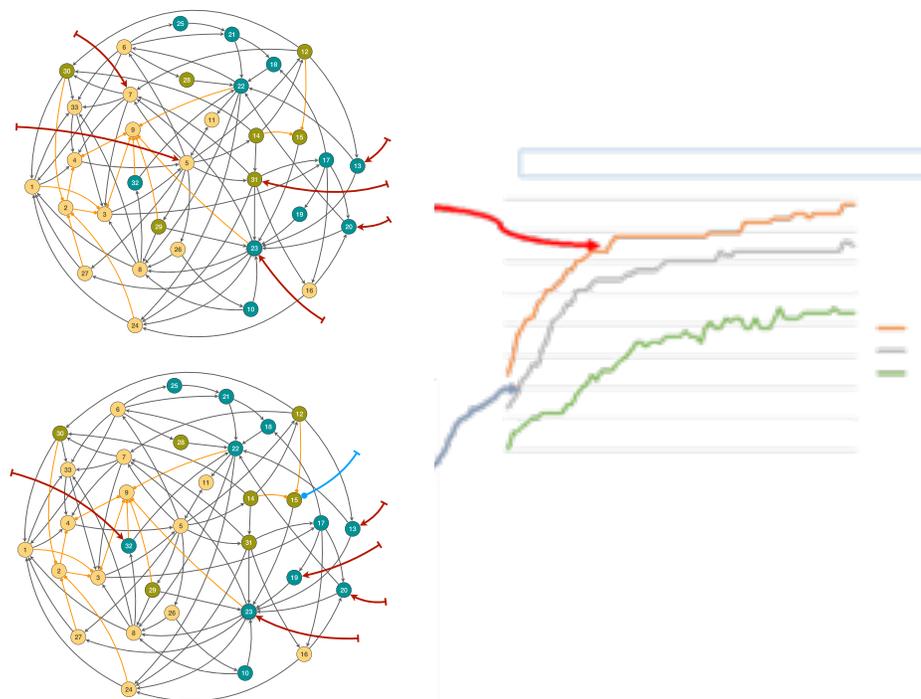
pueden correlacionarse con el crítico estado inicial del sistema referido en la MSD del SSGACC, sí permiten señalar que en un escenario BAU (acrónimo de Business as Usual) es difícil pensar que el sistema pueda por sí mismo moverse a un modo efectivamente anticipativo de riesgos climáticos.

6. ESCENARIOS DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN EL SSGACC

Simulación del efecto de estrategias de intervención alternativas en el SSGACC está compuesta de dos pasos, uno la formulación de esas estrategias alternativas, y dos

la estimación de su efecto sistémico mediante el uso de la modelación matemática del SSGACC como muestra la siguiente ilustración:

Ilustración 9: Metodología modelación de escenario de estrategias de intervención en el SSGACC



Fuente: elaboración propia.

Estrategias de intervención

Para desarrollar las opciones alternativas de estrategias de intervención en el SSGACC se utilizaron la MSD del SSGACC, la modelación matemática del SSGACC, así como la modelación de los escenarios prospectivos del SSGACC. De ese ejercicio derivaron las siguientes tres estrategias diferenciadas:

1. Estrategia estructural. Estrategia que busca aprovechar las fortalezas y las oportunidades estructurales de que dispone el sistema y las oportunidades de futuro, y,

por tanto, se centra en aspectos que más contribuyen al desempeño de los elementos que constituyen los objetivos estructurales del sistema, que se muestran en buen estado actualmente, y que a la vez presentan resiliencia media mayor frente a escenarios futuros.

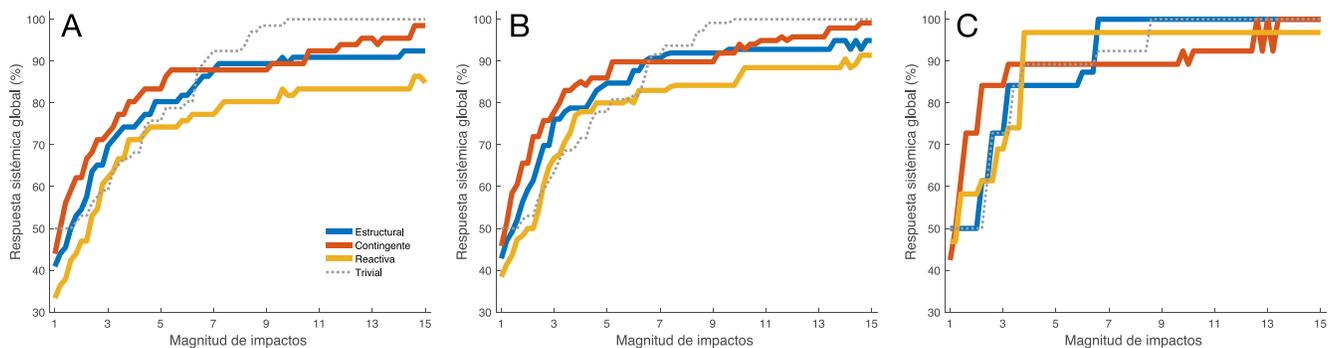
2. Estrategia Contingente. Estrategia que busca aprovechar las fortalezas estructurales de que dispone el sistema para alcanzar objetivos que contingentemente se han definido para el mismo a partir de la MSD y a la vez se hace cargo de las principales debilidades actuales del sistema.

3. Estrategia Reactiva. Estrategia que aborda las carencias actuales y futuras que muestra el sistema y así se centra en los elementos que en la actualidad muestran mayores niveles de debilidad, y que la vez presentan como media una menor resiliencia frente a escenarios futuros.

Resultados escenarios de estrategias de intervención en el SSGACC

La Ilustración 10 recoge la síntesis del efecto de cada alternativa medida en el indicador de Respuesta Sistémica Global (RSG).

Ilustración 10: RSG de las estrategias de intervención

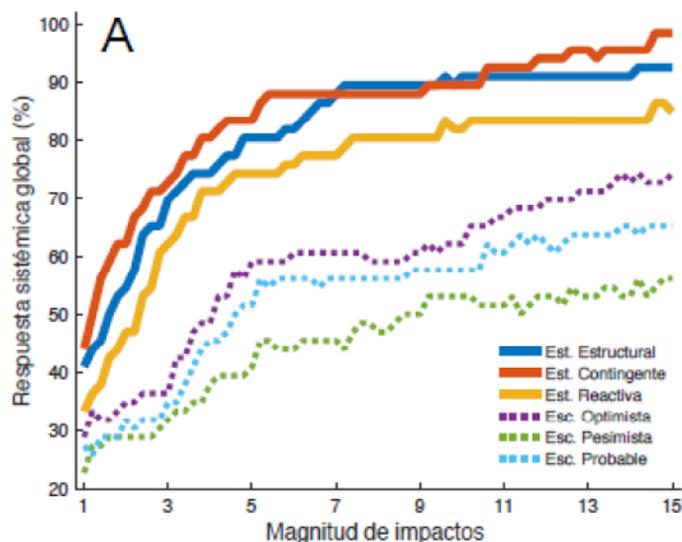


Fuente: informe Hito 4 del proyecto de investigación

La ilustración muestra la RSG frente a los impactos derivados de las tres estrategias de intervención en evaluación, más una estrategia trivial, en que todas las variables del sistema con valor normativo $V_n > 0$ se impactan positivamente y todas las variables con $V_n < 0$ se impactan negativamente. La métrica RSG integra los cambios proyectados en el conjunto de variables de sistema, ponderados por el valor objetivo de las mismas, y se expresa en forma porcentual respecto del máximo valor posible. Igualmente contiene tres modalidades distintas de estimación de la RSG. A: resultados para valores objetivo homogéneos para todas las variables del sistema. B: resultados para valores objetivo según el estado actual de las variables (derivado de la MSD). C: resultados para valores objetivo según el grado de prioridad de las variables (variables objetivo). Cada punto de las curvas representa el promedio sobre 300 aleatorizaciones del modelo.

Por otra parte, la Ilustración 11 grafica una comparación de la RSA de las estrategias con los escenarios prospectivos estimados y analizados anteriormente.

Ilustración II: RSG comparativa de las estrategias de intervención y de los escenarios prospectivos



Fuente: elaboración propia.

Análisis de los principales resultados

En este caso el comportamiento del indicador del uso agregado del potencial de variación positiva de la variable reflejado en la RSG es más negativo en el caso de la estrategia reactiva, el más positivo es el de la estrategia contingente, opción que se deriva de forma directa del estado actual del sistema, situándose en un punto intermedio la estructural, diseñada a partir del análisis matemático estructural del sistema.

El diferencial entre alternativas estratégicas tiene una lectura de interés. Como se observa, las tres curvas mantienen un comportamiento muy similar; en particular en los gráficos A y B, o sea cuando la modificación de la RSG no es ponderada o cuando es ponderada por el estado actual de cada variable. Esto confirma el comportamiento de gestión del sistema ya comprobado en la modelación de los escenarios prospectivos, con mayor énfasis en este caso, pues a diferencia de allí, acá la intervención es de-

liberada para obtener una mejora. En definitiva, viene a decir que toda intervención deliberada para mejorar, a la larga, visto dinámicamente, provee un beneficio sistémico. Este resultado quizá ayude a explicar la extendida fe en la política pública como herramienta de regulación social. Las diferencias entre opciones claramente diferentes no son marcadas, aunque sí son significativas. Pudiera concluirse una cierta resiliencia sistémica o estructural. Las cosas cambian, pero lentamente. En este sentido, la lectura de los datos debe hacerse cuidadosamente.

La estrategia reactiva, que en términos sistémicos supone actuar sobre los síntomas antes que sobre la estructura, resulta claramente peor posicionada que las otras dos, cuando es la estrategia más usual de política pública. Este dato vendría a ser una corroboración no arbitraria del desacierto de esa aproximación. El diferencial entre la alternativa contingente y la siguiente, la estructural, es de 6%, y de casi 8 % respecto de la reactiva.

Se observa que modificar la estructura no es fácil, por tanto variaciones de esta envergadura parecen razonables para poder comparar alternativas. Frente a un sistema que reacciona por se positivamente y que dispone de una dinámica resistente, entonces estos niveles de diferenciación (8%) parecen suficientes como medida de eficiencias diferenciales entre alternativas.

La Ilustración “RSG comparativa de las estrategias de intervención y el escenario prospectivo pesimista” contribuye a esta reflexión. La modelación visualiza con mucha claridad el diferencial entre la respuesta del sistema a un escenario pesimista estándar de su entorno y una intervención que tiene como propósito una mejora de la funcionalidad del propio sistema. En el escenario pesimista, la RSG alcanza en torno al 50% y en la peor de las estrategias de intervención, en la reactiva, alcanza el 85%, más de 35 puntos de diferencia.

Es, entonces, mucho más probable que la función del sistema, que es la adaptación al cambio climático, tenga lugar si el sistema se interviene desde una observación autorreflexiva (estrategia de intervención), que cuando se deja que simplemente funcione (escenario entorno) aunque ese “simplemente funcione” implique función pública rutinaria.

La siguiente tabla recoge un aspecto aún más interesante por su coherencia y potencial discursivo. En ella se refleja la respuesta de las variables asociadas a los objetivos del SSGACC por alternativa. Y lo que se observa es que en el caso de una intervención autorreflexiva deliberada el sistema se mueve de su modo actual de funcionamiento reactivo. Es decir, a diferencia de una respuesta frente a un escenario BAU (acrónimo de Business as Usual), recogido en la Tabla “Respuesta Variables objetivos según escenarios”, en promedio de las estrategias todos los elementos objetivo, incluido los asociados a los riesgos out door compartidos suben el máximo de lo posible, quedando relativamente por detrás la estrategia reactiva. Este es un dato muy interesante pues permite inferir algo sobre la posible modificación del estado inicial del sistema, y su transición desde un modo reactivo a uno más anticipativo.

Tabla 1: Respuesta Variables objetivos según escenarios

N°	Variable	Estrategias			Promedio
		Estructural	Contingente	Reactiva	
1	Nivel de valoración de los RRCC sectoriales	2	2	2	2,00
18	Disponibilidad de medidas de gestión de RC indoor	2	2	1	1,67
19	Disponibilidad de medidas de gestión de RC outdoor	2	2	2	2,00
22	Nivel de implementación de medidas de gestión del RC indoor autónomas	2	2	2	2,00
23	Nivel de implementación de medidas de gestión del RC outdoor e indoor compartidas	2	2	2	1,00
33	Percepción social del riesgo climático	2	2	2	2,00

Fuente: Elaboración propia

7. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

A manera de síntesis se recogen a continuación las recomendaciones de política pública que se derivan de las diversas modelaciones y simulaciones realizadas.

I. Recomendaciones relativas al estado del SSGACC y los objetivos de política pública

La función de la MSD del SSGACC es describir el objeto del cual es responsable la política pública de adaptación al cambio climático y al describirlo revela su estado. Lo que la modelación dice es que el SSGACC se encuentra mirado desde distintas perspectivas, sus dinámicas de alineamiento estratégico, de implementación y de recursos públicos, en un estado embrionario. En ese estado embrionario el sistema se encuentra en una modalidad reactiva frente a los riesgos climáticos emergentes, es decir, reaccionando parcialmente a aquellos riesgos cuando ellos se materializan, básicamente aquellos que se tornan críticos y que pueden ser gestionados de forma autónoma por las empresas del sector que disponen de recursos para hacerlo.

Sin embargo, el escenario de riesgos sectoriales es mucho más amplio: un total de 31 riesgos diversos cuya importancia relativa no es posible mensurar; de los cuales un 55% ocurren outdoor de la empresa y, por tanto, no pueden ser gestionados por ella autónomamente, en incluso del 45% que ocurren in door; solo un 33% pueden serlo. El agravante de esta situación es que la mayoría de los riesgos outdoor son aquellos que tienen un impacto social más significativo.

Visto en conjunto no está teniendo lugar la funcionalidad social de anticiparse a los riesgos climáticos sectoriales, ni la de avanzar por una senda de adaptación y resiliencia al cambio climático. Pudiera señalarse más bien que la gestión de los riesgos climáticos y la adaptación sectorial se encuentran en un estado de incertidumbre o a la deriva. Esto señala una primera consecuencia de política pública, pues de no mediar una intervención sostenida tendente a modificar la situación, lo más probable es que, como demuestran los escenarios prospectivos, se active un escenario social complejo que termine teniendo efectos en el propio desempeño del sector.

La causa de que el SSGACC se halle en un estado embrionario y en una modalidad de funcionamiento reactivo antes que anticipativo está, naturalmente, en el sistema como totalidad y en el estado de muchos de sus elementos. De esto se deriva una segunda consecuencia de política pública, a saber; la necesidad de diseñar una intervención que tenga al sistema como un todo como referencia, es decir, mirar la totalidad antes que las partes en primer lugar.

Finalmente, no tiene menos importancia de política pública el estado actual del sistema a la hora de definir los objetivos de una intervención sostenida en el sistema. Esto supone que, a medio plazo, entre 5 y 10 años, no es imaginable pasar del embrionario estado del sistema actual a uno en el que todos sus elementos están desarrollados en todo su potencial y el sistema se ubica en una modalidad de anticipación capaz de llevar adelante una gestión de riesgo y adaptación. Esa no parece ser una imagen objetivo razonable.

Teniendo esto en consideración, una estrategia consistente de política pública debiera fundarse en una intervención con acentos muy diferenciados sobre los elementos del sistema con un propósito parcial, no totalizador; que todo funcione, sino más bien apostar por un proceso incremental de mejora del sistema, apostando a medio plazo por la activación sostenida de ciertos bucles que a largo plazo puedan transmitir la misma vitalidad al resto. Esta apuesta incremental pudiera estar bien reflejada en la siguiente estructura de objetivos de la estrategia de intervención.

Objetivo general:

- Una parte importante de los operadores del sistema son reflexivos sobre la complejidad y la operación del sistema, se han generado algunos bucles de reforzamiento positivo que atraviesan todas las dinámicas del sistema. Si bien el sistema no está en condiciones de asegurar la producción de adaptación sectorial, sí está en condiciones de anticipar las eventualidades más críticas.

Objetivos específicos:

- El nivel de conocimiento de riesgo y la percepción de riesgo son consistentes, se dispone de una aproximación a la senda de adaptación sectorial y de un primer, aunque parcial, alineamiento estratégico del sistema (que comprende algunos aspectos de la gestión y algunos elementos del sistema).
- La implantación ha sobrepasado para algunos riesgos críticos la reactividad y el límite indoor.
- Hay constatables mejoras en algunos recursos públicos (financiación, sistema ciencia, sistema información, capacidades nacionales, puntualmente regionales y locales).

2. Recomendaciones derivadas de los escenarios prospectivos del SSGACC

La función de los escenarios prospectivos del SSGACC es identificar el posible comportamiento del sistema ante diversos posibles escenarios de su entorno. Desde una perspectiva de política pública identifica la respuesta del sistema ante la evolución del entorno, cambio climático incluido, en un escenario de no intervención o BAU, es decir, sin la intervención estratégica que esta propia reflexión de política pública supone. O dicho en términos simples, si las cosas siguen operando tal como están, teniendo en cuenta que en ese operar también hay acción de política pública, pero que funciona en un modo BAU, sin esta reflexión e intervención estructural sobre la totalidad del sistema.

Los escenarios prospectivos del SSGACC dicen dos cosas muy importantes en términos de política pública. La primera de ellas es que, medido según el uso de su potencial, el sistema en cualquier escenario plausible de su entorno opera, es decir, hace gestión positiva de la adaptación al cambio climático. Esta constatación que parece obvia, no lo es tanto. Dice algo difícil de modelar, que el sistema social opera como sistema social no deliberado, autorreferente, con independencia de cualquier esfuerzo de intervención en el mismo. Y con ello corrobora la virtualidad de la política pública misma, pues si no hubiese una entidad que está allí operando más allá del voluntarismo de la política pública, entonces, dónde radicaría tan

siquiera la posibilidad en que la política pública tuviese un efecto material en algo.

Derivado de esto y, en segundo lugar, los escenarios prospectivos del SSGACC confirman la utilidad de tomar como punto de partida de una intervención en el sistema la autoobservación estructural de política pública implícita en la modelación. Porque al escenificar la respuesta del sistema a escenarios de entorno BAU, se está escenificando el desempeño del sistema que incorpora la acción pública, muchos de los elementos del sistema la materializan. Mas es una acción política pública que no parte de una mirada sobre la totalidad del sistema, que incluso, se autoincluya en ella, como es el caso de la modelación del SSGACC. Ahora, en cambio, la intervención de política pública se puede diseñar teniendo un escenario de cómo respondería el sistema si la propia política pública siguiera en un modo BAU.

En tercer lugar, los escenarios prospectivos también muestran que para el desempeño del sistema no da igual cualquier escenario de entorno. Los escenarios más pesimistas generan una gestión de peor calidad. Está fuera del alcance de la modelación decir cuánto peor, ni menos avanzar un dato absoluto de ningún tipo, pero si es posible decir que las contradicciones que muestra el estado actual del sistema se van a agudizar en la medida que escenarios más pesimistas puedan hacerse realidad. Esto desde la perspectiva del sistema tiene dos consecuencias contradictorias a primera vista. Por un lado, en un escenario más pesimista el estado de los elementos del sistema es peor que en uno más pesimista de forma generalizada, tienen un peor desempeño. Pero, por otro lado, se ve reforzada la modalidad reactiva en que opera. Es decir, la presión de gestión que supone un escenario más pesimista, donde se acentúan los riesgos climáticos potencia la modalidad de gestión reactiva; frente a riesgos cuando ya están materializados, preferentemente en el caso de los riesgos indoor. Esto tiene una evidente consecuencia social, que no es posible evaluar, pero sí señalar como uno de los riesgos más claros implícitos en la modalidad reactiva actual, sin obviar un conjunto de otros riesgos cuya escasa anticipación tienen el potencial de generar graves disfunciones productivas y económicas al sector.

Entonces, las recomendaciones de política pública que se desprenden de los escenarios prospectivos del SSGACC son, por un lado, procedimentales, de empoderamiento sobre su propio objeto de intervención, del cual ella misma forma parte, para producir estrategias de intervención estructurales, estratégicas a partir de una mirada, una autoobservación de la totalidad del problema. Por el otro lado, son sustantivas, en el sentido de la urgencia de actuar para adelantarse a los peores escenarios de entorno, y actuar de forma sostenida y estructural para modificar la modalidad reactiva a una anticipativa, de forma gradual con acento en los riesgos outdoor.

3. Recomendaciones derivadas de los escenarios de estrategias de intervención en el SSGACC

La función de la modelación de estrategias de intervención es simular la respuesta del sistema ante opciones alternativas de estrategias de intervención en el sistema. Desde una perspectiva de política pública su utilidad es obvia pues señala la eficacia de distintas estrategias de política pública para la intervención en el sistema. Cada estrategia es una propuesta por priorizar un conjunto de ámbitos (elementos del sistema) de intervención frente a otros, ámbitos que son escogidos según los criterios que para cada estrategia resulten más relevantes. De los resultados obtenidos se desprenden varias y ricas recomendaciones de política pública.

La primera de ellas es que observando la eficacia relativa de tres estrategias, aquella que combina la consideración del estado actual del SSGACC descrito en su MSD con asumir determinadas urgencias del sistema, denominada contingente, resulta la más eficiente.

Las otras dos estrategias corporizan igualmente dos puntos de vista paradigmáticos, la reactiva, que asume una perspectiva corta placista, consistente en apostar por solucionar las urgencias en distintos puntos del sistema, muy propia de la decisión de política pública al uso. Y la estructural, que asume una perspectiva contraria, apostar a la estructura, ir a por los elementos que mejor movilizan al sistema, una suerte de maximalismo. La peor posicionada es la reactiva, y continuación le sigue la estructural.

La consecuencia de la política pública es evidente. Es necesario evitar tanto la tentación reactiva, de ir a por la solución solo de aquello que va mal, como la estructural, de ir a por lo que el análisis estructural de la situación recomienda como útil. Es recomendable aplicar una metodología efectivamente estratégica, que combine una mirada estructural, que en este caso se deriva de los objetivos definidos a partir de la identificación del estado del sistema en la MSD, con la consideración de las urgencias del momento, que en este caso se derivan de los elementos peor valorados en la misma MSD, así como las opiniones y valoraciones vertidas en los talleres participativos. Esta es una recomendación muy directa de política pública que dice que para el logro de los objetivos definidos más arriba es recomendable adoptar una estrategia de intervención sostenida sobre los siguientes elementos del sistema y sentidos de intervención respectivos.

Tabla 7 Elementos del SSGACC involucrados y sentido de intervención de la Estrategia de intervención mejor posicionada

Variable del SSGACC Afectada	Sentido de intervención
4 Disponibilidad de estrategias sectoriales de adaptación al CC	Mejora Planificación Estratégica
13 Nivel de coordinación inter empresas del sector en la gestión ambiental operativa	Fortalecimiento Coordinación sector privado en adaptación
7 Alineamiento del discurso de los actores públicos en la gestión de la adaptación al CC	Fortalecimiento del Alineamiento Sector Público
31 Disponibilidad de recursos financieros públicos para la gestión del RC y la adaptación al CC	Incremento recursos financieros públicos para la adaptación al CC
20 Disponibilidad de valoraciones costo-beneficio de las medidas de adaptación al CC	Generalizar Valoración económica medidas adaptación
23 Nivel de implementación de medidas de gestión del RC outdoor e indoor comparadas	Implementación de medidas RC outdoor

Fuente: Elaboración propia

Toda estrategia es en sí misma una apuesta, pues adopta una senda de intervención que, al mismo tiempo, supone descartar otras. La recomendación que se deriva del ejercicio integral de modelación realizado es que una intervención sostenida en estos elementos, con esta intención, es la mejor opción para que el sistema se acerque al estado deseado en la definición de objetivos. Una mirada conjunta a esta estrategia y los objetivos más arriba enunciados debiera permitir operacionalizar la política pública de adaptación sectorial, de la gran minería, en líneas estratégicas y acciones derivadas, algunas de las cuales pueden ser a su vez programas o el desarrollo de instrumentos públicos entre otros.

Esta aproximación estrictamente estratégica no es usual en el diseño de políticas públicas porque en general, ante la ausencia de modelos que permitan dirimir la efectividad relativa de opciones alternativas, la decisión que se

adopta de facto es no realizar ninguna apuesta e intervenir, ojalá en todo el sistema de forma ecléctica, y en particular allí donde más se justifica por sí mismo, que es donde es urgente. Dado que los recursos son escasos, la urgencia termina por ser el criterio de decisión más utilizado, configurándose, en general, políticas públicas reactivas, antes que proactivas. Por ello es que adoptar estas recomendaciones supone incorporar un factor de cambio en la toma de decisión pública, en este caso al menos, fundado en una propuesta de desarrollo científico.

Los resultados avalan esta recomendación también desde otro punto de vista. Si se observan los resultados más en detalle del efecto de las estrategias de intervención se comprueba de forma muy sistemática que el sistema en todos los casos pareciera dar un giro de su modalidad de funcionamiento reactivo a uno más anticipativo del riesgo. Este es un factor de política pública muy determinante,

pues justifica que una acción sostenida y estructuralmente orientada sí pudiera ser capaz de introducir una dinámica anticipativa en el sistema que hoy no tiene. Y lo hace con mayor fuerza de forma decreciente en la estrategia contingente, luego en la estructural y finalmente en la reactiva. Esto es algo que sin los medios acá desarrollados se pudiera llegar a prever.

Finalmente, los resultados de los escenarios de estrategias de intervención facilitan una comparación con el comportamiento del sistema en los escenarios prospectivos o BAU, como igualmente se llamaron. Y lo que esa comparación dice es muy relevante en términos de política pública. Dice que en todos los casos el desempeño del sistema mejora muy notablemente su desempeño relativo en un escenario donde es sujeto de una estrategia de intervención en comparación de uno donde el sistema funciona en un modo BAU respondiendo solo a las perturbaciones del entorno. Esto grafica la importancia misma de la política pública y la necesidad una estratégica y estructuralmente orientada, para que el SSGACC produzca gestión de riesgos y adaptación al cambio climático que el sector requiere. Si la MASD del SSGACC apuntaba a la urgencia de que la política pública moviera al sistema de su estado embrionario y en modalidad reactiva, en este caso apunta a la propia responsabilidad de la política pública, pues ella puede hacer la diferencia.

NOTA FINAL

El proyecto de investigación entiende que ha tenido éxito en proponer y desarrollar una metodología para abordar un problema complejo y facilitar una herramienta que ayude a tomar decisiones de política pública. Eso no significa que no haya aspectos que mejorar y otros que desarrollar. Por esta razón los investigadores y las entidades asociadas esperan avanzar en una segunda fase de investigación que permita profundizar la herramienta en ciertos aspectos técnicos, facilitar una guía y unas herramientas amigables para quienes deseen explorar en su utilización, integrar los mecanismos de evaluación de la consistencia de resultados, e intentar su aplicación a otros casos prácticos que la enriquezcan.

BIBLIOGRAFÍA

- **Dambacher, J. M., Li, H. W., & Rossignol, P. A. (2003).** Qualitative predictions in model ecosystems. *Ecological Modelling*, 161 (1-2), 79-93.
- **Dambacher, J. M., & Ramos-Jiliberto, R. (2007).** Understanding and predicting effects of modified interactions through a qualitative analysis of community structure. *The Quarterly review of biology*, 82(3), 227-250
- **Fernández K., 2021.** Evaluación de las políticas públicas de adaptación al cambio climático en Chile. Memoria para optar al título de ingeniera civil industrial. Departamento Ingeniería Industrial. Universidad de Chile
- **Jiliberto R., 2022.** Un giro estructural a la política pública en medio ambiente. Políticas Públicas Estratégicas para el Cambio Climático y el Antropoceno. RIL Ediciones, Santiago.
- **Jones, R.N., A. Patwardhan, S.J. Cohen, S. Dessai, A. Lammel, R.J. Lempert, M.M.Q. Mirza, and H. von Storch, 2014:** Foundations for decision making. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 195-228.
- **Medina J. y Ortega, E (2006).** *Manuela de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe.* ILPES-CEPAL.
- **Ramos Jiliberto R. 2021.** *Deja a la estructura hablar.* Ediciones Universidad Mayor. Santiago de Chile
- **Rittel H., Webber M, 1973.** Dilemmas in a General Theory of Planning. *Policy Sciences* 4 (1973) 155-169
- **Schwartz P. (1996).** *The art of the long view: planning for the future in an uncertain world.* John Wiley & Sons Inc Print On