



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Interacciones entre los múltiples impulsores de  
riesgo generados por el cambio climático: Revisión  
sistemática.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Dinos Ccanto, Jorge Luis (ORCID: 0000-0001-5360-8464)  
Rodriguez Rojas, Arleth Dalheska (ORCID: 0000-0001-5131-3734)

**ASESOR:**

Mgtr. Grijalva Aroni, Percy Luis (ORCID: 0000-0002-2622-784X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.

A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome.

A todo el resto de mi familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar la tesis.

A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente

Dinos Ccanto, Jorge Luis / Rodríguez Rojas, Arleth Dalheska

## **Agradecimiento**

Esta tesis implica el punto y final a un periodo de investigación en el que he empleado todo mi esfuerzo y dedicación. En todo momento he estado rodeada de personas que de un modo u otro han contribuido a su realización y a las que les debo mi agradecimiento.

A mis profesores. Por su dedicación, esfuerzo y paciencia, haciendo posible no solo la realización de esta tesis sino la mejora de mi formación profesional y personal.

A mi familia. En especial a mis padres, a los que les agradezco su apoyo incondicional y su cariño. Agradezco la educación que he recibido de ustedes y su labor como padres, no lo podían haber hecho mejor. Del mismo modo, a mis hermanos, por ser las personas más especiales en mi vida y una motivación más para seguir adelante.

A Jorge Luis al que no tengo palabras para agradecerle su apoyo, cariño y comprensión durante este tiempo. Gracias por ser como eres, por demostrarme siempre lo importante que soy en tu vida, por reconfortarme en los momentos difíciles y por hacer aún más especiales los momentos buenos. Siempre me haces inmensamente feliz.

A Thiago y Sebastián mis hijos por darme esa motivación y ganas para seguir adelante, por darme mayor vitalidad y fuerzas para terminar con este trabajo.

Mi obligado agradecimiento a todas las personas que han participado en esta tesis por su trabajo desinteresado y no remunerado, que ha sido esencial para el desarrollo de esta investigación.

Me llevo no solo la sensación de haber trabajado mucho en compañía de todos, sino de además muchos buenos momentos vividos. Todo ello forma parte de una etapa de mi vida difícil de olvidar.

Dinos Ccanto, Jorge Luis / Rodríguez Rojas, Arleth Dalheska

## Índice de contenidos

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. Introducción	1
II. Marco Teórico	5
III. Metodología	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	12
3.3. Escenario de estudio	13
3.4. Participantes	13
3.5. Procedimientos	13
3.6. Rigor científico	13
3.7. Método de análisis de información	14
3.8. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1. Situación actual	16
4.2. Un camino a seguir: categorías de riesgo complejo	22
4.3. De la evaluación a la respuesta informada	28
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40

## Índice de tablas

Tabla N° 1. Matriz de categorización apriorística	12
Tabla N° 2. Términos de riesgo complejos con y sin una definición del IPCC	17

## Resumen

La experiencia del mundo real ilustra la complejidad de las interacciones entre los múltiples impulsores del riesgo del cambio climático y cómo los múltiples riesgos se combinan o se suman en cascada. Sin embargo, todavía no existe un marco holístico para evaluar riesgos de cambio climático tan complejos. Es evidente la necesidad de claridad con respecto a las interacciones que generan riesgo, incluido el papel de las respuestas de adaptación y mitigación. En esta perspectiva, se presenta un marco para tres niveles crecientes de complejidad en las categorías de riesgo del cambio climático, que se centran en las interacciones entre múltiples factores de riesgo, así como entre múltiples riesgos. Una innovación significativa reconoce que existen riesgos asociados con el cambio climático y las respuestas al mismo. Este enfoque fomenta el pensamiento que trasciende las fronteras sectoriales y regionales y vincula los factores de riesgo físicos y socioeconómicos. Es esencial avanzar en la evaluación del riesgo del cambio climático de esta manera para tomar decisiones más informadas que reduzcan los impactos negativos del cambio climático.

**Palabras clave:** Cambio climático, Riesgos complejos del cambio climático, Respuesta a los riesgos, Evaluación del riesgo climático

## **Abstract**

Real-world experience illustrates the complexity of the interactions between multiple drivers of climate change risk and how multiple risks combine or cascade together. However, a holistic framework for assessing such complex climate change risks does not yet exist. There is a clear need for clarity regarding the interactions that generate risk, including the role of adaptation and mitigation responses. In this perspective, a framework is presented for three increasing levels of complexity in climate change risk categories, which focus on the interactions among multiple risk drivers, as well as among multiple risks. A significant innovation recognizes that there are risks associated with climate change and responses to it. This approach encourages thinking that transcends sectoral and regional boundaries and links physical and socioeconomic risk factors. It is essential to advance climate change risk assessment in this way in order to make more informed decisions that reduce the negative impacts of climate change.

**Keywords:** Climate change, Complex climate change risks, Risk response, Climate risk assessment.

## I. INTRODUCCIÓN

La relación entre los sistemas socioeconómicos, ambientales y técnicos desplaza el riesgo de un sistema o sector a otro, creando nuevos riesgos o exacerbando los existentes (Zscheischler et al. 2018). Por ejemplo, se prevé que el calentamiento global de 2 °C por encima de los niveles preindustriales reduzca el rendimiento global de los cultivos básicos entre un 5 % y un 20 % (IPCC 2018). Las opciones de mitigación de gases de efecto invernadero también pueden aumentar la inseguridad alimentaria si los cultivos de bioenergía desplazan a los cultivos alimentarios, o pueden conducir a la pérdida de biodiversidad por el cambio del uso de la tierra para los cultivos y la forestación (Correa et al. 2017).

Al mismo tiempo, las redes comerciales vinculan sistemas alimentarios distantes y, por lo tanto, pueden compensar la reducción de la seguridad alimentaria, pero también pueden crear nuevos riesgos de impactos globales, como el fracaso de múltiples canastas de pan (Anderson et al. 2019); propagación más rápida de enfermedades, plagas y otras especies invasoras; y nuevas amenazas a la seguridad alimentaria local a partir de los cambios en los precios de los productos básicos causados por decisiones políticas tomadas en otros lugares (Gaupp 2020).

Estas interacciones incluyen tanto los riesgos causados por el cambio climático como los que implican respuestas al cambio climático a través de la adaptación y la mitigación (en lo sucesivo denominados colectivamente riesgos de cambio climático), cuando se entienda que el riesgo se refiere al potencial de resultados negativos o positivos para los sistemas humanos o ecológicos.

Aunque se están comenzando a utilizar enfoques de evaluación de riesgos que consideran tales interacciones y redes (Nichols et al. 2018), muchas evaluaciones de riesgos del cambio climático a menudo ignoran las interacciones en parte o en su totalidad. Esto puede dar lugar a una



subestimación significativa del riesgo, por ejemplo, cuando las pautas de producción de alimentos distorsionan la dirección, la escala y las pautas espaciales del riesgo, en comparación con los análisis que tienen en cuenta las interacciones intersectoriales (Lorie et al. 2020).

Sin embargo, por conveniencia y capacidad de gestión, los analistas y administradores suelen dividir las evaluaciones de riesgos en islas aisladas, a menudo utilizando una perspectiva orientada a los componentes en lugar de la interacción (Sutton 2019).

Evaluaciones de los grupos de trabajo del IPCC, como el informe especial sobre la gestión de los fenómenos extremos y los riesgos de desastres para la adaptación al cambio climático, el calentamiento global a 1,5 °C, los océanos y la criosfera, y el cambio climático y terrestre (IPCC 2018), contribuyó a la elaboración de enfoques más integrados de la evaluación de los riesgos. Sin embargo, la tendencia a dividir las evaluaciones de riesgos en sectores, regiones, clases de activos o medidas de respuesta específicas puede resultar en la omisión de relaciones importantes que generan riesgos de cambio climático (Calliari, Surminski y Mysiak 2019).

Existen numerosas limitaciones físicas y conceptuales que pueden limitar la evaluación del riesgo del cambio climático. Los cuatro tipos principales son las limitaciones de departamento, tiempo, espacio y respuesta. Las interacciones a través de estos límites a menudo amplifican o reducen el riesgo en relación con cuando se ignoran las interacciones (Liu et al. 2018). Además, datos recientes indican que algunos de los efectos más graves del cambio climático, como las altas temperaturas mortales o el colapso repentino de los ecosistemas, dependen en gran medida de la interacción de los programas intersectoriales y regionales y los programas de respuesta (Matthews, Wilby y Murphy 2019).

De manera similar, la forma en que la gobernanza o los sistemas institucionales que implementan las respuestas al cambio climático actúan a

través de estos límites también afecta la naturaleza del riesgo (Atteridge y Remling 2018). Si bien en algunos casos los efectos de estas interacciones son mínimos, en muchos casos los riesgos no pueden entenderse sin abordarlos. Por ejemplo, los planes de inversión a largo plazo de muchas instituciones de abastecimiento de agua son más vulnerables a las interacciones del cambio climático con otros factores socioeconómicos que a sus propios efectos reales sobre el cambio climático (Trindade et al. 2020).

Es necesario tener en cuenta estas múltiples complejidades para las evaluaciones encargadas de informar a los gobiernos nacionales sobre los riesgos del cambio climático, así como para comprender y gestionar los riesgos a escalas más locales, como las ciudades, o entre escalas en el sector privado (Nichols et al. 2018).

En esta perspectiva, sintetizamos el trabajo reciente que describe el riesgo complejo del cambio climático, como los conceptos de interacciones compuestas, conectadas y en cascada, y reflexionamos sobre las consecuencias para la evaluación del riesgo y la respuesta. Luego, establecemos un marco para la evaluación de riesgos que abarca niveles crecientes de complejidad al incluir interacciones entre múltiples impulsores del riesgo del cambio climático (incluidas las respuestas de adaptación y mitigación), así como entre múltiples riesgos. Demostramos esta estructura utilizando varios estudios de casos sobre ciudades, pesquerías y finanzas para ilustrar cómo las evaluaciones de riesgos pueden captar y clasificar mejor los riesgos complejos, lo que permite una respuesta más informada y eficaz.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cómo evaluar de forma compleja el riesgo por cambio climático? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Qué se conoce hasta el momento sobre evaluaciones de riesgo por cambio climático?
- **PE2:** ¿Cómo direccionar las evaluaciones de riesgo hacia categorías de riesgo complejo?
- **PE3:** ¿Cuáles respuestas se esperan de evaluaciones informadas de riesgo por cambio climático?

El objetivo general fue Revisar las interacciones entre los múltiples impulsores de riesgo generados por el cambio climático. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Aclarar la situación actual respecto a las evaluaciones de riesgo por cambio climático.
- **OE2:** Trazar el camino a seguir respecto a categorías de riesgo complejo por cambio climático.
- **OE3:** Apoyar la respuesta informada a situaciones de riesgo complejo por cambio climático.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan los antecedentes más relevantes en respuesta a revisar la literatura sobre un marco para la evaluación compleja del riesgo del cambio climático.

Lawrence, Blackett y Craddock-Henry (2020) analizan orígenes del pensamiento de choque en cascada y presentan los resultados de los estudios de choque en cascada y su impacto en Nueva Zelanda. El enfoque de colaboración se adoptó mediante talleres semiestructurados y entrevistas con informantes del sector, incluidos ingenieros, autoridades locales, gestores de riesgos financieros y analistas de servicios financieros. Esto se combinó con el análisis de redes y sistemas para examinar la mayor frecuencia de eventos de lluvia de alta intensidad, el aumento del nivel del mar y la sequía, en la infraestructura de agua urbana y los servicios financieros, y las implicaciones de los impactos del cambio climático en cascada para la gobernanza. Los resultados mostraron que un examen más detallado de los efectos acumulativos de los factores de tensión pertinentes ayudaría a comprender mejor la magnitud y la magnitud de los efectos del cambio climático. Al utilizar el pensamiento sistémico crítico para caracterizar y evaluar cómo el cambio climático impacta en cascada en todos los dominios, se mostró que las implicaciones de las cascadas para su gobernanza y revelamos dónde podrían enfocarse las intervenciones de adaptación al cambio climático.

Raymond, Matthews y Horton (2020) explican que los modelos climáticos proyectan las primeras ocurrencias de TW de 35°C para mediados del siglo XXI. Sin embargo, una evaluación exhaustiva de los datos de las estaciones meteorológicas muestra que algunas ubicaciones costeras subtropicales ya han informado un TW de 35 °C y que el calor húmedo extremo en general se ha más que duplicado en frecuencia desde 1979. La eficacia de estos valores de ST de alto riesgo también se ve confirmada por el hecho de que la superficie de temperatura del mar más alto, a 35 °C, ha estado expuesta

recientemente a temperaturas mundiales elevadas. Los autores encontraron que el calor húmedo más extremo está altamente localizado tanto en el espacio como en el tiempo y, en consecuencia, se subestima sustancialmente en los productos de reanálisis.

Hafezi et al. (2020) informan sobre un enfoque para modelar los factores de estrés de los arrecifes de coral y las posibles intervenciones de adaptación utilizando el ecosistema de arrecifes de coral de *Port Resolution* en la isla de Tanna, Vanuatu, como estudio de caso que sirve como un microcosmos de los pequeños estados insulares en desarrollo (PEID) del Pacífico en peligro de extinción. Se desarrolló un marco de modelado participativo novedoso y se siguió paso a paso para integrar las presiones del cambio climático local y a largo plazo mediante el análisis estructural y las técnicas de Red Bayesiana (BN). El modelo BN se cuantificó a través de un enfoque avanzado inducido por datos consolidados, basado en evidencia y dirigido por expertos que incorporó: (1) proyecciones de condiciones climáticas futuras y actividades humanas cambiantes; (2) las influencias de múltiples factores estresantes, incluidos factores sociológicos y ambientales físicos; y (3) variabilidad espacial en los procesos y variables clave.

Lorie et al. (2020) para su estudio aplican una versión actualizada del Modelo Nacional de Propiedad Costera (NCPM, por sus siglas en inglés) para incorporar pruebas mejoradas de costo-beneficio y para aproximar el comportamiento de reducción del riesgo de inundación subóptimo observado. El NCPM actualizado se prueba para dos sitios de varios condados: Virginia Beach, VA y Tampa, FL. Los enfoques de adaptación subóptimos retrasan la implementación de medidas de adaptación a lo largo de la simulación de 100 años y aumentan la cantidad de daños por inundaciones, especialmente al principio de la simulación. El efecto neto es un aumento en el costo del valor actual total de \$ 1.1 a \$ 1.3 mil millones (2015 USD), lo que representa un aumento de aproximadamente el 10% en comparación con los enfoques de adaptación óptima. Las calibraciones futuras contra datos históricos y la incorporación de factores no económicos

que impulsan las decisiones de adaptación podrían resultar útiles para comprender mejor los impactos del comportamiento subóptimo continuo.

Trindade et al. (2020) presentan el software de simulación WaterPaths: un sistema de modelado exploratorio generalizable, compatible con la nube y de código abierto diseñado para informar inversiones regionales a largo plazo en infraestructura hídrica y, al mismo tiempo, ayudar a las regiones a mejorar sus decisiones de gestión semanales a corto plazo, a menudo tomadas en respuesta a las sequías. Excepcionalmente, WaterPaths tiene la capacidad de identificar la planificación y gestión coordinadas para grupos de servicios públicos de agua que comparten recursos hídricos. WaterPaths explota reglas dinámicas y adaptativas de riesgo de falla (ROF) para desencadenar acciones de gestión y planificación en vías temporalmente consistentes. La representación compacta y eficiente basada en ROF de las rutas de decisión permite a WaterPaths escalar de manera eficiente con la cantidad de actores regionales y sus acciones candidatas. Por último, como plataforma para respaldar la toma de decisiones en condiciones de gran incertidumbre, WaterPaths da cuenta de una amplia gama de incertidumbres que incluyen extremos hidrológicos o climáticos, tiempo de permisos, crecimiento de la demanda, efectividad de las restricciones en el uso del agua, costos de construcción e incertidumbres financieras.

Zscheischler et al. (2020) en su revisión proponen una tipología de eventos compuestos y sugerimos enfoques analíticos y de modelado para ayudar en su investigación. Organizan los muy diversos tipos de eventos compuestos de acuerdo con cuatro temas: precondicionados, donde una condición previa impulsada por el clima o el clima agrava los impactos de una amenaza; multivariable, donde múltiples impulsores y/o peligros conducen a un impacto; agravamiento temporal, donde una sucesión de peligros conduce a un impacto; y composición espacial, donde los peligros en múltiples ubicaciones conectadas causan un impacto agregado. A través de la estructuración de eventos compuestos y sus respectivas herramientas de análisis, la tipología ofrece una oportunidad para profundizar en sus

mecanismos e impactos, beneficiando el desarrollo de estrategias de adaptación efectivas. Sin embargo, la complejidad de los eventos complejos significa que en algunos casos encajan inevitablemente en más de una clase, requiriendo límites suaves en la tipología. El trabajo futuro debe homogeneizar los enfoques analíticos disponibles en un conjunto de herramientas sólido para el análisis de eventos compuestos en las condiciones climáticas presentes y futuras.

Se procede a explicar las bases teóricas y conceptos asociados a la situación actual respecto a las evaluaciones de riesgo por cambio climático; el camino a seguir respecto a categorías de riesgo complejo por cambio climático; y la respuesta informada a situaciones de riesgo complejo por cambio climático.

Los eventos meteorológicos y climáticos extremos y sus impactos pueden ocurrir en combinaciones complejas, una interacción formada por impulsores físicos y fuerzas sociales. En estas situaciones, la gobernanza, los mercados y otras estructuras de toma de decisiones, junto con la exposición y la vulnerabilidad de la población, crean interconexiones no físicas entre los eventos al vincular sus impactos con efectos positivos o negativos (Raymond et al. 2020).

Varias acciones antropogénicas también pueden afectar directamente la gravedad de los eventos, lo que complica aún más estos ciclos de retroalimentación. Tales relaciones rara vez se caracterizan o consideran en contextos de investigación basados en las ciencias físicas (Raymond et al. 2020).

Se espera que el cambio climático tenga impactos e implicaciones adversos para una variedad de sistemas humanos y ambientales. Sin embargo, nuestra comprensión de la medida en que estos efectos pueden ser en cascada y combinados para crear múltiples impactos en todos los sectores es limitada. La interdependencia entre sistemas y subsistemas resultante de

las cascadas de sistemas naturales y sistemas socioeconómicos va acompañada de un ciclo de cambio y retroalimentación. Los efectos combinados de la interacción de los factores de estrés afectan la capacidad de las personas, los gobiernos y el sector privado para adaptarse a ellos de manera oportuna antes de que se produzcan daños generalizados (Lawrence, Blackett y Craddock-Henry 2020).

Comprensión amplia y sistemática de los efectos a largo plazo del cambio climático y otras tensiones climáticas en la salud y la resiliencia de los ecosistemas de arrecifes de coral y la eficacia de las estrategias de adaptación y las medidas de ordenación para mitigar esos efectos; Los servicios ecosistémicos y los servicios ecosistémicos relacionados pueden contribuir significativamente a la planificación y a la toma de decisiones (Hafezi et al. 2020).

Los fenómenos meteorológicos y climáticos combinados combinan múltiples factores climáticos y/o peligros que plantean riesgos sociales o ambientales. Aunque muchos desastres relacionados con el clima son causados por eventos complejos, el conocimiento, el análisis, la cuantificación y la predicción todavía están en su infancia (Zscheischler et al. 2020).

Se determinó que los riesgos identificados en evaluaciones recientes del cambio climático podían tener efectos adversos en los seres humanos o los ecosistemas, al tiempo que se reconocía la diversidad de valores y objetivos asociados con esos sistemas (IPCC 2019). Por ejemplo, las amenazas climáticas, como las olas de calor, interactúan con la exposición y la vulnerabilidad humanas y plantean riesgos para la salud humana. Sin embargo, están surgiendo muchos nuevos descriptores que reflejan la complejidad de los riesgos asociados con el cambio climático.



### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Las revisiones sistemáticas pueden ayudar a navegar los espacios de investigación-implementación ya que fomentan la reflexión y, al considerar una variedad de evidencia, respetan una multiplicidad de métodos y epistemologías (Toomey, Knight y Barlow 2017). El carácter sistemático de la investigación da por certero que se basó en una disciplina, y que el análisis se basó en estrictos procedimientos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p.34).

Un estudio de enfoque cualitativo es representado por el análisis sistemático de fenómenos, contrario a lo que comúnmente sucede, no se inicia con una teoría marcada para confirmar si esta es apoyada por los datos y resultados, sino que el proceso empieza examinando los hechos en sí y revisando los estudios previos, ambas acciones de manera simultánea, a fin de generar una teoría que sea consistente con lo que está observando que ocurre (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p.46).

La presente investigación se propuso indagar la literatura sobre un marco para la evaluación compleja de riesgo por cambio climático; en este caso, en un tiempo único, referido a cómo se encuentran desarrollados esos conceptos en la actualidad, tratándose de una investigación Transversal descriptiva (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018, p.217).

Que el diseño cualitativo sea sistemático implica que hay una disciplina para realizar la investigación científica y que no se dejan los hechos a la casualidad. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018, p.34). Esta investigación cumple con el propósito fundamental de producir conocimiento y teorías, investigación básica (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018, p. 29), puesto que responde al propósito de aclarar la situación actual respecto a las evaluaciones de riesgo por cambio climático, además de

trazar el camino a seguir respecto a categorías de riesgo complejo por cambio climático, y apoyar la respuesta informada a situaciones de riesgo complejo por cambio climático.

### 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla Nº 1. Matriz de categorización apriorística

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
Revisar un marco para la evaluación compleja de riesgo por cambio climático	Aclararla situación actual respecto a las evaluaciones de riesgo por cambio climático.	Actuales evaluaciones de riesgo por cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipos de riesgo complejo con la definición del IPCC.</li> <li>▪ Tipos de riesgo complejo sin definición del IPCC.</li> </ul>
	Apoyar la respuesta informada a situaciones de riesgo complejo por cambio climático.	Respuestas informadas al riesgo por cambio climático.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ciudades frente a la escasez de agua.</li> </ul>

### **3.3. Escenario de estudio**

Para evaluar hasta qué punto este desarrollo representa el surgimiento de una comprensión común del riesgo complejo en la investigación del cambio climático y en las evaluaciones de riesgos relevantes para las políticas, se analizan los informes especiales publicados para el sexto ciclo de evaluación del IPCC: informes especiales sobre el calentamiento global de 1.5 °C, océanos y criosfera, y cambio climático y tierra (IPCC 2022).

### **3.4. Participantes**

Estos documentos invitados reflejan la síntesis mundial más reciente de los riesgos del cambio climático y están destinados a ser incluidos en la evaluación de los sectores tradicionales del Grupo de Trabajo del IPCC. Desde 2015, la literatura revisada por pares ha abordado tipos complejos de riesgos.

### **3.5. Procedimientos**

Los análisis de los tipos complejos de riesgos en la literatura revisada por pares desde 2015 se han centrado en ["riesgos del cambio climático" y "x"] y han examinado los siguientes descriptores interrelacionados relacionados con los riesgos del cambio climático: impacto, riesgo, peligro, vulnerabilidad y exposición: cascada, localización, combinación, paralelismo, correlación, efecto cruzado, acumulación, efecto dominó, emergencia, súper, interacción, interconexión, interdependencia, multiplicidad, continuidad, sincronización, cooperación, sistema, conexión remota, conexión remota.

### **3.6. Rigor científico**

En esta perspectiva, se sintetiza el trabajo reciente que describe el riesgo complejo del cambio climático, como los conceptos de interacciones compuestas, conectadas y en cascada, y reflexionamos sobre las

consecuencias para la evaluación del riesgo y la respuesta. Luego, se establece un marco para la evaluación de riesgos que abarca niveles crecientes de complejidad al incluir interacciones entre múltiples impulsores del riesgo del cambio climático (incluidas las respuestas de adaptación y mitigación), así como entre múltiples riesgos. Este marco está ilustrado por varios estudios de casos en los sectores urbano, pesquero y financiero que muestran cómo las evaluaciones de riesgos pueden captar y clasificar mejor los riesgos complejos, permitiendo respuestas más informadas y eficaces.

### **3.7. Método de análisis de información**

La búsqueda comienza con las primeras siete páginas del *Google Scholar*, y luego toma el enfoque de bola de nieve examinando los enlaces de artículos identificados. El objetivo del estudio fue describir la estructura amplia y compleja de los riesgos en la literatura sobre el cambio climático en lugar de revisar sistemáticamente todos los materiales publicados para cada interacción compleja. Luego, se exploró la literatura recopilada en busca de definiciones de uso común y una variedad de descripciones de riesgos complejos asociados con el cambio climático para compararlos con el uso o la falta de uso en los informes especiales del IPCC.

### **3.8. Aspectos éticos**

Con el fin de exponer el interés por indagar la realidad en forma sistemática proponiendo soluciones a las problemáticas ambientales respecto a un marco para la evaluación compleja de riesgo por cambio climático, además de apoyar la respuesta informada a situaciones de riesgo complejo por cambio climático. Siendo así, se destaca lo siguiente sobre esta investigación:

A. Respeto a la autoría de las fuentes de información. Esto se logra citando apropiadamente con estilos internacionales.

- B. Cumplimiento de los principios éticos del colegio profesional al que pertenecerán los autores.
- C. Cumplimiento de los aspectos relevantes del código de ética de la investigación de la universidad o de la institución que autoriza la investigación.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Situación actual**

El IPCC reconoce que los riesgos pueden agregarse de múltiples sectores, pero solo tiene dos definiciones de glosario para tipos de riesgo complejo, a saber, riesgo compuesto y riesgo emergente (IPCC 2019) (Tabla 1). Además, la noción del IPCC de riesgo compuesto se centra en la interacción de las amenazas climáticas que determinan un riesgo y los términos de riesgo complejo se aplicaron con mayor frecuencia a la amenaza determinante de un riesgo.

Esto se alinea con un campo de investigación cada vez mayor sobre las interacciones de los peligros climáticos, como las fuertes precipitaciones que coinciden con una marejada ciclónica para aumentar la probabilidad de inundaciones, a menudo denominados fenómenos meteorológicos o climáticos compuestos (Zscheischler et al. 2020). En los informes especiales recientes del IPCC se utilizan al menos una docena de otros términos para describir la complejidad variable de cada factor determinante del riesgo (amenaza, exposición y vulnerabilidad), algunos de los cuales son aplicables a múltiples factores determinantes del riesgo y riesgos del cambio climático.

Por lo general, el uso de estos términos no está alineado con una tipología de riesgo particular y, en cambio, refleja las elecciones individuales del autor, lo que dificulta lograr una interpretación y síntesis consistentes. Las descripciones de riesgo también se interpretan de manera restringida, se considera que se desarrollan en un período de tiempo relativamente corto y tienen un alcance limitado a un subconjunto de determinantes de riesgo.

**Tabla Nº 2. Términos de riesgo complejos con y sin una definición del IPCC**

<b>Tipos de riesgo complejo con la definición del IPCC</b>		
Riesgo compuesto	com-	Los riesgos compuestos surgen de la interacción de peligros, que pueden caracterizarse por eventos extremos únicos o múltiples eventos coincidentes o secuenciales que interactúan con los sistemas o sectores expuestos
Riesgo emergente	emer-	un riesgo que surge de la interacción de fenómenos en un sistema complejo; por ejemplo, el riesgo causado cuando los cambios geográficos en la población humana en respuesta al cambio climático conducen a una mayor vulnerabilidad y exposición de las poblaciones en la región receptora
<b>Tipos de riesgo complejo sin definición del IPCC</b>		
Riesgo agregado	agregado	la acumulación de determinantes independientes del riesgo
Riesgo amplificado	amplificado	la mejora sustancial del riesgo de fondo a través de la combinación o concentración de determinantes de riesgo en el tiempo o el espacio
Riesgo en cascada	en cascada	un evento o tendencia desencadenando otros; las interacciones pueden ser unidireccionales (p. ej., efectos dominó o contagio) pero también pueden tener retroalimentación; el riesgo en cascada a menudo se asocia con el componente de vulnerabilidad del riesgo, como la infraestructura crítica
Riesgo interactivo	interactivo	las combinaciones de peligros y sus influencias recíprocas entre diferentes factores y coincidencias entre factores ambientales
Riesgo interconectado	interconectado	las complejas interacciones entre humanos, medio ambiente y sistemas tecnológicos con interdependencias físicas que están estrechamente vinculadas con interacciones sociales interconectadas
Riesgo interdependiente	interdependiente	los sistemas complejos implican interacciones e interdependencias que no se pueden separar y conducen a una serie de riesgos imprevisibles



Multiriesgo	todo el riesgo de varias amenazas, teniendo en cuenta las posibles amenazas e interacciones de vulnerabilidad que implican perspectivas de múltiples amenazas y múltiples vulnerabilidades
Riesgo sistémico	el riesgo sistémico resulta de las conexiones entre riesgos (riesgos en red), donde una falla inicial localizada podría tener efectos desastrosos y causar, en su forma más extrema, daños ilimitados

Términos utilizados para describir el riesgo de cambio climático complejo en los Informes Especiales del IPCC recientes mapeados en el marco de riesgo del IPCC utilizado en estos Informes Especiales del IPCC. El texto blanco muestra los términos utilizados para describir un determinado factor determinante del riesgo (es decir, peligro, exposición y vulnerabilidad). Cabe señalar que la descripción intuitiva de este término de riesgo no incluye el papel de las medidas de respuesta al clima que afectan a los determinantes o riesgos de riesgo existentes, así como el papel de estimular nuevos riesgos a través de efectos secundarios de respuesta positivos o negativos.

El riesgo en el contexto de la adaptación al cambio climático y las respuestas de mitigación, como el riesgo financiero, político, de reputación y tecnológico relacionado con la mitigación o el potencial de resultados adversos de la mala adaptación, ha sido identificado y discutido en la literatura pero aún no integrado con el marco general de riesgos del IPCC (Schipper 2020).

Por el contrario, los riesgos asociados con las medidas de respuesta, como la competencia de recursos entre diferentes opciones de adaptación y mitigación o el aumento del riesgo de inestabilidad de las políticas, se presentan y analizan en consecuencia (IPCC 2017). Sin embargo, la toma de decisiones en el mundo real a menudo representa un compromiso entre estos diferentes riesgos. Por ejemplo, un formulador de políticas preocupado por los peligros costeros debe considerar los riesgos del aumento del nivel del mar para las propiedades costeras, así como el riesgo para la estabilidad

de las políticas y la fortuna electoral personal si un segmento suficientemente grande o ruidoso de la población no apoya una propuesta. de gestión de peligros costeros (Hanna, White y Glavovic 2021).

Sin una especificación clara de los tipos de riesgo y un marco inclusivo para integrar una mayor complejidad en la evaluación de riesgos, existe el peligro de que las percepciones del riesgo del cambio climático permanezcan aisladas y, por lo tanto, que no surjan respuestas coherentes.

Además del IPCC, se utilizan varios términos para describir riesgos complejos (Tabla 1). Sin embargo, los límites entre estas definiciones pueden ser borrosos, y el concepto de riesgos complejos asociados con el cambio climático sigue evolucionando (Raymond et al. 2020). Aunque algunas definiciones se refieren solo a los peligros o la vulnerabilidad, otras adoptan una perspectiva más integrada sobre la interacción de los sistemas humanos y ambientales (Lawrence, Blackett y Craddock-Henry 2020).

En general, estos enfoques indican que una serie de vías creadas por factores que interactúan pueden crear riesgos y que comprender el potencial de resultados positivos o negativos y su gravedad requiere comprender la red que interactúa (Raymond, Matthews y Horton 2020). Estas interacciones pueden incluir eventos atribuidos al cambio climático antropogénico, como un falso manantial; otros eventos inducidos por el hombre, como conflictos (Mach et al. 2019); condiciones previas de riesgo, tales como suelo saturado, que agrava las lluvias extremas para afectar las inundaciones; y la vulnerabilidad sistémica de las sociedades que dependen de redes complejas de electricidad, comunicación y transporte (Raymond et al. 2020).

Otras evaluaciones climáticas también reconocen riesgos complejos; por ejemplo, evaluación y gestión de riesgos multisectoriales en la Cuarta Evaluación Nacional del Clima de los EE. UU., riesgos para la salud derivados de vías de exposición múltiple en la Evaluación del Clima y la Salud del Programa de Investigación del Cambio Global de los EE. UU.

(Mozaffarian et al. 2016), riesgos interactivos en la Evaluación de Riesgos del Cambio Climático del Reino Unido, y riesgos globalmente interconectados en el Global Risk Report.

Este análisis del informe especial del IPCC y otras publicaciones recientes ponen de relieve tres lagunas importantes en la necesidad de un enfoque más amplio de la evaluación del riesgo climático.

Sin embargo, esos esfuerzos científicos perjudiciales aún no se han combinado con las múltiples interacciones entre los efectos ambientales, sociales y económicos y las vulnerabilidades. Por ejemplo, los trabajadores de bajos ingresos a menudo trabajan al aire libre y viven en viviendas mal ventiladas, gastan una mayor parte de sus ingresos en atención médica y pierden relativamente más por perder un día de trabajo, lo que los hace más vulnerables y expuestos a morbilidad y mortalidad. de las olas de calor (Hallegatte, Fay y Barbier 2018).

Si bien la integración del conocimiento cuantitativo y cualitativo de las interacciones entre los sistemas físicos, ecológicos y sociales sigue siendo un desafío, los enfoques de coproducción de conocimiento para la evaluación de riesgos complejos que utilizan modelos integrados de evaluación de riesgos (Dutra et al. 2018), argumentos y la planificación de escenarios pueden resaltar las interacciones a través de los límites del sistema que generan un riesgo que no es evidente en las proyecciones de impacto climático más convencionales (Bayliss et al. 2018).

En segundo lugar, las respuestas al riesgo a menudo están excluidas de los factores de riesgo, aunque desempeñan un papel clave en el logro de resultados potenciales, incluida la inacción, y son ampliamente reconocidas en las áreas de finanzas y políticas (Surminski y Hudson 2017). Es importante tener plenamente en cuenta los riesgos asociados con los efectos del cambio climático en los procesos de gestión del riesgo y adopción de

decisiones, incluidos los riesgos reales y tangibles asociados con los programas de respuesta (Weaver et al. 2017).

Comprender las opciones de respuesta como parte del riesgo del cambio climático explica mejor por qué los tomadores de decisiones a veces no toman medidas para reducir el riesgo que surge de los peligros climáticos, por ejemplo, dados los riesgos relacionados con los activos financieros varados, reputación entre los componentes principales, o la dependencia en soluciones tecnológicas novedosas, pero no probadas (Haikola, Hansson y Anshelm 2019).

Este marco más amplio de posibles compensaciones y cobeneficios de las respuestas interactivas es esencial en el contexto de múltiples sostenibilidad, que incluyen la estabilización del clima, la reducción del hambre, la protección de la biodiversidad y la mejora de la salud humana (Trisos et al. 2019). La inclusión del cambio climático como factor de riesgo potencial amplía el alcance de la evaluación del riesgo para incluir resultados positivos y beneficiosos, en lugar de solo efectos negativos y adversos. Esto es vital para hacer que las respuestas informadas sean más transparentes y procesables dentro de las complejas estructuras sociales de toma de decisiones (Hafezi et al. 2020), donde las partes interesadas otorgan diferentes pesos a la diversidad de consecuencias positivas y negativas que pueden surgir tanto de la acción como de la inacción.

El riesgo se ha llegado a enmarcar en términos singulares, como riesgo compuesto, riesgo en cascada, o multirriesgo al referirse a cómo interactúan los múltiples impulsores de un riesgo (Terzi et al. 2019). Sin embargo, como ha demostrado la colisión del cambio climático y la pandemia de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19), la interacción de múltiples riesgos puede abrumar la capacidad de respuesta (Phillips et al. 2020).

Por ejemplo, en 2020, las comunidades en los Estados Unidos, India, Fiji y Bangladesh enfrentaron la evacuación de inundaciones y ciclones tropicales

al mismo tiempo que las órdenes de distanciamiento social o quedarse en casa estaban vigentes (Renee N. Salas, 2020). En Zimbabue, las sequías consecutivas seguidas de un brote no estacional de langostas migratorias africanas dejaron a millones de personas en riesgo de inseguridad alimentaria aguda durante junio-septiembre de 2020, mientras que la pandemia de COVID-19 dificultó mucho el distanciamiento social en los puntos comunitarios de distribución de agua y alimentos.

A su vez, también se prevé que el cambio climático empeore el riesgo existente de desnutrición o cambie la geografía de futuros brotes de enfermedades infecciosas (Golden et al. 2016). Al considerar las interacciones entre estos múltiples riesgos, la evaluación de riesgos cambia de una concentración en peligros climáticos individuales o interacciones de peligros como un solo evento, como un ciclón, a un conjunto de múltiples eventos que interactúan continuamente con la evolución de las condiciones sociales y económicas.

#### **4.2. Un camino a seguir: categorías de riesgo complejo**

Una serie de términos aplicables a los riesgos del cambio climático para las personas y los sistemas naturales comparten una característica común: la interacción o agregación de factores de riesgo (amenazas, impactos y vulnerabilidad) y múltiples riesgos. Se propone una metodología de evaluación ampliada que considera la respuesta como un factor adicional determinante del riesgo y destaca lo que constituye esas interacciones (compuestas, en cascada y agregadas) y dónde y cómo se producen. Este enfoque destaca el detalle de las interacciones dentro y entre los determinantes de riesgo y entre los riesgos múltiples, y por lo tanto ayuda a orientar las evaluaciones de riesgo más detalladas y precisas.

Se propone que la evaluación del riesgo del cambio climático se puede organizar en tres categorías de complejidad creciente en función de si considera (1) solo un factor único para cada determinante del riesgo, (2)

múltiples factores que interactúan dentro de los factores determinantes del riesgo y (3) factores que interactúan entre sí. Usamos determinante para referirnos al peligro, la vulnerabilidad, la exposición y la respuesta, dentro de los cuales el término impulsor se refiere a los componentes individuales de estos, como la temperatura (un impulsor dentro del determinante del peligro) o los ingresos (un impulsor dentro del determinante de la vulnerabilidad), que interactúan para afectar la naturaleza general de un riesgo, como la mortalidad por calor.

Con base en estos criterios, la categoría 1 refleja en gran medida el status quo de las evaluaciones de riesgo climático existentes (IPCC 2017), donde interactúa un solo impulsor para cada peligro climático, vulnerabilidad y exposición.

En las categorías 2 y 3, las interacciones y agregaciones complejas y en cascada hacen que la evaluación del riesgo sea cada vez más compleja. Utilizamos "determinantes" para denotar peligros, vulnerabilidades, impactos y reacciones donde el término "impulsor" se refiere a componentes individuales tales como sedimentos pesados (impulsores en riesgo) o penetración de búnker (impulsores dentro de los factores de riesgo). Factores determinantes de la vulnerabilidad) que afectan al riesgo general (por ejemplo, la mortalidad por inundaciones).

Incluso para la categoría 1, la complejidad del riesgo del cambio climático a menudo solo se tiene en cuenta parcialmente en las evaluaciones de riesgos existentes. Por ejemplo, múltiples estudios proyectan un mayor riesgo de calor peligroso para las personas o la biodiversidad en función de su exposición, pero no consideran también un impulsor de la vulnerabilidad o las respuestas al estrés por calor (Trisos, Merow y Pigot 2020).

Es importante tener en cuenta que una respuesta, tal como la definimos aquí, puede ser una intervención humana dirigida directamente al riesgo que se está evaluando, como el riego para reducir el riesgo para la seguridad

alimentaria debido al calor (Li et al. 2020), pero también puede ser una respuesta de adaptación en otro sector o un de mitigación de gases de efecto invernadero que afecte el riesgo que se está evaluando, como la ampliación de áreas de conservación de la biodiversidad o de bioenergéticos que también afecten la seguridad alimentaria (Correa et al. 2017).

Esta inclusión de cómo una respuesta en un sector o región puede generar otro riesgo en el que la acción de respuesta tenía poca o ninguna intención de influir es una característica importante de un enfoque de evaluación eficaz para el riesgo de cambio climático complejo. Sin embargo, el papel del cambio climático en la creación de riesgos no se limita a consecuencias no deseadas: los responsables políticos pueden ser plenamente conscientes de la necesidad de asumir mayores riesgos en otros lugares, siempre que el cambio climático sea una preocupación clave para los responsables políticos.

Una mejor comprensión y comprensión de las diferentes poblaciones, poblaciones y ecosistemas afectados por las diversas respuestas, incluidos los impactos desproporcionados, puede ayudarnos a comprender y describir mejor este peligro de compensación y el valor en el que se basa esta elección. Por último, también se pueden incluir respuestas no humanas, como la migración de especies en respuesta al cambio de temperatura (Pinsky et al. 2018).

Aunque la capacidad de adaptación, como la capacidad de responder, se ha conceptualizado como un componente de la vulnerabilidad desde el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, distinguir entre respuestas y vulnerabilidad destaca las acciones de respuesta específicas disponibles para los tomadores de decisiones que generan resultados potencialmente negativos o positivos (IPCC 2001).

Estas opciones incluyen acciones incrementales o transformadoras (tanto reactivas como proactivas) que apuntan a gestionar el cambio, así como las

consecuencias de la inacción o las respuestas señaladas como mala adaptación. Por ejemplo, las respuestas de mitigación y adaptación conllevan el potencial de consecuencias positivas y adversas, incluso a través de múltiples compensaciones y beneficios colaterales con otros de desarrollo sostenible, y por lo tanto afectan la naturaleza general y la complejidad del riesgo (Hennessey et al. 2017).

La inclusión de medidas de respuesta en las evaluaciones de riesgos también permite comprender mejor la relación entre el riesgo climático y la resiliencia, ya que las medidas de respuesta son un elemento clave en la gestión y comprensión de la retroalimentación que afecta a los ecosistemas sociales (Biggs, Schluter y Schoon 2015). Como tal, la inclusión de la respuesta como un factor determinante del riesgo ayuda a sentar las bases para una integración a nivel de marco de los conceptos de vías de desarrollo resilientes al clima y el riesgo del cambio climático dentro de las evaluaciones del cambio climático.

La categoría 2 difiere de la categoría 1 en que tiene en cuenta la interacción entre múltiples factores de riesgo dentro de los determinantes de riesgo y entre ellos. La investigación sobre estos y otros ejemplos de interdependencia entre los factores de riesgo está creciendo, incluido el desarrollo de tipologías para eventos meteorológicos y climáticos compuestos (Zscheischler et al. 2020).

Estos enfoques encajan dentro de la categoría 2, pero la categoría 2 amplía este espacio de evaluación de riesgos al resaltar la necesidad de prestar igual atención a las interacciones entre múltiples impulsores de vulnerabilidad, exposición y respuestas. Esa interacción entraña interacciones entre múltiples vulnerabilidades, como el género, la edad y el origen étnico. Estos factores aumentan el riesgo de muerte y morbilidad por temperaturas extremas. Los árboles urbanos, por ejemplo, pueden descargar agua de islas calientes, reduciendo así el consumo de energía de los acondicionadores de aire (McPherson et al. 2005).



Las interacciones entre los conductores individuales pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Usamos el término compuesto para describir estos tipos de interacción porque se usa cada vez más en la literatura, incluso para las amenazas climáticas que interactúan, y es neutral con respecto a si las interacciones amplifican los resultados de riesgo positivos o negativos.

El riesgo también puede verse afectado por numerosos grupos independientes de conductores, como el aumento de la carga de calor en los trabajadores que trabajan fuera del hogar, que también viven en zonas tropicales (Masuda et al. 2019). La variedad de interacciones de tipo 2 las hace muy complejas, ya que incluyen las relaciones entre los factores de riesgo en los sistemas humanos, naturales y tecnológicos.

Por ejemplo, una falla de múltiples canastas de pan puede afectar la seguridad financiera, alimentaria y humana a través de grandes pérdidas financieras para las aseguradoras agrícolas a nivel mundial y un mayor potencial de disturbios civiles (Lunt et al. 2016). De manera similar, las regiones que dependen de la expansión e intensificación producción ganadera para el desarrollo rural podrían enfrentar múltiples riesgos debido a los impactos del cambio climático en las fuentes de alimentación, cambiando las preferencias de los consumidores por fuentes alternativas de proteínas, junto con precios de productos básicos más variables vinculados a una mayor especulación en los mercados de bioenergía (Thornton 2010).

La evaluación de los riesgos de la categoría 3 es intersectorial y puede vincularse a un enfoque cada vez más amplio del desarrollo sostenible que abarque múltiples sectores, incluidos los de la alimentación, la energía, el agua y la salud (Peduzzi 2019). Este enfoque en las interacciones entre múltiples riesgos en diferentes sectores y regiones es importante porque son una realidad que las personas deben manejar independientemente del nivel de evaluación cuantitativa disponible para informar la toma de decisiones. Si cada riesgo se evalúa de forma independiente, se puede subestimar la

gravedad de los riesgos individuales y del panorama general de riesgos (Gaupp et al. 2019).

Las interacciones entre los riesgos pueden ser de naturaleza unidireccional o bidireccional y se denominan interacciones compuestas, como el riesgo de pérdida de biodiversidad que agrava el riesgo de inseguridad alimentaria y el riesgo para la salud (Guégan et al. 2020). Por el contrario, las cascadas se definen como un riesgo que desencadena muchos otros riesgos en una proliferación de interacciones, como la cascada del riesgo de muerte de árboles por sequía que afecta los riesgos para la propiedad y la salud humana por incendios forestales que afecta los riesgos para la propiedad, los ecosistemas de agua dulce y para la vida humana por deslizamientos de tierra (Aghakouchak et al. 2020).

En estas tres categorías, en diferentes escalas temporales y espaciales de la interacción de factores de riesgo y riesgos múltiples, es necesario considerar cuándo y dónde esta interacción aumenta o reduce el riesgo. Por ejemplo, cuando los factores de riesgo interactúan a lo largo del tiempo, un riesgo puede aumentar por una combinación de tiempo, por ejemplo, una serie de fuertes precipitaciones en una región asociada con el mismo sistema climático a gran escala puede provocar inundaciones. Por el contrario, cuando los factores de riesgo son independientes entre sí, como incendios forestales y terremotos simultáneos, el tiempo o el espacio se agregan (Papanikolaou et al. 2011).

En el ámbito humanitario, por ejemplo, el riesgo de conflicto violento interactúa con el riesgo de hambre en el tiempo y el espacio para determinar dónde y cuándo pueden operar los trabajadores de ayuda humanitaria (Cutter 2018).

Por lo tanto, pasar a una perspectiva de riesgo más dinámica a lo largo del tiempo contribuye a centrarse más en la interacción entre las diversas

medidas de respuesta necesarias para ayudar a recuperar y gestionar los riesgos (Srivastava 2020).

#### **4.3. De la evaluación a la respuesta informada**

Para informar la toma de decisiones, la evaluación del riesgo complejo del cambio climático a menudo requerirá la consideración de los cuatro determinantes del riesgo (categoría 1), los múltiples factores de riesgo que interactúan dentro de cada determinante (categoría 2), así como los riesgos que interactúan (categoría 3). Recomendamos que el alcance de la evaluación del riesgo se defina en una de las categorías sugeridas y que la interacción se describa como polimerización, composición o cascada (figura 3).

Sobre la base de la investigación disponible y la información incompleta, la evaluación del riesgo del cambio climático a menudo puede comenzar con niveles más bajos de complejidad, pero debe quedar claro acerca de la necesidad de actualizar regularmente las evaluaciones del riesgo en función del nuevo conocimiento de los factores de riesgo que interactúan y los riesgos que interactúan, incluido el papel de las respuestas a riesgo real y percibido.

Aquí usamos ejemplos que conectan los riesgos presentes con los futuros para mostrar cómo la evaluación compleja del riesgo del cambio climático puede respaldar mejor los enfoques para reducir los resultados negativos del riesgo. Los siguientes casos demuestran la naturaleza de la interacción de los riesgos de una amplia gama de sectores y cómo un enfoque de categoría 3 se basa en la categoría 2 y la categoría 1, lo que permite una mejor evaluación de riesgos que considera los sistemas socioeconómicos, ambientales y tecnológicos interconectados que generan el cambio climático. riesgo.

#### **4.3.1. Riesgo climático complejo durante la ola de calor europea de 2018**

Si bien la evaluación del riesgo del cambio climático a menudo comenzará con la categoría 1, detenerse allí tiene limitaciones potencialmente severas para la evaluación y respuesta al riesgo. Entre mayo y agosto de 2018, las diversas subregiones de Europa experimentaron simultáneamente fiebres múltiples, exacerbadas por severas sequías (Peterson, Stott y Herring 2020). Los bajos niveles de agua en los ríos provocaron restricciones para el transporte marítimo, las plantas de energía nuclear se cerraron debido a la falta de agua para enfriar y las líneas ferroviarias se doblaron bajo el calor (Efthimiou, Psomiadis y Panagos 2020).

Se informaron reducciones en el rendimiento de los cultivos de hasta un 50% en Europa Central y del Norte junto con pérdidas en los sectores ganaderos. La evaluación de clase 1 se centra en un subgrupo interactivo de riesgos seleccionados. Por ejemplo, los riesgos relacionados con el transporte pueden describirse en términos de interacciones extremadamente calientes (peligros), resistencia térmica de la infraestructura ferroviaria (vulnerabilidades); los bajos niveles de agua causados por (impactos) y sequías han limitado el transporte marítimo, otro modo de transporte en el ferrocarril (Efthimiou, Psomiadis y Panagos 2020). La primera categoría se puede evaluar para cada área valiosa, como el turismo, la producción de electricidad o la producción agrícola.

Sin embargo, la evaluación de la categoría 1 no incluye información clave, ya que la gravedad del riesgo suele depender de la interacción de múltiples factores dentro de cada factor determinante del riesgo, preferentemente descrito en la evaluación del riesgo climático de la categoría 2. Por ejemplo, los factores interactivos de fuertes vientos, sequías y olas de calor causaron graves incendios forestales, causaron daños generalizados a la infraestructura y se extendieron a las zonas turísticas populares, matando a más de 100 personas en la zona del Ática de Grecia (Efthimiou, Psomiadis y Panagos 2020).

El riesgo para la infraestructura de los incendios forestales se vio agravado aún más por las respuestas ecológicas a principios de la primavera, donde el aumento del crecimiento de la vegetación contribuyó a un agotamiento de la humedad del suelo más rápido de lo normal, interactuando con las respuestas humanas, incluida la planificación espacial y la coordinación inadecuada de las medidas de evacuación y extinción de incendios (Bastos et al. 2020).

Además del riesgo para la infraestructura por los incendios forestales, la vulnerabilidad de la infraestructura estuvo determinada por la dependencia tanto de la energía como del transporte del agua disponible para la generación y el transporte de electricidad, mientras que la infraestructura del transporte era aún más vulnerable al calor extremo (Efthimiou, Psomiadis y Panagos 2020).

Se pueden hacer evaluaciones similares de la categoría 2 para muchos otros sectores, como la productividad agrícola, la seguridad alimentaria o los precios de los alimentos. Por ejemplo, la pérdida de cultivos se ha atribuido más al estrés por sequía que al estrés por calor en la combinación de sequía y calor extremo de esta ola de calor (Filipa Silva Ribeiro et al. 2020). Además, las pérdidas agrícolas en el norte y centro de Europa fueron parcialmente compensadas por un evento de “balancín de agua” entre los peligros donde la sequía en el norte y centro de Europa se correlacionó con mayores precipitaciones en el sur de Europa, de modo que las condiciones de rendimiento favorables en el sur de Europa impidieron una mayor volatilidad del mercado y picos de precios para los consumidores (Toreti et al. 2019).

A escala global en 2018, una lente de categoría 2 identificaría que los peligros de calor casi simultáneos ocurrieron en Europa, Asia y América del Norte, lo que llevó a una acumulación de riesgo para los precios de los alimentos a nivel mundial. Sin embargo, la forma en que estos riesgos para la seguridad alimentaria interactúan con otros riesgos requiere una

evaluación de la infraestructura, la producción económica y la salud humana en la categoría 3. Los siguientes tres casos demuestran cómo un enfoque de categoría 3 se basa en la categoría 2 y la amplía para guiar acciones que reduzcan los resultados negativos del cambio climático.

#### **4.3.2. Ciudades frente a la escasez de agua**

En las zonas urbanas, a menudo se encuentran vínculos entre los sistemas socioeconómicos, ambientales y de infraestructura en épocas de fenómenos meteorológicos extremos, y las ciudades que enfrentan escasez de agua tienen que gestionar cada vez más riesgos complejos relacionados con el cambio climático. Por consiguiente, la evaluación del riesgo de interacción (categoría 3) es exhaustiva en lo que respecta a la predicción de riesgos complejos y el apoyo a la adopción de decisiones (figura 5A). Por ejemplo, las condiciones meteorológicas de la sequía de Ciudad del Cabo (2015-2018) fueron tres veces más probables debido a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (Otto et al. 2018). Sin embargo, una respuesta eficaz a la sequía se ve retrasada por los riesgos políticos asociados con los desastres declarados y la falta de un suministro de agua fiable.

A principios de 2018, con la posibilidad del evento Día Cero, la respuesta se hizo cada vez más urgente y las ciudades con una población de 4 millones de personas pueden estar fuera del agua (Simpson et al. 2019). Se anticipó que el riesgo del día cero caería en cascada para afectar los riesgos para la salud, la producción económica y la seguridad. Se pidió una respuesta de toda la sociedad por parte de los actores públicos y privados, ya que la capacidad del gobierno local para gestionar la respuesta a la sequía se estiró hasta el límite (Simpson et al. 2019).

En particular, dado que las élites invirtieron en suministros privados de agua sin conexión a la red, el riesgo de reducción de la recaudación de ingresos municipales de los hogares recién desconectados de la red sumado al riesgo

de reducción del turismo, aumenta el riesgo para la reputación de la administración en ejercicio (Simpson, Shearing y Dupont 2020). Como resultado de la perturbación del presupuesto municipal de la ciudad, los riesgos políticos asociados con las medidas de respuesta intensivas en capital, como la desalinización del agua de mar y la extracción de agua subterránea, aumentaron y se combinaron con los riesgos ambientales, relacionado con el proyecto de captación de agua propuesto.

En el caso de Ciudad del Cabo, la construcción de la complejidad de la evaluación de riesgos de la categoría 2 a la categoría 3 ha revelado las opciones de respuesta preferidas. Por ejemplo, la interacción entre múltiples respuestas al riesgo hídrico (según la categoría 2) y las interacciones a través de múltiples riesgos (según la categoría 3) ha llevado a la integración de la adaptación de los ecosistemas en una nueva perspectiva hídrica. Estrategia delicada para esta ciudad. La limpieza de la vegetación invasiva de las cuencas se reconoce como la forma más rentable de agregar agua al sistema hidrológico de Ciudad del Cabo, además de reducir el riesgo para la biodiversidad, reducir el riesgo de incendios forestales y aumentar el empleo (Madonsela et al. 2019).

Los riesgos complejos del cambio climático pueden conducir a un mayor riesgo de cruzar puntos de inflexión de capacidad de respuesta desconocidos. En el período previo al día cero, los funcionarios municipales desarrollaron un Plan de Desastres por Escasez de Agua Crítica que apuntaba a respuestas con especificidad a nivel de calle, pero enfrentaron una falta de detalles sobre los riesgos en cascada. Cuando se enfrentan a riesgos interactivos tan complejos, los enfoques de escenarios centrados en las cascadas de impacto o la planificación de escenarios hipotéticos pueden proporcionar un método flexible para la evaluación de los riesgos interactivos y pueden implementarse con relativa rapidez (Lieverse 2008).

El escenario también puede combinarse con métodos cuantitativos de pruebas de estrés para determinar dónde la adaptación al cambio climático

existente puede ser insuficiente, ya que se identifican vulnerabilidades potenciales como resultado del riesgo (Ebi et al. 2018). Dado el alto nivel de incertidumbre, una evaluación exhaustiva por parte de diversos expertos y partes interesadas es un paso necesario en el proceso y se pueden utilizar escenarios y argumentos para involucrar a las partes interesadas (Shepherd et al. 2018). También debe haber una coproducción sostenida de evaluaciones de riesgos entre múltiples partes interesadas que aproveche los enfoques de gobernanza multinivel y policéntricos para el riesgo del cambio climático.

#### **4.3.3. Comunidades pesqueras en los trópicos**

Se prevé que el potencial máximo de captura de las especies de peces explotadas en las regiones tropicales disminuya como resultado del cambio climático hasta en un 50 % para 2050 en relación con los niveles de 2000–2010 (Cheung, Watson y Pauly 2013). El aumento del estrés por calor ya ha causado una decoloración generalizada de los corales, y se prevé que el calentamiento y la acidificación causen una pérdida de coral del 70 % al 90 % si el calentamiento global no se mantiene por debajo de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales (Muñiz-Castillo et al. 2019). Se espera que estos cambios ambientales conduzcan a la migración de peces a través de zonas económicas exclusivas, lo que, en ausencia de estructuras de gestión eficaces, podría dar lugar a conflictos entre los pescadores locales e internacionales.

A medida que el cambio climático aumenta el riesgo para peces pelágicos, los pescadores artesanales tienden a depender más de la pesca en aguas poco profundas. Esta respuesta a la disminución de las poblaciones de peces puede aumentar el riesgo para los arrecifes de coral de cambiar a técnicas de pesca que son efectivas a corto plazo pero que dañan las poblaciones de peces y los corales. Los arrecifes de coral actúan como un rompeolas natural, reduciendo la energía de las olas en un promedio del 97 % (Ferrario et al. 2014).



Las prácticas de pesca inadecuadas y los riesgos del cambio climático para los arrecifes de coral pueden amenazar a las personas, la infraestructura y la propiedad en las zonas costeras más vulnerables a las olas, las mareas de tormenta y la erosión costera durante los huracanes (Ferrario et al. 2014). Para agravar aún más los riesgos, a medida que disminuyen las capturas, los pescadores a menudo reducen sus activos, lo que reduce su capacidad para hacer frente y reconstruir después de los huracanes (Hogarth y Wójcik 2016). Además, los daños a los arrecifes de coral reducen el turismo y las corrientes de efectivo conexas, diversifican los ingresos y reducen el capital para actividades económicas alternativas (Hogarth y Wójcik 2016). El riesgo del cambio climático para las pesquerías pelágicas tiene el potencial de convertirse en cascada a muchos otros riesgos que enfrentan las comunidades pesqueras en los trópicos.

Las estrategias de adaptación y evaluación de riesgos que incluyen el conocimiento local y tradicional, y las prácticas de gestión sostenible asociadas, pueden ayudar a comprender y abordar los riesgos complejos del cambio climático (Nakashima y Krupnik 2018). Por ejemplo, el modelado participativo que informa a las comunidades locales sobre la gravedad y el momento previstos de múltiples amenazas climáticas y desarrolla conjuntamente la comprensión de los sistemas socioecológicos locales que integran múltiples riesgos puede identificar mejor las opciones de respuesta, así como los límites de la respuesta (Hafezi et al. 2020). Estos métodos se pueden combinar con el monitoreo peer-to-peer para actualizar regularmente las evaluaciones cuando se identifican factores de riesgo o nuevas interacciones de riesgo múltiples.

En contextos en los que es difícil saber o ponerse de acuerdo sobre las relaciones entre las acciones y las consecuencias, se pueden usar herramientas sólidas de toma de decisiones que utilizan modelos exploratorios para presionar los enfoques de gestión para probar las innumerables interacciones plausibles de riesgos para identificar estrategias de adaptación sólidas en el futuro (Ben-Haim 2019). Los métodos analíticos

de incertidumbre profunda y el pensamiento sistémico en forma simple o modelada, pueden ayudar a identificar los efectos interactivos potencialmente más importantes para un análisis de riesgo específico (Hafezi et al. 2020).

#### **4.3.4. Finanzas, banca y seguros en la costa**

A medida que los peligros interactivos del aumento del nivel del mar, las fuertes lluvias, las inundaciones y la inestabilidad de la tierra se combinan en la costa, existe el riesgo de primas más altas para los asegurados (Figura 5 C) (Lawrence, Blackett y Craddock-Henry 2020). Este riesgo puede convertirse en una cascada de riesgo de activos bloqueados, ya que los clientes tienen que optar por pagar deducibles más altos para reducir el aumento de las primas, si pueden permitírselo, o no tener cobertura de seguro (Storey y Noy 2017). Como resultado, pueden quedarse donde están, abandonar activos y mudarse, o depender de los fondos de recuperación y socorro en casos de desastre del gobierno (contribuyente) como aseguradora de último recurso.

Si los propietarios de viviendas no pueden obtener un seguro, el valor de la propiedad se deprimirá. Esto puede dar lugar al riesgo de exclusión de los préstamos bancarios, el riesgo de que los bancos se vean obligados a mantener tasas de depósito más altas (es decir, menos préstamos) y el riesgo de tener un mayor impacto en los grupos más vulnerables con menor capacidad de pago, como los ancianos, los pobres o las ciudades afectadas.

La gestión de estos riesgos diversos expone al gobierno local a su propio conjunto de riesgos, ya que la oposición de la comunidad a la gestión de peligros costeros puede iniciar una oposición más amplia a las estrategias del gobierno local y los planes comunitarios a largo plazo (Siders 2019).

Aunque los bancos y los mercados (regionales) aún no han dado suficiente prioridad a los riesgos relacionados con el clima, hay pruebas de que el

sector de servicios financieros está empezando a responder a esta señal de riesgo, utilizando precios basados en el riesgo para precipitaciones de alta intensidad en los océanos. Aumento y sequía (Simpson 2020). Esto no se puede hacer sin la debida consideración del riesgo y el vínculo entre el riesgo.

Se pueden utilizar herramientas y vías sistémicas clave para delinear los vínculos entre los riesgos en el sector financiero y para ayudar a identificar el foco de la adaptación al cambio climático. Por ejemplo, los enfoques participativos que utilizan la captación de expertos y visualizan los riesgos en cascada como diagramas causales pueden proporcionar un marco analítico sólido y flexible para interactuar con los riesgos y las implicaciones para la gestión (Cradock-Henry et al. 2020).

Para los aseguradores, esto incluirá cambios fundamentales en sus métodos de trabajo, incluyendo revisiones repetidas de la comprensión de la probabilidad de eventos extremos. Se pueden emplear vías dinámicas de adaptación para ayudar a planificar y orientar las respuestas en situaciones de gran incertidumbre (Haasnoot et al. 2020). En tales enfoques, se consideran diferentes opciones de respuesta, incluidas las dependencias de ruta entre ellas a lo largo del tiempo (p. ej., activos que se acumularán detrás de costas blindadas o el tiempo requerido para construir nuevas defensas importantes).

Esto puede identificar desencadenantes para acciones de adaptación oportunas (cambios de trayectoria/comportamiento) antes de los umbrales de daños críticos, como el aumento de las inundaciones por el aumento del nivel del mar, y los puntos en los que se desencadenan nuevas trayectorias pueden responder a los desafíos difíciles de cuantificar. resultados del riesgo del cambio climático (Haasnoot et al. 2020).

La cocreación de vías adaptativas dinámicas puede introducir nuevos marcos de riesgo usando juegos de simulación e involucrar alianzas entre

múltiples partes interesadas en una región que anticipen futuras interconexiones entre múltiples sectores, incluido el financiamiento del sector privado, diferentes niveles de gobierno y comunidades afectadas (Haasnoot et al. 2020).

Las respuestas basadas en tales métodos suelen ser más resistentes y se pueden realizar en cualquier escala de evaluación y puede integrarse con las herramientas de evaluación de riesgos existentes, como registros de riesgos para extremos climáticos, costos de infraestructura e incertidumbres financieras (Flood et al. 2018). Mediante la identificación de cómo los riesgos que interactúan afectan la equidad social, las intervenciones pueden apuntar a transformaciones incrementales que mejoren las capacidades de resiliencia de las comunidades locales (Pelling, O'Brien y Matyas 2015). Esto permite incluir los intereses de una gama más amplia de personas afectadas, lo que lleva a una resiliencia más creíble, relevante y duradera.

## V. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. La evaluación compleja del riesgo del cambio climático es un desafío formidable y urgente. Si bien la experiencia real pone de relieve la importancia de la interacción de los factores de riesgo del cambio climático y las interacciones de riesgo múltiples, la evaluación de estos riesgos ha sido hasta ahora incompleta e incoherente.
2. El marco propuesto en el presente documento tiene por objeto mejorar la evaluación de los riesgos complejos asociados al cambio climático aclarando los tipos de interacciones que crean riesgos y sus fuentes. Además, la integración de las medidas de respuesta en la evaluación del riesgo del cambio climático contribuye a una mejor comprensión y pertinencia de las evaluaciones del riesgo del cambio climático para los responsables de la formulación de políticas y ayuda a conceptualizar la compensación del riesgo proporcionada.
3. La evaluación de riesgos del cambio climático a menudo puede comenzar en niveles más bajos de complejidad, pero debe ser clara acerca de la necesidad de actualizar periódicamente las evaluaciones de riesgos en función de los nuevos conocimientos sobre los factores de riesgo que interactúan y los riesgos que interactúan.
4. A medida que las ciencias ambientales, sociales y de ingeniería avanzan juntas hacia estos objetivos, comienzan a generar una evaluación de riesgos más sólida e informan una toma de decisiones más detallada para adaptarse a la complejidad de los riesgos del cambio climático. A medida que continúa el proceso de cambio climático, es cada vez más necesario seguir desarrollando estos nuevos enfoques para la evaluación de riesgos y apoyar la adopción de decisiones en materia de seguridad social.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. El estudio todavía tiene algunas limitaciones que deben mejorarse aún más. Esta tesis hace una revisión sistemática de investigaciones recientes relacionadas con la evaluación del riesgo de cambio climático a y las clasifica en tres categorías principales. Sin embargo, no se profundizó lo suficiente en cada categoría específica, que debería mejorarse en nuestro trabajo futuro.
2. Además, este estudio hace un análisis universal de la evaluación del riesgo del cambio climático, aunque no distingue diferentes tipos de contextos sociales, que de hecho tienen características notablemente diferentes de exposición urbana y vulnerabilidad al riesgo del cambio climático.
3. En este estudio se han abordado las altas incertidumbres e interdependencias en las variables climáticas y socioeconómicas, pero no se obtiene un análisis muy detallado. Frente a esto, se propone un mayor esfuerzo para llevar a cabo la investigación temática sobre el riesgo catastrófico de los eventos climáticos compuestos y extremos.
4. Más allá de los puntos anteriores, la tesis no se ocupa de la prevención del riesgo del cambio climático, que juega un gran papel para minimizar las pérdidas potenciales. Se propone ampliar el estudio futuro a este campo, con más atención para recopilar y evaluar buenas prácticas de sociedades globales y establecer una base de casos para el aprendizaje mutuo entre sociedades.

## REFERENCIAS

- AGHAKOUCHAK, A., CHIANG, F., HUNING, L.S., LOVE, C.A., MALLAKPOUR, I., MAZDIYASNI, O., MOFTAKHARI, H., PAPALEXIOU, S.M., RAGNO, E. y SADEGH, M., 2020. Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* [en línea], vol. 48, pp. 519-548. ISSN 00846597. DOI 10.1146/annurev-earth-071719-055228. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228>.
- ANDERSON, W.B., SEAGER, R., BAETHGEN, W., CANE, M. y YOU, L., 2019. Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science Advances* [en línea], vol. 5, no. 7, pp. 1-10. ISSN 23752548. DOI 10.1126/sciadv.aaw1976. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1976>.
- ATTERIDGE, A. y REMLING, E., 2018. Is adaptation reducing vulnerability or redistributing it? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* [en línea], vol. 9, no. 1. ISSN 17577799. DOI 10.1002/wcc.500. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/wcc.500>.
- BASTOS, A., CIAIS, P., FRIEDLINGSTEIN, P., SITCH, S., PONGRATZ, J., FAN, L., WIGNERON, J.P., WEBER, U., REICHSTEIN, M., FU, Z., ANTHONI, P., ARNETH, A., HAVERD, V., JAIN, A.K., JOETZJER, E., KNAUER, J., LIENERT, S., LOUGHRAN, T., MCGUIRE, P.C., TIAN, H., VIOVY, N. y ZAEHLE, S., 2020. Direct and seasonal legacy effects of the 2018 heat wave and drought on European ecosystem productivity. *Science Advances* [en línea], vol. 6, no. 24, pp. 1-14. ISSN 23752548. DOI 10.1126/sciadv.aba2724. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2724>.
- BAYLISS, P., FINLAYSON, C.M., INNES, J., NORMAN-LÓPEZ, A., BARTOLO, R., HARFORD, A., PETTIT, N.E., HUMPHREY, C.L., VAN DAM, R., DUTRA, L.X.C., WOODWARD, E., LIGTERMOET, E., STEVEN, A., CHARITON, A. y WILLIAMS, D.K., 2018. An integrated risk-assessment framework for multiple threats to floodplain values in the Kakadu Region, Australia, under a changing climate. *Marine and Freshwater Research* [en línea], vol. 69, no. 7, pp. 1159-1185. ISSN 13231650. DOI 10.1071/MF17043. Disponible en: <https://doi.org/10.1071/MF17043>.

- BEN-HAIM, Y., 2019. *Info-Gap Decision Theory (IG)* [en línea]. S.l.: Springer. ISBN 9783030052515. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2_2).
- BIGGS, R., SCHLUTER, M. y SCHOON, M.L., 2015. Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social Ecological Systems. *Semantic Scholar* [en línea], pp. 290. DOI 10.1017/CBO9781316014240. Disponible en: <http://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/life-sciences/natural-resource-management-agriculture-horticulture-and/principles-building-resilience-sustaining-ecosystem-services-social-ecological-systems>.
- CALLIARI, E., SURMINSKI, S. y MYSIAK, J., 2019. *The Politics of (and Behind) the UNFCCC's Loss and Damage Mechanism* [en línea]. S.l.: Springer. ISBN 9783319720258. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-72026-5\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-72026-5_9).
- CHEUNG, W.W.L., WATSON, R. y PAULY, D., 2013. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature* [en línea], vol. 497, no. 7449, pp. 365-368. ISSN 00280836. DOI 10.1038/nature12156. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/nature12156>.
- CORREA, D.F., BEYER, H.L., POSSINGHAM, H.P., THOMAS-HALL, S.R. y SCHENK, P.M., 2017. Biodiversity impacts of bioenergy production: Microalgae vs. first generation biofuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], vol. 74, no. February, pp. 1131-1146. ISSN 18790690. DOI 10.1016/j.rser.2017.02.068. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.068>.
- CRADOCK-HENRY, N.A., CONNOLLY, J., BLACKETT, P. y LAWRENCE, J., 2020. Elaborating a systems methodology for cascading climate change impacts and implications. *MethodsX* [en línea], vol. 7, pp. 100893. ISSN 22150161. DOI 10.1016/j.mex.2020.100893. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100893>.
- CUTTER, S.L., 2018. Compound, cascading, or complex disasters: What's in a name? *Environment* [en línea], vol. 60, no. 6, pp. 16-25. ISSN 19399154. DOI 10.1080/00139157.2018.1517518. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00139157.2018.1517518>.



- DUTRA, L.X.C., BAYLISS, P., MCGREGOR, S., CHRISTOPHERSEN, P., SCHEEPERS, K., WOODWARD, E., LIGTERMOET, E. y MELO, L.F.C., 2018. Understanding climate-change adaptation on Kakadu National Park, using a combined diagnostic and modelling framework: A case study at Yellow Water wetland. *Marine and Freshwater Research* [en línea], vol. 69, no. 7, pp. 1146-1158. ISSN 13231650. DOI 10.1071/MF16166. Disponible en: <https://doi.org/10.1071/MF16166>.
- EBI, K.L., BERRY, P., HAYES, K., BOYER, C., SELLERS, S., ENRIGHT, P.M. y HESS, J.J., 2018. Stress testing the capacity of health systems to manage climate change-related shocks and stresses. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea], vol. 15, no. 11, pp. 1-16. ISSN 16604601. DOI 10.3390/ijerph15112370. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph15112370>.
- EFTHIMIOU, N., PSOMIADIS, E. y PANAGOS, P., 2020. Fire severity and soil erosion susceptibility mapping using multi-temporal Earth Observation data: The case of Mati fatal wildfire in Eastern Attica, Greece. *Catena* [en línea], vol. 187, no. July 2019, pp. 104320. ISSN 03418162. DOI 10.1016/j.catena.2019.104320. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104320>.
- FERRARIO, F., BECK, M.W., STORLAZZI, C.D., MICHELI, F., SHEPARD, C.C. y AIROLDI, L., 2014. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications* [en línea], vol. 5, no. May, pp. 1-9. ISSN 20411723. DOI 10.1038/ncomms4794. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/ncomms4794>.
- FILIPA SILVA RIBEIRO, A., RUSSO, A., GOUVEIA, C.M., PÁSCOA, P. y ZSCHEISCHLER, J., 2020. Risk of crop failure due to compound dry and hot extremes estimated with nested copulas. *Biogeosciences* [en línea], vol. 17, no. 19, pp. 4815-4830. ISSN 17264189. DOI 10.5194/bg-17-4815-2020. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/bg-17-4815-2020>.
- FLOOD, S., CRADOCK-HENRY, N.A., BLACKETT, P. y EDWARDS, P., 2018. Adaptive and interactive climate futures: Systematic review of «serious games» for engagement and decision-making. *Environmental Research Letters* [en línea], vol. 13, no. 6. ISSN 17489326. DOI 10.1088/1748-9326/aac1c6. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac1c6>.

- GAUPP, F., 2020. Extreme Events in a Globalized Food System. *One Earth* [en línea], vol. 2, no. 6, pp. 518-521. ISSN 25903322. DOI 10.1016/j.oneear.2020.06.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.001>.
- GAUPP, F., HALL, J., MITCHELL, D. y DADSON, S., 2019. Increasing risks of multiple breadbasket failure under 1.5 and 2 °C global warming. *Agricultural Systems* [en línea], vol. 175, no. May, pp. 34-45. ISSN 0308521X. DOI 10.1016/j.agsy.2019.05.010. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.010>.
- GOLDEN, C.D., ALLISON, E.H., DEY, M.M., HALPERN, B.S., MCCAULEY DOUGLAS J., SMITH MATTHEW y VAITLA, B., 2016. Fall in Fish Catch Threatens Human Health. *Nature* [en línea], vol. 534, pp. 317-320. Disponible en: [http://environment.harvard.edu/sites/default/files/golden\\_et\\_al.\\_2016.\\_nature\\_fall\\_in\\_fish\\_catch\\_threatens\\_human\\_health-with\\_si.pdf](http://environment.harvard.edu/sites/default/files/golden_et_al._2016._nature_fall_in_fish_catch_threatens_human_health-with_si.pdf).
- GUÉGAN, J.F., AYOUBA, A., CAPPELLE, J. y DE THOISY, B., 2020. Forests and emerging infectious diseases: Unleashing the beast within. *Environmental Research Letters* [en línea], vol. 15, no. 8. ISSN 17489326. DOI 10.1088/1748-9326/ab8dd7. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8dd7>.
- HAASNOOT, M., BIESBROEK, R., LAWRENCE, J., MUCCIONE, V., LEMPERT, R. y GLAVOVIC, B., 2020. Defining the solution space to accelerate climate change adaptation. *Regional Environmental Change* [en línea], vol. 20, no. 2. ISSN 1436378X. DOI 10.1007/s10113-020-01623-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01623-8>.
- HAFEZI, M., SAHIN, O., STEWART, R.A., CONNOLLY, R.M., MACKEY, B. y WARE, D., 2020. Adaptation strategies for coral reef ecosystems in Small Island Developing States: Integrated modelling of local pressures and long-term climate changes. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 253, pp. 119864. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119864. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119864>.

- HAIKOLA, S., HANSSON, A. y ANSHELM, J., 2019. From polarization to reluctant acceptance—bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) and the post-normalization of the climate debate. *Journal of Integrative Environmental Sciences* [en línea], vol. 16, no. 1, pp. 45-69. ISSN 19438168. DOI 10.1080/1943815X.2019.1579740. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1943815X.2019.1579740>.
- HALLEGATTE, S., FAY, M. y BARBIER, E.B., 2018. Poverty and climate change: Introduction. *Environment and Development Economics* [en línea], vol. 23, no. 3, pp. 217-233. ISSN 14694395. DOI 10.1017/S1355770X18000141. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S1355770X18000141>.
- HANNA, C., WHITE, I. y GLAVOVIC, B.C., 2021. Managed retreats by whom and how? Identifying and delineating governance modalities. *Climate Risk Management* [en línea], vol. 31, no. September 2020, pp. 100278. ISSN 22120963. DOI 10.1016/j.crm.2021.100278. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100278>.
- HENNESSEY, R., PITTMAN, J., MORAND, A. y DOUGLAS, A., 2017. Co-benefits of integrating climate change adaptation and mitigation in the Canadian energy sector. *Energy Policy* [en línea], vol. 111, no. March, pp. 214-221. ISSN 03014215. DOI 10.1016/j.enpol.2017.09.025. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.025>.
- HOGARTH, J.R. y WÓJCIK, D., 2016. An evolutionary approach to adaptive capacity assessment: A case study of Whitehouse, Jamaica. *Journal of Rural Studies* [en línea], vol. 43, pp. 248-259. ISSN 07430167. DOI 10.1016/j.jrurstud.2015.12.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.12.005>.
- IPCC, 2001. Third Assesment Report-Workgroup II: Impacts, Adaptation & Vulnerability. *ipcc* [en línea]. S.I.: Disponible en: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.htm>.
- IPCC, 2017. Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. *Research Handbook on Climate Change and Agricultural Law*. S.I.:

- IPCC, 2018. Global warming of 1.5°C. *Ipcc - Sr15* [en línea]. S.l.: Disponible en: [www.environmentalgraphiti.org](http://www.environmentalgraphiti.org).
- IPCC, 2019. Annex I : Glossary. . S.l.:
- IPCC, 2022. The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. *The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. S.l.:
- LAWRENCE, J., BLACKETT, P. y CRADOCK-HENRY, N.A., 2020. Cascading climate change impacts and implications. *Climate Risk Management* [en línea], vol. 29, no. August 2019, pp. 100234. ISSN 22120963. DOI 10.1016/j.crm.2020.100234. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100234>.
- LAWRENCE, J. y HAASNOOT, M., 2017. What it took to catalyse uptake of dynamic adaptive pathways planning to address climate change uncertainty. *Environmental Science and Policy* [en línea], vol. 68, pp. 47-57. ISSN 18736416. DOI 10.1016/j.envsci.2016.12.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2016.12.003>.
- LI, Y., GUAN, K., PENG, B., FRANZ, T.E., WARDLOW, B. y PAN, M., 2020. Quantifying irrigation cooling benefits to maize yield in the US Midwest. *Global Change Biology* [en línea], vol. 26, no. 5, pp. 3065-3078. ISSN 13652486. DOI 10.1111/gcb.15002. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.15002>.
- LIEVERSE, B., 2008. Different futures. *Research in Architectural Engineering Series* [en línea], vol. 8, no. May 2009, pp. 10-15. ISSN 18736033. DOI 10.3233/978-1-58603-827-4-10. Disponible en: 10.3233/978-1-58603-827-4-10.
- LIU, J., HULL, V., GODFRAY, H.C.J., TILMAN, D., GLEICK, P., HOFF, H., PAHL-WOSTL, C., XU, Z., CHUNG, M.G., SUN, J. y LI, S., 2018. Nexus approaches to global sustainable development. *Nature Sustainability* [en línea], vol. 1, no. 9, pp. 466-476. ISSN 23989629. DOI 10.1038/s41893-018-0135-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-018-0135-8>.

- LORIE, M., NEUMANN, J.E., SAROFIM, M.C., JONES, R., HORTON, R.M., KOPP, R.E., FANT, C., WOBUS, C., MARTINICH, J., O'GRADY, M. y GENTILE, L.E., 2020. Modeling coastal flood risk and adaptation response under future climate conditions. *Climate Risk Management* [en línea], vol. 29, no. August 2019. ISSN 22120963. DOI 10.1016/j.crm.2020.100233. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100233>.
- LUNT, T., JONES, A.W., MULHERN, W.S., LEZAKS, D.P.M. y JAHN, M.M., 2016. Vulnerabilities to agricultural production shocks: An extreme, plausible scenario for assessment of risk for the insurance sector. *Climate Risk Management* [en línea], vol. 13, pp. 1-9. ISSN 22120963. DOI 10.1016/j.crm.2016.05.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crm.2016.05.001>.
- MACH, K.J., KRAAN, C.M., ADGER, W.N., BUHAUG, H., BURKE, M., FEARON, J.D., FIELD, C.B., HENDRIX, C.S., MAYSTADT, J.F., O'LOUGHLIN, J., ROESSLER, P., SCHEFFRAN, J., SCHULTZ, K.A. y VON UEXKULL, N., 2019. Climate as a risk factor for armed conflict. *Nature* [en línea], vol. 571, no. 7764, pp. 193-197. ISSN 14764687. DOI 10.1038/s41586-019-1300-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1300-6>.
- MADONSELA, B., KOOP, S., VAN LEEUWEN, K. y CARDEN, K., 2019. Evaluation of water governance processes required to transition towards Water Sensitive Urban Design-An indicator assessment approach for the City of Cape Town. *Water (Switzerland)* [en línea], vol. 11, no. 2. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w11020292. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w11020292>.
- MASUDA, Y.J., CASTRO, B., AGGRAENI, I., WOLFF, N.H., EBI, K., GARG, T., GAME, E.T., KRENZ, J. y SPECTOR, J., 2019. How are healthy, working populations affected by increasing temperatures in the tropics? Implications for climate change adaptation policies. *Global Environmental Change* [en línea], vol. 56, no. July 2018, pp. 29-40. ISSN 09593780. DOI 10.1016/j.gloenvcha.2019.03.005. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.005>.

- MATTHEWS, T., WILBY, R.L. y MURPHY, C., 2019. An emerging tropical cyclone–deadly heat compound hazard. *Nature Climate Change* [en línea], vol. 9, no. 8, pp. 602-606. ISSN 17586798. DOI 10.1038/s41558-019-0525-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-019-0525-6>.
- MCPHERSON, G., SIMPSON, J.R., PEPER, P.J., MACO, S.E. y XIAO, Q., 2005. Municipal forest benefits and costs in five US cities. *Journal of Forestry* [en línea], vol. 103, no. 8, pp. 411-416. ISSN 00221201. Disponible en: Municipal forest benefits and costs in five US cities.
- MOZAFFARIAN, D., BENJAMIN, E.J., GO, A.S., ARNETT, D.K., BLAHA, M.J., CUSHMAN, M., DAS, S.R., DE FERRANTI, S., DESPRÉS, J.P., FULLERTON, H.J., HOWARD, V.J., HUFFMAN, M.D., ISASI, C.R., JIMÉNEZ, M.C., JUDD, S.E., KISSELA, B.M., LICHTMAN, J.H., LISABETH, L.D., LIU, S., MACKEY, R.H., MAGID, D.J., MCGUIRE, D.K., MOHLER, E.R., MOY, C.S., MUNTNER, P., MUSSOLINO, M.E., NASIR, K., NEUMAR, R.W., NICHOL, G., PALANIAPPAN, L., PANDEY, D.K., REEVES, M.J., RODRIGUEZ, C.J., ROSAMOND, W., SORLIE, P.D., STEIN, J., TOWFIGHI, A., TURAN, T.N., VIRANI, S.S., WOO, D., YEH, R.W. y TURNER, M.B., 2016. Executive summary: Heart disease and stroke statistics-2016 update: A Report from the American Heart Association. *Circulation* [en línea], vol. 133, no. 4, pp. 447-454. ISSN 15244539. DOI 10.1161/CIR.0000000000000366. Disponible en: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000366>.
- MUÑIZ-CASTILLO, A.I., RIVERA-SOSA, A., CHOLLETT, I., EAKIN, C.M., ANDRADE-GÓMEZ, L., MCFIELD, M. y ARIAS-GONZÁLEZ, J.E., 2019. Three decades of heat stress exposure in Caribbean coral reefs: a new regional delineation to enhance conservation. *Scientific Reports* [en línea], vol. 9, no. 1, pp. 1-14. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-019-47307-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47307-0>.
- NAKASHIMA, D. y KRUPNIK, I., 2018. *Indigenous Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation* [en línea]. S.I.: Cambridge University Press. Disponible en: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=qOVqDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&ots=IYy\\_qDeODR&sig=aNxrPgaWHaCWXkN3aQJYITpa2is](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=qOVqDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&ots=IYy_qDeODR&sig=aNxrPgaWHaCWXkN3aQJYITpa2is).

- NICHOLS, L., VALLARIO, R., CLARKE, L., ORR, M. y PRESTON, B.L., 2018. *Sector Interactions, Multiple Stressors, and Complex Systems* [en línea]. US: Fourth National Climate Assessment. Disponible en: [https://nca2018.globalchange.gov/downloads/NCA4\\_Ch17\\_Complex-Systems\\_Full.pdf](https://nca2018.globalchange.gov/downloads/NCA4_Ch17_Complex-Systems_Full.pdf).
- OTTO, F.E.L., WOLSKI, P., LEHNER, F., TEBALDI, C., VAN OLDENBORGH, G.J., HOGESTEGER, S., SINGH, R., HOLDEN, P., FUČKAR, N.S., ODOULAMI, R.C. y NEW, M., 2018. Anthropogenic influence on the drivers of the Western Cape drought 2015-2017. *Environmental Research Letters* [en línea], vol. 13, no. 12. ISSN 17489326. DOI 10.1088/1748-9326/aae9f9. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae9f9>.
- PAPANIKOLAOU, V., ADAMIS, D., MELLON, R.C., PRODRIMITIS, G. y KYRIOPOULOS, J., 2011. Double Disaster: Mental Health Of Survivors of Wildfires and Earthquake in a Part of Greece. *Psychology* [en línea], vol. 02, no. 02, pp. 132-137. ISSN 2152-7180. DOI 10.4236/psych.2011.22021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/psych.2011.22021>.
- PEDUZZI, P., 2019. The Disaster Risk, Global Change, and Sustainability Nexus. *Sustainability (Switzerland)* [en línea], vol. 11, no. 4, pp. 1-21. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su11040957. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su11040957>.
- PELLING, M., O'BRIEN, K. y MATYAS, D., 2015. Adaptation and transformation. *Climatic Change* [en línea], vol. 133, no. 1, pp. 113-127. ISSN 15731480. DOI 10.1007/s10584-014-1303-0. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1303-0>.
- PETERSON, T.C., STOTT, P.A. y HERRING, S., 2020. Analyses of the Northern European summer heatwave of 2018. *Bulletin of the American Meteorological Society* [en línea], vol. 93, no. 7, pp. 1041-1067. ISSN 00030007. DOI 10.1175/BAMS-D-19-0170.1. Disponible en: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0170.1>.

- PHILLIPS, C.A., CALDAS, A., CLEETUS, R., DAHL, K.A., DECLET-BARRETO, J., LICKER, R., MERNER, L.D., ORTIZ-PARTIDA, J.P., PHELAN, A.L., SPANGER-SIEGFRIED, E., TALATI, S., TRISOS, C.H. y CARLSON, C.J., 2020. Compound climate risks in the COVID-19 pandemic. *Nature Climate Change* [en línea], vol. 10, no. 7, pp. 586-588. ISSN 17586798. DOI 10.1038/s41558-020-0804-2. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-0804-2>.
- PINSKY, M.L., REYGONDEAU, G., CADDELL, R., PALACIOS-ABRANTES, J., SPIJKERS, J. y CHEUNG, W.W.L., 2018. Preparing ocean governance for species on the move. *Science* [en línea], vol. 360, no. 6394, pp. 1189-1191. ISSN 10959203. DOI 10.1126/science.aat2360. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.aat2360>.
- RAYMOND, C., HORTON, R.M., ZSCHEISCHLER, J., MARTIUS, O., AGHAKOUCHAK, A., BALCH, J., BOWEN, S.G., CAMARGO, S.J., HESS, J., KORNHUBER, K., OPPENHEIMER, M., RUANE, A.C., WAHL, T. y WHITE, K., 2020. Understanding and managing connected extreme events. *Nature Climate Change* [en línea], vol. 10, no. 7, pp. 611-621. ISSN 17586798. DOI 10.1038/s41558-020-0790-4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-020-0790-4>.
- RAYMOND, C., MATTHEWS, T. y HORTON, R.M., 2020. The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. *Science Advances* [en línea], vol. 6, no. 19. ISSN 23752548. DOI 10.1126/sciadv.aaw1838. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1838>.
- RENEE N. SALAS, M.D., M.P.H., JAMES M. SHULTZ, P.D. y CAREN G. SOLOMON, M.D., M.P., 2020. The Climate Crisis and Covid-19 — A Major Threat to the Pandemic Response. *New England Journal of Medicine* [en línea], vol. 382, no. 21, pp. 1-3. ISSN 15334406. Disponible en: [nejm.org](http://nejm.org).
- SCHIPPER, E.L.F., 2020. Maladaptation: When Adaptation to Climate Change Goes Very Wrong. *One Earth* [en línea], vol. 3, no. 4, pp. 409-414. ISSN 25903322. DOI 10.1016/j.oneear.2020.09.014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.014>.



- SHEPHERD, T.G., BOYD, E., CALEL, R.A., CHAPMAN, S.C., DESSAI, S., DIMA-WEST, I.M., FOWLER, H.J., JAMES, R., MARAUN, D., MARTIUS, O., SENIOR, C.A., SOBEL, A.H., STAINFORTH, D.A., TETT, S.F.B., TRENBERTH, K.E., VAN DEN HURK, B.J.J.M., WATKINS, N.W., WILBY, R.L. y ZENGHELIS, D.A., 2018. Storylines: an alternative approach to representing uncertainty in physical aspects of climate change. *Climatic Change* [en línea], vol. 151, no. 3-4, pp. 555-571. ISSN 15731480. DOI 10.1007/s10584-018-2317-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2317-9>.
- SIDERS, A.R., 2019. Managed Retreat in the United States. *One Earth* [en línea], vol. 1, no. 2, pp. 216-225. ISSN 25903322. DOI 10.1016/j.oneear.2019.09.008. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.09.008>.
- SIMPSON, N., 2020. Insurance in the Anthropocene. *Exposure, solvency and manoeuvrability* [en línea]. 1st Editio. S.I.: Routledge, pp. 18. ISBN 9780429201172. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429201172-9/insurance-anthropocene-nicholas-philip-simpson>.
- SIMPSON, N.P., SHEARING, C.D. y DUPONT, B., 2020. Gated Adaptation during the Cape Town Drought: Mentalities, Transitions and Pathways to Partial Nodes of Water Security. *Society and Natural Resources* [en línea], vol. 33, no. 8, pp. 1041-1049. ISSN 15210723. DOI 10.1080/08941920.2020.1712756. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/08941920.2020.1712756>.
- SIMPSON, N.P., SIMPSON, K.J., SHEARING, C.D. y CIROLIA, L.R., 2019. Municipal finance and resilience lessons for urban infrastructure management: a case study from the Cape Town drought. *International Journal of Urban Sustainable Development* [en línea], vol. 11, no. 3, pp. 257-276. ISSN 19463146. DOI 10.1080/19463138.2019.1642203. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19463138.2019.1642203>.
- SRIVASTAVA, R.K., 2020. Risk Profiles of South Asia-Urbanization Context. *Managing Urbanization, Climate Change and Disasters in South Asia* [en línea]. Singapore: Springer, pp. 1-21. ISBN 9789811524103. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-2410-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-2410-3_1).

- STOREY, B. y NOY, I., 2017. Insuring property under climate change. *Policy Quarterly* [en línea], vol. 13, no. 4, pp. 68-74. ISSN 2324-1098. DOI 10.26686/pq.v13i4.4603. Disponible en: <https://doi.org/10.26686/pq.v13i4.4603>.
- SURMINSKI, S. y HUDSON, P., 2017. Investigating the risk reduction potential of disaster insurance across Europe. *Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice* [en línea], vol. 42, no. 2, pp. 247-274. ISSN 14680440. DOI 10.1057/s41288-016-0039-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1057/s41288-016-0039-7>.
- SUTTON, R.T., 2019. Climate science needs to take risk assessment much more seriously. *Bulletin of the American Meteorological Society* [en línea], vol. 100, no. 9, pp. 1637-1642. ISSN 00030007. DOI 10.1175/BAMS-D-18-0280.1. Disponible en: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0280.1>.
- TERZI, S., TORRESAN, S., SCHNEIDERBAUER, S., CRITTO, A., ZEBISCH, M. y MARCOMINI, A., 2019. Multi-risk assessment in mountain regions: A review of modelling approaches for climate change adaptation. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 232, no. September 2018, pp. 759-771. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2018.11.100. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.100>.
- THORNTON, P.K., 2010. Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [en línea], vol. 365, no. 1554, pp. 2853-2867. ISSN 14712970. DOI 10.1098/rstb.2010.0134. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>.
- TORETI, A., BELWARD, A., PEREZ-DOMINGUEZ, I., NAUMANN, G., LUTERBACHER, J., CRONIE, O., SEGUINI, L., MANFRON, G., LOPEZ-LOZANO, R., BARUTH, B., VAN DEN BERG, M., DENTENER, F., CEGLAR, A., CHATZOPOULOS, T. y ZAMPIERI, M., 2019. The Exceptional 2018 European Water Seesaw Calls for Action on Adaptation. *Earth's Future* [en línea], vol. 7, no. 6, pp. 652-663. ISSN 23284277. DOI 10.1029/2019EF001170. Disponible en: <https://doi.org/10.1029/2019EF001170>.

- TRINDADE, B.C., GOLD, D.F., REED, P.M., ZEFF, H.B. y CHARACKLIS, G.W., 2020. Water pathways: An open source stochastic simulation system for integrated water supply portfolio management and infrastructure investment planning. *Environmental Modelling and Software* [en línea], vol. 132, no. August, pp. 104772. ISSN 13648152. DOI 10.1016/j.envsoft.2020.104772. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104772>.
- TRISOS, C.H., ALEXANDER, S.M., GEPHART, J.A., GURUNG, R., MCINTYRE, P.B. y SHORT, R.E., 2019. Mosquito net fishing exemplifies conflict among Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability* [en línea], vol. 2, no. 1, pp. 5-7. ISSN 23989629. DOI 10.1038/s41893-018-0199-5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-018-0199-5>.
- TRISOS, C.H., MEROW, C. y PIGOT, A.L., 2020. The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. *Nature* [en línea], vol. 580, no. 7804, pp. 496-501. ISSN 14764687. DOI 10.1038/s41586-020-2189-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2189-9>.
- WEAVER, C.P., MOSS, R.H., EBI, K.L., GLEICK, P.H., STERN, P.C., TEBALDI, C., WILSON, R.S. y ARVAI, J.L., 2017. Reframing climate change assessments around risk: Recommendations for the US National Climate Assessment. *Environmental Research Letters* [en línea], vol. 12, no. 8. ISSN 17489326. DOI 10.1088/1748-9326/aa7494. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa846a>.
- ZSCHEISCHLER, J., MARTIUS, O., WESTRA, S., BEVACQUA, E., RAYMOND, C., HORTON, R.M., VAN DEN HURK, B., AGHAKOUCHAK, A., JÉZÉQUEL, A., MAHECHA, M.D., MARAUN, D., RAMOS, A.M., RIDDER, N.N., THIERY, W. y VIGNOTTO, E., 2020. A typology of compound weather and climate events. *Nature Reviews Earth and Environment* [en línea], vol. 1, no. 7, pp. 333-347. ISSN 2662138X. DOI 10.1038/s43017-020-0060-z. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>.

ZSCHEISCHLER, J., WESTRA, S., VAN DEN HURK, B.J.J.M., SENEVIRATNE, S.I., WARD, P.J., PITMAN, A., AGHAKOUCHAK, A., BRESCH, D.N., LEONARD, M., WAHL, T. y ZHANG, X., 2018. Future climate risk from compound events. *Nature Climate Change* [en línea], vol. 8, no. 6, pp. 469-477. ISSN 17586798. DOI 10.1038/s41558-018-0156-3. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, GRIJALVA ARONI PERCY LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Interacciones Entre los Múltiples Impulsores de Riesgo Generados por el Cambio Climático: Revisión Sistemática", cuyos autores son DINOS CCANTO JORGE LUIS, RODRIGUEZ ROJAS ARLETH DALHESKA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 07 de Junio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
GRIJALVA ARONI PERCY LUIS <b>DNI:</b> 46460354 <b>ORCID</b> 0000-0002-2622-784X	Firmado digitalmente por: PGRIJALDAAR el 07-06- 2022 16:42:14

Código documento Trilce: TRI - 0305764