

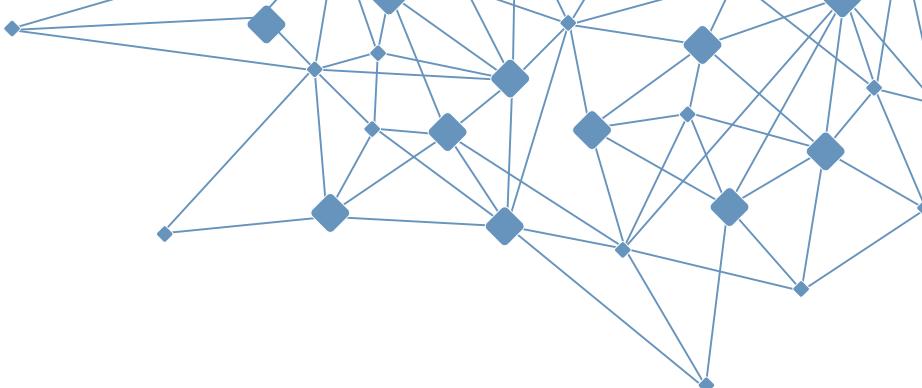
# MULTI-RISK ANALYSIS: WHAT WOULD HAPPEN IF...?

Global challenges, scientific-technical possibilities and local realities



# EDITORS

Elisabeth Schoepfer *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
Leila Juzam *Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN)*  
Jörn Lauterjung *Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)*  
Christian D. León *DIALOGIK gemeinnützige GmbH*  
Torsten Riedlinger *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
Harald Spahn *Freelance consultant*  
Alfredo Zambrano *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED)*



# CONTRIBUTORS

The content of this report was prepared as part of the RIESGOS project and discussed and further developed in workshops in Santiago de Chile, 15 November 2023 and in Lima, 21 November 2023.

## Germany

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ); Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI); Technische Universität München (TUM); 52°North GmbH; geomer GmbH; SLU; DIALOGIK gemeinnützige GmbH; EOMAP GmbH & Co.KG; plan + risk consult – Prof. Dr. Greiving & Partner

## Chile

Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN); Instituto para la Resiliencia ante Desastres (Itrend); Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología; Ministerio de Desarrollo Social y Familia; Ministerio de Vivienda y Urbanismo; Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)

## Peru

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED); Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID); Consultores en Ingeniería de Riesgos Naturales (CIRNA); Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ); Dirección de Hidrografía y Navegación de la MGP; Gobierno Regional Callao; Ministerio de Defensa; Instituto Nacional de Defensa Civil (INDEC); Municipalidad Provincial del Callao; Presidencia del Consejo de Ministros (PCM); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Universidad de Lima

## Ecuador

Secretaría de Gestión de Riesgos

# ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank everyone who participated in the numerous events during the RIESGOS project (11/2017 - 02/2024), actively helped to organise them and thus made a significant contribution to the learning experiences reflected in this report.

**Publication date:** February 2024

**Recommended citation:** Schoepfer, E., Juzam, L., Lauterjung, J., León, C. D., Riedlinger, T., Spahn, H., and Zambrano, A. (eds.): Policy brief - Multi-risk analysis: What would happen if...? <https://doi.org/10.15489/cwqicmtca61>, 2024.

SPONSORED BY THE



Federal Ministry  
of Education  
and Research

An Initiative of the Federal Ministry of  
Education and Research  
**CLIENT II**  
International Partnerships for  
Sustainable Innovations



**FONA**  
Research for Sustainability

The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) funded the projects RIESGOS (03G0876A-J) and RIESGOS 2.0 (03G0905A-H) from 11/2017 to 02/2024 in the framework of the strategy "Research for Sustainability" (FONA) under the funding measure "CLIENT II - International Partnerships for Sustainable Innovations".

**Disclaimer:** The opinions expressed in this publication are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect the views of the funding organization.

# MULTI-RISK ANALYSIS: WHAT WOULD HAPPEN IF...?

Global challenges, scientific-technical possibilities and local realities

*This policy brief is based on the findings of six years of research conducted in close cooperation between German and South American partners as part of the RIESGOS project on multi-risk analysis. It documents a series of recommendations for action derived from these findings, which provide guidelines for dealing with relevant aspects of multi-risk analysis and the creation of suitable conditions for dealing appropriately with this complex topic, which will undoubtedly play an increasingly important role in the future.*

## CHALLENGES AND PROPOSED SOLUTION

### The need for a better understanding of complex risks

We live in a rapidly changing and highly globalised world. The increasing interconnection of our economic, social and technical systems, growing urbanisation and the consequences of climate change, compounded by growing vulnerabilities, are leading to more complex risk conditions for which we are not sufficiently well prepared. In this respect, not only disaster risk management (DRM), but also government, civil society and private sector planning processes will have to deal with this increasing complexity of risks. An important basis for decision-making is a comprehensive risk analysis that also considers cascading effects, i.e. successive and/or mutually influencing processes.

### A research initiative for multi-risk analysis

The German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) supported the research project RIESGOS (Spanish for 'risks') between November 2017 and February 2024 as part of the CLIENT II funding measure. In this project, experts in Germany from various disciplines worked together with institutions from science and civil society as well as authorities in the partner countries Chile, Ecuador, and Peru to improve the information needed to proactively prepare for complex disasters. A demonstrator for a multi-risk information system was developed with the participation of users. As an example, an earthquake-tsunami situation was simulated to illustrate the interactions of various natural hazards and cascading effects, including their cumulative impact.

### An innovative approach

The research team developed an innovative approach that is based on the analysis of risk scenarios, which allows complex situations with multiple risks to be described. Instead of centralised approach, a decentralised hardware and software architecture concept was developed. Web services that are integrated via standardised interfaces form the key element. The concept is flexible and can be adapted to different risk situations as well as to different spatial levels (local, regional, national). A user interface allows to visualise and analyse different scenarios of a multi-risk chain. Potential users working in DRM and planning tested the demonstrator with regard to various fields of application and provided feedback on their experiences and requirements. The system components are published on an open source platform on the Internet, so that the preconditions for further development into an operational system are given.



# LESSONS LEARNT

The most important lessons learnt from the project are summarized as follows:

## Complexity and uncertainty in the context of multi-risk analysis

**A multi-risk analysis can only capture a part of a complex reality.** The interactions between human activities and interactions with the natural system are becoming increasingly diverse and analysing them requires the use of complex models. However, models are always incomplete as they represent a simplification of complex situations (both the natural hazard and the impacts). The representation of what would actually happen in a real disaster situation can therefore only be analysed to a limited extent and not in every detail within the framework of modelling. In order to obtain the most meaningful picture possible of a complex multi-risk situation, it is necessary that experts from different disciplines to work together and that local knowledge is incorporated.

**The consideration of uncertainties is of fundamental importance for multi-risk assessment.** The simulation of possible future developments using mathematical models and the coupling of different models requires dealing with different forms of uncertainty. Quantifying the overall uncertainty when modelling multi-risk situations is a challenge, as the spectrum and sources of uncertainty are extremely diverse and complex. In addition, the choice of models and the accuracy of the results depend on the purpose of the analysis (e.g. development of evacuation plans or damage assessment). If uncertainties are not explicitly addressed, considered or visualised, this may affect the subsequent interpretation of the results.

## Technological development

**Exposure modelling for the assessment of multi-risk situations and cascading hazards is a challenge.** It has been shown that the existing taxonomies of buildings and infrastructures for different natural hazards are rarely compatible, which makes it difficult to link them for the assessment of cascading effects. In particular, the available data on the building stock is sometimes very outdated and does not adequately reflect the current situation. This leads to uncertainties in risk assessment.

**The use of distributed and standardised web services for multi-hazard and multi-risk analysis has potential.** An innovative approach lies in the combination of web services for the characterisation of natural hazards, exposure, and risk. The use of web services facilitates the exchange of information between the institutions involved in DRM, as data does not have to be stored centrally. However, the development, modular extension, or adaptation of a decentralised architecture is a technically and professionally demanding task, despite the use of international standards and interfaces.

**A tool for visualising complex multi-risk situations is important.** A demonstrator was developed for the rapid and integrative visual analysis and presentation of multi-risk situations. This tool can be used to visualise and interactively explore specific scenarios. It also enables users to carry out a direct comparison between different scenarios of a multi-risk situation or between different stages of a cascading process within a scenario. By involving users in the development of the demonstrator, it was possible to confirm its potential as an analysis and visualisation tool to supplement already established information systems.

## Transfer into practice

**There is a great need for multi-risk analysis tools that can be used in practice.** The users in the partner countries recognised the importance and potential of the concept from the outset and expressed the need to further develop the analysis and visualisation tool for use in practical applications in the future.

**The necessary adaptations of the demonstrator into an operational system require sufficient human and financial resources.** While the technical prerequisites are provided by the demonstrator's open and modular architecture, greater commitment is required from potential operators in order to integrate and homogenise their own services, databases and new scenarios. Close collaboration between researchers, IT experts, and potential users is important for successful implementation.

**Interpreting multi-risk information needs to be professionally learnt and guided.** Experience has shown that the correct interpretation of multi-risk information requires specialised knowledge of the underlying natural processes and modelling. For this reason, the developed demonstrator is primarily intended for researchers and experts. However, the visualisation of cascading processes and their impacts has potential for use in risk communication, for decision-makers, and also for the public.



# RECOMMENDATIONS

The following recommendations are based on findings from research, development, and practical application:

## The world of data

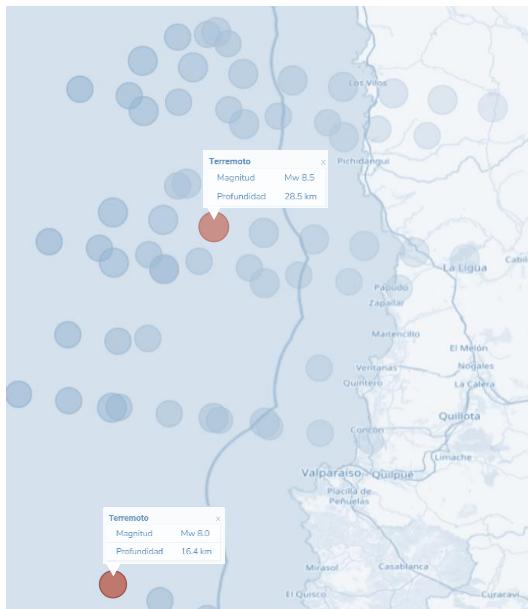
**Updating and harmonising data for multi-risk analysis:** The availability of up-to-date data that is as complete as possible is crucial for effective risk analysis. In order to reduce uncertainties, it is recommended to use modern technologies for regular data collection in the future, such as satellite data and its evaluation using deep learning methods as well as area-wide ground-based systems. This presupposes that the necessary resources are made available to universities and scientific institutions. In addition, standards and norms are needed for the cascading analysis of multiple hazards in order to ensure appropriate data quality (reliability and integrity) and interoperability. In particular, the use of uniform taxonomies for buildings and infrastructures is recommended.

**Data exchange, software and web services:** In multi-risk analysis, access to data from different sectors and levels of government is particularly important. The use of web services is a promising option for the exchange of information between institutions. It requires inter-institutional agreements as well as binding standards and mandates that promote and regulate access to institutional data via web services. Wherever possible, an open data policy (FAIR principles) is important. Institutions must also have adequate competences and resources to provide their data and services and keep them up to date. Both data and web services must be traceable and documented.

“  
A scenario-based approach can represent different manifestations of a complex multi-risk situation and should be considered in addition.”

## Uncertainties

**Understanding the uncertainties and limitations of multi-risk analysis is crucial:** Methods and tools of uncertainty analysis, such as probabilistic sensitivity analysis, can help to determine the impact of uncertainties in risk analysis. From a scientific and technical point of view, knowledge of dependencies and correlations between variables is an important basis for characterising uncertainties. In this way, priorities can be set to collect specific data and improve models. It is also important to understand the limitations of multi-risk analysis, as not everything can be reflected in models.



**Dealing with uncertainty in a competent way, especially in the case of multi-risks:** A good understanding of uncertainties and their causes is a prerequisite for realistic multi-risk assessment, reliable results, and appropriate decisions. Experience shows that different user groups (planners, decision-makers, or the general public) have a different understanding and awareness of uncertainty. It is therefore important to provide all relevant information while keeping it simple and using appropriate language. With this in mind, a greater awareness of uncertainty should be promoted at all levels, from the provider to the user of information. The development of strategies for communicating uncertainty should be the result of a targeted dialogue and exchange between providers and users.

**Looking beyond pre-defined reference scenarios:** Reference scenarios play an important role in disaster prevention and preparedness. A scenario-based approach can represent different manifestations of a complex multi-risk situation and should be considered in addition. In this way, a broader spectrum of possible impacts can be analysed and included in the respective planning.

# RECOMMENDATIONS

## Participation, cooperation and capacities

**Involving users in the technical development process:** In all application-oriented projects, close and iterative collaboration between researchers, developers, and users should be an integral part of the entire development phase. If the needs of end users are considered from the outset, developments are better geared towards practical applicability and contribute to solving current problems. It must be ensured that the information meets the needs of the users and is understandable even without specialised knowledge. It should be noted that users are particularly interested in results that show the possible impacts of situations with multiple cascading hazards. To facilitate joint development, an organisational and financial framework must be created that enables a systematic, flexible, and process-oriented approach on a continuous basis.

**Strengthening inter-institutional cooperation and networking:** Good cooperation between authorities at all levels of government and networking with academia and civil society organisations (e.g. professional associations) are essential for meaningful multi-risk analysis and effective disaster risk prevention and preparedness. To this end, strategic partnerships and incentives must be created to build and maintain trust between stakeholders that will endure beyond a political transition.

**Capacity building for the authorities responsible for disaster risk management:** Knowledge of the underlying natural processes, modelling, and the correct interpretation of results should be strengthened in government organisations. This must go hand in hand with an institutional strengthening of the organisations at local, regional, and national level - both financially and in terms of personnel. Only in this way will they be able to competently perform the tasks already assigned to them and the new ones that lie ahead. This also includes the necessary IT expertise to implement, adapt, and maintain digital application systems so that they can be operated with a long-term perspective and planning.

**Strengthening users' skills in interpreting risk information and map products:** Advisors and consulting services that accompany local DRM processes or are active in risk communication should be trained to support users by providing them with background information and training. Similarly, public organisations developing such capacities should be guided by research institutions and accompanied by capacity building measures, e.g. in the context of technical cooperation. Ideally, this process should be accompanied by training, which may also include specific aspects of communication with the public.

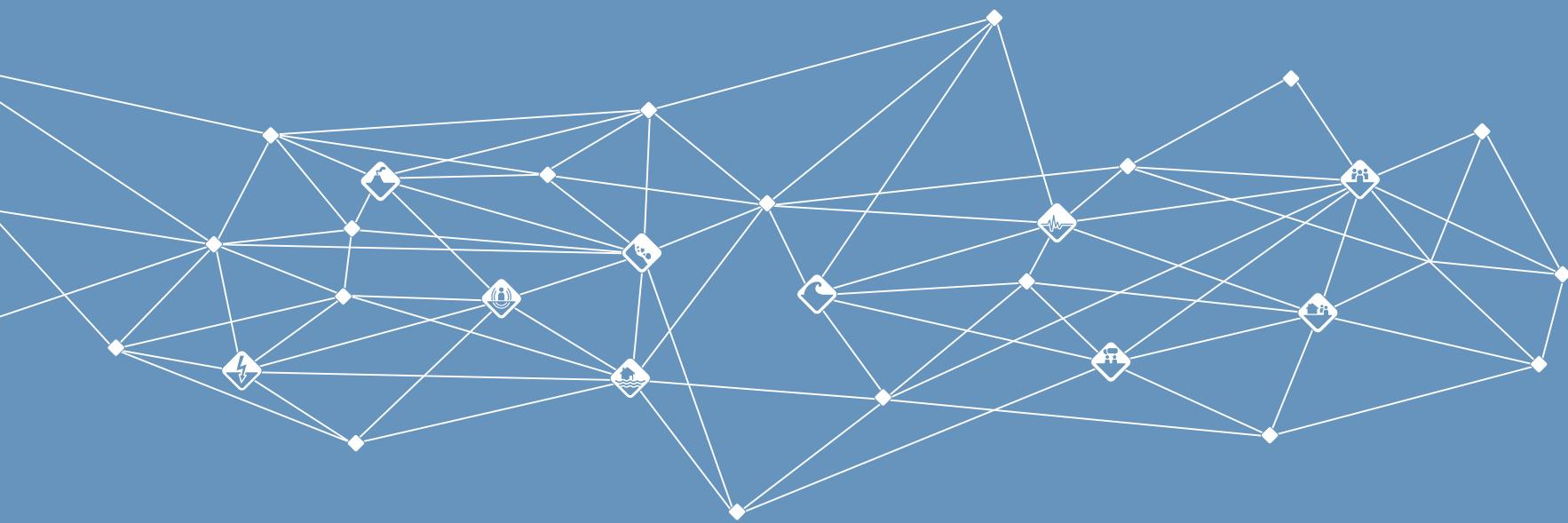


**Optimising international research cooperation:** In order to better understand the impacts of complex natural phenomena on society and to be able to manage them better in the future, cooperation between researchers from different disciplines is necessary. Research projects can play an important role in promoting international cooperation and providing solutions in the local context. An important prerequisite for successful international cooperation is a prior analysis of the problem and the framework conditions on the basis of which the project is jointly designed. The implementation of the developed solutions in the respective partner countries requires long-term partnerships beyond the usual project duration of three years. In order to achieve this, it is necessary to take the concept of sustainability into account from the outset when designing the project and to build up appropriate capacities for implementing the solutions developed. Suitable financing models on the part of the funding organisations should ensure financial support for the participants in the partner countries. In addition, the establishment of virtual institutes or competence centres offers the opportunity for research groups to join forces in order to achieve strategic goals, for example in natural hazard related multi-risk research. In this context, the research content should also be reflected in joint training courses. In this way, long-term cooperation can be facilitated and anchored beyond the duration of the project.

“Good cooperation between authorities at all levels of government and networking with academia and civil society organisations (e.g. professional associations) are essential for meaningful multi-risk analysis and effective disaster risk prevention and preparedness.”



[www.riesgos.de](http://www riesgos de)



# ANÁLISIS DE RIESGOS MÚLTIPLES: ¿QUÉ PASARÍA SI...?

Desafíos globales, posibilidades científico-técnicas y realidades locales



# EDITORES

Elisabeth Schoepfer *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
Leila Juzam *Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN)*  
Jörn Lauterjung *Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)*  
Christian D. León *DIALOGIK gemeinnützige GmbH*  
Torsten Riedlinger *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
Harald Spahn *Consultor independiente*  
Alfredo Zambrano *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED)*



# CONTRIBUIDORES

El contenido de este informe fue preparado en el marco del proyecto RIESGOS y discutido y desarrollado en talleres (Santiago de Chile, 15 de noviembre 2023; Lima, 21 de noviembre 2023).

## Germany

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ); Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI); Technische Universität München (TUM); 52°North GmbH; geomer GmbH; SLU; DIALOGIK gemeinnützige GmbH; EOMAP GmbH & Co.KG; plan + risk consult – Prof. Dr. Greiving & Partner

## Chile

Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN); Instituto para la Resiliencia ante Desastres (Itrend); Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología; Ministerio de Desarrollo Social y Familia; Ministerio de Vivienda y Urbanismo; Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)

## Perú

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED); Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID); Consultores en Ingeniería de Riesgos Naturales (CIRNA); Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ); Dirección de Hidrografía y Navegación de la MGP; Gobierno Regional Callao; Ministerio de Defensa; Instituto Nacional de Defensa Civil (INDEC); Municipalidad Provincial del Callao; Presidencia del Consejo de Ministros (PCM); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Universidad de Lima

## Ecuador

Secretaría de Gestión de Riesgos

# AGRADECIMIENTO

Nos gustaría agradecer a todas las personas que participaron en los numerosos eventos durante el periodo del proyecto RIESGOS (11/2017 - 02/2024), que ayudaron activamente a organizarlos y contribuyeron así de forma importante a las experiencias de aprendizaje reflejadas en este informe.

**Fecha de publicación:** febrero de 2024

**Cita recomendada:** Schoepfer, E., Juzam, L., Lauterjung, J., León, C. D., Riedlinger, T., Spahn, H., and Zambrano, A. (eds.): Policy brief - Multi-risk analysis: What would happen if...? <https://doi.org/10.15489/cwgicmtca61>, 2024.

PROMOVIDO POR EL



Ministerio Federal  
de Educación  
e Investigación

An Initiative of the Federal Ministry of  
Education and Research  
**CLIENT II**  
International Partnerships for  
Sustainable Innovations



**FONA**  
Research for Sustainability

El Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF) financió los proyectos RIESGOS (03G0876A-J) y RIESGOS 2.0 (03G0905A-H) desde 11/2017 hasta 02/2024 en el marco de la estrategia "Investigación para la Sostenibilidad" (FONA) bajo la medida de financiación "CLIENT II – Colaboraciones internacionales para innovaciones sostenibles".

**Descargo de responsabilidad:** Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la organización financiadora.

# ANÁLISIS DE RIESGOS MÚLTIPLES: ¿QUÉ PASARÍA SI...?

Desafíos globales, posibilidades científico-técnicas y realidades locales

*Este Policy Brief se basa en las lecciones aprendidas sobre el análisis de riesgos múltiples durante seis años de trabajo de investigación en estrecha cooperación entre los socios alemanes y sudamericanos en el marco del proyecto RIESGOS y documenta una serie de recomendaciones políticas derivadas del mismo. Las recomendaciones ofrecen orientaciones para abordar aspectos relevantes del análisis de riesgos múltiples y crear las condiciones adecuadas que se consideran importantes para poder tratar adecuadamente este complejo tema, que sin duda desempeñará un papel cada vez más importante en el futuro.*

## RETOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

### La necesidad de comprender mejor los riesgos de mayor complejidad

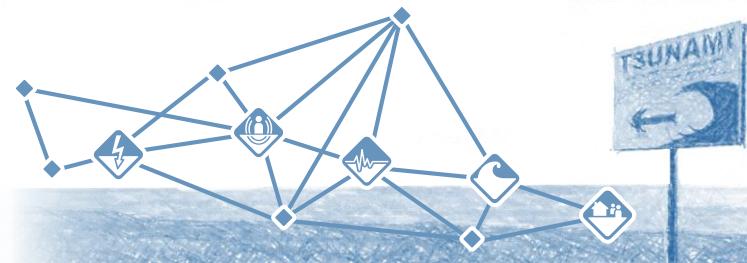
Vivimos en un mundo rápidamente cambiante y altamente globalizado. Los sistemas económicos, sociales y técnicos cada vez más interconectados, la urbanización creciente y el cambio climático, están generando condiciones de riesgo de mayor complejidad, reforzado por una creciente vulnerabilidad, ante los cuales aún no estamos bien preparados. En este sentido, habrá que enfrentarse a una complejidad y a unos riesgos cada vez mayores, no sólo en la gestión del riesgo de desastres (GRD), sino también en muchos procesos de planificación del Estado, de la sociedad civil y del sector privado. Una base importante para la toma de decisiones es un análisis de riesgos exhaustivo, que tenga en cuenta los efectos en cascada, es decir, aquellos que dan lugar a reacciones sucesivas y/o que se influyen mutuamente.

### Una iniciativa de investigación para el análisis de riesgos múltiples

El Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF) financió el proyecto de investigación RIESGOS entre noviembre 2017 y febrero 2024, como parte de la medida de financiación CLIENT II. En este proyecto, expertos alemanes de diversas disciplinas trabajaron conjuntamente con instituciones de la academia, sociedad civil y autoridades públicas de los países socios Chile, Ecuador y Perú, con el propósito de mejorar la información base para la preparación proactiva ante eventos de desastre complejos. Con la participación de los usuarios, se desarrolló un demostrador de un sistema de análisis de riesgos múltiples. Como ejemplo, se utilizó un escenario de terremoto-tsunami que ayudó a simular y representar las interacciones entre diferentes amenazas naturales y los efectos en cascada, incluyendo sus impactos acumulativos.

### Un enfoque innovador

El equipo de investigación desarrolló un enfoque innovador basado en el análisis de escenarios de riesgo, que permite representar situaciones complejas de riesgos múltiples. En lugar de un enfoque centralizado, se desarrolló un concepto basado en una arquitectura descentralizada de hardware y software. El elemento central son los servicios web que se integran a través de interfaces estandarizadas. El concepto es flexible y puede adaptarse a distintas situaciones de riesgo, así como a distintos niveles espaciales (local, regional, nacional). La interfaz de usuario permite visualizar y analizar diferentes escenarios de una cadena de riesgos múltiples. Usuarios potenciales que trabajan en el contexto de GRD y la planificación, probaron el demostrador y manifestaron sus necesidades y observaciones en diferentes casos de aplicación. Los componentes del sistema están publicados en internet en una plataforma de código abierto, cumpliendo así los requisitos para su posterior desarrollo y convertirlo en un sistema operativo adaptado a las necesidades de los usuarios.



# LECCIONES APRENDIDAS

Las principales conclusiones del proyecto son las siguientes:

## Complejidad e incertidumbre en el contexto del análisis de riesgos múltiples

Un análisis de riesgos múltiples sólo puede representar una parte de una realidad compleja. Las interacciones entre las intervenciones humanas y las retroalimentaciones con el sistema natural son cada vez más complejas y su análisis requiere el uso de modelos complejos. Sin embargo, los modelos son siempre incompletos, ya que representan una simplificación de situaciones complejas (tanto de la amenaza natural como de los impactos). Por tanto, la representación de lo que ocurriría realmente en una situación de desastre real sólo puede analizarse de forma limitada y no con todos los detalles en términos de modelización. Para crear una imagen lo más significativa posible de una situación compleja de riesgos múltiples, se requiere la cooperación de expertos de distintas disciplinas y la integración de los conocimientos locales.

Considerar la incertidumbre es fundamental para la evaluación de riesgos múltiples. La simulación con modelos matemáticos de posibles escenarios futuros y la combinación de diferentes modelos, implica lidiar con diferentes tipos de incertidumbre al mismo tiempo. Cuantificar la incertidumbre en su conjunto cuando se modelizan situaciones de riesgos múltiples es todo un reto porque el rango y las fuentes de la incertidumbre son muy diversas y complejas. Además, la elección de los modelos y la precisión de los resultados dependen de la finalidad del análisis (por ejemplo, elaborar planes de evacuación o evaluar los daños). Si las incertidumbres no se abordan explícitamente, no se tienen en cuenta o no se visualizan, puede tener consecuencias para la posterior interpretación de los resultados.

## Desarrollo tecnológico

La modelización de la exposición para evaluar situaciones de riesgos múltiples y de peligros en cascada es un reto. Se ha demostrado que las taxonomías de edificaciones e infraestructuras existentes para los distintos peligros naturales rara vez son compatibles, lo que dificulta su vinculación para evaluar los peligros en cascada. En particular, los datos disponibles sobre las edificaciones a veces están muy desfasados y no reflejan adecuadamente la situación actual. Todo ello genera incertidumbre en la evaluación de riesgos.

El uso de servicios web distribuidos y estandarizados para el análisis de riesgos múltiples y de peligros tiene potencial. Un enfoque innovador reside en la combinación de servicios web para la caracterización de los peligros naturales, la exposición y el riesgo. El uso de servicios web facilita el intercambio de información entre las instituciones implicadas en la GRD, ya que los datos no necesitan almacenarse de forma centralizada. Sin embargo, el desarrollo, la ampliación modular o la adaptación de una arquitectura descentralizada es una tarea exigente desde el punto de vista técnico y profesional, a pesar del uso de estándares e interfaces internacionales.

Una herramienta para visualizar situaciones complejas de riesgos múltiples es importante. Se ha desarrollado un demostrador para el análisis rápido e integrado y la representación visual de situaciones de riesgos múltiples. Esta herramienta permite visualizar y analizar interactivamente determinados escenarios. Además, el usuario puede comparar diferentes escenarios de una situación de riesgos múltiples, así como diferentes etapas de un proceso en cascada dentro de un escenario. Con la participación de los usuarios en el desarrollo del demostrador, fue posible mostrar su potencial como herramienta de análisis y visualización para complementar los sistemas de información ya establecidos.

## Transferencia a la práctica

Hay una gran demanda de herramientas de análisis de riesgo múltiple que pueden utilizarse en la práctica. Desde el principio, los usuarios de los países socios reconocieron la importancia y el potencial del concepto y expresaron la necesidad de seguir desarrollando la herramienta de análisis y visualización y de utilizarla en aplicaciones prácticas en el futuro.

Las adaptaciones necesarias del demostrador hacia un sistema operativo requieren recursos humanos y financieros suficientes. La arquitectura abierta y modular del demostrador cumple los requisitos técnicos, pero exige un mayor compromiso por parte de los operadores potenciales para integrar y homogeneizar sus propios servicios, bases de datos y nuevos escenarios. Para una realización exitosa es importante una estrecha colaboración entre científicos, expertos en informática y usuarios potenciales.

La interpretación de la información de riesgos múltiples debe aprenderse y acompañarse profesionalmente. La experiencia ha demostrado que para la correcta interpretación de la información de riesgos múltiples se requieren conocimientos especializados sobre los procesos naturales subyacentes y la modelización. Por esta razón, el demostrador desarrollado está destinado principalmente a investigadores y expertos. Sin embargo, la visualización de los procesos en cascada y sus impactos tiene potencial para su uso en la comunicación de riesgos, para los tomadores de decisiones y también para el público en general.



# RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se basan en las lecciones aprendidas durante la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica:

## El mundo de los datos

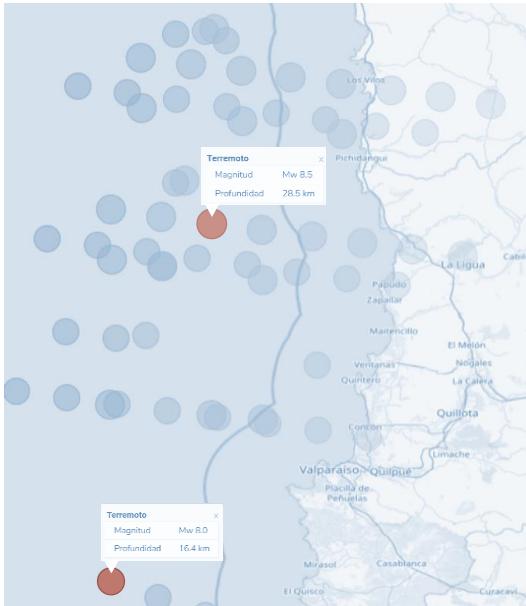
**Actualizar y armonizar los datos para el análisis de riesgos múltiples:** La disponibilidad de datos actualizados y lo más completos posible es crucial para un análisis de riesgos eficaz. Para reducir las incertidumbres en la gestión de datos, se recomienda utilizar en el futuro tecnologías modernas para la adquisición periódica de datos, como los datos de satélite y su análisis con métodos de aprendizaje profundo, así como sistemas terrestres que abarquen toda la zona. Esto requiere proporcionar los recursos necesarios a las universidades e instituciones científicas. Además, para el análisis de peligros múltiples en cascada, se necesitan estándares y normas que aseguren la calidad (confiabilidad y anonimidad) e interoperabilidad de los datos. En particular, se recomienda la utilización de taxonomías uniformes de edificaciones e infraestructuras.

“Un enfoque basado en escenarios puede representar diferentes manifestaciones de una situación compleja de riesgos múltiples y debería considerarse de forma complementaria.”

**Intercambio de datos, software y servicios web:** En el análisis de riesgos múltiples, el acceso a datos de distintos sectores y niveles de gobierno es especialmente importante. El uso de los servicios web es una opción prometedora para el intercambio de información entre instituciones. Para ello se requieren acuerdos interinstitucionales, así como normas y mandatos vinculantes que promuevan y regulen el acceso a datos institucionales a través de servicios web. Siempre que sea posible, es importante una política de datos abiertos (principios FAIR). También es necesario que las instituciones estén dotadas de las competencias y los recursos adecuados para proveer y mantener actualizados sus datos y servicios. Tanto los datos como los servicios web deben estar localizables y documentados.

## Las incertidumbres

**Comprender las incertidumbres y limitaciones del análisis de riesgos múltiples es crucial:** Los métodos y herramientas de análisis de incertidumbre, como el análisis de sensibilidad probabilístico, pueden ayudar a determinar el impacto de las incertidumbres en el análisis de riesgos. Desde una perspectiva científico-técnica, el conocimiento de las dependencias y correlaciones entre variables es una información importante para caracterizar las incertidumbres. De este modo, pueden establecerse prioridades para recopilar datos específicos y mejorar los modelos. También es importante comprender las limitaciones del análisis de riesgos múltiples, ya que no todo puede representarse en los modelos.



**Afrontar de forma competente las incertidumbres, especialmente en los riesgos múltiples:** Tener una buena comprensión de las incertidumbres y sus causas es un requisito previo para realizar una evaluación de riesgos múltiples realista, obtener resultados fiables y que las decisiones resultantes sean adecuadas. La experiencia demuestra que los distintos grupos de usuarios (planificadores, responsables de la toma de decisiones o el público en general) tienen una comprensión y una conciencia diferentes de la incertidumbre. Por lo tanto, es importante facilitar toda la información relevante y al mismo tiempo mantener la sencillez y utilizar un lenguaje apropiado. En este sentido, se debe promover una mayor concienciación sobre el tema de la incertidumbre a todos los niveles desde proveedores hasta usuarios de la información. El desarrollo de estrategias para comunicar la incertidumbre debería ser el resultado de un diálogo y un intercambio específico entre proveedores y usuarios.

**Mirar más allá de los escenarios de referencia definidos:** Los escenarios de referencia desempeñan un papel importante en la prevención y preparación ante el riesgo de desastres. Sin embargo, un enfoque basado en escenarios puede representar diferentes manifestaciones de una situación compleja de riesgos múltiples y debería considerarse de forma complementaria. De este modo, es posible analizar una gama más amplia de posibles impactos e incorporarlos en las planificaciones respectivas.

# RECOMENDACIONES

## Participación, cooperación y capacidades

**Participación de los usuarios en el proceso de desarrollo técnico:** En todos los proyectos aplicados, la colaboración estrecha e iterativa entre investigadores, desarrolladores y usuarios debe ser una parte integrante de toda la fase de desarrollo. Si desde el principio se tienen en cuenta las necesidades de los usuarios finales, los desarrollos se centran con mayor precisión hacia la aplicabilidad práctica y contribuyen a resolver los problemas actuales. Para esto, se debe garantizar que la información responda a las necesidades de los usuarios y sea comprensible sin conocimientos especializados. Cabe señalar que los usuarios están especialmente interesados en los resultados que muestran el impacto potencial de las situaciones de riesgos múltiples. Para facilitar el desarrollo conjunto, deben garantizarse las condiciones organizativas y financieras que permitan un planteamiento sistemático, flexible y orientado a los procesos, de manera continua.

**Fortalecer la cooperación y articulación interinstitucional:** Una buena cooperación entre las autoridades de todos los niveles del Estado y la articulación con la academia y las organizaciones de la sociedad civil (por ejemplo, los colegios profesionales) son esenciales para que el análisis de riesgos múltiples sea significativo y que la prevención y preparación ante el riesgo de desastres sean eficaces. Para ello, deben establecerse alianzas estratégicas e incentivos para crear y mantener la confianza entre los actores que perduren más allá de un cambio político.

**Desarrollo de capacidades en las autoridades responsables de la gestión del riesgo de desastres:** El conocimiento de los procesos naturales subyacentes, la modelización y la correcta interpretación de los resultados deben reforzarse en las organizaciones gubernamentales. Esto debe ir acompañado de un fortalecimiento institucional - tanto presupuestario como de capital humano - de las organizaciones a nivel local, regional y nacional. Sólo así podrán cumplir de forma competente las tareas que ya tienen asignadas y las nuevas que se avecinan. Esto incluye la competencia informática necesaria para implementar, adaptar y mantener los sistemas de las aplicaciones digitales, de modo que puedan ser operadas con una mirada y planificación a largo plazo.

**Reforzar las competencias de los usuarios para interpretar la información sobre riesgos y los productos cartográficos:** Los asesores y servicios de asesoría que acompañan los procesos locales de GRD o que son activos en la comunicación de riesgos, deberían estar capacitados para apoyar a los usuarios, proporcionándoles información base y formación. Del mismo modo, las instituciones públicas que desarrollan este tipo de capacidades deberían contar con la orientación de instituciones de investigación y estar acompañadas de medidas de desarrollo de capacidades, por ejemplo, en el marco de la cooperación técnica. Lo ideal es que este proceso vaya acompañado de una capacitación, que puede incluir aspectos específicos de la comunicación con el público en general.

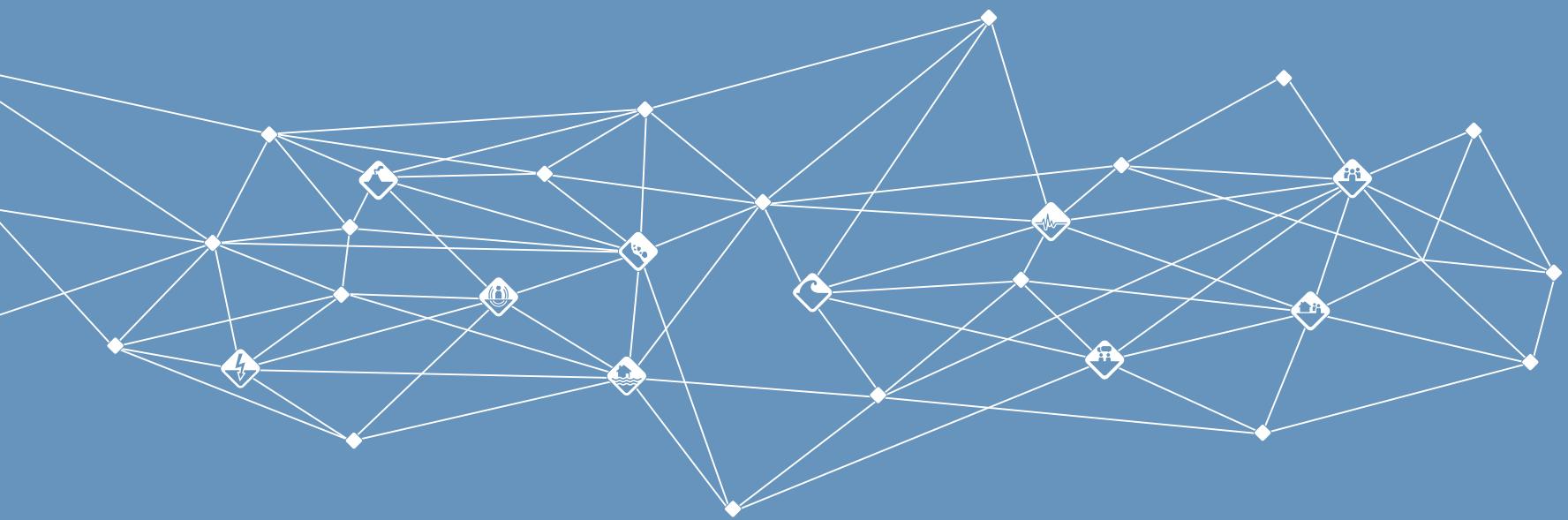


**Optimización de la cooperación internacional en materia de investigación:** Para comprender mejor los impactos de los fenómenos naturales complejos en la sociedad y poder enfrentarlos mejor en el futuro, es necesaria la cooperación entre investigadores de diferentes disciplinas. Los proyectos de investigación pueden desempeñar un papel importante a la hora de fomentar la cooperación internacional y ofrecer soluciones en el contexto local. Un requisito importante para el éxito de una cooperación internacional es un análisis previo del problema y de las condiciones marco, a partir de las cuales se diseña el proyecto conjuntamente. La implementación de las soluciones desarrolladas en los respectivos países socios requiere relaciones de cooperación a largo plazo, más allá de la duración habitual de los proyectos, que es de tres años. Para lograrlo, es necesario tener en cuenta el concepto de sostenibilidad desde el principio del diseño del proyecto y crear las capacidades correspondientes en la aplicación de las soluciones desarrolladas. El establecimiento de modelos de financiamiento adecuados por parte de los organismos financieros debería garantizar el apoyo económico a los actores de los países socios. Además, la creación de institutos o centros de competencias virtuales ofrecen la posibilidad de que grupos de investigación unan esfuerzos para lograr objetivos estratégicos, por ejemplo, en la investigación de riesgos múltiples relacionada con los peligros naturales. En este contexto, el contenido de la investigación también debería materializarse en cursos de formación conjuntos. De este modo, se posibilita y afianza una cooperación duradera más allá de la duración del proyecto.

“ Una buena cooperación entre las autoridades de todos los niveles del Estado y la articulación con la academia y las organizaciones de la sociedad civil son esenciales para que el análisis de riesgos múltiples sea significativo y que la prevención y preparación ante el riesgo de desastres sean eficaces. ”



[www.riesgos.de](http://www riesgos de)



# MULTI-RISIKO-ANALYSE: WAS WÜRDE PASSIEREN, WENN...?

Globale Herausforderungen, wissenschaftlich-technische Möglichkeiten und lokale Realitäten



# EDITOR:INNEN

Elisabeth Schoepfer *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
Leila Juzam *Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN)*  
Jörn Lauterjung *Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)*  
Christian D. León *DIALOGIK gemeinnützige GmbH*  
Torsten Riedlinger *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*  
Harald Spahn *Freiberuflicher Berater*  
Alfredo Zambrano *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED)*

# MITWIRKENDE

Der Inhalt dieses Berichts wurde im Rahmen des RIESGOS-Projekts vorbereitet und in Workshops (Santiago de Chile, 15. November 2023; Lima, 21. November 2023) diskutiert und weiterentwickelt.

## Deutschland

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ); Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI); Technische Universität München (TUM); 52°North GmbH; geomer GmbH; SLU; DIALOGIK gemeinnützige GmbH; EOMAP GmbH & Co.KG; plan + risk consult – Prof. Dr. Greiving & Partner

## Chile

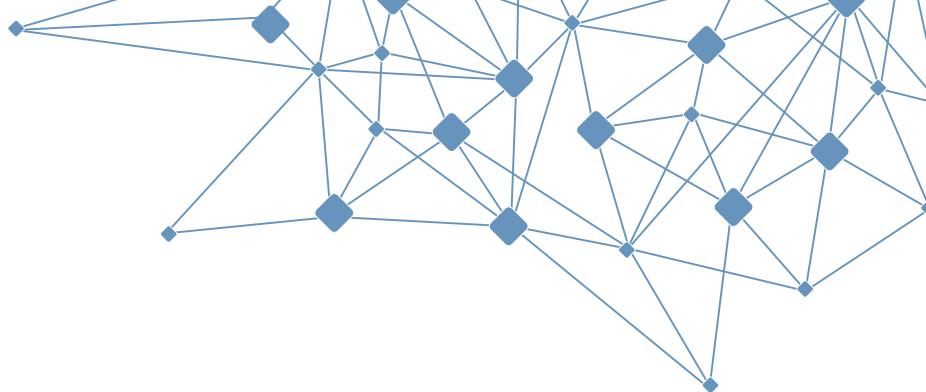
Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN); Instituto para la Resiliencia ante Desastres (Itrend); Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología; Ministerio de Desarrollo Social y Familia; Ministerio de Vivienda y Urbanismo; Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)

## Peru

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED); Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES); Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID); Consultores en Ingeniería de Riesgos Naturales (CIRNA); Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ); Dirección de Hidrografía y Navegación de la MGP; Gobierno Regional Callao; Ministerio de Defensa; Instituto Nacional de Defensa Civil (INDEC); Municipalidad Provincial del Callao; Presidencia del Consejo de Ministros (PCM); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Universidad de Lima

## Ecuador

Secretaría de Gestión de Riesgos



# DANKSAGUNG

Wir danken allen, die während der Laufzeit des RIESGOS-Projekts (11/2017 - 02/2024) an den zahlreichen Veranstaltungen teilgenommen, diese aktiv mitgestaltet und damit wesentlich zu den Lernerfahrungen beigetragen haben, die sich in diesem Bericht widerspiegeln.

**Datum der Veröffentlichung:** Februar 2024

**Zitervorschlag:** Schoepfer, E., Juzam, L., Lauterjung, J., León, C. D., Riedlinger, T., Spahn, H., and Zambrano, A. (eds.): Policy brief - Multi-risk analysis: What would happen if...? <https://doi.org/10.15489/cwgicmtca61>, 2024.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Ein Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung  
**CLIENT II**  
Internationale Partnerschaften  
für nachhaltige Innovationen



**FONA**  
Forschung für Nachhaltigkeit

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte die Projekte RIESGOS (03G0876A-J) und RIESGOS 2.0 (03G0905A-H) von 11/2017 bis 02/2024 im Rahmen der Strategie "Forschung für Nachhaltigkeit" (FONA) unter der Fördermaßnahme "CLIENT II - Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen".

**Hafungsausschluss:** Die in dieser Veröffentlichung zum Ausdruck gebrachten Meinungen liegen in der alleinigen Verantwortung der Autor:innen und spiegeln nicht notwendigerweise die Ansichten der Förderorganisation wider.

# MULTI-RISIKO-ANALYSE: WAS WÜRDE PASSIEREN, WENN...?

Globale Herausforderungen, wissenschaftlich-technische Möglichkeiten und lokale Realitäten

Dieser Policy Brief basiert auf den Erkenntnissen, die in sechsjähriger Forschungsarbeit in enger Kooperation zwischen deutschen und südamerikanischen Partnern im Rahmen des RIESGOS-Projekts zur Multi-Risiko-Analyse gewonnen wurden. Er dokumentiert eine Reihe von daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen, die Leitlinien für die Behandlung relevanter Aspekte der Multi-Risiko-Analyse und die Schaffung geeigneter Voraussetzungen für einen angemessenen Umgang mit diesem komplexen Thema bieten. In Zukunft wird dies zweifellos eine immer wichtigere Rolle spielen.

## HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSATZ

### Die Notwendigkeit, komplexe Risiken besser zu verstehen

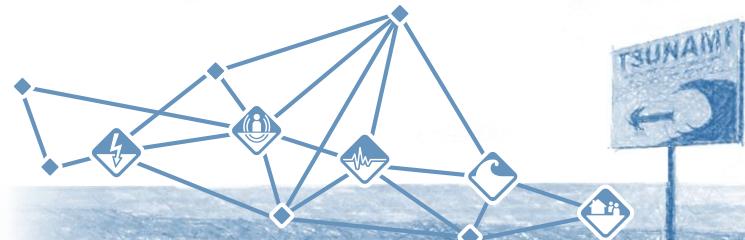
Wir leben in einer sich schnell verändernden und stark globalisierten Welt. Die zunehmende Vernetzung unserer wirtschaftlichen, sozialen und technischen Systeme, die wachsende Urbanisierung und die Folgen des Klimawandels führen, verstärkt durch eine zunehmende Verwundbarkeit, zu komplexeren Risikobedingungen, auf die wir nicht ausreichend gut vorbereitet sind. Eine wichtige Grundlage für die Entscheidungsfindung ist eine umfassende Risikoanalyse, die auch kaskadierende Effekte berücksichtigt, d.h. aufeinander folgende und/oder sich gegenseitig beeinflussende Prozesse. In dieser Hinsicht wird sich nicht nur das Katastrophenrisikomanagement (KRM), sondern auch die staatlichen, zivilgesellschaftlichen und privatwirtschaftlichen Planungsprozesse mit der zunehmenden Komplexität von Risiken auseinandersetzen müssen.

### Eine Forschungsinitiative zur Multi-Risiko-Analyse

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte das Forschungsprojekt RIESGOS (spanisch: Risiken) zwischen November 2017 und Februar 2024 im Rahmen der Fördermaßnahme CLIENT II. In diesem Projekt arbeiteten Expertinnen und Experten verschiedener Disziplinen aus Deutschland mit Institutionen aus Wissenschaft und Zivilgesellschaft sowie Behörden in den Partnerländern Chile, Ecuador und Peru zusammen, um die Informationsbasis für eine proaktive Vorbereitung auf komplexe Katastropheneignisse zu verbessern. Unter Beteiligung von Nutzerinnen und Nutzern wurde ein Demonstrator für ein Multi-Risiko-Informationsystem entwickelt. So wurde beispielsweise eine Erdbeben-Tsunami-Situation verwendet, um die Wechselwirkungen verschiedener Naturgefahren und kaskadierende Effekte einschließlich ihrer kumulativen Auswirkungen zu simulieren und darzustellen.

### Ein innovativer Ansatz

Das Forschungsteam entwickelte einen innovativen Ansatz, der auf der Analyse von Risikoszenarien basiert und es ermöglicht, komplexe Situationen mit multiplen Risiken darzustellen. Anstelle eines zentralisierten Ansatzes wurde ein Konzept entwickelt, das auf einer dezentralen Hard- und Softwarearchitektur basiert. Kernstück sind Webdienste, die über standardisierte Schnittstellen integriert werden. Das Konzept ist flexibel und kann sowohl an unterschiedliche Risikosituationen als auch an verschiedene räumliche Ebenen (lokal, regional, national) angepasst werden. Eine Benutzeroberfläche ermöglicht die Visualisierung und Analyse verschiedener Szenarien einer Multi-Risiko-Kette. Potenzielle Nutzerinnen und Nutzer, die im KRM und in der Planung arbeiten, testeten den Demonstrator mit Blick auf verschiedenen Anwendungsfelder und gaben Feedback zu ihren Erfahrungen und Anforderungen. Die Systemkomponenten sind auf einer Open-Source-Plattform im Internet veröffentlicht, sodass die Voraussetzungen für eine Weiterentwicklung zu einem operationellen System gegeben sind.



# LERNERFAHRUNGEN

Die wichtigsten Lernerfahrungen aus dem Projekt sind im Folgenden zusammengefasst:

## Komplexität und Unsicherheit im Kontext der Multi-Risiko-Analyse

Eine Multi-Risiko-Analyse kann nur einen Ausschnitt einer komplexen Realität darstellen. Die Wechselwirkungen zwischen menschlichen Eingriffen und Rückkopplungen mit dem natürlichen System werden immer vielfältiger und ihre Analyse erfordert den Einsatz komplexer Modelle. Modelle sind jedoch immer unvollständig, da sie eine Vereinfachung komplexer Situationen (sowohl der Naturgefahr als auch der Auswirkungen) darstellen. Die Darstellung dessen, was in einer realen Katastrophensituation tatsächlich ablaufen würde, kann daher im Rahmen der Modellierung nur begrenzt und nicht in allen Einzelheiten analysiert werden. Um ein möglichst aussagekräftiges Bild einer komplexen Multi-Risiko-Situation zu erhalten, ist die Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten verschiedener Disziplinen und die Einbeziehung von lokalem Wissen notwendig.

## Technologische Entwicklung

Die Expositionsmodellierung zur Bewertung von Multi-Risiko-Situationen und kaskadierenden Gefährdungen stellt eine Herausforderung dar. Es hat sich gezeigt, dass die bestehenden Taxonomien von Gebäuden und Infrastrukturen für verschiedene Naturgefahren nur selten kompatibel sind, was eine Verknüpfung für die Bewertung kaskadierender Gefährdungen erschwert. Insbesondere sind die verfügbaren Daten zum Gebäudebestand teilweise sehr veraltet und spiegeln die aktuelle Situation nicht adäquat wider. Dies führt zu Unsicherheiten bei der Risikobewertung.

Die Berücksichtigung von Unsicherheiten ist von grundlegender Bedeutung für die Multi-Risiko-Bewertung. Die Simulation möglicher zukünftiger Entwicklungen mit Hilfe mathematischer Modelle und die Koppelung verschiedener Modelle erfordert gleichzeitig, mit verschiedenen Formen von Unsicherheit umzugehen. Die Quantifizierung der Gesamtunsicherheit bei der Modellierung von Multi-Risiko-Situationen ist eine Herausforderung, da das Spektrum und die Quellen der Unsicherheit äußerst vielfältig und komplex sind. Darüber hinaus hängen die Wahl der Modelle und die Genaugkeit der Ergebnisse vom Zweck der Analyse ab (z.B. Entwicklung von Evakuierungsplänen oder Schadensbewertung). Wenn Unsicherheiten nicht explizit angesprochen, nicht berücksichtigt oder nicht visualisiert werden, kann dies entsprechende Auswirkungen auf die spätere Interpretation der Ergebnisse haben.

Der Einsatz von verteilten und standardisierten Webdiensten zur Multi-Gefahren- und Multi-Risiko-Analyse hat Potenzial. Ein innovativer Ansatz liegt in der Kombination von Webdiensten für die Charakterisierung von Naturgefahren, Exposition und Risiko. Die Nutzung von Webdiensten erleichtert den Informationsaustausch zwischen den am KRM beteiligten Institutionen, da Daten nicht zentral gespeichert werden müssen. Die Entwicklung oder modulare Erweiterung bzw. Anpassung einer dezentralen Architektur ist jedoch trotz der Verwendung von internationalen Standards und Schnittstellen eine technisch und fachlich anspruchsvolle Aufgabe.

## Transfer in die Praxis

Es besteht ein großer Bedarf an Werkzeugen zur Multi-Risiko-Analyse, die in der Praxis eingesetzt werden können. Die Nutzerinnen und Nutzer in den Partnerländern erkannten von Anfang an die Bedeutung und das Potenzial des Konzepts und äußerten den Bedarf, das Analyse- und Visualisierungswerkzeug weiterentwickeln und zukünftig in der Praxis einzusetzen.

Die notwendigen Anpassungen des Demonstrators zu einem operationellen System erfordern ausreichende personelle und finanzielle Ressourcen. Die technischen Voraussetzungen sind durch die offene und modulare Architektur des Demonstrators gegeben, erfordern jedoch ein stärkeres Engagement der potenziellen Betreibenden, um eigene Dienste, Datenbanken und neue Szenarien zu integrieren und zu homogenisieren. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Forschenden, IT-Fachkundigen und potenziellen Anwendenden wichtig.

Die Interpretation von Multi-Risiko-Informationen muss erlernt und professionell begleitet werden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass für die korrekte Interpretation von Multi-Risiko-Informationen Fachwissen über die zugrundeliegenden natürlichen Prozesse und die Modellierung erforderlich ist. Aus diesem Grund richtet sich der entwickelte Demonstrator in erster Linie an Forschende und Fachleute. Die Visualisierung kaskadierender Prozesse und ihrer Auswirkungen hat jedoch Potenzial, in der Risikokommunikation, für Entscheidungsträger und auch für die Öffentlichkeit eingesetzt zu werden.



# EMPFEHLUNGEN

Die folgenden Empfehlungen basieren auf den Erkenntnissen aus Forschung, Entwicklung und praktischer Anwendung:

## Die Welt der Daten

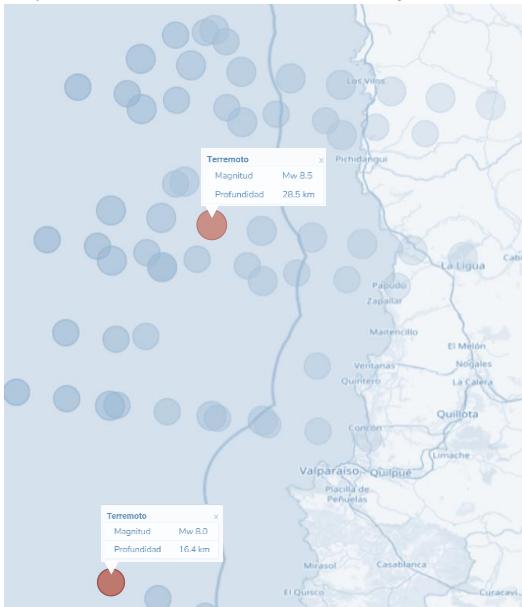
**Aktualisierung und Harmonisierung von Daten für die Multi-Risiko-Analyse:** Die Verfügbarkeit aktueller und möglichst vollständiger Daten ist entscheidend für eine effektive Risikoanalyse. Um Unsicherheiten zu reduzieren, wird empfohlen, in Zukunft moderne Technologien zur regelmäßigen Datenerhebung zu nutzen, wie z.B. Satellitendaten und deren Auswertung mit Deep-Learning-Methoden sowie flächen-deckende bodengestützte Systeme. Dies setzt voraus, dass den Universitäten und wissenschaftlichen Institutionen die notwendigen Ressourcen zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus werden Standards und Normen für die kaskadenartige Analyse mehrerer Gefahren benötigt, um die Datengüte (Zuverlässigkeit und Integrität) und die Interoperabilität zu gewährleisten. Insbesondere wird die Verwendung einheitlicher Taxonomien für Gebäude und Infrastrukturen empfohlen.

“ Ein szenariobasierter Ansatz kann verschiedene Ausprägungen einer komplexen Multi-Risiko-Situation darstellen und sollte ergänzend in Betracht gezogen werden. ”

**Datenaustausch, Software und Webdienste:** In der Multi-Risiko-Analyse ist der Zugang zu Daten aus verschiedenen Sektoren und Regierungsebenen besonders wichtig. Die Nutzung von Webdiensten ist eine vielversprechende Option für den Informationsaustausch zwischen Institutionen. Sie erfordert interinstitutionelle Vereinbarungen sowie verbindliche Standards und Mandate, die den Zugang zu institutionellen Daten über Webdienste fördern und regeln. Wo immer möglich, ist eine offene Datenpolitik (FAIR-Prinzipien) wichtig. Die Institutionen müssen auch über angemessene Kompetenzen und Ressourcen verfügen, um ihre Daten und Dienste bereitzustellen und aktuell zu halten. Sowohl Daten als auch Webdienste müssen nachvollziehbar und dokumentiert sein.

## Die Unsicherheiten

**Das Verständnis über Unsicherheiten und Grenzen der Multi-Risiko-Analyse ist von entscheidender Bedeutung:** Methoden und Werkzeuge der Unsicherheitsanalyse, wie z.B. die probabilistische Sensitivitätsanalyse, können helfen, die Auswirkungen von Unsicherheiten in der Risikoanalyse zu bestimmen. Aus wissenschaftlich-technischer Sicht ist die Kenntnis von Abhängigkeiten und Korrelationen zwischen Variablen eine wichtige Grundlage für die Charakterisierung von Unsicherheiten. Auf diese Weise können Prioritäten gesetzt werden, um bestimmte Daten zu sammeln und Modelle zu verbessern. Ebenso ist es wichtig, die Grenzen der Multi-Risiko-Analyse zu verstehen, da nicht alles in den Modellen dargestellt werden kann.



**Kompetenter Umgang mit Unsicherheiten, insbesondere bei Multi-Risiken:** Ein gutes Verständnis der Unsicherheiten und ihrer Ursachen ist die Voraussetzung für eine realistische Multi-Risiko-Bewertung, zuverlässige Ergebnisse und angemessene Entscheidungen. Daher ist es wichtig, alle relevanten Informationen bereitzustellen, diese gleichzeitig einfach zu halten und eine angemessene Sprache zu verwenden. Der Grad des Verständnisses und des Bewusstseins für Unsicherheit hängt davon ab, wer diese nutzt (Planer, Entscheidungsträger oder Bevölkerung). In diesem Sinne sollte auf allen Ebenen, vom Anbieter bis zum Nutzenden von Informationen, ein stärkeres Bewusstsein für das Thema Unsicherheit gefördert werden. Die Entwicklung von Strategien zur Kommunikation von Unsicherheit sollte das Ergebnis eines zielgerichteten Dialogs und Austauschs zwischen Anbietenden und Nutzenden sein.

**Blick über die definierten Referenzszenarien hinaus:** Referenzszenarien spielen eine wichtige Rolle bei der Katastrophenvorsorge und -vorbereitung. Ein szenario-basierter Ansatz kann verschiedene Ausprägungen einer komplexen Multi-Risiko-Situation darstellen und sollte ergänzend in Betracht gezogen werden. Auf diese Weise kann ein breiteres Spektrum möglicher Auswirkungen analysiert und in die jeweilige Planung einbezogen werden.

# EMPFEHLUNGEN

## Beteiligung, Kooperation und Kapazitäten

**Einbindung der Nutzerinnen und Nutzer in den technischen Entwicklungsprozess:** In allen anwendungsorientierten Projekten sollte eine enge und iterative Zusammenarbeit zwischen Forschenden, Entwickelnden und Nutzenden integraler Bestandteil während der gesamten Entwicklungsphase sein. Wenn die Bedürfnisse der Endnutzenden von Anfang an berücksichtigt werden, sind die Entwicklungen besser auf die praktische Anwendbarkeit ausgerichtet und tragen zur Lösung aktueller Probleme bei. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Informationen den Bedürfnissen der Nutzerinnen und Nutzer entsprechen und auch ohne Spezialwissen verständlich sind. Es ist zu beachten, dass die Nutzerinnen und Nutzer besonders an Ergebnissen interessiert sind, die die möglichen Auswirkungen von Situationen mit mehreren kaskadierenden Gefahren aufzeigen. Um die gemeinsame Entwicklung zu erleichtern, müssen organisatorische und finanzielle Rahmenbedingungen geschaffen werden, die ein systematisches, flexibles und prozessorientiertes Vorgehen auf kontinuierlicher Basis ermöglichen.

**Stärkung der interinstitutionellen Kooperation und Vernetzung:** Eine gute Zusammenarbeit zwischen den Behörden auf allen Ebenen des Staates und die Vernetzung mit der Wissenschaft und zivilgesellschaftlichen Organisationen (z.B. Berufsverbänden) sind für eine aussagekräftige Multi-Risiko-Analyse und eine wirksame Katastrophenvorsorge und -vorbereitung unerlässlich. Zu diesem Zweck müssen strategische Partnerschaften und Anreize für den Aufbau und die Aufrechterhaltung von Vertrauen zwischen den Akteuren geschaffen werden, die über einen politischen Wechsel hinaus Bestand haben.

**Aufbau von Kapazitäten bei den für Katastrophenrisikomanagement zuständigen Behörden:** Das Wissen über die zugrundeliegenden natürlichen Prozesse, die Modellierung und die richtige Interpretation der Ergebnisse sollte in den staatlichen Organisationen gestärkt werden. Dies muss mit einer institutionellen Stärkung der Organisationen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene einhergehen - sowohl finanziell als auch personell. Nur dann wird man in der Lage sein, die bereits übertragenen und sich abzeichnenden neuen Aufgaben kompetent zu erfüllen. Dazu gehört auch die nötige IT-Kompetenz, um digitale Anwendungssysteme zu implementieren, anzupassen und zu pflegen, damit sie mit langfristiger Perspektive und Planung betrieben werden können.

**Stärkung der Kompetenzen der Nutzerinnen und Nutzer zur Interpretation von Risikoinformationen und Kartenprodukten:** Berater und Beratungsstellen, die lokale KRM-Prozesse begleiten oder in der Risikokommunikation tätig sind, sollten durch die Bereitstellung von Hintergrundinformationen und durch Schulungen unterstützt werden, um die Nutzerinnen und Nutzer zu beraten. Ebenso sollten öffentliche Einrichtungen, die solche Kapazitäten entwickeln, von Forschungseinrichtungen angeleitet und durch Maßnahmen zum Kapazitätsaufbau, z.B. im Rahmen der technischen Zusammenarbeit, begleitet werden. Idealerweise sollte dieser Prozess von Schulungen begleitet werden, die auch spezifische Aspekte der Kommunikation mit der Öffentlichkeit umfassen können.



**Optimierung der internationalen Forschungszusammenarbeit:** Um die Auswirkungen komplexer Naturphänomene auf die Gesellschaft besser zu verstehen und sie in Zukunft besser bewältigen zu können, ist die Zusammenarbeit zwischen Forschenden verschiedener Disziplinen notwendig. Forschungsprojekte können eine wichtige Rolle bei der Förderung der internationalen Zusammenarbeit und der Bereitstellung von Lösungen im lokalen Kontext spielen. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche internationale Zusammenarbeit ist eine vorherige Analyse des Problems und der Rahmenbedingungen, auf deren Grundlage das Projekt gemeinsam konzipiert wird. Die Umsetzung der entwickelten Lösungen in den jeweiligen Partnerländern erfordert langfristige Partnerschaften über die übliche Projektdauer von drei Jahren hinaus. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, das Konzept der Nachhaltigkeit von Anfang an bei der Projektgestaltung zu berücksichtigen und entsprechende Kapazitäten für die Umsetzung der entwickelten Lösungen aufzubauen. Durch geeignete Finanzierungsmodelle seitens der Förderorganisationen sollte die finanzielle Unterstützung der Beteiligten in den Partnerländern sichergestellt werden. Darüber hinaus bietet die Einrichtung von virtuellen Instituten oder Kompetenzzentren die Möglichkeit, dass Forschungsgruppen ihre Kräfte bündeln, um strategische Ziele, beispielsweise in der naturgefahrens-bezogenen Multi-Risiko-Forschung, zu erreichen. In diesem Zusammenhang sollten sich die Forschungsinhalte auch in gemeinsamen Ausbildungskursen niederschlagen. Auf diese Weise kann eine dauerhafte Zusammenarbeit über die Projektlaufzeit hinaus ermöglicht und verankert werden.

“

*Eine gute Zusammenarbeit zwischen den Behörden auf allen Ebenen des Staates und die Vernetzung mit der Wissenschaft und zivilgesellschaftlichen Organisationen sind für eine aussagekräftige Multi-Risiko-Analyse und eine wirksame Katastrophenvorsorge und -vorbereitung unerlässlich.*

”



[www.riesgos.de](http://www riesgos de)