



# SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES



UNIVERSIDAD DE  
**LASALLE**

Juan Pablo Londoño Linares. I.C., M.Sc., Ph.D.  
Alejandro Franco Rojas. I.C., M.Sc.

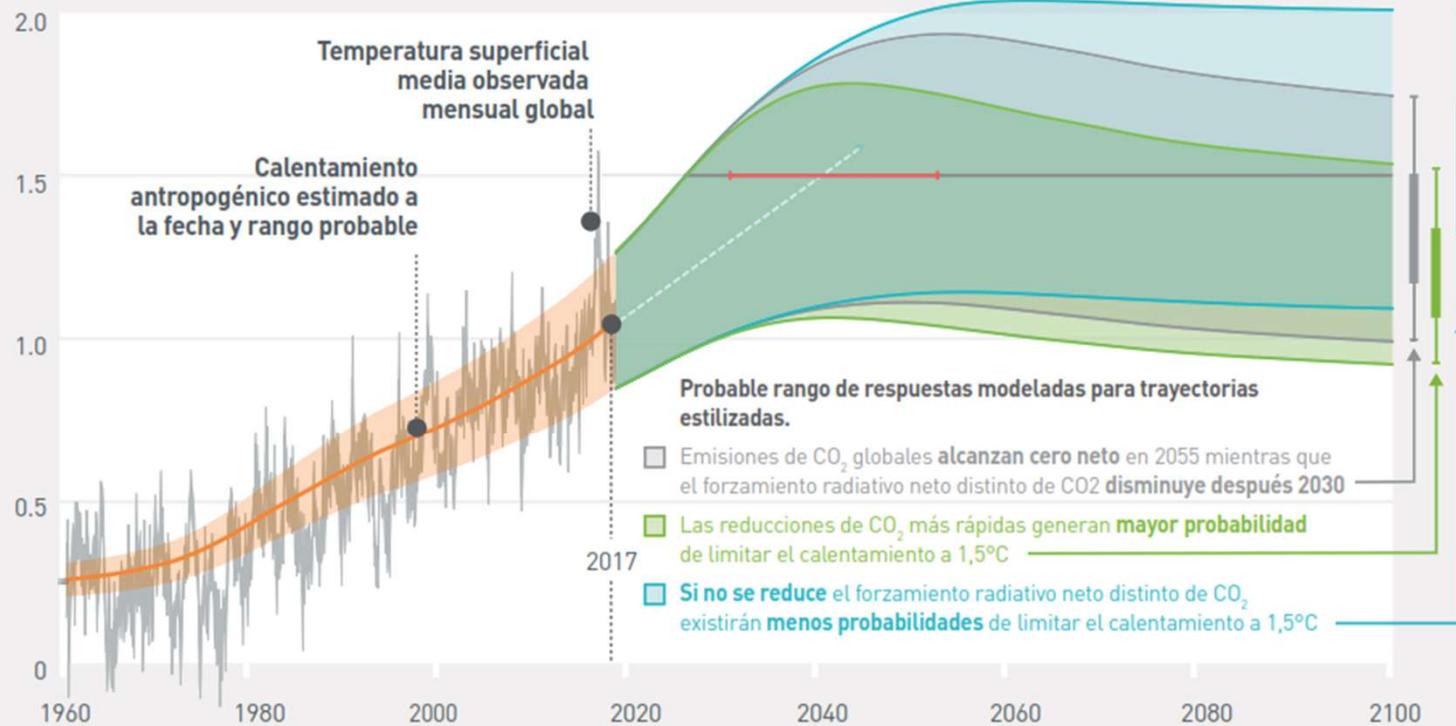
**Extremos climáticos:** El efecto de cambio climático genera un cambio en la frecuencia e intensidad de eventos extremos. En 2019, eventos extremos relacionados con el clima (tormentas, olas de calor, sequías, inundaciones, incendios forestales) afectaron más de 100 millones de personas

**Desastres:** Los desastres se han incrementado en los últimos 20 años. En el período 2000-2019, se presentaron 7348 eventos mayores comparado con 4212 entre 1980 y 1999.

**Pérdida de biodiversidad:** Los ecosistemas naturales han disminuido en promedio un 47% y el 25% de especies están actualmente en peligro de extinción

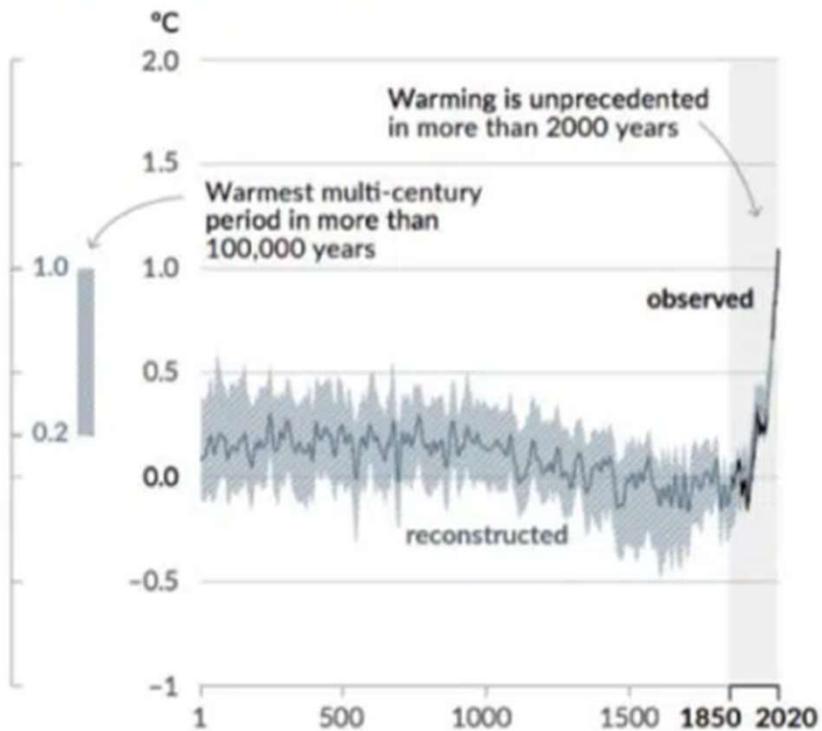
Figura 2: Se estima que la actividad humana ya ha provocado cerca de 1°C de calentamiento global por encima de los niveles preindustriales. Es probable que el calentamiento global alcance 1,5°C entre 2030 y 2052, si las temperaturas continúan aumentando el ritmo actual (nivel de confianza alto).<sup>9</sup>

### Calentamiento global en 1850-1900 (°C).

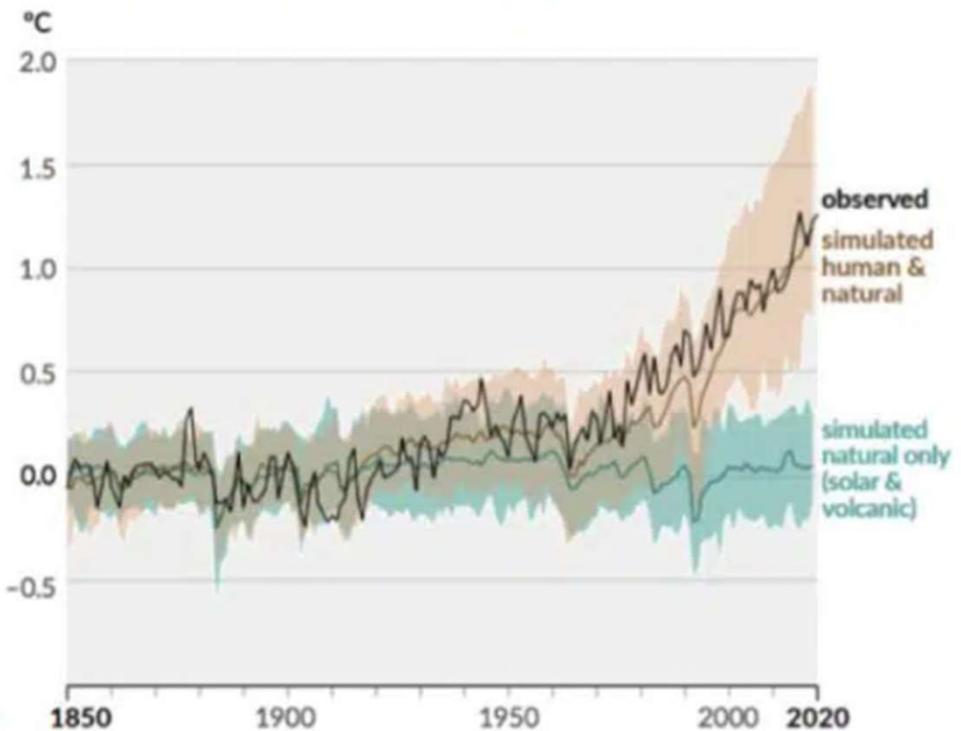


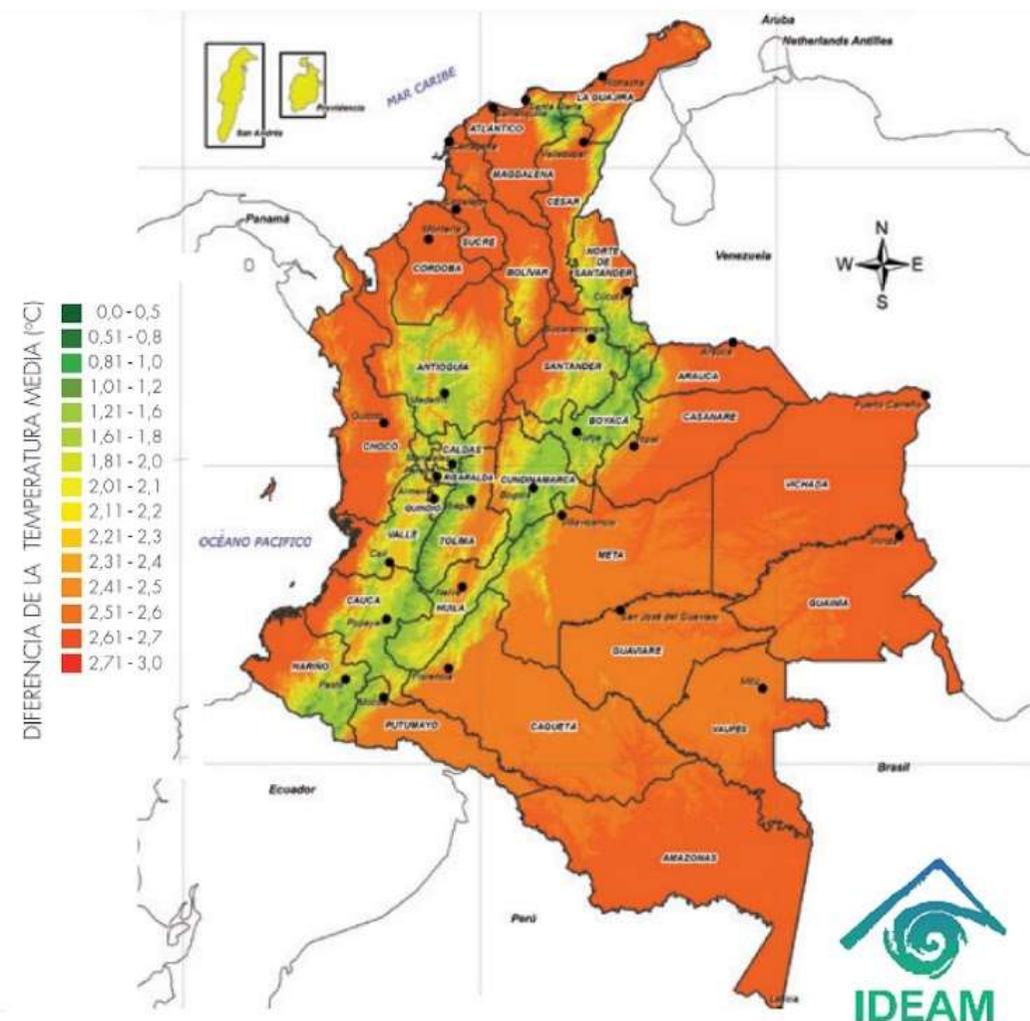
## Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1–2000) and observed (1850–2020)

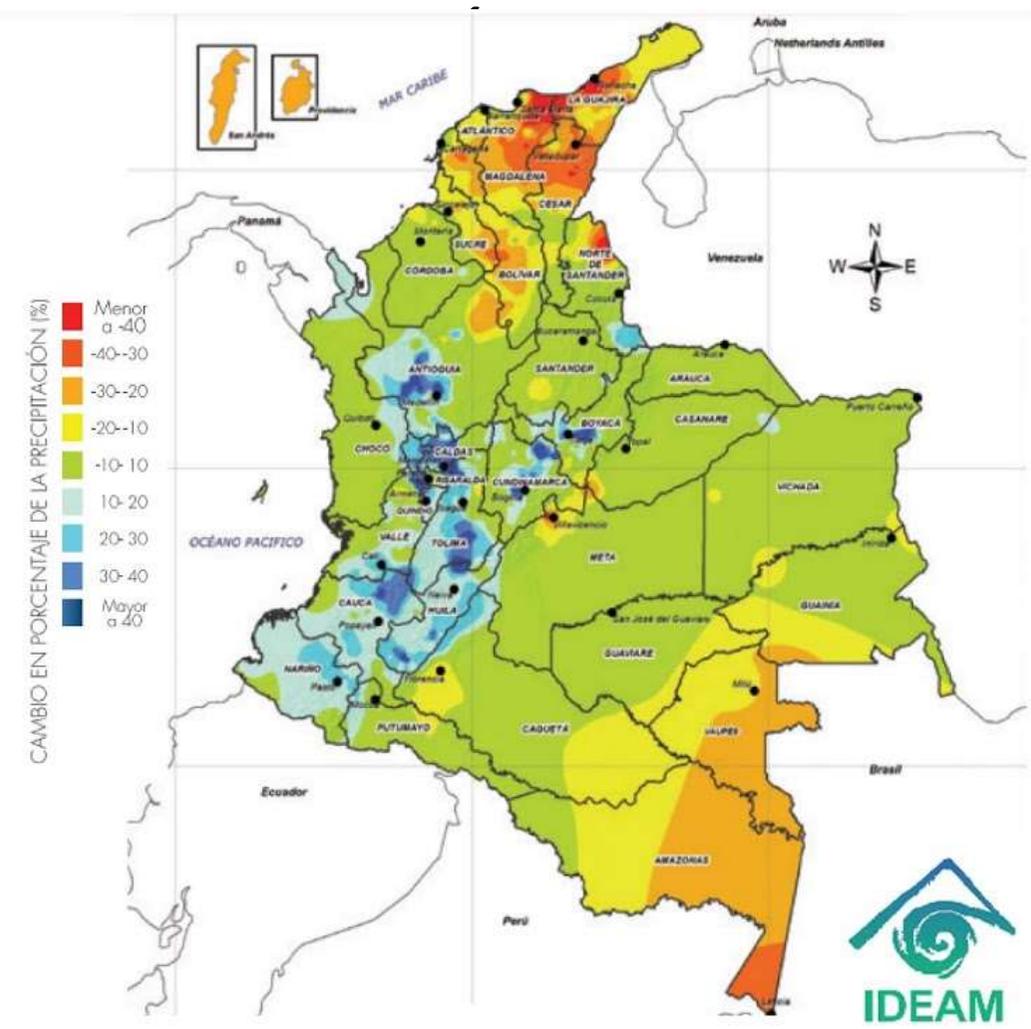


(b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850–2020)





*Diferencia de la Temperatura media anual Periodo 2071-2100 con respecto al periodo de referencia 1976-2005*

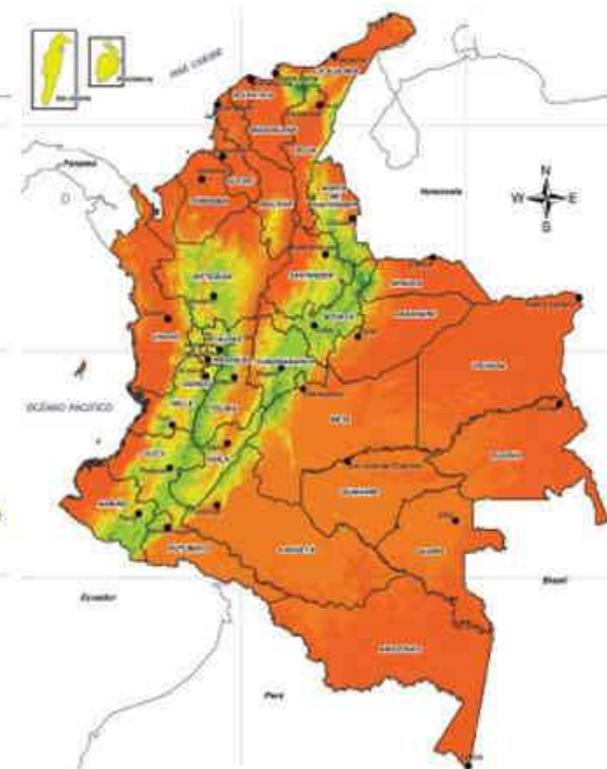
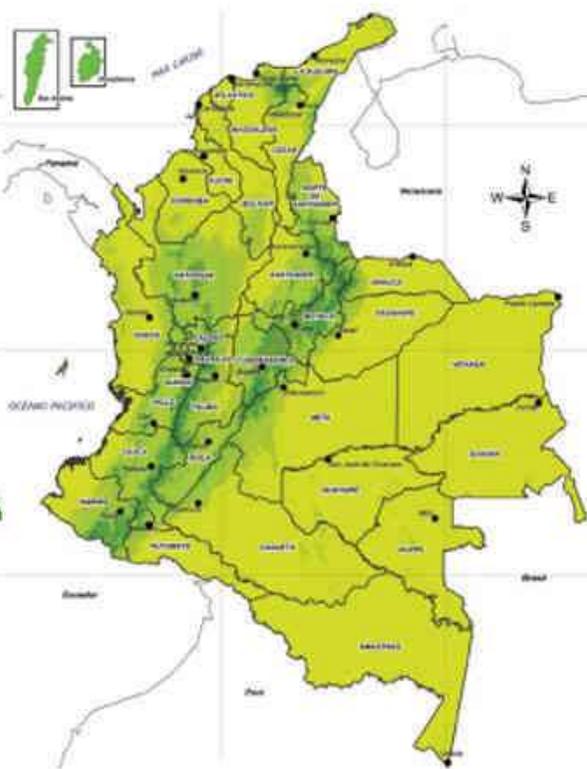
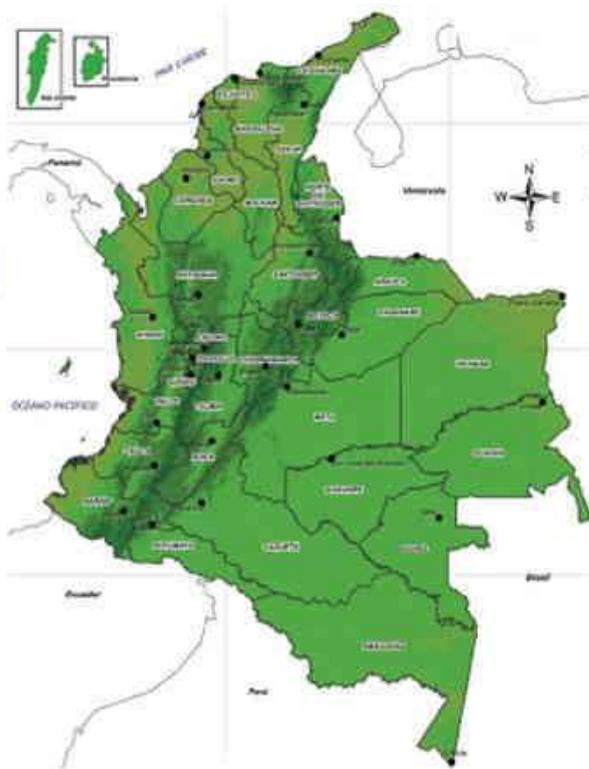


*Diferencia de la Precipitación media anual Periodo 2071-2100 con respecto al periodo de referencia 1976-2005*

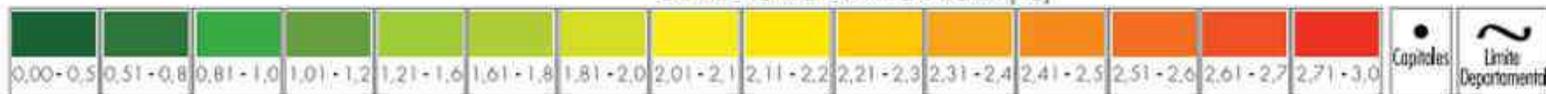
DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA [°C]  
PERIODO 2011- 2040 CON RESPECTO A  
1976 - 2005

DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA [°C]  
PERIODO 2041- 2070 CON RESPECTO A  
1976 - 2005

DIFERENCIA DE LA TEMPERATURA MEDIA [°C]  
PERIODO 2071- 2100 CON RESPECTO A  
1976 - 2005



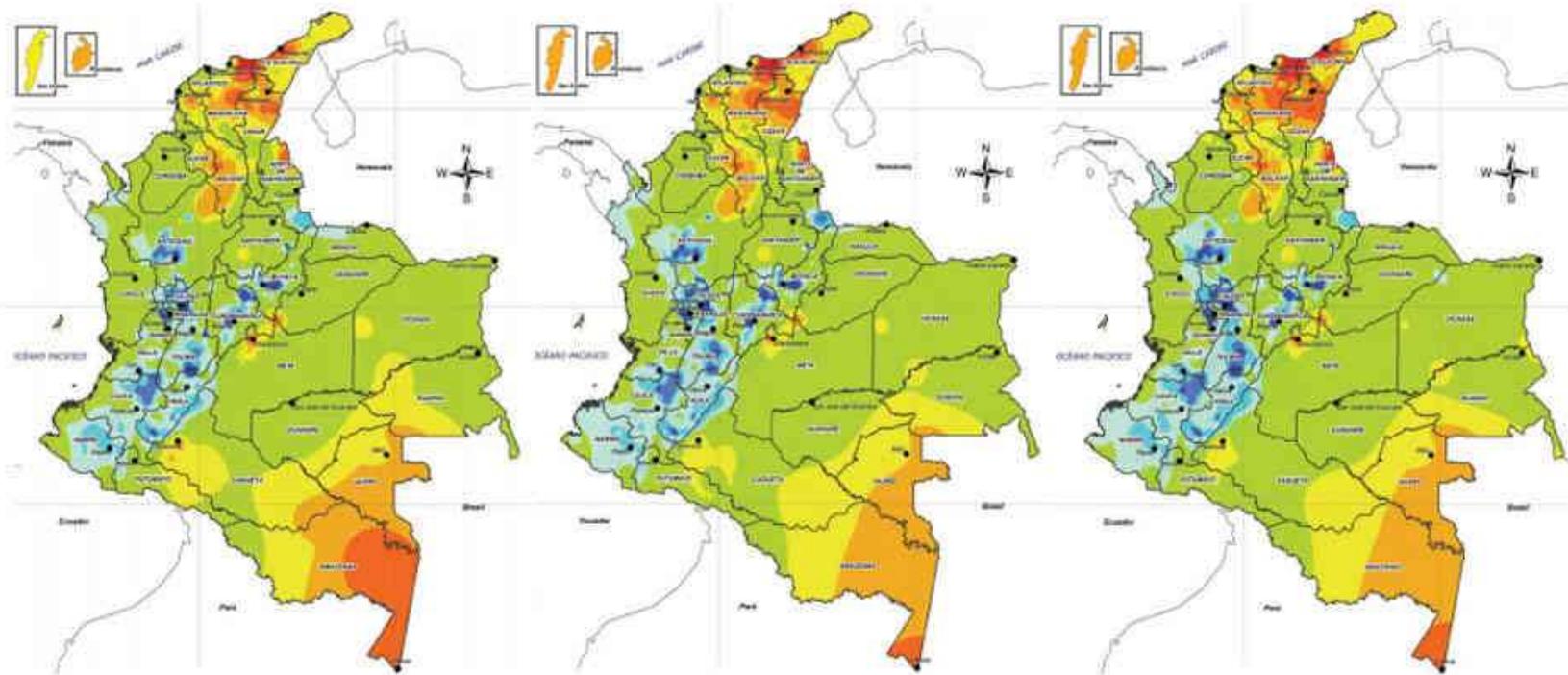
DIFERENCIA DE TEMPERATURA [°C]



CAMBIO EN PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN (%)  
 PERIODO 2011 - 2040  
 CON RESPECTO A 1976 - 2005

CAMBIO EN PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN (%)  
 PERIODO 2041 - 2070  
 CON RESPECTO A 1976 - 2005

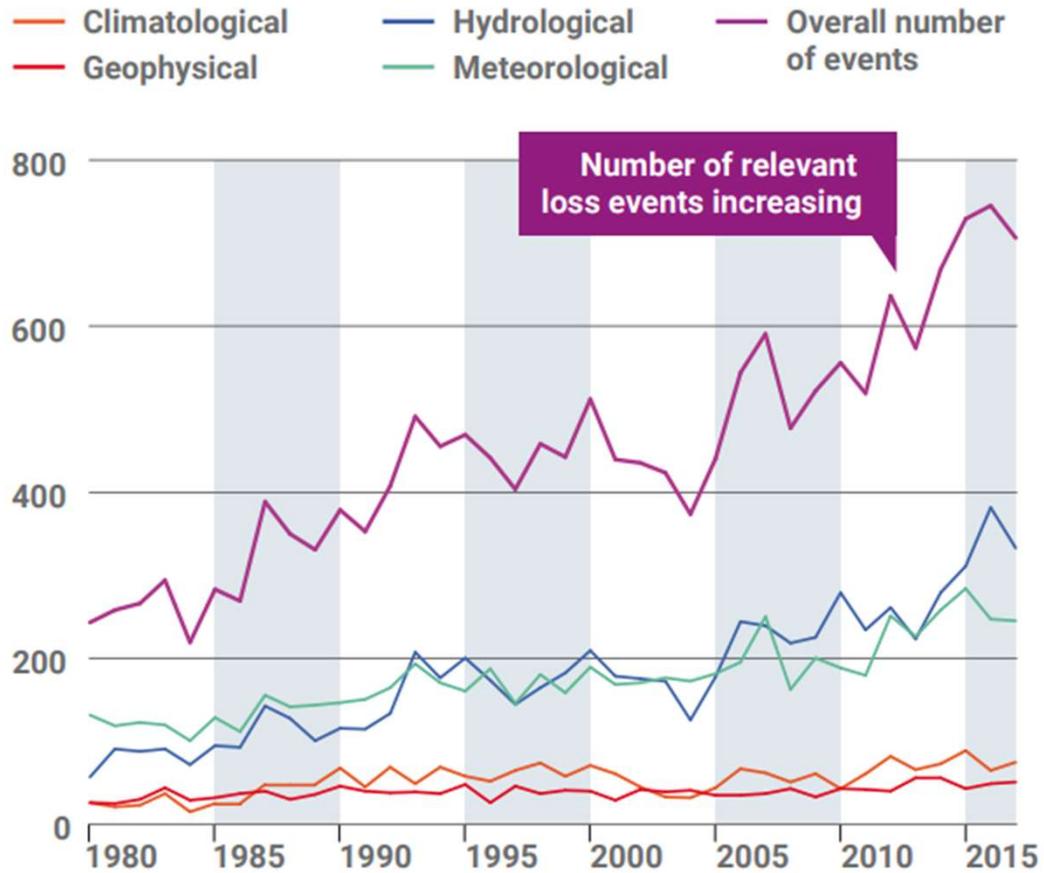
CAMBIO EN PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN (%)  
 PERIODO 2071 - 2100  
 CON RESPECTO A 1976 - 2005



DIFERENCIA DE PRECIPITACIÓN (%)

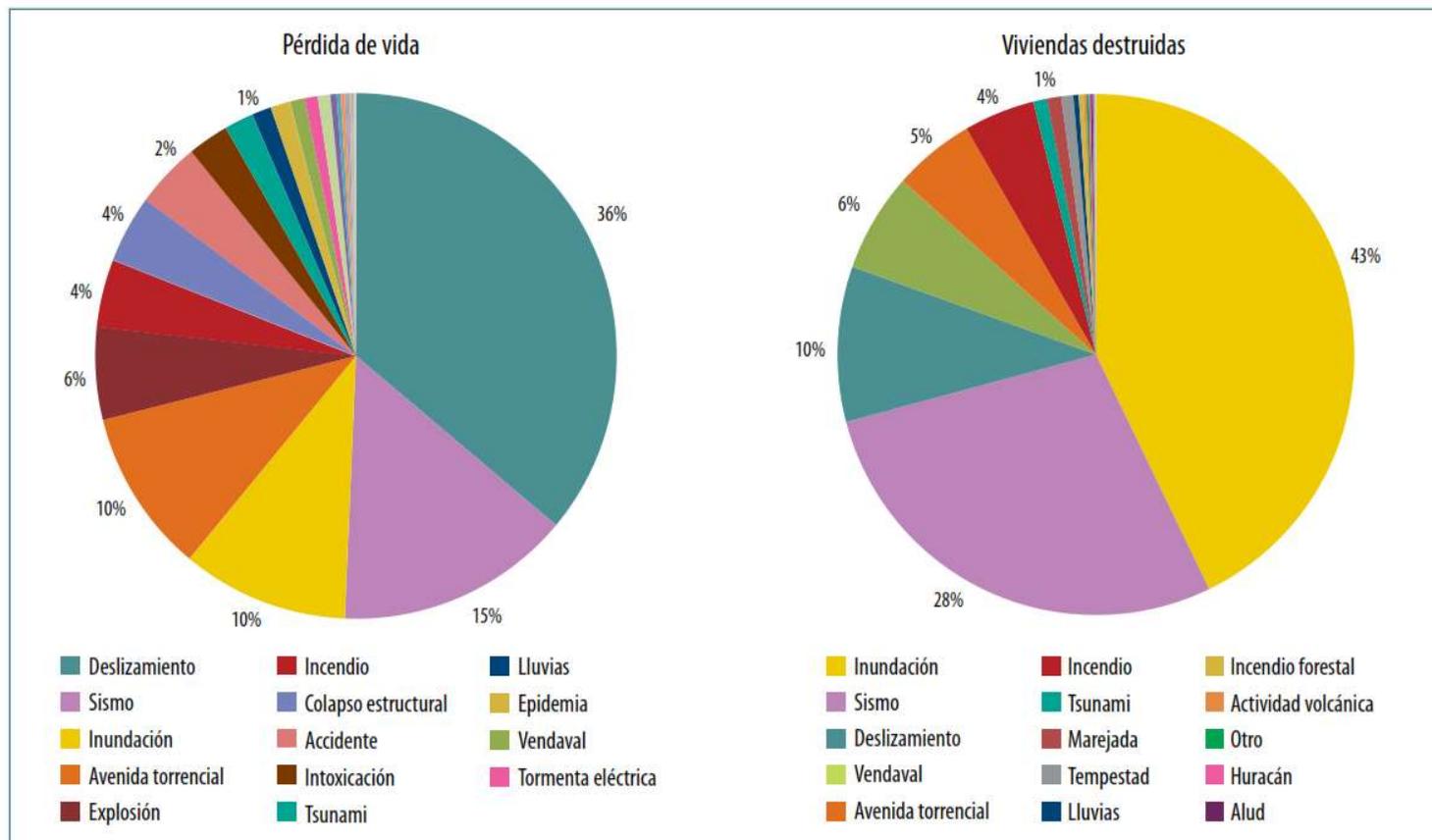


**Figure 2.2**  
**Number of disasters 1980-2015**  
Munich Re NatCatSERVICE 2017



# TIPOS DE EVENTO

- Pérdidas por tipo de evento
- 1970-2011



Nota: excluye las pérdidas de vidas (cerca de 24 mil) y de viviendas por la erupción del volcán Nevado del Ruiz, en 1985.

Fuente: Corporación OSSO 2011 a partir de Corporación OSSO-EAFIT, 2011.

## Disaster Classification

Select records for a specific category of disaster

- >  Natural
- >  Technological
- >  Complex Disasters

## Location

Select a specific region

- >  Asia
- >  Africa
- ▼  Americas
  - >  Caribbean
  - >  South America
  - >  Central America
  - >  Northern America
- >  Europe
- >  Oceania

from 1900 to 2022

1900

2022

 Please limit your request to your actual needs

[DOWNLOAD](#) [RESET FORM](#)

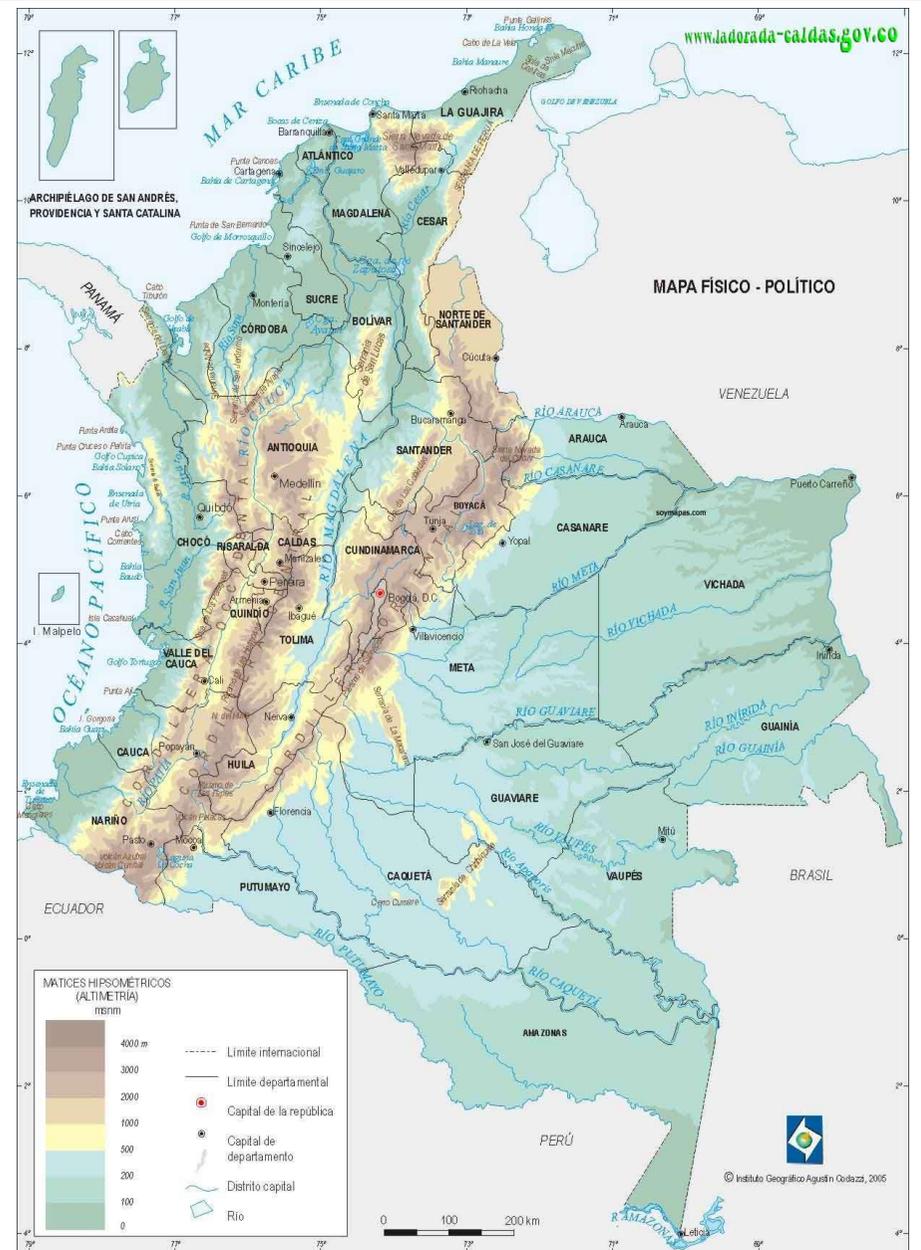


### Disclaimer

In 2014, EM-DAT started enhancing its contents by geocoding its natural disaster records (except for the biological disasters) from the year 2000 onwards. For each event, the current text location was transformed into code(s) for administrative unit(s) affected. Related shape files were created for each specific event, which were geo-referenced until the second administrative unit (e.g. Admin0 = country, Admin1 = state, Admin2 = county). The corresponding geocode is based on the classification from GAUL - Global Administrative Unit Layers (FAO). Users will now be able to download the dataset including administrates units (Admin1 and Admin2 codes). Further development are ongoing, in which we plan to make both the shapefiles and the complete revised guidelines available.

# COLOMBIA: Contexto complejo

- Antecedentes sísmicos
- Complejidad geotécnica
- Hidrografía
- Contexto volcánico
- Antecedentes de sequías
- Vendavales, tsunamis, vientos fuertes



# ARMERO: 1985

- Aproximadamente 25000 víctimas



# ARMERO: 1985

- Aproximadamente 25000 víctimas



# EJE CAFETERO: 1999

- Aproximadamente 2000 víctimas
- VULNERABILIDAD
- RELACIÓN ENTRE LOS MODELOS DE
- DESARROLLO Y LOS DESASTRES



# BARRIO VILLATINA MEDELLÍN: 1987

- Aproximadamente 500 víctimas



# LA NIÑA: 2010- 2011



SALGAR: 2015



# MOCOA: 2017



# MOCOA: 2017



MOCOA: 2017



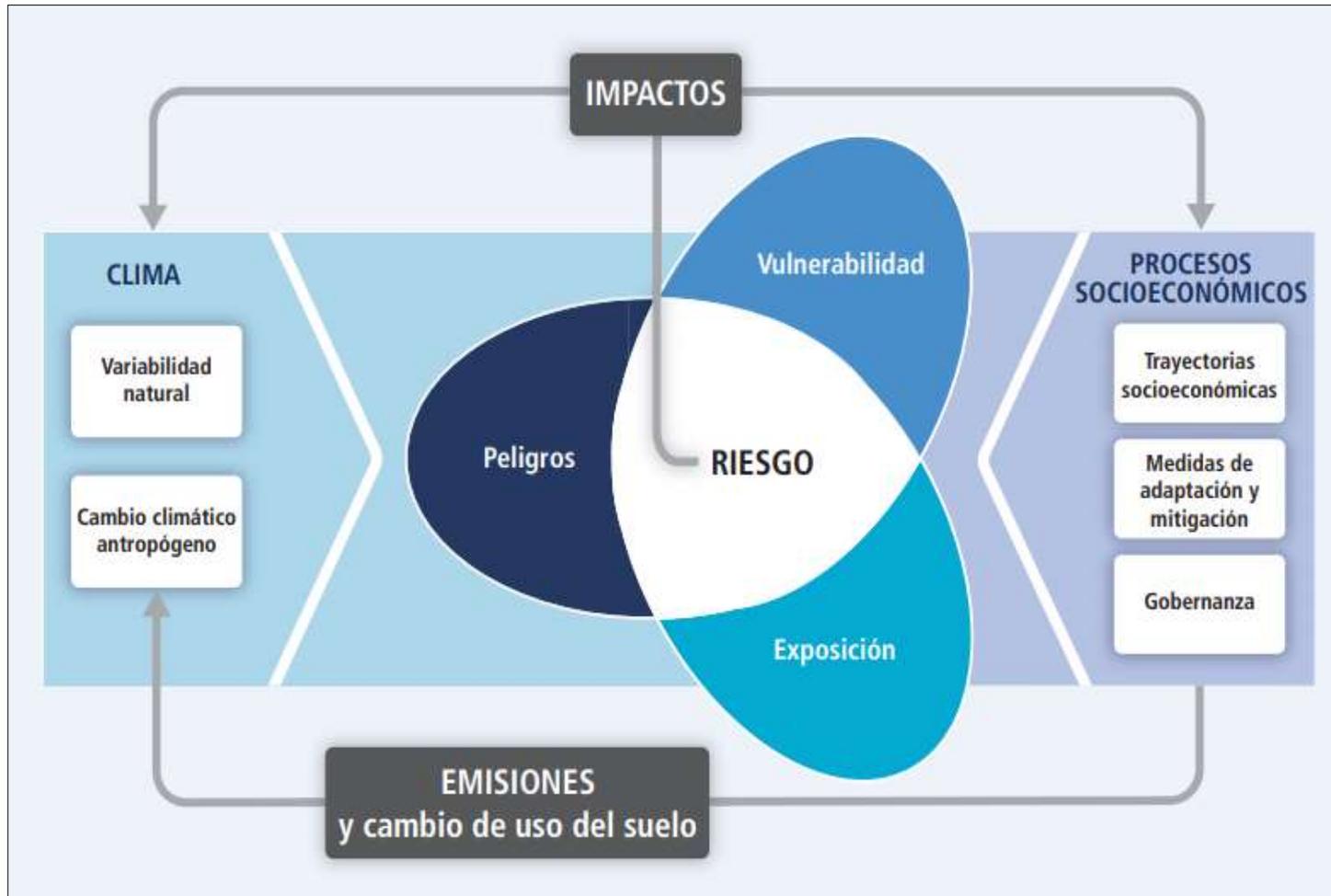
# MANIZALES: 2017



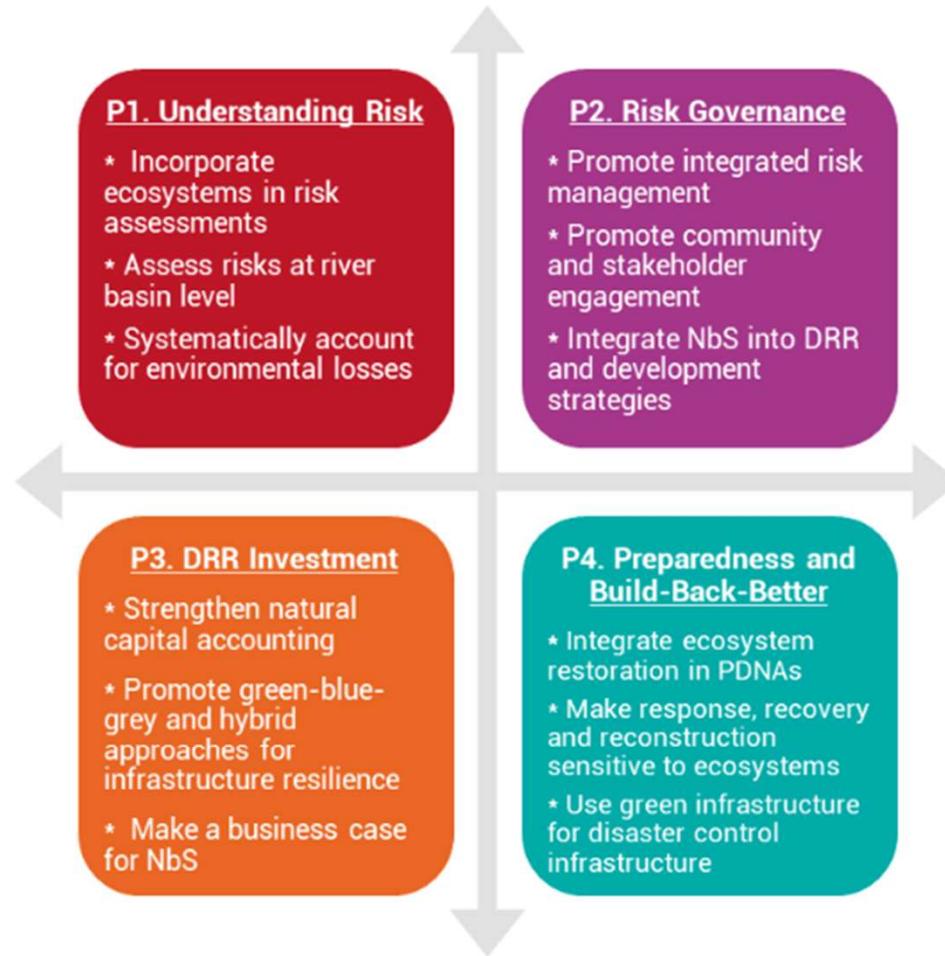
# MANIZALES: 2017



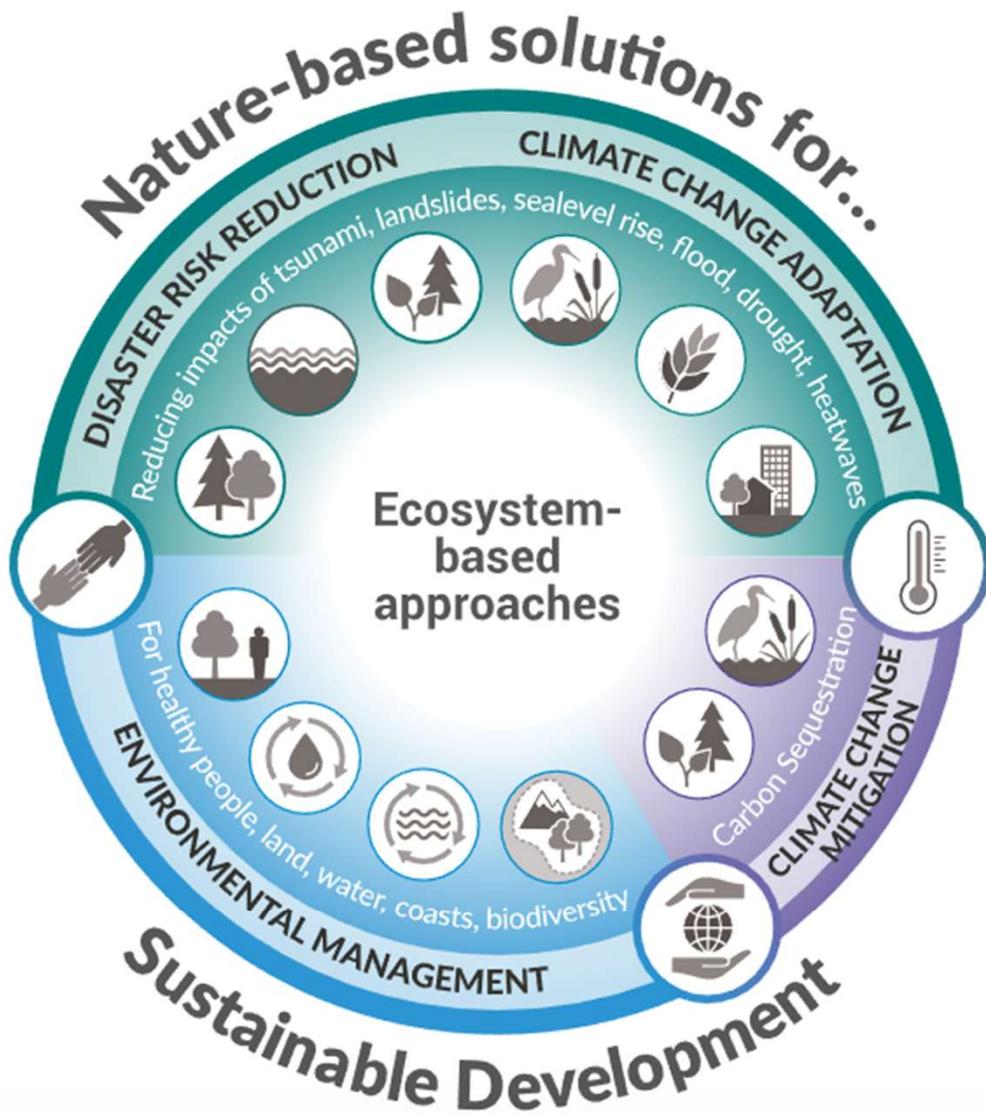
# RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC AR5)



- [Sendai Framework for Disaster Risk Reduction](#) Priority areas and Nature-based Solutions



- [Sendai Framework Monitor](#) measures the implementation of the Sendai Framework. NbS can be monitored through the Sendai Framework through a) accounting for green infrastructure losses under Targets C & D; and b) through custom indicators.



Source: UNEP/PEDRR 2020

## TÍTULO

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|    | Meeting the needs of people                   |    | Taking care of our planet for the long-term |
|    | Green infrastructure                          |    | Wetland restoration                         |
|    | Blue infrastructure                           |    | Climate smart agriculture/agroforestry      |
|    | Landscape restoration                         |    | Urban greening                              |
|    | Sustainable land & integrated fire management |   | Dealing with climate change                 |
|  | Integrated water resource management          |  | Integrated coastal zone management          |
|  | Protected areas                               |   |   |

Las soluciones basadas en la naturaleza son intervenciones inspiradas y soportadas por la naturaleza que permiten afrontar desafíos de la sociedad de manera efectiva en cuanto a **beneficio costo**, mientras proveen **bienestar humano** y beneficios para la **biodiversidad**.

En los últimos años estas soluciones han recibido reconocimiento debido a las capacidades multifuncionales para afrontar amenazas hidrometeorológicas HMHs y para generar múltiples cobeneficios adicionales a las comunidades humanas.

HMHs como inundaciones, sequías, olas de calor, deslizamientos, mareas de tormenta y erosión costera son fenómenos que inducen víctimas y pérdidas económicas en todos los continentes. Constituyen casi el 90% de los mayores desastres alrededor del mundo en los últimos 20 años



**HUMAN SPHERE**

**HUMAN WELL-BEING**

**PROVISIONING ECOSYSTEM SERVICES**

**REGULATING ECOSYSTEM SERVICES**

**CULTURAL ECOSYSTEM SERVICES**

**NATURAL SPHERE**

**SUPPORTING ECOSYSTEM SERVICES**



Contents lists available at ScienceDirect

## Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



### Review

## Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards: Modelling methods, advantages and limitations



Prashant Kumar<sup>a,b,\*</sup>, Sisay E. Debele<sup>a</sup>, Jeetendra Sahani<sup>a</sup>, Nidhi Rawat<sup>a</sup>, Belen Marti-Cardona<sup>a</sup>, Silvia Maria Alfieri<sup>c</sup>, Bidroha Basu<sup>b,d</sup>, Arunima Sarkar Basu<sup>d</sup>, Paul Bowyer<sup>e</sup>, Nikos Charizopoulos<sup>f,g</sup>, Glauco Gallotti<sup>h</sup>, Juvonen Jaakko<sup>i</sup>, Laura S. Leo<sup>h</sup>, Michael Loupis<sup>j,k</sup>, Massimo Menenti<sup>c,l</sup>, Slobodan B. Mickovski<sup>m</sup>, Seung-Jae Mun<sup>e</sup>, Alejandro Gonzalez-Ollauri<sup>m</sup>, Jan Pfeiffer<sup>n</sup>, Francesco Pilla<sup>d</sup>, Julius Pröll<sup>e</sup>, Martin Rutzinger<sup>o</sup>, Marco Antonio Santo<sup>h</sup>, Srikanta Sannigrahi<sup>d</sup>, Christos Spyrou<sup>j,p</sup>, Heikki Tuomenvirta<sup>i</sup>, Thomas Zieher<sup>n</sup>

<sup>a</sup> Global Centre for Clean Air Research (GCARE), Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Surrey, Guildford GU2 7XH, United Kingdom

<sup>b</sup> Department of Civil, Structural & Environmental Engineering, School of Engineering, Trinity College Dublin, Dublin, Ireland

<sup>c</sup> Department of Geoscience and Remote Sensing, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands

<sup>d</sup> School of Architecture, Planning and Environmental Policy, University College Dublin, Dublin, Ireland

<sup>e</sup> Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Hereon, Hamburg, Germany

<sup>f</sup> Agricultural University of Athens, Laboratory of Mineralogy-Geology, Iera Odos 75, 118 55 Athens, Greece

<sup>g</sup> Region of Sterea Ellada, Kalivion 2, 351 32 Lamia, Greece

<sup>h</sup> Department of Physics and Astronomy (DIFA), Alma Mater Studiorum-University of Bologna, Bologna, Italy

<sup>i</sup> Finnish Meteorological Institute, Erik Palménin Aukio 1, 00560 Helsinki, Finland

<sup>j</sup> Innovative Technologies Center S.A., Alketou Str. 25, 11633 Athens, Greece

<sup>k</sup> National & Kapodistrian University of Athens, Psachna 34400, Greece

<sup>l</sup> Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

<sup>m</sup> The Built Environment Asset Management Research Centre, Glasgow Caledonian University, G4 0BA Glasgow, Scotland, United Kingdom

<sup>n</sup> Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Academy of Sciences, Innsbruck, Austria

<sup>o</sup> Institute of Geography, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

<sup>p</sup> Institute for Astronomy, Astrophysics, Space Applications and Remote Sensing (IAASARS), National Observatory of Athens, 15236 Athens, Greece

**Table 4**

Overview of input variables and models used to simulate the efficiency and performance of NBS against landslides.

Purpose/summary	Type of NBS (place)	Models to simulate NBS efficiency	Input parameters	References
Modelling the spatial pattern of root reinforcement	Re-introduction of vegetation (New Zealand)	Root Bundle Model	Root distribution data, tree stem diameter at breast height	Schwarz et al. (2010)  Schwarz et al. (2016) Vergani et al. (2014) Barik et al. (2017)
Modelling landslide susceptibility for predicting sustainable forest management in an altered climate	Forest management (Queets watershed within the Olympic Experimental State Forest (OESF)) in western Washington State (U.S.)	Process-based hydrology model (Distributed Hydrology Soil Vegetation Model (DHSVM)) FEFLOW	Historic Meteorological Inputs, DEM (150 m), soil and land cover distribution, projected meteorological inputs from climate change scenarios, Soil and vegetation information (cohesion, unit weight), High resolution DEM (10 m)	Widomski et al. (2010)
Modelling the effects of sand-filled ditches on the hydrological conditions in a fruit farm on a slope (amount of infiltrating water)	Sand-filled drainage ditch (Olszanka, Poland)		Slope geometry, ditch dimensions, soil parameters, vegetation cover data	Widomski et al. (2010)
Assessing the impacts of European forest types on hill slope stabilisation (mountainous area of Lombardy, Italy)	Forest Management	Limit equilibrium model, probabilistic framework (Monte Carlo techniques)	Root density and root mechanical properties	Chiaradia et al. (2016)
To estimate the function of vineyards on slope stabilisation by modelling the additional strengthening to the soil supported by grapevine roots and their spatial distribution.	Plant roots and vegetations (northeastern part of Oltrepo Pavese, Northern Italy)	Root Bundle Model, Slope stability model	Root distribution and characteristics (diameter, length etc.), soil strength parameters	Cislaghi et al. (2017)
Evaluate the impact of underlying foundations of birch trees on soil fortification and slant adjustment.	Birch trees	PLAXIS	The rainfall, slope gradient, geotechnical and hydrological parameters and soil thickness	Lotfalian et al. (2019)
To investigate the capacity of vegetational NBS to reduce the onset and propagation probabilities of tsunamis generated landslides at Stromboli Island, Italy	Trees, forests, and grasslands	FUNWAVE-TVD	Bathymetric, topography	Fornaciai et al. (2019)
To investigate the different aspects of hydrological and greenery effects on the stabilisation of hillslopes	Hydrological and greenery	SSHV-2D	Bathymetric, topography	Emadi-Tafti and Ataie-Ashtiani (2019)
To simulate the efficiency of species and assessing its mechanical resistance against shallow landslides.	Vegetation	TRIBS-VEGGIE	Bathymetric, topography	Arnone et al. (2016a)
To simulate the effectiveness of NBS against shallow landslides.	Forest canopies, leaf area index and plant height, and optimised forest management	BROOK90	Forest structure, meteorological variables, root density, hydrological parameters and soil permeability	Federer et al. (2003)

**Table 6**

Outline of the advantages and limitations of numerical models that can evaluate NBS against different HMHs.

Models	Advantage	Disadvantage	Potential application	Potential improvement	Reference
Surface/subsurface models, e.g., <ul style="list-style-type: none"> <li>• MIKE-SHE</li> <li>• SWAT</li> <li>• MODFLOW</li> <li>• WRF</li> <li>• HEC-RAS</li> <li>• ParFlow-TREES</li> <li>• ACRU</li> <li>• SIMGRO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporate almost all relevant surface and subsurface hydrological process</li> <li>• Can simulate large-scale NBS planning due to normally great capacity in representing the variations of processes and features spatially</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coarse in spatial and temporal resolutions</li> <li>• Cannot simulate urban drainage systems (UDS)</li> <li>• Cannot simulate the detailed geometry and design features of NBS</li> <li>• Data intensive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluate the performance and efficiency of NBS against HMHs in the catchment scale</li> <li>• Evaluate the optimal allocation of NBS in the catchment scale</li> <li>• Evaluate the performance and efficiency of NBS against HMHs in the catchment scale</li> <li>• Evaluate the optimal allocation of NBS in the catchment scale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allow finer spatial and temporal resolutions</li> <li>• Develop built-in NBS modules to evaluate NBS more flexibly</li> <li>• Coupling with hydraulic modes to simulate UDS.</li> </ul>	Ewen et al. (2000) DHI (2007) Kim et al. (2008) Markstrom et al. (2008) McKane et al. (2014)
Green NBS-specific surface models, e.g., <ul style="list-style-type: none"> <li>• SWMM-LID-GW</li> <li>• SWMM</li> <li>• GIFMOD</li> <li>• ENVI-met</li> <li>• FUNWAVE-TVD</li> <li>• SSHV-2D</li> <li>• tRIBS-VEGGIE</li> <li>• BROOK90</li> <li>• SWAN</li> <li>• ADCIRC</li> <li>• XBeach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Can simulate and evaluate the green-NBS and SUDS at catchment scale</li> <li>• Power in runoff simulation and routing</li> <li>• Considers two-way interaction between green NBS and groundwater</li> <li>• Flexible to simulate NBS design and performance evaluation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does not simulate groundwater flow and requires groundwater data as direct input</li> <li>• SWMM and SWINGO--VFSMOD can only simulate an individual NBS by assuming homogeneous soil profile</li> <li>• Cannot represent some design feature of NBS and their efficiency evaluation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluate the optimal allocation of NBS in the catchment scale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupled with a subsurface hydrological model</li> <li>• Improvement to consider multiple NBS in SWMM and SWINGO-VFSMOD and overlap groundwater module</li> <li>• To enable more flexible NBS designs and evaluations</li> </ul>	Massoudieh et al. (2017) Zhang et al. (2018) Roldin et al. (2013) Locatelli et al. (2015) Fox et al. (2018)
Variably saturated models, e.g., <ul style="list-style-type: none"> <li>• LISFLOOD-FP</li> <li>• HYDRUS</li> <li>• Flood Modeller</li> <li>• PLAXIS</li> <li>• TELEMAC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accurately simulate subsurface flows</li> <li>• Easily track and visualise subsurface flows</li> <li>• Flexible to simulate the detailed geometry of NBS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplify the simulation of surface rainfall runoff generation processes</li> <li>• Cannot simulate large scale NBS designing and planning</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coupled with a subsurface hydrological model</li> </ul>	Hsieh et al. (2000) Diersch (2005) Simunek et al. (2005)



# Disasters and Ecosystems: Resilience in a Changing Climate

SOURCE BOOK



Co-funded by the  
European Union

**CNRD**

Centers for Natural Resources  
and Development



NORWEGIAN MINISTRY  
OF FOREIGN AFFAIRS

**Technology  
Arts Sciences  
TH Köln**



United Nations  
Environment Programme

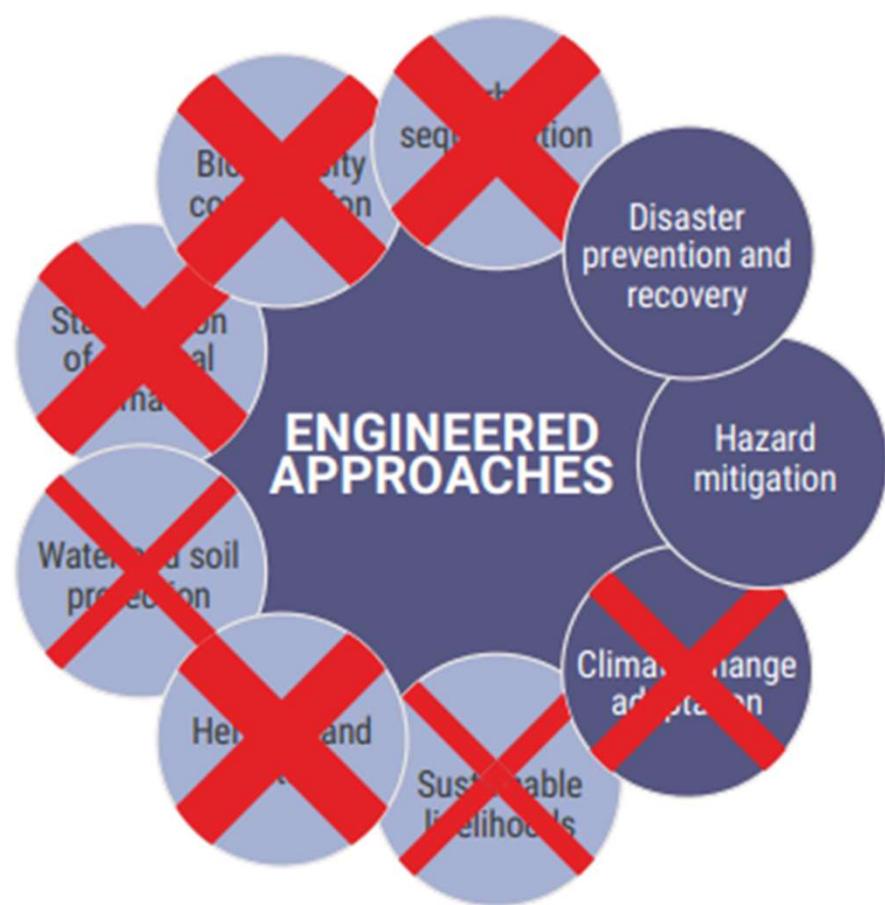
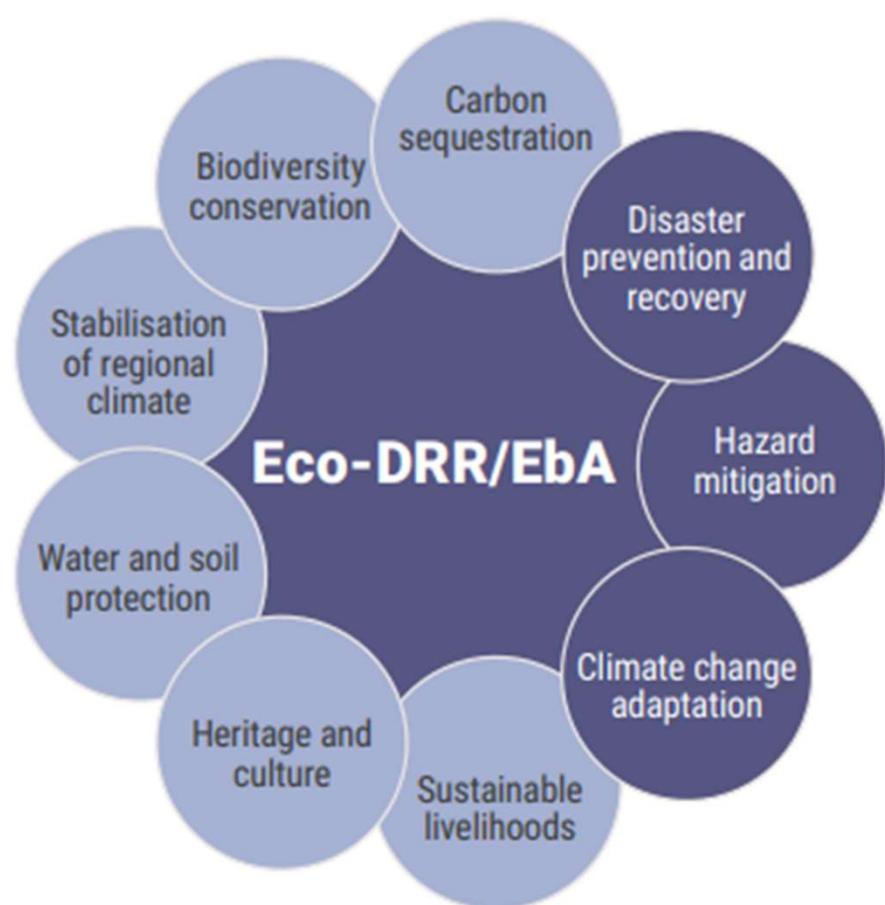


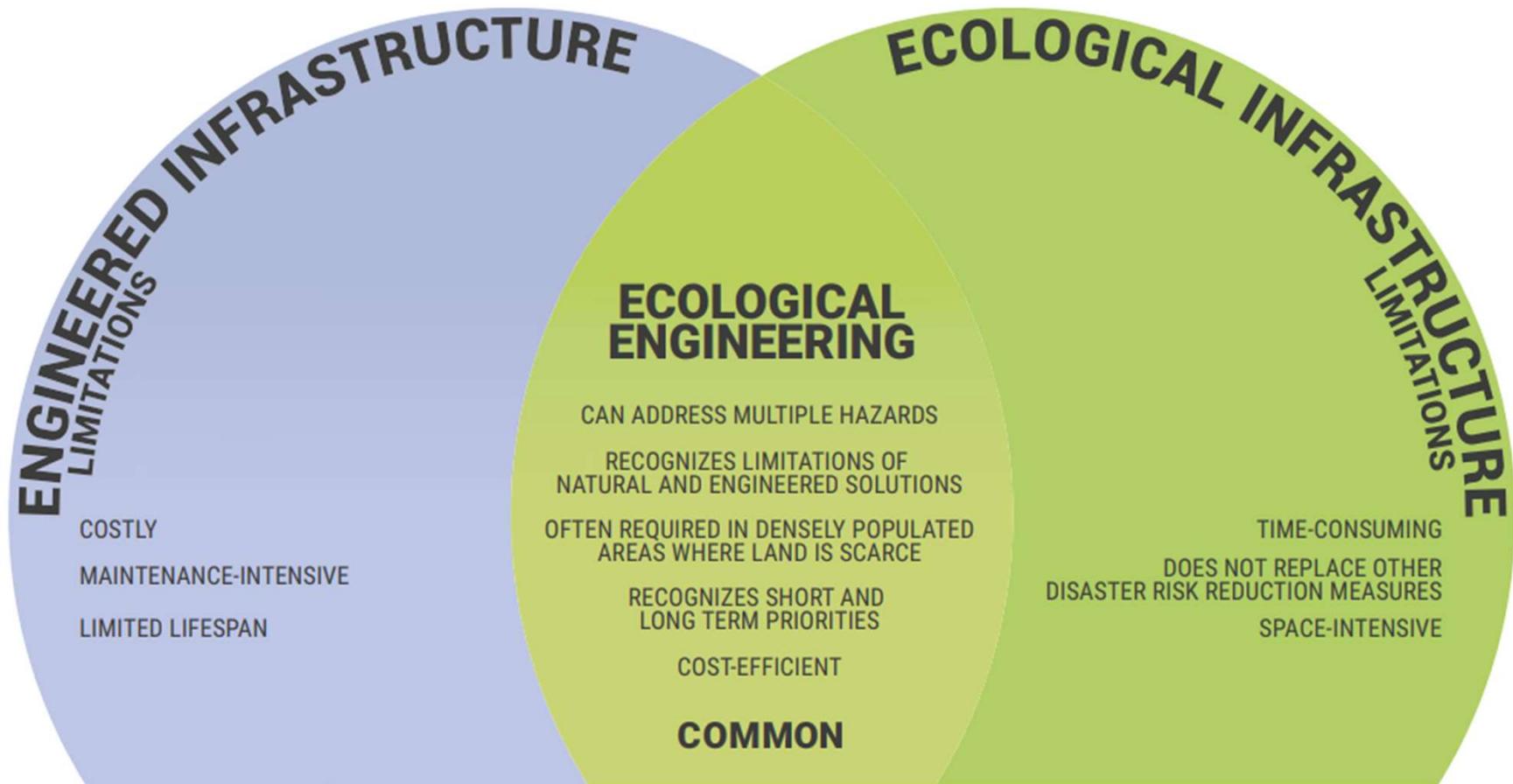
**Figure 5.1**  
**Protection forest, Davos,**  
**Switzerland.**

© UNEP



**Figure 5.4**  
**Terracing in DR Congo.**  
© UNEP





## ¿Qué es el Suelo?



Un agricultor sembrando semillas de zanahorias en un huerto irrigado por el agua del embalse Mpatheni, Swazilandia.

Como otras palabras comunes la palabra suelo tiene varios significados. Su significado tradicional se define como el **medio natural para el crecimiento de las plantas**. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

El suelo es un componente esencial de la "**Tierra**" y "**Ecosistemas**". Ambos son conceptos más amplios que abarcan la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, y además abarca también las consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas.

La palabra "suelo" también tiene otros significados como "suciedad", "desechos", "tierra" sin embargo, estos conceptos no se irán a discutir en esta página web.

## I-2. Suelo

Es común creencia la de que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas, no sujetas a ninguna organización. Pero en realidad se trata de un conjunto con organización definida y propiedades que varían "vectorialmente". En la dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en la horizontal. El suelo tiene *perfil*, y éste es un hecho del que se hace abundante aplicación.

"Suelo" es un término del que hacen uso diferentes profesantes. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses. Para el Agrónomo, por ejemplo, la palabra se aplica a la parte superficial de la corteza capaz de sustentar vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el Ingeniero. Para el Geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie; esta definición peca de parcial en Ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados no intemperizados posteriormente a su transporte.

Para los fines de esta obra, la palabra Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo.

Ecological Engineering 181 (2022) 106687

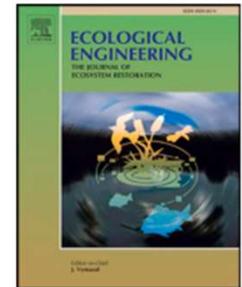


**ELSEVIER**

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

**Ecological Engineering**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecoleng](http://www.elsevier.com/locate/ecoleng)



**Soil and Water Bioengineering (SWB) is and has always been a nature-based solution (NBS): a reasoned comparison of terms and definitions**



Federico Preti <sup>a,c,d</sup>, Vittoria Capobianco <sup>b,c,\*</sup>, Paola Sangalli <sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> University of Florence, Department of Agriculture, Food, Environment and Forest Science & Technology (DAGRI), Via delle Cascine, 5, 50144 Firenze FI, Italy

<sup>b</sup> Norwegian Geotechnical Institute, Natural Hazards division, NGI, P.O. Box. 3930 Ullevål Stadion, Oslo, Norway

<sup>c</sup> Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica (AIPIN), Via San Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italy

<sup>d</sup> European Federation of Soil and Water Bioengineering EFIB

<sup>e</sup> Sangalli Coronel y Asociados SCIA S.L, Paseo de Lugaritz 25 Bajo, 20018 Donostia-San Sebastián, Spain



Fig. 2. NBS used for hydrometeorological risk management (source: EC - European Commission, 2021 with contribution of EFIB).









# Conclusiones

- El control de erosión y los movimientos en masa, se puede abordar de otras maneras diferentes a la construcción de estructuras de contención (Soluciones grises). Puede abordarse entendiendo las causas de los procesos (características de rocas, suelos, geometría, clima, vegetación)
- La deforestación de laderas, generalmente es causa de problemas de remoción en masa. El uso de la vegetación, generalmente contribuye a la solución