



# Experiencias del seminario internacional: Impactos potenciales del cambio climático en embalses (presas), canales y estrategias de adaptación en América Latina

Ing. Breat Sheylla Sulca Paredes



Desde el año 2009 la Universidad de Siegen en asociación con instituciones anfitrionas en varios países de América Latina y financiado por el DAAD, vienen organizando seminarios de expertos relacionados con el clima, agua y la gestión de riesgos. El objetivo de estos seminarios es el intercambio de experiencias y conocimientos de expertos de América Latina y Europa, así como el establecimiento de alianzas entre los países e instituciones participantes.

**A SUSTAINABLE PERPOSED MODEL FOR CONSTRUCTION AND OPERATION OF DAMS**

UNIVERSITÄT SIEGEN | Soto S., Cunha G., López A., Brito R., Urteves C., Lombana L. | DAAD

**Introduction**

The need of producing, consuming and sharing water in a sustainable way has brought the development of clean technology during the last years. The proposed model for construction and operation brings us a new clean way of construction of hydroelectric and reservoir for drinking water. The objective is to develop, as much as possible, conditions to avoid the rise of world temperature, to avoid extreme climate events such as floods and droughts. Rapid climate change is related to several consequences. Part of the change is caused by human activities. To contribute to a more sustainable planet, the project intends to work together with different actors that will be involved.

**Methodology**

**1** **2**

**SOCIAL** (Reservoirs) → There must be a focus on improving the life quality of the inhabitants of the affected areas.

**ECONOMIC** (Reservoirs) → Focus on the economic benefits of the project.

**ENVIRONMENTAL** (Reservoirs) → Analyze regarding safety and efficiency.

**OPERATIONAL** (Dams) → One of a valid and certified model based on the water resource in order to hydroelectric generation and drinking water.

**NEW ECONOMIC ACTIVITIES** (Dams) → Actions to stimulate the local conditions, recover the local identity and recovering the water quality of the reservoir.

**FUTURE ACTIONS** (Dams) → Confirm field studies for generating the benefits and opportunities, social adaptation and emergency actions.

**ENVIRONMENTAL PLANS** (Dams) → Confirm field studies for generating the benefits and opportunities, social adaptation and emergency actions.

The main idea of our project is to identify the positive and negative aspects of the construction of a dam for the generation of electricity. Then, discuss and define the strategies including the resources and actions to be developed to minimize the negative aspects and enhance the positive ones in which those that provide forces of adaptation and mitigation of the effects of climate change are developed.

**Results and Discussions**

Development of projects that consider the effects of climate change through meteorological information such as climate trends and climate projections in all stages, including conception, construction and operation for new projects and already established Dams.

Development of greenhouse emission in order to mitigate the climate change effects.

Development of a sustainable Dam model, prioritizing efficient in generation of energy and mitigation of the side effects.

A participatory and inclusive project that focus on gender, resiliency, considering environmental and cultural aspects.

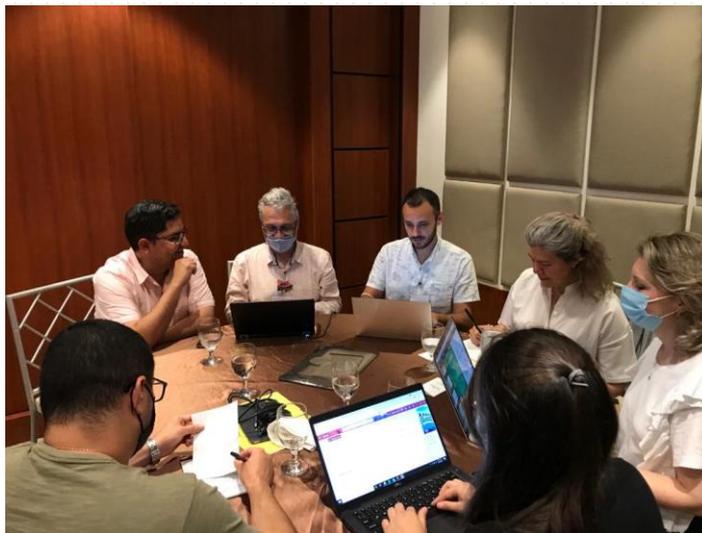
**Conclusions**

- Climate change brings challenges to all of the actors that have been part of a process to develop projects that include green energy, clean technology, participatory and inclusive opinions, public and private policies.
- To mitigate the greenhouse emissions and to adapt the project to the ecosystem and to the most vulnerable people, it is important to have experts that share the total project bringing all the interdisciplinary and the local aspects to the project.
- This dam was built overcoming the obstacles but it was possible to do it because we have the support both private and public sector.

**Bibliography**

- IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. 2021. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. 2021. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

"Potential impacts of climate change on reservoirs (dams) and canals and adaptation strategies - in Latin America"  
October, 2021



**Panamá, 24-31 octubre 2021**



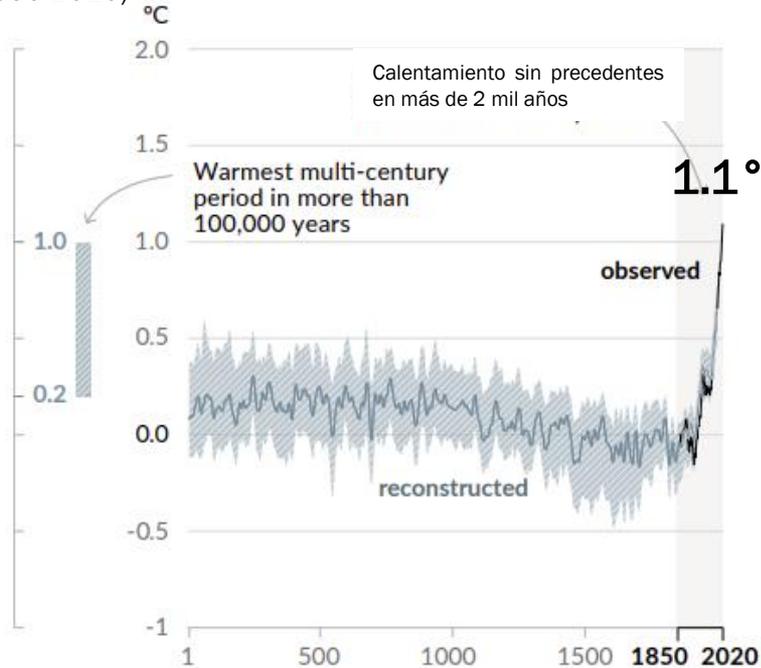
**“Los cambios recientes en el clima son generalizados, rápidos y cada vez más intensos, y no tienen precedentes en miles de años”**

**AR6 IPCC (2021)**

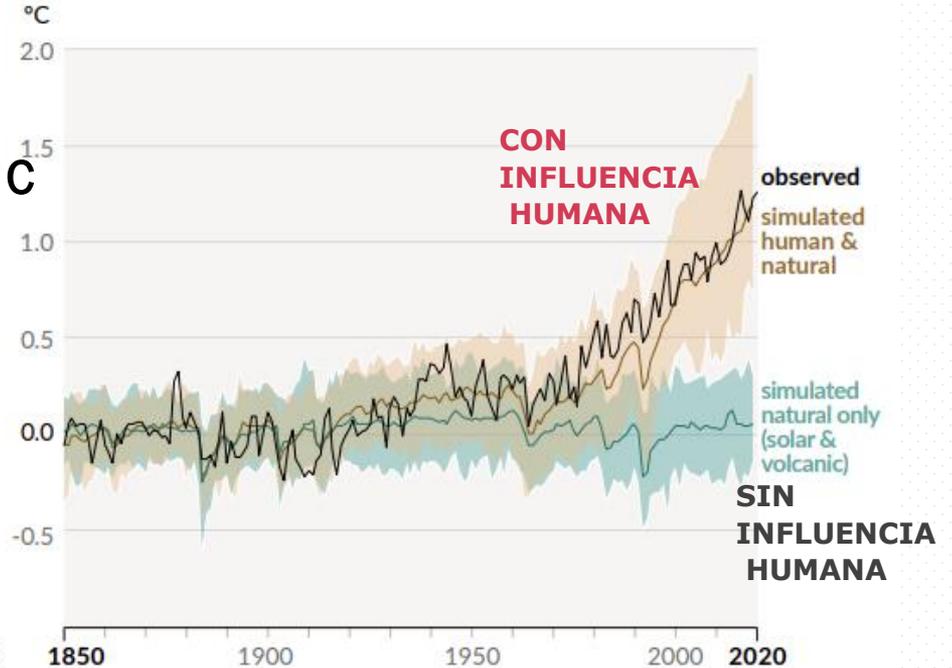
# Cambios en la temperatura global de la superficie en relación con 1850-1900

IPCC AR6 WG1 (2021)

a) Cambio en la temperatura global de la superficie (promedio decenal) reconstruido (1-2000) y observado (1850-2020)



b) Cambio en la temperatura global de la superficie (promedio anual) observado y simulado utilizando factores humanos y naturales (ambos 1850-2020)

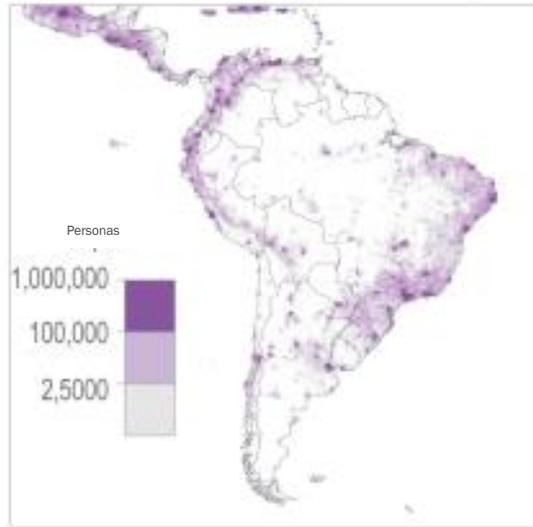


# Contexto de Latinoamérica

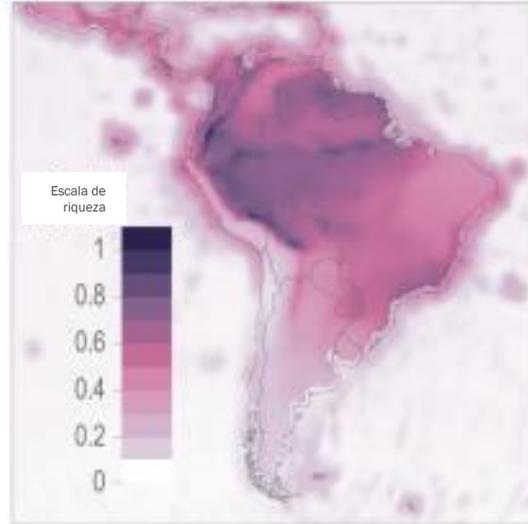


## Lo que compartimos en Lationoamérica...

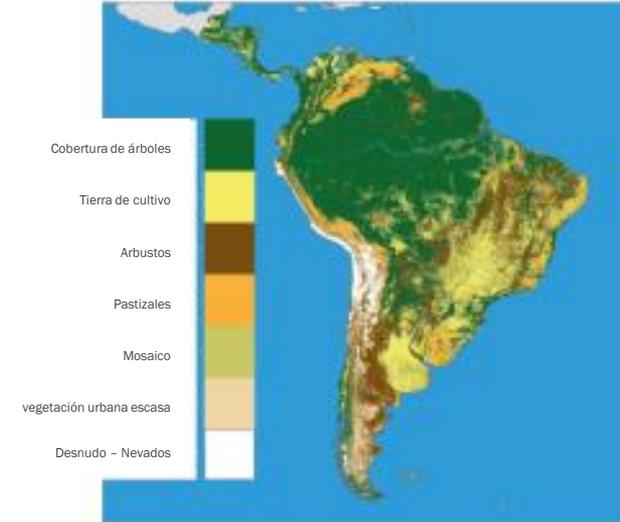
(a) Densidad poblacional (1995-2014)



(b) Biodiversidad



(c) Cobertura de suelo (2019)

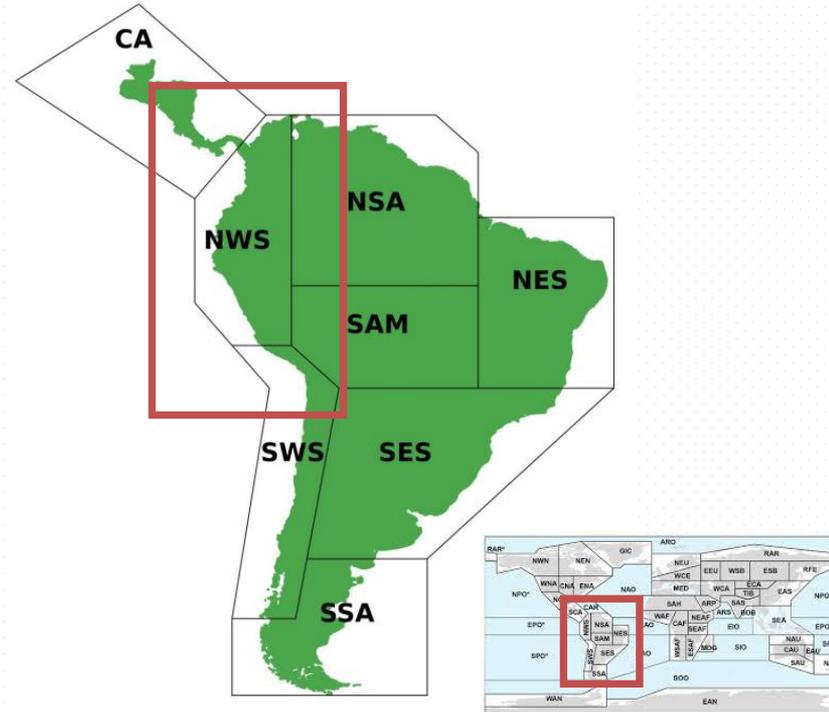


# Brechas de conocimiento en Latinoamérica

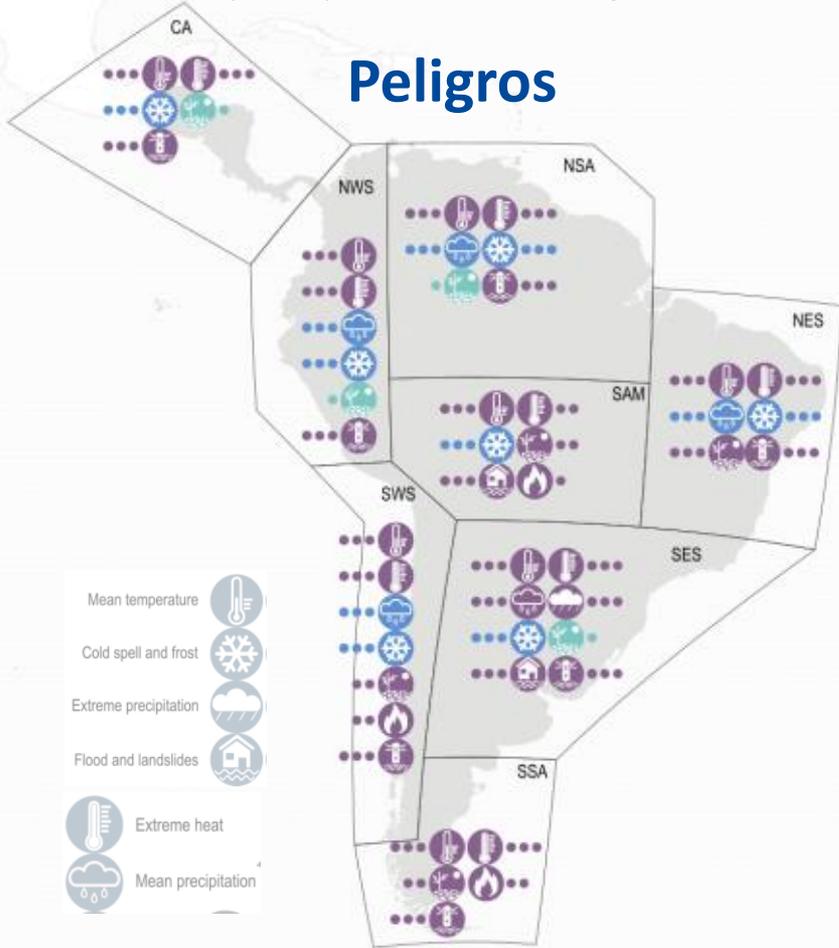
- ❖ Deficiencias en cantidad, calidad de datos.
- ❖ Limitado conocimiento del CC, evaluación de impactos e implementación de medidas de adaptación y mitigación.
- ❖ El número de publicaciones sigue siendo aún no representativo respecto a otras regiones.
- ❖ Complejos conflictos sociales, económicos y tecnológicos son razón de estas brechas en un plazo mediano-largo.
- ❖ Necesita más sinergias en multiniveles.

En el Noroeste de Sudamérica

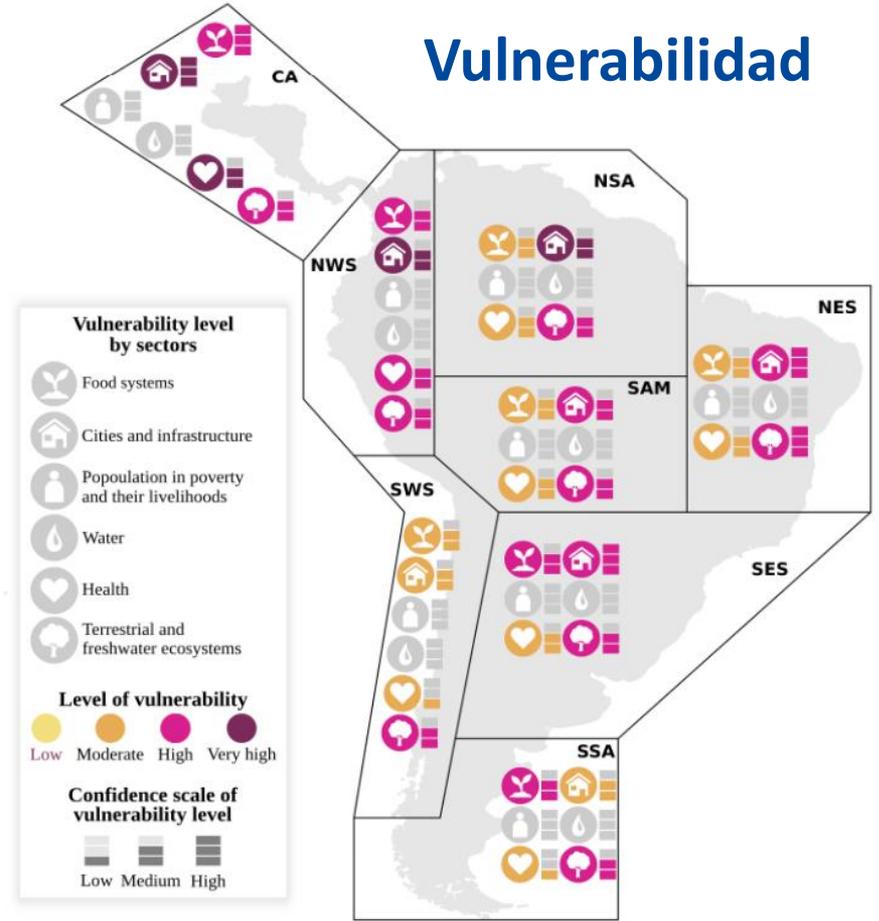
- ❖ Falta de estudios con relación a los incendios, impactos en la infraestructura.
- ❖ Los estudios experimentales relacionados a biodiversidad de ecosistemas, glaciares, cambio de uso de suelos son pocos y raros.



## Peligros



## Vulnerabilidad



Riesgos de inseguridad alimentaria debido a un aumento en la frecuencia/intensidad de sequías.

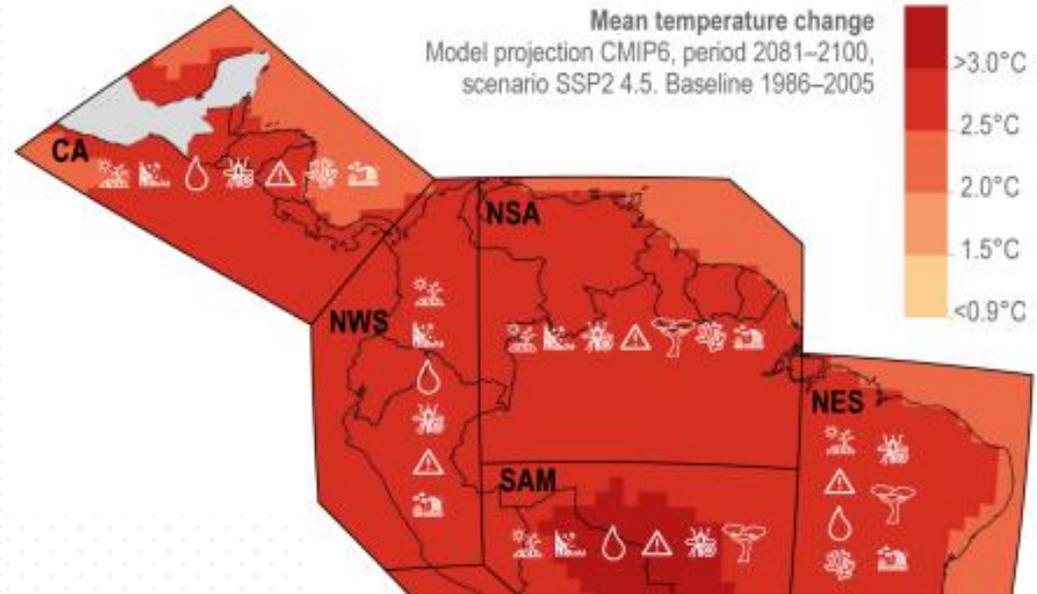
Riesgo en la infraestructura y vidas debido a inundaciones y deslizamientos.

Riesgo de severos efectos a la salud debido al incremento de epidemias (vectores)

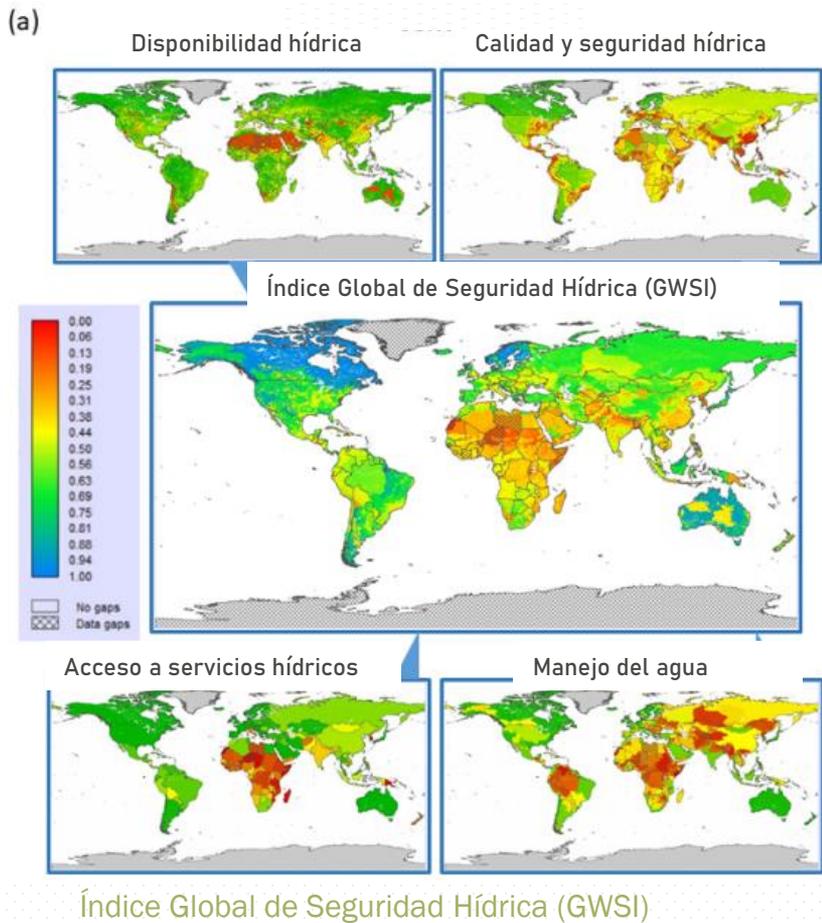
Riesgo socioecológicos en sistemas costeros por incremento del nivel del mar, erosión costera.

Riesgo sobre Perú, se estima que la probabilidad de que se produzcan eventos extremos húmedos es al menos 1,5 veces mayor que en la época preindustrial. Los distintos tipos de eventos ENSO pueden tener impactos diferenciados. Lo vivido en el 2017 dejó 1,7 millones de habitantes afectados, además de cultivos, carreteras, puentes, viviendas, escuelas y puestos de salud dañados o destruidos.

## Riesgos proyectados a finales de siglo XXI, SSP 2 4.5



# Seguridad Hídrica



Fuente: IPCC (2022) AR6 GWII Full Report

- **Casos en Latinoamérica**

# México, Jalisco

## Cambio de uso de suelo por monocultivos

En los últimos años el aguacate está de moda con una popularidad creciente.

Debido a su sabor, cremosidad y altos niveles nutricionales que han desencadenado una demanda en todo el mundo (especialmente EEUU, Europa, Japón y China).

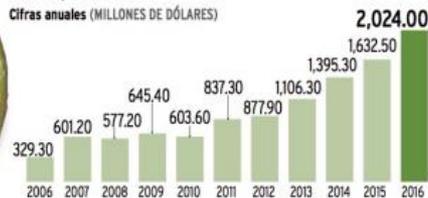
La Oferta es insuficiente y la gran Demanda hace que su precio aumente permanentemente.



### EXPORTACIONES

En los últimos años se ha observado un impulso en la demanda del aguacate en los mercados internacionales, lo que ha elevado su producción.

Cifras anuales (MILLONES DE DÓLARES)



Fuente: Banxico.

### CUADRO COMPARATIVO MENSUAL NACIONAL 2016-2017

En el 2017, el precio del aguacate creció más de 90% en un año.

Precio por kg. (EN PESOS)



Fuente: Secretaría de Economía

20%

DISMINUYÓ LA PRODUCCIÓN DE AGUACATE EN EL 2016-2017. (APEAM)

54%

DE LA PRODUCCIÓN MEXICANA SE EXPORTA. (APEAJAL)

80%

DE LOS AGUACATES CONSUMIDOS EN EU PROVIENEN DE MÉXICO. (APEAM)

65.6%

SE HA INCREMENTADO EL PRECIO DEL FRUTO EN LO QUE VA DEL 2017. (INEGI)

10 años atrás, en el municipio de San Gabriel habían 158 hectáreas de plantaciones de Aguacate, ahora, cuentan con 25000 Ha, llamadas “oro verde”.



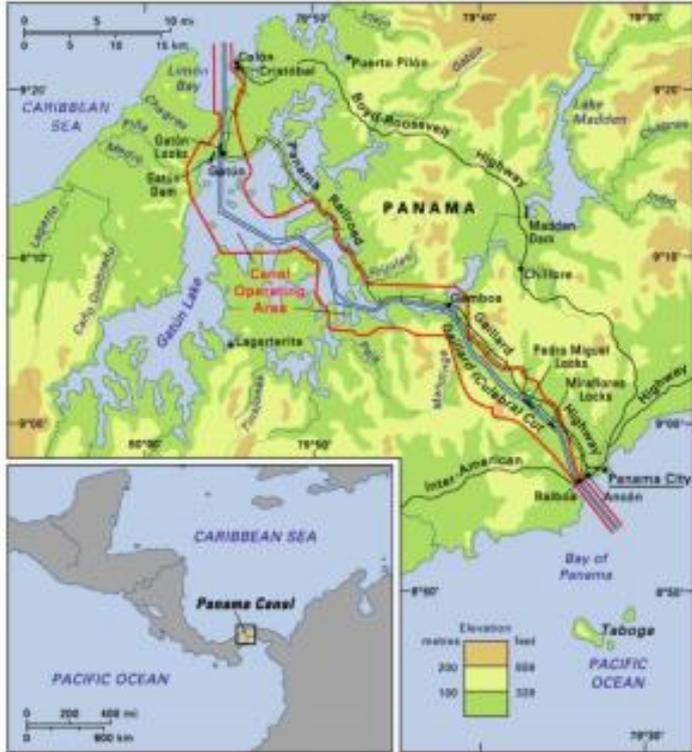
## San Gabriel y la devastación aguacatera

Por Rubén Martín  
5 de Junio de 2019 - 08:22 hr

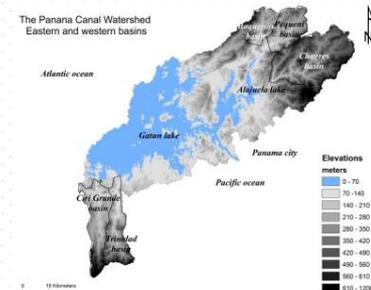


PROFEPA clausuró dos predios aguacateros en Zapotlán por presunto cambio de uso de suelo ilegal

# Panamá, Canal de Panamá



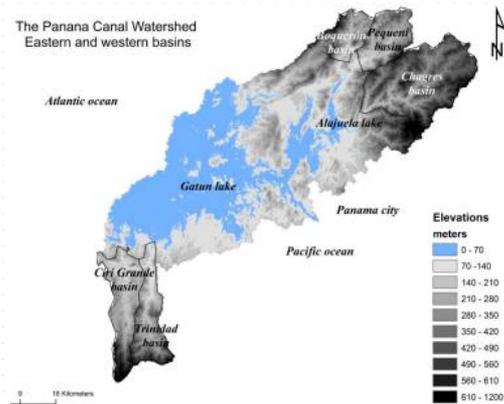
*Manejo multipropósitos del canal  
Adaptación del sistema ante variabilidad de las precipitaciones*



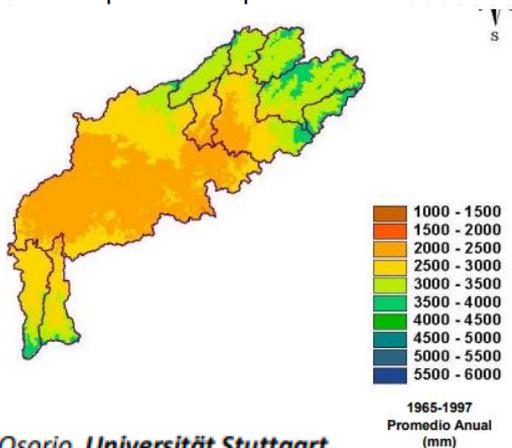
# Panamá, Canal de Panamá

Estudios de la caracterización del clima medio y sus variaciones climáticas interanuales asociadas a ENOS.

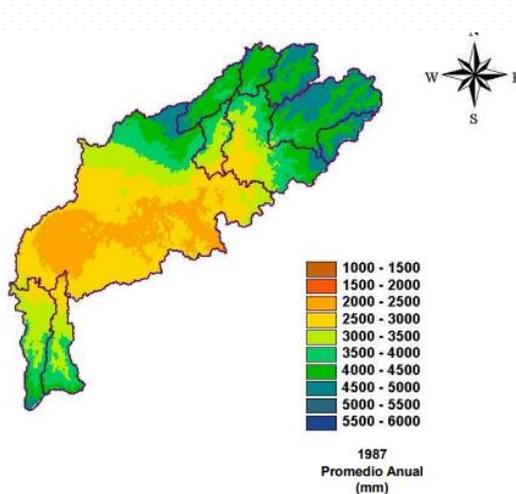
Reservorios en el Lago Gatún y Alajuela son Fuente de abastecimiento para 1.5 millones de habitantes.



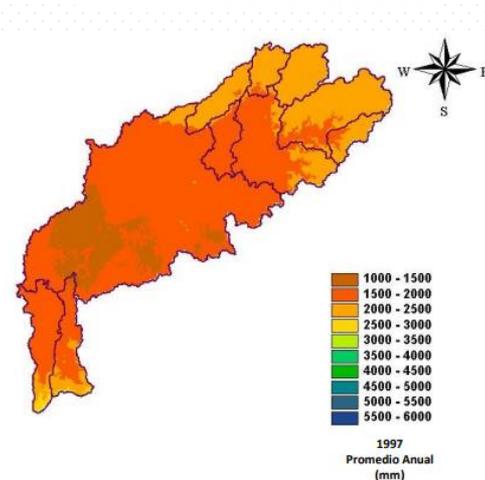
Precipitación promedio



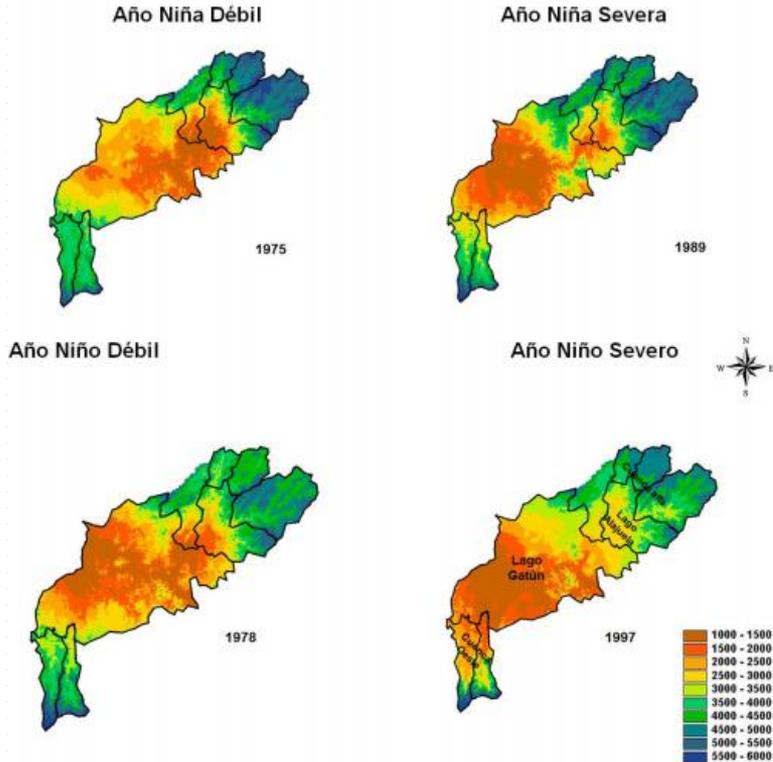
Precipitación, año húmedo



Precipitación, año seco



Precipitaciones Anuales (mm)



Fuente: Osorio, Universität Stuttgart

Conocer las conexiones hidrológicas en las cuencas es la base de la sostenibilidad hídrica frente al cambio climático.” (Osorio,H.2021)

CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO DE PANAMÁ

Distritos	1980	1990	2000	2010	1980-1990	1990-2000	2000-2010
Panamá	477,107	584,803	708,438	880,691	18%	17%	20%
San Miguelito	156,611	243,025	293,745	315,019	36%	17%	7%
Arraiján	37,186	61,849	149,918	220,779	40%	59%	32%
La Chorrera	66,974	89,780	124,656	161,470	25%	28%	23%
Área metropolitana Pacífico	737,878	979,457	1,276,757	1,577,959	25%	23%	19%
República de Panamá	1,805,287	2,329,329	2,839,177	3,405,813	22%	18%	17%



# Lima, Perú

## Estudio de caso - Modelización y control de la salida de agua del sistema de embalses de la megaciudad de Lima (Perú)

Población de Lima: 9,7 millones de habitantes

Región desértica

Consumo de agua potable (red de abastecimiento): 153 l/p/d

Suministro de agua: Red (83%), camiones de agua (9%)

Fuentes de agua y suministro de agua potable

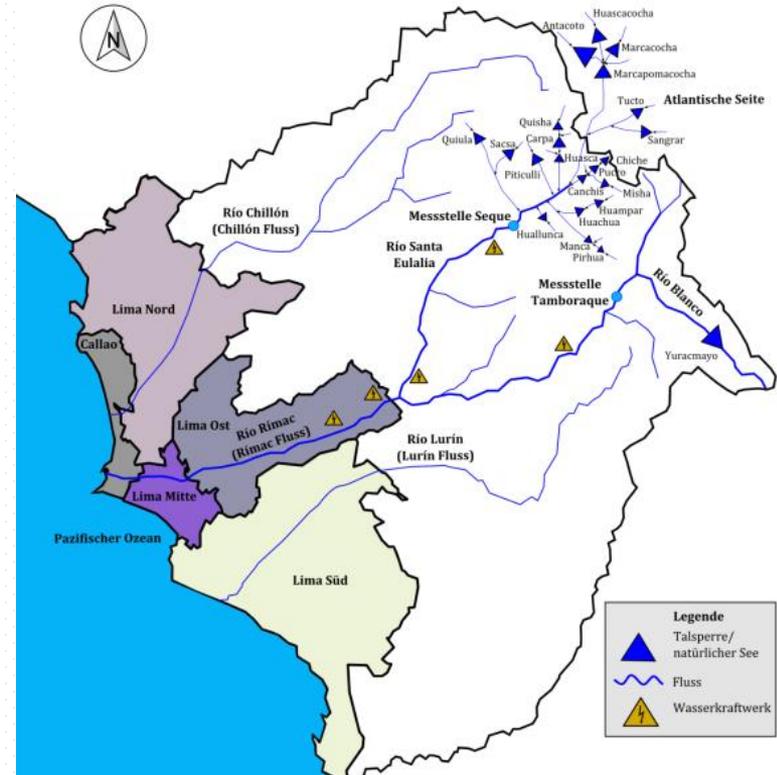
Aguas subterráneas: 17%, Agua superficial: 83% -> 79%

El sistema de embalses: 22 embalses y lagos naturales

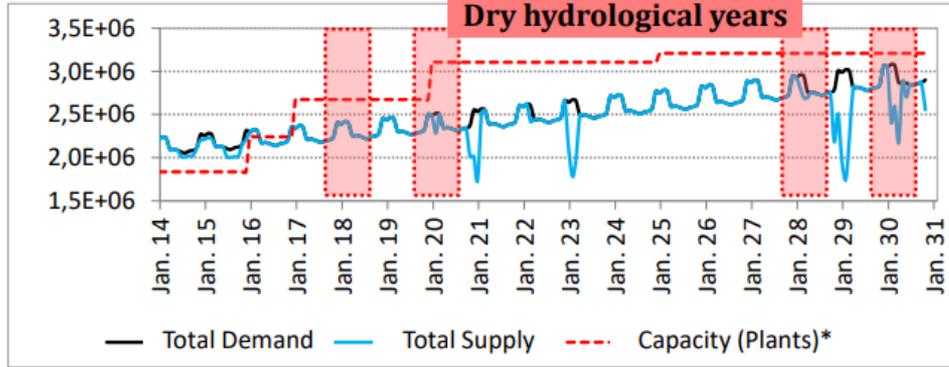
Capacidad total de almacenamiento: 332 millones de m<sup>3</sup>

Suministro de agua (agricultura e industria) 3,6 m<sup>3</sup>/s

Generación de energía (5 centrales hidroeléctricas): 30 MW- 247MW



## Evolución de la oferta y la demanda (Escenario + Todas las medidas) [m<sup>3</sup>/d]



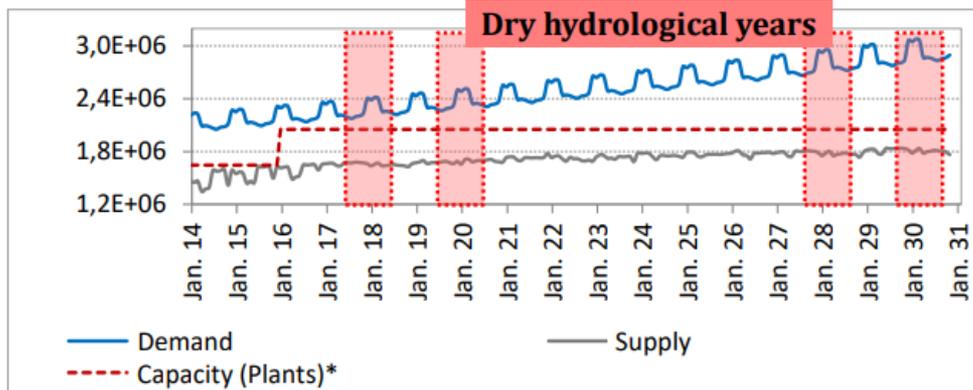
### Escenario con todas las medidas:

*Demanda: La demanda de agua podría satisfacerse casi en su totalidad*

*Suministro: Disponibilidad suficiente de capacidades de infraestructura*

*Años hidrológicos secos (supuestos):  
Impacto temporal en el suministro de agua*

## Evolución de la oferta y la demanda (Escenario sin medidas) [m<sup>3</sup>/d]



### Escenario sin medidas:

*La demanda y la oferta podrían estar muy alejadas*

*Oferta: La escasez de agua se debe sobre todo a la insuficiente capacidad de las infraestructuras.*

# Alto Paraná, Paraguay

*Proyecto de anfiteatro sostenible, como medida de gestión de el área protegida de una presa hidroeléctrica reserva natural Tatí Yupí - Itaipú Binacional*

## a. Energía solar

Paraguay, por su ubicación geográfica, tiene condiciones favorables de irradiación solar en todo su territorio (13 a 10 horas en verano e invierno).

## b. Energía eólica

Valores son muy bajos para la implantación de aerogeneradores que produzcan electricidad que pueda ser inyectada en la red. Pequeñas turbinas eólicas .

## c. Clima del lugar de estudio

La combinación del comportamiento térmico y pluvial condiciona un clima húmedo, lluvioso y megatérmico según la clasificación de Thornthwaite.



Fuente: Prof. M.Eng. Zulma Jiménez

Refrigeración mecánica: a través de dos unidades enfriadoras de agua (water chiller), con equipos tipo Manejadoras de Aire horizontales y Fan Coils del tipo horizontal para conductos. Con provisión e instalación de sistema de monitoreo

Ventilación natural, estudios de ventilación e iluminación natural en espacios interior que lo necesiten

Manejo sostenible del Agua, aguas grises y negras y aprovechamiento de aguas de lluvia. Reducción del uso de agua de la Red. Utilización de cisternas de doble descarga, etc.

Acondicionamiento del entorno al proyecto, identificación de especies vegetales existentes, en peligro de extinción y en general las especies y sus efectos en el proyecto. Creación de lugares de protección exterior, del sol, de lluvias, accesibilidad de discapacitados, conectores de facilitación, microclimas, taludes de acondicionamiento térmico.



VISTA GENERAL DEL AUDITORIO

Orientación de las aberturas e implantación, teniendo en cuenta el soleamiento y las corrientes de aire predominantes según la ubicación del terreno y las influencias exteriores, como masa de agua, bosques, vegetación aledaña.

Climatización pasiva, a través de pozos subterráneos

Iluminación natural a través de lumiductos (auditorio y foyer)

Materiales; rendimiento de los acabados en paredes, suelos, interiores (que impacten mínimamente en la calidad del aire interior), materiales de aberturas y de exteriores duraderos y con poca necesidad de mantenimiento

Siembra de vegetación Nativa

Impacto; influencia del Proyecto en el proceso de la construcción

Reducción de desperdicio de materiales de obra

Protección de la exposición al sol y control natural de la temperatura (confort térmico)

Diseño que permita la entrada del sol y dependa menos de la iluminación artificial

Uso de energías alternas y renovables

Materiales y procedimientos naturales para regular la temperatura, la humedad y la renovación del aire y su calidad.

## Techos verdes



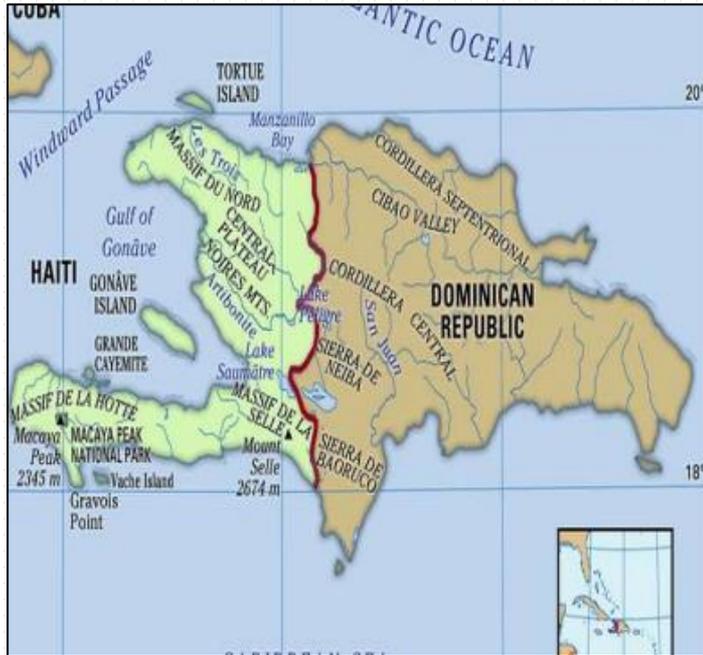
## Bloques de suelo prensado



UNIVERSIDAD CATÓLICA NTRA. SRA. DE LA ASUNCIÓN CENTRO DE TECNOLOGÍA APROPIADA ITAIPIU BINACIONAL	
	
CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE AUDITORIO - ANFITHEATRO	
UBICACIÓN: REFUGIO BIOLÓGICO 1401 YUPU - HERRNANDARIAS	ESCALA: ———
REALIZADO POR: CTA	LÁMINA: A-400-03
FECHA: 07.05.2012	

# Haití, hacia Latinoamérica

## *Efectos del cambio climático, migraciones ambientales*



País con el índice de desarrollo humano más bajo; pobreza multidimensional.

En 2010, el terremoto que sacudió el país causó la muerte de más de 300.000 personas, más de 1,5 millones de personas sin hogar.

En 2012 y 2016, dos huracanes azotaron Haití. La llegada de migrantes haitianos puso de manifiesto las tensiones existentes y la ausencia de instrumentos normativos y políticas adecuadas para hacer frente a una situación de esta naturaleza.

Elaborar documentos informativos para el Foro Especializado en Migración del MERCOSUR y Estados Asociados - FEM.

Proponer al Poder Legislativo brasileño que, a través de un proyecto de ley específico, se realicen cambios en la nueva Ley de Migraciones de Brasil incluyendo disposiciones que reserven derechos y obligaciones a los migrantes ambientales.

Fomentar el debate entre las Organizaciones No Gubernamentales de Argentina y Brasil que trabajan en la recepción de migrantes ambientales, para que exista un intercambio de información periódica y actualizada sobre el ingreso a los respectivos países.

Gráfico 6: Mapa de la movilidad haitiana a Brasil (Fernandes, 2014).



Migraciones entre 2011 al 2016.

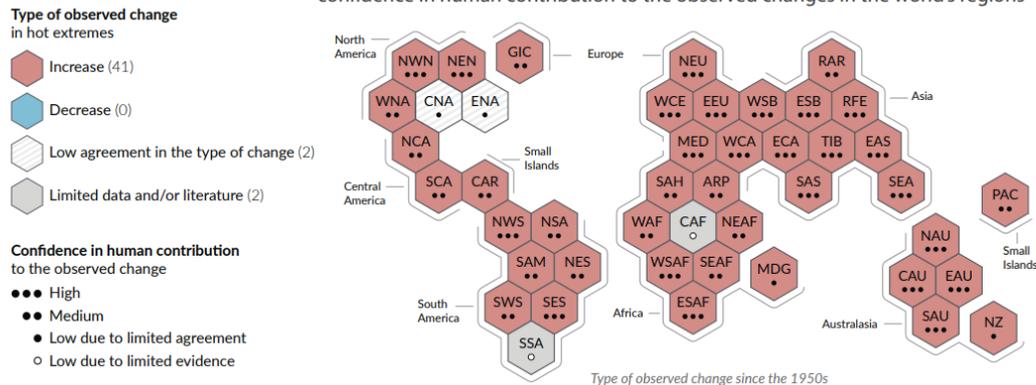
Country	Quantity (per 1.000)
Argentina	1.165
Brasil	67.226
Chile	17.849
Colombia	1.375
Venezuela	6.509

# Herramientas para la gestión del cambio climático en el Perú

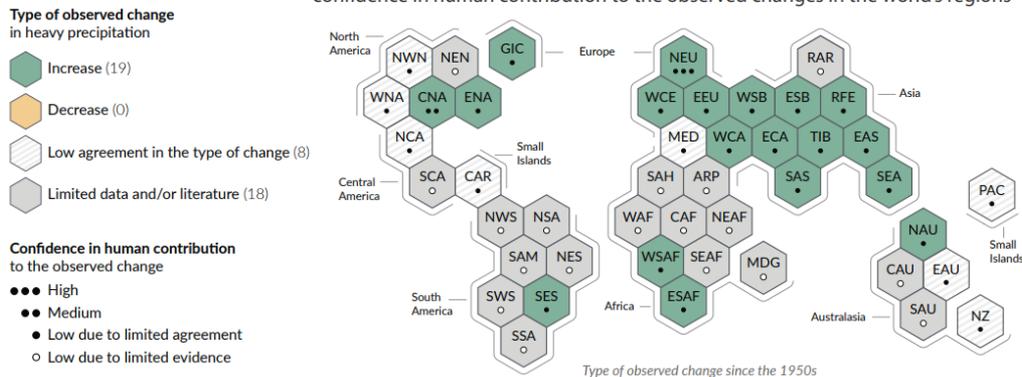


# Cambios observados en temperaturas extremas y precipitaciones intensas

(a) Synthesis of assessment of observed change in **hot extremes** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

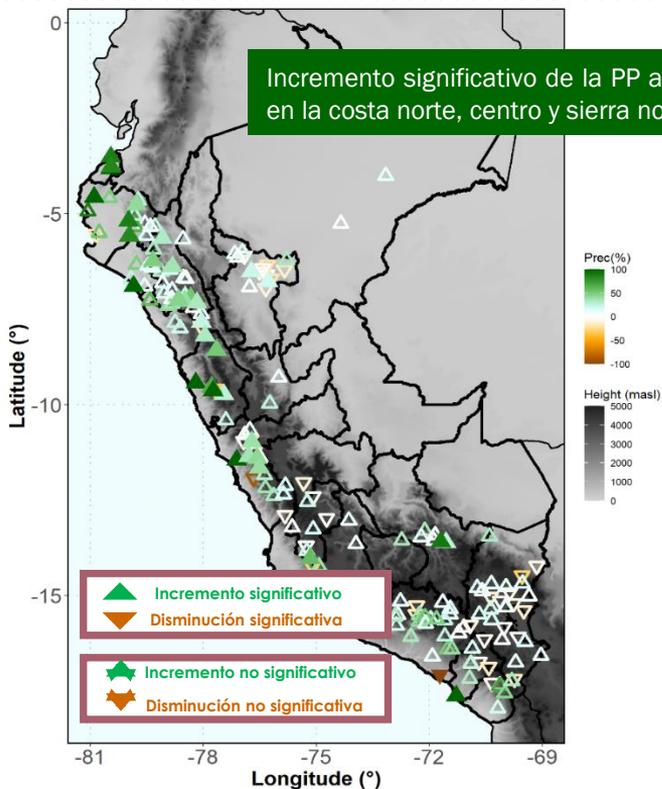


(b) Synthesis of assessment of observed change in **heavy precipitation** and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



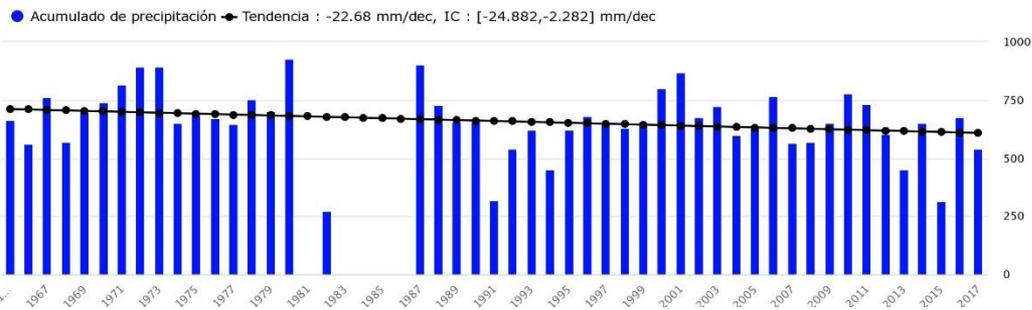
# TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL (%)

Incremento significativo de la PP anual en la costa norte, centro y sierra norte



## ESTACIÓN METEOROLÓGICA ACOMAYO

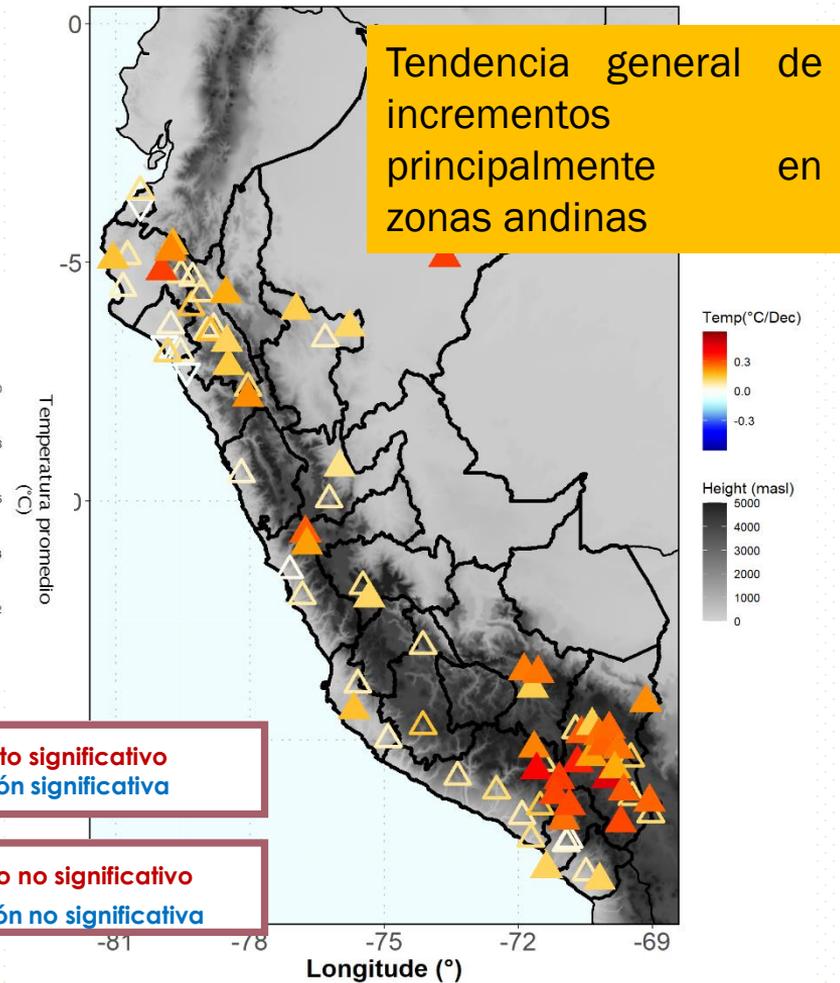
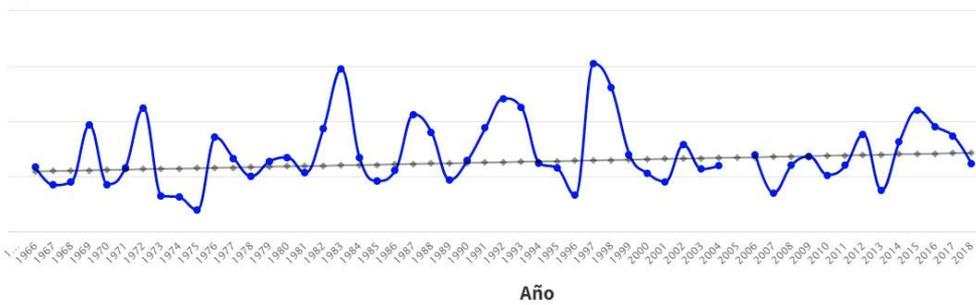
Latitud: -13.93 | Longitud: -71.68 | Altitud: 3227 msm  
Periodo: 1965 - 2017



# TENDENCIA DE TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL (°C/década)

**ESTACIÓN METEOROLÓGICA REQUE**  
 Latitud: -6.90 | Longitud: -79.85 | Altitud: 15 msm  
 Período: 1965 - 2018

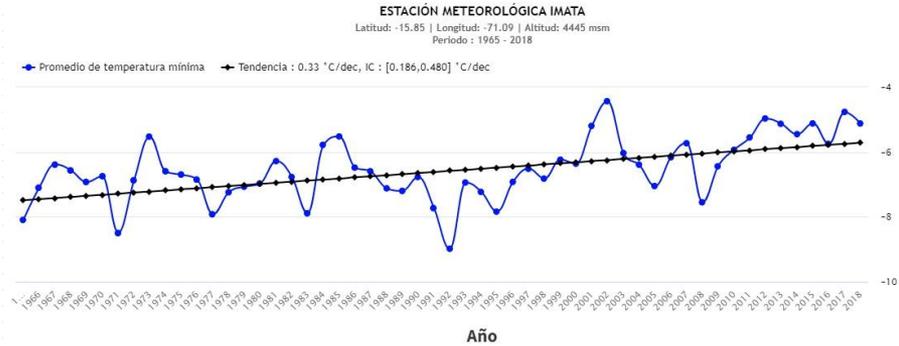
● Promedio de temperatura máxima    ▲ Tendencia : 0.13 °C/dec, IC : [-0.059,0.298] °C/dec



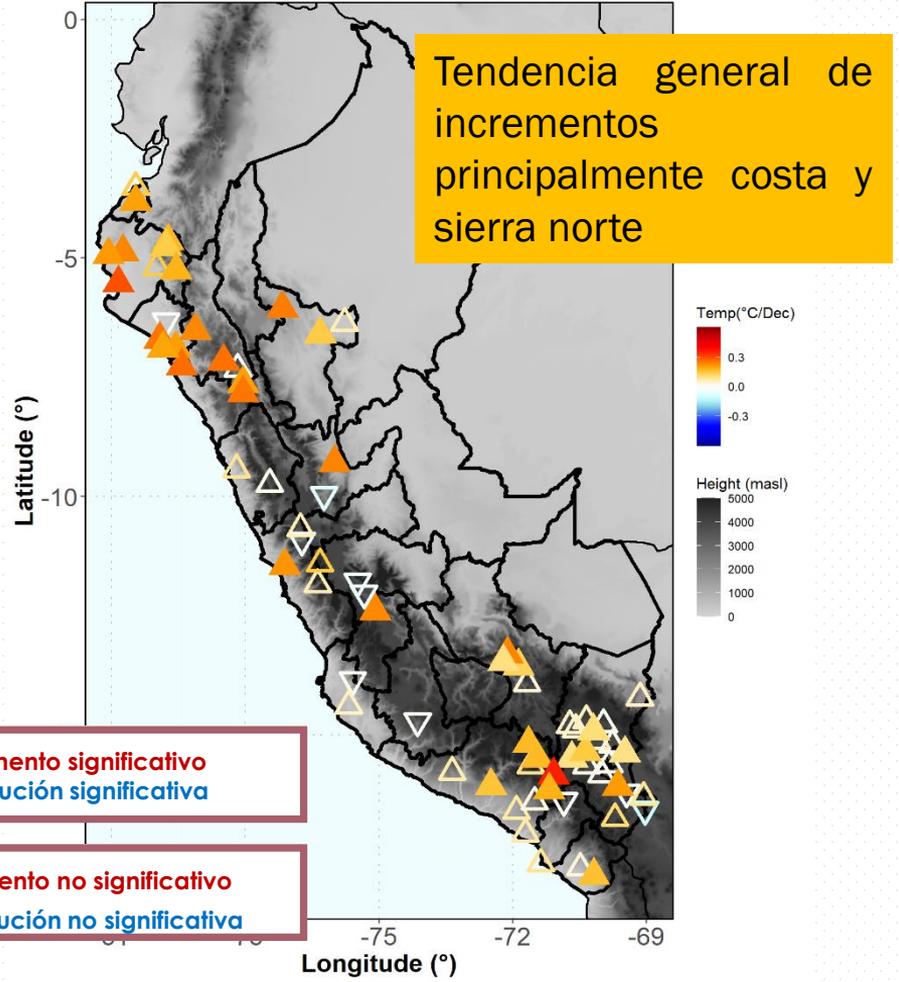
▲ Incremento significativo  
 ▼ Disminución significativa

△ Incremento no significativo  
 ▽ Disminución no significativa

# TENDENCIA DE TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL (°C/década)



	<b>Incremento significativo</b>
	<b>Disminución significativa</b>
	<b>Incremento no significativo</b>
	<b>Disminución no significativa</b>

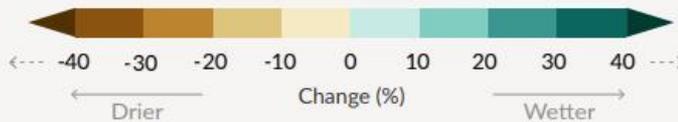
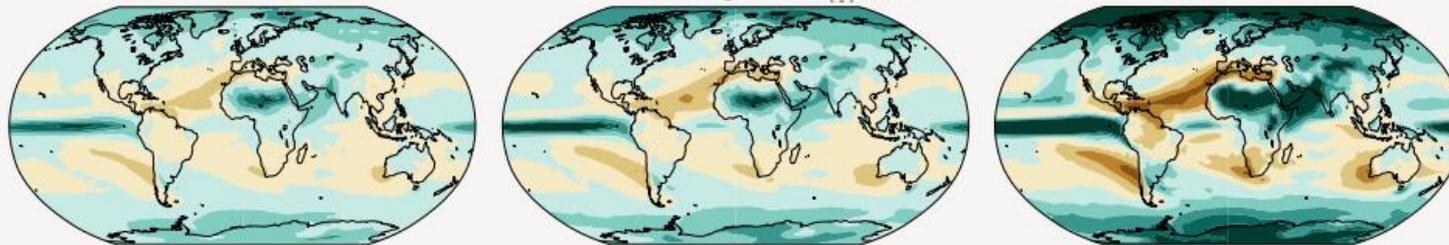
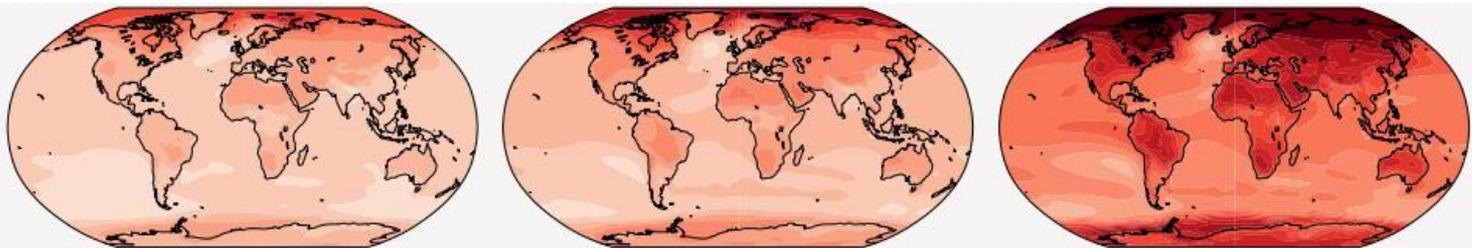


# Cambio de temperatura media anual ( $^{\circ}\text{C}$ ) en relación con 1850-1900

## 1.5 $^{\circ}\text{C}$

## 2 $^{\circ}\text{C}$

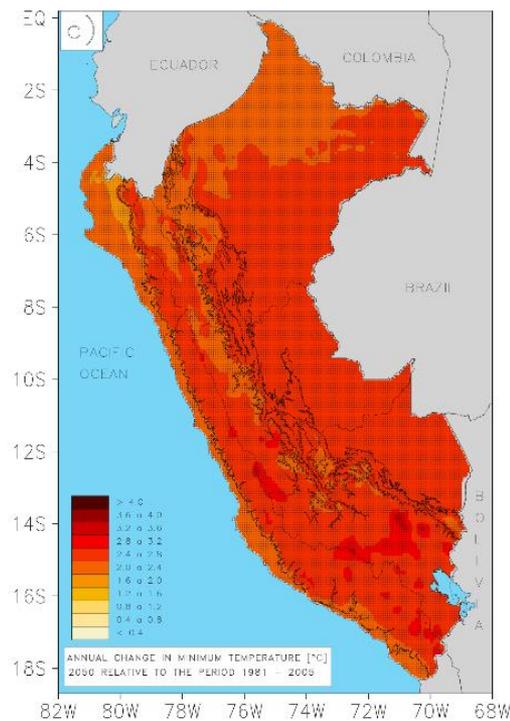
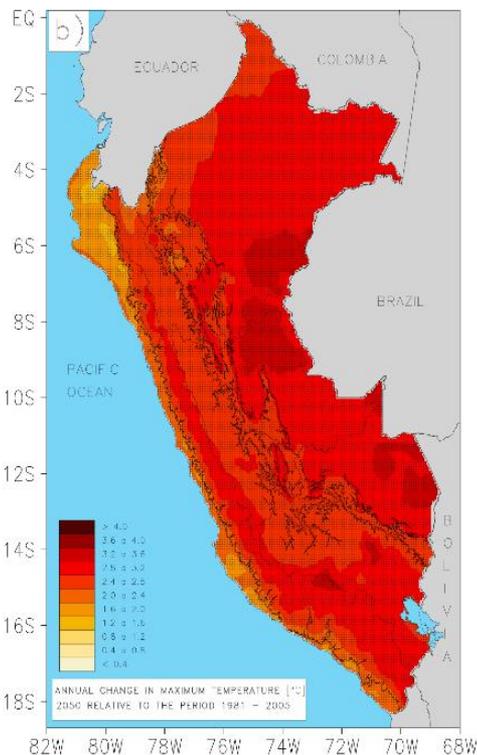
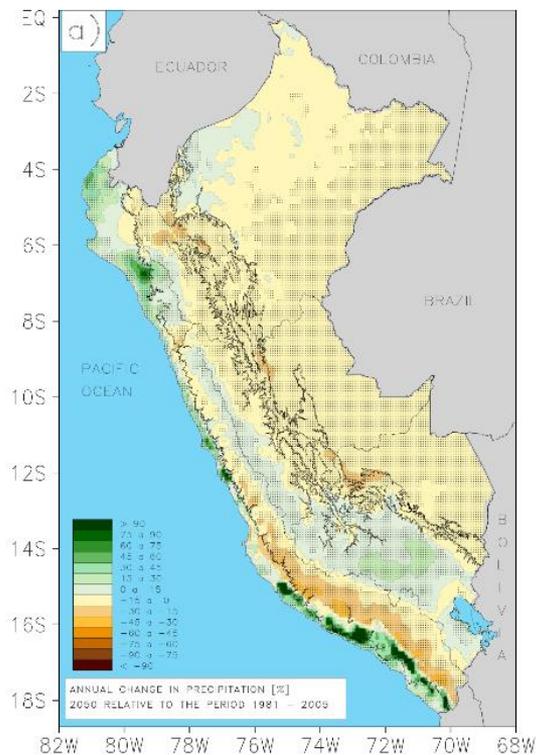
## 4 $^{\circ}\text{C}$



Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions

IPCC AR6 WG1 (2021)

# Escenarios climáticos en el Perú al 2050 SENAMHI (2021)



<https://hdl.handle.net/20.500.12542/1470>

<https://idesep.senamhi.gob.pe/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>

## LINEAMIENTOS GENERALES QUE ORIENTAN LA APLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN CLIMÁTICA SOBRE TENDENCIAS HISTÓRICAS, EVENTOS EXTREMOS Y PROYECCIONES DE ESCENARIOS CLIMÁTICOS NACIONALES

### I. OBJETIVO

Establecer los lineamientos generales que orientan la aplicación de la información climática sobre tendencias históricas, eventos extremos y proyecciones de escenarios climáticos nacionales.

### II. FINALIDAD

Contar con un instrumento técnico orientador, con base científica y técnica, para la aplicación de la información climática sobre tendencias históricas, eventos extremos y proyecciones de escenarios climáticos nacionales. Dicha información servirá como base para realizar estudios integrados generados por las autoridades sectoriales y regionales sobre el impacto, vulnerabilidad, riesgos y adaptación ante los efectos del cambio climático; así como su aplicación para el desarrollo de herramientas para la gestión integral del cambio climático.

### III. MARCO NORMATIVO

Después del Acuerdo de París en el 2015 y su ratificación ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en el 2016, se instala en el Perú el Grupo de Trabajo Multisectorial de naturaleza temporal encargado de generar información técnica para orientar la implementación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (GTM-NDC).

<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/00701SENA-1278.pdf>

# Instrumentos de Gestión



## ORIENTACIONES PARA EL ANÁLISIS DEL CLIMA Y DETERMINACIÓN DE LOS PELIGROS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Nota Técnica N° 00I-2019/SENAMHI/DMA  
SENAMHI-Perú

<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-12.pdf>

[Ministerio del Ambiente](#)

# Perú ya cuenta con su Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático hacia el 2050

Nota de Prensa

En el marco de implementación de nuestro desafío climático (NDC), Minam aprueba instrumento que promueve reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático.

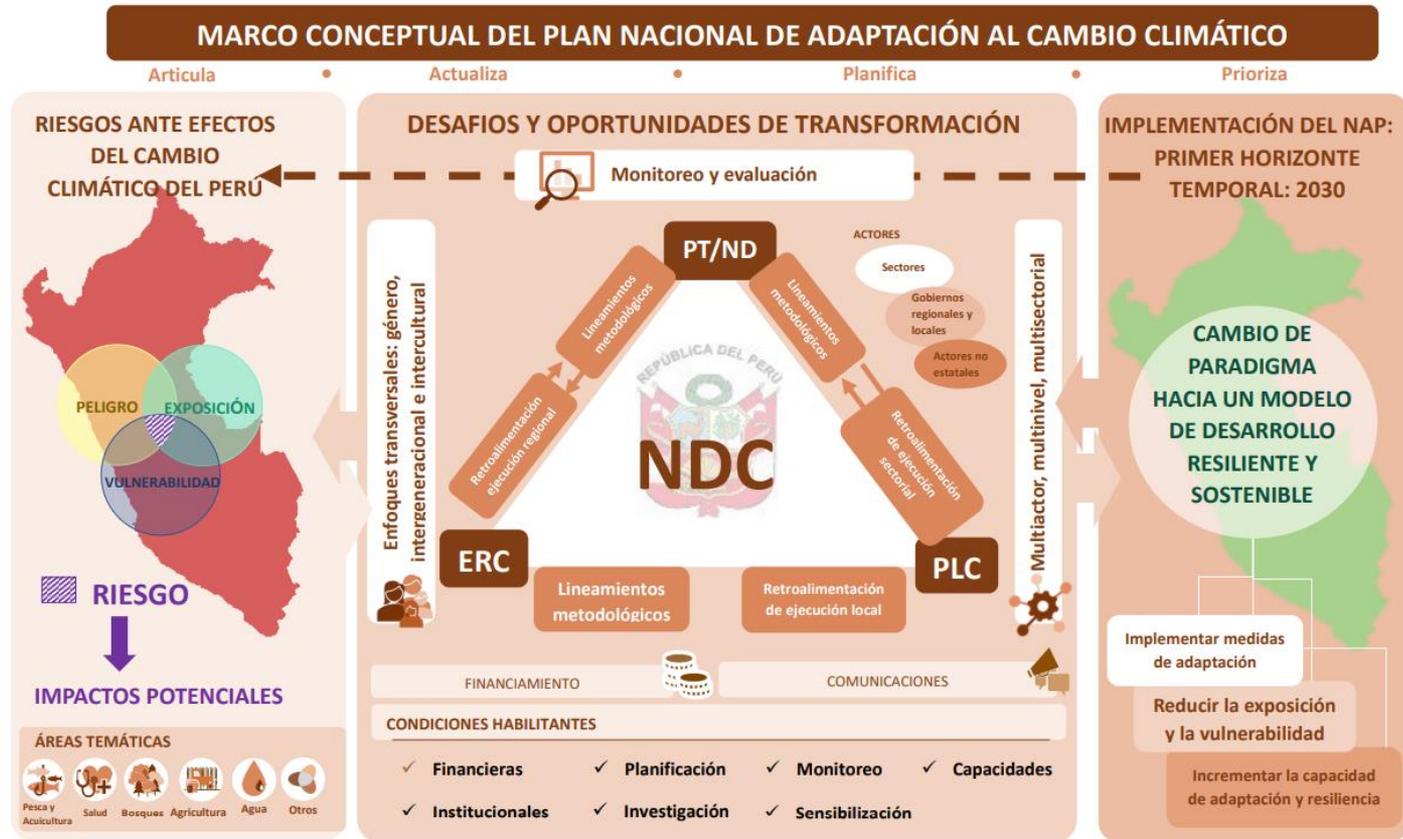


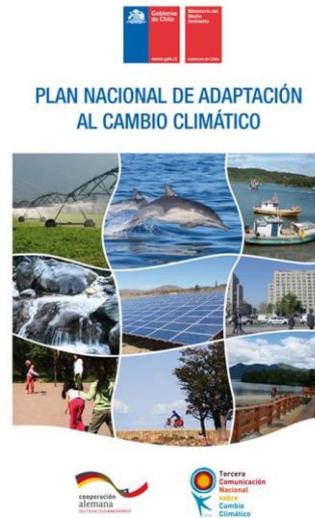
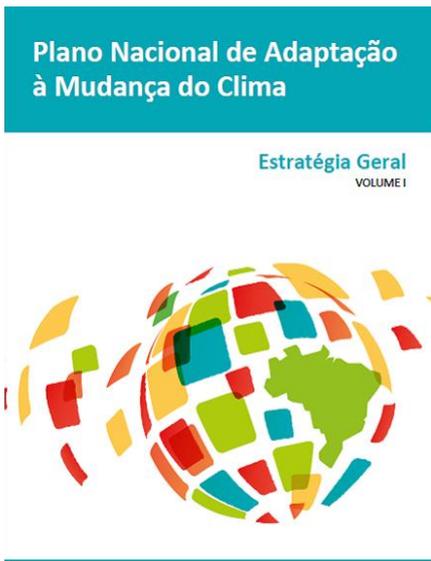
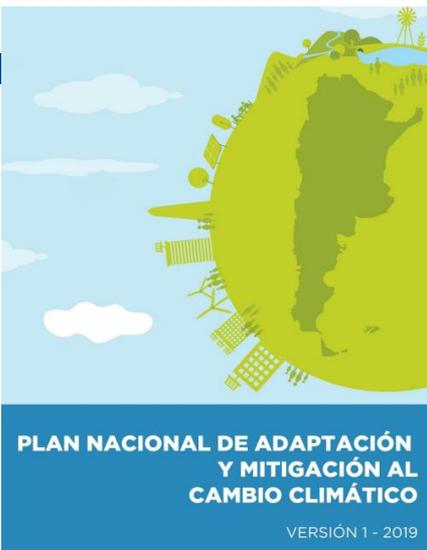
*Resolución Ministerial*  
*Nº 096 -2021-MINAM*

**Incorporación de la información climática de tendencias y proyecciones climáticas para la Adaptación en el Perú: Caso del Plan Nacional de Adaptación**

<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/1955977-096-2021-minam>

Figura 7. Marco conceptual del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático





# Conclusiones

- Latinoamérica es una región muy diversa, heterogénea en su topografía, en sus ecosistemas, zonas urbanas y rurales, demografía, economía, culturas y climas.
  - La región depende fuertemente de la actividad agrícola, petrolera y minera.
  - Contiene a una de las zonas pobladas con Comunidades Indígenas más grandes del mundo, las cuales tienen tazas altas de inequidad.
  - La pobreza y extrema pobreza está creciendo en la región incluso en zonas urbanas, pero principalmente en población infantil, femenina, migrantes, comunidades indígenas, jóvenes.
  - Los desafíos socioeconómicos han sido evidenciados en la crisis originada por la COVID19.
-

# Conclusiones

- Es necesario crear más capacidades en el país tanto para la realización de experimentos utilizando computación de alto rendimiento, como personal especializado de alto nivel (doctorado) en aspectos de modelación climática y aplicaciones de información meteorológica a través de información satelital.
  - La importancia de la colaboración internacional es evidente y requiere no sólo de oportunidades, sino de la comprensión de que la construcción de las mismas requiere de perseverancia y trabajo constante.
-

# Conclusiones

- Los eventos extremos (sequías, lluvias intensas, olas de calor, etc) han venido impactando en la región de LA y se proyecta que estas continúen. Estas están asociadas con un menor abastecimiento de agua, impacto en la producción agrícola, pesca artesanal, seguridad alimentaria y salud.
- Somos una región altamente vulnerable al cambio climático, mucha de nuestra riqueza en biodiversidad sería negativamente impactada a futuro.
- Al respecto, el SENAMHI viene acompañando a los sectores, gobiernos regionales, locales, empresas privadas y otras a incorporar información confiable sobre cambio climático para que les permita generar las medias más apropiadas de acuerdo a las necesidades de cada uno y ayudándolos a priorizar regiones y acciones para la adaptación a los cambios en el clima, preparación ante eventos extremos, uso de energías sostenibles, etc.

**Gracias por su atención!**

*[bsulca@senamhi.gob.pe](mailto:bsulca@senamhi.gob.pe)*



<https://www.gob.pe/senamhi>