



# IX SEMINARIO

La sostenibilidad un punto de encuentro

**DIFERENTES ENFOQUES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO**

ISSN: 2323-90096 (En línea)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**



# PROTECCIÓN FINANCIERA MEDIANTE INSTRUMENTOS DE RETENCIÓN Y TRANSFERENCIA DEL RIESGO

**Diego Alejandro Guzmán Arias** Prof. Asistente UPB – Bucaramanga, Investigador wadi lab. USP-São Carlos.  
daga2040@hotmail.com; daga2040@usp.br; diego.guzman@upb.edu.co

**Prof. Doctor Eduardo Mario Mendiendo** Investigador wadi lab. USP-Sao Carlos.  
emm@sc.usp.br



**COLCIENCIAS**  
Ciencia, Tecnología e Innovación



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR DE ANTIOQUIA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

# Contenido



- Introducción
- Contextualización
- Estrategias y métodos
- Abordajes



# Motivaciones



- Cambios globales están incrementando la incertidumbre sobre los contratos de seguros “Primas” (impactos de origen hidroclimatológico).
- Escasez de informaciones base para el análisis, por fuera del negocio asegurador.
- Análisis bajo una perspectiva o contexto regional diferencial (económico y social).



# Introducción

## Eventos extremos de origen hidrometeorológico



<http://www.folharegiao.com.br/sao-carlos/pol%C3%ADcia/chuva-causa-alagamento-em-sao-carlos-sp>



[http://www.telemetro.com/internacionales/Peligros-Paulo\\_0\\_742126784.html](http://www.telemetro.com/internacionales/Peligros-Paulo_0_742126784.html)

<https://www.mindomo.com/mindmap/hurricane-s-e9323abc2314cebb7139763d3e4d47e>



<https://planteayresuelve.wordpress.com/2012/05/18/inundaciones-y-deslizamientos-de-tierra-en-rio-de-janeiro/>



<http://mickhartley.typepad.com/blog/2014/06/blair-nebraska.html>



<http://www.liveline.co>



<https://seeker401.wordpress.com/2013/02/08/new-england-readies-for-historic-snow-storm-the-world-is-warming/>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Introducción

## Cambios globales



© Pablo Lopez-Luz/Foundation for Deep Ecology

<https://www.terrapass.com/extreme-heat-il>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Introducción

## Cambios globales



<https://www.terrapass.com/extreme-heat-il>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Introducción

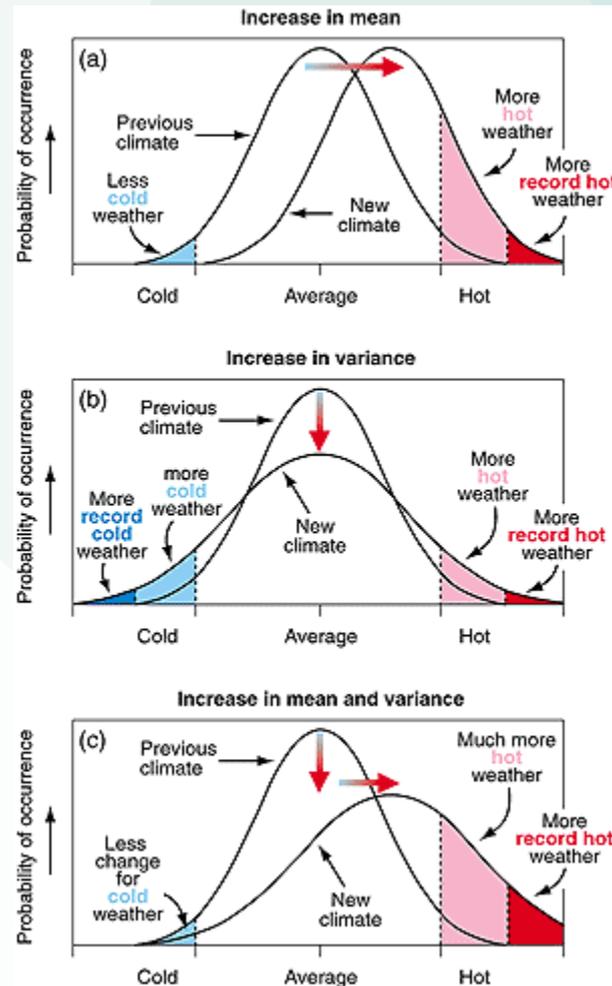
## Cambios globales



2009-080 @ INKCINCT Cartoons www.inkcinct.com.au

# Introducción

## Cambios globales



<https://www.terrapass.com/extreme-heat-il>



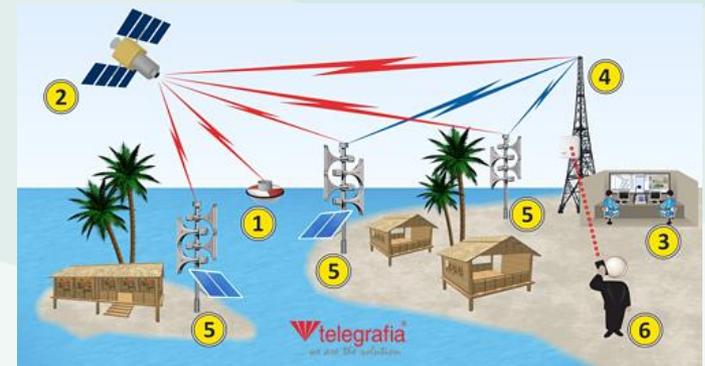
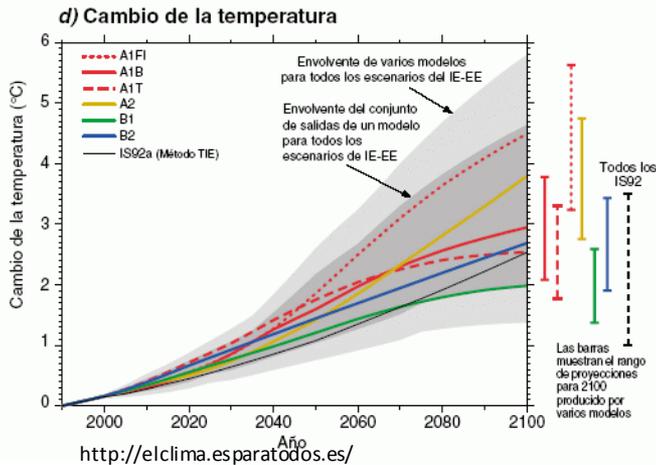
# Introducción

## Como enfrentarlos?

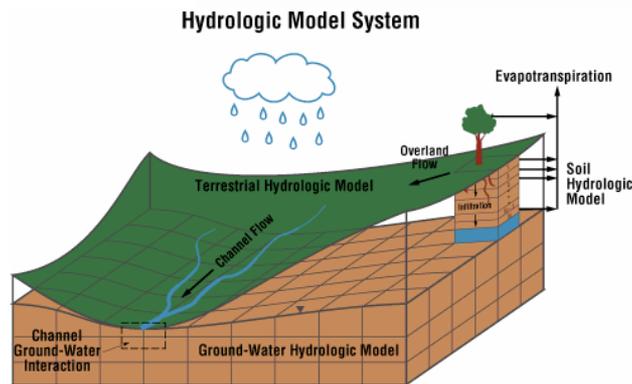


# Introducción

## Medidas complementarias



<http://www.telegrafia.eu/>



<http://www.essc.psu.edu/hms>



<http://saraperu.com/2016/06/21/simulacros-de-emergencias-que-son-y-para-que-sirven/>



<http://blog.hipos.com/>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA | FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Introducción



<http://www.colombia.com/deportes/ciclismo/sdi/159437/tour-de-francia-rigoberto-uran-y-lo-que-usted-no-vio-de-su-premiacion>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Introducción

## Resiliencia



### Marco del acuerdo Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030

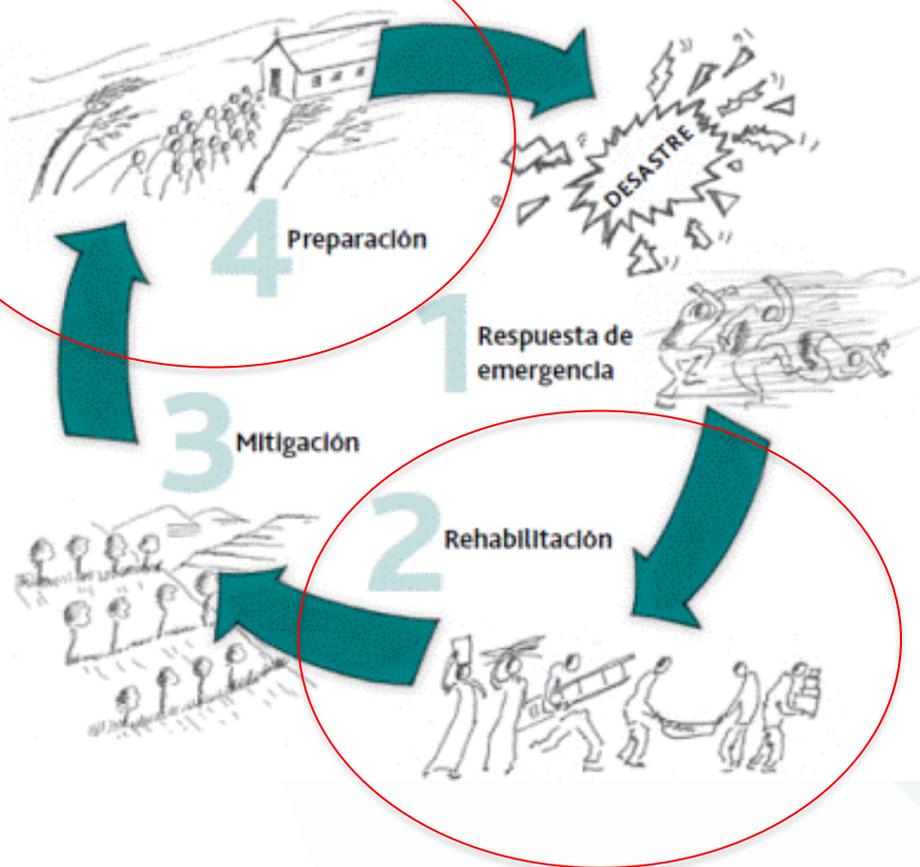
#### Prioridades de acción:

**Prioridad 1:** Comprender el riesgo de desastres.

**Prioridad 2:** Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.

**Prioridad 3:** Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.

**Prioridad 4:** Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y para **“reconstruir mejor”** en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.



# Introducción



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Contextualización

Transferencia del riesgo:

Estrategia de gestión de riesgos en la que un riesgo que no puede ser asumido, se traslada a otra parte (el asegurador) mediante una póliza de seguro.

<http://blog.hipos.com/>



# Contextualización

- Contratos de seguros (tamaño):
  - Reaseguros
  - Micro seguros (Asia, África, A. Latina)
- Capital base:
  - Público (National Flood Insurance Program NFIP – EU)
  - Mixto
  - Privado
    - Empresas sector asegurador
    - Comunitario
- Fondos de contingencia
- Seguro Indexado (Agrícola)



[http://www.indiaonline.com/article/news-sector-others/the-dynamics-of-excess-of-loss-reinsurance-113111404400\\_1.html](http://www.indiaonline.com/article/news-sector-others/the-dynamics-of-excess-of-loss-reinsurance-113111404400_1.html)

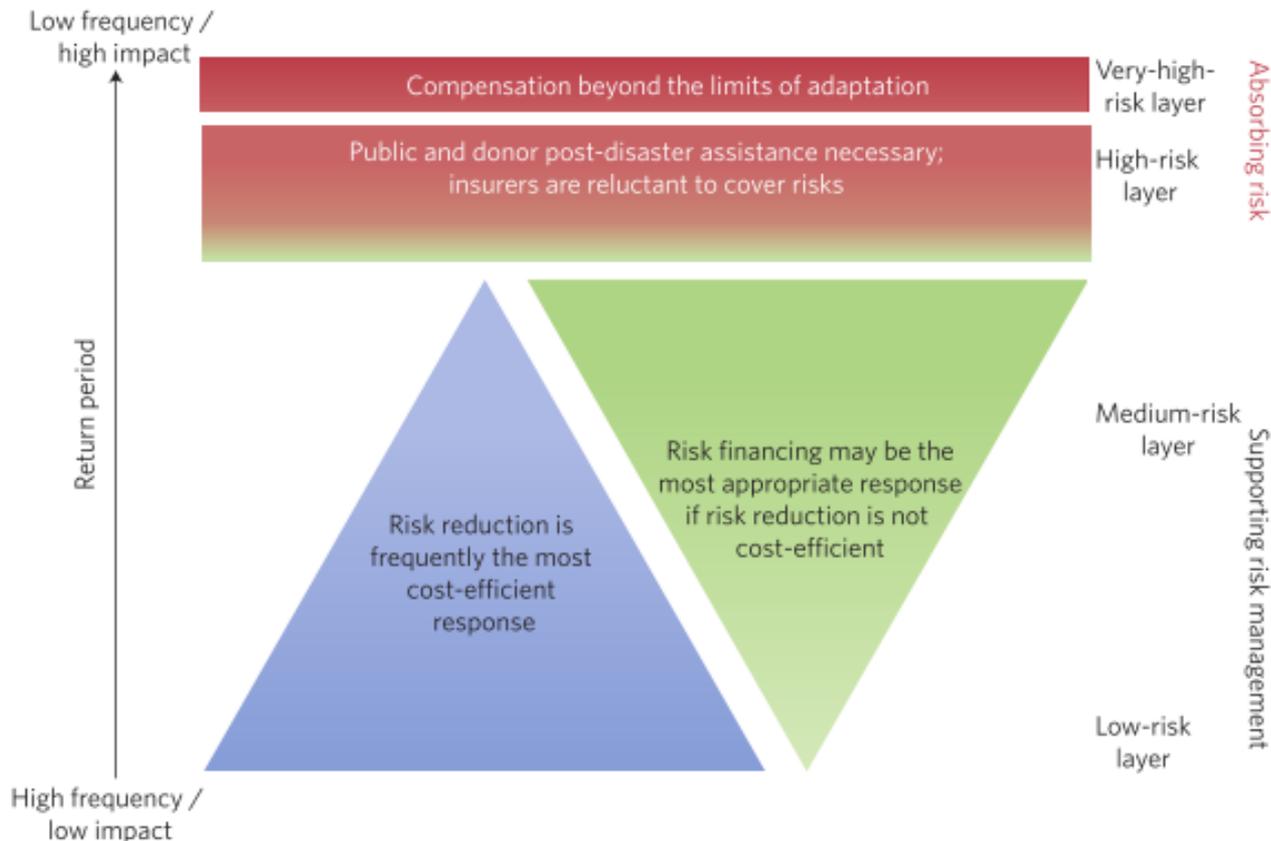


# Contextualización

Hasta que monto la Transferencia de riesgos es indicada:



La sostenibilidad un punto de encuentro

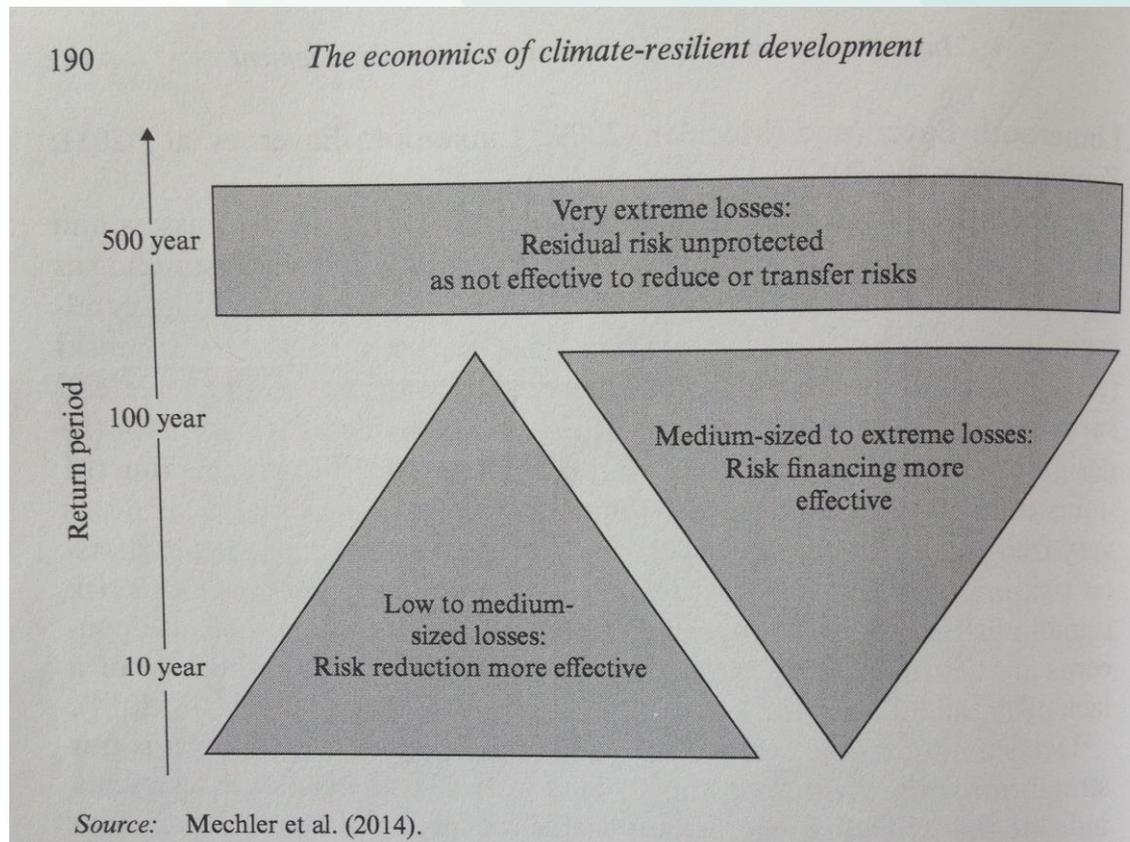


1. Mechler R, Bouwer L, Linnerooth-Bayer J, Hochrainer-Stigler S, Aerts J, Surminski S, et al. Managing unnatural disaster risk from climate extremes. Nat Clim Chang. 2014;4(April):235–7.



# Contextualización

Hasta que monto la Transferencia de riesgos es indicada:



1. Mechler R, Bouwer L, Linnerooth-Bayer J, Hochrainer-Stigler S, Aerts J, Surminski S, et al. Managing unnatural disaster risk from climate extremes. *Nat Clim Chang*. 2014;4(April):235–7.



# Contextualización



## THE ECONOMIC THEORY OF INSURANCE

KARL BORCH

Bergen

(Notes for an informal discussion in Edinburgh, 1 June 1964)

**2.3.** — In classical theory our simple problem is solved by applying the *Principle of Equivalence*. According to this principle, the premium should be equal to expected claim payments + administrative costs. This means that  $x$  should be determined by

$$x = p + \frac{1}{n} C(n)$$

where  $C(n)$  is the cost involved in selling and managing a portfolio of  $n$  contracts. If we assume that costs can be split up into “fixed” and “variable” costs, we can write

$$C(n) = C_1 + nC_2$$



# Contextualización



De la ecuación de Borch:

$$x = p + \frac{I}{n} C_{(n)}$$

Si es solo estimado

$$x = p$$

La prima de seguro es conocida como la prima o **premio actuarialmente justo.**

Importancia de:  $\frac{I}{n} C_{(n)}$



# Contextualización



Kunreuther (2013). Si las pérdidas de cada individuo son estadísticamente independientes unas de las otras, la ley de los grandes números dicta que la pérdida promedio es casi seguramente cercana a la pérdida esperada:

*Si los eventos  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \dots$  son independientes;  $\bar{L} = E(L)$ . En este caso una compañía de seguros casi siempre será capaz de cubrir las pérdidas sin tener que utilizar otros fondos.*



# Contextualización



Kunreuther (2013). Finalmente “La prima actuarialmente justa se determina por la frecuencia esperada de pérdidas, es decir, la probabilidad de pérdida "P" y el monto económico de la pérdida "L". Así pues, la prima actuarialmente justa será igual a:

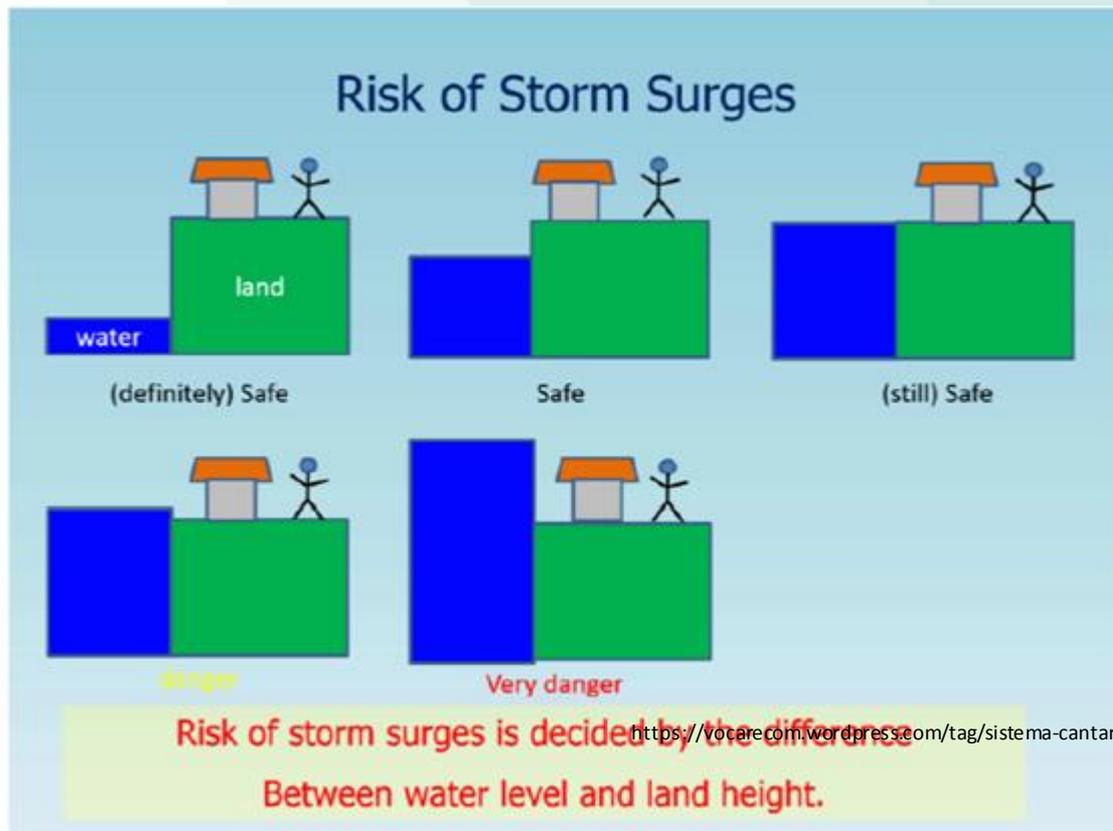
$$\underline{P * L}$$

¿Cuánto más " $p * L$ " cada consumidor estaría dispuesto a pagar? depende de su aversión al riesgo o hasta que riesgos esta dispuesto a asumir y cuanto transfiere.



# Contextualización

## Aversión al riesgo



# Contextualización

## Aversión al riesgo



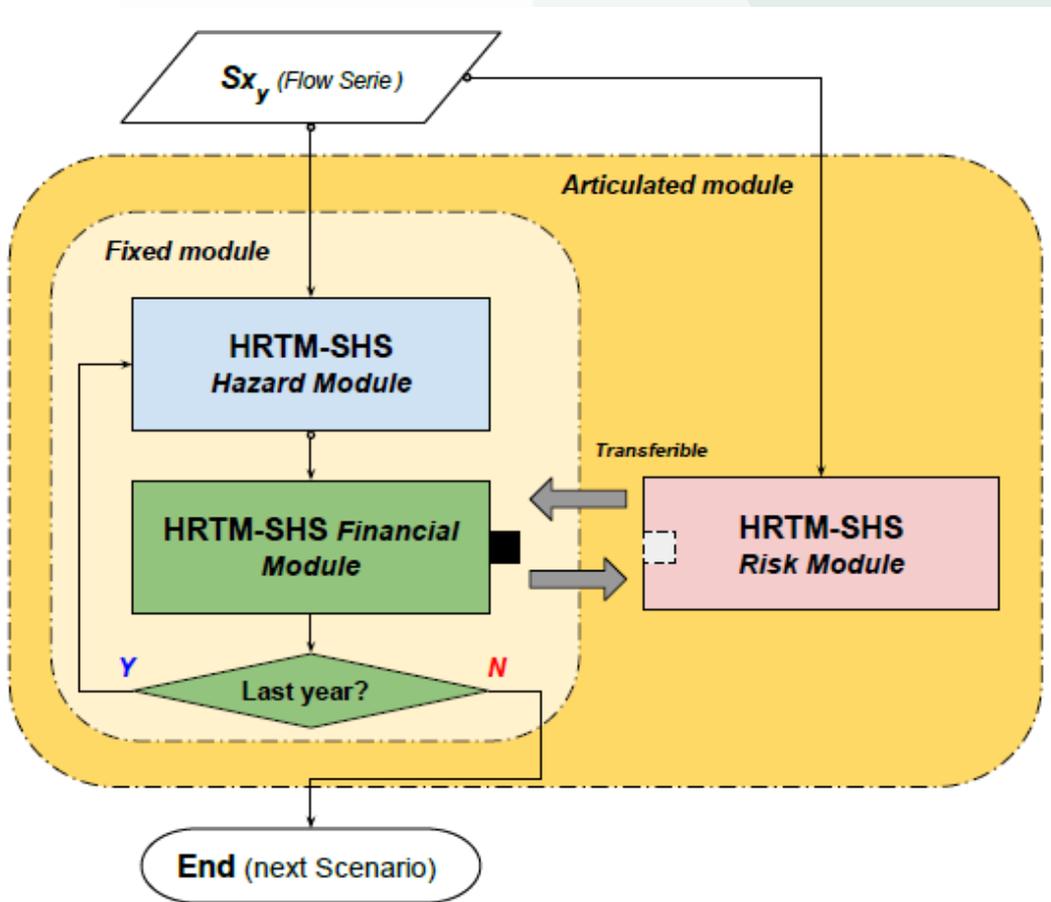
<https://vocare.com.wordpress.com/tag/sistema-cantareira/>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Estrategias y métodos



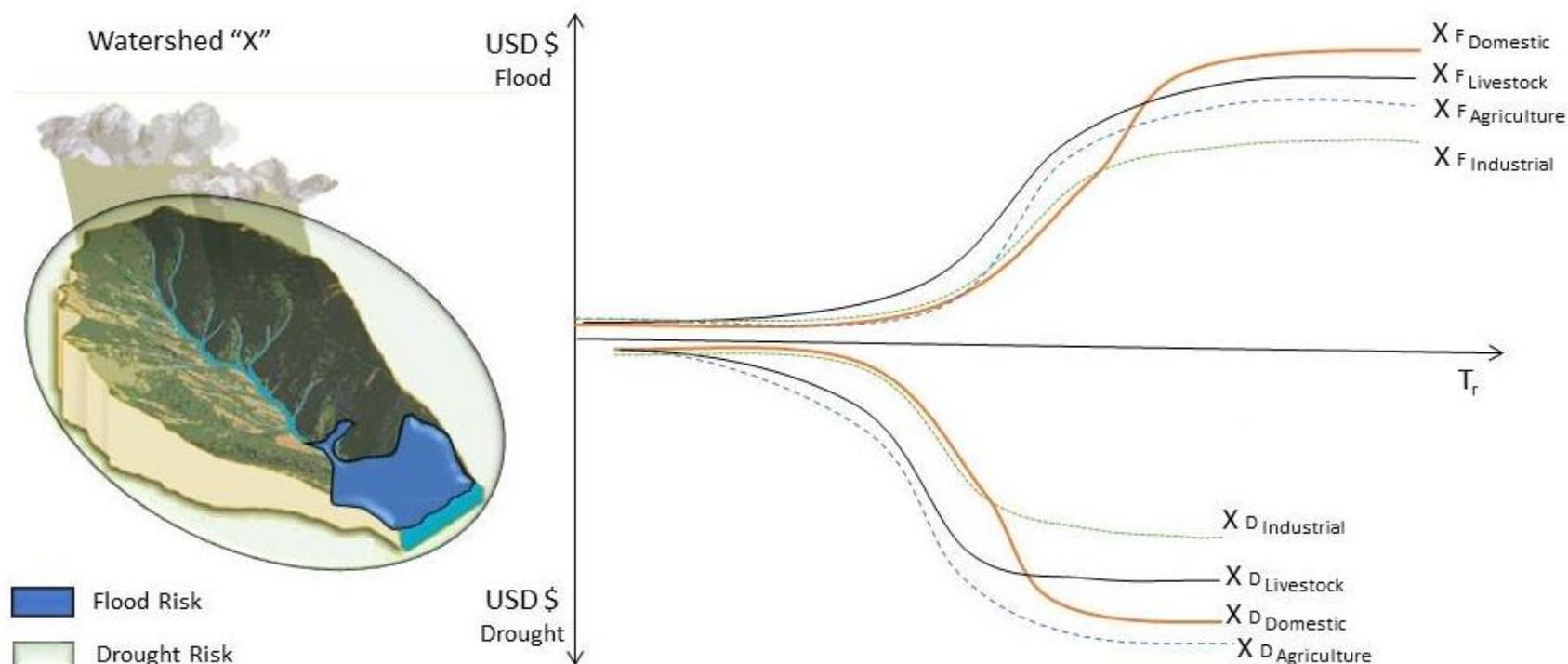
<https://www.reasonwhy.es/actualidad/e/empresa/crece-la-contratacion-de-personal-de-marketing-y-ventas-2015-07-01>



# Estrategias y métodos



Área de análisis: Cuenca y de obligatoria adquisición



# Estrategias y métodos



- Módulo de peligro: Selección de las series **hidrológicas** a evaluar.
  - Series de máximos o mínimos anuales
  - Series de duración parcial
  - Series de índices de flujo bajo ( $Q_{7,10}$ )
  - **Series de déficit máximo anual**
  - Series de máximos o mínimos sobre un nivel de umbral.
  - Curvas de duración de caudal



# Estrategias y métodos



- Mohor GS, Mendiendo EM. Economic indicators of hydrologic drought insurance under water demand and climate change scenarios in a Brazilian context. *Ecol Econ.* 2017;140:66–78.

In an insurance mechanism the premiums are calculated by means of the expected risk of an event (Cummins & Mahul, 2008; Vaughan & Vaughan, 2013), i.e. the probability (Şen, 2015) multiplied by the averaged losses. In the drought (minimum extreme event) risk context, the premium takes the form of Eq. 3.3.

$$\text{Insurance premium} = \text{Averaged Losses} * \left( 1 - \left( 1 - \frac{1}{\text{Return Period}} \right)^n \right) \quad 3.3$$

where  $n$  is the number of successive years, considered to be the insurance policy length of 50 years.



# Estrategias y métodos



Así la función de almacenamiento de fondo de seguros esta dada por la expresión:

$$SA_i = SA_{i-1}(1 + tx_1) + P_i - I_i - L_i(1 + tx_2)$$

SINHA, T., & Dionne, G. (2001). *Handbook of Insurance*

Donde  $i$  es el índice del año,  $SA$  es el saldo almacenado en unidades monetarias,  $tx_1$  es la tasa de interés incidente sobre el capital almacenado,  $I$  es la indemnización,  $P_i$  la prima paga por el asegurado y  $L_i$  es la cuota de préstamo anual paga e el año  $i$  y  $tx_2$  los intereses incidentes sobre el préstamo.



# Estrategias y métodos



## Función de optimización del fondo de seguro:

$$D_{x,y}^b = D_{x,y}^{urb}(r_{urb}) + D_{x,y}^{ani}(anr_{ani}) + D_{x,y}^{ag}(r_{ag}) + D_{x,y}^{ind}(r_{ind}) + D_{x,y}^{dilu}(r_{dilu})$$

$$SA_i = SA_{i-1}(1 + tx_1) + P_i - I_i - L_i(1 + tx_2)$$

$$F.O = \min \sum_{i=1}^N (D_{t\$} - SA) \quad \mathbf{1.}$$

$$F.O. = \min(SA_N) \quad \mathbf{2.}$$

Restricted to:

$$L_N = 0$$

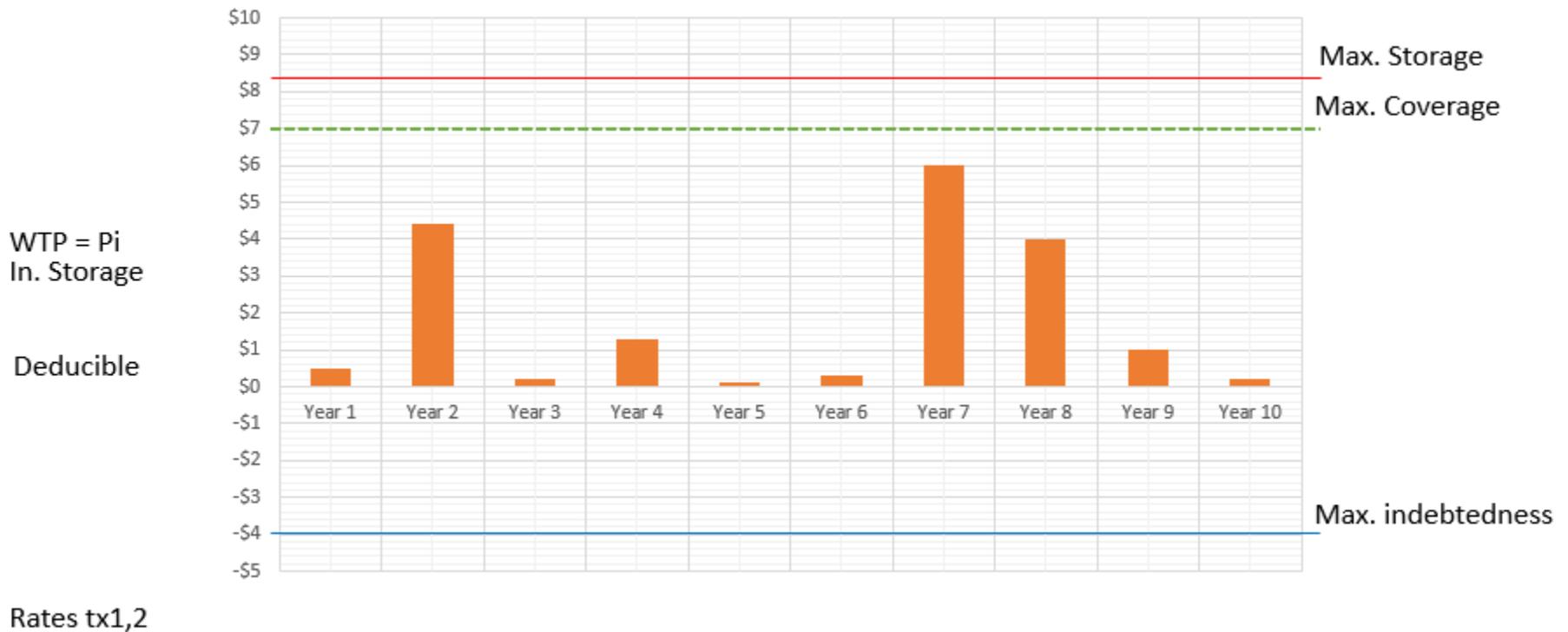
$$SA_i = SA_{i-1}(1 + tx_1) + P_i - I_i - L_i(1 + tx_2) - At_i + [d_i]^*$$



# Estrategias y métodos



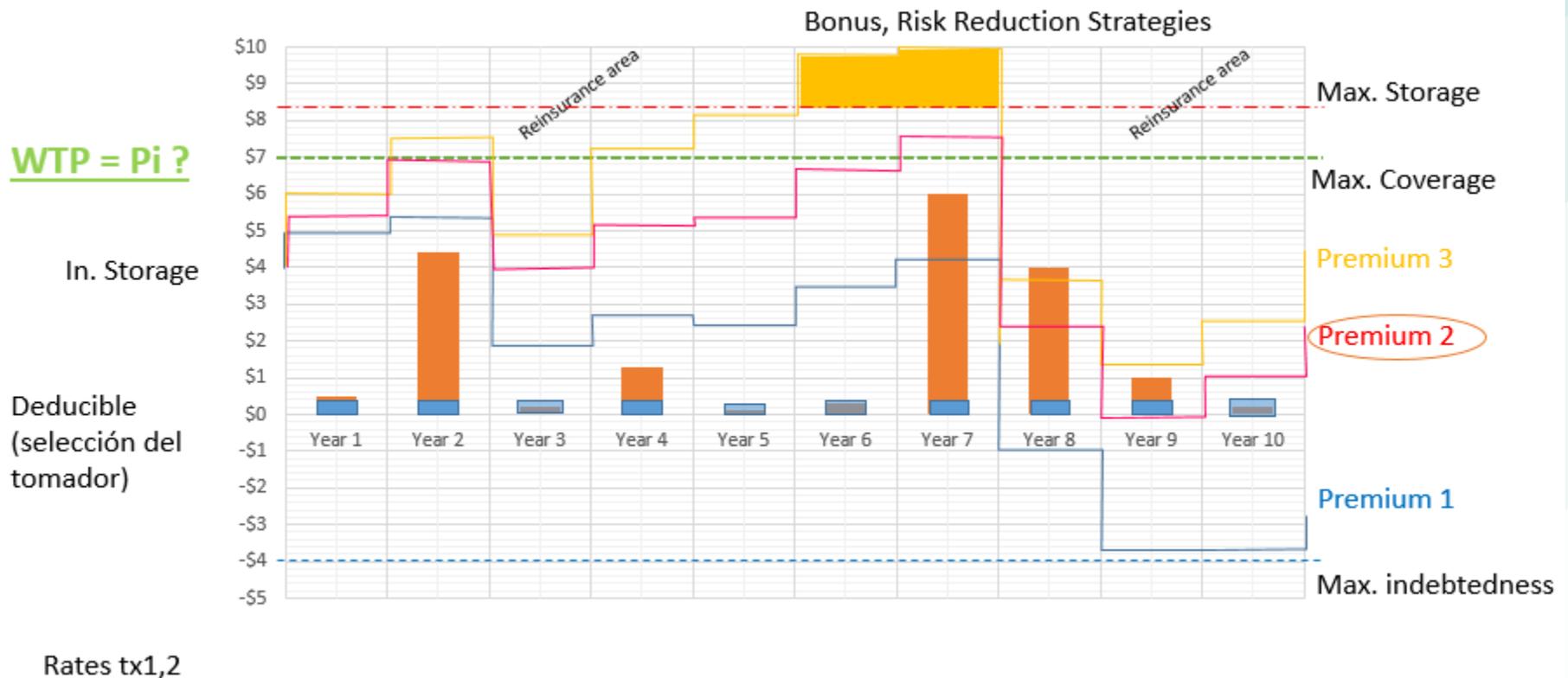
- Modulo de financiero



# Estrategias y métodos



- Modulo de financiero



# Estrategias y métodos

- Modulo de riesgo \$\$\$\$\$\$\$\$\$



<http://aquapurif.es/impacto-de-la-sequia-en-la-agricultura/>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Estrategias y métodos

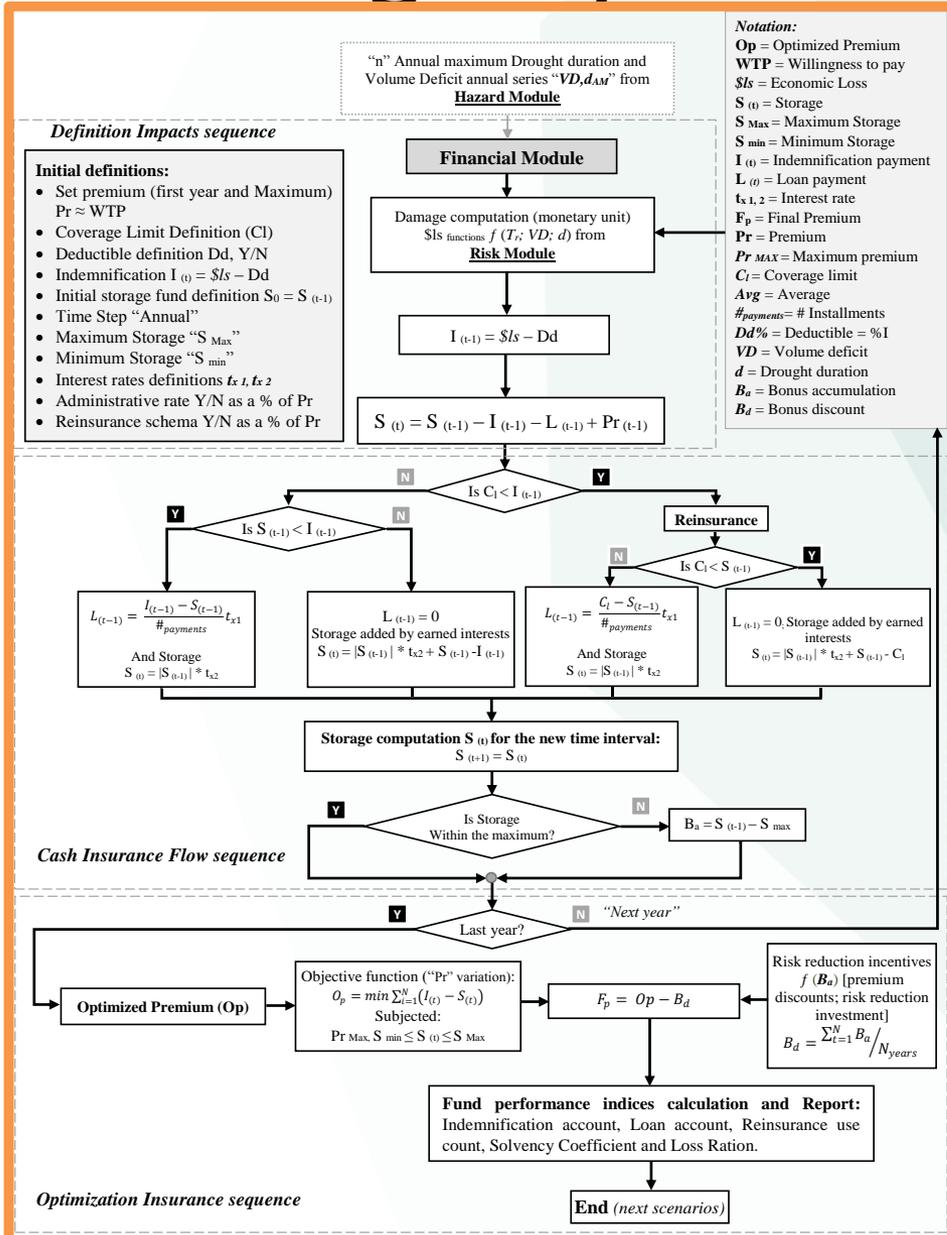
- Modulo de riesgo \$\$\$\$\$\$\$\$



# Estrategias y métodos



## Módulo de financiero



# Estrategias y métodos



**Coefficiente de Solvencia:** Capacidad del fondo de responder por sus compromisos.

$$CS = \left( \frac{P_{\text{ótimo\_medio}} - Prej_{\text{medio}}}{Prej_{\text{medio}}} \right) 100\%$$

**Coefficiente de Eficiencia:** Evalúa la probabilidad de ocurrencia de una serie en o no por límite de cobertura.

$$SÉRIE EFICIENTE = P_{\text{ótimo\_medio}} - P_{\text{ótimo\_serie}} > 0$$

$$CE = \frac{N^{\circ} \text{ series eficientes}}{N^{\circ} \text{ series total}} 100\%$$

**Índice de siniestralidad:** Evalúa el porcentual de comprometimiento de las primas recaudadas frente a la ocurrencia de eventos.

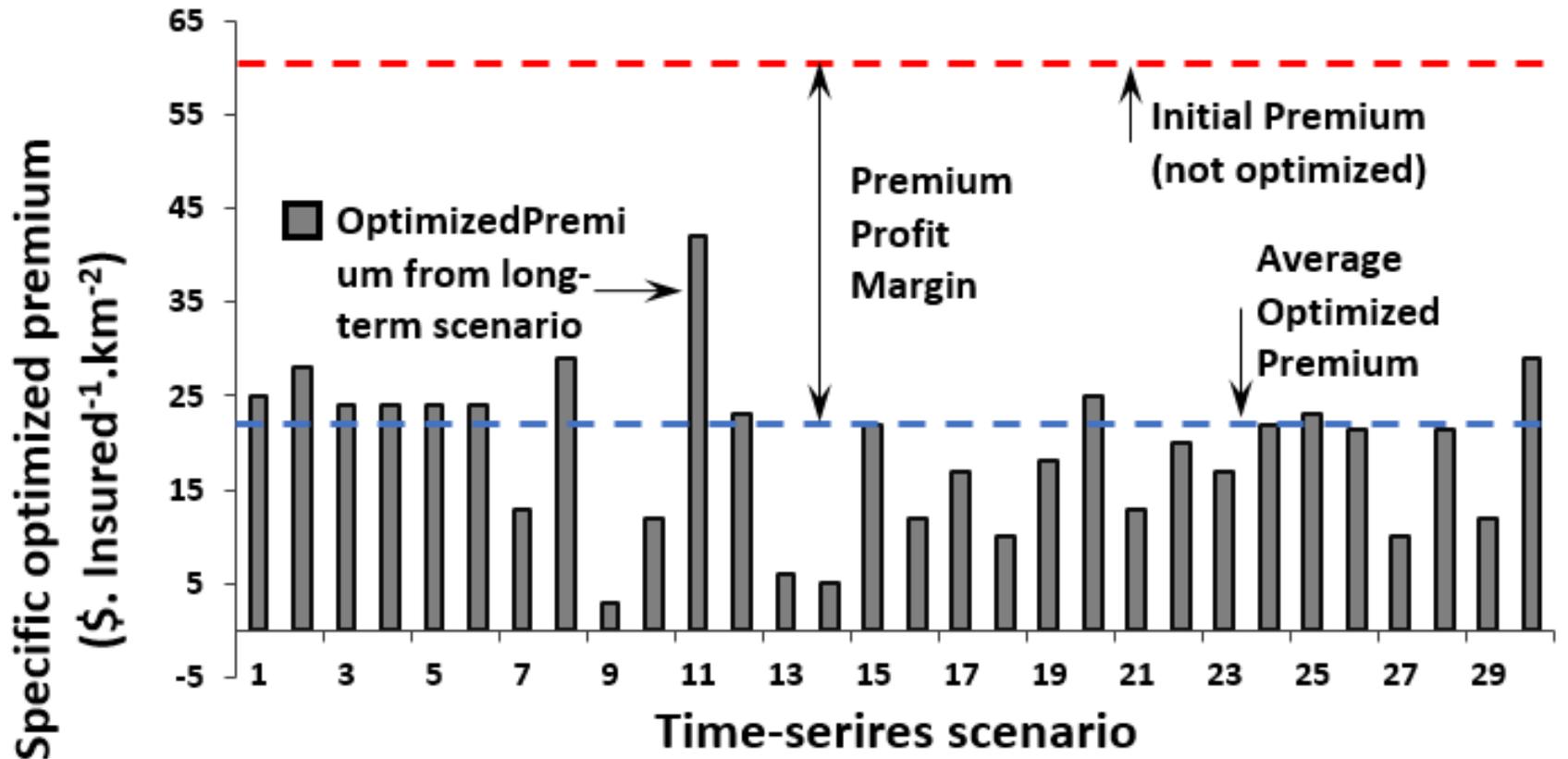
$$IS = \frac{Prej_{\text{medio}}}{P_{\text{ótimo\_medio}}} 100\%$$

**Loss ratio (relación de pérdidas):** Relación entre el total de las indemnizaciones pagas y el total recaudado en primas.

$$Loss Ratio = \frac{\sum \$ Claims Paid}{\sum \$ total earned premiums} \times 100$$



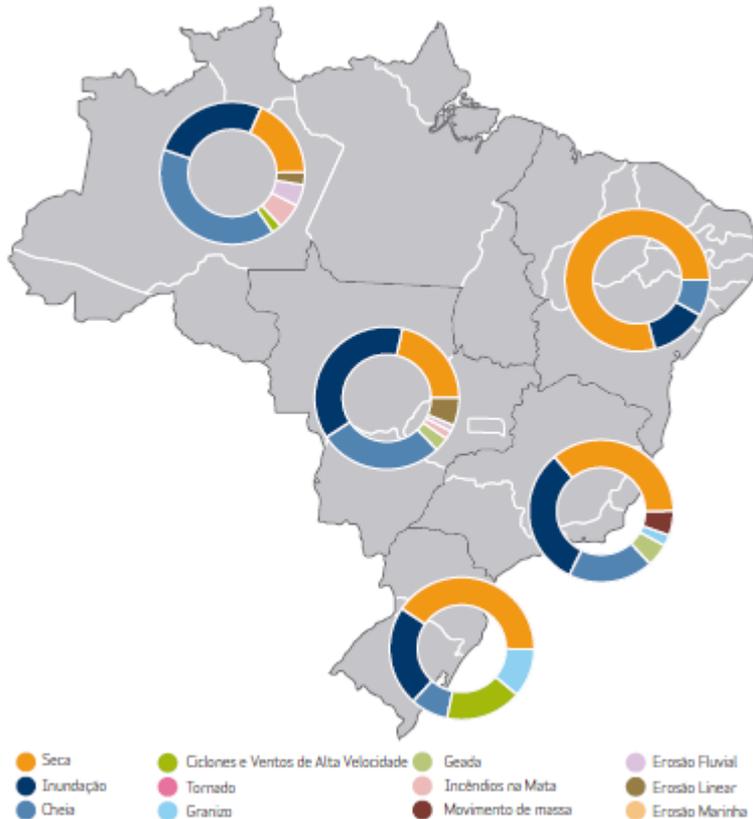
# Estrategias y métodos



# Abordajes

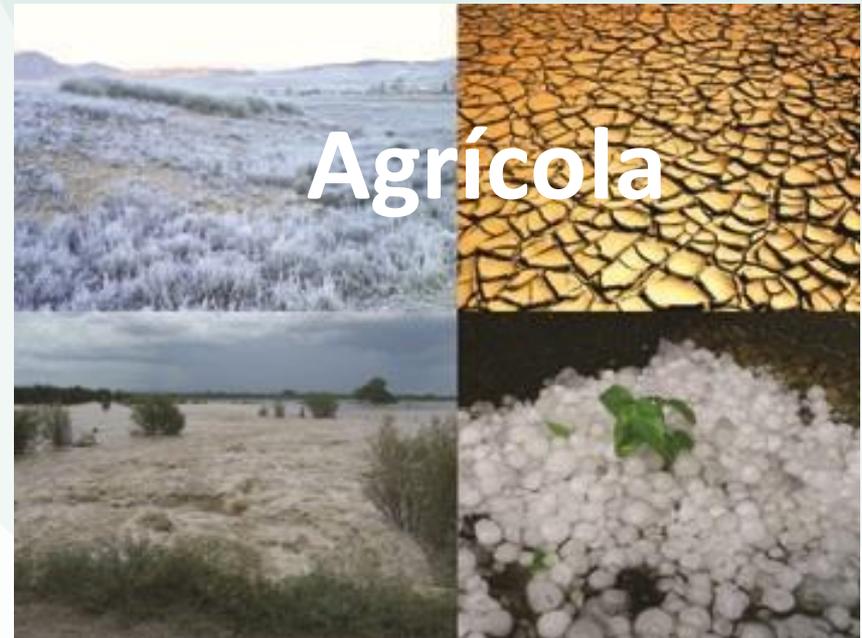


Distribuição Espacial dos Desastres Naturais no Brasil por Região



Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, CEPED - UFSC, 2012

Brasil tiene el mayor **mercado** de América Latina, tasas de penetración bajas (1,08% do PIB) en comparación a las economías desarrolladas (3,6% do PIB).



## Agrícola

<http://www.oleaginosas.org/>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Abordajes



- Del total de desastres registrados oficialmente, más de la mitad son atribuidos a las sequías.
- Este peligro es asociado a apenas el 10% de las fatalidades en Brasil y responde al 50% de la población afectada.



<http://atarde.uol.com.br/brasil/noticias/1740310-ministerio-preve-tres-meses-de-seca-no-nordeste-e-norte>



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Abordajes



- Responsabilidad y compromiso de los interesados:
  - Sector Dirigente (público)
  - Asegurador (privado)
  - Asegurado



# Abordajes



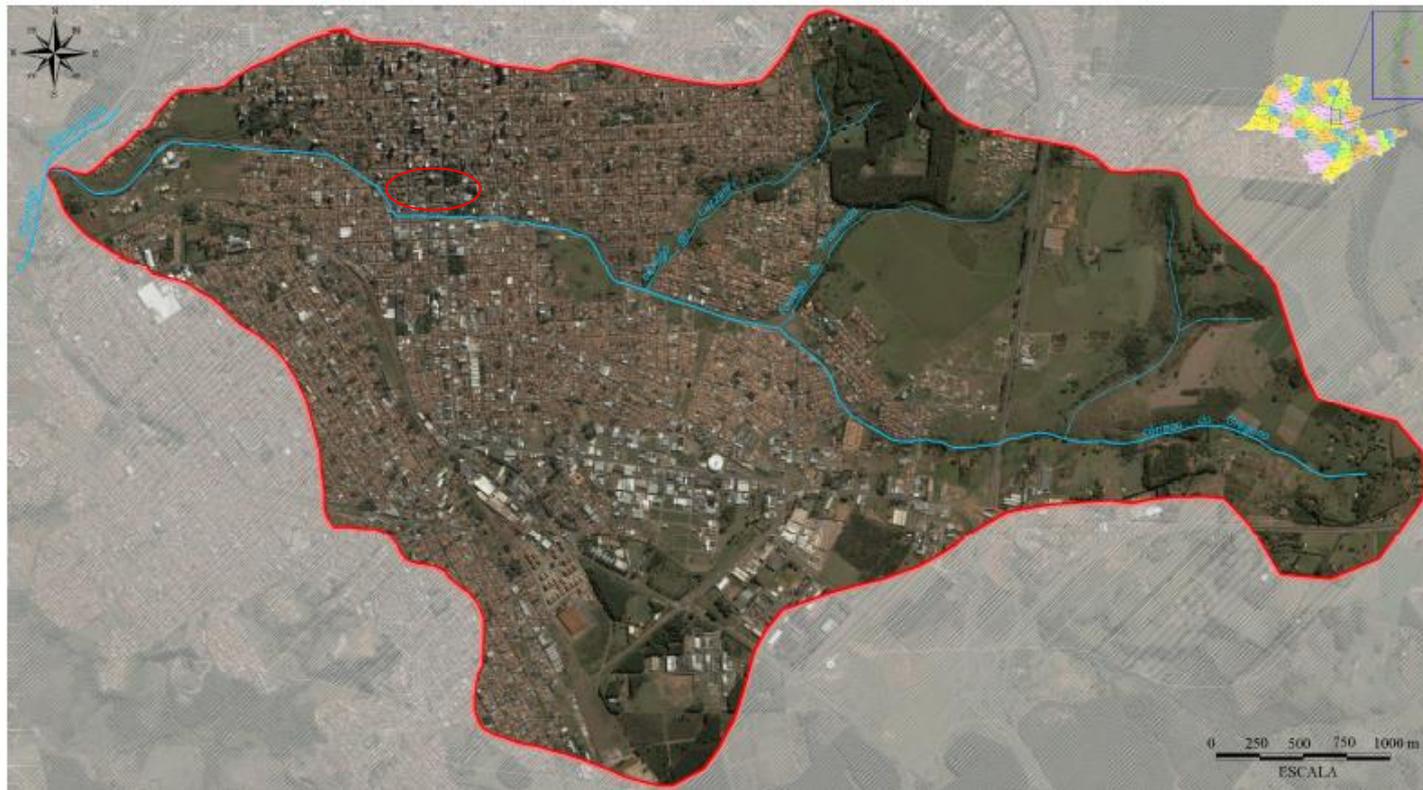
- Inundaciones Caso Sao Carlos – Sao Paulo – Brasil (Graciosa 2010).
- Sequías Cuenca PCJ Estado de Sao Paulo (Demanda de agua multisectorial sobre el retiro directo de la fuente, Laurentis 2012).
- Sequías Sistema Cantareira Ciudad de Sao Paulo (Demanda de agua para la Región Metropolitana de Sao Paulo - e impacto económico sobre la empresa de agua local , Guzman 2018).



# Abordajes



Inundación Sao Carlos – SP, 250.000 habitantes.



# Abordajes

## Córrego do Gregório



# Abordajes



# Abordajes



# Abordajes



# Abordajes



# Abordajes



# Abordajes



# Abordajes



# Abordajes

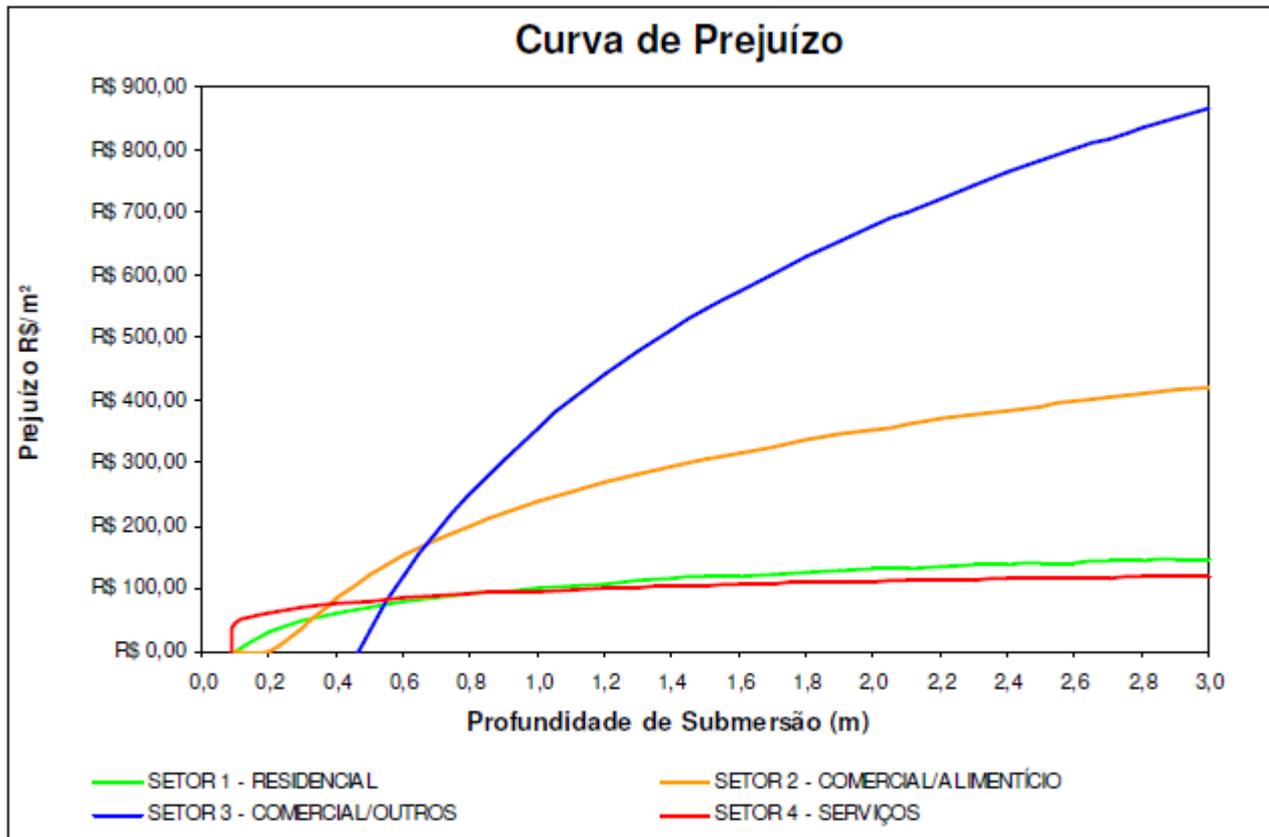


# Abordajes

## Curvas de daño sectoriales:



Fueron generadas áreas de inundación (HEC-HMS y HEC-RAS) bajo escenarios de expansión urbana y cambio de uso de suelo.



# Abordajes



El valor de WTP obtenido para un  $Tr = 100$  utilizando la simulación MTRH-SHS, superó el 45% del valor encontrado en las entrevistas.

Cobertura (TR)	Área de riesgo (m <sup>2</sup> )	prêmio otimizado médio dos cenários avaliados (R\$)	prêmio otimizado médio dos cenários avaliados (R\$/ m <sup>2</sup> de área de risco)	prêmio otimizado médio dos cenários avaliados (R\$/km <sup>2</sup> de bacia contribuyente)
10 anos	243.932	R\$ 2.537.717,99	R\$ 10,10	R\$ 134.588,95
25 anos	254.196	R\$ 2.721.112,26	R\$ 9,79	R\$ 136.030,33
50 anos	263.640	R\$ 2.750.427,69	R\$ 9,45	R\$ 136.138,77
100 anos	268.068	R\$ 2.776.916,88	R\$ 9,29	R\$ 136.146,97



# Abordajes

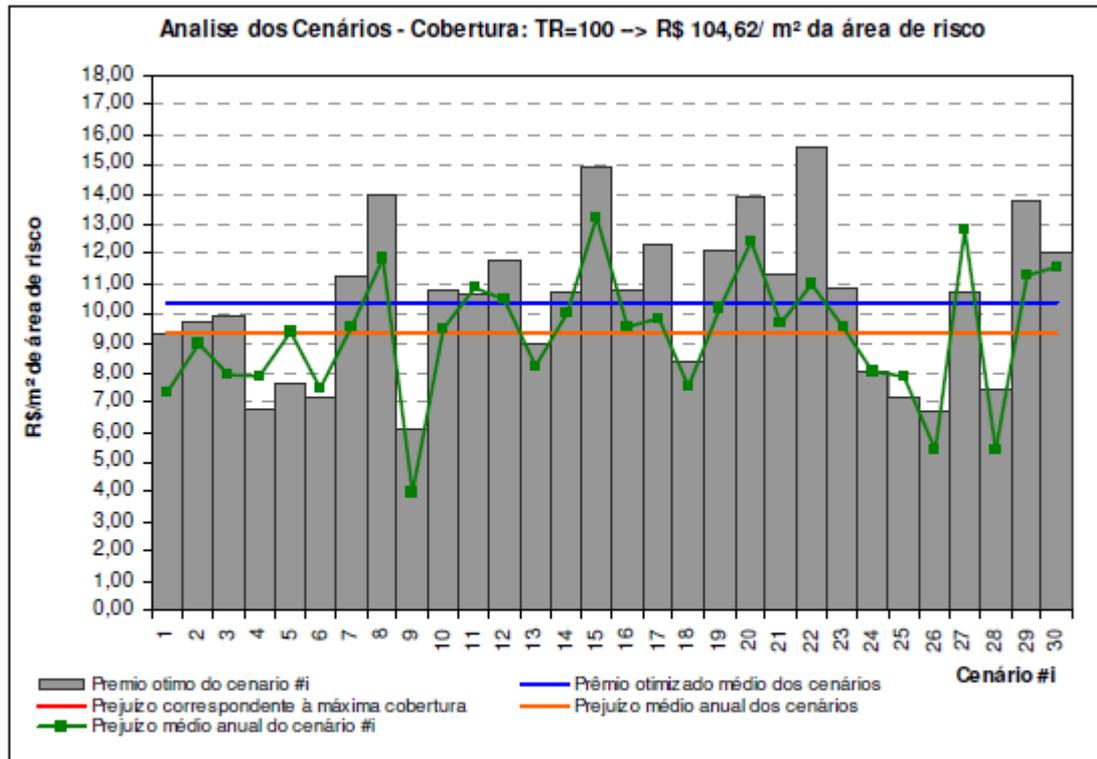


Figura 5-43 – Análise dos cenários para a cobertura TR = 100 anos. Valores em unidades monetárias por m<sup>2</sup> de área de risco.





# Abordajes

## Modelamiento hidrológico MGB-IPH:

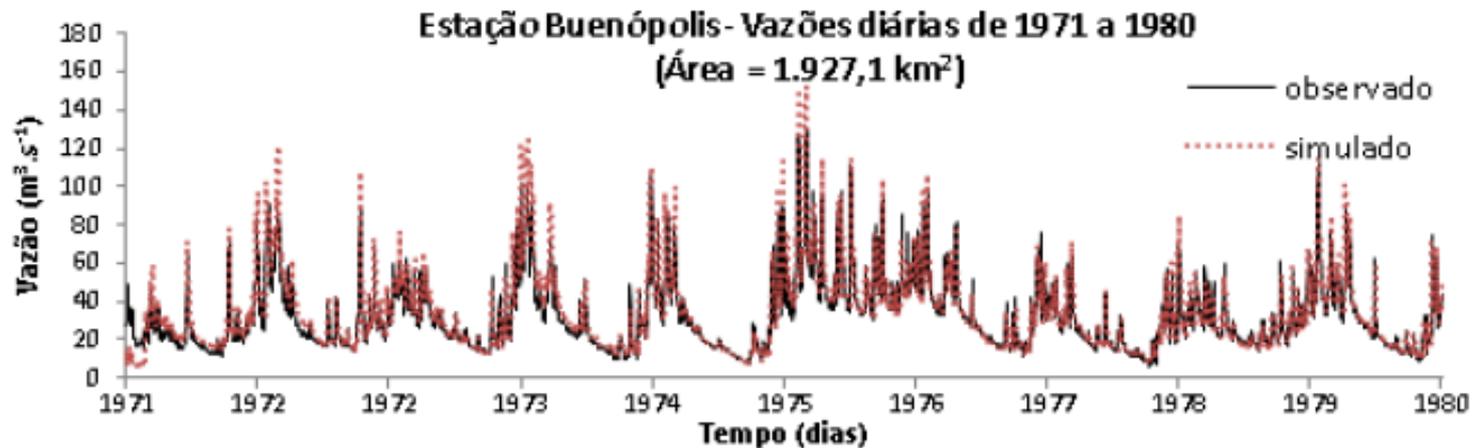
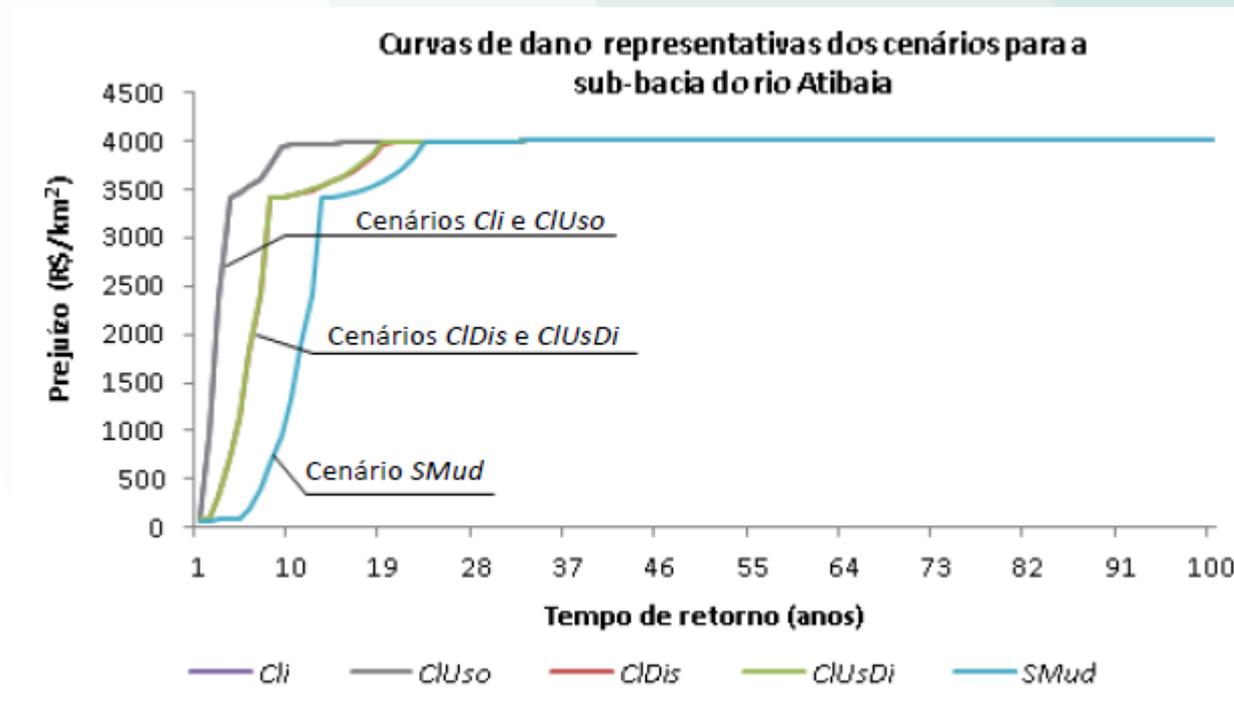


Figura 21. Hidrograma de vazões diárias observadas (linha contínua preta) e simuladas (linha pontilhada vermelha) na estação Buenópolis (1.927,1 km<sup>2</sup>), durante a calibração, no período de 1971 a 1980 (Fonte: Elaborado pelo autor).



# Abordajes

## Curvas de Daño:

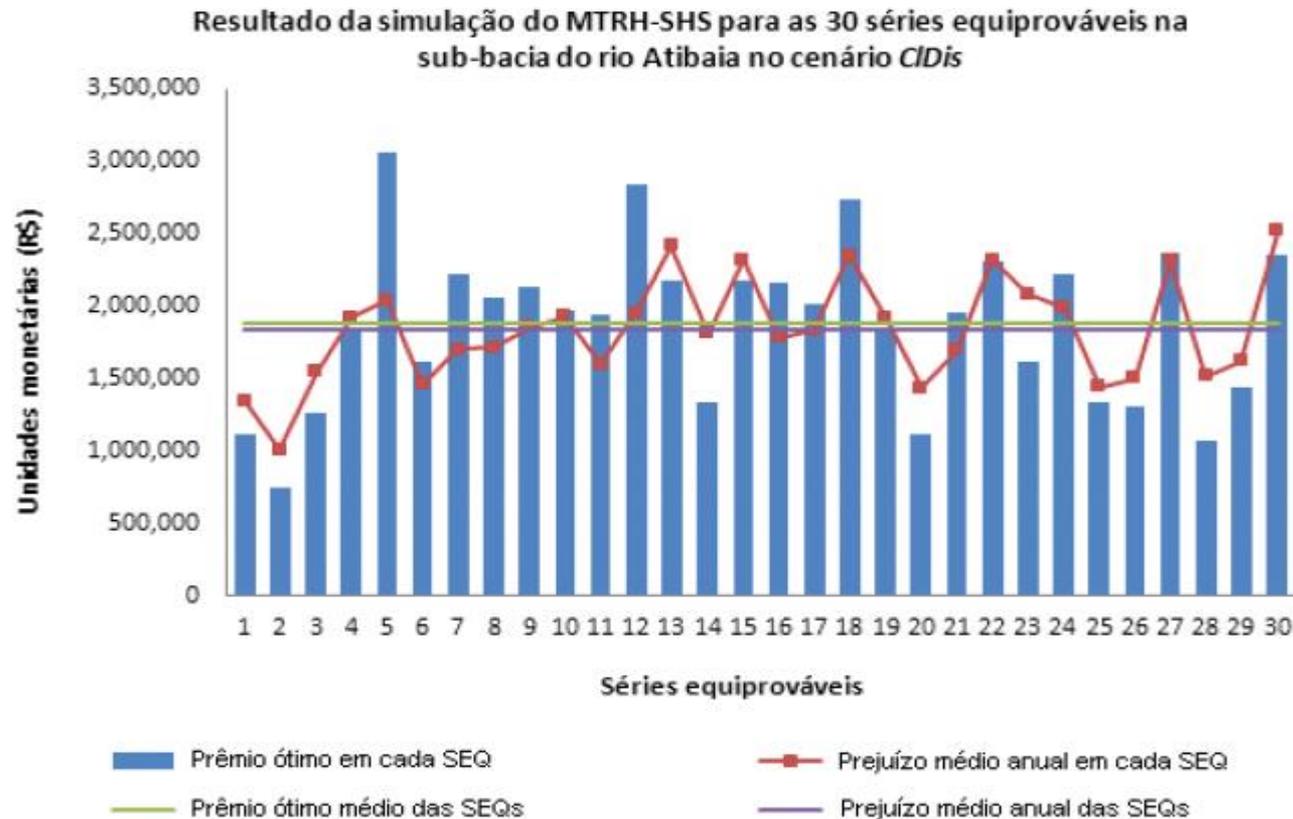


$$D_{x,y}^b = D_{x,y}^{urb}(r_{urb}) + D_{x,y}^{ani}(anr_{ani}) + D_{x,y}^{ag}(r_{ag}) + D_{x,y}^{ind}(r_{ind}) + D_{x,y}^{dilu}(r_{dilu})$$



# Abordajes

## Resultado de las series optimizadas:



# Abordajes



El RCM Eta-INPE está anidado dentro de los MCM MIROC5 y HADGEM2-ES, forzando por dos escenarios de concentración de gases de efecto invernadero (RCP) 8.5 y 4.5 con una resolución horizontal de 20 x 20 km y más a 38 niveles verticales a través de períodos de 30 años de tiempo distribuidos de la siguiente manera: 1961-2005 (como período de referencia), 2007-2040, 2041-2070 y 2071-2099 (Chou et al., 2014a, 2014b)



# Abordajes

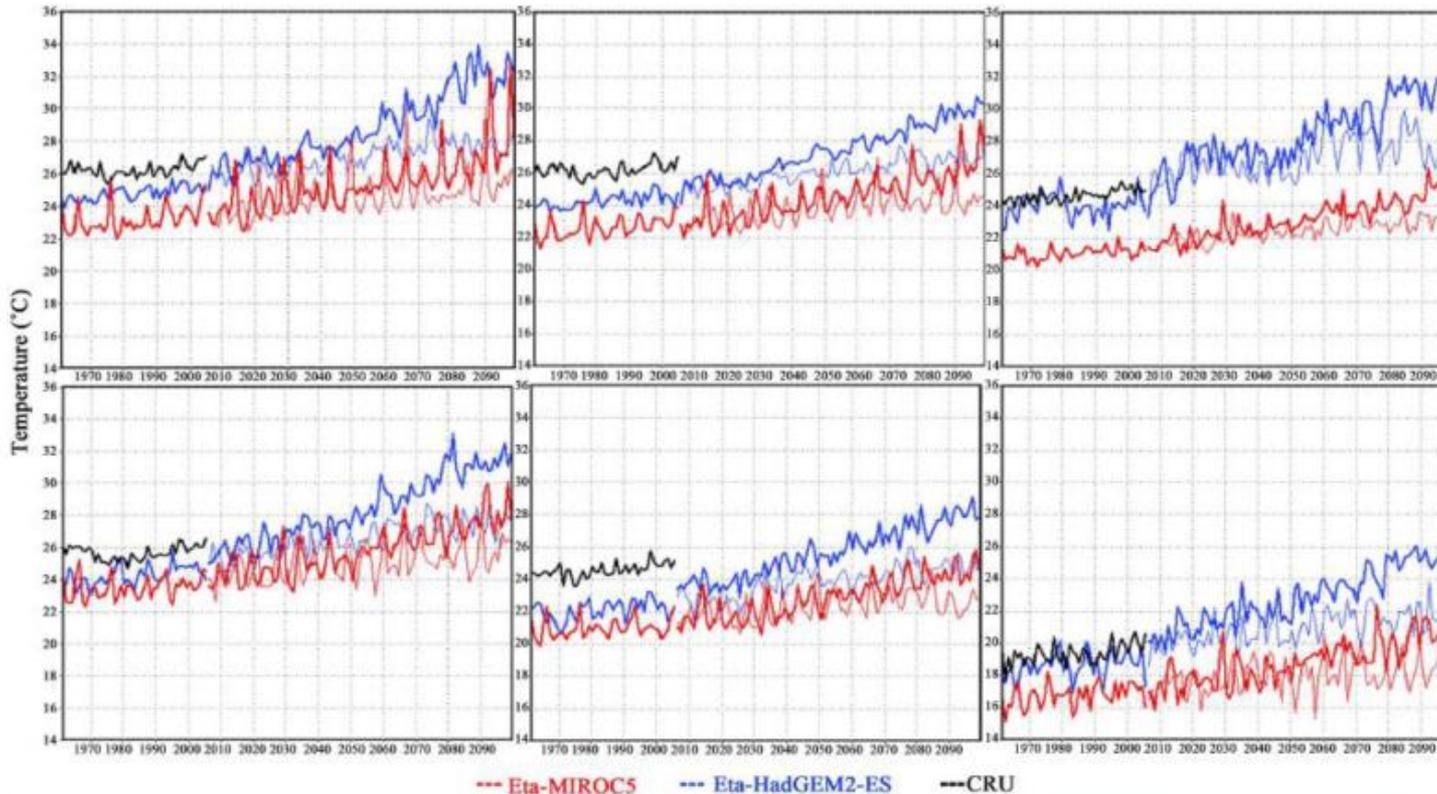
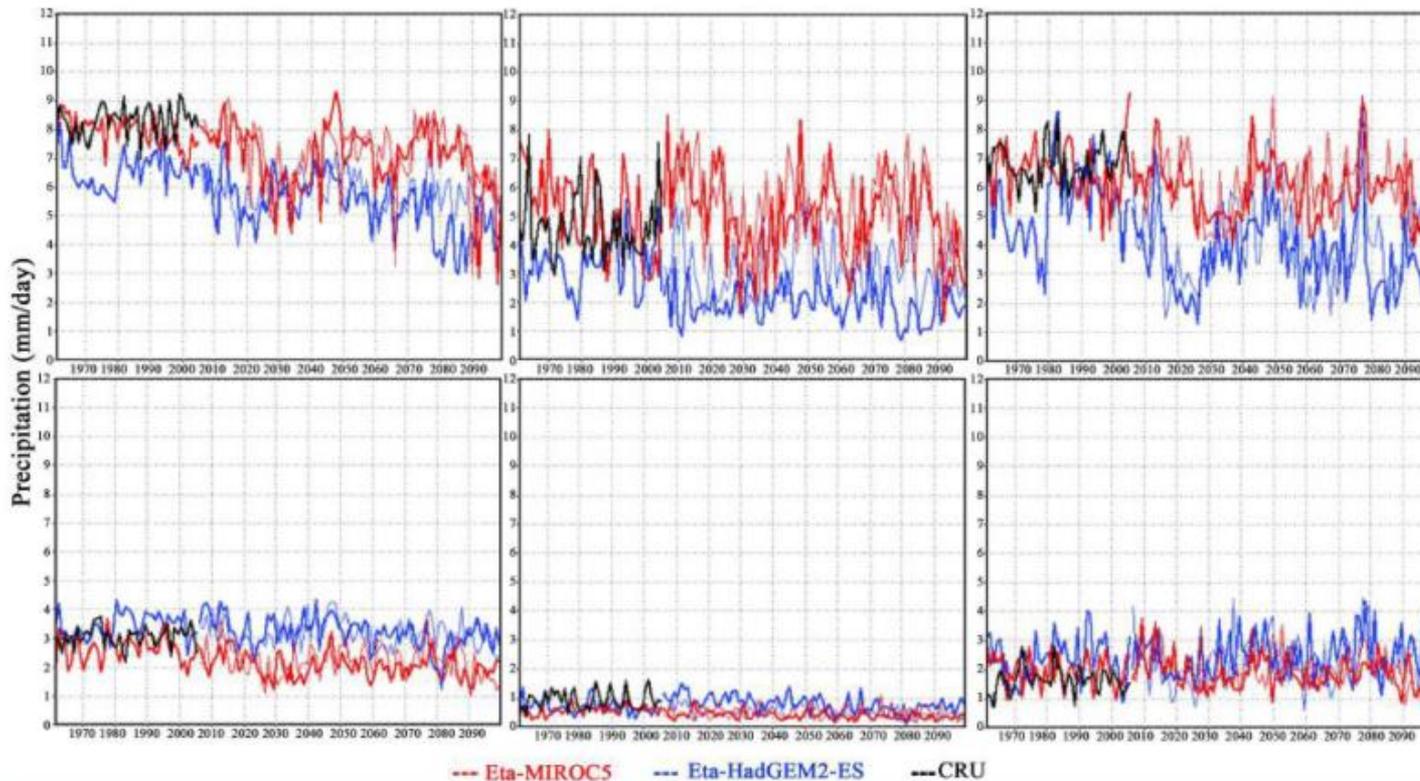


Figure 8. Mean temperature (°C) yearly from 1961 until 2100, for RCP 4.5 (thin lines) and RCP 8.5 (thick lines) for DJF (top row) and JJA (bottom row) in NO (left), NE (middle), and CS (right column) regions.



# Abordajes

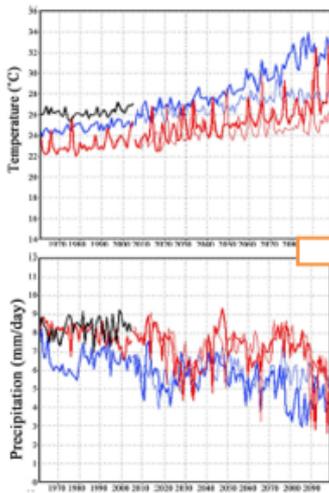


**Figure 9.** Mean precipitation (mm/day) yearly from 1961 until 2100, for RCP 4.5 (thin lines) and RCP 8.5 (thick lines) for DJF (top row) and JJA (bottom row) in NO (left), NE (middle), and CS (right column) regions.

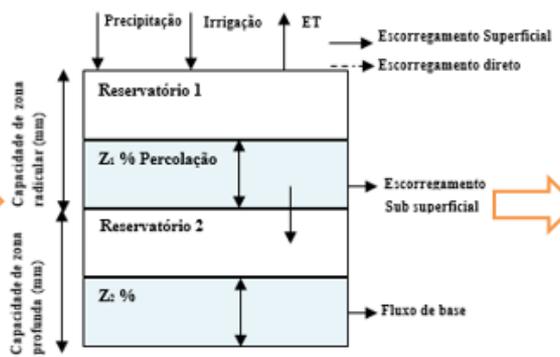
# Abordajes



## Ensemble MCR Eta-INPE \_\_\_\_\_ Modelo Hidrológico

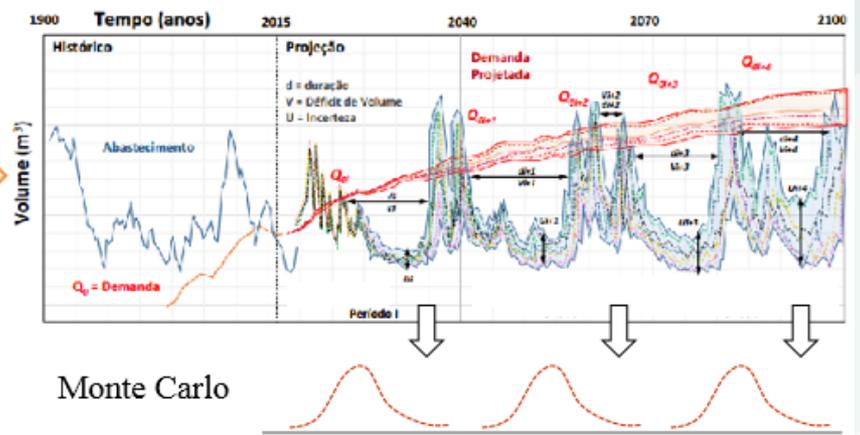


Previsões Meteorológicas  
Eta-HadGEM RCP 8.5 e 4.5



Modelo Hidrológico

### Conjunto de previsões Hidrológicas sintéticas (Oferta – Demanda)



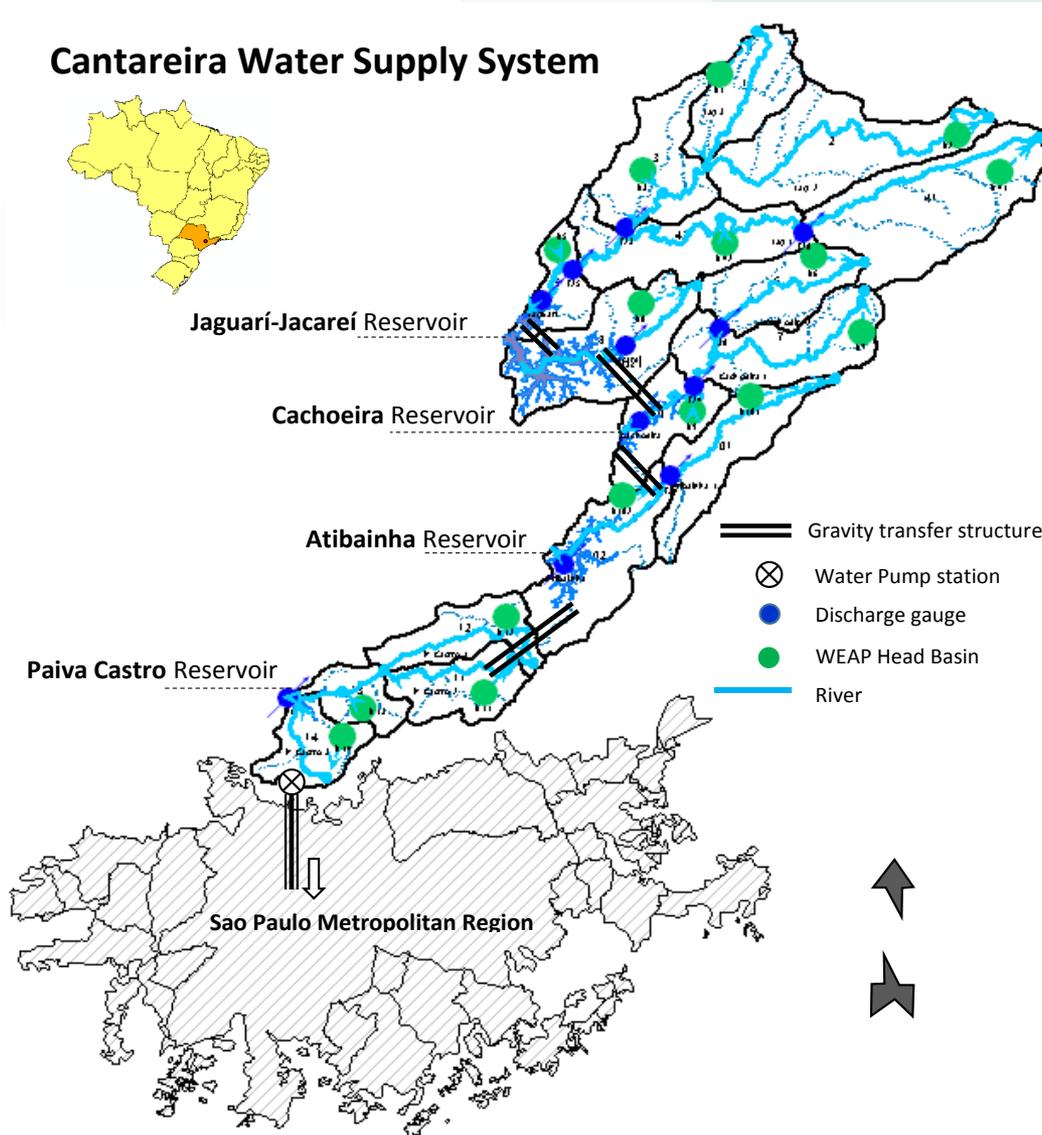
Monte Carlo

TLM

# Abordajes



Sistema Cantareira, retiro de caudal medio 33 m<sup>3</sup>/s para 9 millones de personas del RMSP.



# Abordajes



## Raio X do Sistema Cantareira

O Sistema Cantareira é responsável pelo fornecimento de água para 14,3 de pessoas. Formado por 4 represas, o sistema capta água de rios que nascem em Minas Gerais. Por meio de bombeamento, a água é elevada a 120 metros para uma estação de tratamento na Serra da Cantareira. De lá ela segue para a Grande São Paulo.



# Abordajes

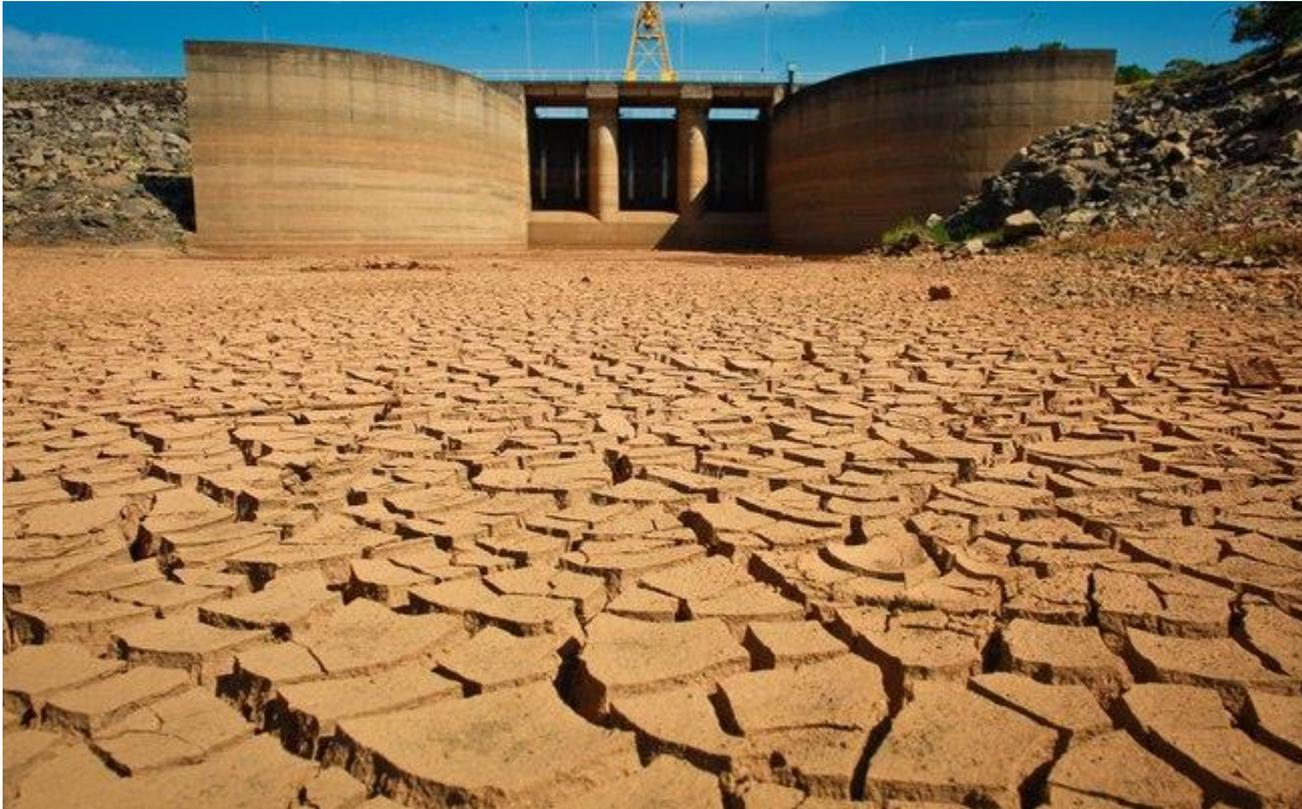
2013-2015 una gran sequia afecto el sistema, con retiro de un caudal medio de 14 m<sup>3</sup>/s.

Antes – maio de 2012

Depois – abril de 2014



# Abordajes



La sostenibilidad un punto de encuentro

La RMSP  
representa el  
18% PIB de  
Brasil.



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Abordajes



# Abordajes



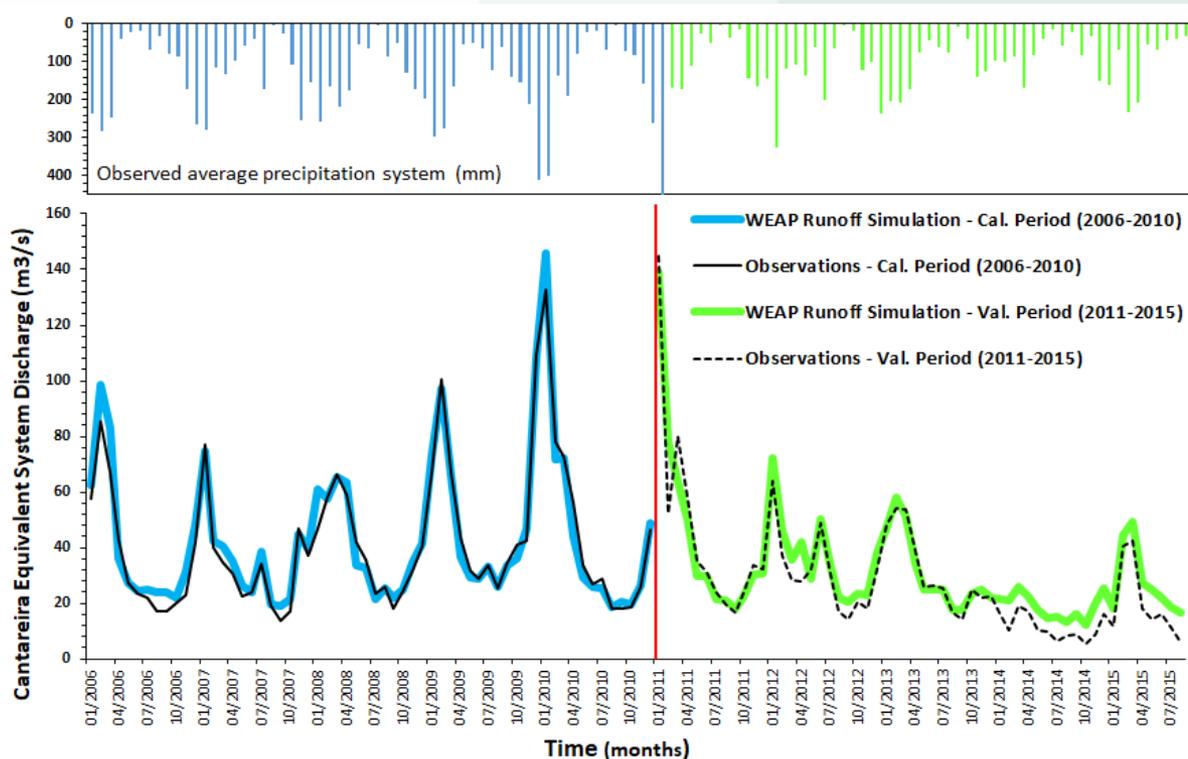
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA**

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA

# Abordajes



Cantareira Equivalent System	Area (km <sup>2</sup> )	VE		NSE		NSE <sub>Log</sub>		RSR		R <sup>2</sup>		PBIAS (%)	
		Cal.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.	Cal.	Val.
	2265.0	0.91	0.80	0.95	0.90	0.94	0.74	0.21	0.38	0.96	0.92	-3.40	-12.36

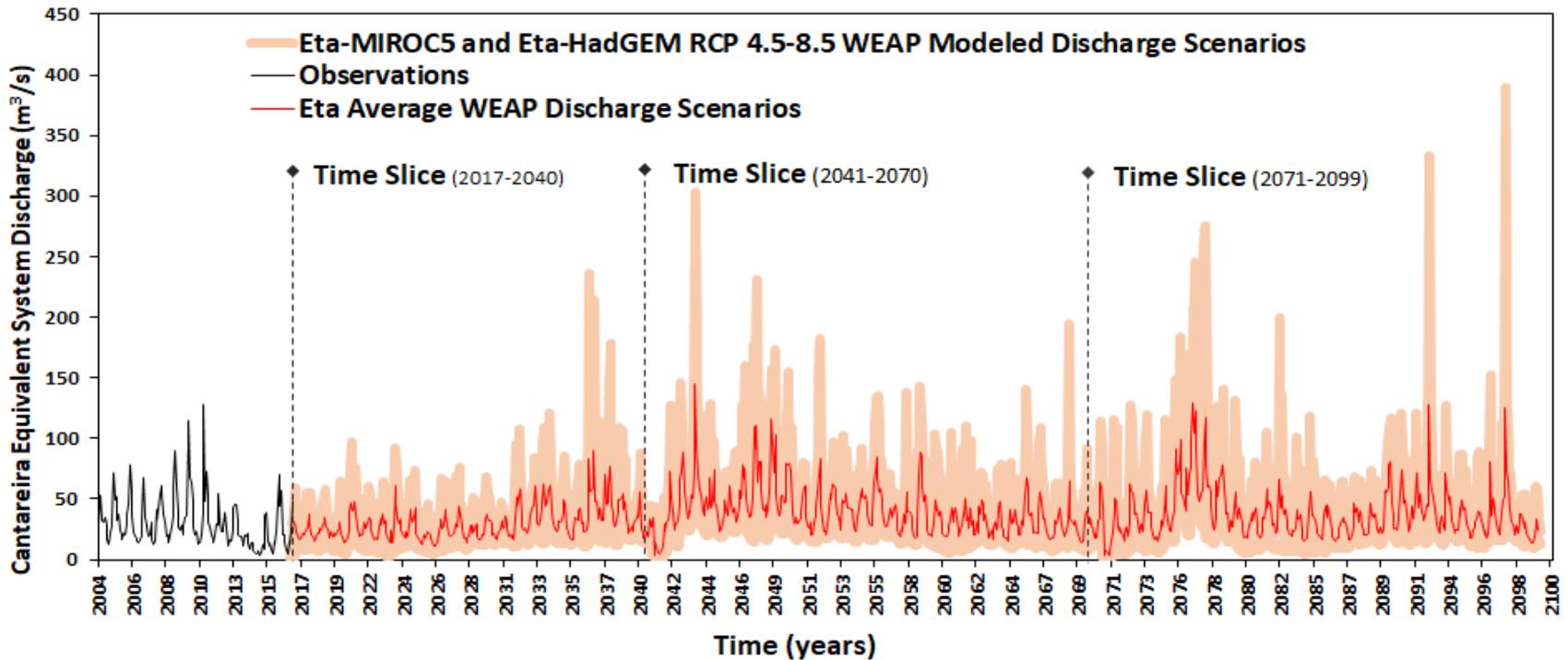


## Modelación hidrológica en WEAP.



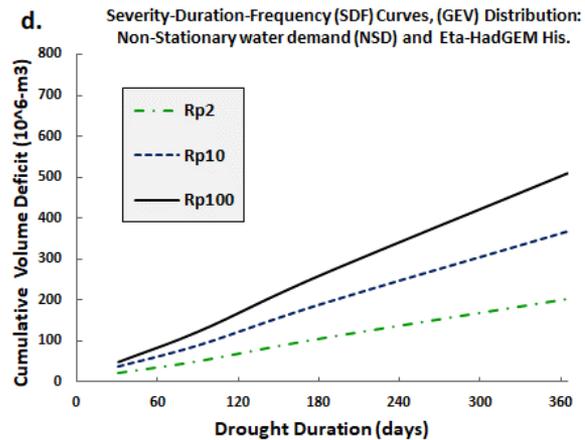
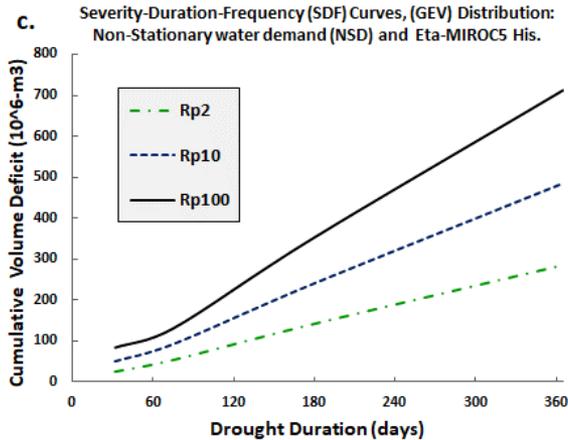
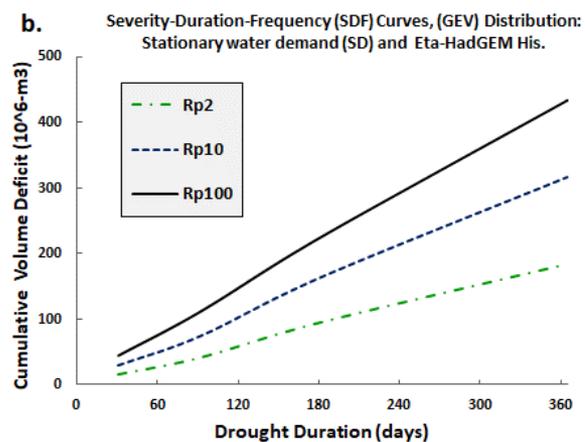
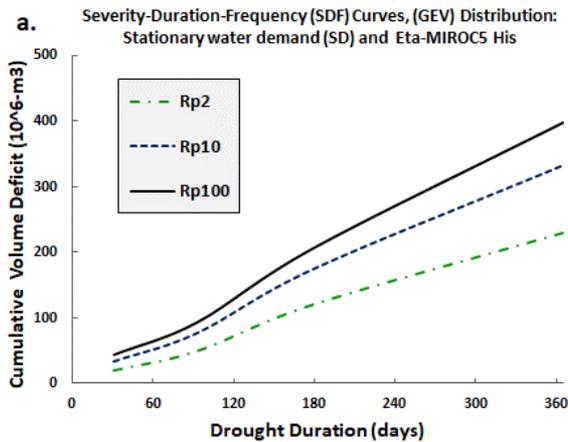
# Abordajes

Salida de WEAP - Escenarios Climáticos  
Eta/HadGEM-MIROC5, RCP 4.5 y 8.5.



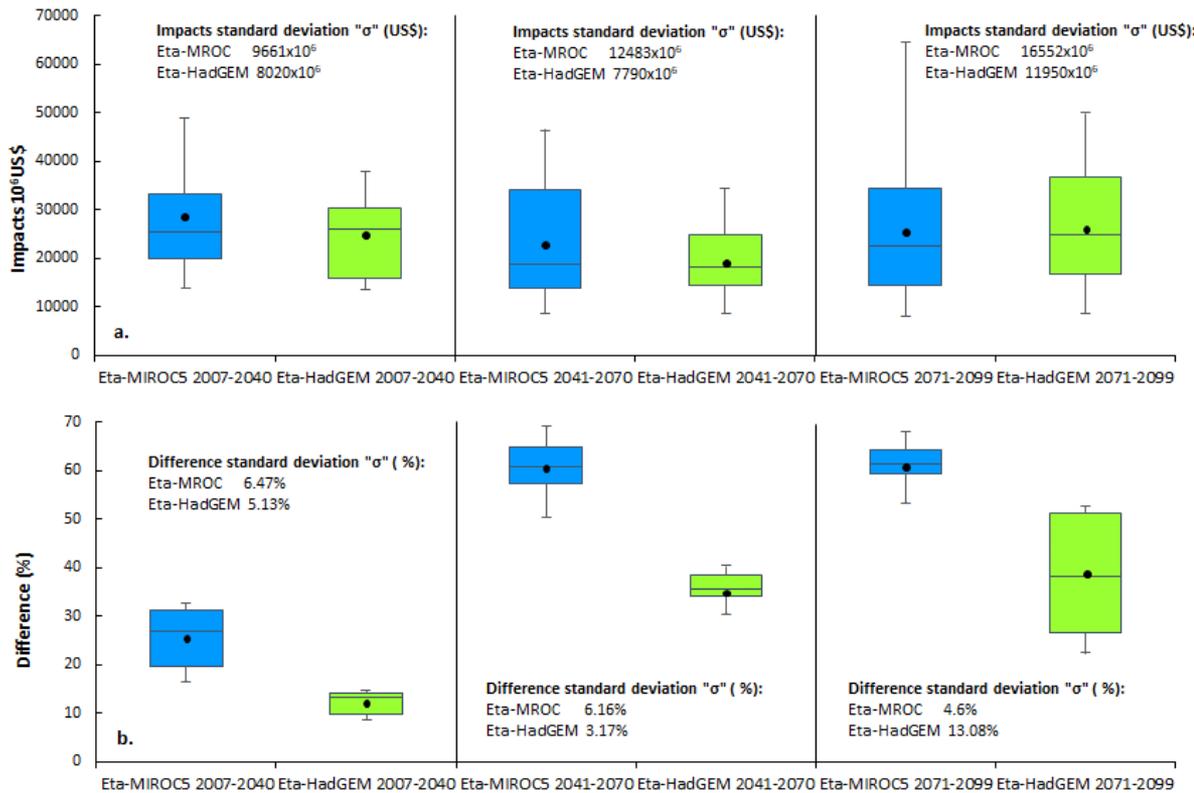
# Abordajes

Curvas **SDF** (ajustadas) y tarifas de agua bajo escenarios de sequia para calcular las perdidas.



# Abordajes

Importante resultados parciales, que la banda por periodo resulta en perdidas entre el 1.3 y 10 % del PIB de Sao Paulo.



# Abordajes



# GRACIAS



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
**COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA** | FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
E INGENIERÍA