

ANÁLISIS DEL RIESGO DE INUNDACIÓN POR CAMBIO CLIMÁTICO EN SANTA CATARINA (BRASIL)



Melisa Menéndez

menendezm@unican.es

*Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria, "IH Cantabria"
Universidad de Cantabria*

¿QUÉ HA OCURRIDO EN EL PASADO?

Julio de 1983 (Blumenau)



Figura 5.3 – Inundação ocorrida em julho de 1983 no município de Blumenau.
Fonte: REVISTA VEJA, 17/08/83.

Noviembre de 2008
(Blumenau)



Figura 5.4 - Inundação do rio Itajaí, município de Blumenau, 24 de novembro de 2008.
Fonte: CLICRBS/DIÁRIO CATARINENSE, 2009. Foto: Patrick Rodrigues.



Figura 12.2 – Maré de tempestade ocorrida em Bombinhas em 6 de maio de 2001.
Fonte: DEDC-SC, 2001.

Mayo de 2001
(Bombinhas)

Junio de 2006 (Río Grande do Sul)



DINÁMICAS GENERADORAS DE LA INUNDACIÓN

En Brasil coexisten 2
fuentes de inundación

CONTINENTAL

Caracterizada por los caudales de
escorrentía de precipitación



COSTERA

Caracterizada a través de un índice de
nivel del mar total (del inglés "TWL")

Depende del nivel del mar y del oleaje



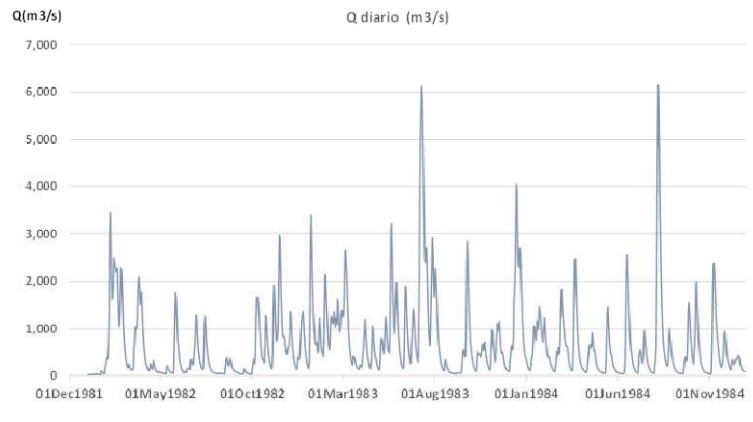
DINÁMICAS GENERADORAS DE LA INUNDACIÓN

En la región de Itajaí
coexisten 2 fuentes de
inundación

CONTINENTAL

Ocasionada por los desbordamientos
de los ríos Itajaí-açu e Itajaí-mirim

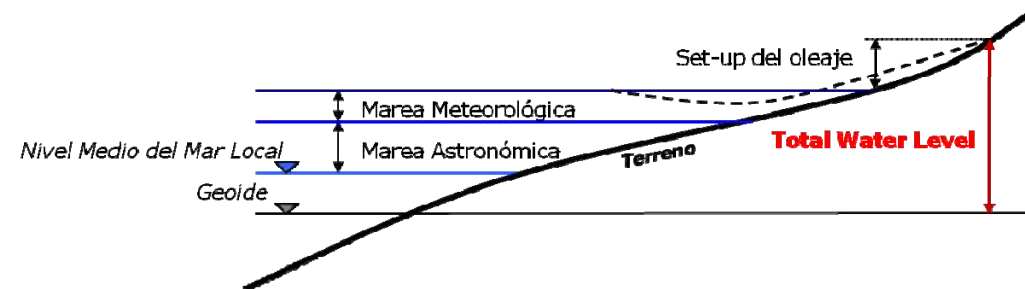
Caracterizada por los caudales de
escorrentía de precipitación



COSTERA

Caracterizada a través de un índice de
nivel del mar total (del inglés "TWL")

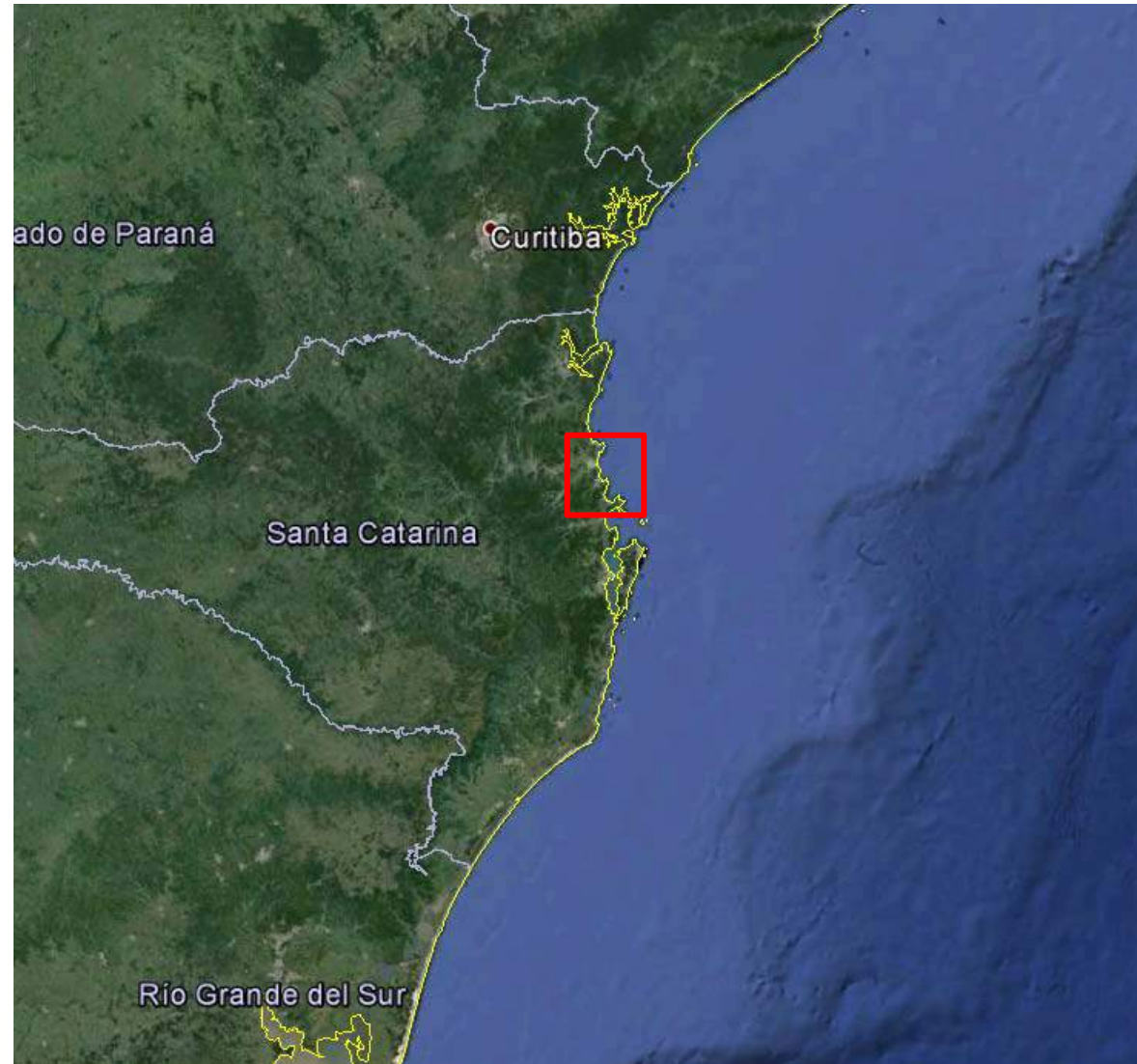
Depende del nivel del mar y del oleaje



$$TWL(t) = MM(t) + MA(t) + Setup(t) + NMMLocal(+SLR)$$

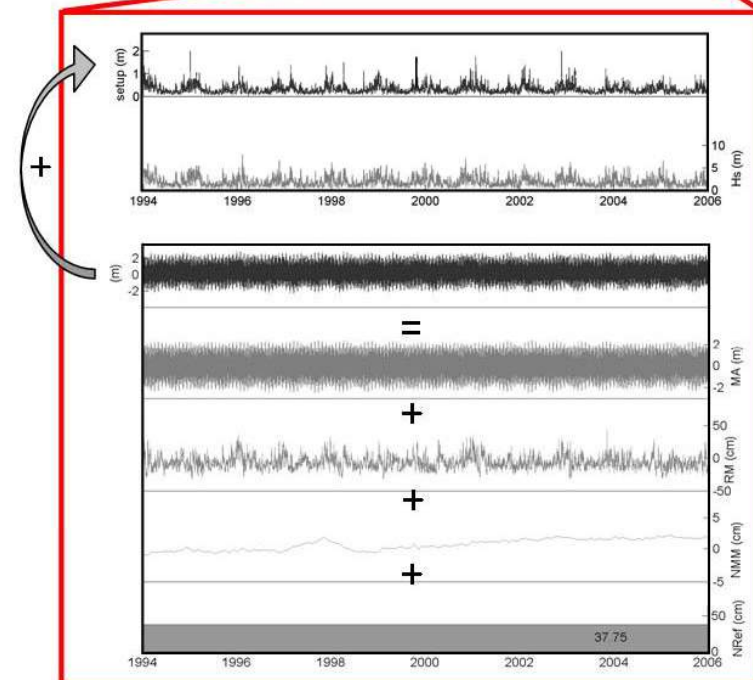
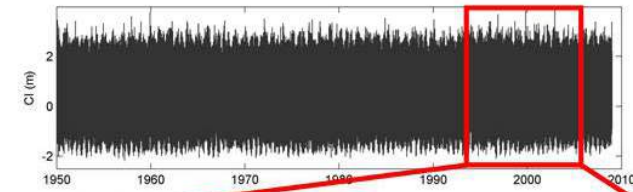
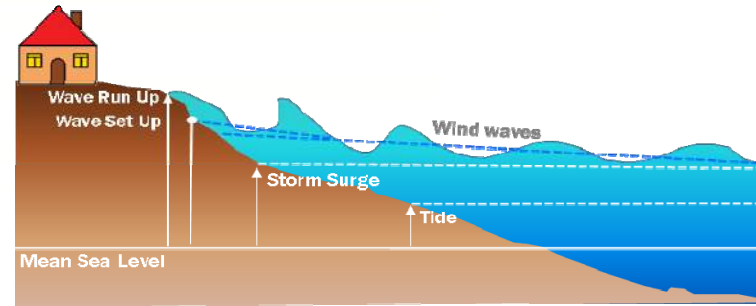
*Si el Geoide y el NMM Local no coinciden,
es necesaria la corrección del nivel de
referencia*

- Penha,
- Navegantes,
- Itajaí,
- Balneario Camboriú,
- Itapema,
- Porto Belo
- Bombinhas

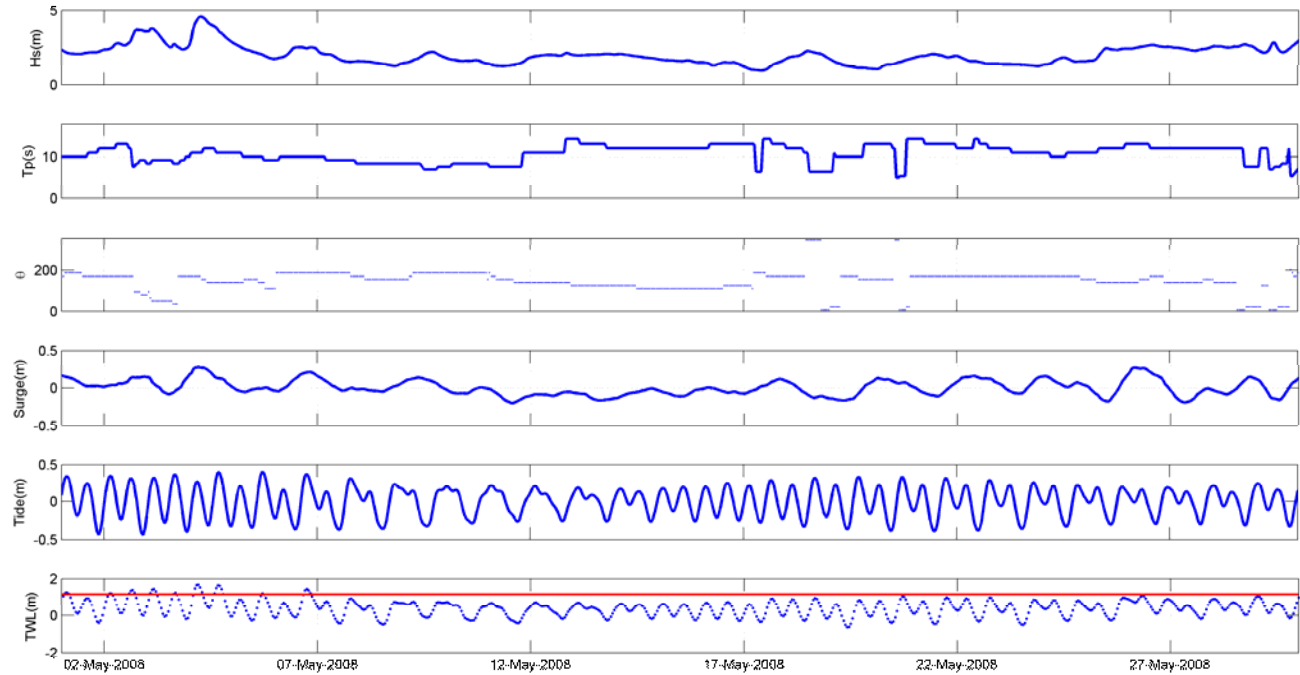
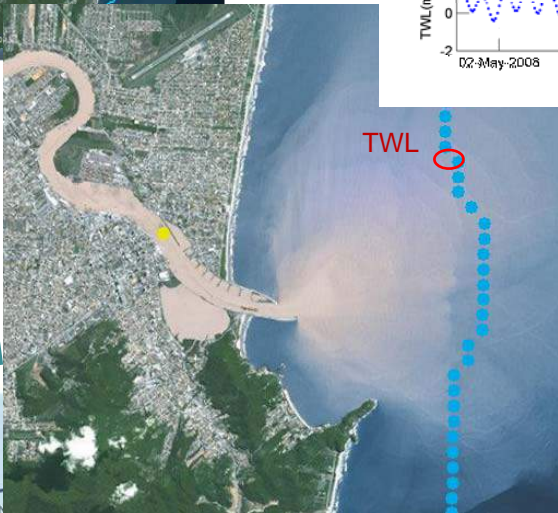


DINÁMICAS GENERADORAS DE LA INUNDACIÓN COSTERA

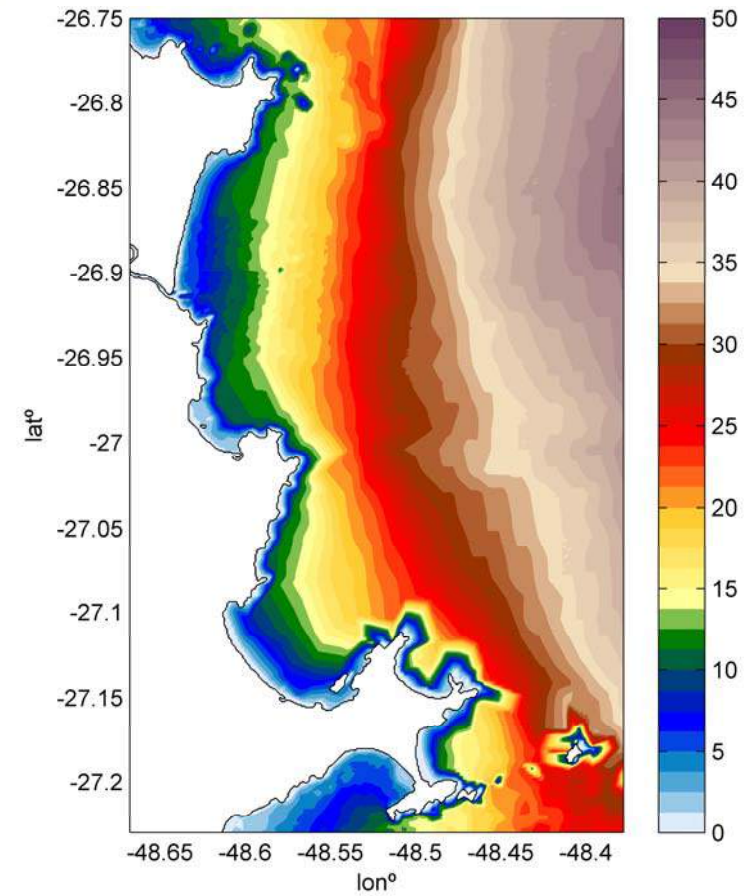
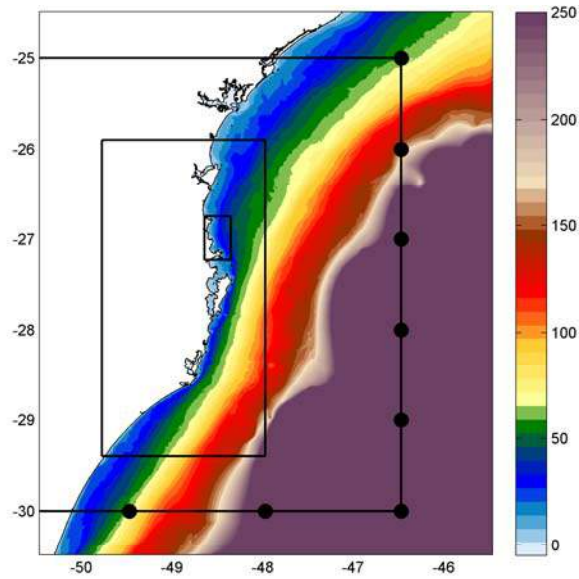
COSTERA



COSTERA

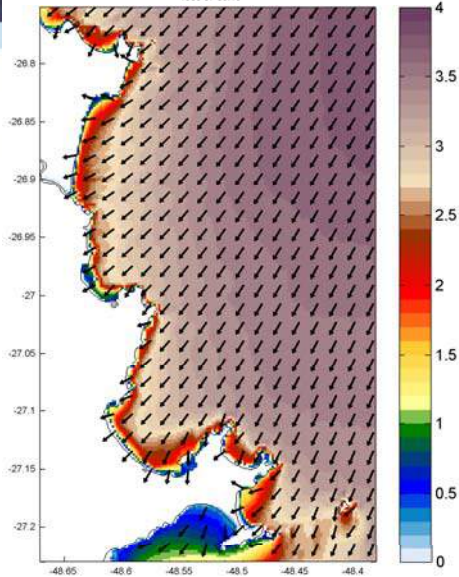


COSTERA



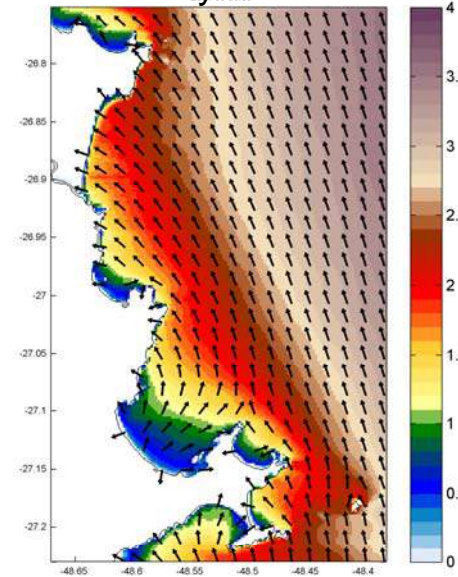
DINÁMICAS GENERADORAS DE LA INUNDACIÓN COSTERA

5 de Julio de 1983

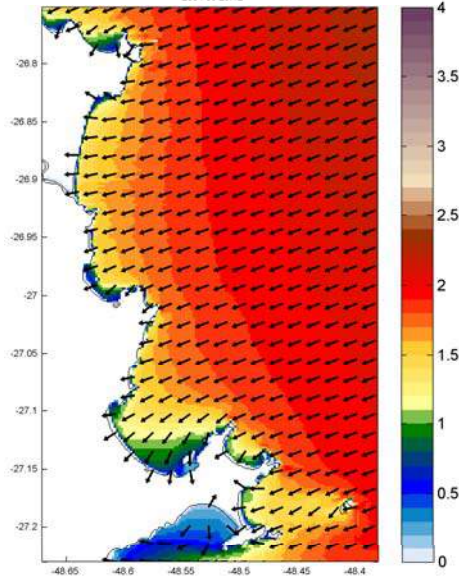


COSTERA

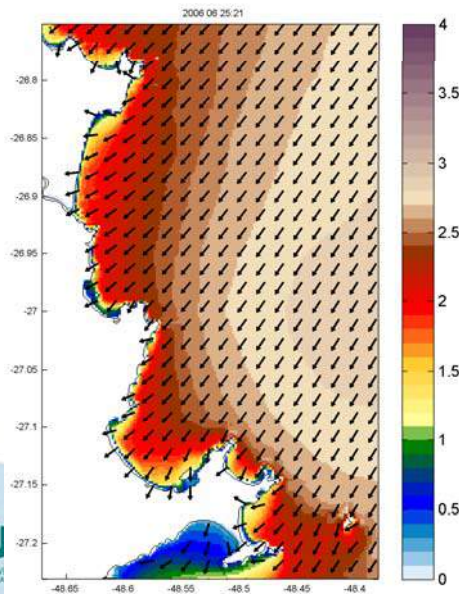
6 de Mayo de 2001



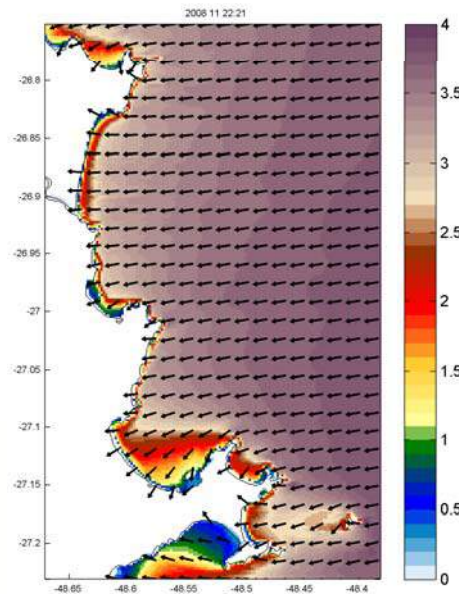
29 de Marzo de 2004



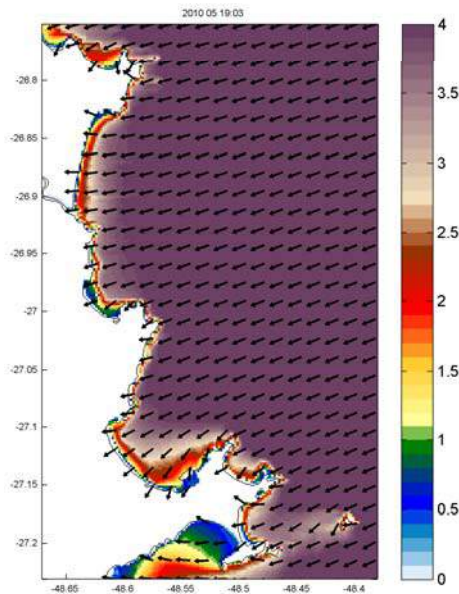
25 de Junio de 2006



22 de Noviembre de 2008



19 de Mayo de 2010



CONTINENTAL

Análisis, mediante simulación numérica, de los flujos de agua generados en los cauces de la cuenca vertiente a la ciudad de Itajaí en Santa Catarina



Delimitación cuenca vertiente Itajaí y Monitoring Point seleccionado.

CONTINENTAL

MODELADO HIDROLÓGICO

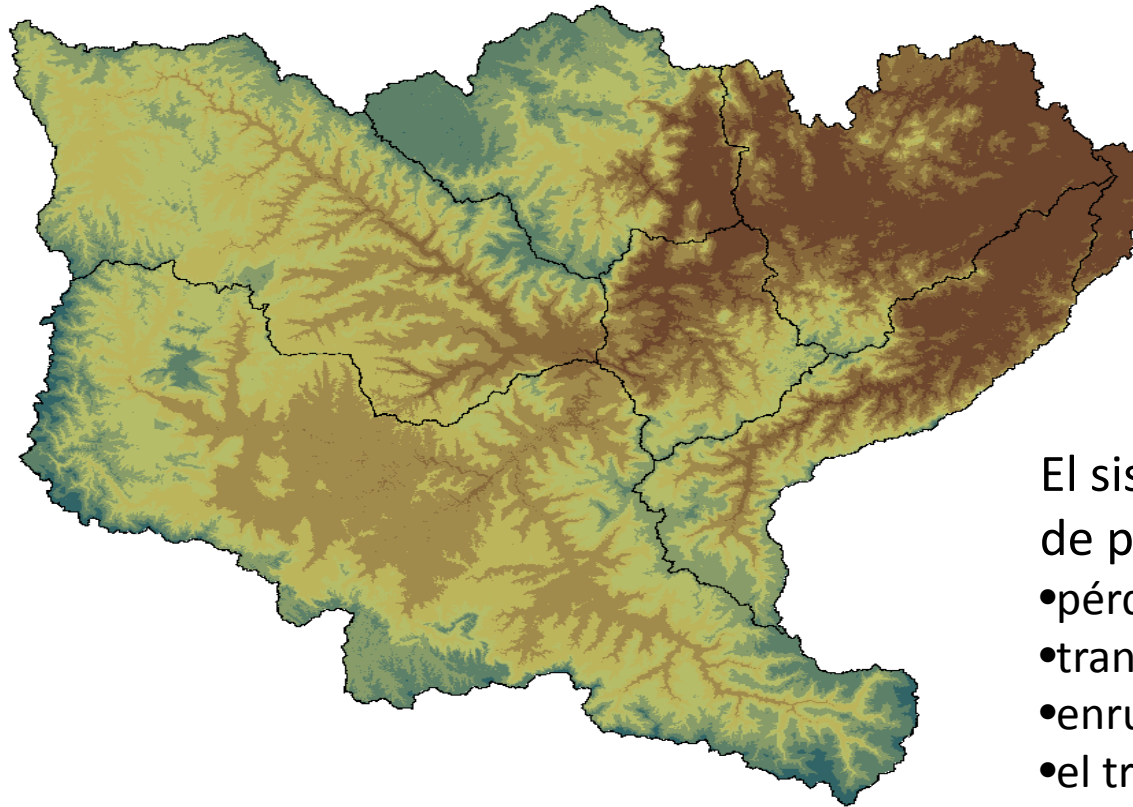
1. ArcGis
2. HEC-Geo-HMS
3. **HEC-HMS**

(Hydrologic Modeling System)
U.S. Army Corps of Engineers
versión 4.0

simular transformaciones de lluvia-escorrentía

en los sistemas de cuencas con diferentes
condiciones de contorno **desde grandes
cuencas fluviales a pequeñas áreas urbanas.**

CONTINENTAL



El sistema abarca una amplia gama de procesos físicos:

- pérdidas de agua,
- transformación de la escorrentía,
- enrutamiento de canal abierto,
- el transporte de sedimentos
- flujo base

MDT base de la cuenca (ASTER GDEM 30 m resolución).

CONTINENTAL

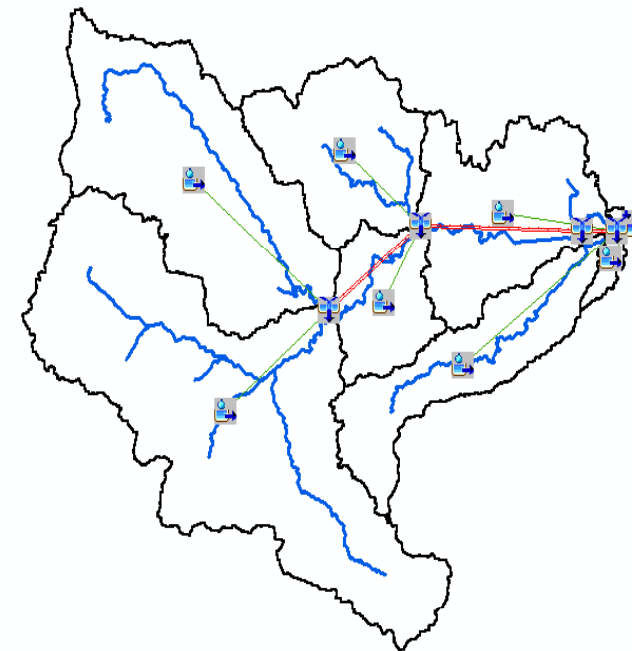
Generación de caudales en Itajaí

Modelado de la transformación de lluvia en caudal HEC-geoHMS

7 subcuencas



Configuración del modelo hidrológico y exportación a HEC-HMS



Sub-cuenca	Area (km ²)	(1) Coordenadas punto de salida		Río asociado	(2)Max Altitud (m)
		Lat	Long		
1	5610.24	-26.70	-49.45	Río Itajaí do Oeste-Itajaí Acú	1633
2	3345.52	-26.96	-48.70	Río Hercilio	1063
3	1665.92	-27.06	-49.34	Río Beredito	1047
4	931.93	-26.65	-49.00	Río Itajaí Acú (Medio)	908
5	1565.31	-27.21	-49.12	Río Itajaí Mirim	993
6	1950.29	-26.77	-49.87	Río Luiz-Alvez	781
7	144.81	-27.32	-49.79	Río Itajaí Acú (bajo)	480

Superf Cuenca 16,214 Km²

CONTINENTAL

Generación de caudales en Itajaí Precipitación bases de datos

PLUVIÓMETROS

- Centro de Información de Recursos Ambientales y de hidrometeorología de Santa Catarina. Precipitación diaria (2010-2015)
- Base de datos de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Precipitación diaria (1980-1999)

TRMM

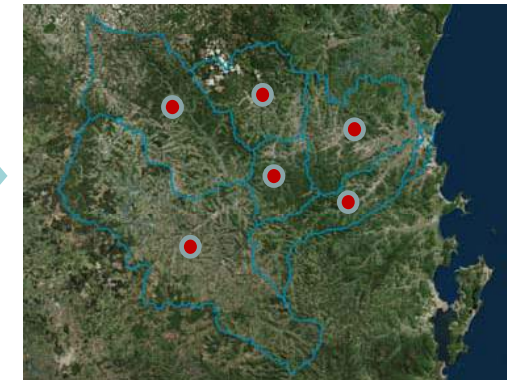
Tropical Rainfall Measuring Mission
Base de datos de lluvias horarias (1998-2015)
Resolución 0.25°

GENERACIÓN SERIES SINTÉTICAS

Pluviómetro

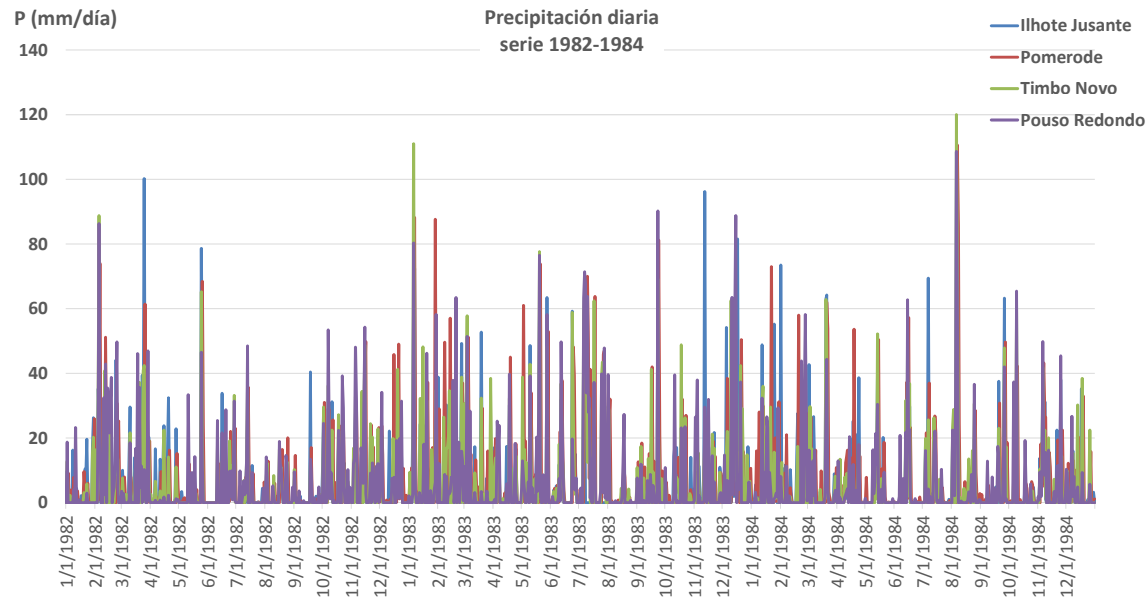


Series sintéticas en los centroides de las subcuencas

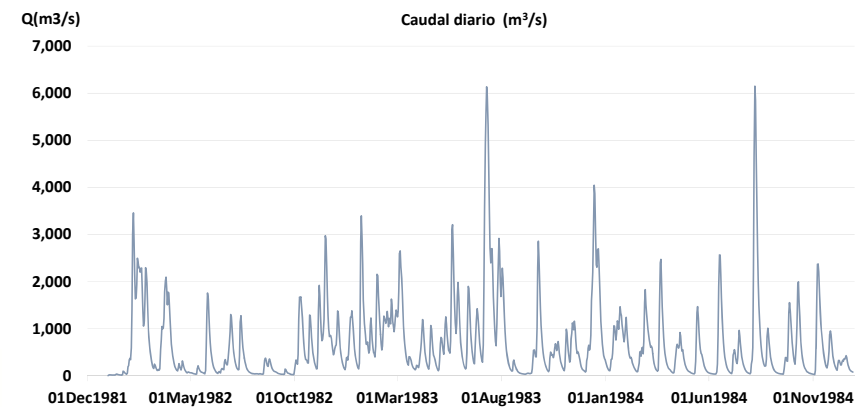


- Ausencia de datos desde 1999-2014
- Calibración de series de lluvias diarias TRMM con datos de pluviómetros con mediciones observadas
- Series sintéticas diarias en continuo periodos:
 - 1982-1984
 - 1998-2015

CONTINENTAL

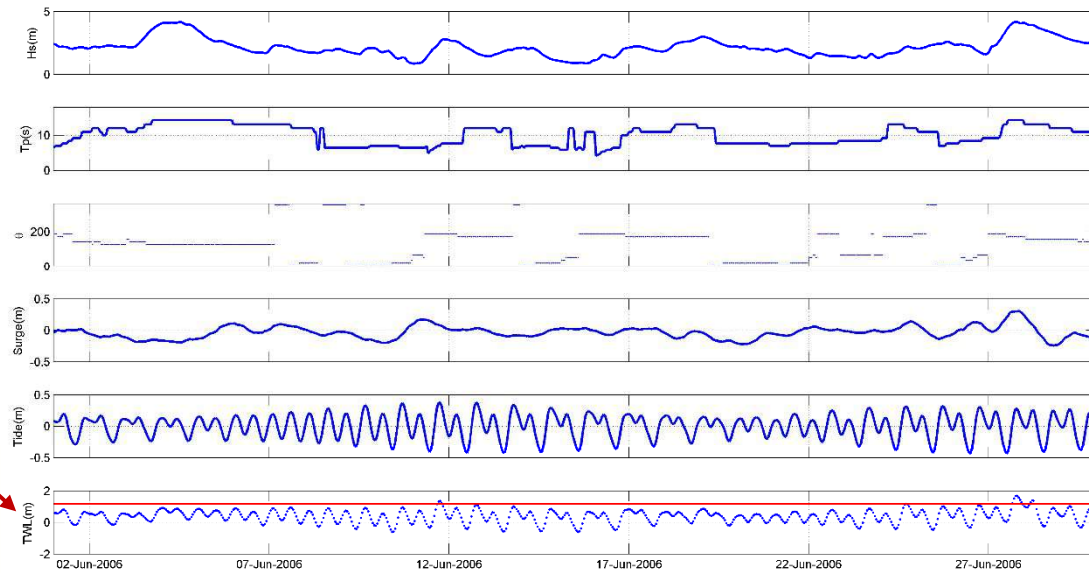
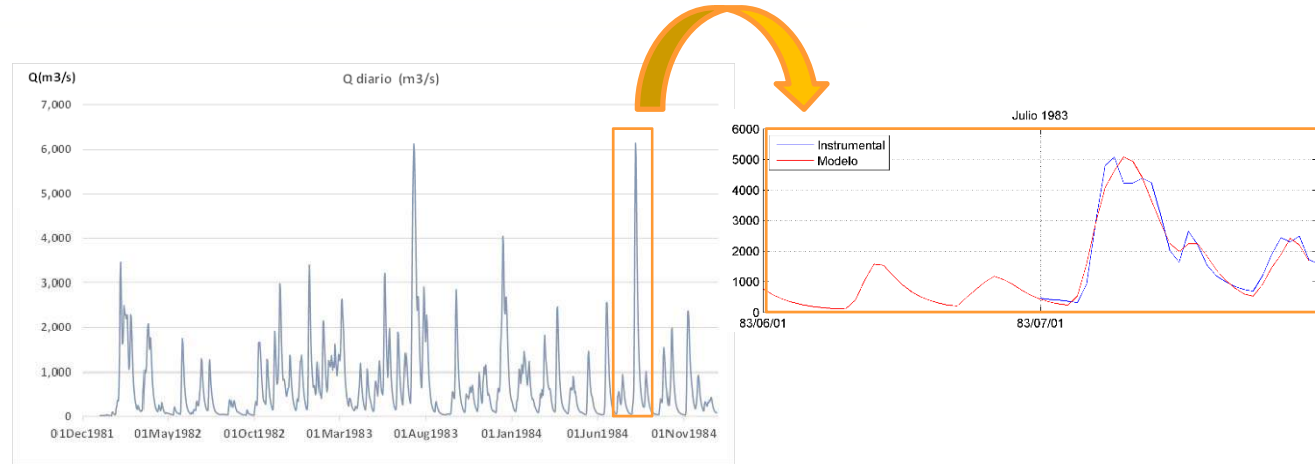
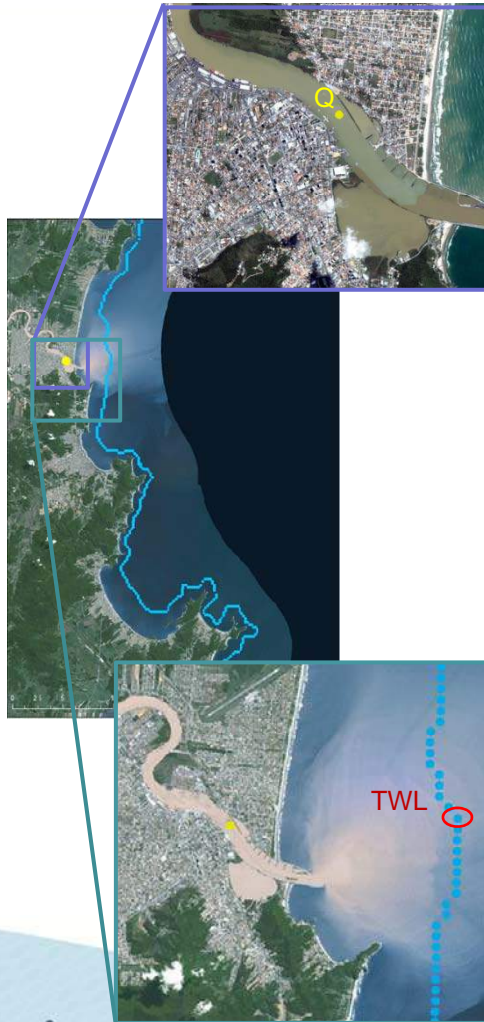


•Series diarias pluviómetros ubicados dentro de la cuenca. Periodo 1982-1984.



•Serie diaria de caudales simulados (m³/s). Periodo 1982-1984.

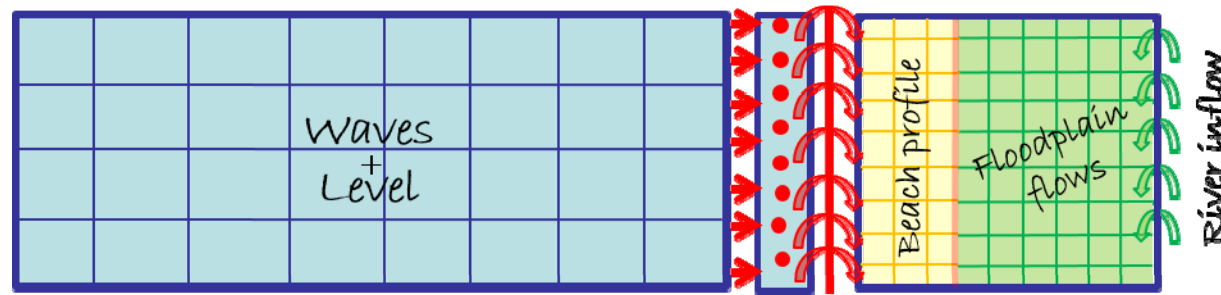
DINÁMICAS GENERADORAS DE LA INUNDACIÓN



MODELADO DE INUNDACIÓN

¿Cómo estudiamos la inundación a lo largo de la costa?

SWAN + ROMS



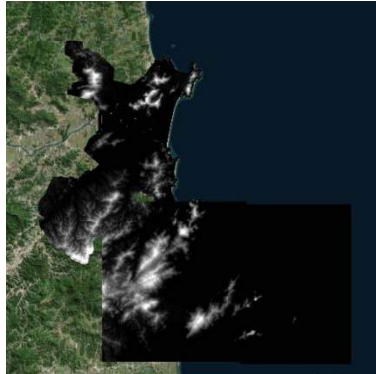
SWAN + ROMS

TWL/Q

RFSM-EDA

HEC-HMS

CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN



**MODELOS DIGITALES
DE TERRENO (MDT)
DE 1 m DE
RESOLUCIÓN
(UFSC)**



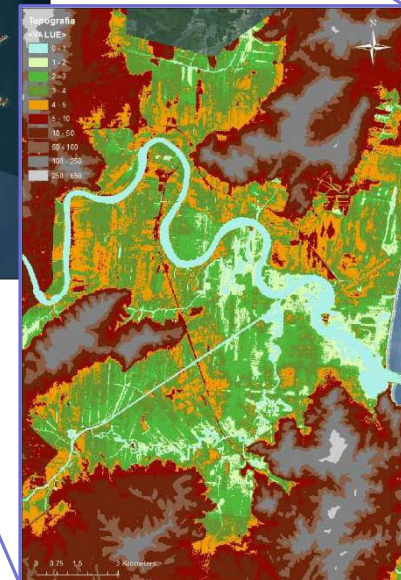
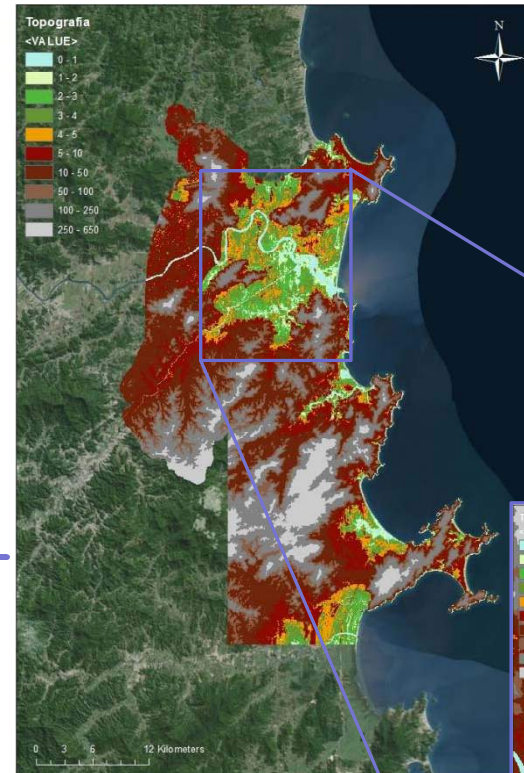
LÍNEA DE COSTA DE ALTA RESOLUCIÓN
(Elaboración propia)



**MDT DE 30 METROS DE RESOLUCIÓN GDEM
(NASA).**



LIMPIEZA Y RECTIFICACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA

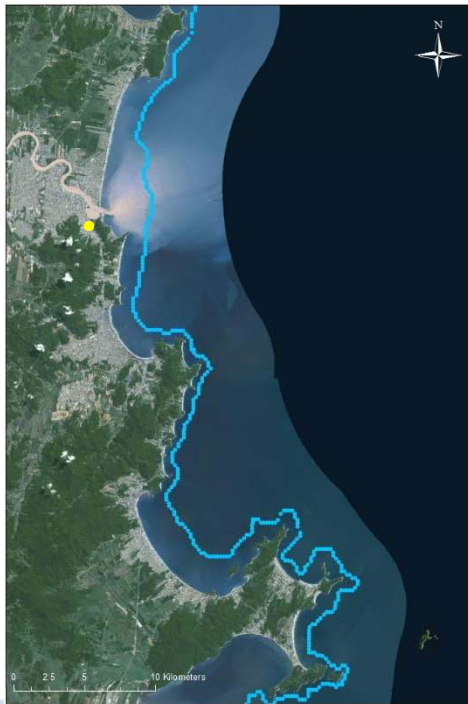


MODELADO DE INUNDACIÓN

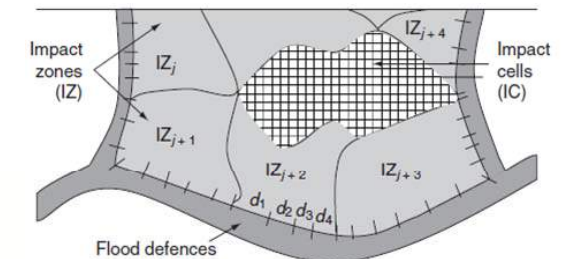
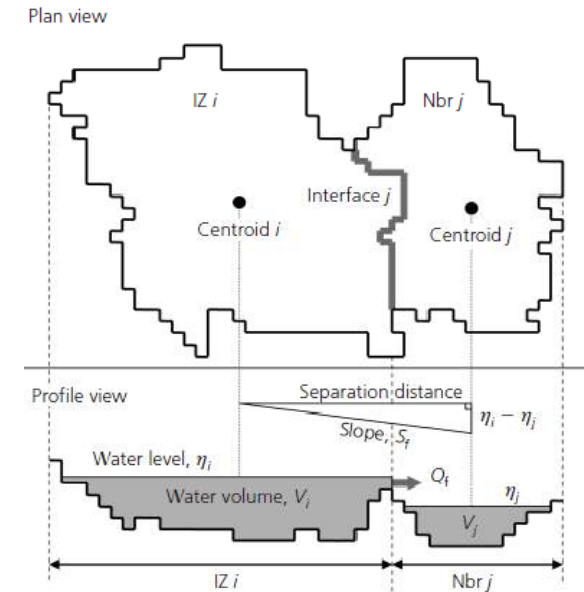
¿Cómo estudiamos la inundación a lo largo de la costa?

RFSM-EDA

(Rapid Flood Spreading Method - Explicit Diffusion wave with Acceleration term)

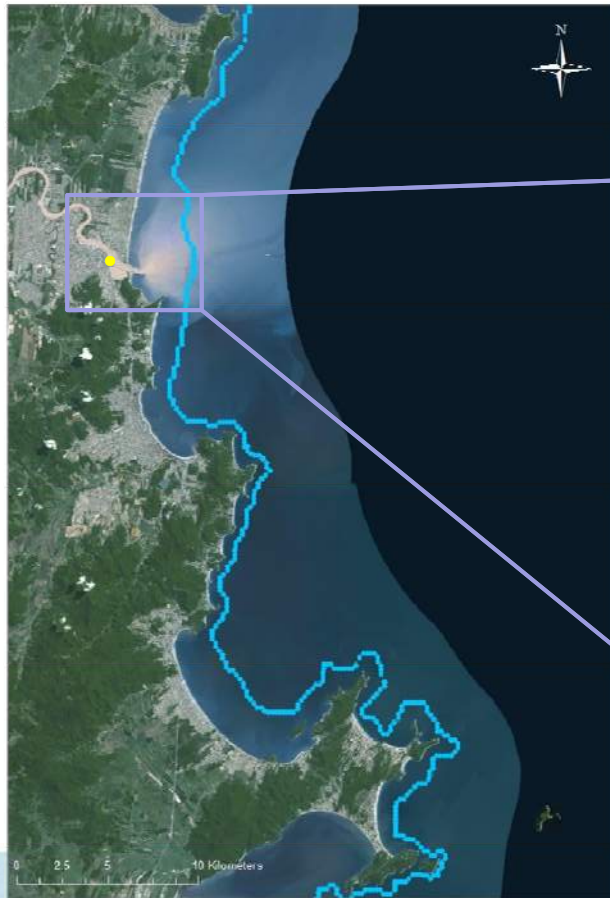


- ✓ Modelo 2D de almacenamiento de celdas (Gouldby et al., 2008)
- ✓ El modelo emplea el llamado **método de almacenamiento de celdas** y responde a una **aproximación difusiva de las Shallow Water Equations (SWE)**.
- ✓ Difiere del resto de modelos difusivos por incorporar un término adicional: la **aceleración local (o inercia local)**, que proporciona mayor estabilidad y menores tiempos de ejecución
- ✓ **Malla computacional formada por Impact Zones con sub-elemento topografía**
- ✓ **Proporciona la altura de columna de agua en cada celda y velocidades**



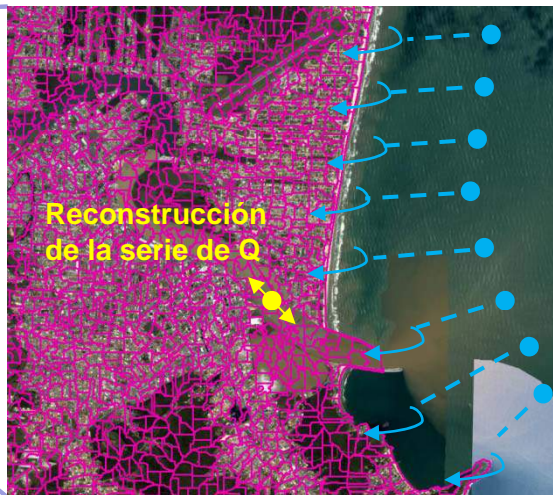
MODELADO DE INUNDACIÓN

¿Cómo estudiamos la inundación a lo largo de la costa?

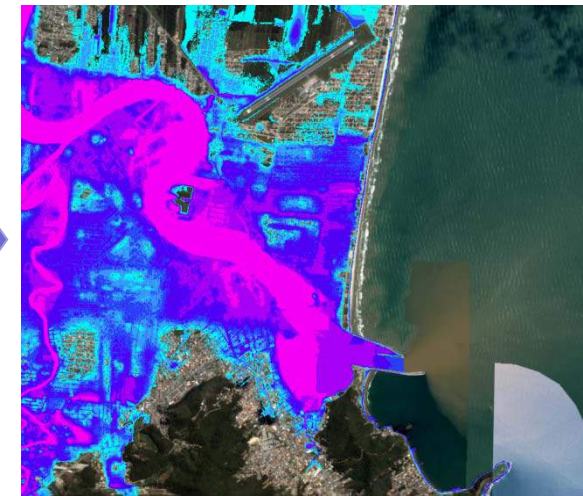


Para cada evento histórico y escenarios seleccionados:

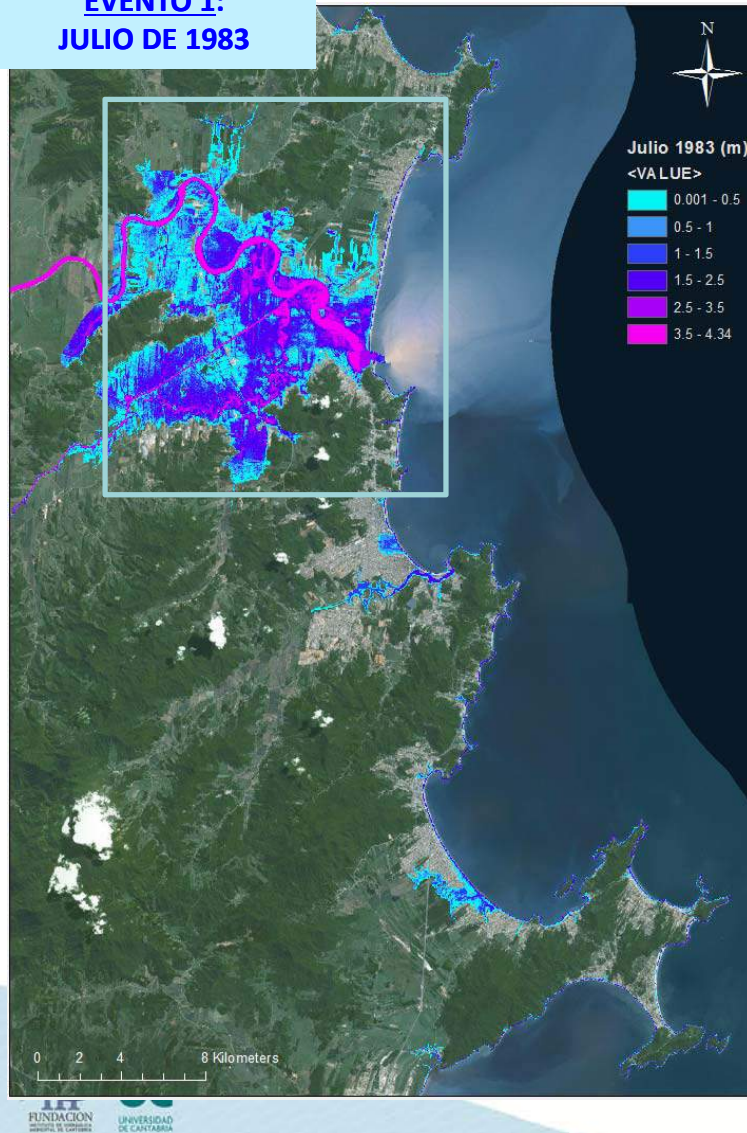
Reconstrucción de las series de TWL



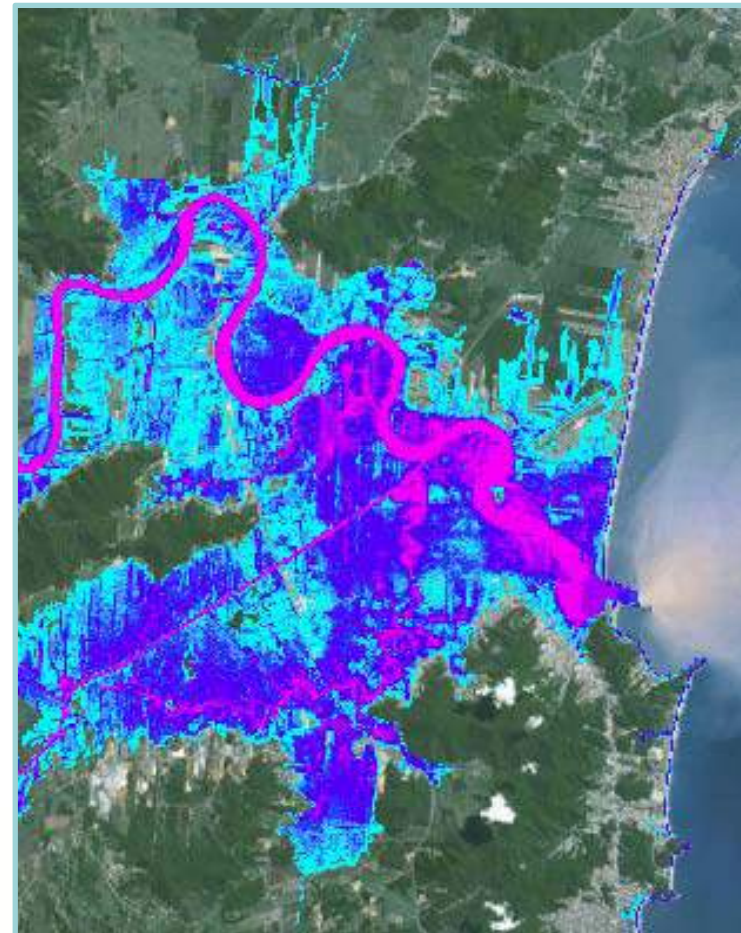
Reconstrucción de la serie de Q



**EVENTO 1:
JULIO DE 1983**

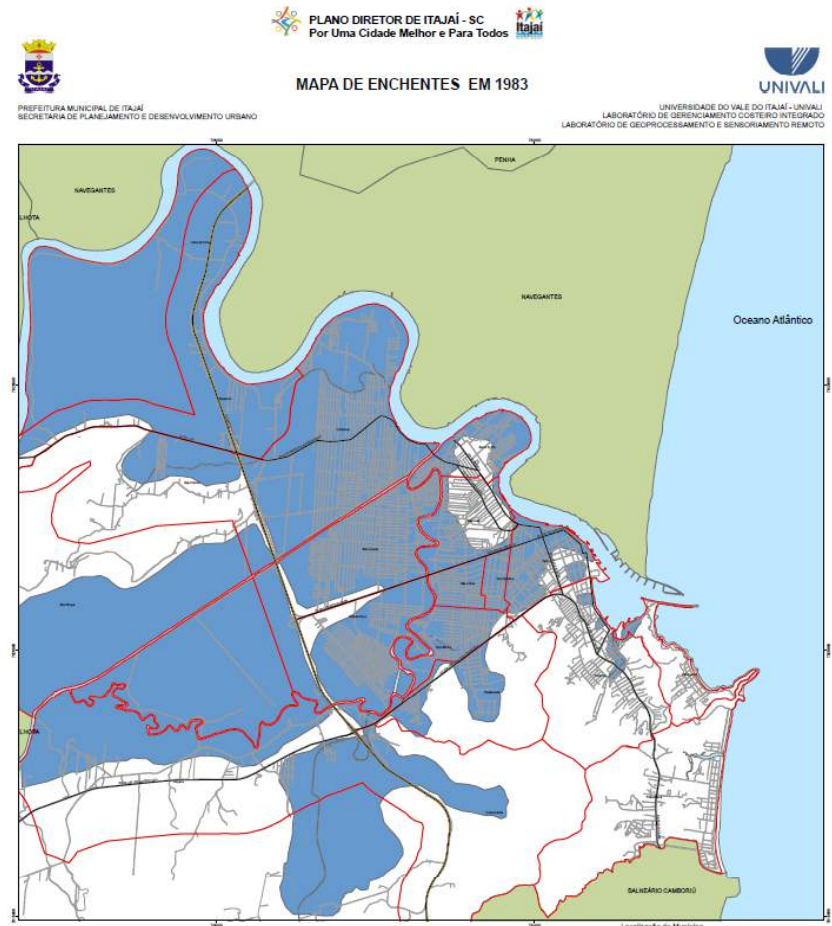
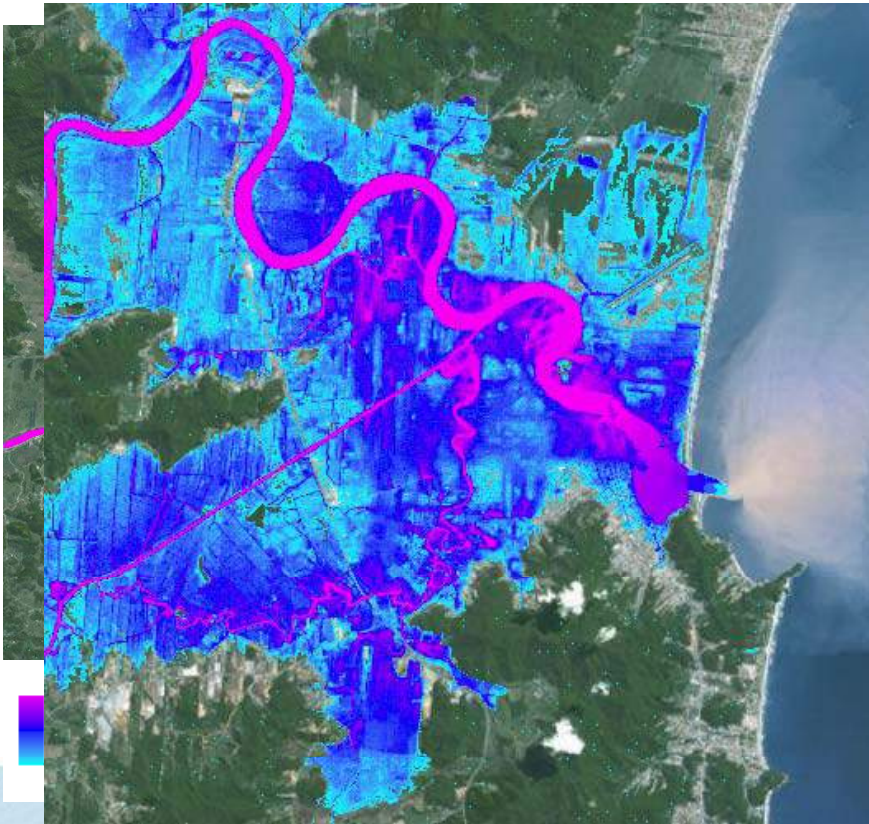


INUNDACIÓN FUNDAMENTALMENTE DEBIDA AL EXCESO DE CAUDAL DE ESCORRENTÍA DE LLUVIA



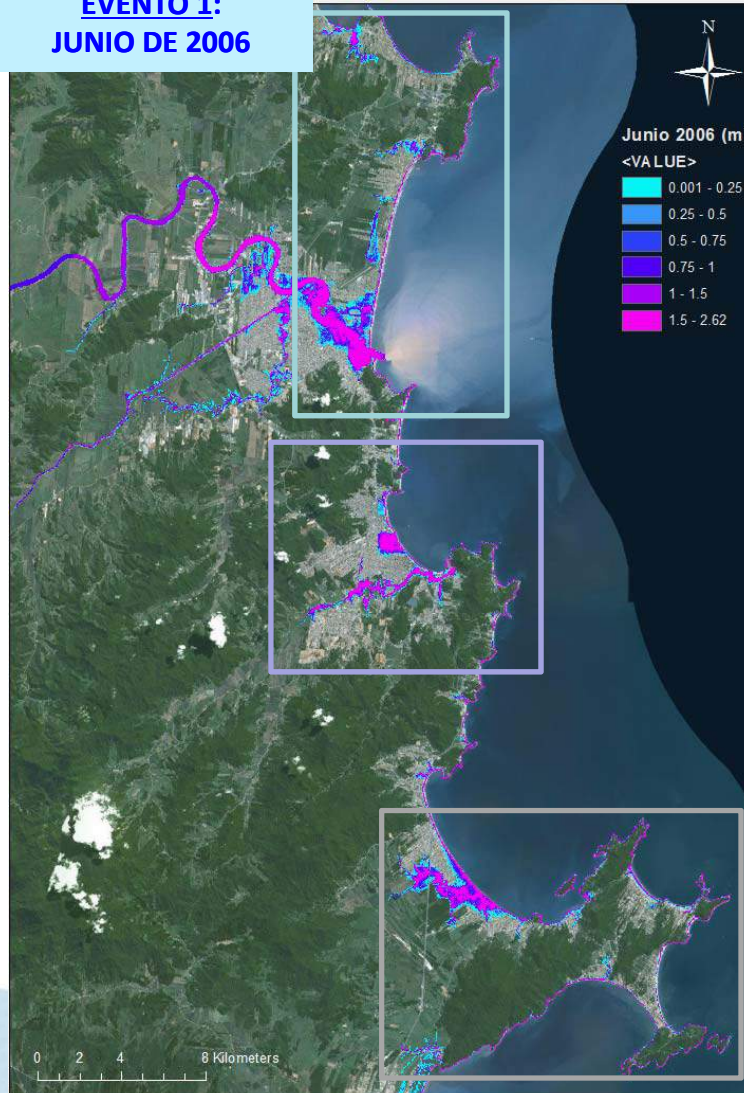
EJERCICIO DE VALIDACIÓN

Julio 1983

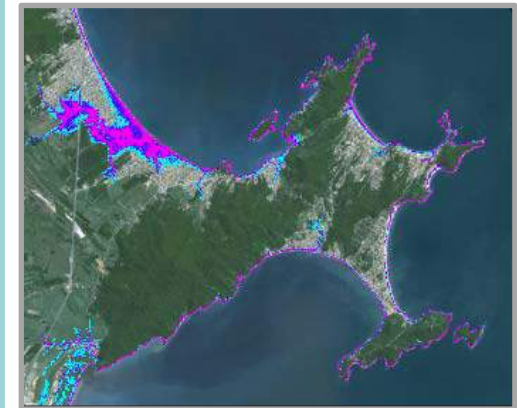
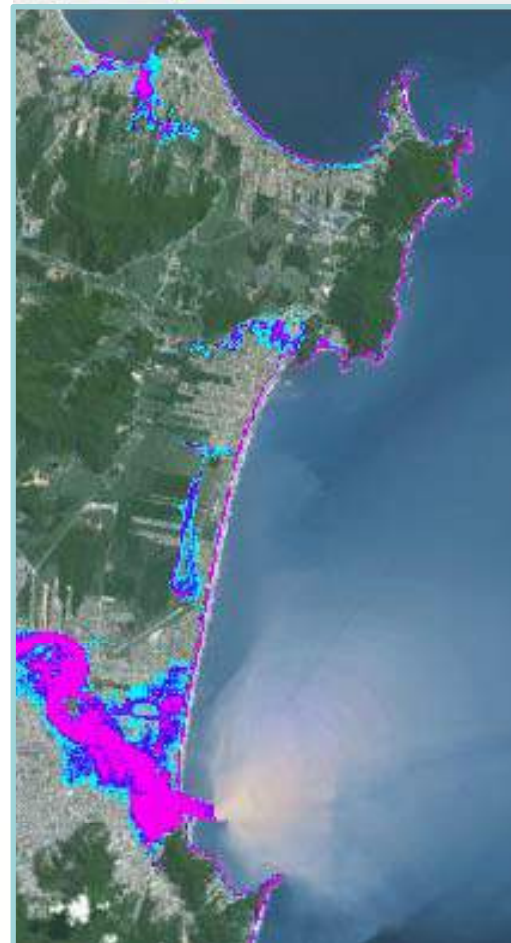


RESULTADOS

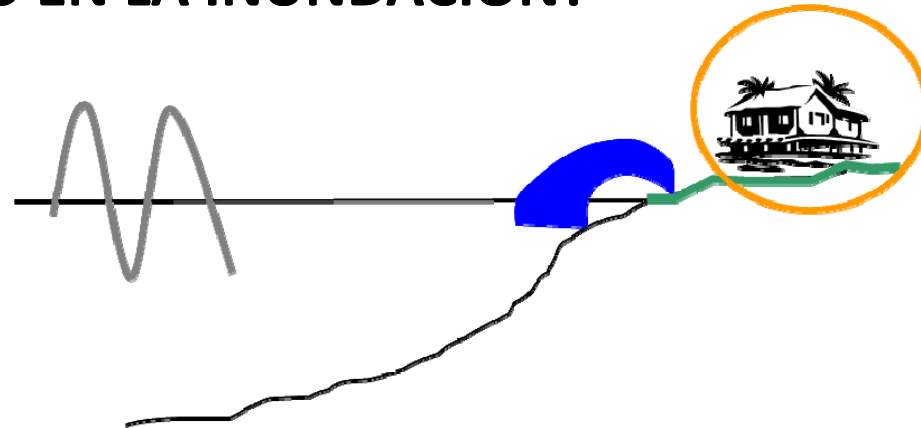
**EVENTO 1:
JUNIO DE 2006**



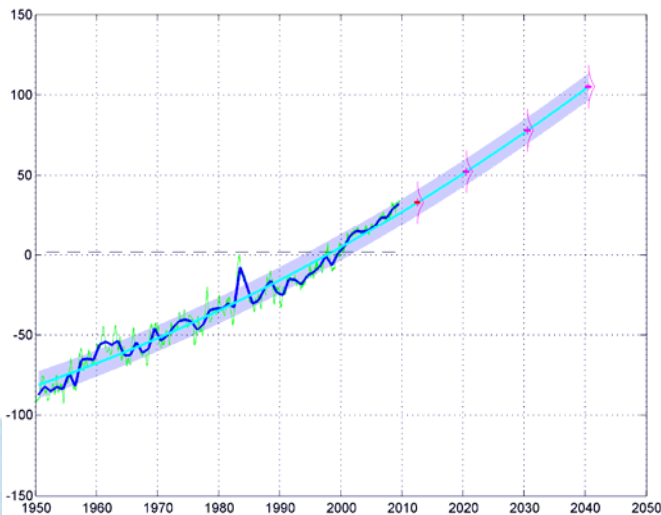
**INUNDACIÓN CUYA CONTRIBUCIÓN PRINCIPAL
RESPONDE A LAS DINÁMICAS MARINAS**



¿POR QUÉ ES NECESARIO ANALIZAR EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA INUNDACIÓN?



TENDENCIAS EN EL NIVEL DEL MAR



COMBINACIÓN DE DIVERSOS FACTORES:

Variables
meteo-oceanográficas

- Condiciones atmosféricas
- Nivel del mar: MM y MA
- Oleaje

Variables
hidro-meteorológicas

- Precipitación
- Caudales

¿CÓMO ESTUDIAR EL IMPACTO DE INUNDACIÓN?

EVENTOS EXTREMOS



- ✓ Duración determinada
- ✓ El nivel del mar o el caudal vuelven a su situación media

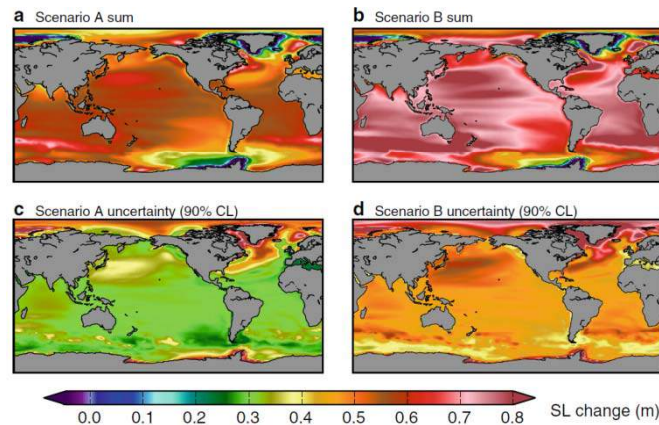
AUMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR (SLR)



- ✓ Inundación permanente
- ✓ Pérdida irrevocable de terrenos

2 TIPOS DE INUNDACIÓN

INUNDACIÓN PERMANENTE (SLR)



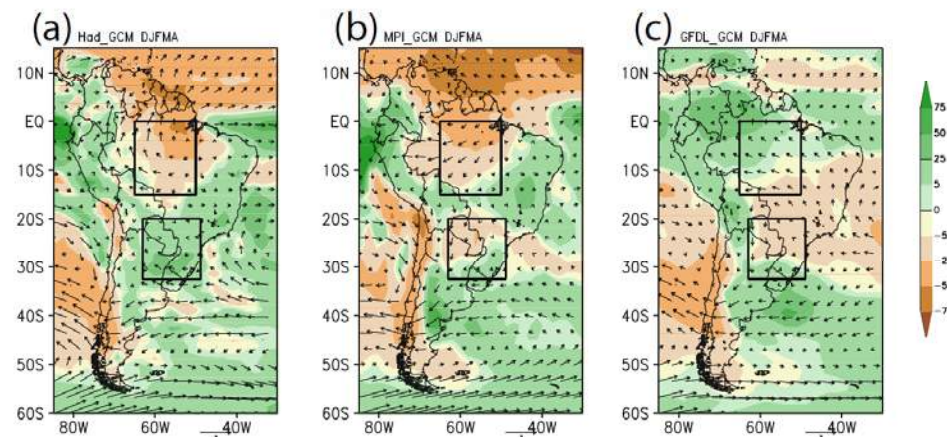
Slangen et al. (2014)

SLR1 = 0.70 m (RCP8.5 regionalizado)
SLR2 = 1 m (Límite superior RCP8.5)

Escenarios RCP	Subida del nivel del mar (m)	
	2046-2065	2100
RCP2.6	0,24 [0,17 - 0,31]	0,43 [0,28 - 0,60]
RCP4.5	0,26 [0,19 - 0,33]	0,52 [0,35 - 0,70]
RCP6.0	0,25 [0,18 - 0,32]	0,54 [0,37 - 0,72]
RCP8.5	0,29 [0,22 - 0,37]	0,73 [0,53 - 0,97]

IPCC (2014)

EVENTOS EXTREMOS DE CAUDAL DE ESCORRENTÍA DE LLUVIA $Q1 = Q0 + 20\%Q0$

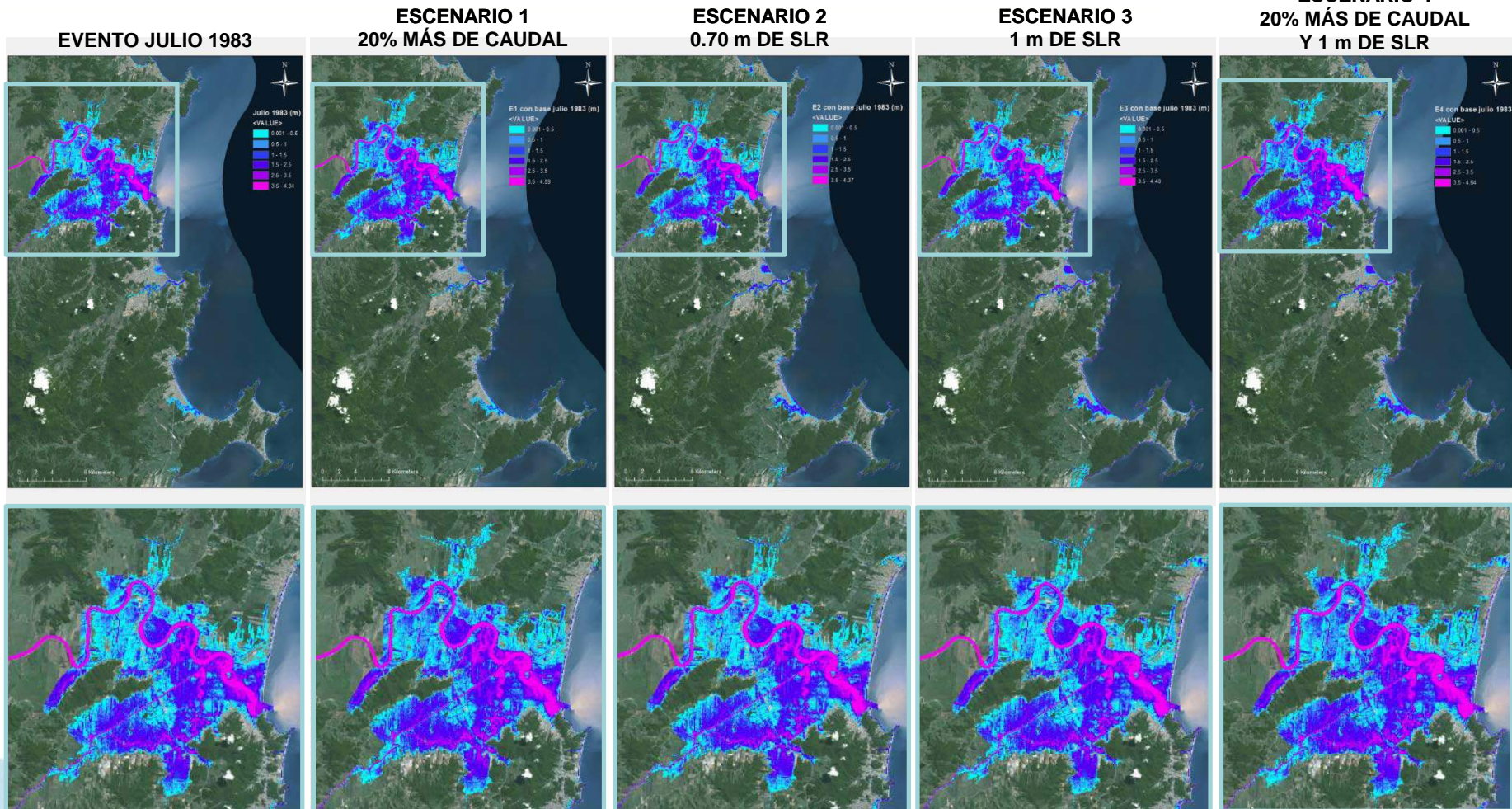


Precipitation (%) and wind change (ms⁻¹) from GCMs (2070/2099–1976/2005)
Source: Llopart et al. [2014]

Los **escenarios base** sobre los que se ensayaran los cambios corresponden a los **eventos históricos de julio de 1983 y junio de 2006**

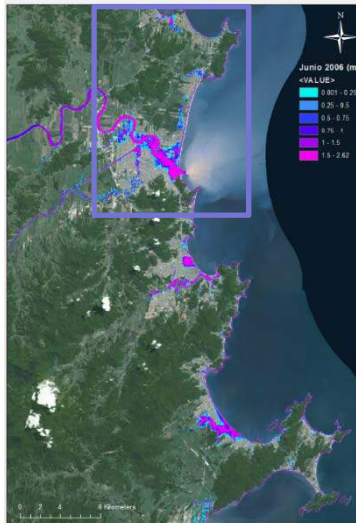
Año horizonte	Tipo de inundación	Escenario	Escenarios climáticos
2100	EE Q	E1	Q1
	SLR	E2	SLR ₁
		E3	SLR ₂
	EE Q + SLR	E4	Q1+SLR ₂

**EVENTO 1:
 JULIO DE 1983**

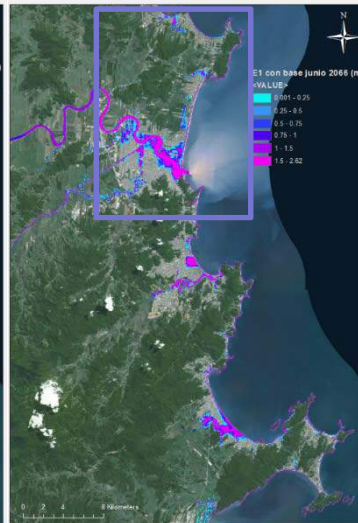


**EVENTO 1:
JUNIO DE 2006**

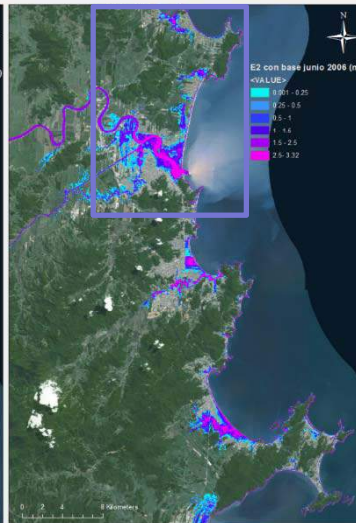
EVENTO JUNIO 2006



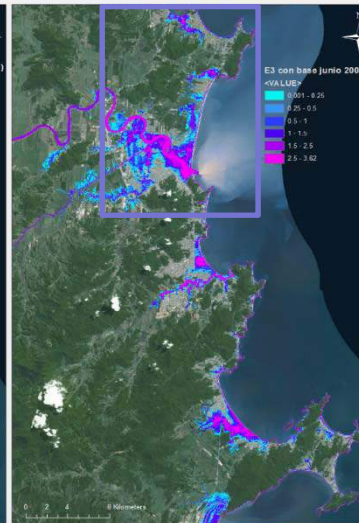
**ESCENARIO 1
20% MÁS DE CAUDAL**



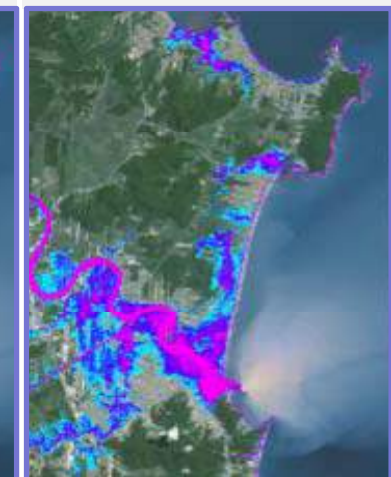
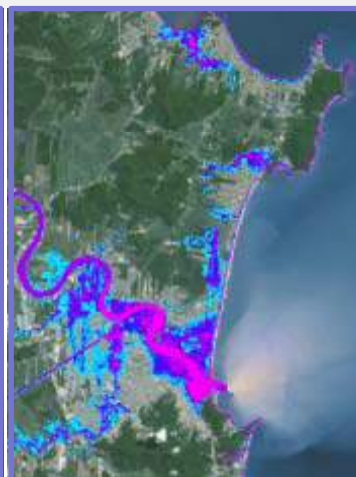
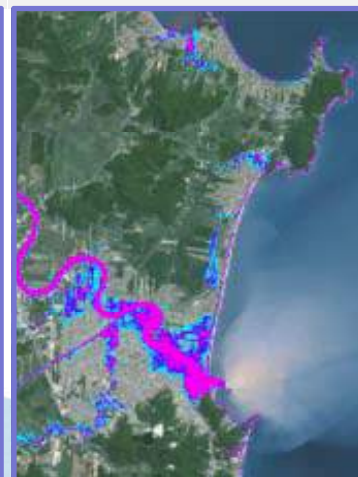
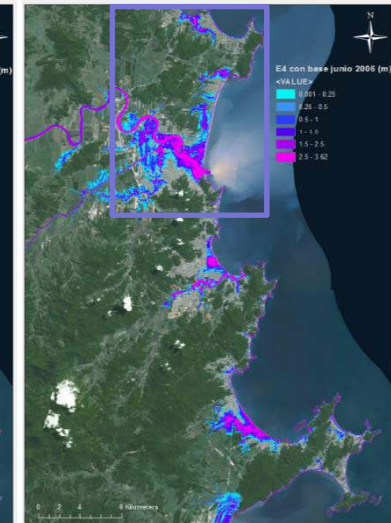
**ESCENARIO 2
0.70 m DE SLR**



**ESCENARIO 3
1 m DE SLR**



**ESCENARIO 4
20% MÁS DE CAUDAL
Y 1 m DE SLR**



ANÁLISIS DEL RIESGO DE INUNDACIÓN POR CAMBIO CLIMÁTICO EN SANTA CATARINA (BRASIL)



muchíssimo obrigado pela vossa atenção!