



# Foro Nacional Sobre el Riesgo 2023

► Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias



# Evaluación del Riesgo Sistémico en Costa Rica

José Antonio León  
Carlos Avelar

Noviembre 29, 2023





## **Objetivo de este proyecto piloto:**

- ✓ “Realizar un análisis de los riesgos interconectados y sistémicos en colaboración con los ministerios, departamentos y autoridades locales de Costa Rica, abarcando sectores como vivienda, salud, educación, energía, agua potable y alcantarillado.”



# Introducción

## Riesgo Sistémico

- El riesgo sistémico está asociado con impactos en cascada que se propagan dentro y entre sistemas y sectores.
- Puede darse/observarse en todas las escalas posibles (global, nacional, regional y/o local), dependiendo principalmente de 1) magnitud del evento/desastre, 2) interconexiones/interacciones entre sistemas/sectores
- Muy importante actualmente debido a la inmensa conectividad (ya sea entre sectores, como alimentos, salud, agua, energía, ciudades, países y continentes, o incluso entre individuos)
- Terremoto y Tsunami en Japón en 2011, el Huracán Katrina en 2005, Terremoto de Haití, COVID-19, Terremoto de Turquía 2023, Inundaciones por el Fenómeno de la Niña en Colombia 2021-2023.
- Terremoto de Limón (1991), Huracán Otto 2013, Tormenta Nate 2017.

# Introducción

Retos Actuales

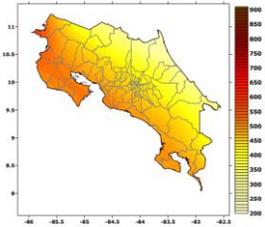


Evaluación Sistémica/Holística del Riesgo

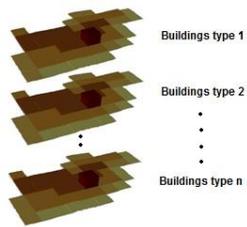
Pérdidas y riesgo por el daño físico de los activos

Standard methodology: (ej.: CAPRA, HAZUS)

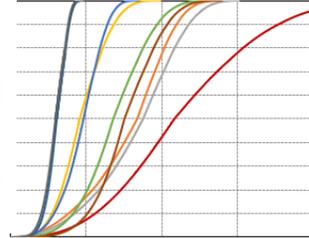
Amenaza



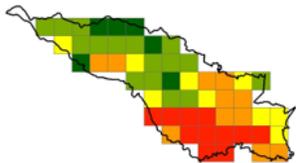
Exposición



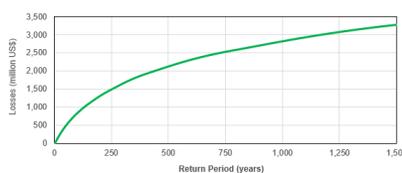
Vulnerabilidad



Pérdidas Directas



Riesgo



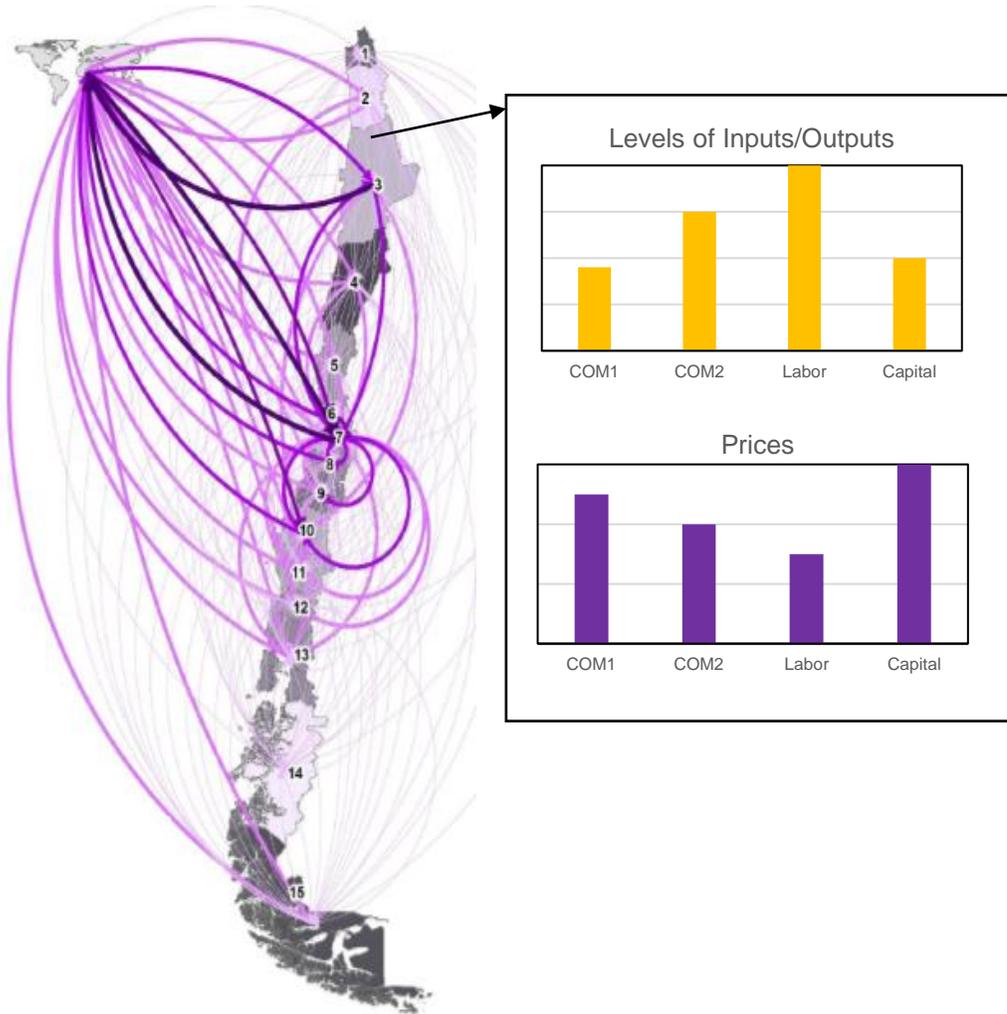
Que sucede con:

- Producción
- Prestación de servicios
- Ingresos
- Empleo
- Importaciones
- Exportaciones
- Inflación
- Balanza de pagos
- Presupuesto fiscal
- PIB
- PRB (Producto Regional Bruto)

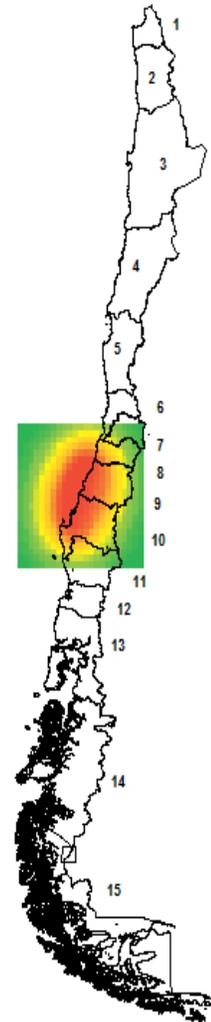


# Enfoque de Modelado DIRAS

Modelo de la economía:  
Modelo CGE interregional integrado



En un instante aleatorio  
ocurre un terremoto



Daño en los  
activos que  
conforman el  
stock de capital



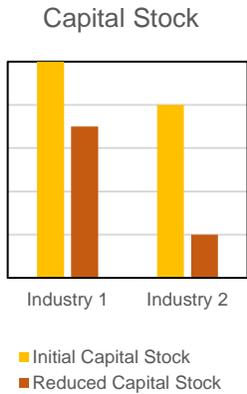
# Enfoque de Modelado DIRAS



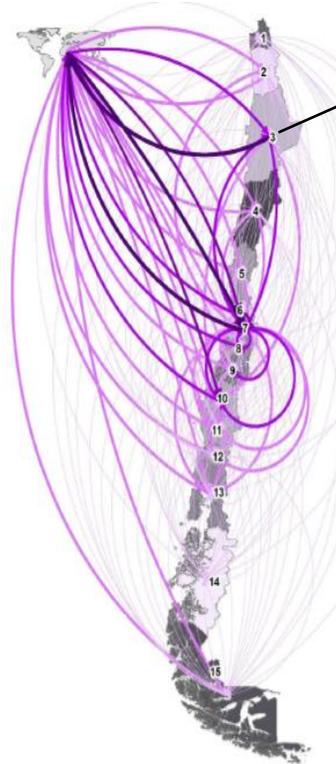
Reducción de los niveles disponibles de stocks de capital

Daño Físico

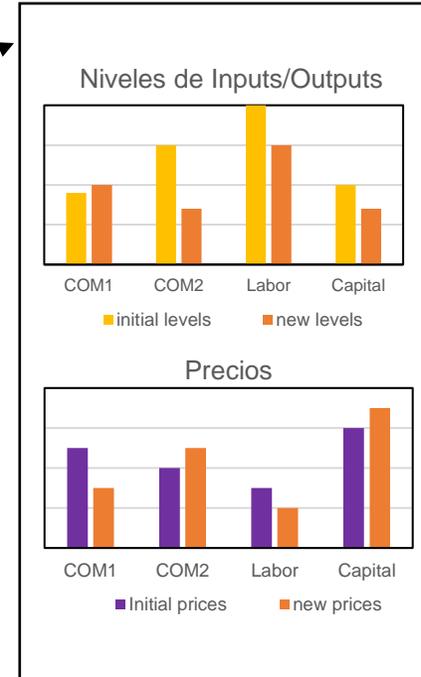
(Pérdidas directas)



Se pierde el equilibrio de la economía



La economía alcanza un nuevo equilibrio ajustando los niveles y precios de inputs y outputs

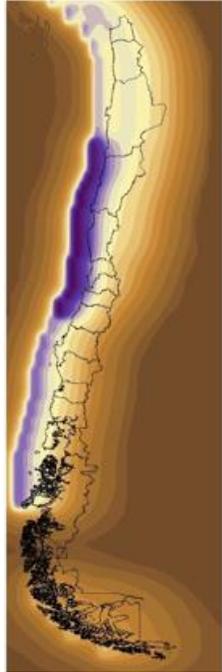


Los modelos CGE espaciales propagan la pérdidas directas en la economía

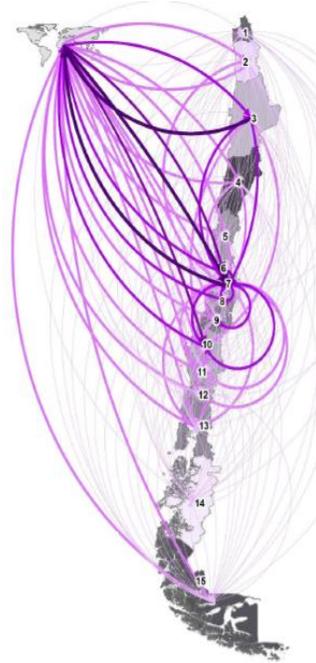


# Resumen del enfoque de modelado DIRAS

Modelo de riesgo/daño directo



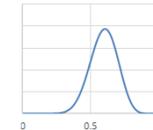
Modelación CGE



Escenarios probabilistas de pérdidas indirectas respecto a múltiples componentes de la economía



- Sector agropecuario
- Sector comercial
- Sector manufacturero
- Sector transporte



Producción  
Servicios  
Empleo  
Ingresos  
PRB  
Inflación  
Importaciones  
Exportaciones.

·  
·  
·

★ Distribución de probabilidad de pérdidas directas pertenecientes a cada sector/región

★ La frecuencia anual con la que se produce ese escenario de pérdida en particular

★ Propagar pérdidas directas a través de la economía.

★ Modelar las interacciones de todos los agentes económico

# Métricas de Riesgo

Pérdida anual esperada (AAL)

Curva de excedencia de pérdidas(LEC)

Pérdidas  
directas

$$AAL_d = \sum_{k=1}^{Events} E(Ld_k) F_k$$

$$v_d(l) = \sum_{k=1}^{Events} \Pr(Ld_k > l) F_k$$

Pérdidas  
Sistémicas y/o  
indirectas

$$AAL_p = \sum_{k=1}^{Events} E(Lp_k) F_k$$

$$v_p(l) = \sum_{k=1}^{Events} \Pr(Lp_k > l) F_k$$

$Ld_k$  y  $Lp_k$  = pérdidas probabilísticas directas e indirectas producidas por el evento  $k$ .

$F_k$  = frecuencia anual de ocurrencia del evento  $k$ .

$E(.)$  = denota el valor esperado.

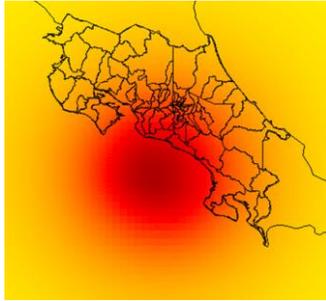
$\Pr(Ld_k > l)$  y  $\Pr(Lp_k > l)$  = probabilidad de que las pérdidas directas e indirectas exedan un determinado valor  $l$ .

$v_d(.)$  y  $v_p(.)$  = denota la tasa de excedencia de las pérdidas directas e indirectas

Indicadores o  
métricas de  
riesgo  
sistémico

# Cálculo de Riesgo – Daño Directo a infraestructura

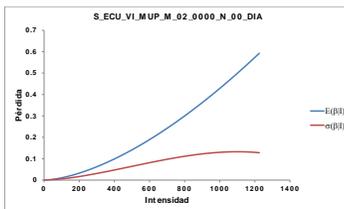
Amenaza Natural



Exposición



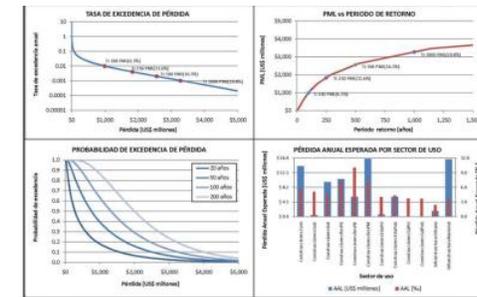
Vulnerabilidad



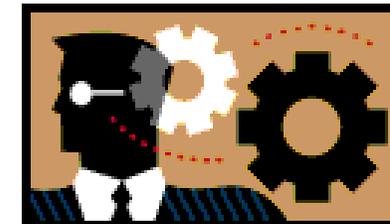
Cálculo de pérdidas directas



Métricas de Riesgo: AAL, PML



Toma de decisiones



# ¿Qué significa exposición?

Identificar y caracterizar los elementos críticos susceptibles de sufrir daño ante las amenazas naturales en un país o región.

- ✓ Construcciones urbanas
- ✓ Infraestructura urbana
- ✓ Construcciones rurales
- ✓ Infraestructura regional y nacional



# Exposición

Ministerios que participaron en suministrar información para integrar bases de datos de exposición:

- 1) Empresa de Servicios Públicos de Heredia
  - Agua Potable
  - Saneamiento
  - Energía Eléctrica
- 2) AyA - Acueductos y Alcantarillados
- 3) MOPT-CONAVI – Red Vial Nacional
- 4) INEC - Vivienda
- 5) CNFL / ICE – Compañía Nacional de Fuerza y Luz/ Instituto Costarricense de Electricidad
- 6) MEP - Educación
- 7) CCSS – Caja Costarricense De Seguro Social

# Información mínima requerida

- ✓ ID
- ✓ Localización geográfica
- ✓ Tipo constructivo para clasificación de vulnerabilidad
- ✓ Valor económico expuesto
- ✓ Sector Económico al que pertenece

## **Formato para representación de la exposición:**

- Archivos tipo shape (polígonos, líneas, puntos)

# Exposición

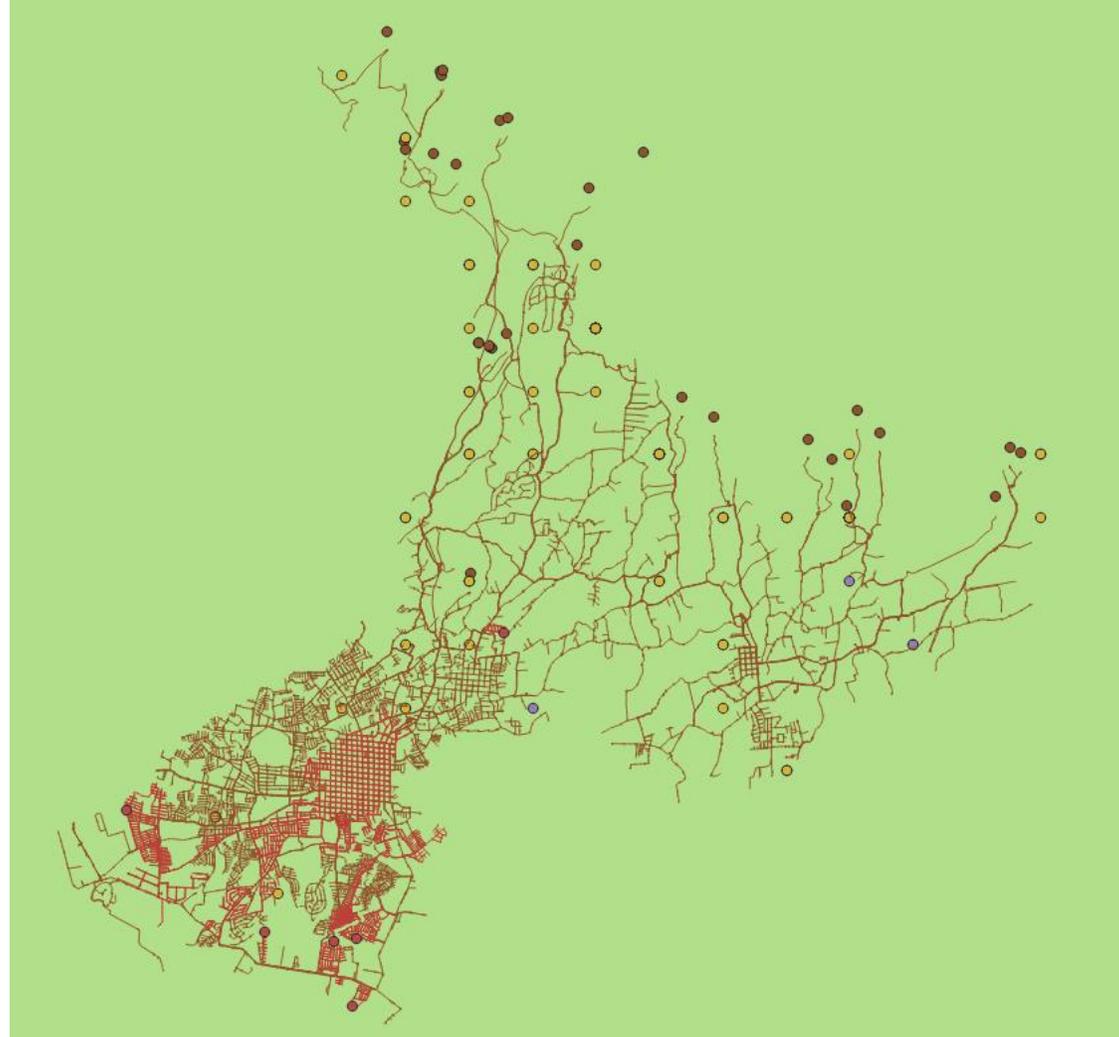
## Campos obligatorios para evaluación de Riesgo

Nombre Campo	Valor de exposición
<b>VALFIS</b>	Valor expuesto físico
<b>VALHUM</b>	Valor expuesto humano

Nombre Campo	Amenaza
<b>SE_SISMO</b>	Sistema estructural para Sismo
<b>SE_INUNDA</b>	Sistema estructural para Inundación

En los casos que no se contó con la información mínima requerida, se realizaron consultas a los ministerios para tratar de obtenerla. Cuando no fue posible obtener alguna información básica, fue propuesta utilizando fuentes alternas.

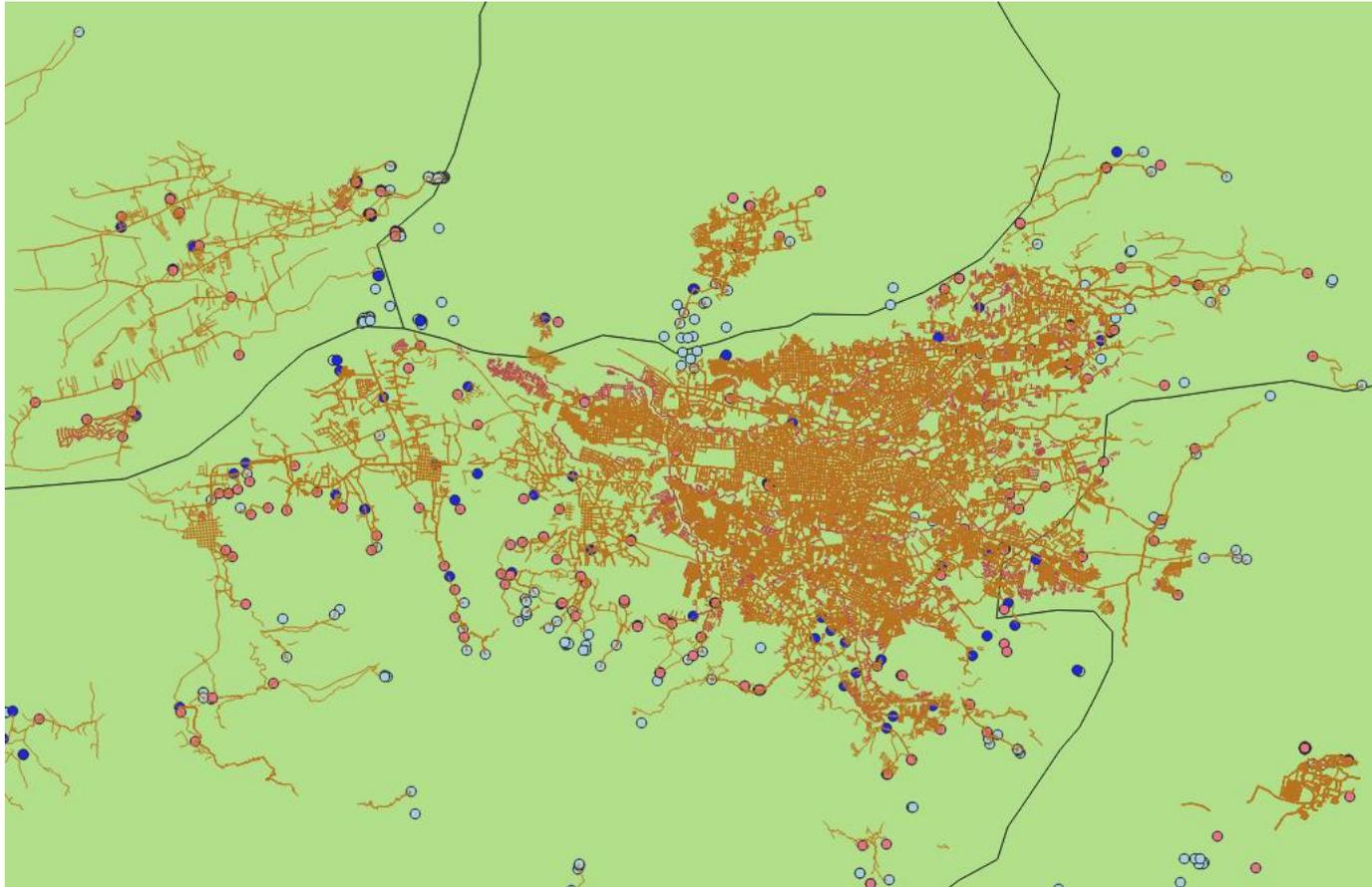
# Exposición – Ejemplos



## Servicios Públicos de Heredia

- Agua
- Saneamiento

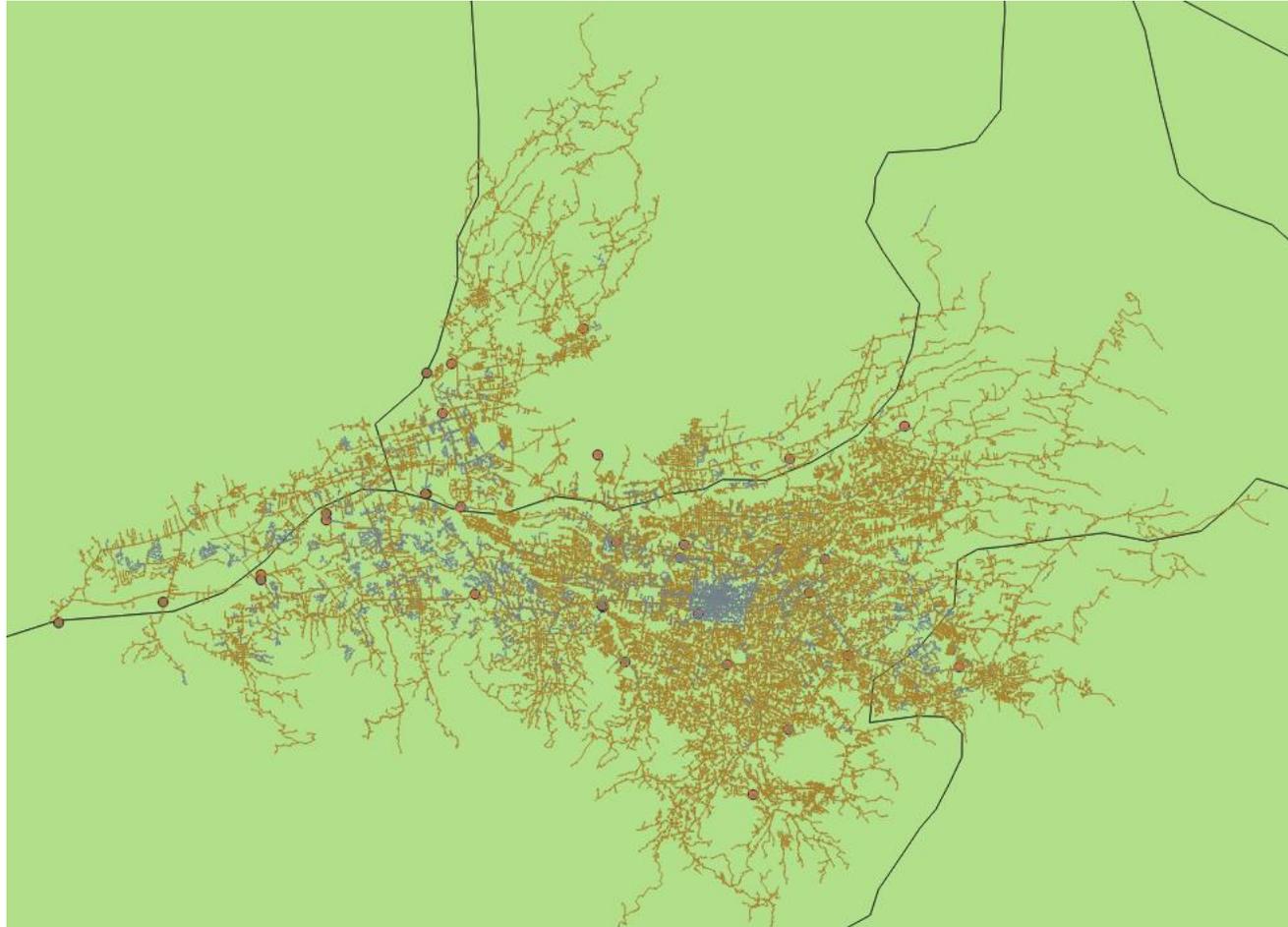
# Exposición – Ejemplos



## AyA

- Tuberías de abastecimiento
- Tanques AP
- Estaciones de bombeo
- Colectores
- Aprovechamiento

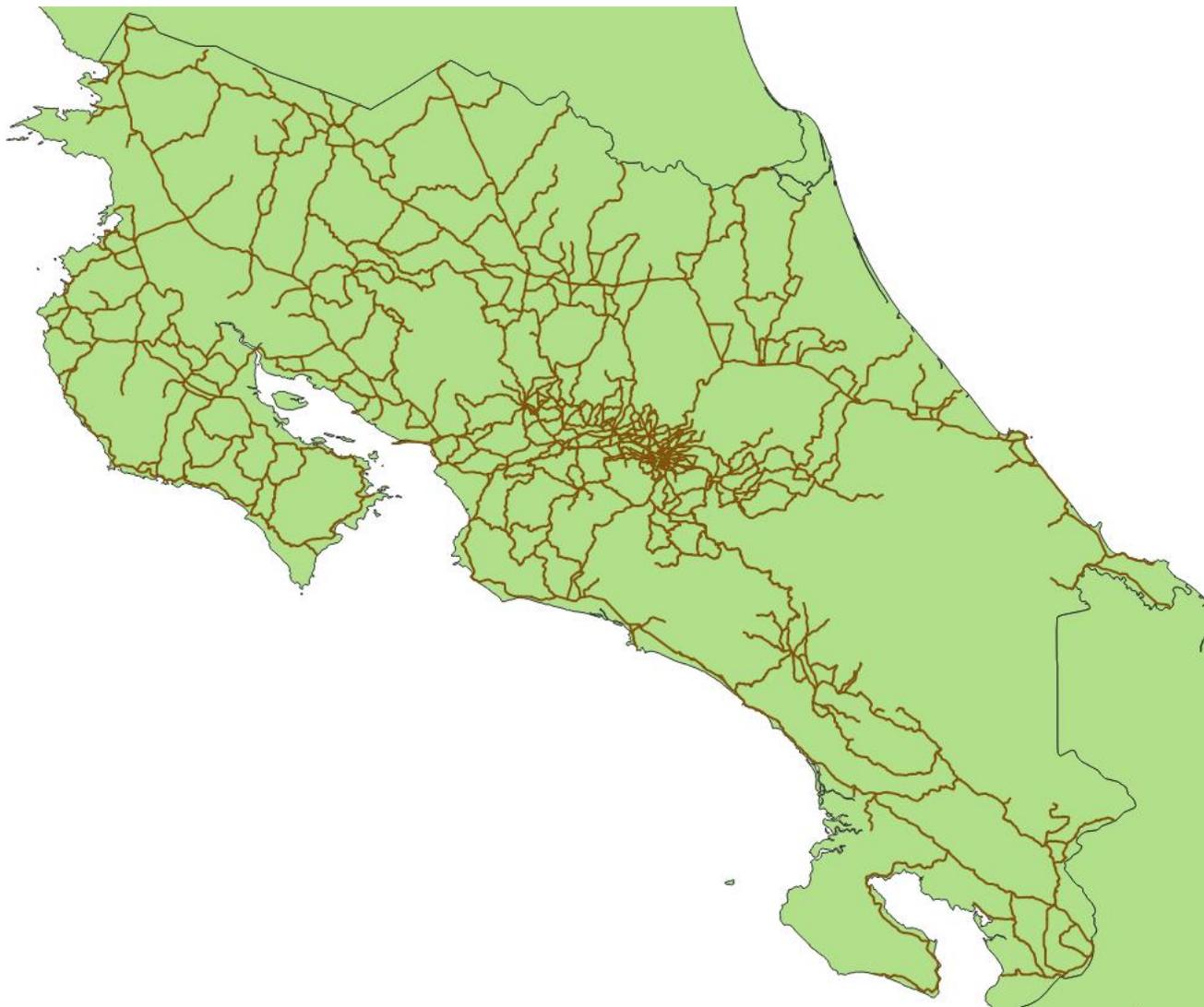
# Exposición – Ejemplos



## CNFL – ICE

- Líneas aéreas
- Líneas subterráneas
- Plantas de generación
- Subestaciones

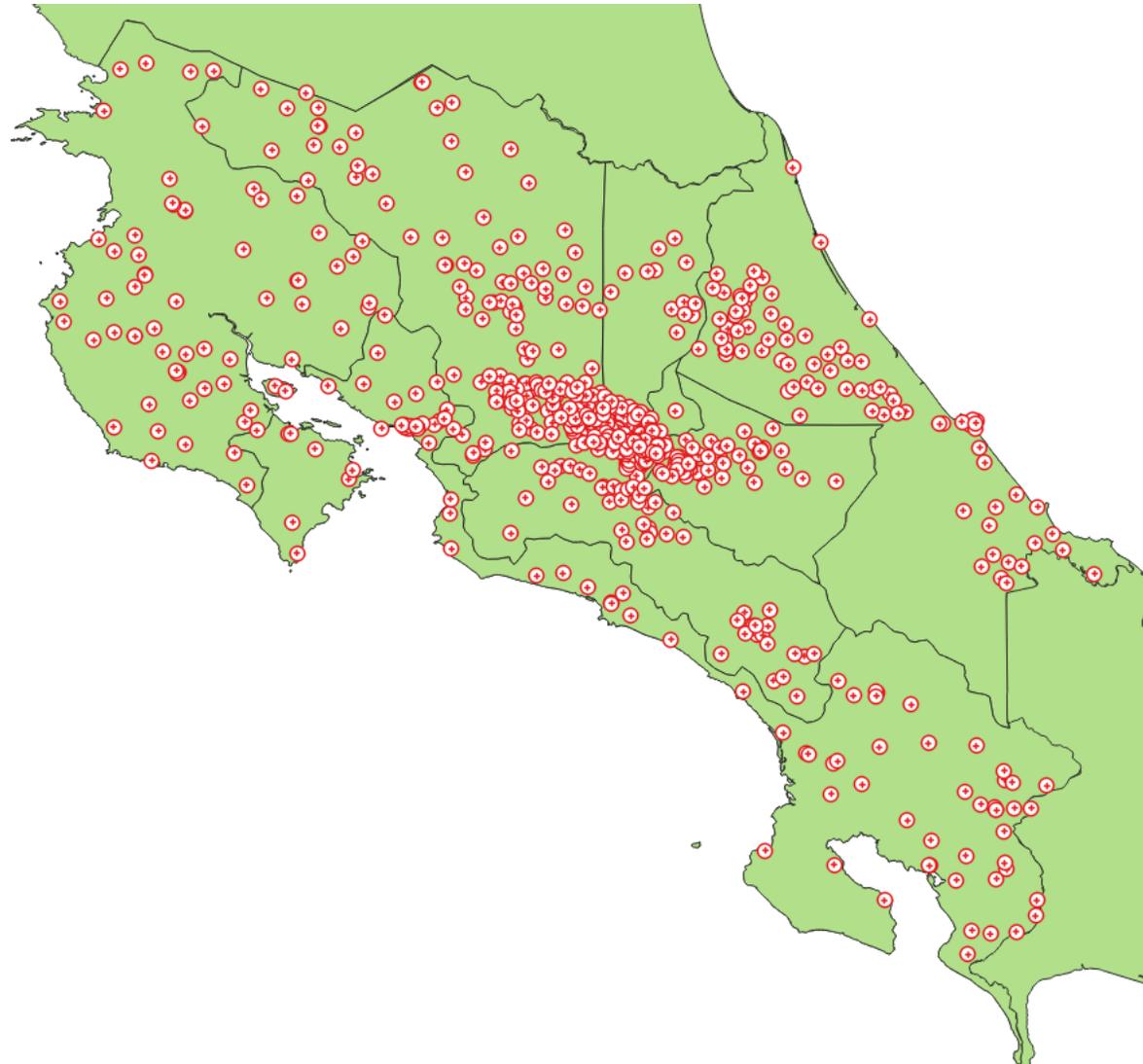
# Exposición – Ejemplos



**MOPT-CONAVI**

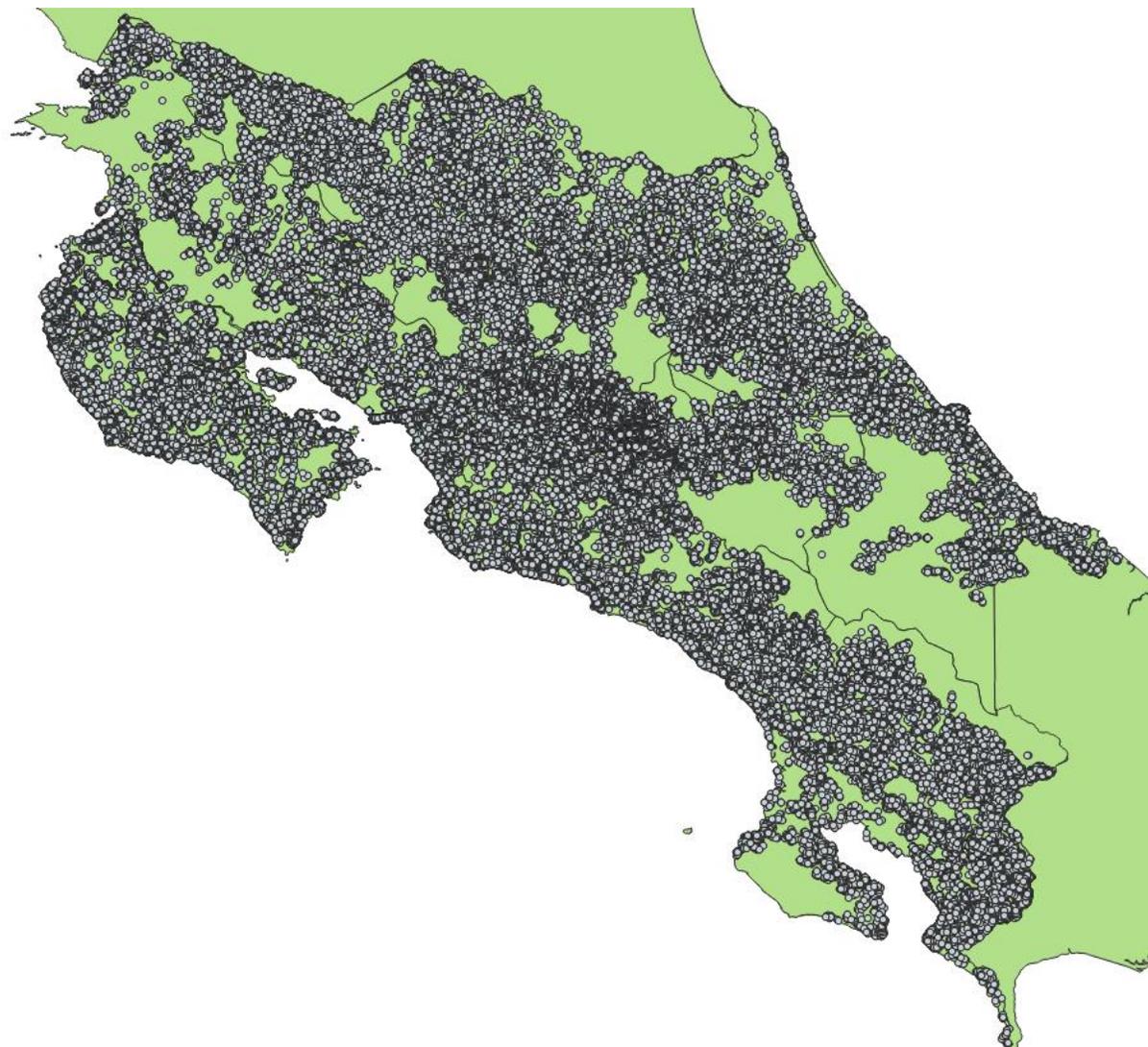
- Red Vial Nacional

# Exposición – Ejemplos



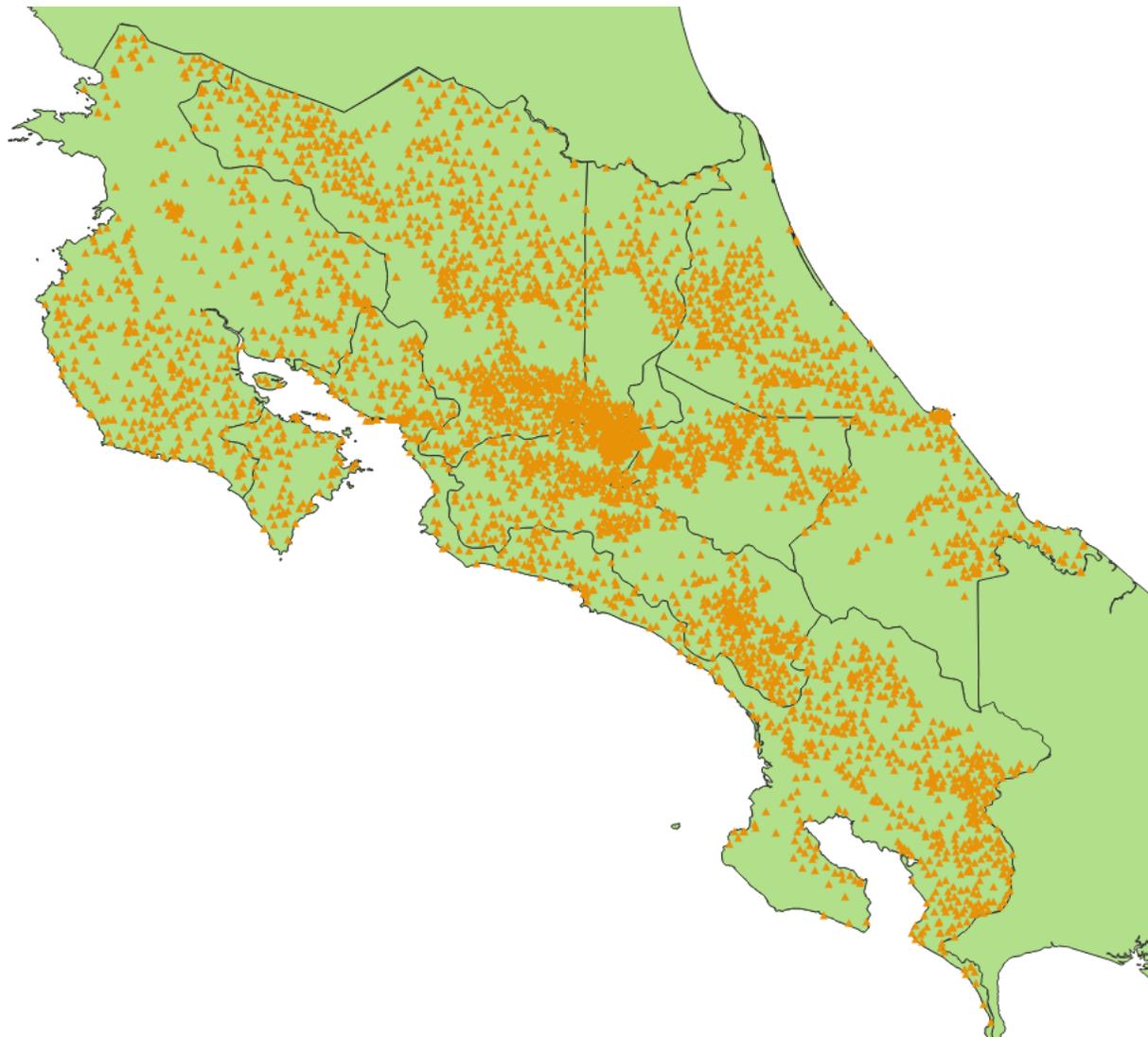
**CCSS – Caja Costarricense  
De Seguro Social**

# Exposición – Ejemplos



Vivienda

# Exposición – Ejemplos

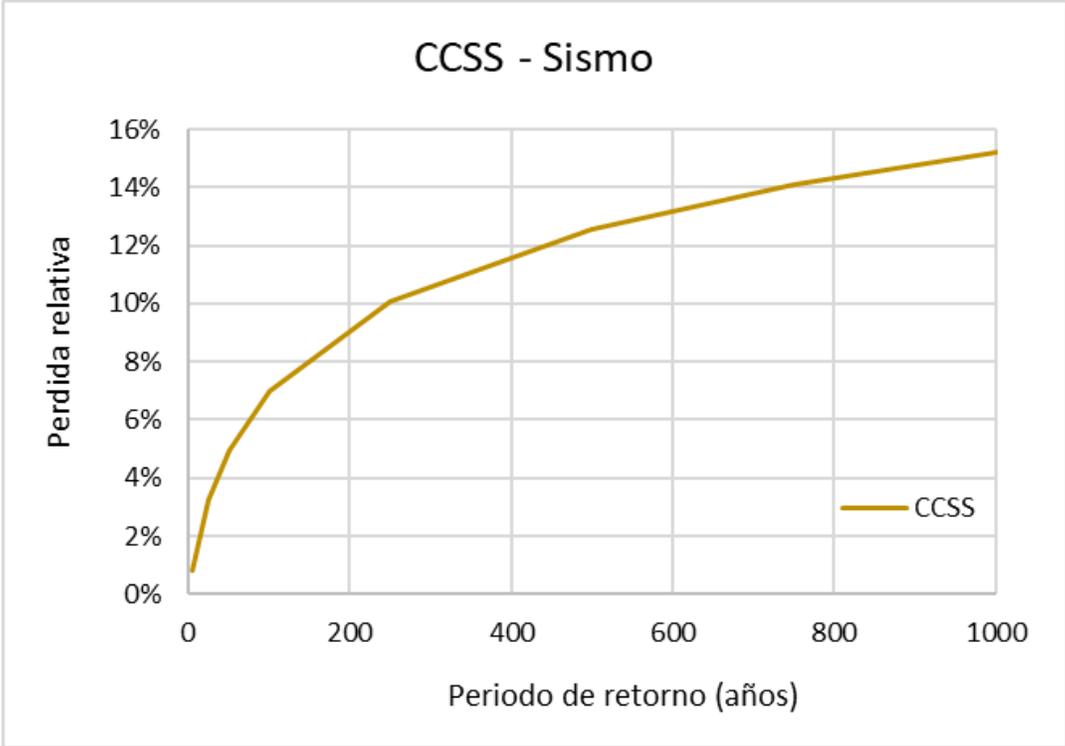


Escuelas

## Cálculo de Riesgo – Daño Directo a infraestructura

- ✓ Una vez que las bases de datos de exposición fueron migradas al formato requerido por CAPRA y se completó la información básica faltante, se llevaron a cabo las evaluaciones de riesgo probabilista por sismo e inundación.
- ✓ Las principales métricas de riesgo a ser analizadas son la Pérdida para diferentes periodos de retorno (PML) y la Pérdida Anual Esperada (AAL) – Esta última permite visualizar geográficamente las ubicaciones o regiones donde se esperarían las mayores pérdidas en promedio.
- ✓ A continuación, se presentan algunos resultados.

# Daño directo (PML, AAL)



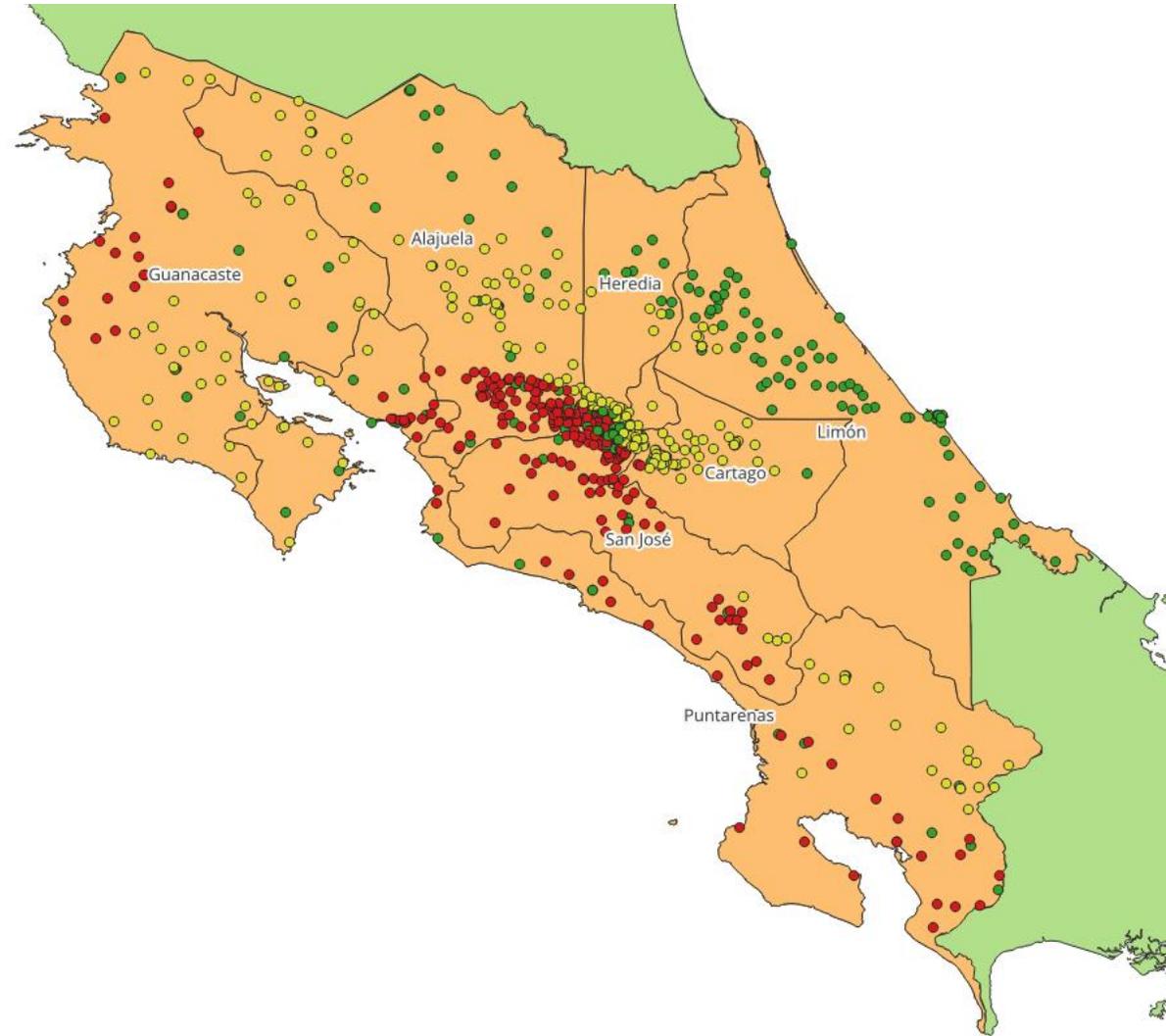
Sismo

Hospitales

Prima pura de riesgo = 0.75%



# Daño directo

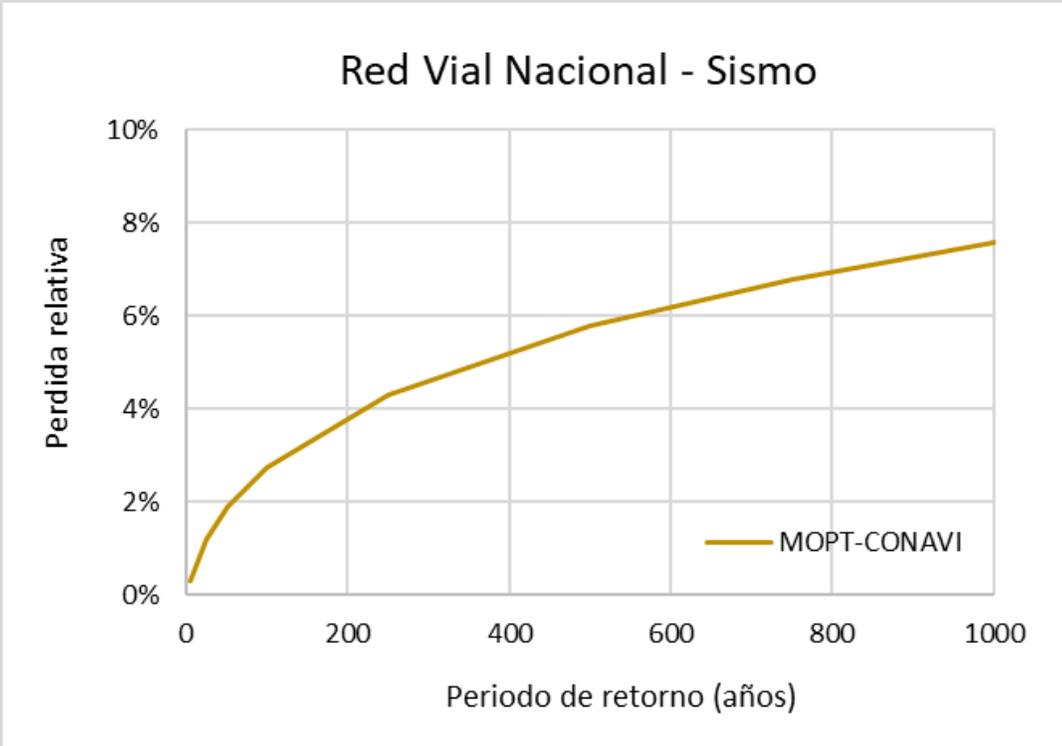


Sismo

Distribución geográfica  
de la pérdida anual  
esperada

Hospitales

# Daño directo (PML, AAL)



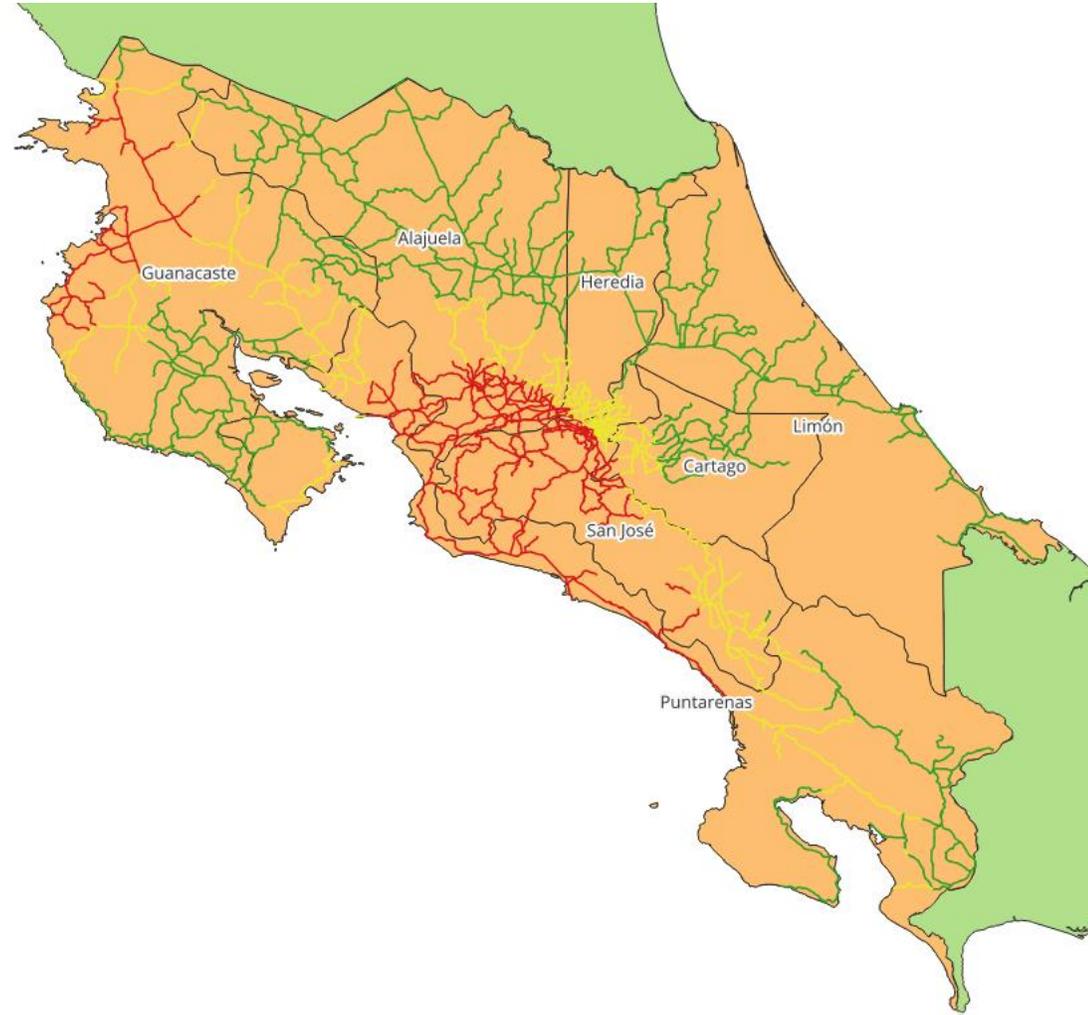
Sismo

Red vial nacional

Prima pura de riesgo = 0.28%



# Daño directo

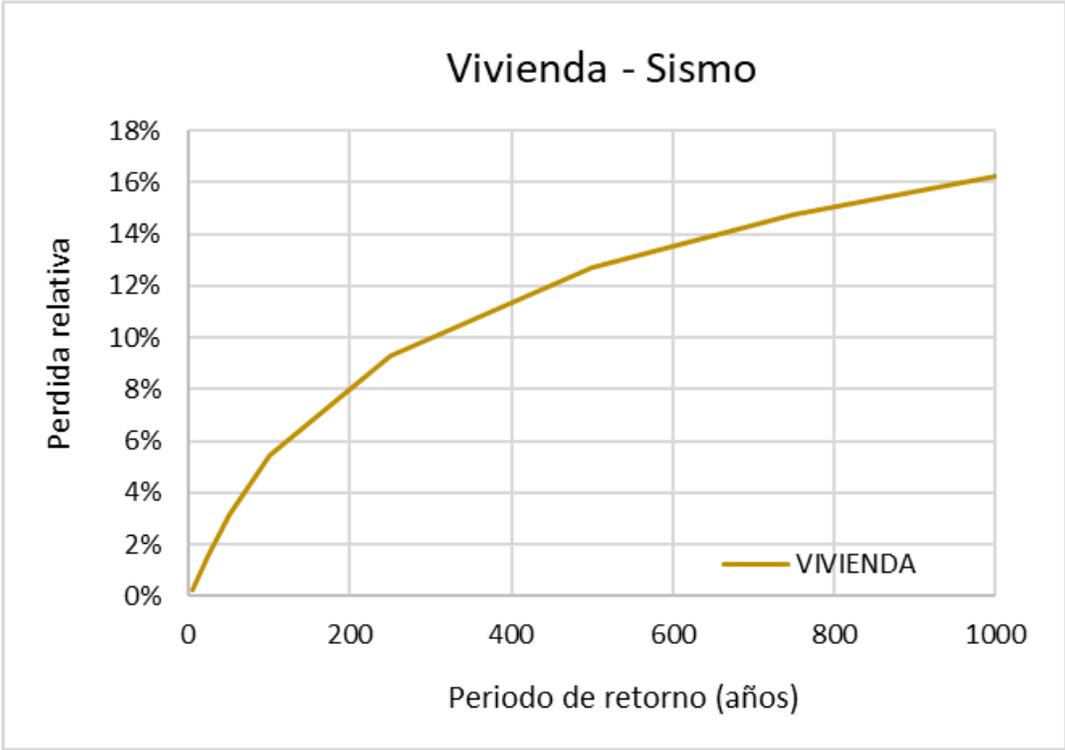


## Sismo

Distribución geográfica de la pérdida anual esperada

Red vial nacional

# Daño directo (PML, AAL)



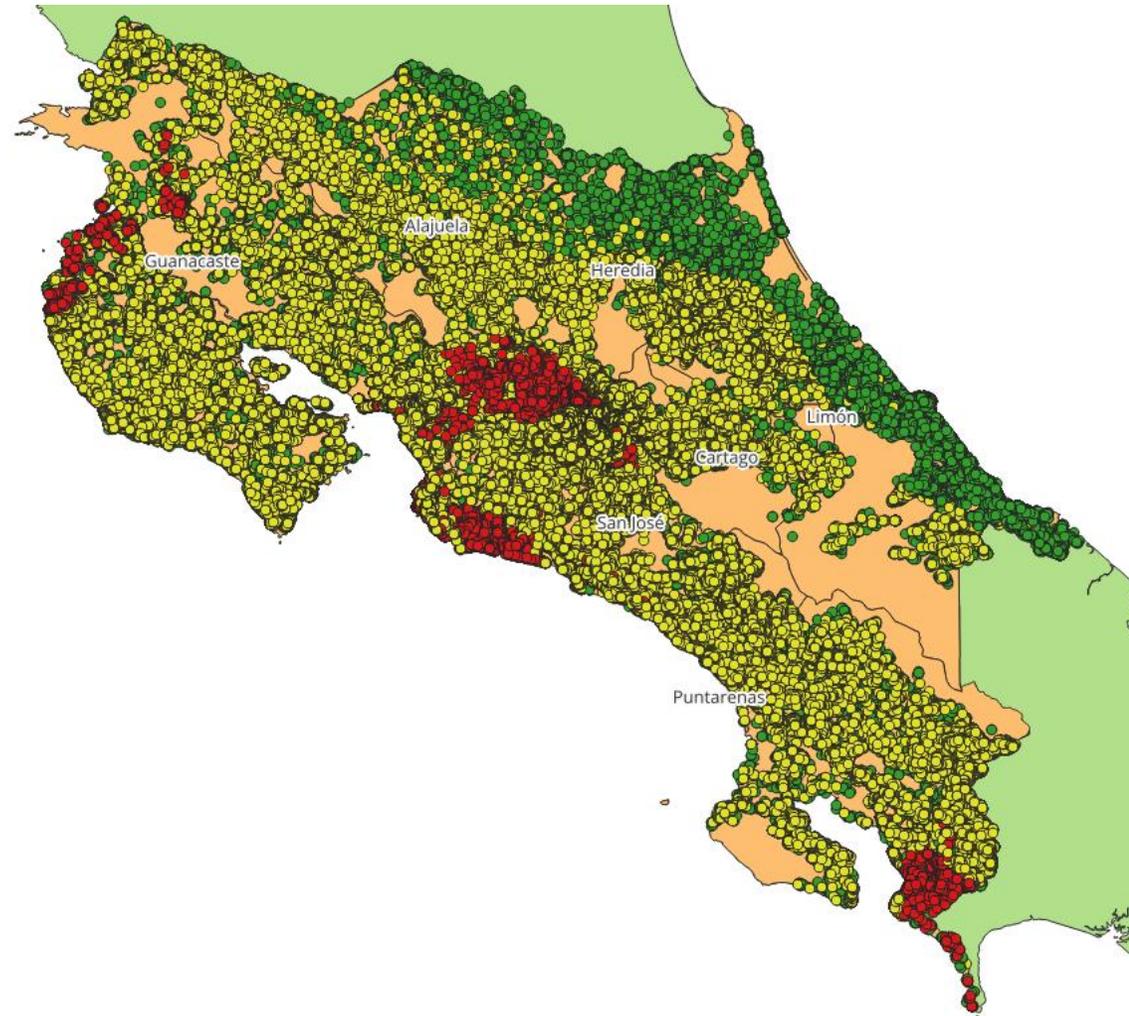
Sismo

Vivienda

Prima pura de riesgo = 0.32%



# Daño directo

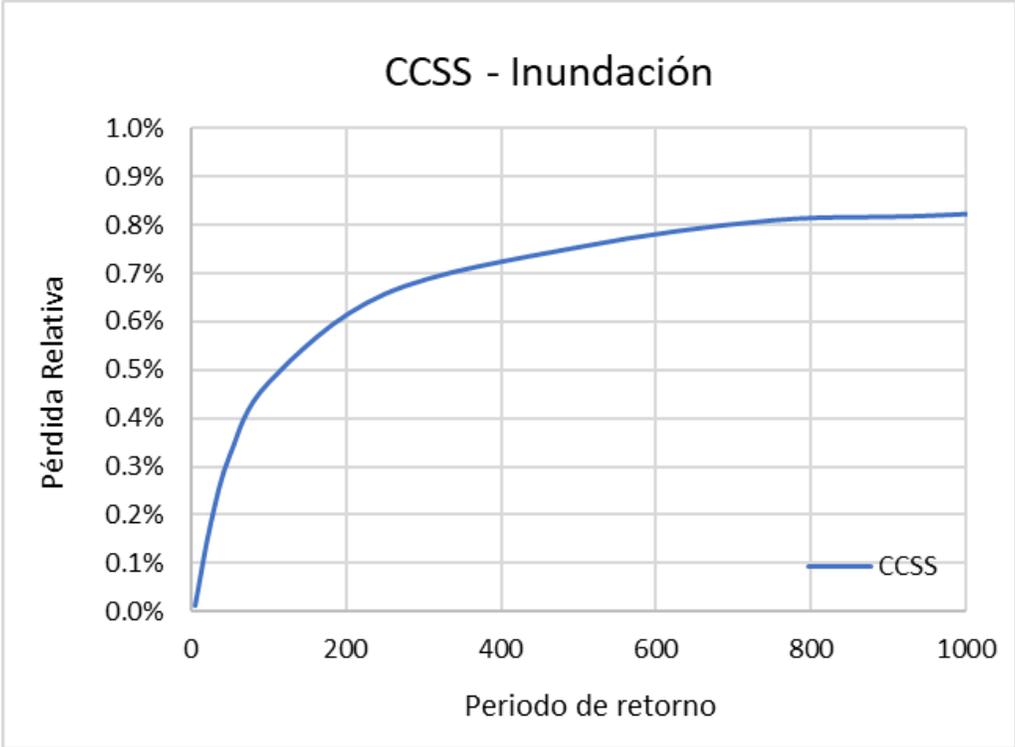


Sismo

Distribución geográfica  
de la pérdida anual  
esperada

Vivienda

# Daño directo (PML, AAL)



Inundación

**Hospitales**

Prima pura de riesgo = 0.024%



# Daño directo

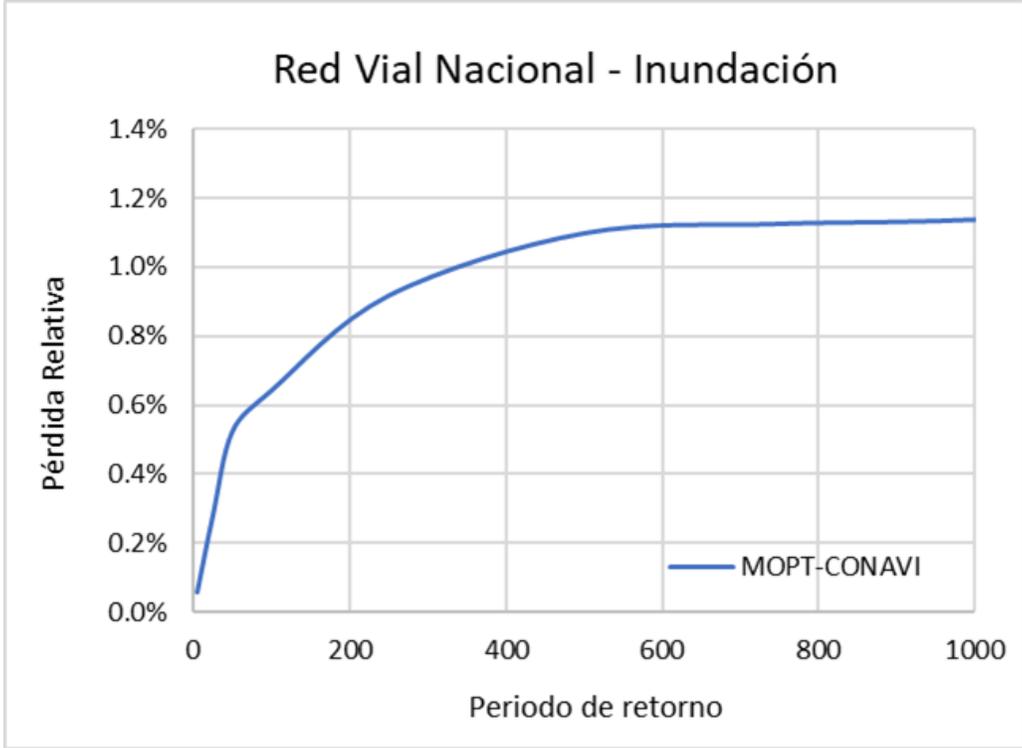


Inundación

Distribución geográfica de la pérdida anual esperada

Hospitales

# Daño directo (PML, AAL)



Inundación

Red vial nacional

Prima pura de riesgo = 0.047%



# Daño directo

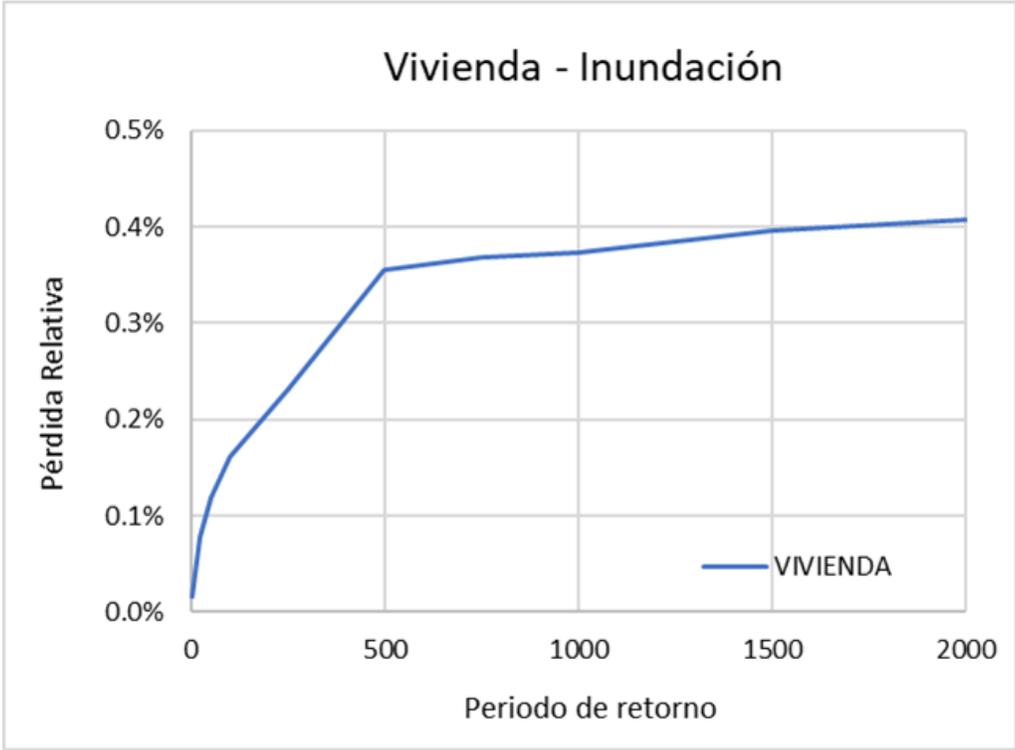


Inundación

Distribución geográfica de la pérdida anual esperada

Red vial nacional

# Daño directo (PML, AAL)



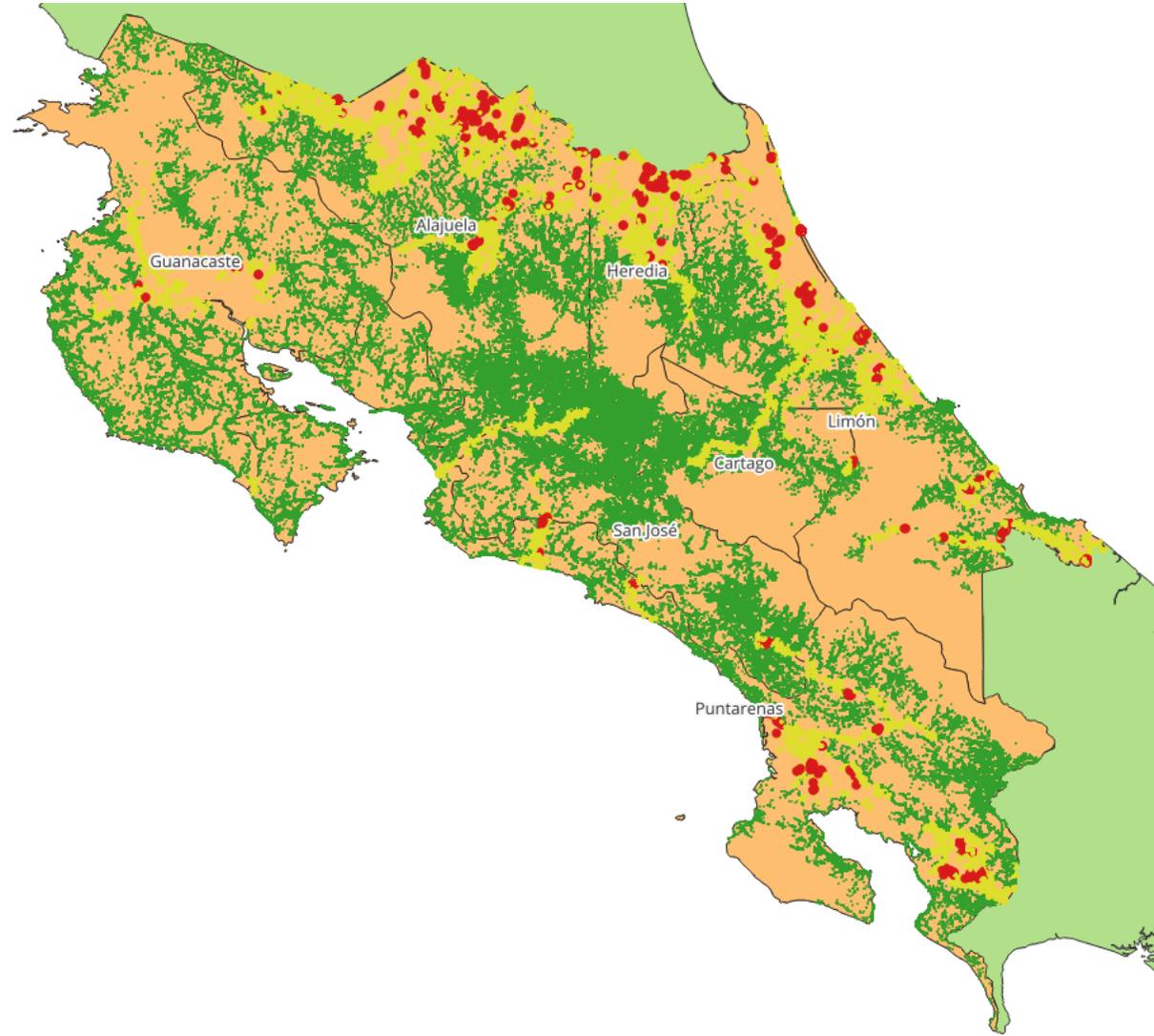
Inundación

Vivienda

Prima pura de riesgo = 0.013%



# Daño directo



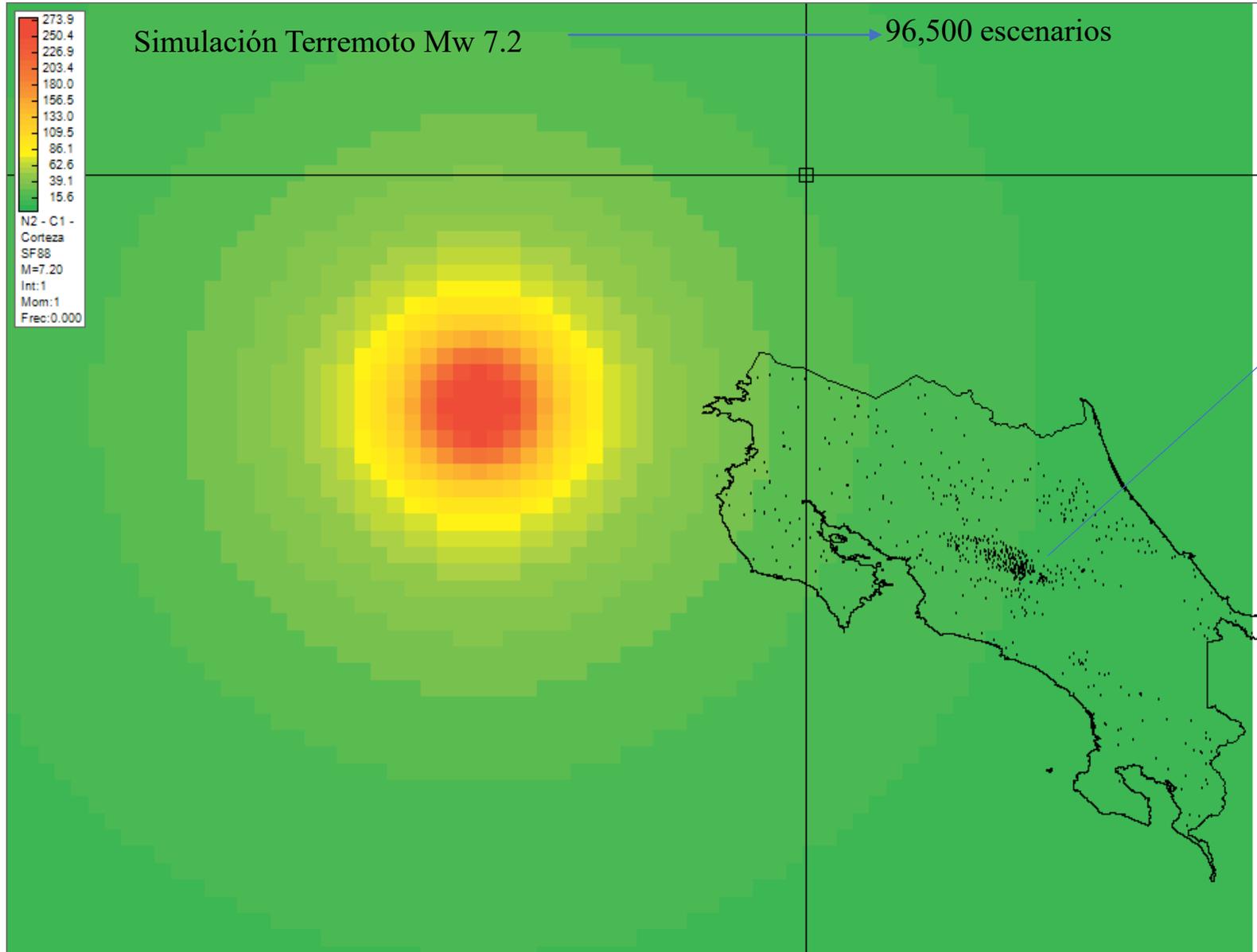
Inundación

Distribución geográfica de la pérdida anual esperada

Vivienda



# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica



Activo sector salud



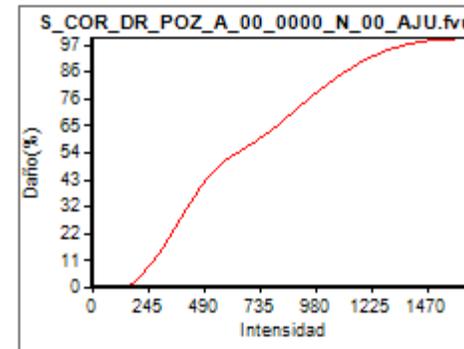
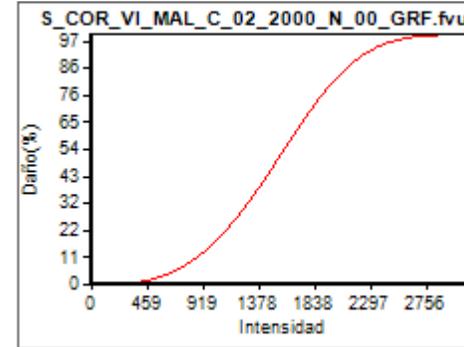
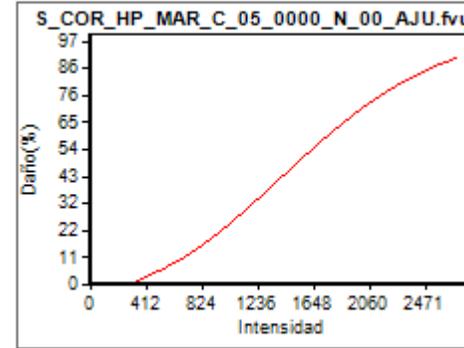
# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica



Activo sector salud

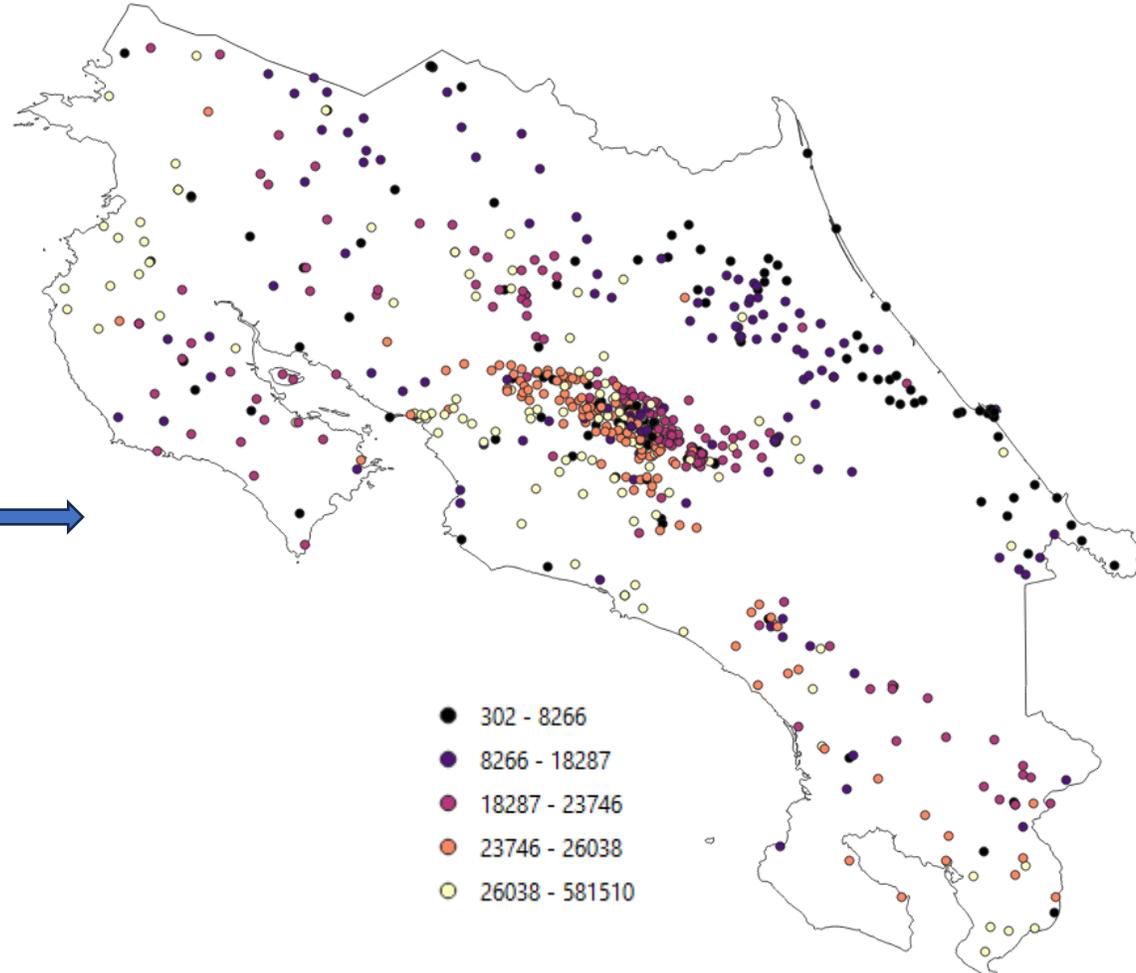
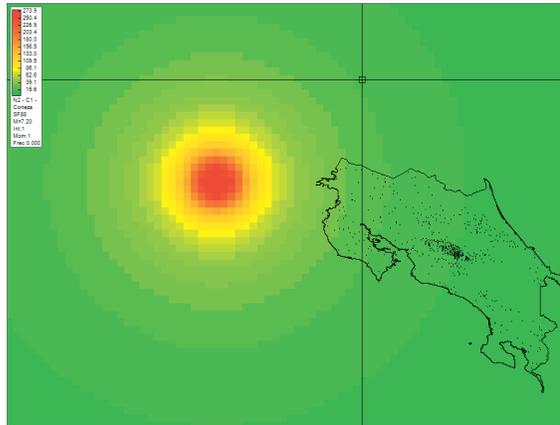


Funciones de Vulnerabilidad – Costa Rica



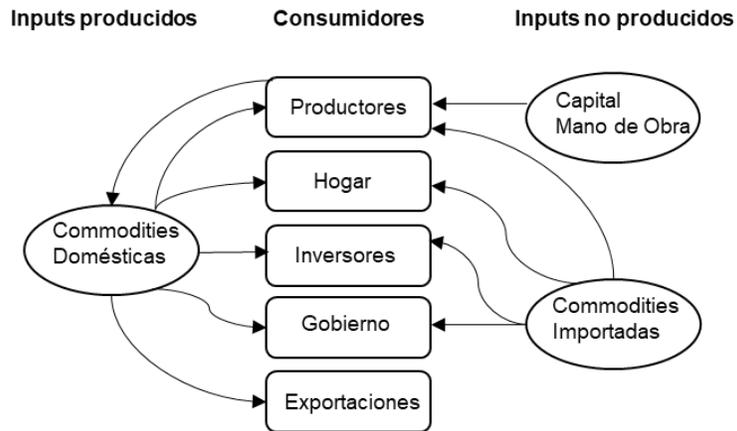
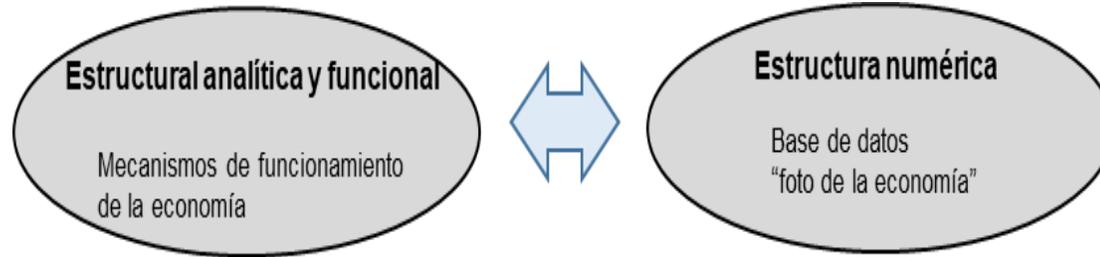
# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica

Daños (pérdidas directas) en los activos . Ejemplo sector salud



# Modelos de Equilibrio General

Simulación multi-mercado que describe las motivaciones y comportamiento de todos los productores y consumidos en una economía basada en la optimización individual simultánea de sus componentes y sujeta a un balance económico de cuentas y restricciones de fuente.

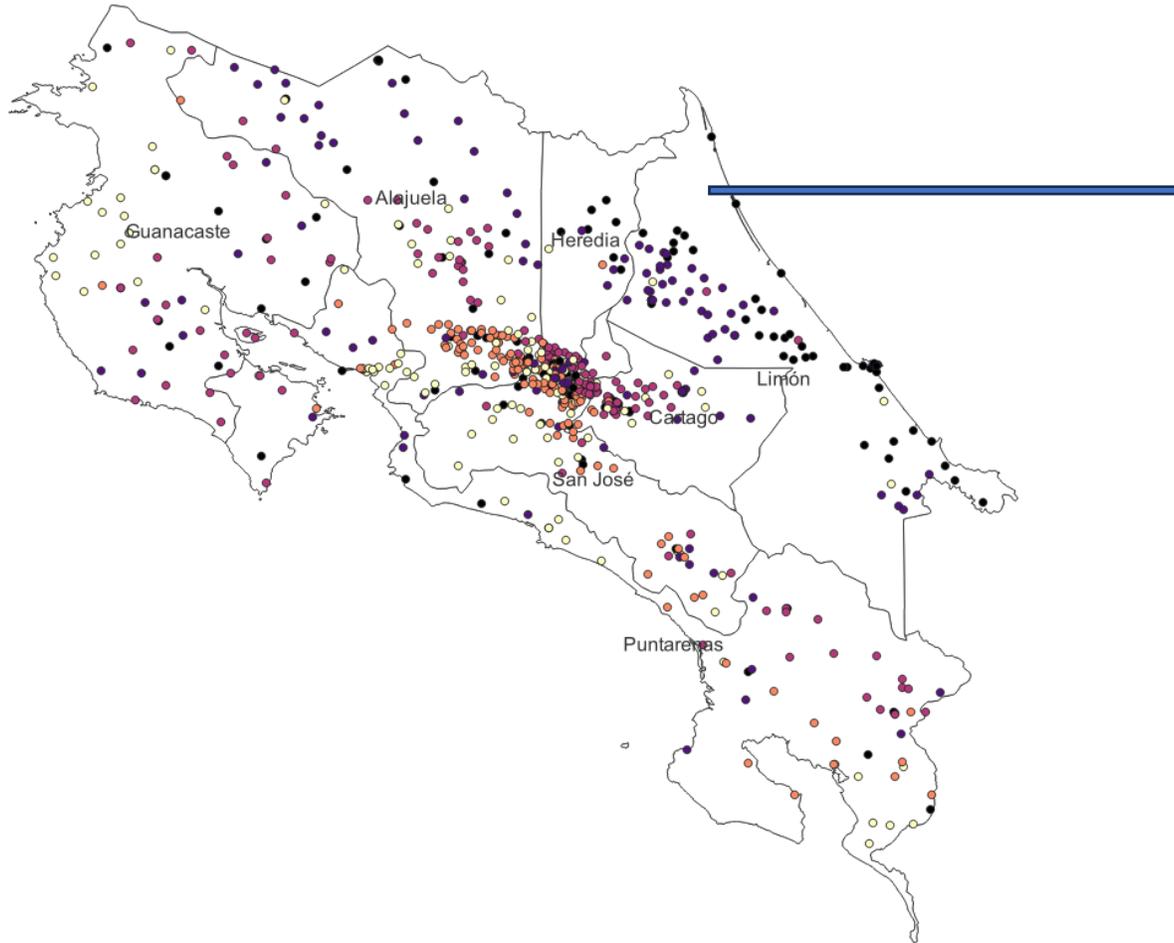


		Matriz de Absorción					
		1	2	3	4	5	6
		Productores	Inversores	Hogares	Exportaciones	Gobierno	Inventarios
Tamaño		← I →	← I →	← 1 →	← 1 →	← 1 →	← 1 →
Flujos Básico	↑ C x S ↓	BAS1	BAS2	BAS3	BAS4	BAS5	BAS6
Márgenes	↑ C x S x N ↓	MAR1	MAR2	MAR3	MAR4	MAR5	MAR6
Impuestos sobre las ventas	↑ C x S ↓	TAX1	TAX2	TAX3	TAX4	TAX5	TAX6
Mano de obra	↑ M ↓	LABOR					
Capital	↑ 1 ↓	CAPITAL					
Tierra	↑ 1 ↓	LAND					
Impuestos de Producción	↑ 1 ↓	TAX0					

C = Número de commodities  
 I = Número de Industrias  
 S = Número de fuentes, usualmente 2 (dom & imp)  
 M = Número de ocupaciones

# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica

Regiones y sectores utilizados para el modelado económico CGE

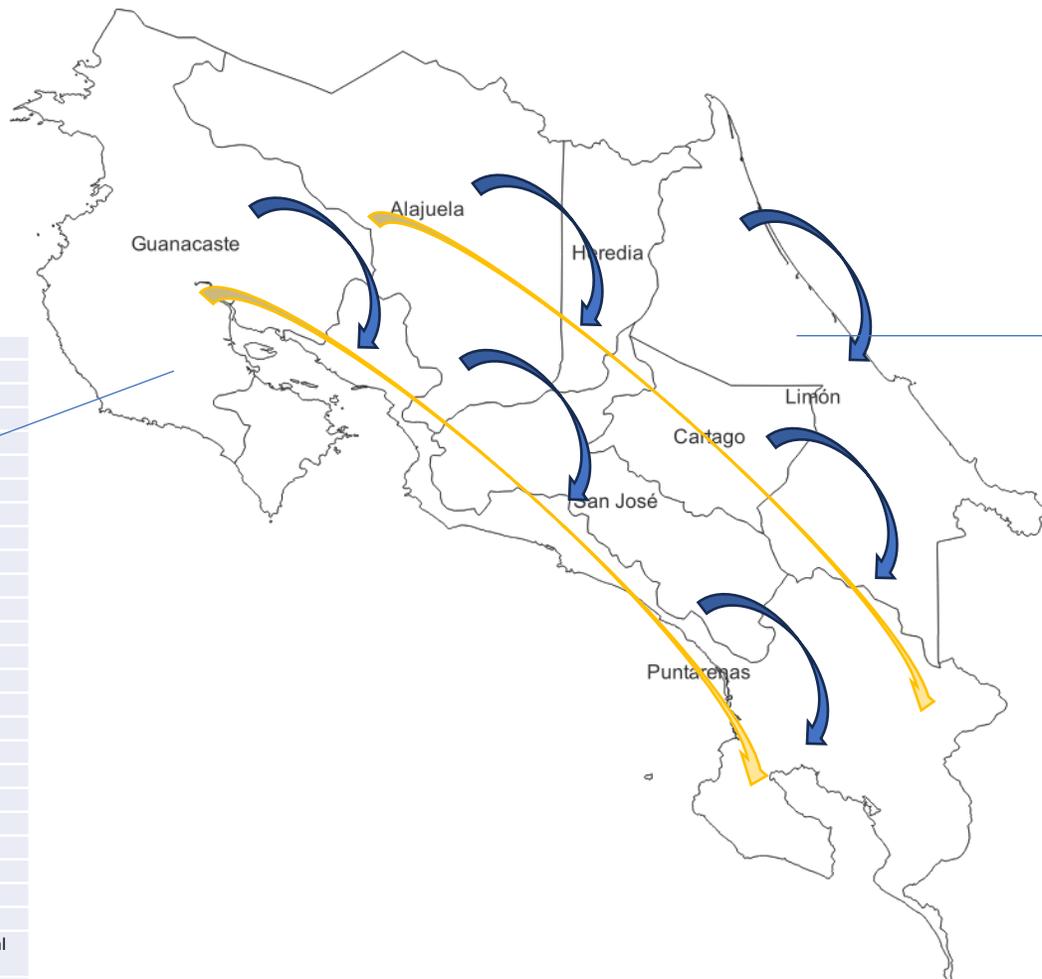


Sector	Tipo actividad económica
S01	Agrícolas
S02	Pecuario
S03	Servicios agrícolas
S04	Pesca y acuicultura
S05	Minas y canteras
S06	Alimentos y bebidas
S07	Prendas de vestir, textiles y calzado
S08	Productos químicos
S09	Productos farmacéuticos
S10	Productos de plástico, papel y vidrio
S11	Instrumentos y suministros médicos y dentales
S12	Componentes y equipos electrónicos
S13	Otras industrias manufactureras
S14	Electricidad, agua y gestión de desechos
S15	Construcción
S16	Comercio
S17	Reparación de vehículos
S18	Transporte y almacenamiento
S19	Alojamiento y servicio de comidas
S20	Información y comunicaciones
S21	Financieros
S22	Inmobiliarios
S23	Profesionales, científicos y técnicos
S24	Administrativos y de apoyo
S25	Administración pública y planes de seguridad social de afiliación obligatoria
S26	Educación
S27	Salud
S28	Otros servicios

# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica

Interacción de regiones geográficas y sectores económicos en un modelo CGE

Sector	Tipo actividad económica
S01	Agrícolas
S02	Pecuario
S03	Servicios agrícolas
S04	Pesca y acuicultura
S05	Minas y canteras
S06	Alimentos y bebidas
S07	Prendas de vestir, textiles y calzado
S08	Productos químicos
S09	Productos farmacéuticos
S10	Productos de plástico, papel y vidrio
S11	Instrumentos y suministros médicos y dentales
S12	Componentes y equipos electrónicos
S13	Otras industrias manufactureras
S14	Electricidad, agua y gestión de desechos
S15	Construcción
S16	Comercio
S17	Reparación de vehículos
S18	Transporte y almacenamiento
S19	Alojamiento y servicio de comidas
S20	Información y comunicaciones
S21	Financieros
S22	Inmobiliarios
S23	Profesionales, científicos y técnicos
S24	Administrativos y de apoyo
S25	Administración pública y planes de seguridad social de afiliación obligatoria
S26	Educación
S27	Salud
S28	Otros servicios



Sector	Tipo actividad económica
S01	Agrícolas
S02	Pecuario
S03	Servicios agrícolas
S04	Pesca y acuicultura
S05	Minas y canteras
S06	Alimentos y bebidas
S07	Prendas de vestir, textiles y calzado
S08	Productos químicos
S09	Productos farmacéuticos
S10	Productos de plástico, papel y vidrio
S11	Instrumentos y suministros médicos y dentales
S12	Componentes y equipos electrónicos
S13	Otras industrias manufactureras
S14	Electricidad, agua y gestión de desechos
S15	Construcción
S16	Comercio
S17	Reparación de vehículos
S18	Transporte y almacenamiento
S19	Alojamiento y servicio de comidas
S20	Información y comunicaciones
S21	Financieros
S22	Inmobiliarios
S23	Profesionales, científicos y técnicos
S24	Administrativos y de apoyo
S25	Administración pública y planes de seguridad social de afiliación obligatoria
S26	Educación
S27	Salud
S28	Otros servicios

# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica

## Resultados de Riesgo Sistémico

### A nivel país

Sector	Tipo actividad económica	PAE (millones colones)
S01	Agrícolas	
S02	Pecuario	
S03	Servicios agrícolas	
S04	Pesca y acuicultura	
S05	Minas y canteras	
S06	Alimentos y bebidas	
S07	Prendas de vestir, textiles y calzado	
S08	Productos químicos	
S09	Productos farmacéuticos	
S10	Productos de plástico, papel y vidrio	
S11	Instrumentos y suministros médicos y dentales	
S12	Componentes y equipos electrónicos	
S13	Otras industrias manufactureras	
S14	Electricidad, agua y gestión de desechos	
S15	Construcción	
S16	Comercio	
S17	Reparación de vehículos	
S18	Transporte y almacenamiento	
S19	Alojamiento y servicio de comidas	
S20	Información y comunicaciones	
S21	Financieros	
S22	Inmobiliarios	
S23	Profesionales, científicos y técnicos	
S24	Administrativos y de apoyo	
S25	Administración pública y planes de seguridad social de afiliación obligatoria	
S26	Educación	
S27	Salud	
S28	Otros servicios	



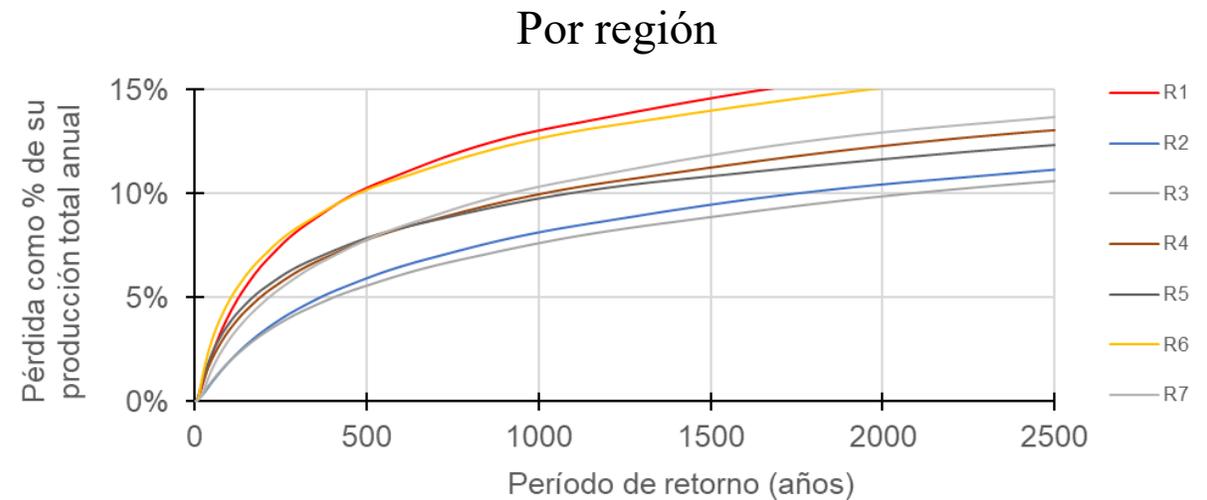
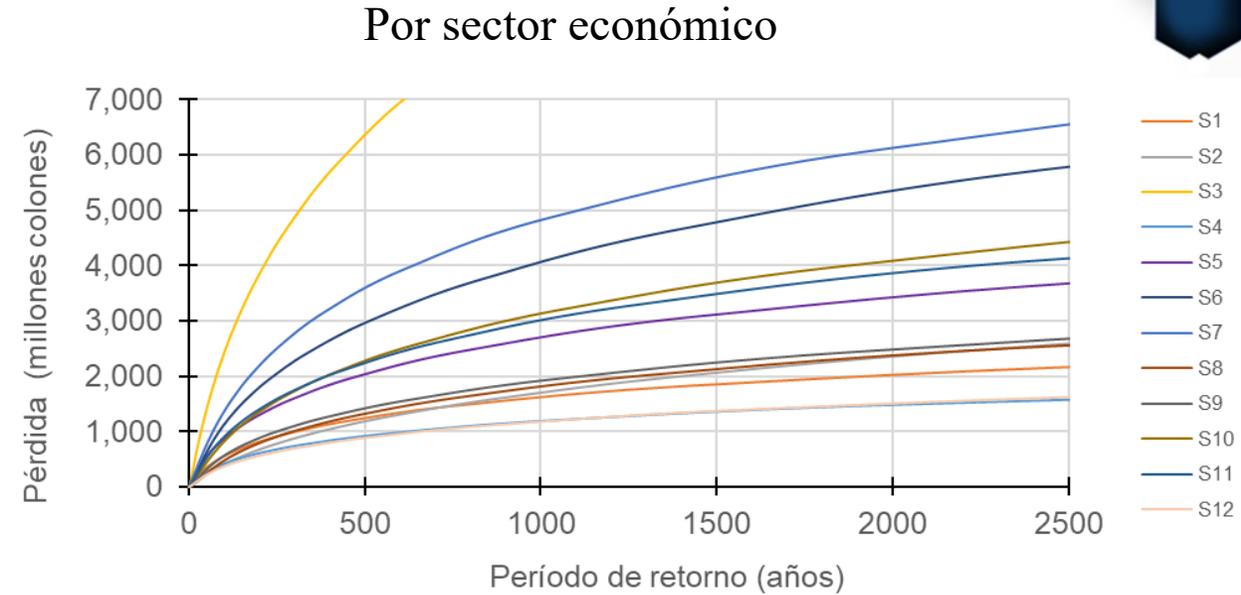
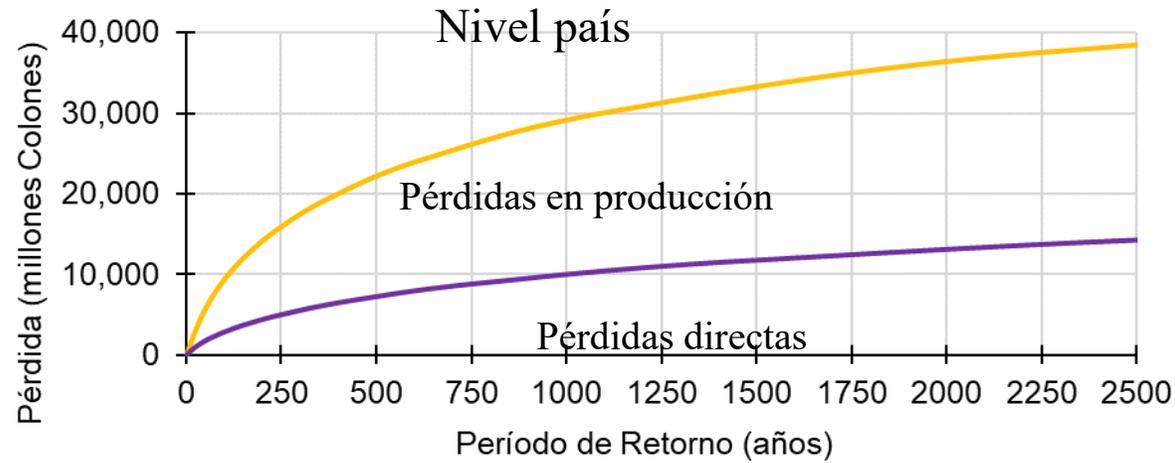
- Danos/pérdidas en activos físicos
- Producción
- PIB, PRB
- Empleo
- Importaciones, Exportaciones
- Inflación
- Impuestos, aranceles
- Ingresos, etc.

### Por Provincia/sector económico

Sector	Tipo actividad económica	PAE (millones colones)
S01	Agrícolas	
S02	Pecuario	
S03	Servicios agrícolas	
S04	Pesca y acuicultura	
S05	Minas y canteras	
S06	Alimentos y bebidas	
S07	Prendas de vestir, textiles y calzado	
S08	Productos químicos	
S09	Productos farmacéuticos	
S10	Productos de plástico, papel y vidrio	
S11	Instrumentos y suministros médicos y dentales	
S12	Componentes y equipos electrónicos	
S13	Otras industrias manufactureras	
S14	Electricidad, agua y gestión de desechos	
S15	Construcción	
S16	Comercio	
S17	Reparación de vehículos	
S18	Transporte y almacenamiento	
S19	Alojamiento y servicio de comidas	
S20	Información y comunicaciones	
S21	Financieros	
S22	Inmobiliarios	
S23	Profesionales, científicos y técnicos	
S24	Administrativos y de apoyo	
S25	Administración pública y planes de seguridad social de afiliación obligatoria	
S26	Educación	
S27	Salud	
S28	Otros servicios	

# Ejemplo de cálculo del riesgo sistémico en Costa Rica

Resultados de Riesgo Sistémico: Curvas de Excedencia de Pérdidas



**Gracias!**





 **Comision Nacional de Emergencia**

 **[www.cne.go.cr](http://www.cne.go.cr)**

► **Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias**