



**XIII EDICIÓN**  
**▶ FORO NACIONAL**  
**SOBRE EL RIESGO**

---

# Modelación de las pérdidas por desastres naturales y su propagación a través de la economía en país



Mario Ordaz Schroeder

José Antonio León Torres

Diciembre de 2021

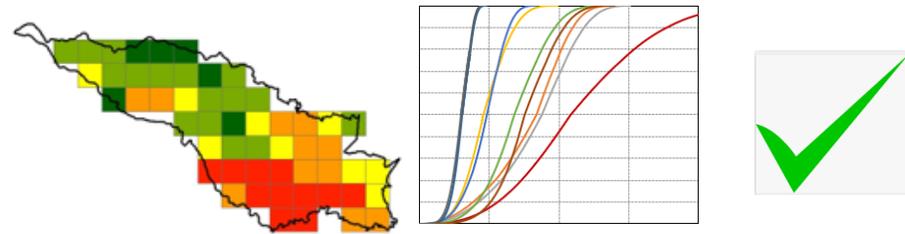
# Motivación



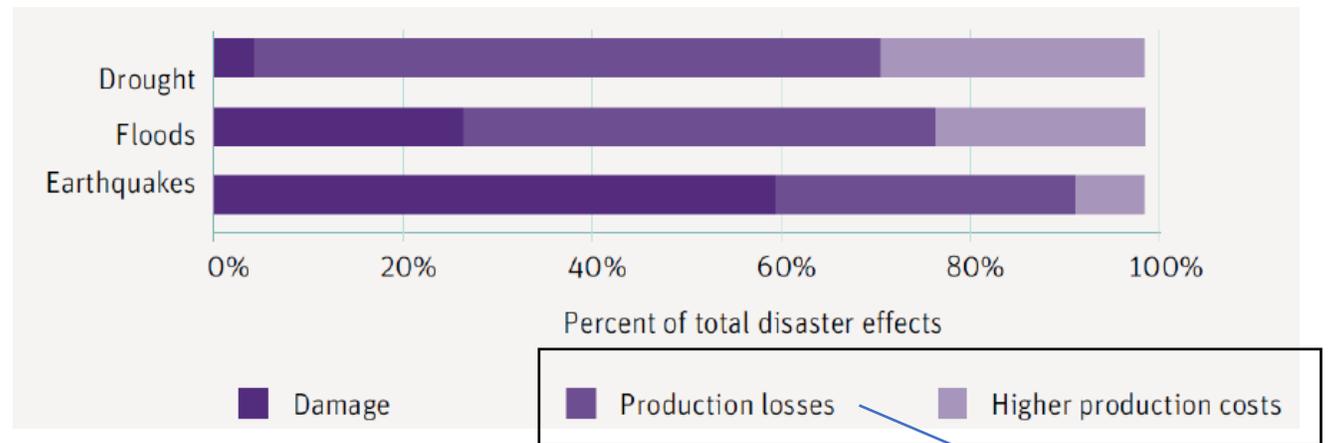
Desafíos actuales: **→ Evaluación integral/holística del riesgo**

Pérdidas y riesgo por daño físico de activos

Pérdidas/Riego en producción, **empleo**, turismo, inflación, **ingreso**, balanza de pagos, presupuesto fiscal, etc. a consecuencia de desastres?



Modelos sofisticados y una metodología estándar para la evaluación



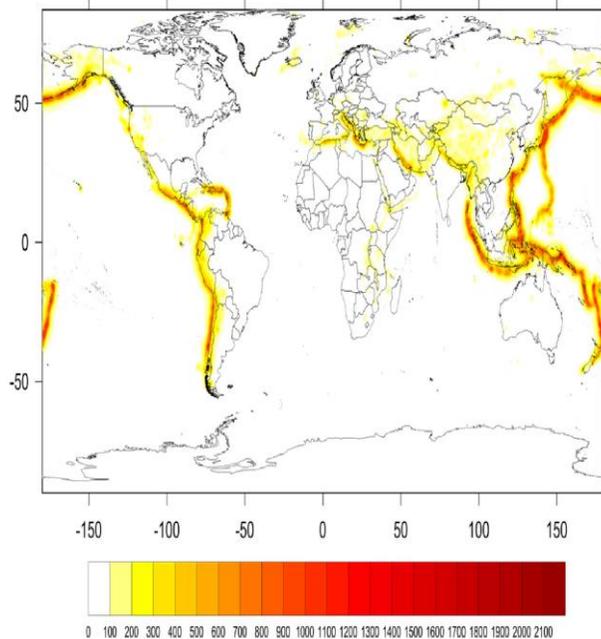
Pérdidas directas

Pérdidas indirectas

# Enfoque de Modelado



## MODELO PROBABILISTA DE AMENAZA Y RIESGO SÍSMICO



## MODELO DE INTERACCIÓN ECONÓMICA

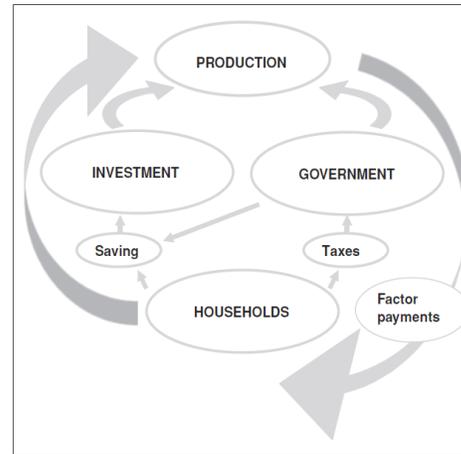


Figure 1.1. The circular flow of income and spending in a national economy

EVALUACIÓN PROBABILISTA DE RIESGO EN TODA LA ECONOMÍA DE UN PAÍS O REGIÓN

PROPAGACIÓN DE LAS DAÑO/PERDIDAS FÍSICAS DENTRO DE LA ESTRUCTURA ECONÓMICA DE UN PAÍS O REGIÓN

# Modelación de Pérdidas económicas



# Modelo de equilibrio general (Computable General Equilibrium (CGE))



- Utilizado a nivel mundial para estudiar y simular los efectos económicos, políticos, y otra clase de impactos sobre tratados, impuestos, medio ambiente, desastres naturales, acciones terroristas, etc.
- La modelación CGE esta firmemente establecida como un campo de gran utilidad dentro de la economía.
- El modelo CGE describe el comportamiento de productores y consumidores en una economía, así como los vínculos entre estos.
- Representa un camino para la simulación de modelos multi-mercados.
- Se basa en la optimización simultanea del comportamiento individual de consumidores y empresas sujetas a un balance en las cuentas económicas y restricciones de fuente.
- La fuente de datos mas importante de estos modelos es la Matriz de Contabilidad Social (SAM por sus siglas en inglés).
- Los modelos CGE actualmente más utilizados son los de corte neoclásico. Se pueden clasificar en estáticos y dinámicos. Para fines de esta investigación, los estáticos resultan adecuados.

# Vinculación de los modelos de riesgo y modelos económicos



Modelado Económico

★ Bienes de capital

Modelado Ingenieril

Funciones de  
Producción



Modelo CGE



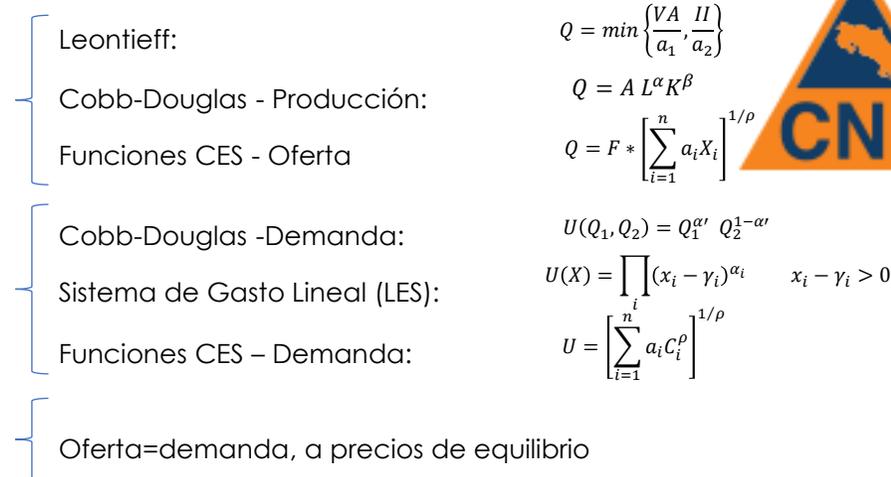
Funciones de  
Vulnerabilidad



Riesgo Sísmico

# Modelación CGE - ejemplo

## MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL



## Equilibrio Parcial → Ejemplo industrial vehicular

Oferta:	$Q_s = -1P_i + 2P$
Demanda:	$Q_d = 2Y - 2P$
Equilibrio:	$Q_s = Q_d$

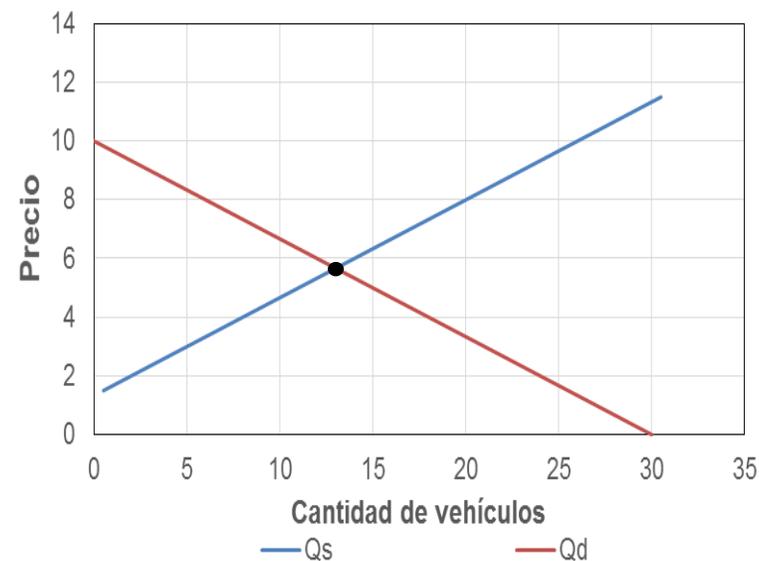
$P_i$ : Precios insumos (motor, llantas, etc.). Estos precios se fijan en otro mercado, lo cual introduce interacción en el Modelo de Equilibrio General.

$P$ : Precio del vehículo

$Y$ : Ingreso de los consumidores

$Q_s$ : Cantidad de vehículos ofertada

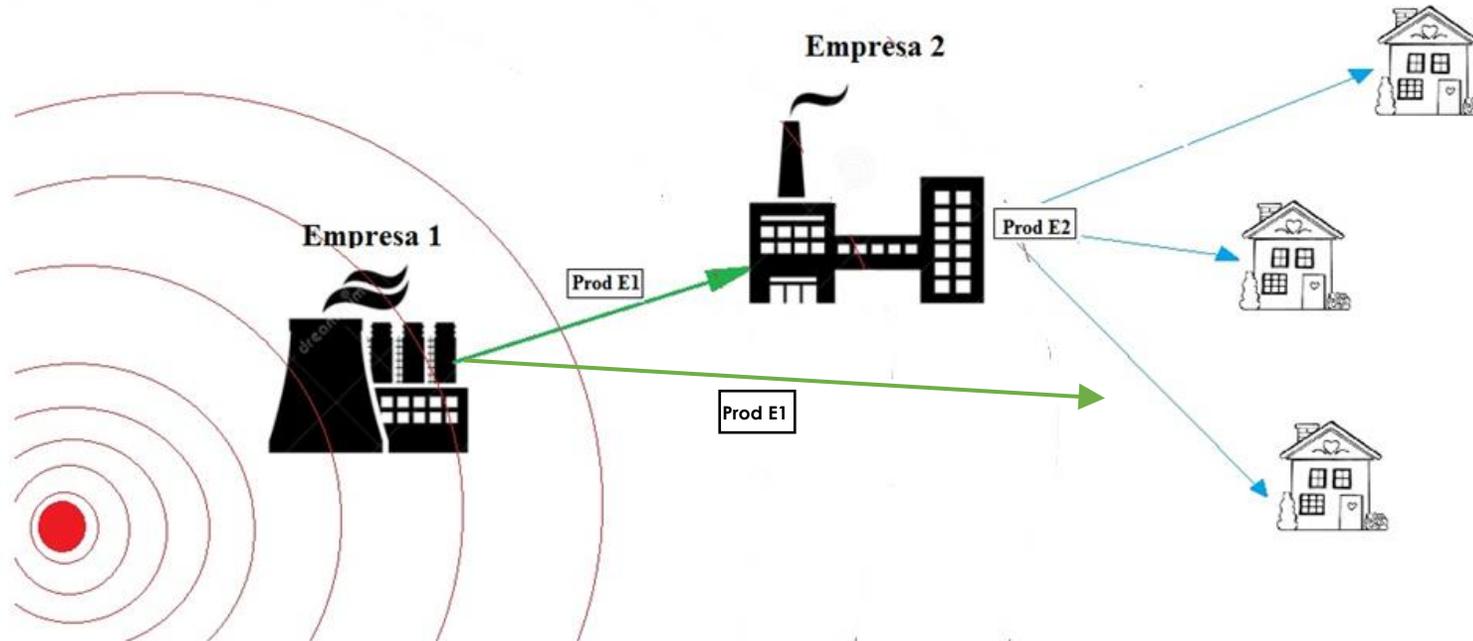
$Q_d$ : Cantidad de vehículos demandada



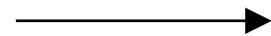
# Ejemplo Teórico de modelado



**CASO 1** Empresa 1 es afectada por la fuente sísmica S1  
Sin embargo también nos interesa ver que sucede con la empresa 2



Dado un daño estructural  
en la Empresa 1



¿Como se afecta la producción de la  
Empresa 1? —> **Pérdida Directa**

¿Como se afecta la producción de la  
Empresa 2? —> **Pérdida Indirecta**

# Esquema de cálculo y simulación



- Ocurre un temblor que afecta solo a la Empresa 1.
- Calculamos el daño físico de la Empresa 1 a través de la funciones de vulnerabilidad estructural
- Con el daño físico de la Empresa 1, calculamos la reducción de los bienes de capital de la empresa 1. Por el momento asumimos una relación directamente proporcional con el daño físico
- Propagamos el daño físico por la economía corriendo el modelo CGE con los bienes de capital reducidos
- Dada la reducción del capital de la Empresa 1, su producción ( $Q_1$ ) se reduce

# Esquema de cálculo y simulación

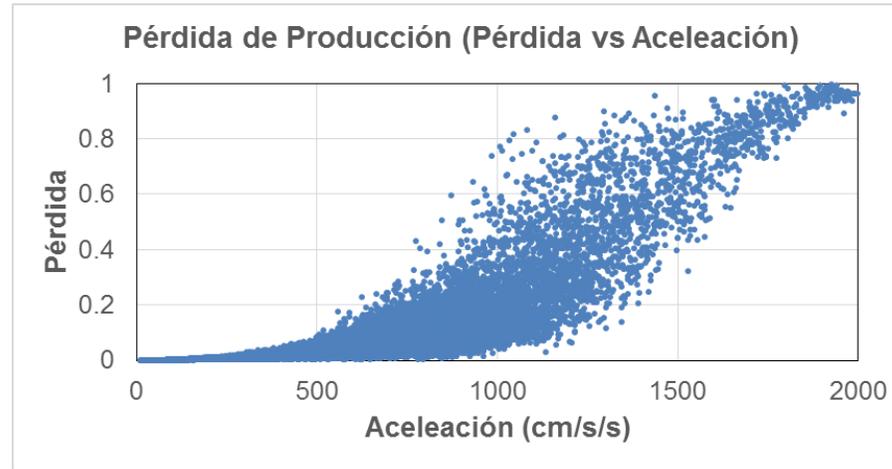


- La reducción de producción de la Empresa 1 se traduce en menos insumos para la producción de la Empresa 2 a través de los precios de los insumos; la producción de la Empresa 2 se ve también reducida.
- La ocurrencia de temblores así como el daño en las estructuras son modeladas como variables aleatorias; por ello es necesario propagar las incertidumbres dentro del modelo CGE; por el momento no consideramos incertidumbres en el modelo CGE

# Cálculo de las métricas de riesgo referentes a producción



## Pérdidas obtenidas luego de la simulación



## Curva de pérdidas de producción

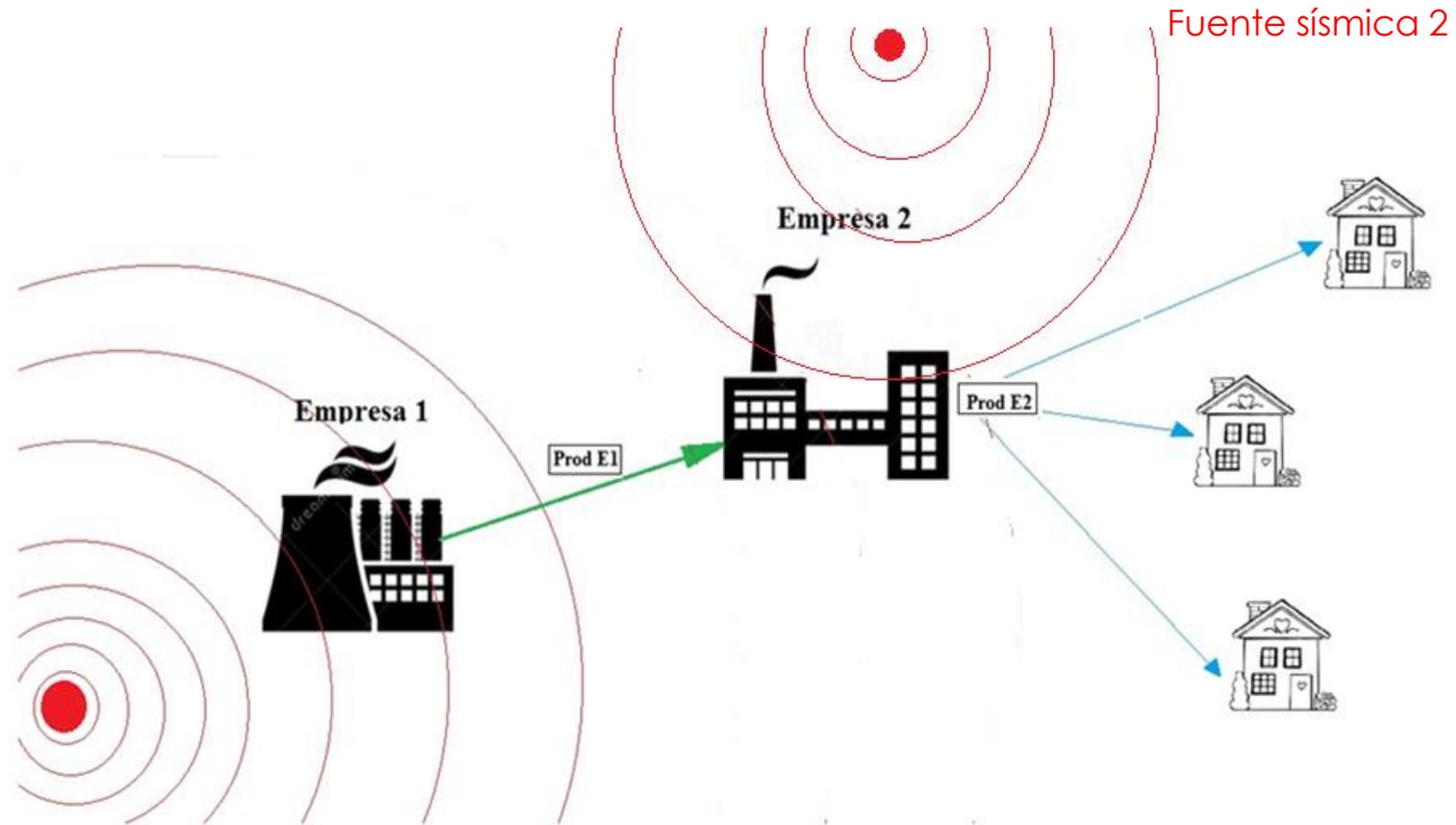


Además, se pueden calcular:

- Pérdida anual esperada de producción
- Pérdidas máximas probables

# Caso teórico 2

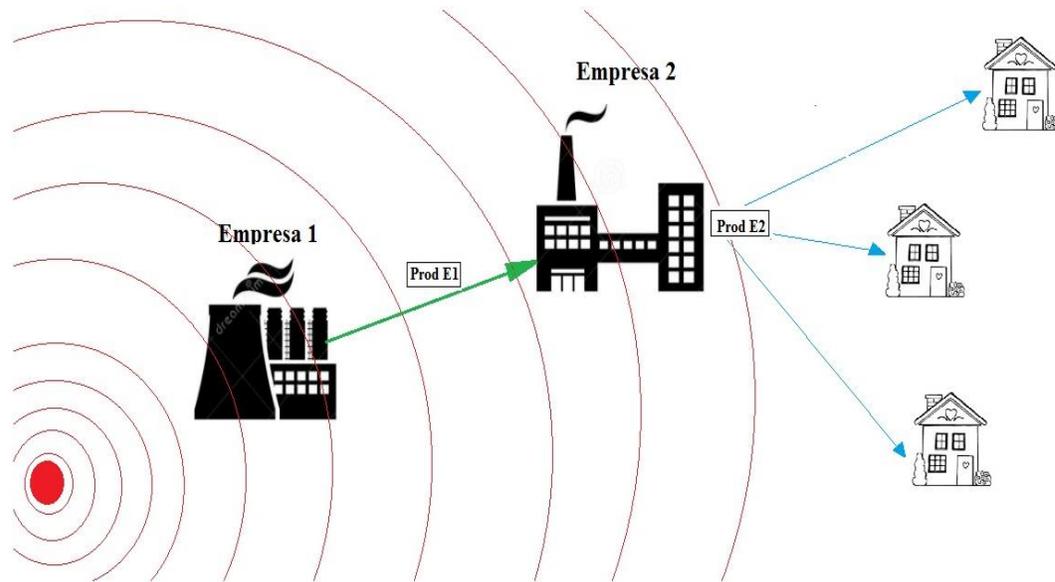
Ahora, la Empresa 2 también puede estar afectada por otros temblores pero no contemporáneamente



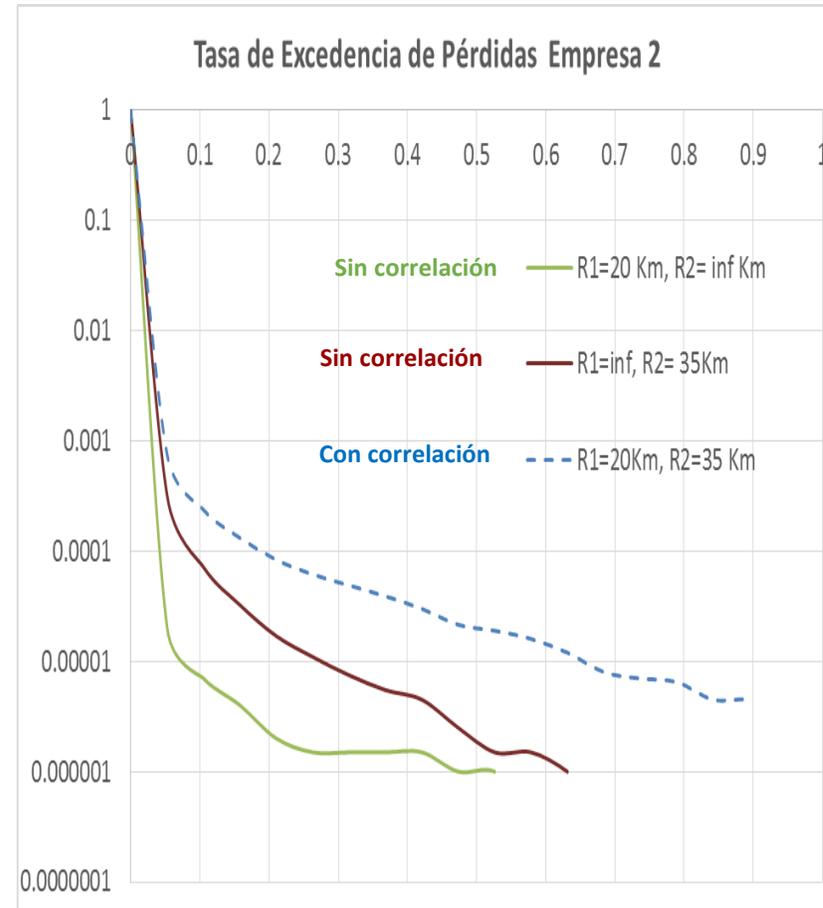
Fuente sísmica 1

# Caso teórico 3. pérdidas contemporáneas

Empresas 1 y 2 afectadas al mismo tiempo (pérdidas contemporáneas)



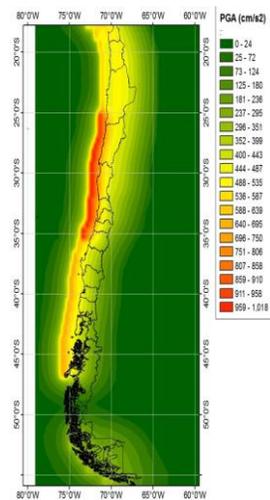
Fuente sísmica 1



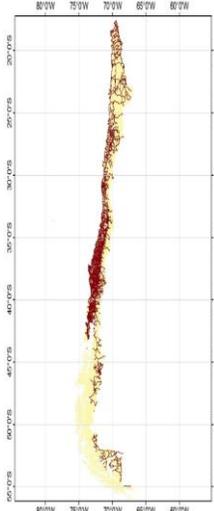
# Resultados caso práctico



## Amenaza



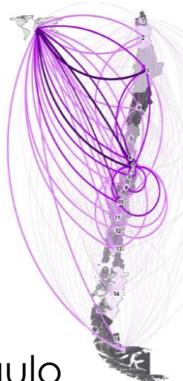
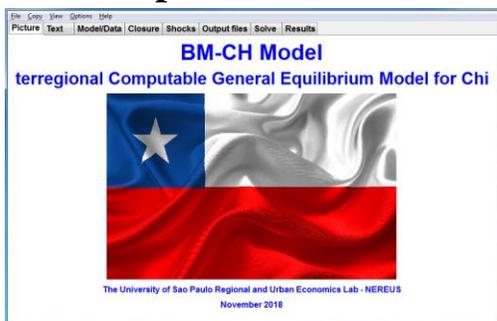
## Exposición



## Vulnerabilidad



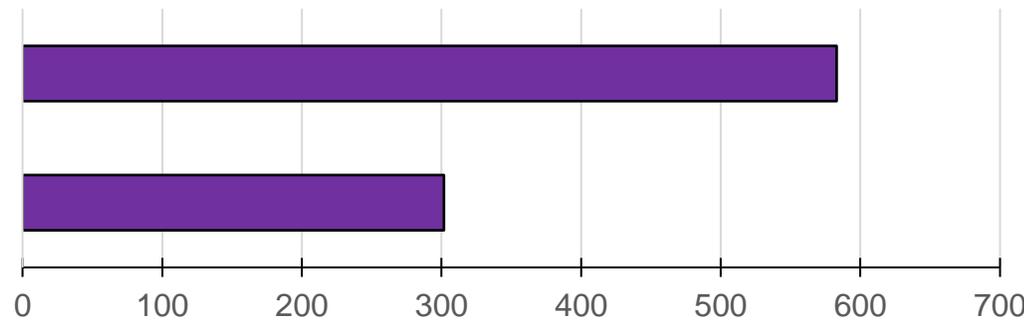
## Modelo interregional de Equilibrio General para Chile



Pérdida anual esperada (AAL)

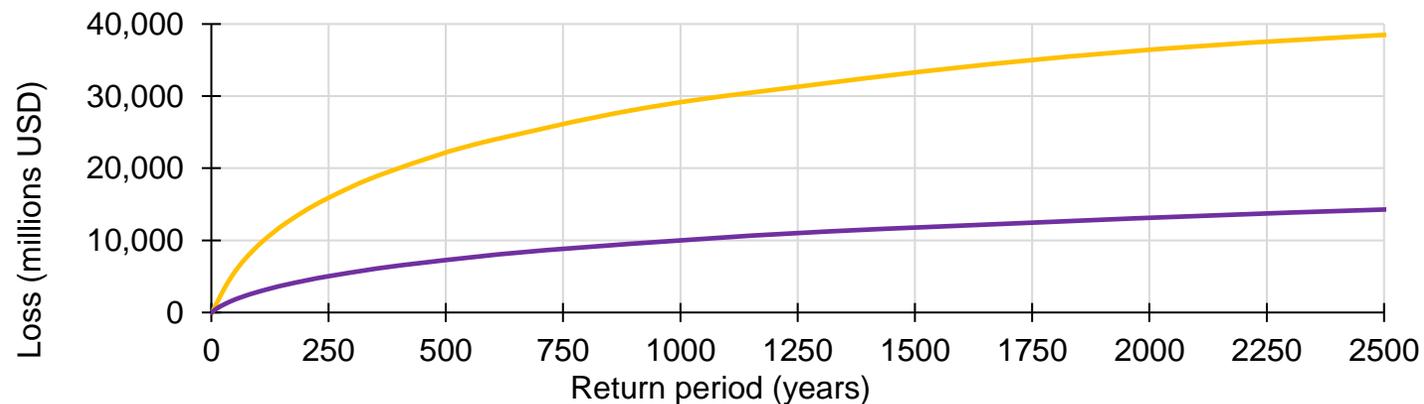
Pérdidas de producción

Pérdidas directas



AAL en millones de dólares

Curva de excedencia de pérdidas (LEC)



— Production Losses

— Direct Losses (non-residential buildings)

NEREUS, Universidad de Sao Paulo