



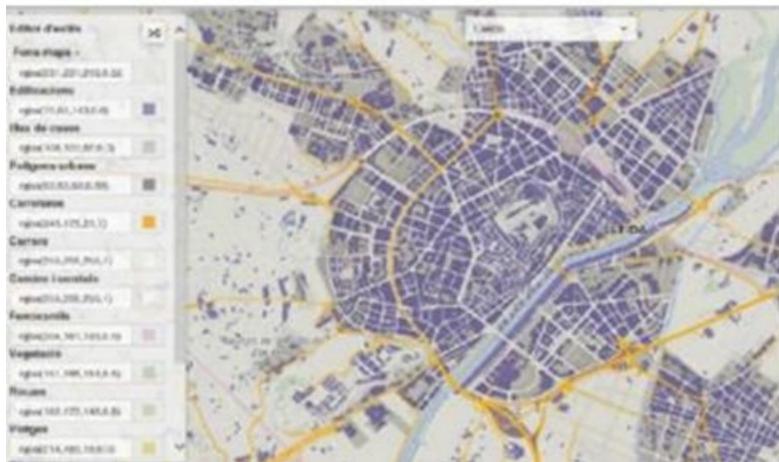
Generalitat de Catalunya



$\pi$ -PLATES: Pilot de Plataforma per al Suport a la Gestió Predictiva del Territori i la Sostenibilitat

## Repte 0

# Evaluación del riesgo de desastre en Cataluña



Projecte pilot per l'estudi de **viabilitat** de procediments i models de **diagnòstic i pronòstic** per a l'avaluació de l'estat, tendències de canvi i els escenaris de vulnerabilitat del territori



Carles Valls  
Liliana Carreño  
Ernest Bladé

16 de marzo de 2022



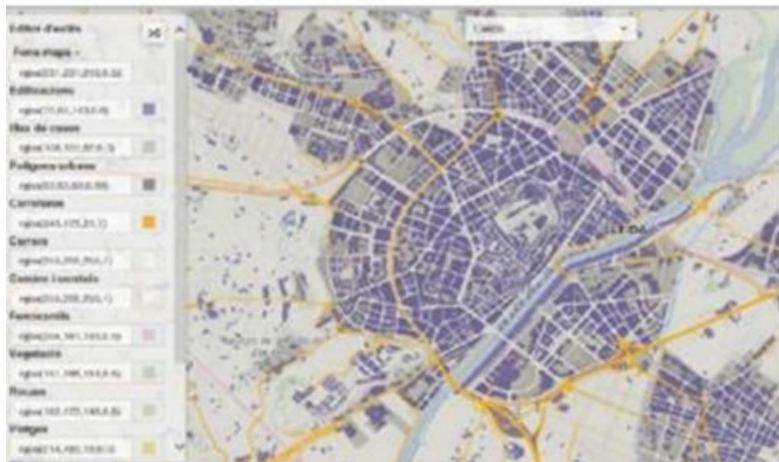
Generalitat de Catalunya



$\pi$ -PLATES: Pilot de Plataforma per al Suport a la Gestió Predictiva del Territori i la Sostenibilitat

## Repte 0.1

# Evaluación probabilista del riesgo sísmico para el *Pla de Barcelona*



Projecte pilot per l'estudi de **viabilitat** de procediments i models de **diagnòstic** i **pronòstic** per a l'avaluació de l'estat, tendències de canvi i els escenaris de vulnerabilitat del territori



16 de Marzo de 2022

# Equipo de trabajo



Generalitat de Catalunya

CIMNE<sup>RS</sup>



- Martha Liliana Carreño
- Mario Andrés Salgado
- Sthefania Grajales
- Carles Valls Feliu
- Pere-Andreu Ubach
- Xavier Baulies Bochaca

# ¿Porque una evaluación del riesgo de desastre?



Generalitat de Catalunya



- ❖ Es útil determinar qué podría suceder y la probabilidad de que esto ocurra en los siguientes eventos futuros.
- ❖ La medida del riesgo es fundamental para tomar decisiones. Lo que no está dimensionado no se puede administrar.
- ❖ La comprensión de las pérdidas probables debidas a eventos peligrosos crea incentivos para que se desarrollen opciones de planificación y herramientas para hacer frente al riesgo.

# Incertidumbres



## Incertidumbre en la amenaza

- ¿Cuándo?
- ¿De que tamaño es cada evento?
- ¿Dónde?
- ¿Cómo es la dinámica de cada evento?
- ¿Qué intensidades genera en el terreno?

## Incertidumbre vulnerabilidad estructural

- ¿Cómo responde la estructura?
- ¿Qué capacidad tienen los materiales?
- ¿Calidad de la construcción?
- ¿Cómo se daña la estructura?

# ¿Por qué un análisis probabilista?

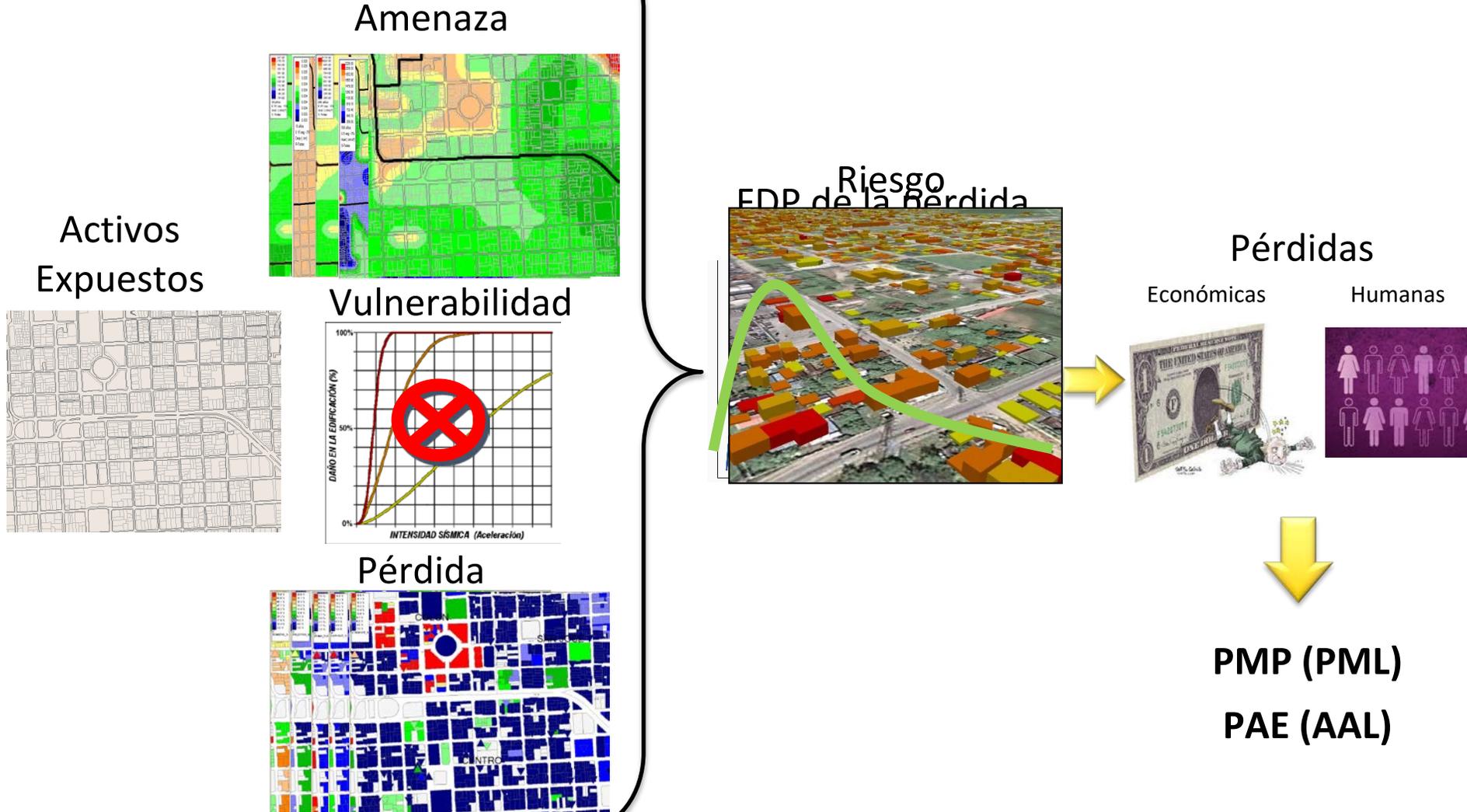


- ❖ Es necesario considerar la naturaleza aleatoria de los eventos y de sus efectos.
- ❖ Las intensidades de los eventos tienen una frecuencia de ocurrencia.
- ❖ Es preferible expresar las pérdidas potenciales en tasas de ocurrencia o períodos de retorno.
- ❖ Las mejores métricas del riesgo están asociadas a la probabilidad de excedencia de niveles de pérdida.
- ❖ Existen incertidumbres que deben ser cuantificadas y propagadas a lo largo del análisis

# Modelación probabilista del riesgo

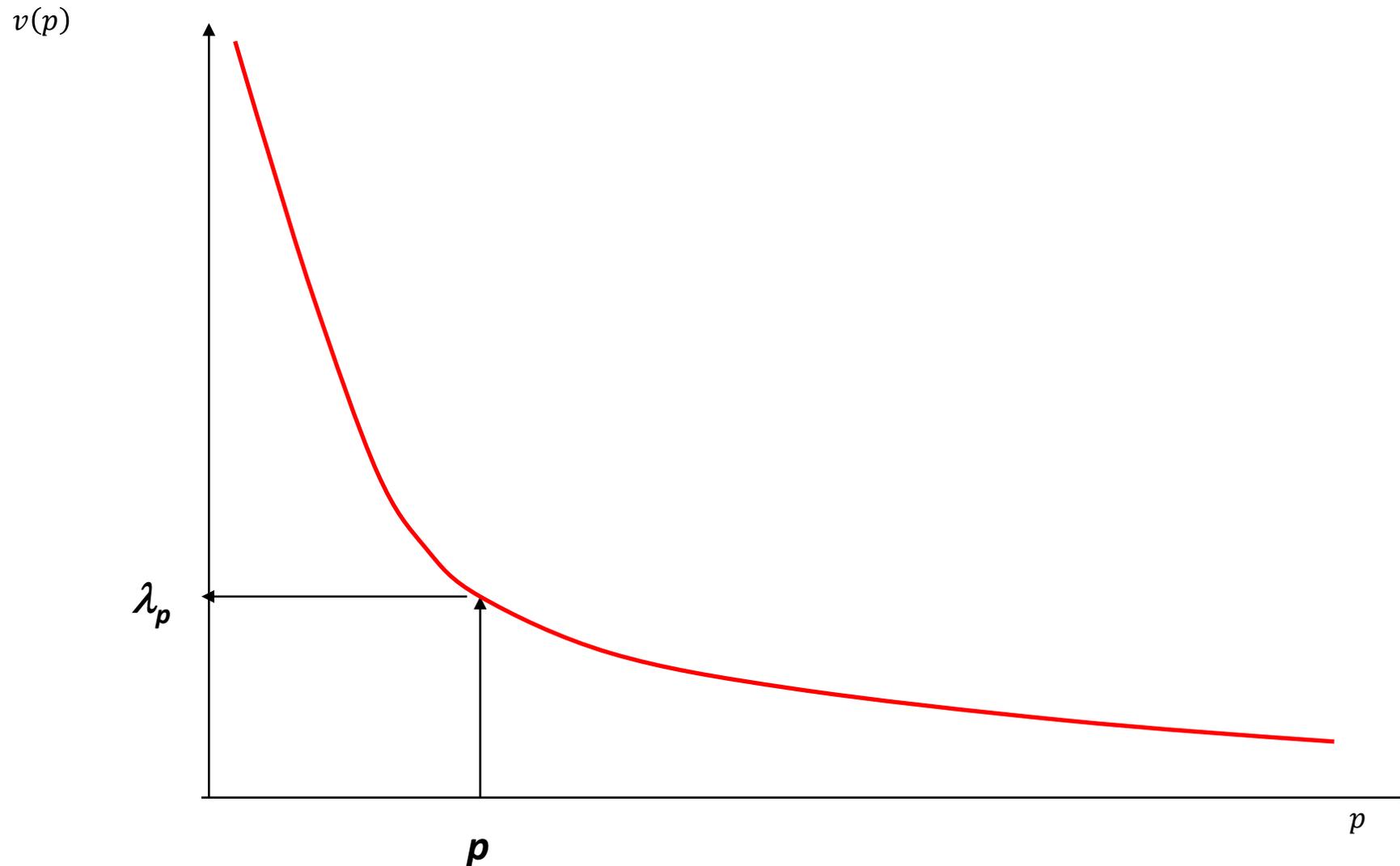


Generalitat de Catalunya





# Curva de Excedencia de Pèrdues



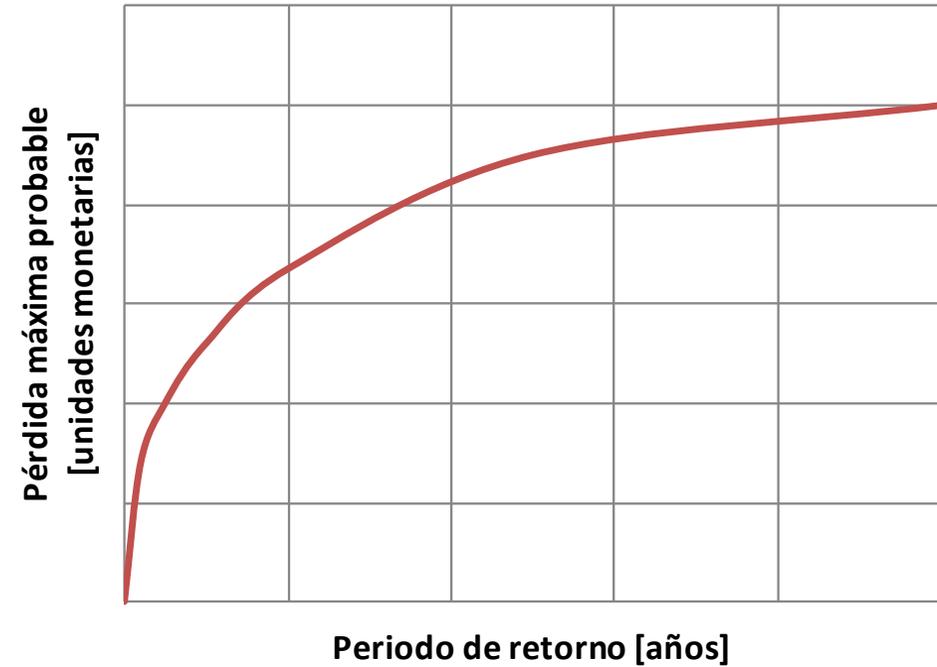
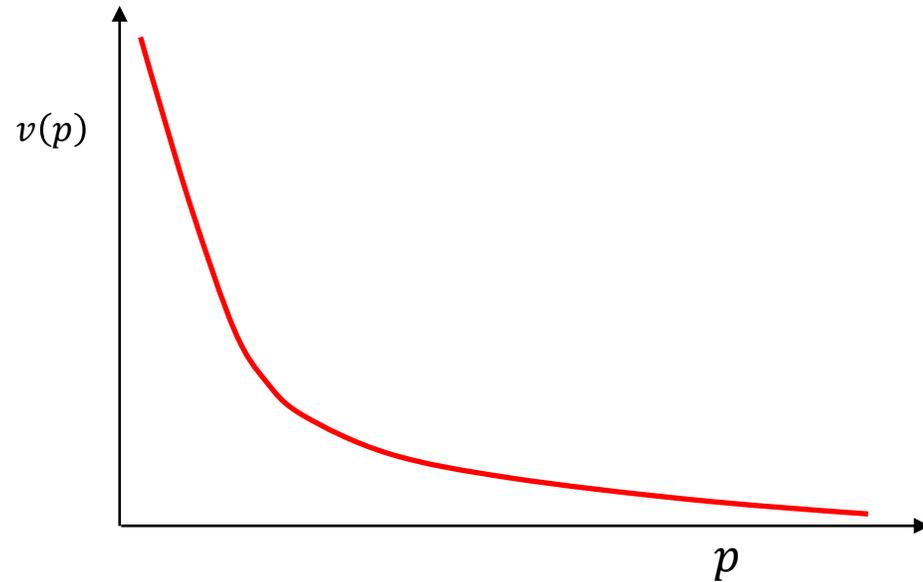


Generalitat de Catalunya

Curva de pèrdua màxima probable

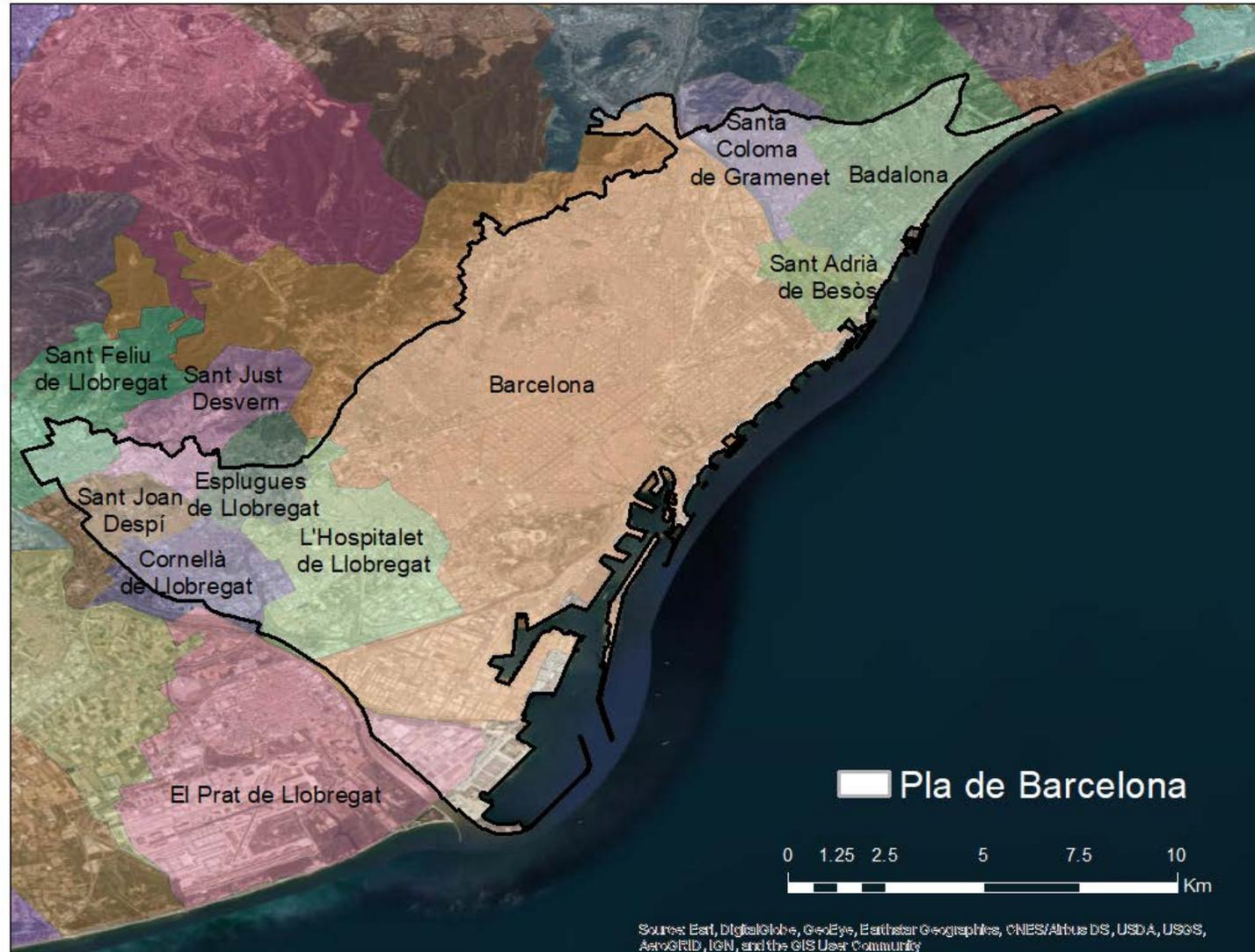
PML

Curva de excedencia de pèrdenes  
LEC



$v(p)$  Tasa de excedencia (1/ año)

$$T_R = \frac{1}{v(p)}$$



# Modelo de exposición del *Pla de Barcelona*

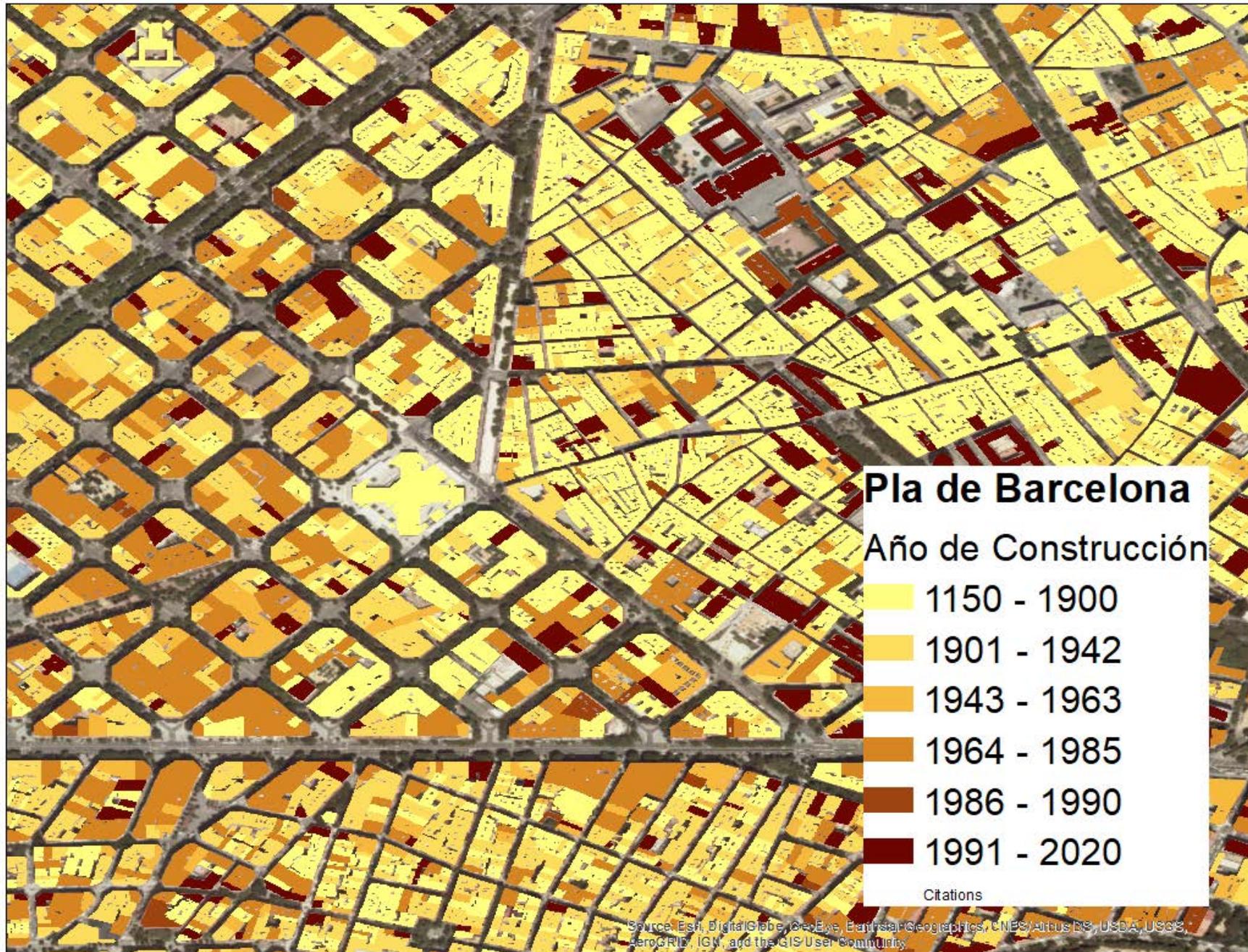


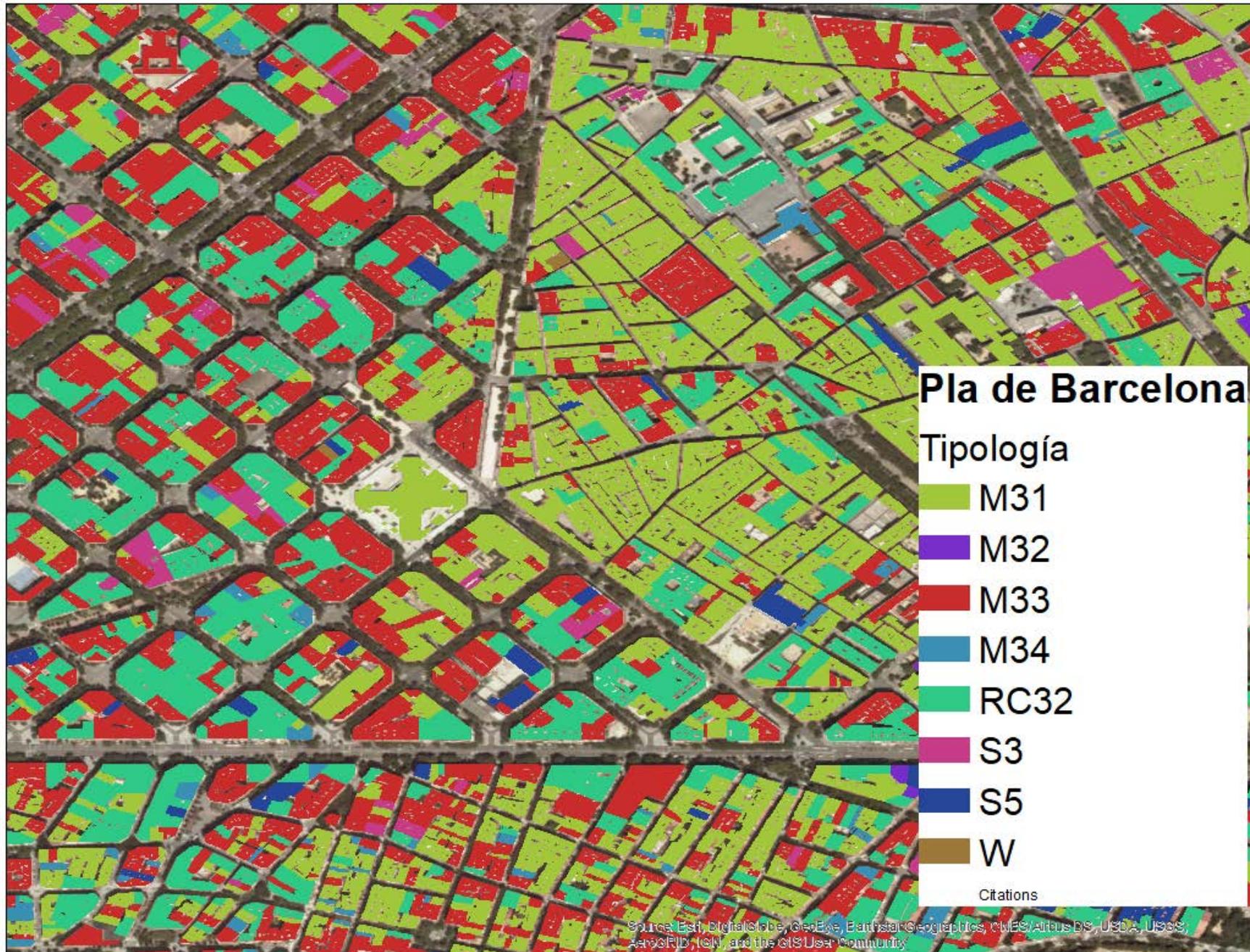
- ❖ Año de construcción
- ❖ Uso principal
- ❖ Tipología estructural
- ❖ Valor de reposición
- ❖ Valor de ocupació humana

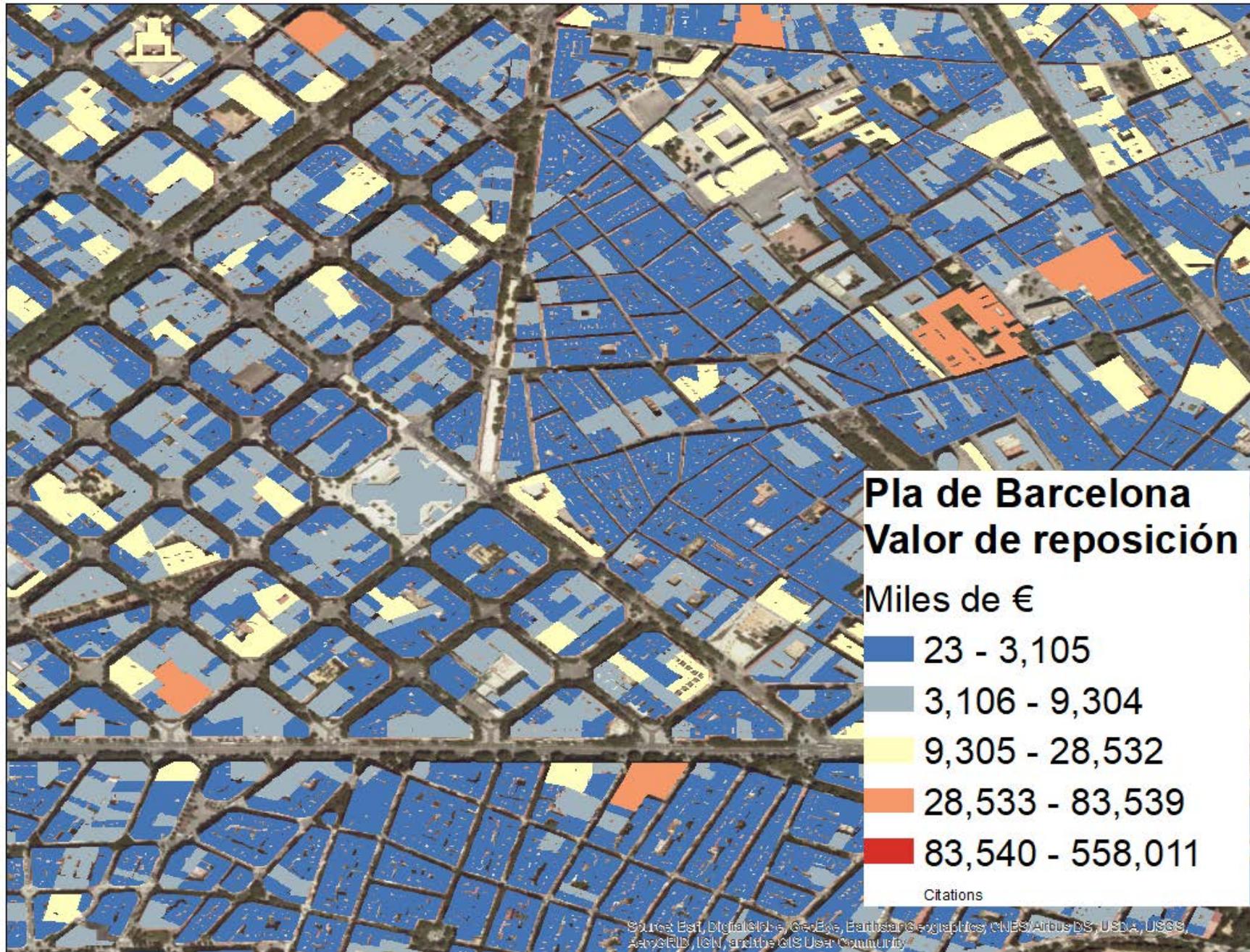


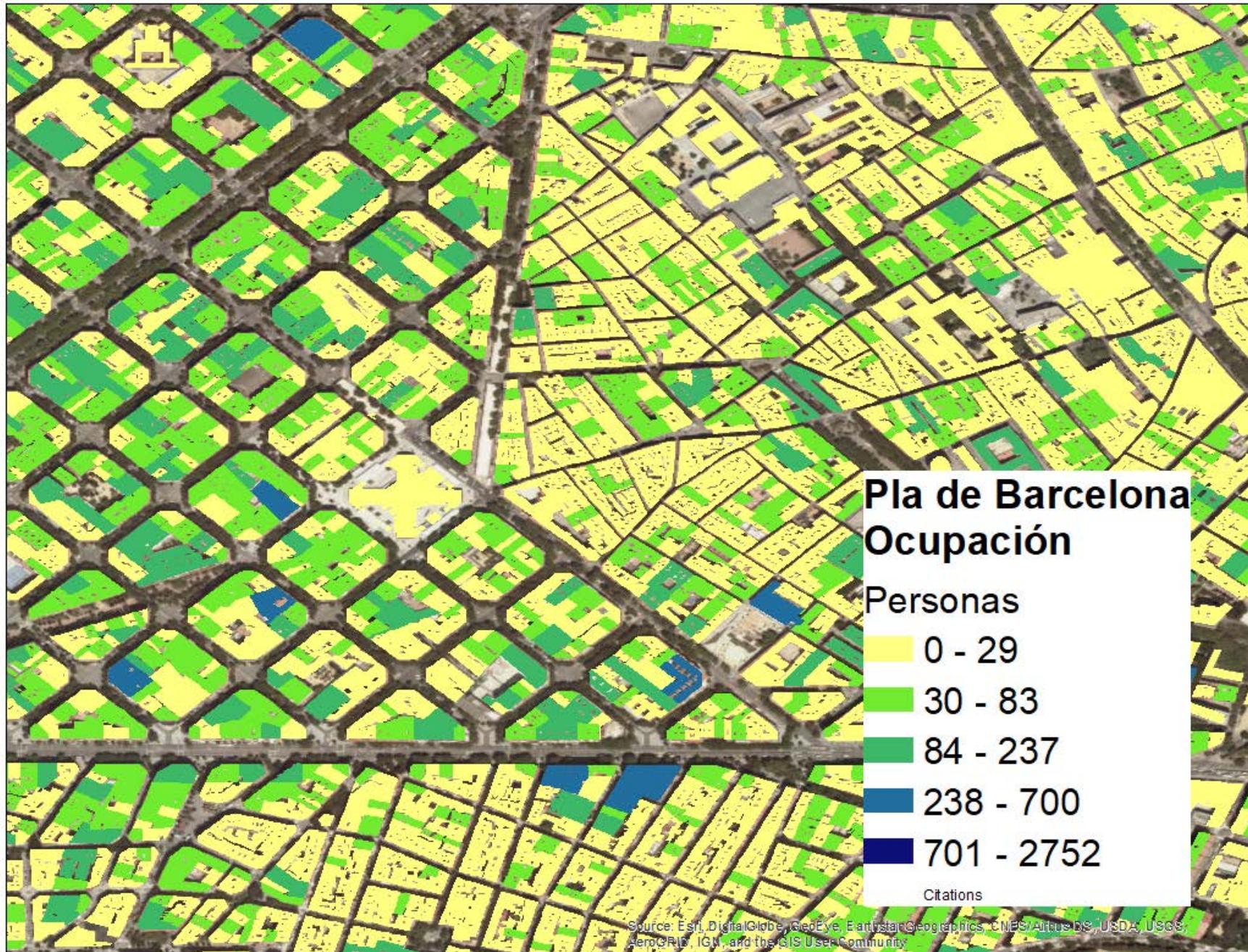
# Modelo de exposición del *Pla de Barcelona*

- ❖ Revisión de cifras representativas para la definición del valor de reposición.
- ❖ Clasificación por uso, edad, características especiales.
- ❖ Depuración de la base de datos para remover edificaciones especiales fuera de este análisis (e.g., estadios, monumentos, etc.).
- ❖ Revisión de datos de densidad poblacional.



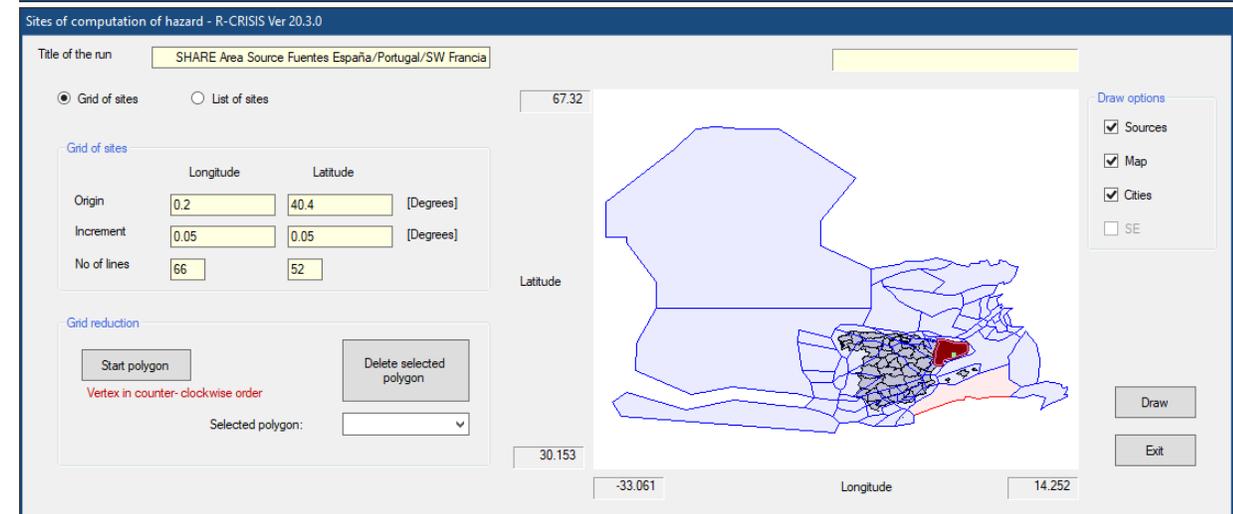
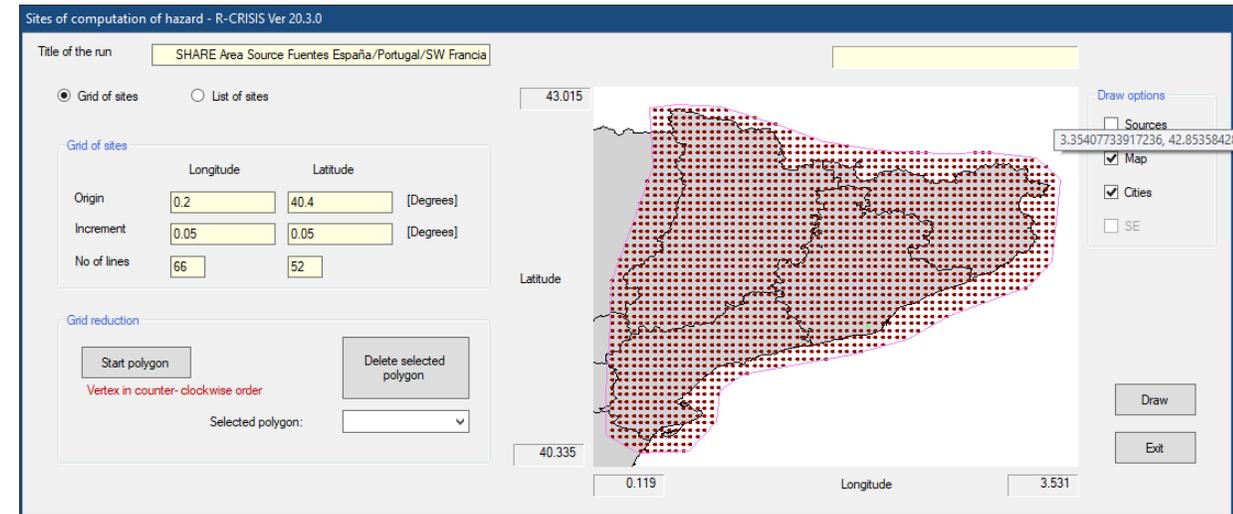
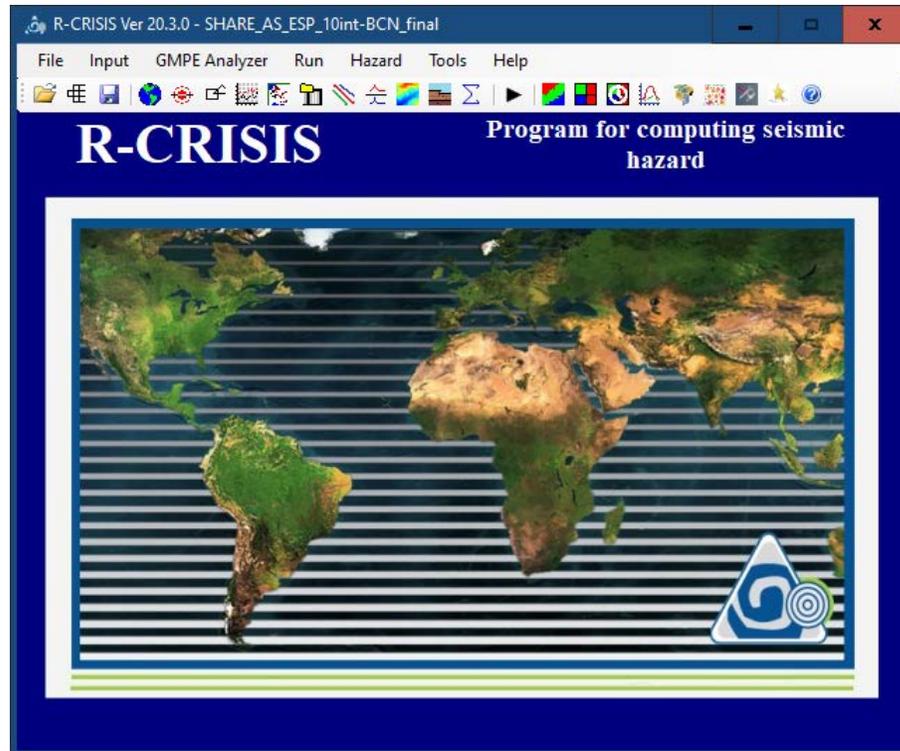








# Modelo de amenaza sísmica





# Modelo de amenaza sísmica

GEOMETRY OF THE SEISMIC SOURCES - R-CRISIS Ver 20.3.0; 768/725

Name: DZAS330\_AS\_DZAS330

Active source: 1

Total sources: 72

Source operations: AreaPlanes, Add new source, Rename, Delete, Set Alive

Vertex: 29

Source is alive:

Area | Line | SSG | Grid | Area Planes | EQ Ruptures | RectFault | Slab

Elliptic ruptures:

Longitude	Latitude	Depth
-2.53470499993563	36.0371639998189	10
-2.45678899961246	36.1397649999549	10
-2.30366499973979	36.3424189996373	10
-2.22603399996899	36.3997209999244	10
-1.79146200007108	36.7204399997064	10
-1.67939699967161	36.7907679999434	10
-1.13688099965827	37.1316129997403	10
-0.138287999991064	37.579117999796	10
0.159229000018513	38.0502219999455	10

Strike (Deg): 64.9

Dip (Deg): 38.47

Aspect ratio: 1

Ruptures:  Ruptures,  Hypo

Mmin: 6

Draw options:  Trian,  Grid,  Cities,  Map

Sources to draw:  Active,  Selection,  Range

Start: 1, End: 72

Draw, Exit

Long-Lat plane

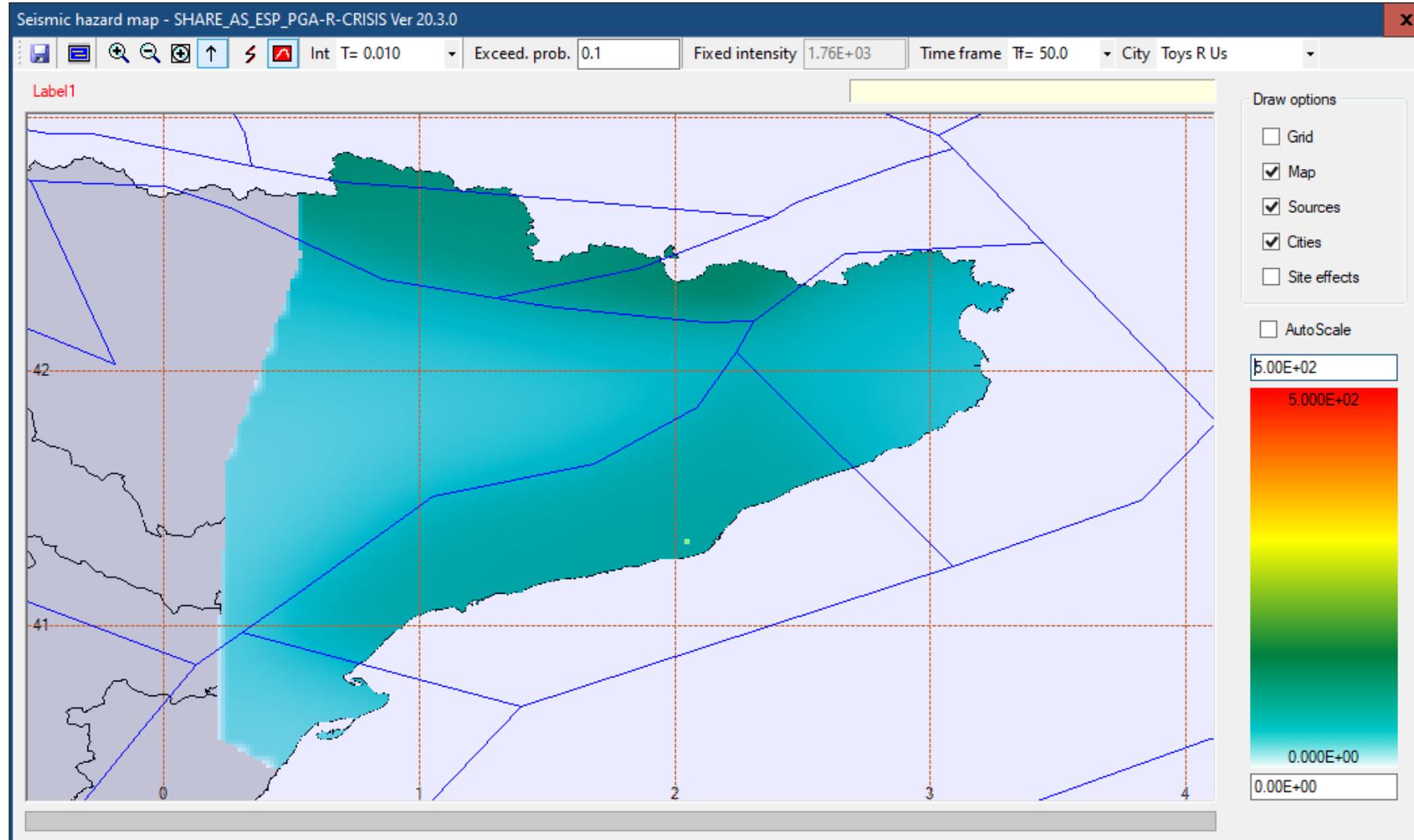
Latitude: 34.127, 42.747

Longitude: -2.813, 8.861



# Modelo de amenaza sísmica

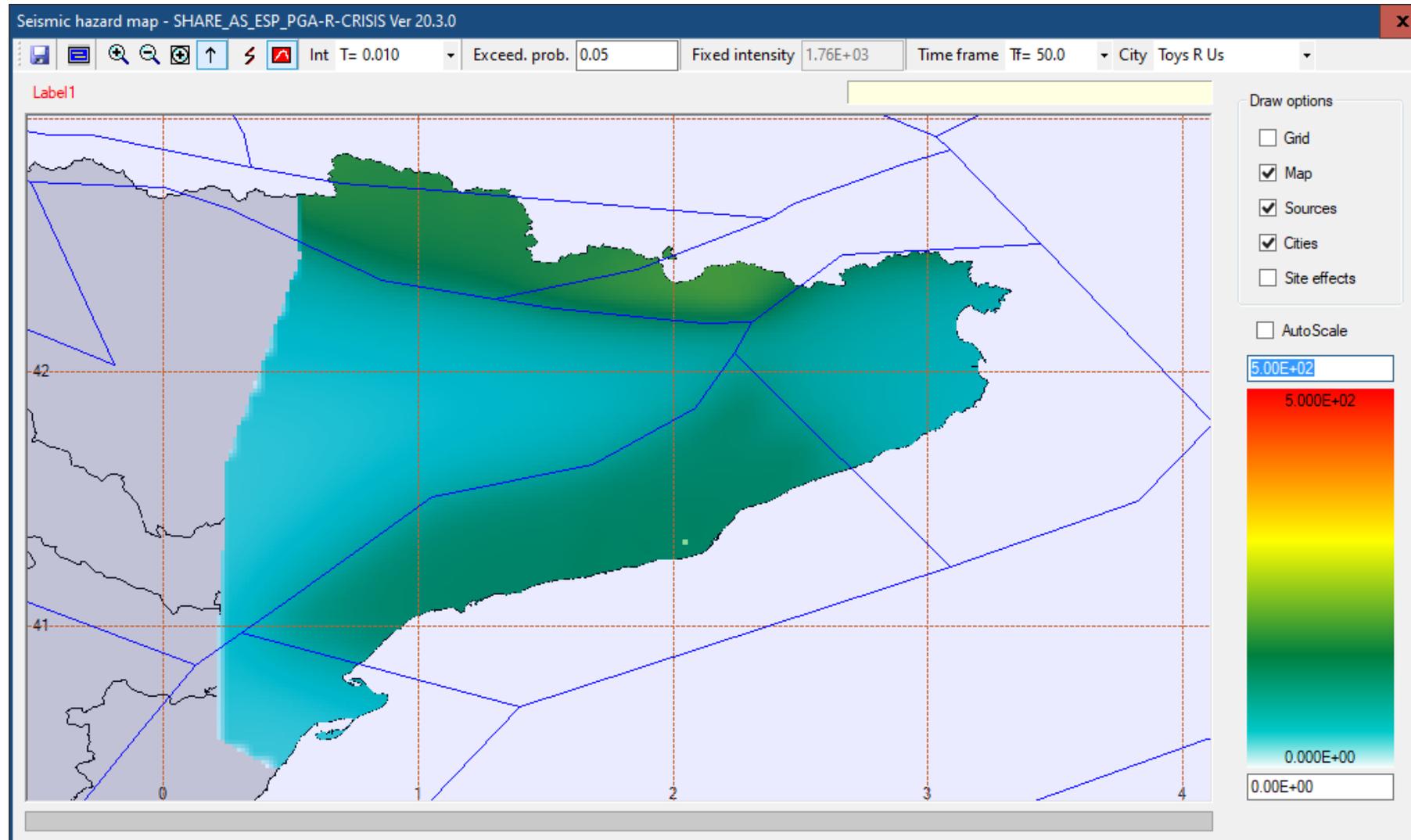
PGA  
Tr = 475 años





# Modelo de amenaza sísmica

PGA  
Tr = 975 años

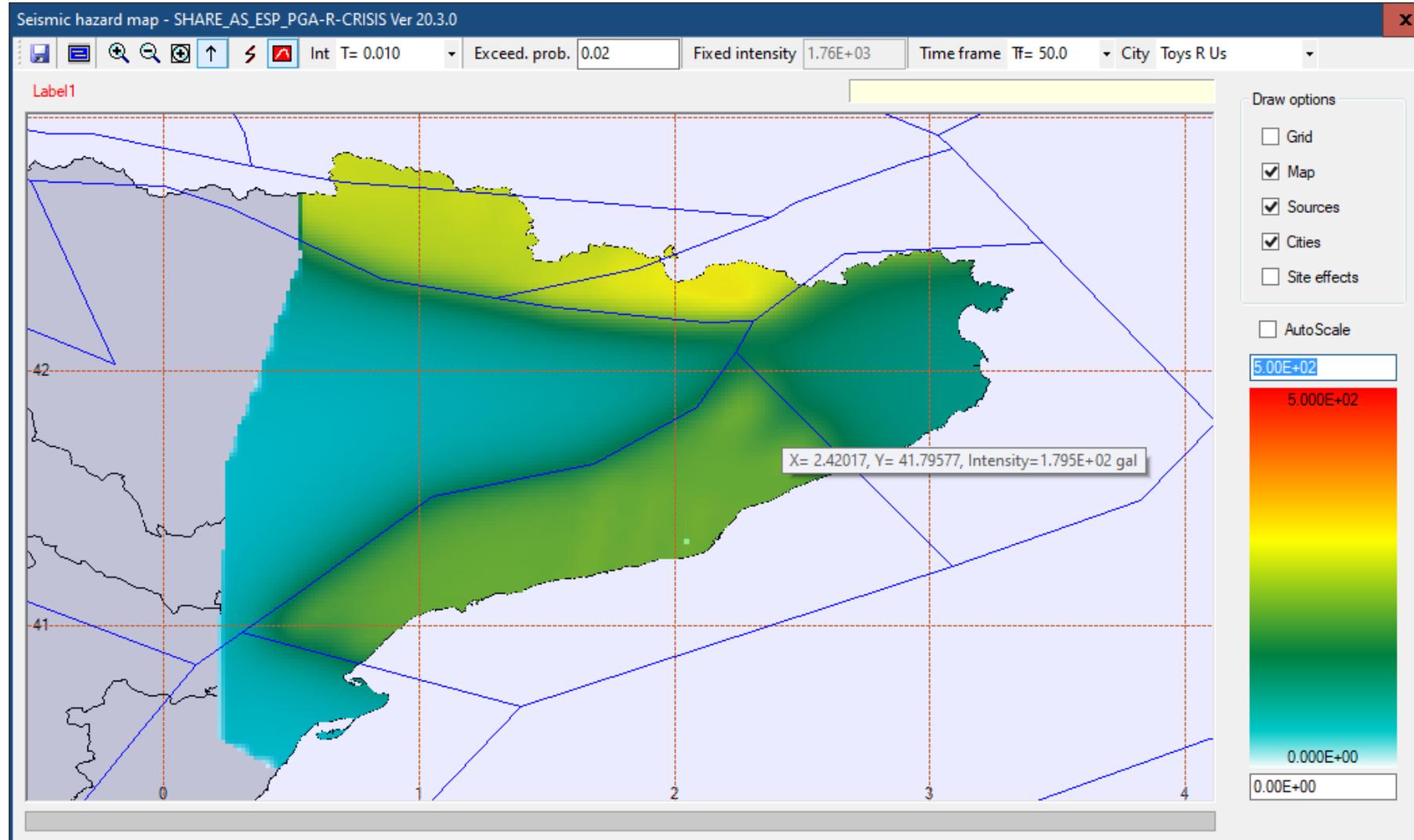




# Modelo de amenaza sísmica

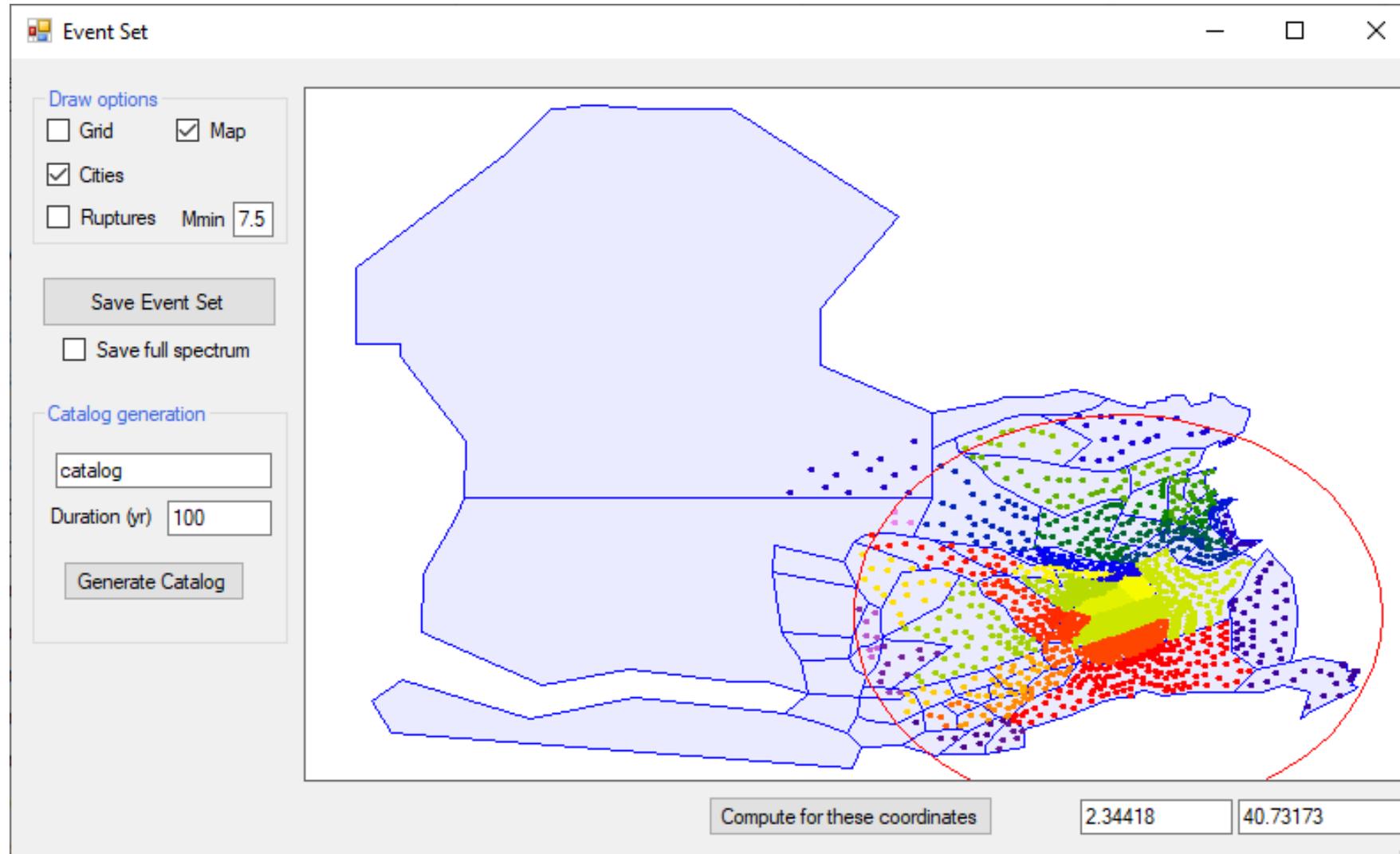
Generalitat de Catalunya

PGA  
Tr = 2475 años





# 435,936 terremotos sintéticos





# Caracterización de la vulnerabilidad de los edificios

Tipología	Nombre
M31	Mampostería simple con losa de madera
M33	Mampostería simple con losa compuesta
RC32	Pórticos en hormigón armado
M34	Mampostería simple con losa hormigón armado
S5	Sistema compuesto de hormigón armado y acero
S3	Pórticos en acero con muros mampostería simple
M32	Mampostería simple con bóveda
W	Madera

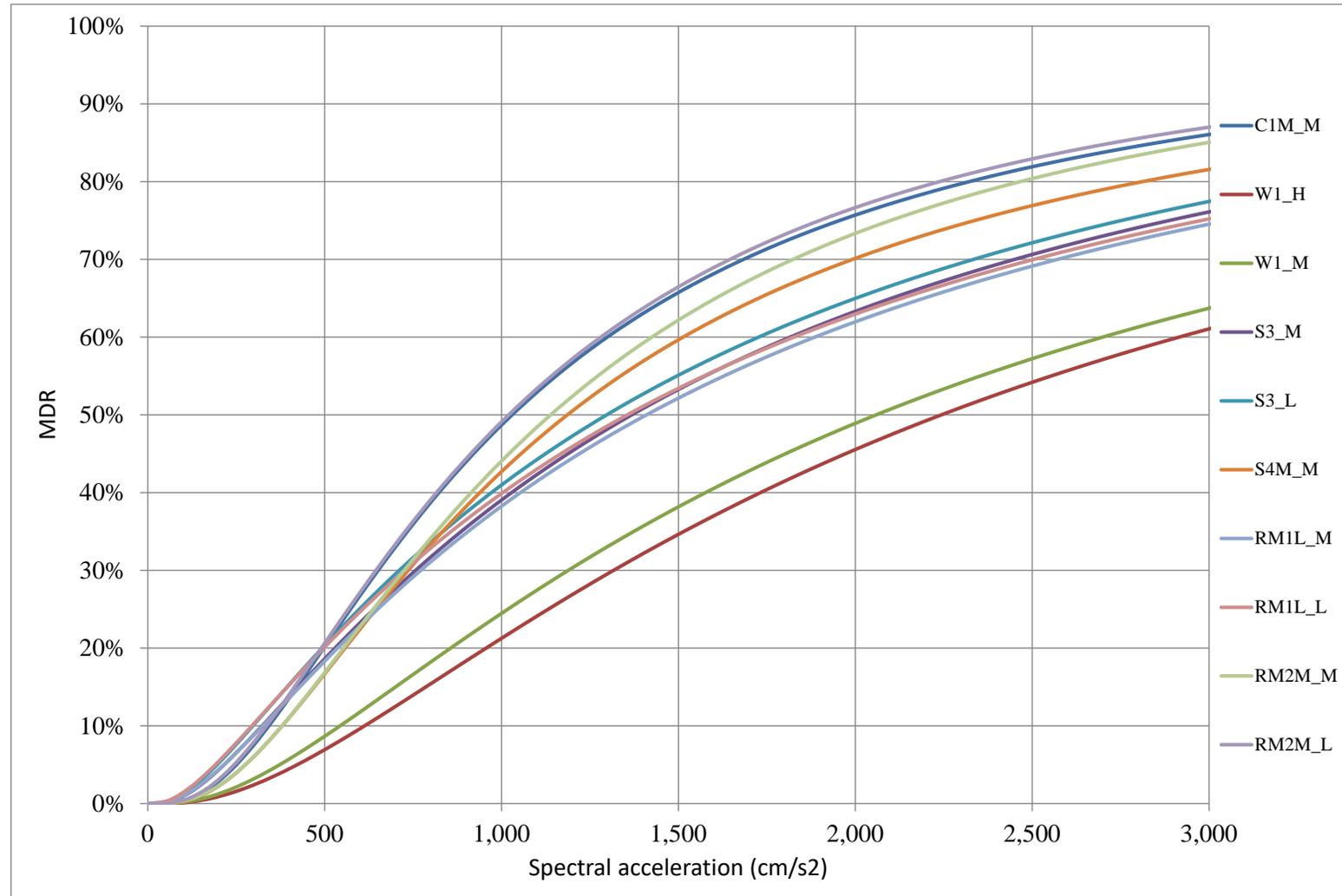
Verificaciones respecto a la tipología, año de construcción y número de pisos

# Caracterización de la vulnerabilidad de los edificios



Generalitat de Catalunya

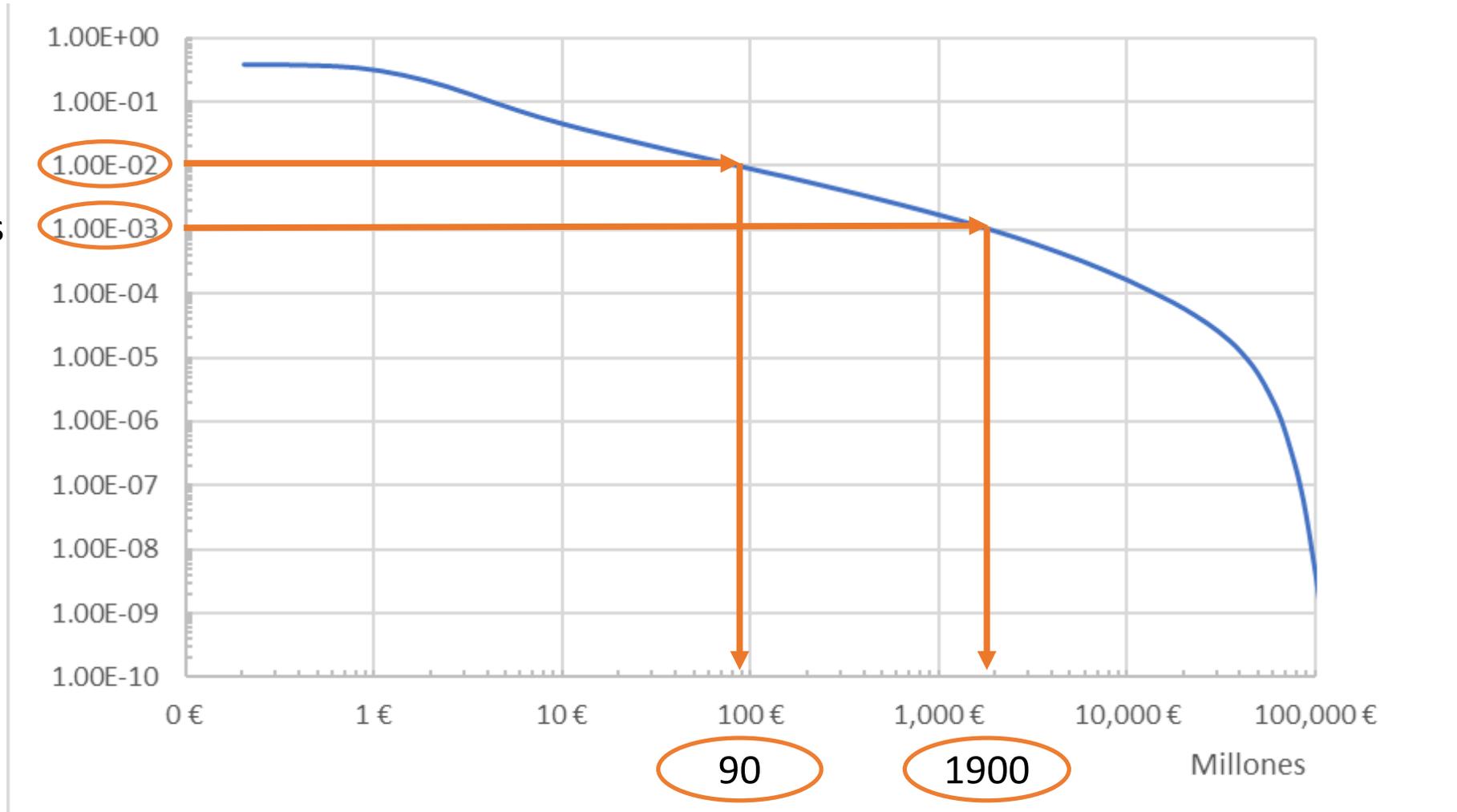
CIMNE<sup>RS</sup>





# Resultados preliminares – Curva de excedencia de pérdidas (LEC)

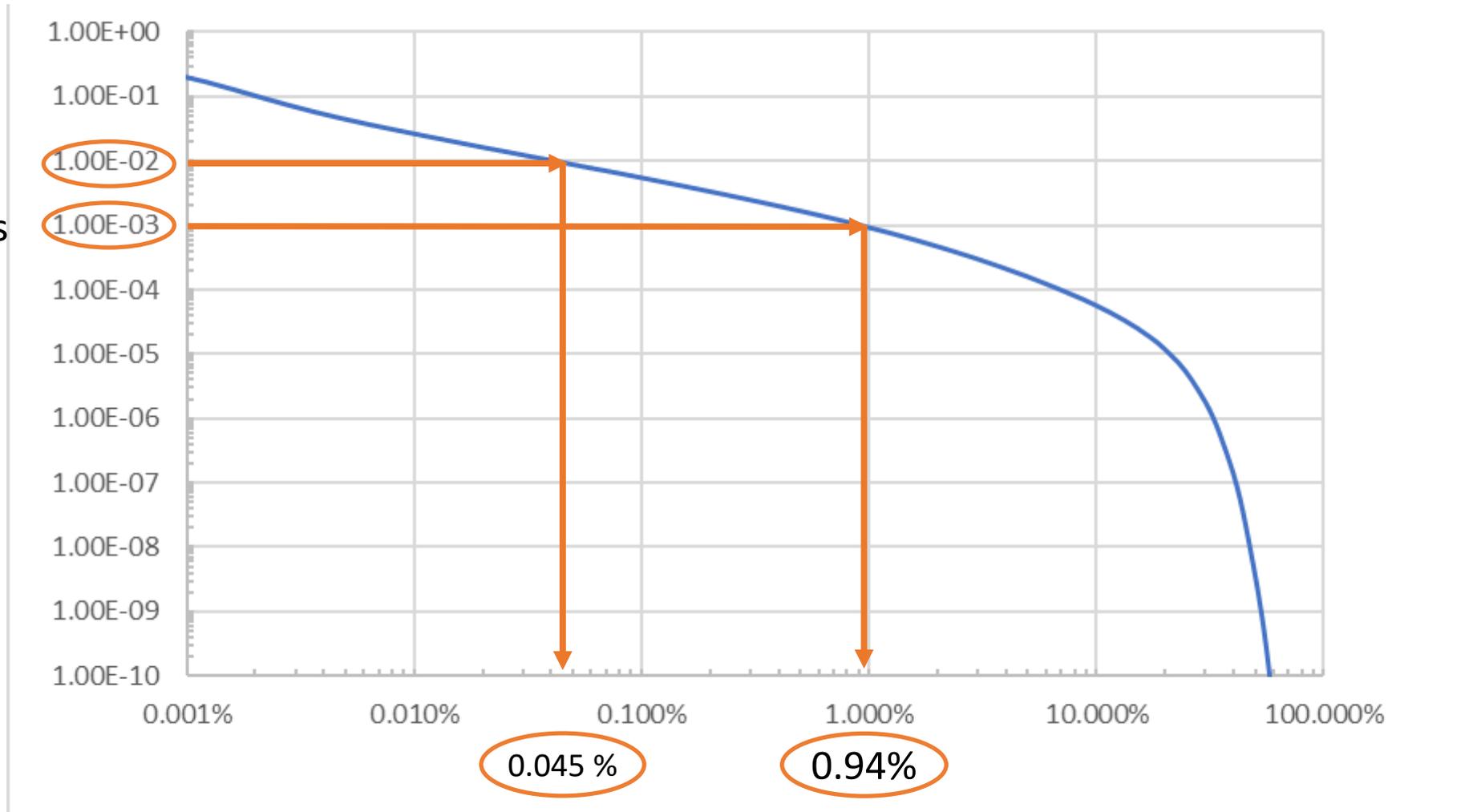
$T_R = 100$  años  
 $T_R = 1000$  años





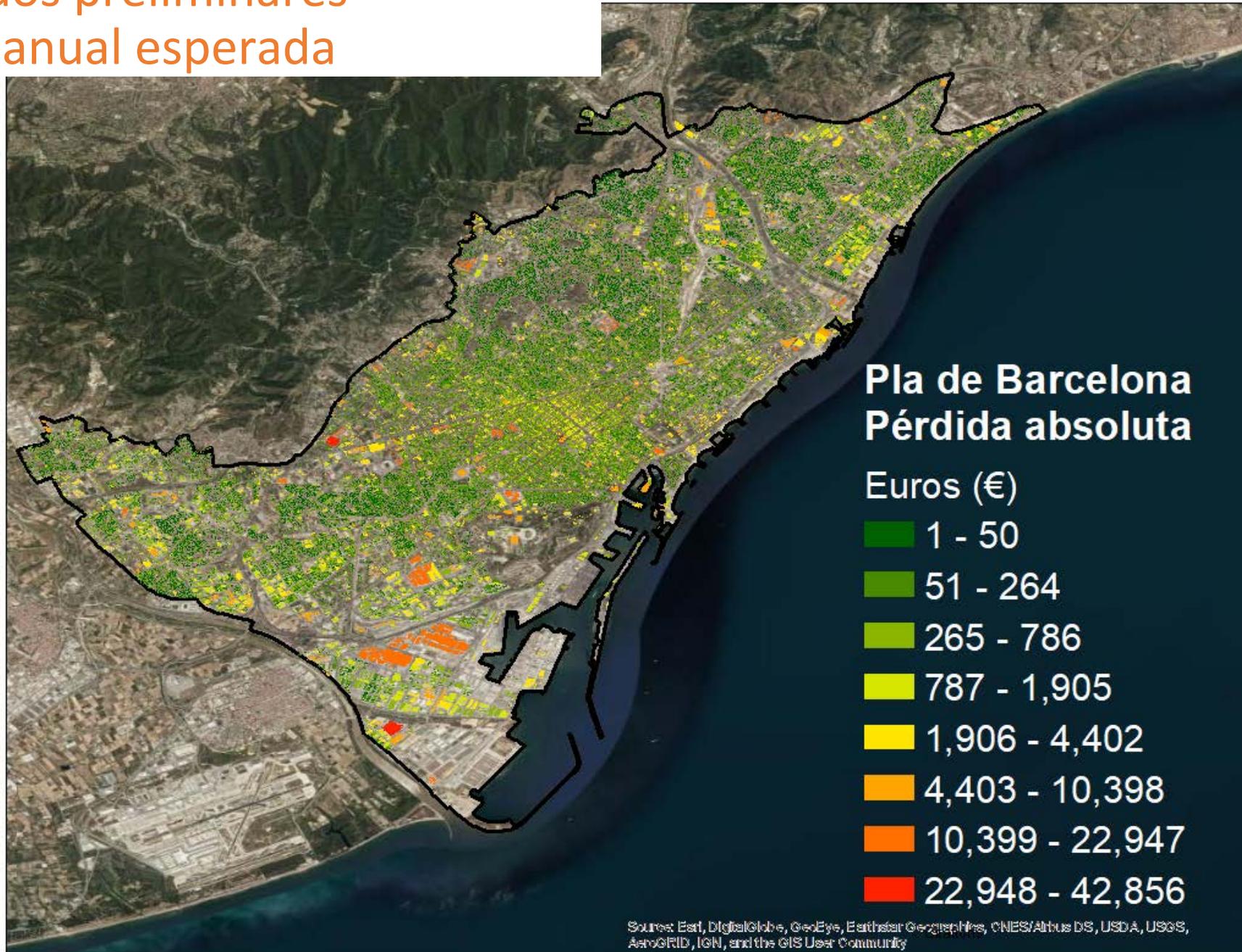
# Resultados preliminares – Curva de excedencia de pérdidas (LEC)

$T_R = 100$  años  
 $T_R = 1000$  años



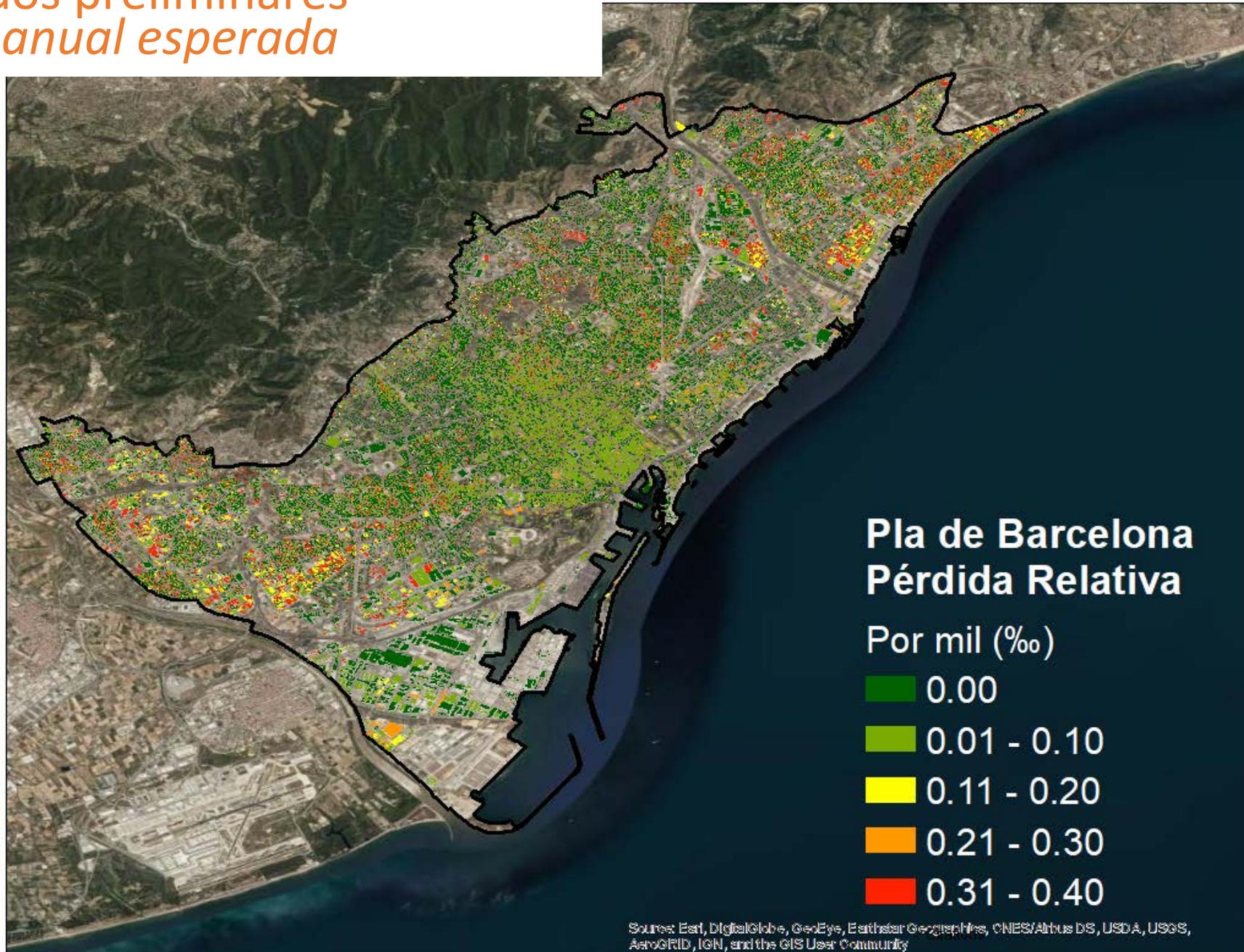
# Resultados preliminares

## Perdida anual esperada



# Resultados preliminares

## *Pérdida anual esperada*





# Siguientes pasos

## Selección de escenarios críticos para consulta

- ❖ Las pérdidas por terremoto se calculan para más de 60mil eventos simulados (Plataforma CAPRA).
- ❖ La frecuencia de ocurrencia de la mayoría de ellos es muy baja, debida a la baja sismicidad de la región (lo que no quiere decir que no pueden ocurrir terremotos).
- ❖ Se seleccionarán de los escenarios más relevantes pensando en actividades relacionadas con la gestión de riesgo de desastre, como planificación de emergencias.



# Siguientes pasos

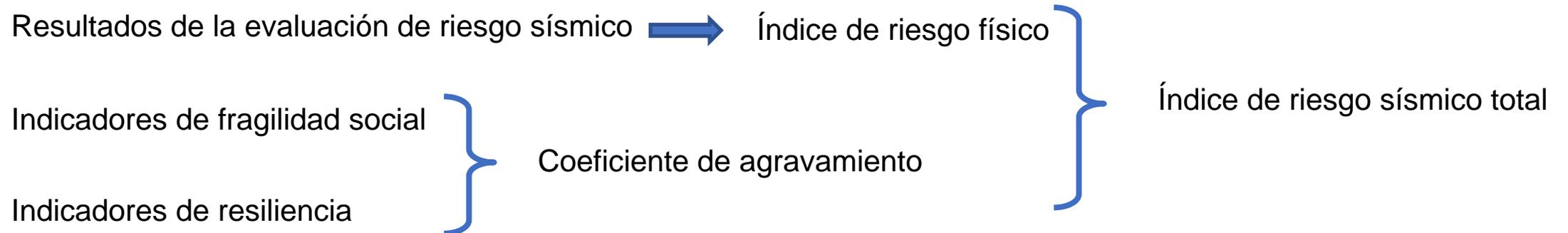
## Selección de escenarios críticos para consulta

- ❖ Estos eventos relevantes corresponden al área de estudio (Pla de Barcelona). Si el área cambia (ej. toda Cataluña) los eventos podrían ser otros.
- ❖ El criterio de selección considerará tanto las pérdidas económicas (modeladas) y la frecuencia de ocurrencia del evento (a partir de las estadísticas del modelo de amenaza).
- ❖ Se utilizarán 10 eventos críticos, considerando diferentes ubicaciones, fuentes sismogénicas, magnitudes y características de la ruptura.



# Siguientes pasos

## Evaluación holística del riesgo sísmico



# Indicadores de fragilidad social y resiliencia



CIMNE<sup>®</sup>

Generalitat de Catalunya



## *Pla de Barcelona*

Indicador	Año	Escala	unidades	Fuente
Tasa de Mortalidad	2020	Municipio	tasa bruta por 1.000 habitantes	IDESCAT
Densidad de población	2021	Municipio	Hab/km2	IDESCAT
Índex socioeconòmic territorial (IST)	2018	Municipio		IDESCAT
Índex de GINI	2019	Municipio, agregación censal	Índice relativo (Cataluña 100) Deciles (Municipio)	INE - Experimental
Profesionales en salud (Médicos y enfermeras)	2020	Cataluña	Personas por profesional de la salud	INE
Camas hospitalarias de agudos	2020	Comarca y provincia	Camas por 1000 habitantes	IDESCAT

# Indicadores de fragilidad social y resiliencia



## Barcelona

Indicador	Año	Escala	unidades
Tasa de Mortalidad	2020	Distrito , barrio	tasa bruta por 1.000 habitantes
Densidad de población	2021		Hab/km2
Índex socioeconòmic territorial (IST)	2018	Distrito (10), barrio (73)	Índice relativo (Cataluña 100)
Índex de GINI	2019	Distrito (10), sección censal (1068)	
Profesionales en salud	2020	Cataluña	Número de personas por profesional
Camas hospitalarias de agudos	2020	Comarca y provincia	Camas por 1000 habitantes



# Conclusiones

- ❖ Evaluación de riesgo sísmico totalmente probabilística para el *Pla de Barcelona*.
- ❖ Se ha actualizado una base de datos de exposición introduciendo refinamientos significativos en diferentes atributos relevantes para las evaluaciones de riesgo, como la distribución de tipologías de edificios y evaluaciones económicas más detalladas en términos del costo de reemplazo de cada edificio.
- ❖ El objetivo de esta evaluación va más allá de la estimación del riesgo físico, busca generar información de apoyo a los procesos de toma de decisiones relacionados con la planificación territorial.