



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# PROYECTO TREQ

COMUNICACIÓN Y FORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS POR TERREMOTOS

**FUNDACIÓN GEM**

5-6 DE MARZO 2020, QUITO-ECUADOR



working together  
to assess risk



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**GEM**

GLOBAL EARTHQUAKE MODEL



OPENQUAKE

La Fundación GEM

TRABAJANDO JUNTOS EN LA  
EVALUACIÓN DEL RIESGO



GLOBAL EARTHQUAKE MODEL

GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Patrocinadores y Socios de GEM



Patrocinadores Privados



Patrocinadores Públicos



Socios de Proyectos



Asociados

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

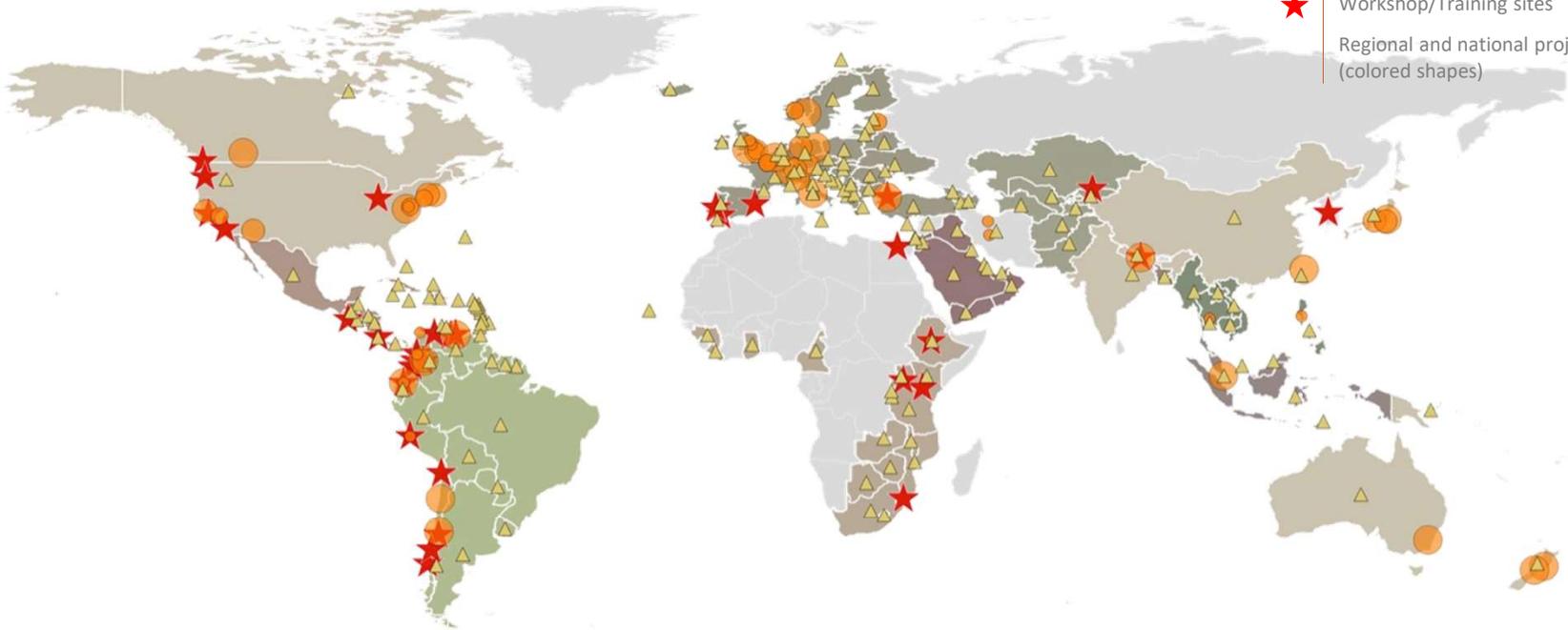


**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



- Public & private institutions, associate partners and collaborators
- ▲ Countries
- ★ Workshop/Training sites
- Regional and national project sites (colored shapes)

Dónde trabajamos

**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Marco Científico

## INTEGRATED SEISMIC RISK

### PHYSICAL SEISMIC RISK

Probability of damage and loss to people and structures due to earthquakes

### SOCIO-ECONOMIC VULNERABILITY AND RESILIENCE

Vulnerability of society and economy and their capacity to cope with earthquake events

### SEISMIC HAZARD

Probability of ground shaking due to earthquakes

### EXPOSURE

Elements at risk

### PHYSICAL VULNERABILITY

Vulnerability of structures and their occupants to seismic hazard

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

## Herramientas



GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



Combina evaluaciones de amenaza y riesgo



Escenarios de riesgo y análisis probabilístico

Permite realizar cálculos en diferentes escalas

Considera un amplio espectro de incertidumbres

Se puede utilizar en computadores o clusters

Gratuito, público y de código abierto

**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG**



# Herramientas

https://hazardwiki.openquake.org/toolkits

 GEM Hazard Team Wiki

Q Search  

You are here /  / [toolkits](#)  
Trace / [toolkits](#)

[toolkits](#)

## OpenQuake Toolkits

 [Share on ...](#)    

### OQ Strong Motion Toolkit

The OQ Strong Motion Toolkit (oq-smtk) is a software library containing methods for the basic analysis of strong motion recordings and for the selection of ground motion prediction equations.

Documentation

- The oq-smtk User's Guide is available at the following link: [https://github.com/GEMScienceTools/gmpe-smtk-docs/blob/master/gmpe\\_smtk\\_guide.pdf](https://github.com/GEMScienceTools/gmpe-smtk-docs/blob/master/gmpe_smtk_guide.pdf)

### OQ Catalogue Toolkit

The OQ catalogue Toolkit (oq-cttk) is a software library containing methods for homogenising a suite of heterogeneous earthquake catalogues.

### OQ Hazard Modeller's Toolkit

The OQ catalogue Toolkit (oq-hmtk) is a software library with methods for building the Earthquake Source Model component of a PSHA input model. The oq-hmtk supports three main workflows for building earthquake sources:

- Seismicity
- Geology
- Geodesy and tectonic modelling

Documentation

- The oq-hmtk User's Guide is available at the following link: [https://github.com/GEMScienceTools/hmtk\\_docs/blob/master/hmtk\\_tutorial.pdf](https://github.com/GEMScienceTools/hmtk_docs/blob/master/hmtk_tutorial.pdf)

### OQ Site Response Toolkit

The OQ Site Response Toolkit (oq-srtk) will be a software library containing methods for the analysis of site response using empirical and numerical.

 toolkits.txt  Last modified: 2016/07/29 16:26 by God

**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Herramientas

**VULNERABILITY AND LOSS MODELLING**

Guidelines for Analytical Vulnerability Assessment - Low/Mid-Rise

D'Ayala D., A. Meslem, D. Vamvatsikos, K. Porter, T. Rossetto and V. Silva

GEM TECHNICAL REPORT 2014-12 V1.0.0

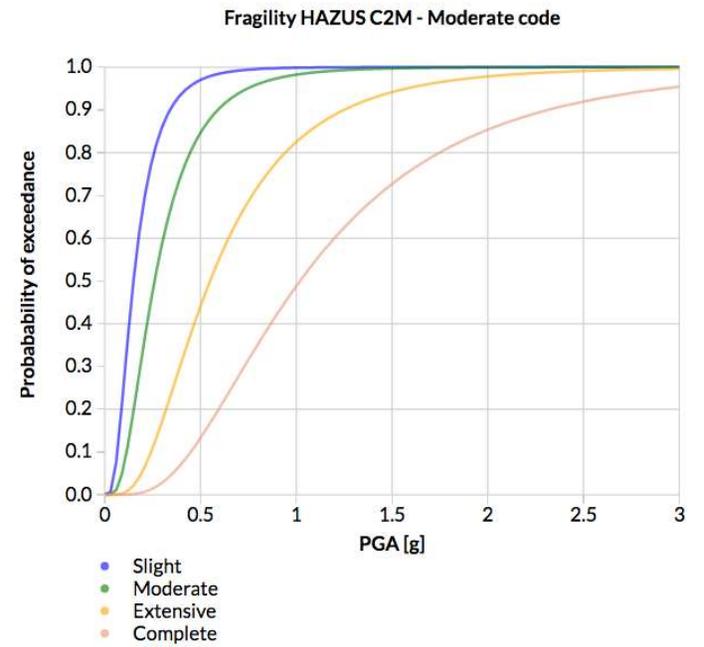
**GEM**  
GLOBAL EARTHQUAKE MODEL

**Concrete**

**Masonry**

**Steel**

**Wood**



GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

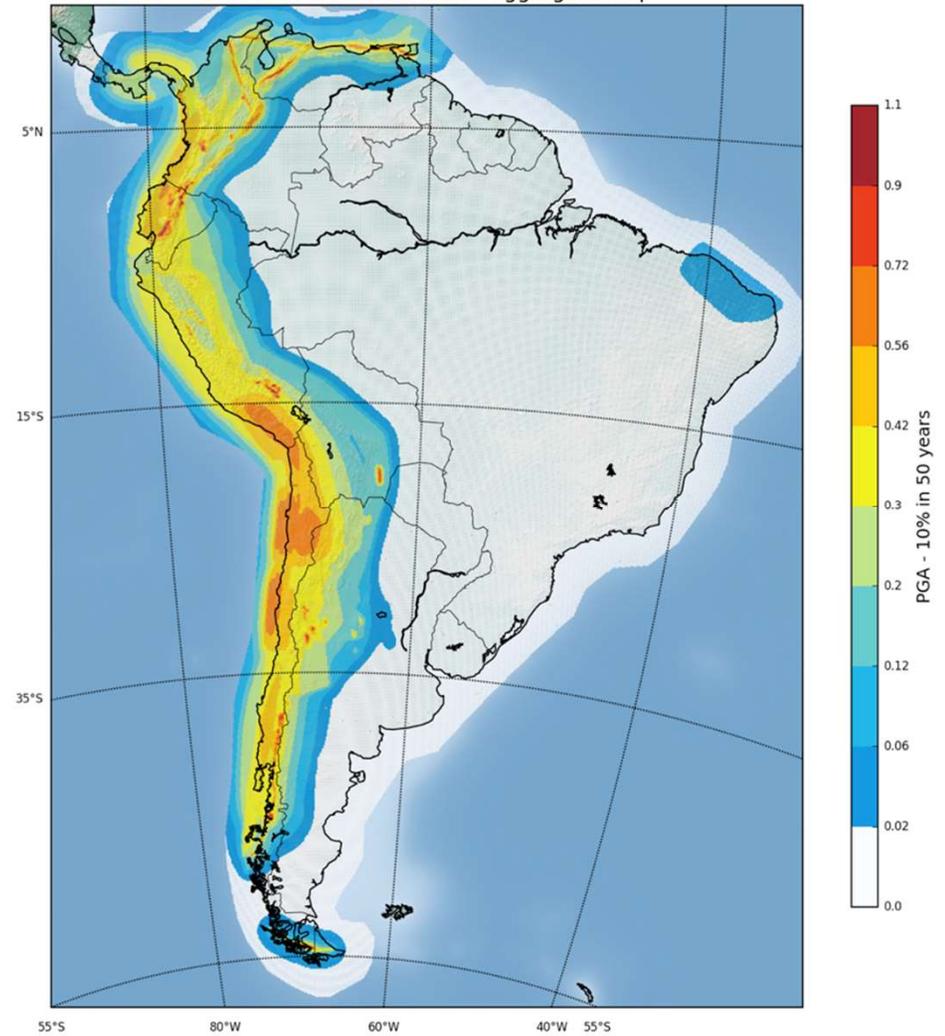
GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



## Modelos de amenaza

Sur América (2016)

SARA - version 1.0.0 Beta - aggregate map

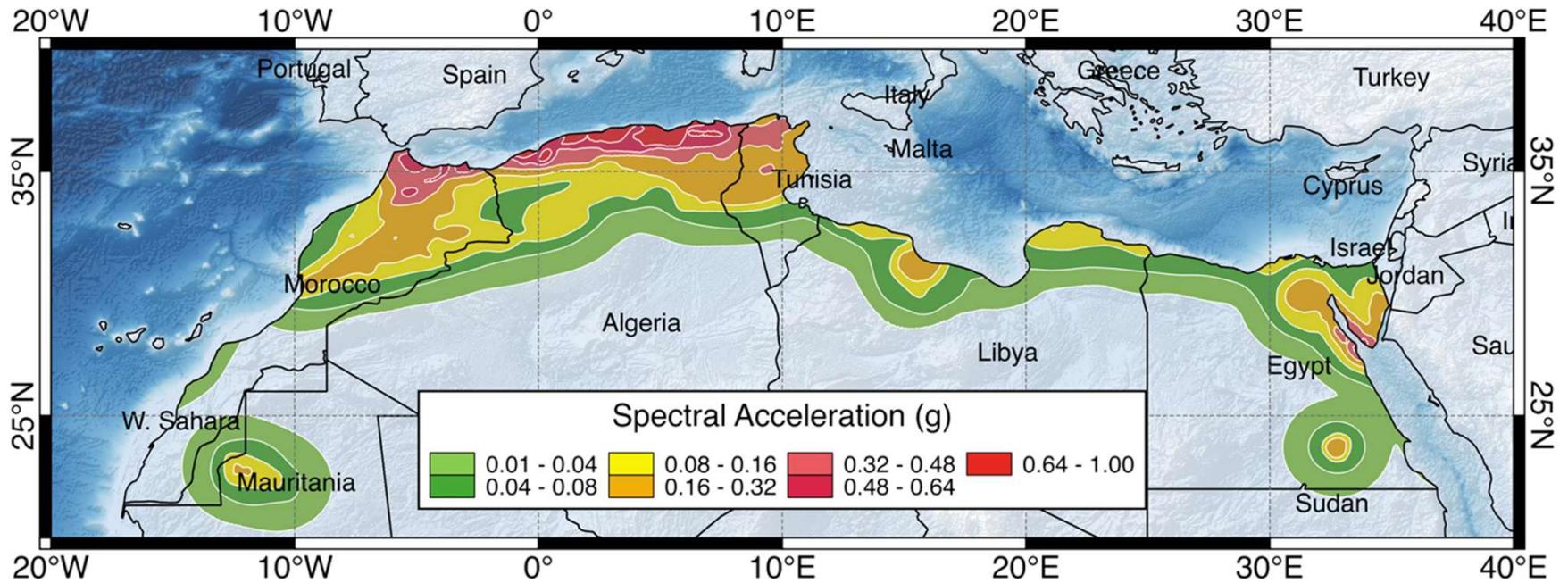


GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

## Modelos de amenaza



Norte de Africa (2018)

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM**

**TREO**

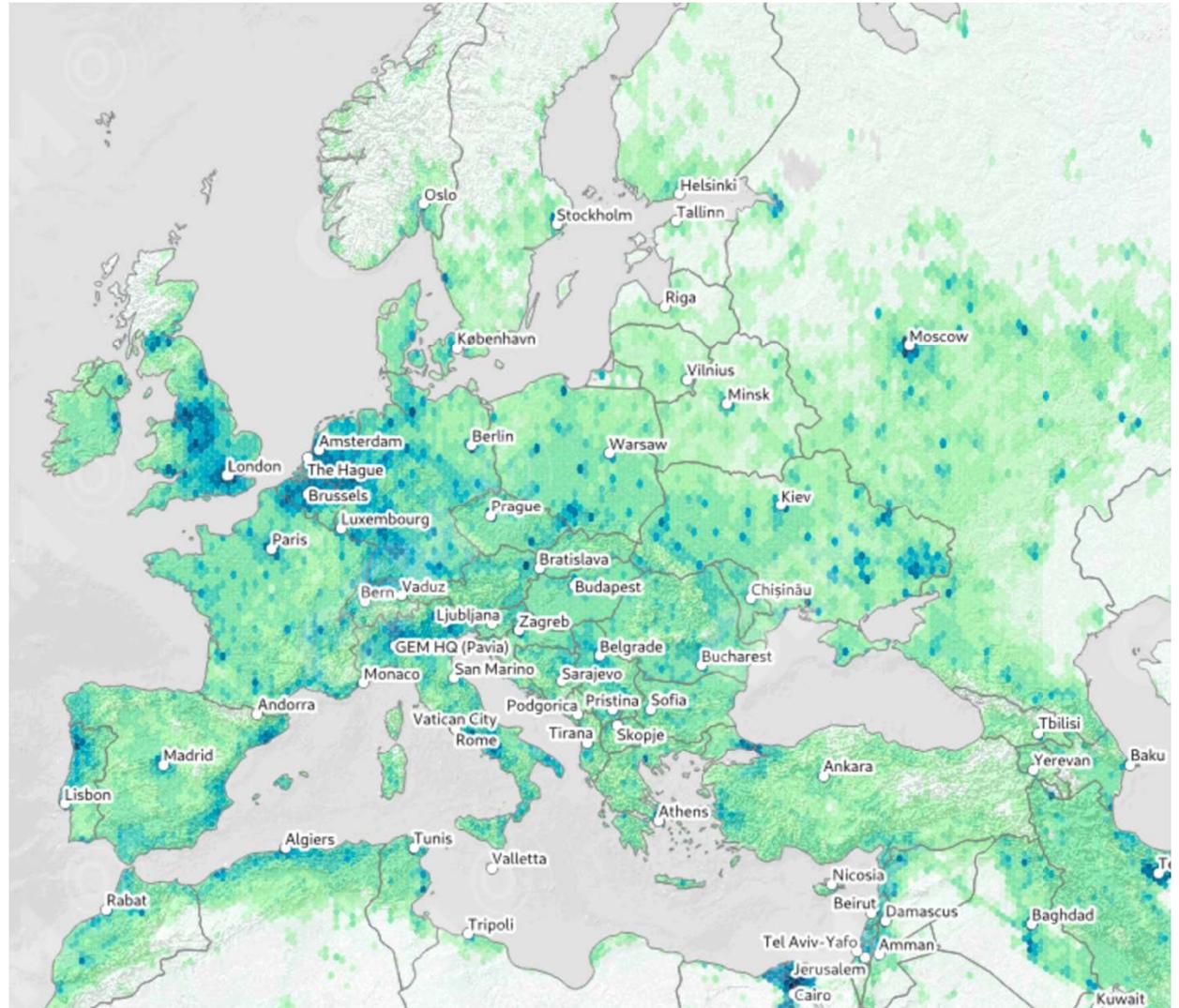
**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



## Modelos de exposición

Europa (SERA, 2018)

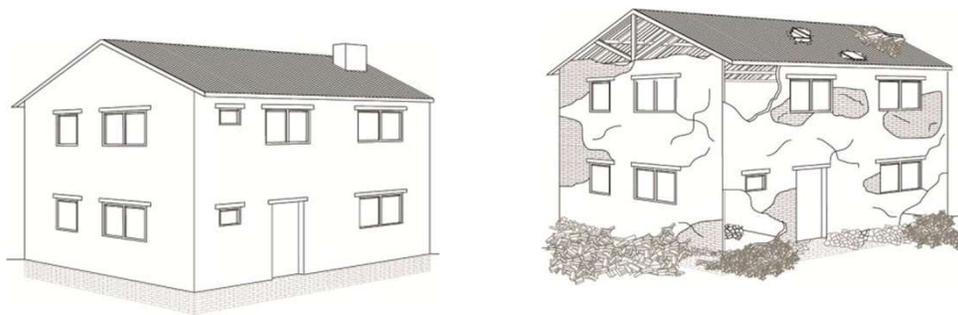


GEM

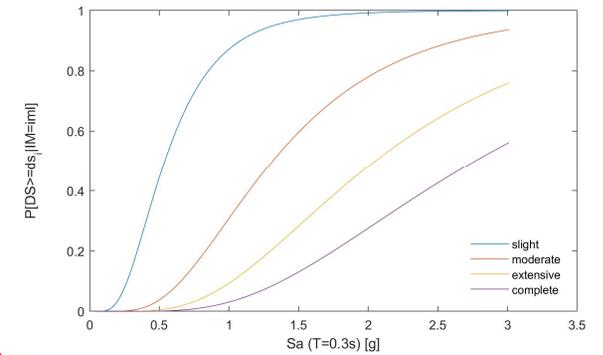
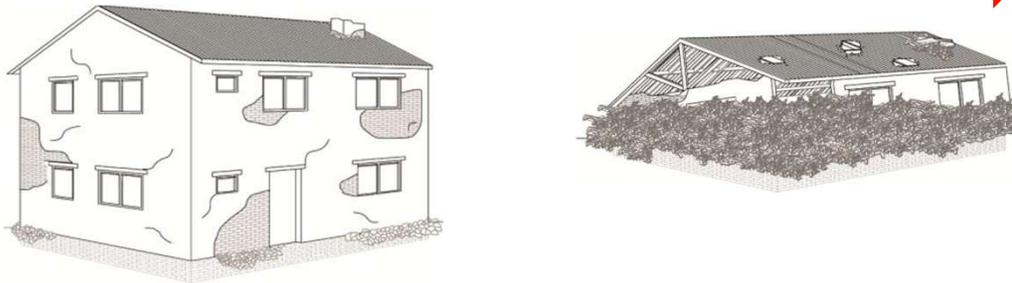
TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

## Modelos de vulnerabilidad estructural



Seismic Intensity



El modelo global con  
+ 500 tipologías  
estructurales

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



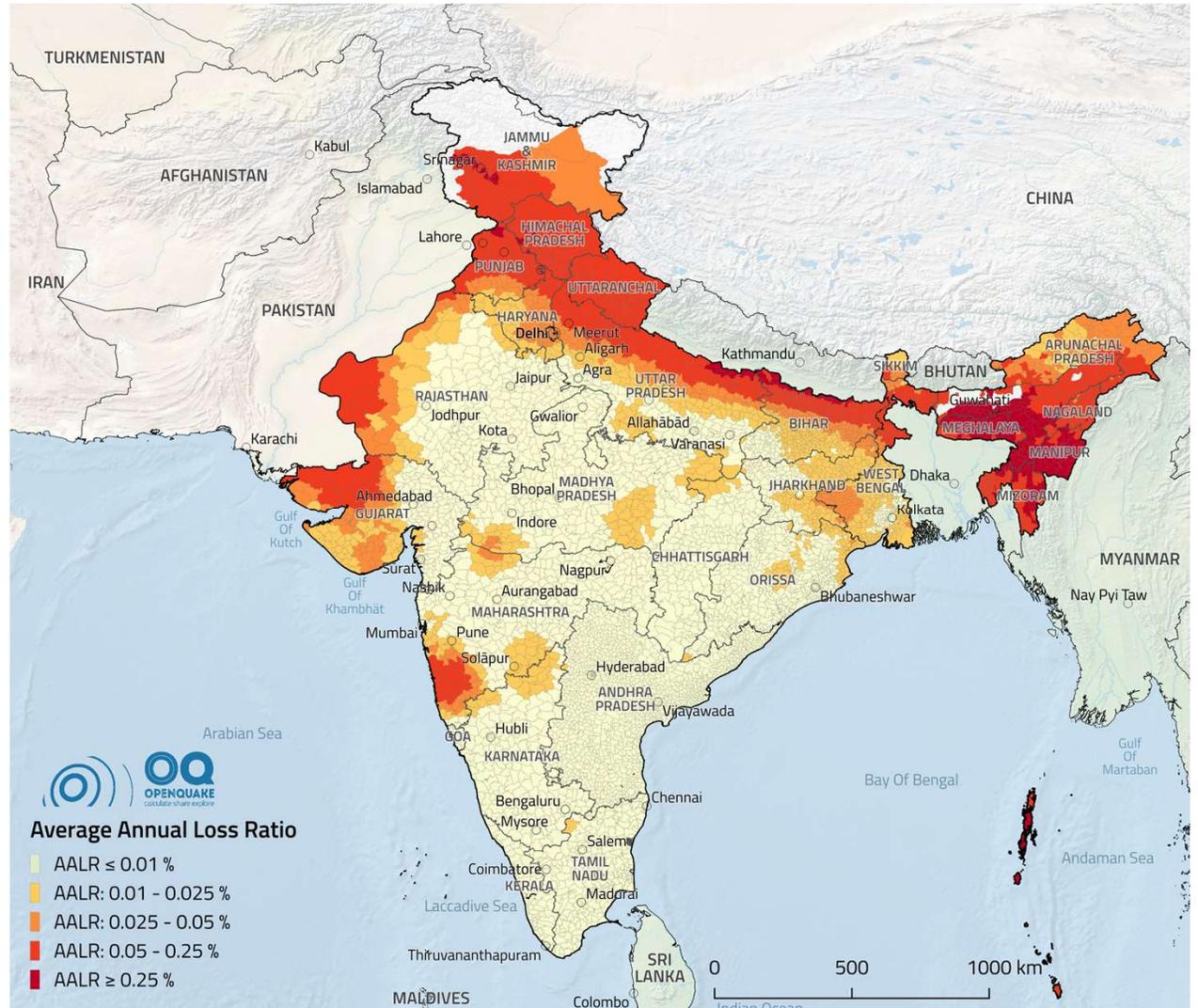
GEM

TREO

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Modelos de riesgo

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



India (2019)







# PROYECTO TREQ

COMUNICACIÓN Y FORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS POR TERREMOTOS

TRAINING AND COMMUNICATION FOR EARTHQUAKE RISK ASSESSMENT

GLOBAL QUAKE MODEL .ORG

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**TREQ** **GEM**

**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



# PROYECTO TREQ

COMUNICACIÓN Y FORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS POR TERREMOTOS

Amenaza y Riesgo Urbano



Comunicación y Formación



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

## Colaboradores locales

**QUITO**  
*grande otra vez*



COLEGIO DE INGENIEROS  
CIVILES DE PICHINCHA



**IG**  
Instituto Geofísico

**SGN**  
SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL  
REPÚBLICA DOMINICANA



  
Universidad Autónoma  
de Baja California

SERVICIO  
GEOLÓGICO  
COLOMBIANO 

  
ALCALDÍA DE  
SANTIAGO DE CALI

  
Corporación  
OSSO

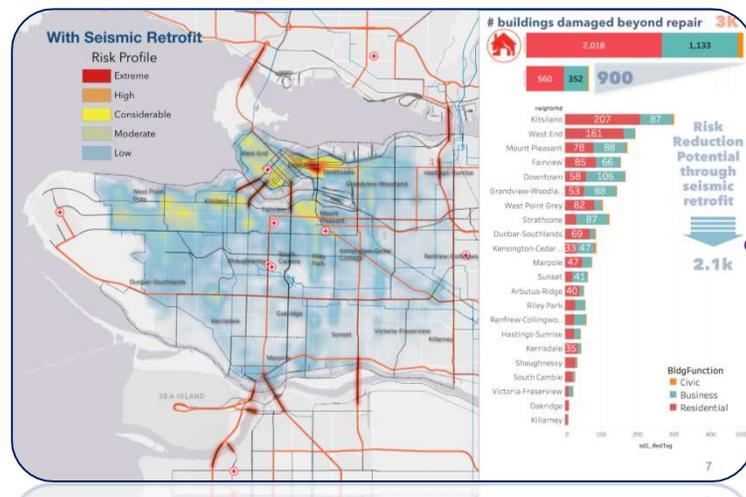
UNIVERSIDAD  
**EAFIT**

  
UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



# Componentes del riesgo urbano

## LA ESCALA URBANA





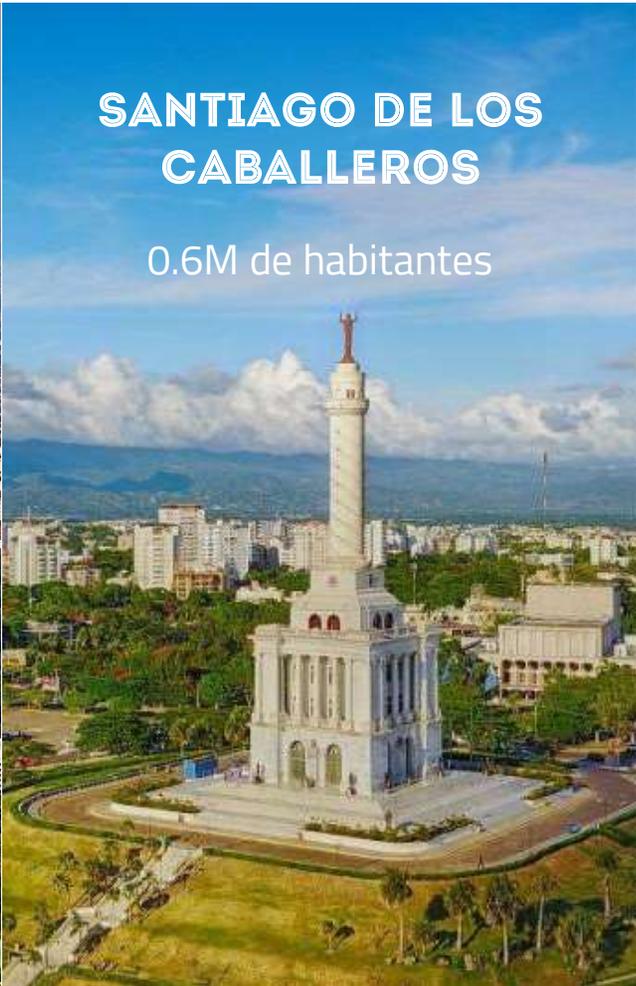
**SAN FRANCISCO  
DE QUITO**

2.8M de habitantes



**SANTIAGO DE CALI**

2.4M de habitantes



**SANTIAGO DE LOS  
CABALLEROS**

0.6M de habitantes



**GLOBAL QUAKE MODEL .ORG**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**TREQ**

**GEM**

## SAN FRANCISCO DE QUITO

2.8M de habitantes

## SANTIAGO DE CALI

2.4M de habitantes

## SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

0.6M de habitantes

- Interés de la Municipalidad
- Importancia patrimonial y económica
- Localizadas en zona de amenaza sísmica alta
  - Conocimiento de la amenaza
  - Microzonificación sísmica
- Normas nacionales de diseño y construcción
  - Alta tasa de construcción informal
- **CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA LOCAL**

GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

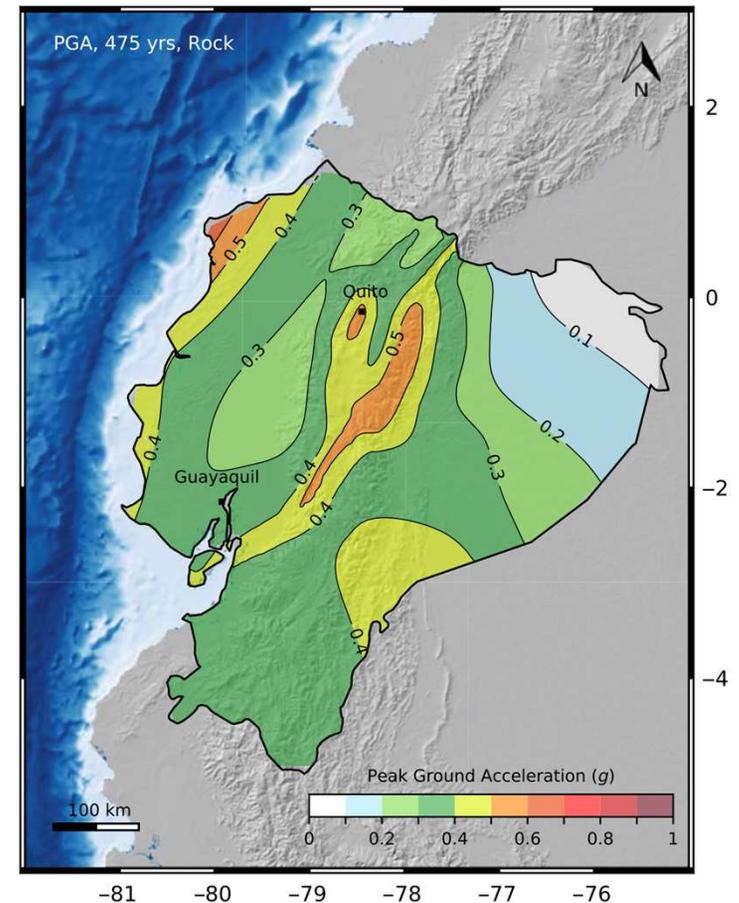
GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

## Quito: Estudios previos

### Amenaza

- Modelo de amenaza nacional publicado (Beauval et al., 2018)
- Se beneficia de información robusta y obtenida recientemente (Beauval et al. 2010, 2013; Alvarado et al. 2014, 2016; Baize et al., 2015)
- Usa un complejo modelo de fuentes sísmicas (Yepes et al., 2016)
- Considera incertidumbres en el modelo de fuentes, y el modelo de atenuación

Consideramos es el mejor modelo disponible para Quito y nos gustaría utilizarlo!

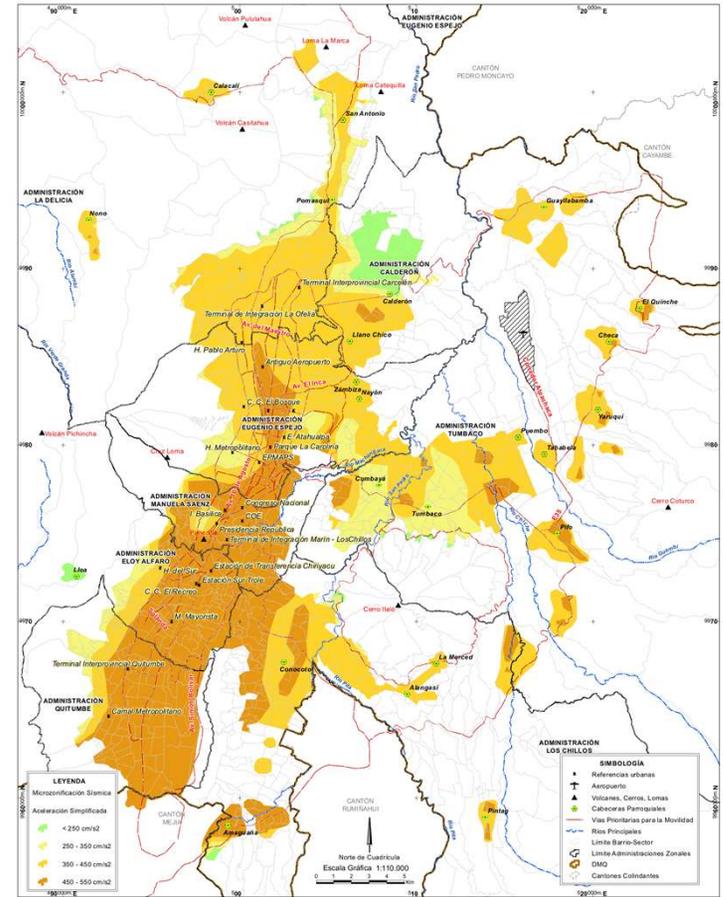
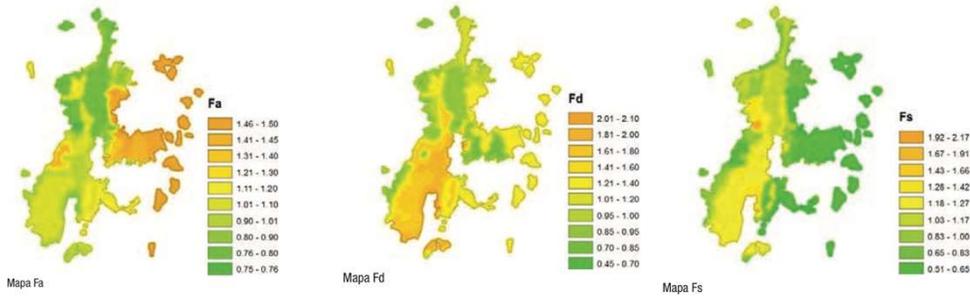


Beauval et al. (2018). A new seismic hazard model for Ecuador, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **108**, no. 3A, 1443–1464

# Quito: Estudios previos

## Microzonificación sísmica

- Existen varios estudios (2002, 2012, en ejecución)
- En la version del 2012 (mapas presentados), se calcularon factores de sitio para fines de diseño (Fa, Fd, Fs)



Tomado de: Atlas de amenazas naturales y exposición de infraestructuras del Distrito Metropolitano de Quito, segunda edición, 2015, Quito D.M.



**GEM**

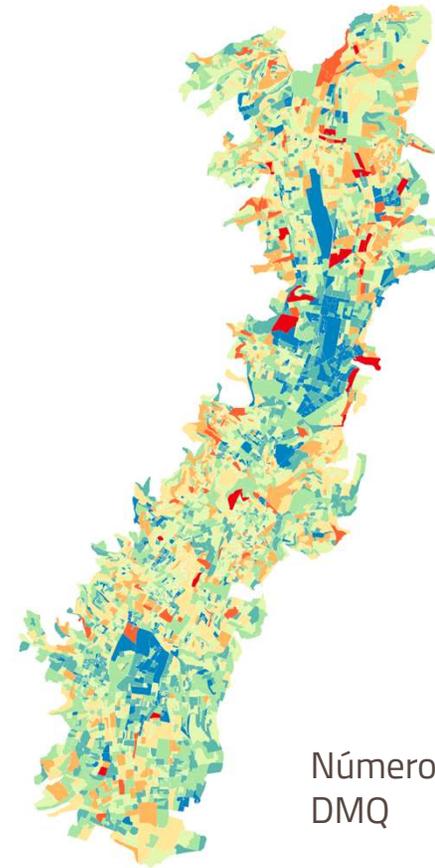
**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

## Quito: Estudios previos



GeoHazards International (1994)



Número de edificios  
DMQ

Ayala et. al (2017)

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



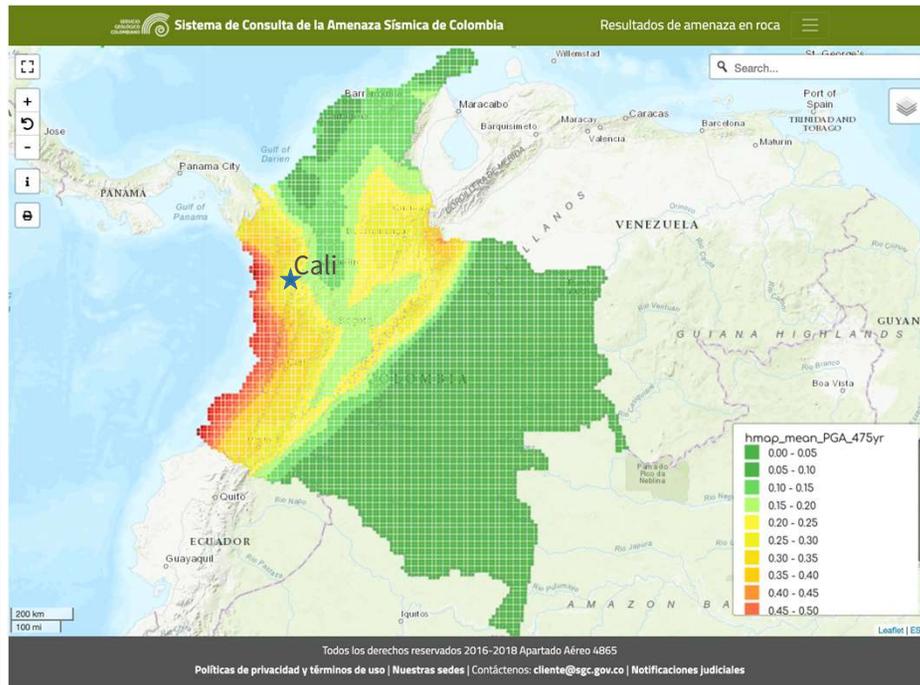
GEM

TREQ

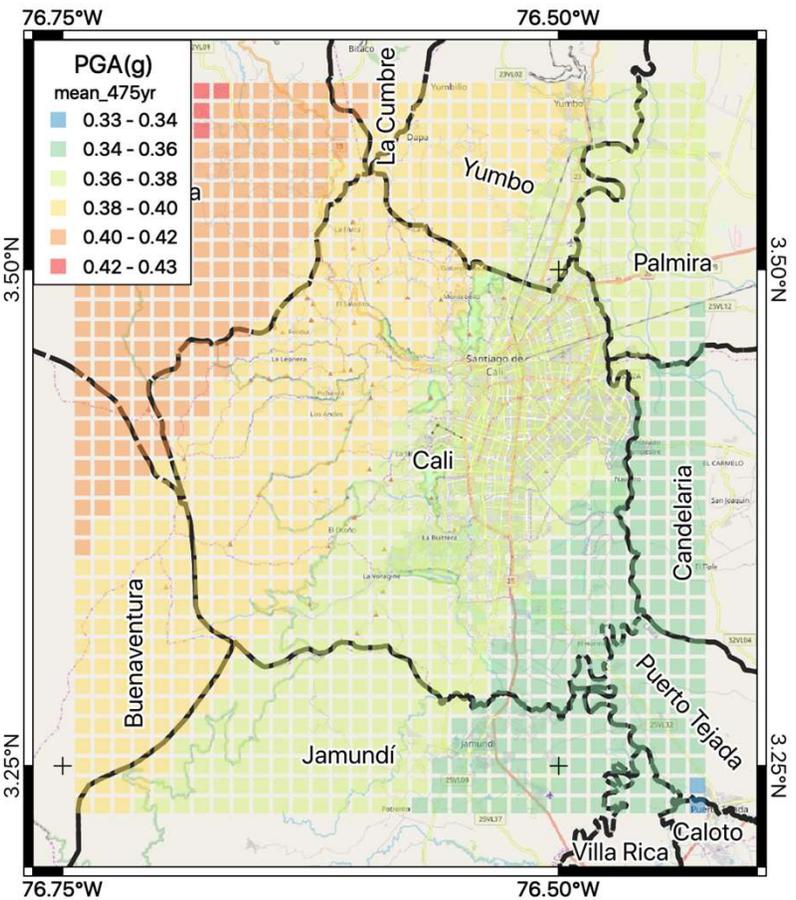
USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Cali: Estudios previos

## Amenaza



(SGC & GEM, 2018). "Modelo Nacional de Amenaza sísmica de Colombia. Servicio Geológico Colombiano (SGC) – Grupo de Amenaza Sísmica. Fundación Global Earthquake Model (GEM). 196 pp.



PGA: 0.36g-0.38g (período de retorno de 475 años)

GLOBAL  
EARTHQUAKE  
MODEL  
.ORG



GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

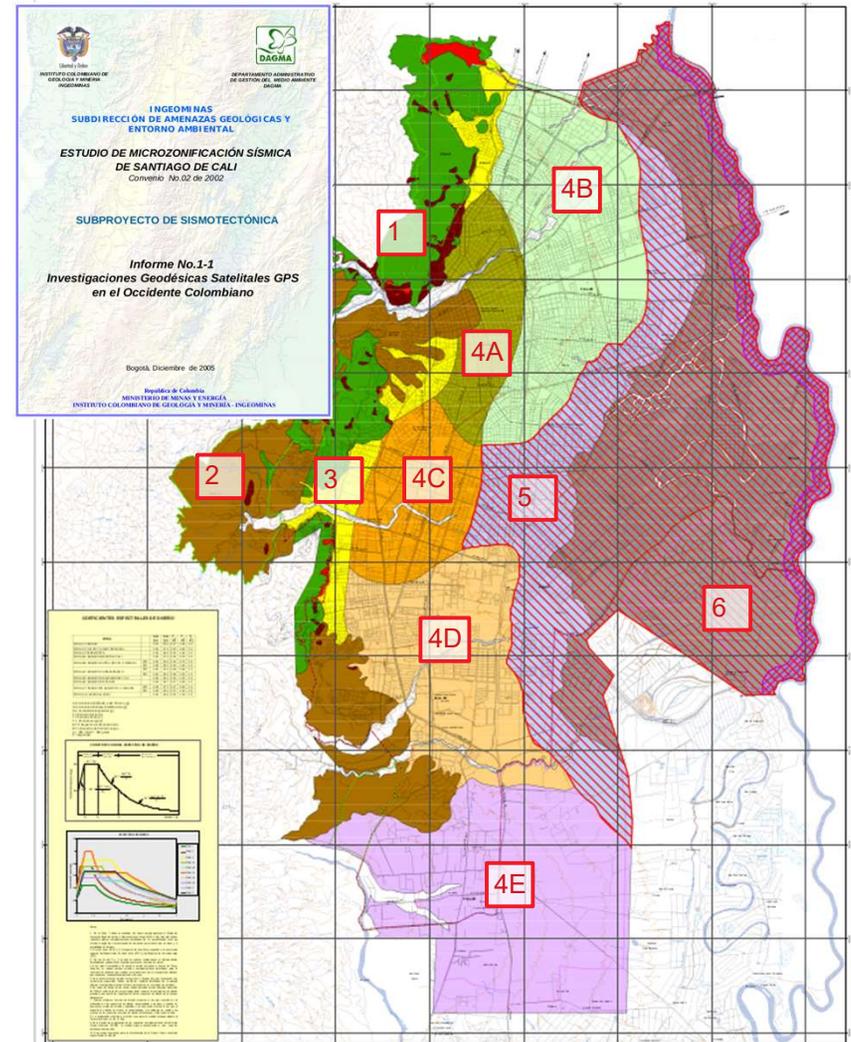
GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

## Cali: Estudios previos

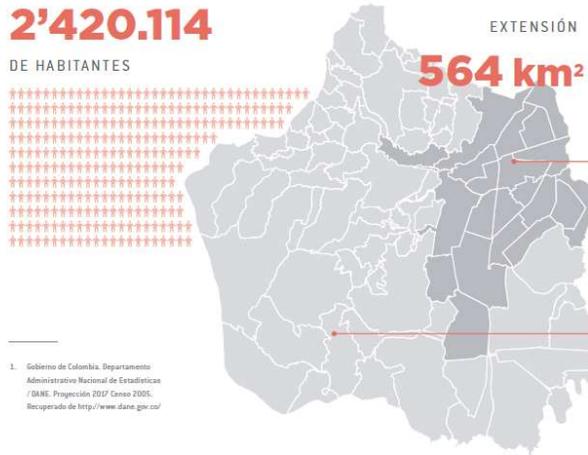
### Microzonificación sísmica

- Estudio realizado por INGEOMINAS (SGC) y DAGMA en 2005
- Zonificación de la ciudad en 10 zonas con propiedades dinámicas del suelo similares
- Para cada zona se calculó un espectro de respuesta usando un análisis detallado del efecto de sitio + 10 terremotos (registros)

[https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/49685/estudios\\_ambientales\\_dagma/](https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/49685/estudios_ambientales_dagma/)

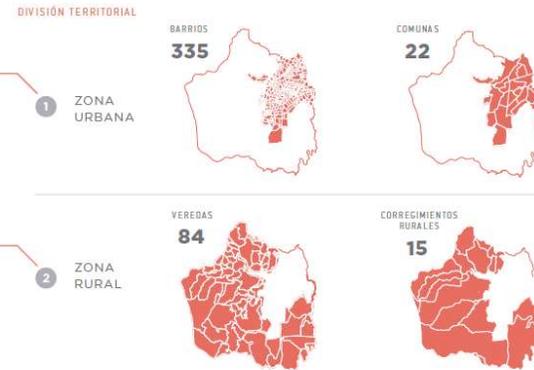
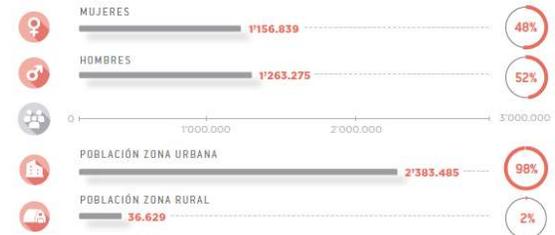


# Cali: Estudios previos



1. Gobierno de Colombia, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas / DANE. Proyección 2017 Censo 2005. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/>

CALI RESILIENTE | UNA CIUDAD DE OPORTUNIDADES PARA EL PROGRESO



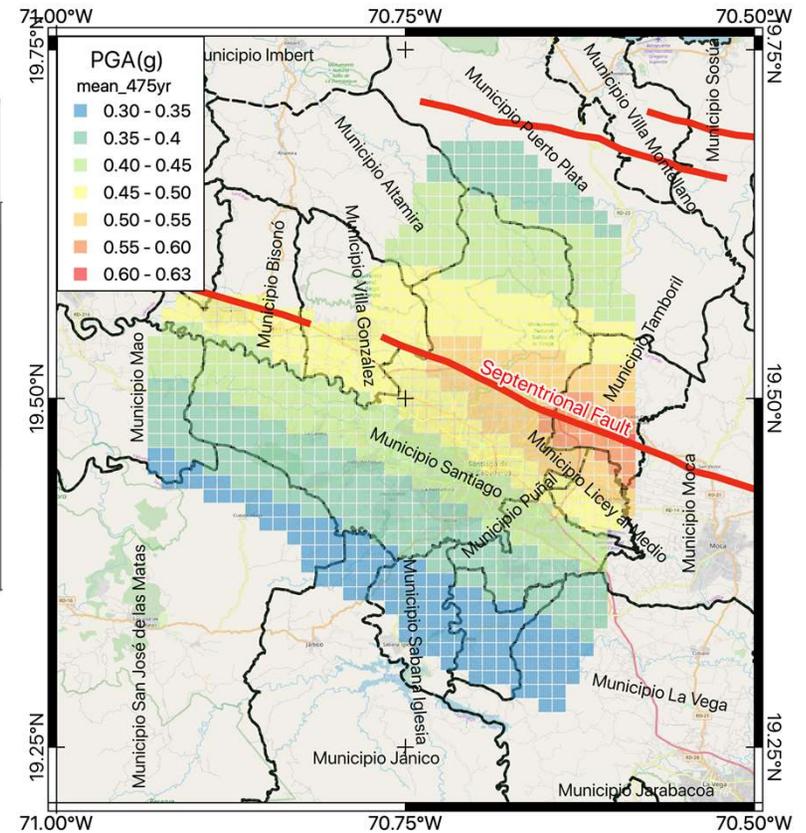
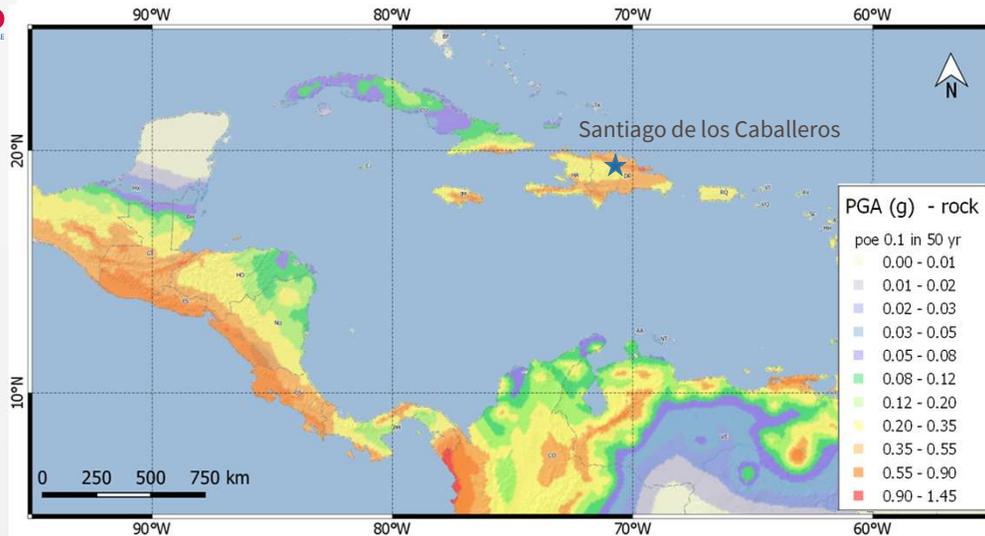
GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Santiago de los Caballeros: Estudios previos

## Amenaza



- Un modelo de amenaza será creado en TREQ
- Por limitaciones de tiempo/financiación el punto de partida será el modelo creado por GEM (proyecto CCARA)
- La amenaza en Santiago esta condicionada por la cercanía a la falla Septentrional

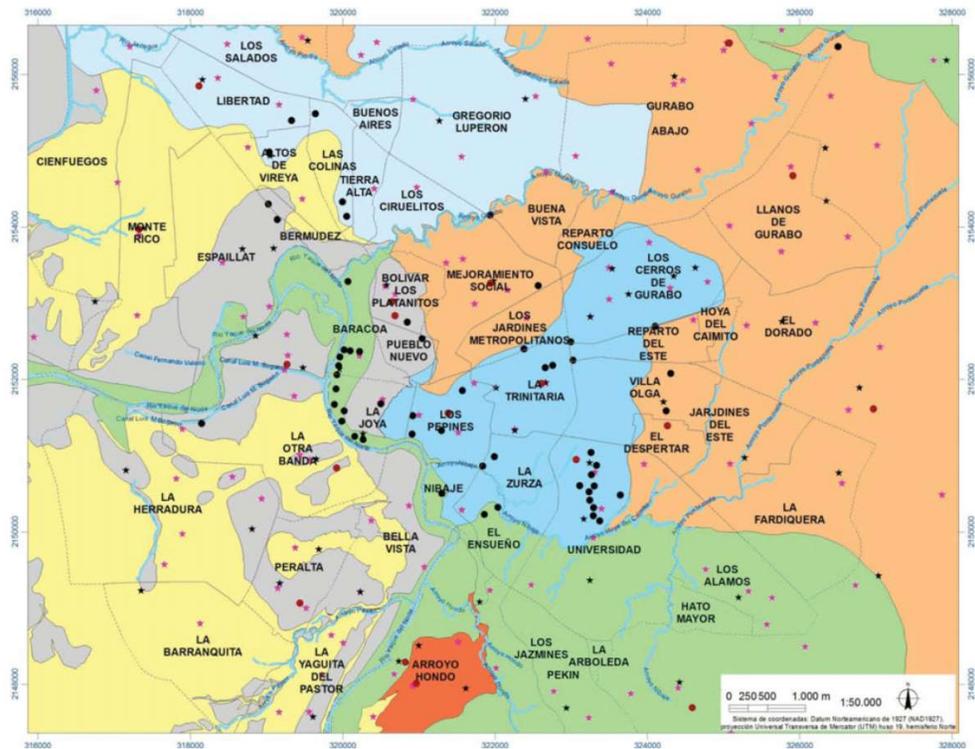
GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



## Santiago de los Caballeros: Estudios previos

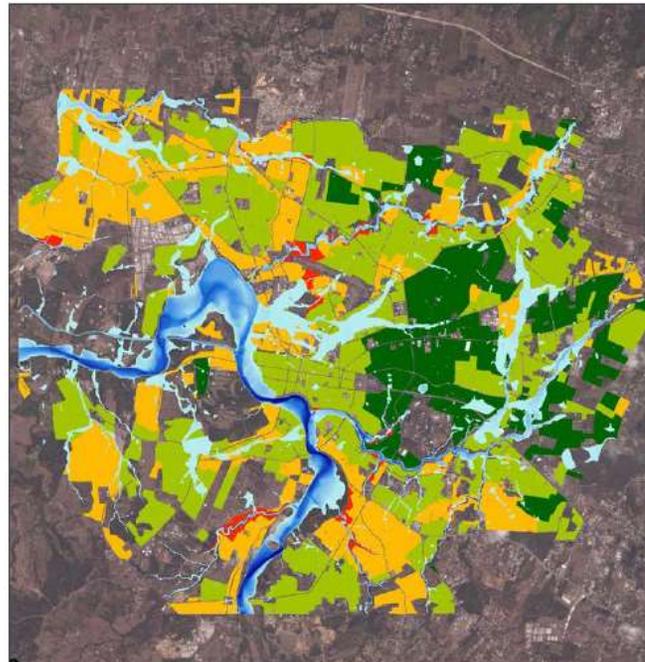
### Microzonificación sísmica

- Estudio realizado por BRGM y SGN en 2016
- Zonificación de la ciudad en zonas con propiedades dinámicas del suelo similares
- Se utiliza un metodo combinado (MASW, HVRS, perfiles de Vs, datos geotecnicos) para la caracterizacion del sitio
- Se obtienen espectros de respuesta (simulacion 1D) para cada una de las zonas

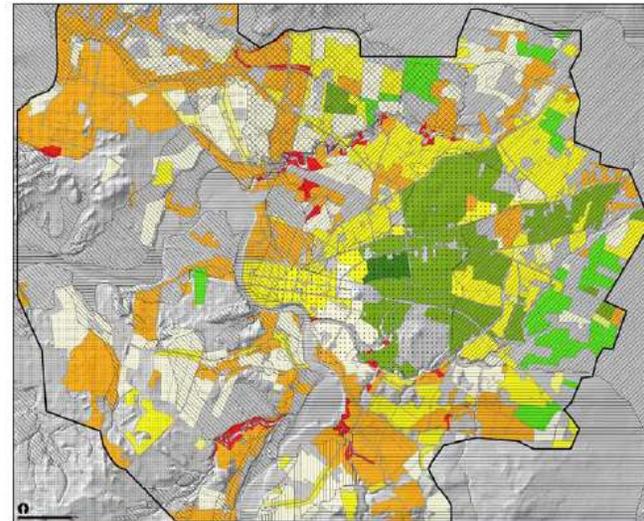


Belvaux et al. (2018). Combined geophysical and geotechnical approaches for microzonation studies in Hispaniola Island, *Geosciences* **2018**, 8, 336; doi:10.3390

# Santiago de los Caballeros : Estudios previos



Tipo de edificación	Tipo de edificación	Calado
□ Área de estudio	■ A	■ Máx. : 10,8
— Red hidrográfica	■ B	■ Min. : 0,1
	■ C	
	■ D	



Tipo de edificación	Tipo de edificación	Alturas	Material
■ 0	■ A1	8	Hormigón
■ 1	■ A2	4	Hormigón
■ 2	■ A3	2	Hormigón
■ 3	■ B1	3	Mampostería Ref.
■ 4	■ B2	4	Mampostería Ref.
■ 6	■ B3	2	Mampostería Ref.
■ 8	■ C	2	Bloques
	■ D	1	Madera y desecho

**GEM**

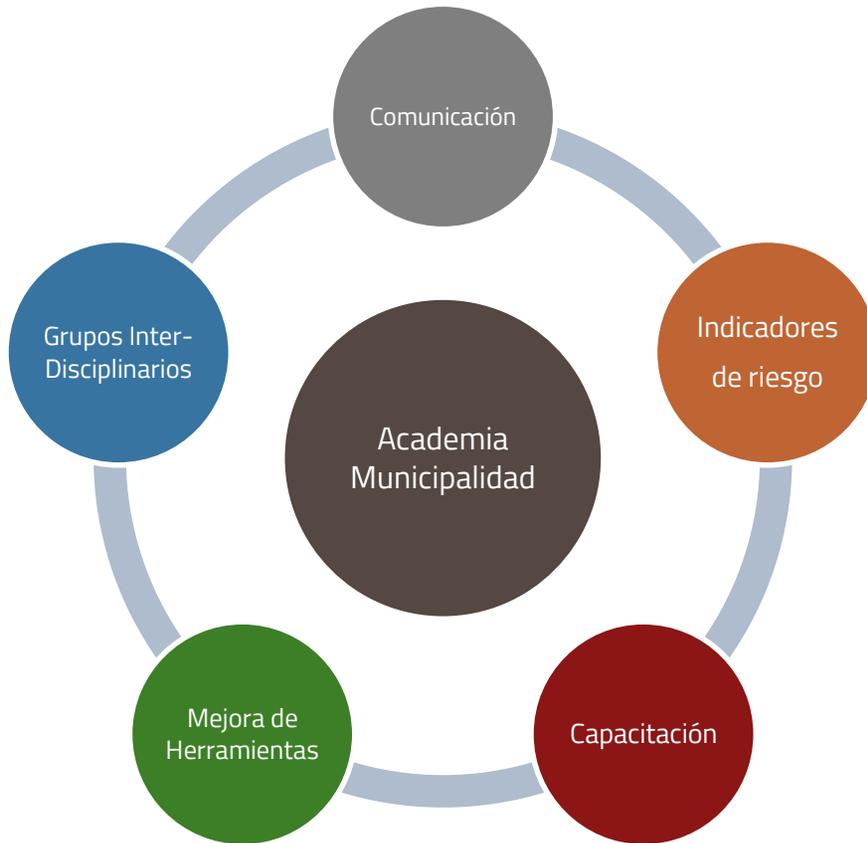
**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

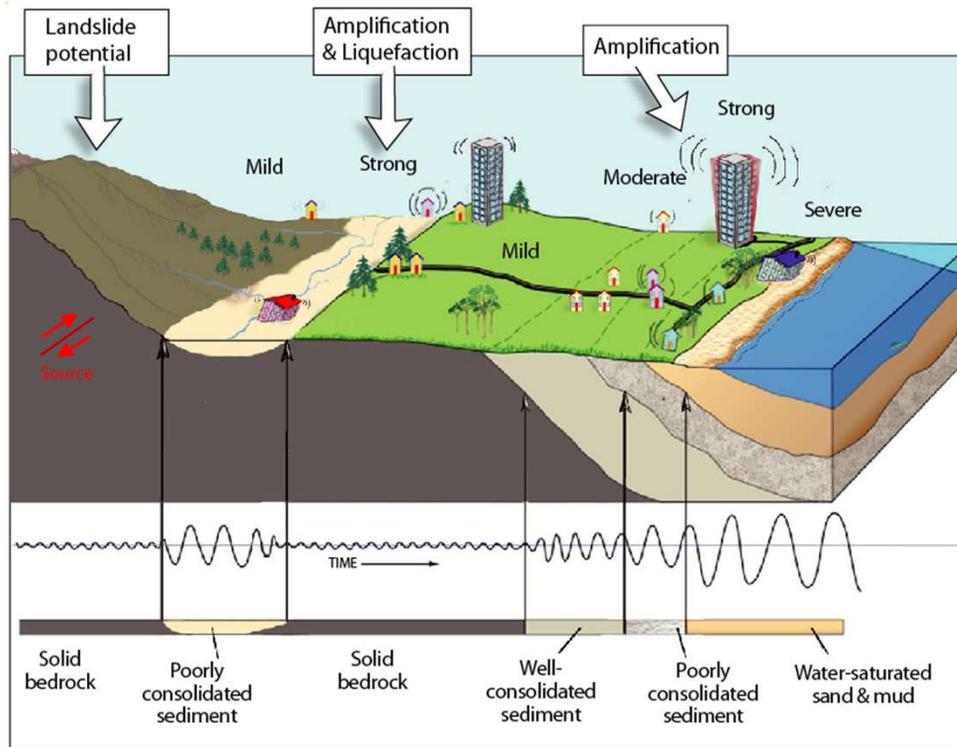


## Riesgo urbano en TREQ



Apoyar desde el conocimiento científico a las autoridades municipales a través de la evaluación del riesgo sísmico

## Estudios de amenaza a escala urbana



From <https://serc.carleton.edu/205923>

- Los estimados de amenaza referidos a un suelo rocoso no son suficientes,
- Al análisis de amenaza debe incorporarse el efecto del suelo, el cual modifica los efectos en superficie,
- Si es posible, deben ser considerados los efectos secundarios (deslizamientos y licuefacción)

Precisión, volumen de datos, tiempo

## Estudios de Amenaza a escala urbana

**Nivel 1:** Los estimados de amenaza en roca son multiplicados por un factor de suelo (p.ej. norma sismorresistente)

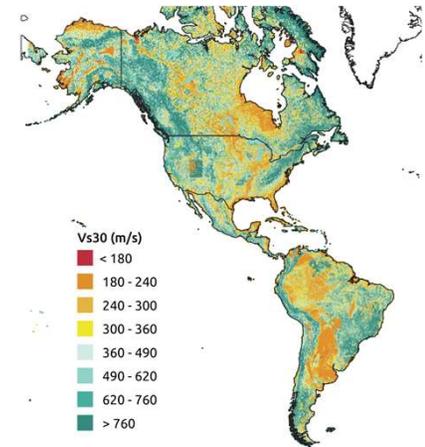
**Nivel 2:** Se usan GMPEs donde el efecto de sitio depende de parámetros como la Vs30 o el efecto de Cuenca ("basin depth")

- **Nivel 2a:** Se usa información de superficie (p.ej. "slope-based Vs30")
- **Nivel 2b:** Se usa información del subsuelo (p.ej. perfiles de Vs)

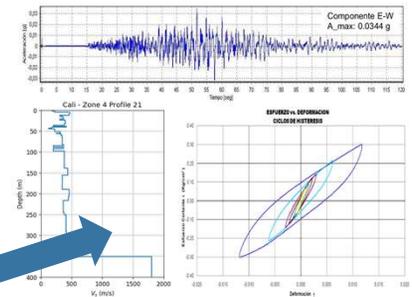
**Nivel 3:** Se calcula el efecto de sitio (p.ej. Análisis lineal equivalente) y se combina con los estimados en roca

- **Nivel 3a:** Enfoque determinístico (p.ej. [microzonificación](#))
- **Nivel 3b:** Enfoque probabilístico (p.ej. Bazzurro and Cornell, 2004)

**Nivel 3 es el más robusto, solo posible si datos locales están disponibles!**

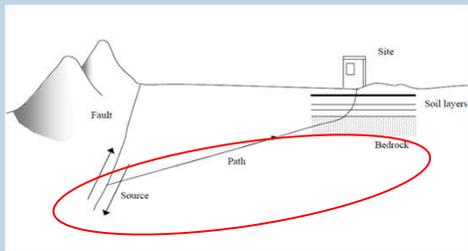


Slope-based Vs30 (Allen and Wald, 2009)



## Estudios de amenaza a escala urbana

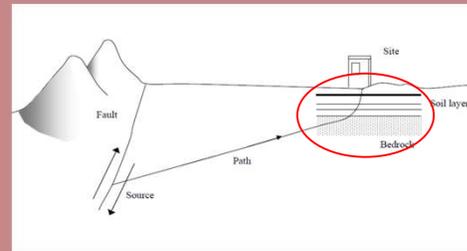
### Amenaza en Roca



#### Se necesita:

- Modelo de amenaza (resultados en roca)
- Análisis de desagregación (escenarios mas importantes)

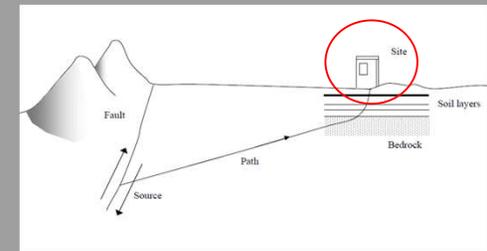
### Efecto de sitio



#### Se necesita:

- Resultados en roca
- Software (pySRA)
- Zonación
- Perfiles de Vs
- Parámetros del suelo (p.ej. G/Gmax, curvas de amortiguación)

### Combinar ambos



#### Opciones:

- Amplificar campos de movimiento del terreno (event-based)
- Convolución (classical)



GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



# Estudios de riesgo a escala urbana

GEM - Risk Modellers ToolKit

Demand | Capacity | Structural Response | Fragility Analysis | Vulnerability Analysis | Compare Results | Verify Results

Location of ground motion records:   Intensity measure:

Use all records  
 Select records based on range of IMs

Intensity measure levels:  Number of records per IML:   
Min scaling factor:  Max scaling factor:

Select records based on conditional spectrum method

Intensity measure levels:

Hazard curve file:    
Hazard disaggregation file:

Output/selected gmrs directory:

Min T [s]:   
Max T [s]:   
No. steps T:

Spectral acceleration [g]

Period [s]

Mean  
Individual spectra

GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



# Estudios de riesgo a escala urbana

GEM - Risk Modellers ToolKit

Demand Capacity Structural Response **Fragility Analysis** Vulnerability Analysis Compare Results Verify Results

Regression method: MLE-Censored Censoring factor: 1.5

Damage model file: E:/Dropbox/git\_global\_risk\_model/new\_revised\_rml

EDPs folder: E:/Dropbox/git\_global\_risk\_model/new\_revised\_rml

IMs file: E:/Dropbox/git\_global\_risk\_model/new\_revised\_rml

Fragility output directory: E:/Dropbox/git\_global\_risk\_model/new\_revised\_rml

Building class: cap\_curve\_test\_n1th

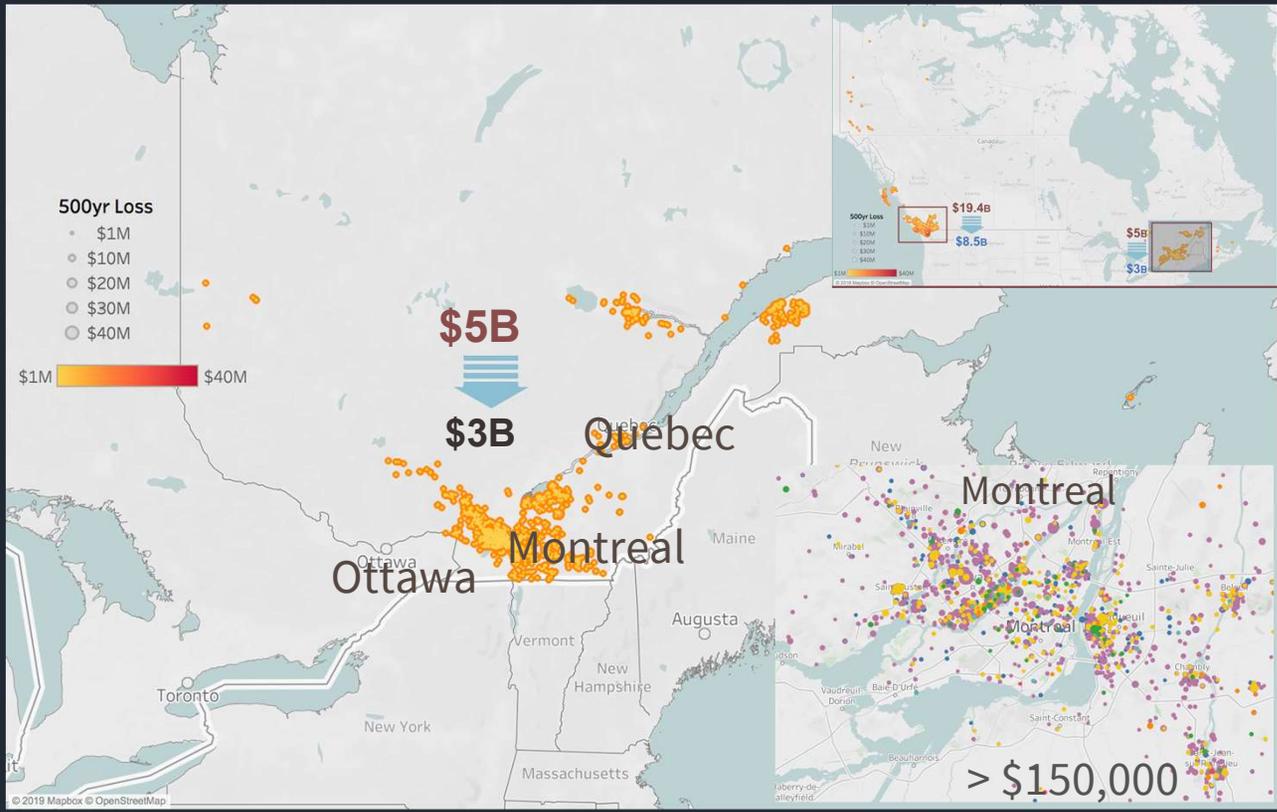
EDPs:  Max displ.  Max accel.

SA(0.2s)

SA(0.2s)	Blue Curve (P)	Orange Curve (P)	Green Curve (P)	Red Curve (P)
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.60	0.10	0.05	0.02
2	0.90	0.45	0.25	0.10
3	0.95	0.75	0.50	0.25
4	0.98	0.85	0.70	0.45
5	1.00	0.90	0.80	0.65



# Earthquake Risk Model - *Economic Security*



## Economic Security

1/500 yr Loss

500yr Loss Potential

\$15,298M

\$0B \$5B \$10B \$15B \$20B \$25B

sO PML500 Asset

Bldg Gen

- Wood
- Steel
- Manufact..
- Concrete
- RMasonry
- Precast
- URMasonry

Construction

Wood	\$6,594.28M
Concrete	\$2,213.60M
URMasonry	\$1,118.82M
Manufactured	\$420.69M
Steel	\$264.64M
RMasonry	\$185.45M
Precast	\$50.55M



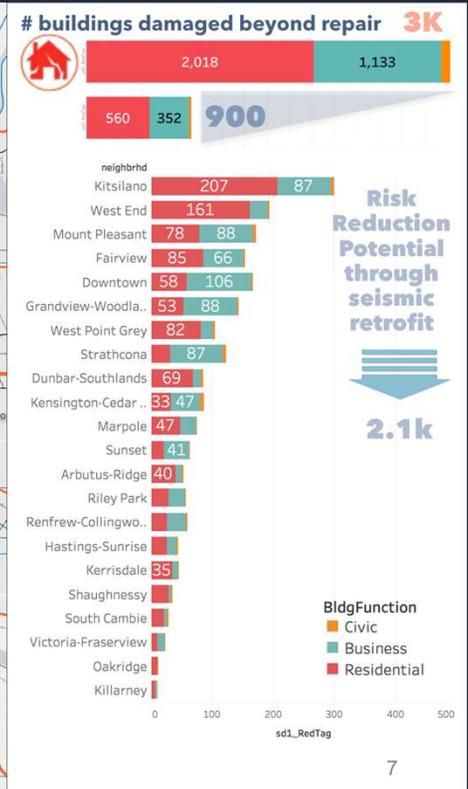
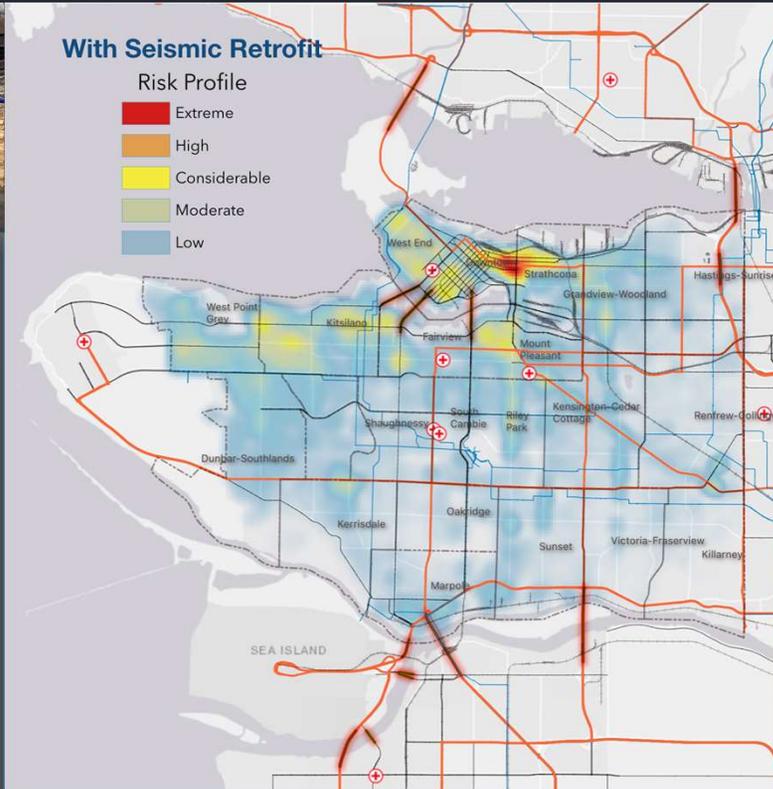
# Disaster Risk Reduction Planning



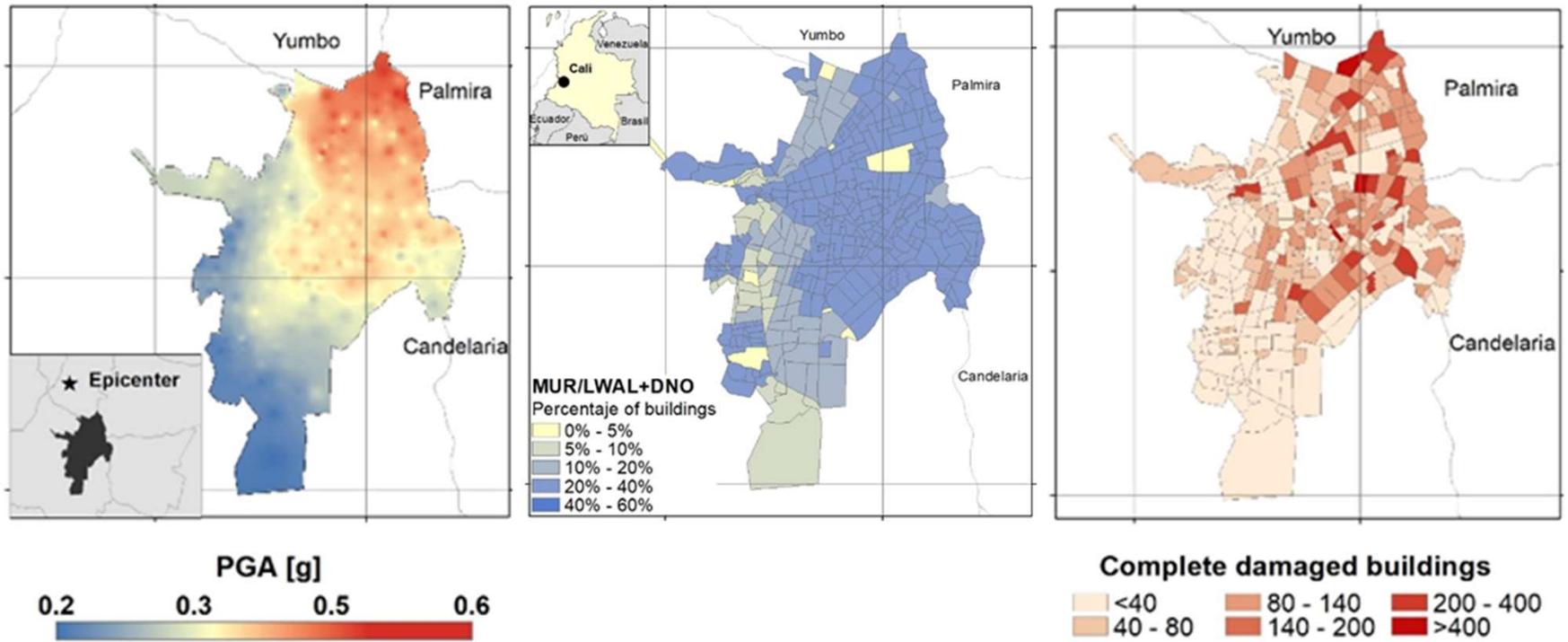
## Community Planning

### Seismic Retrofit Policy

- City of Vancouver
- BC Building Safety Branch



# Indicadores de riesgo



Tomado de Acevedo *et. al* (2020)

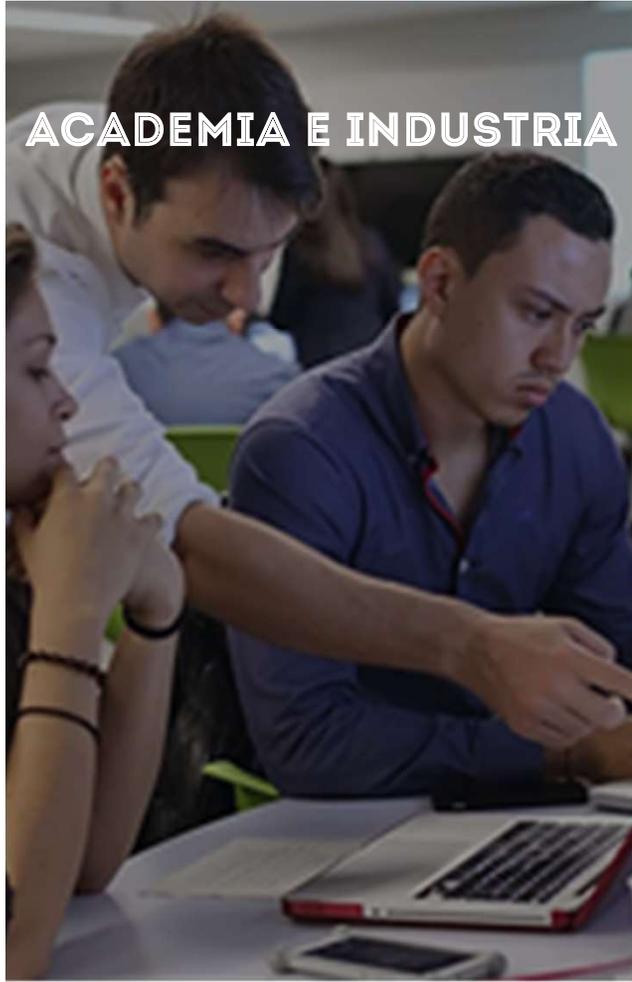
# Comunicación y Formación

AAAATALLERES



**GLOBAL EARTHQUAKE MODEL**

ACADEMIA E INDUSTRIA



COLEGIOS



SOCIEDAD CIVIL



GLOBAL QUAKE MODEL .ORG

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**TREQ**

**GEM**

**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG**



## Academia e industria: Talleres de OpenQuake



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

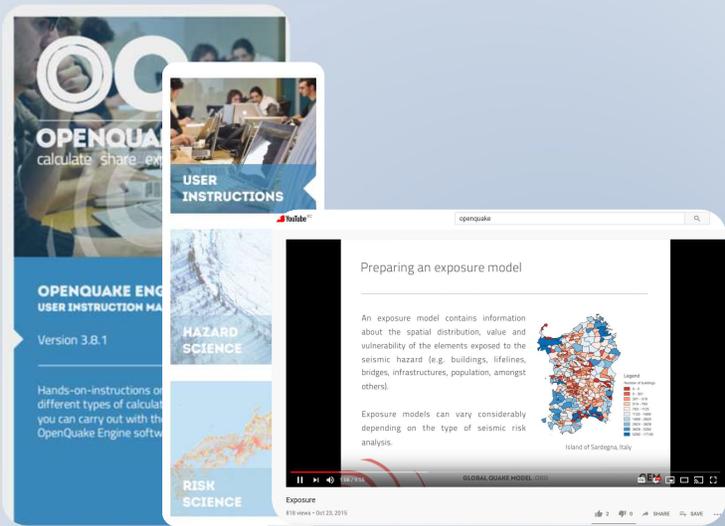
## Capacitación

+50 países han participado en capacitaciones sobre la evaluación de la amenaza y el riesgo sísmico



# Academia: "Training the Trainers"

## Manuales para el modelador



## Herramientas en la universidad

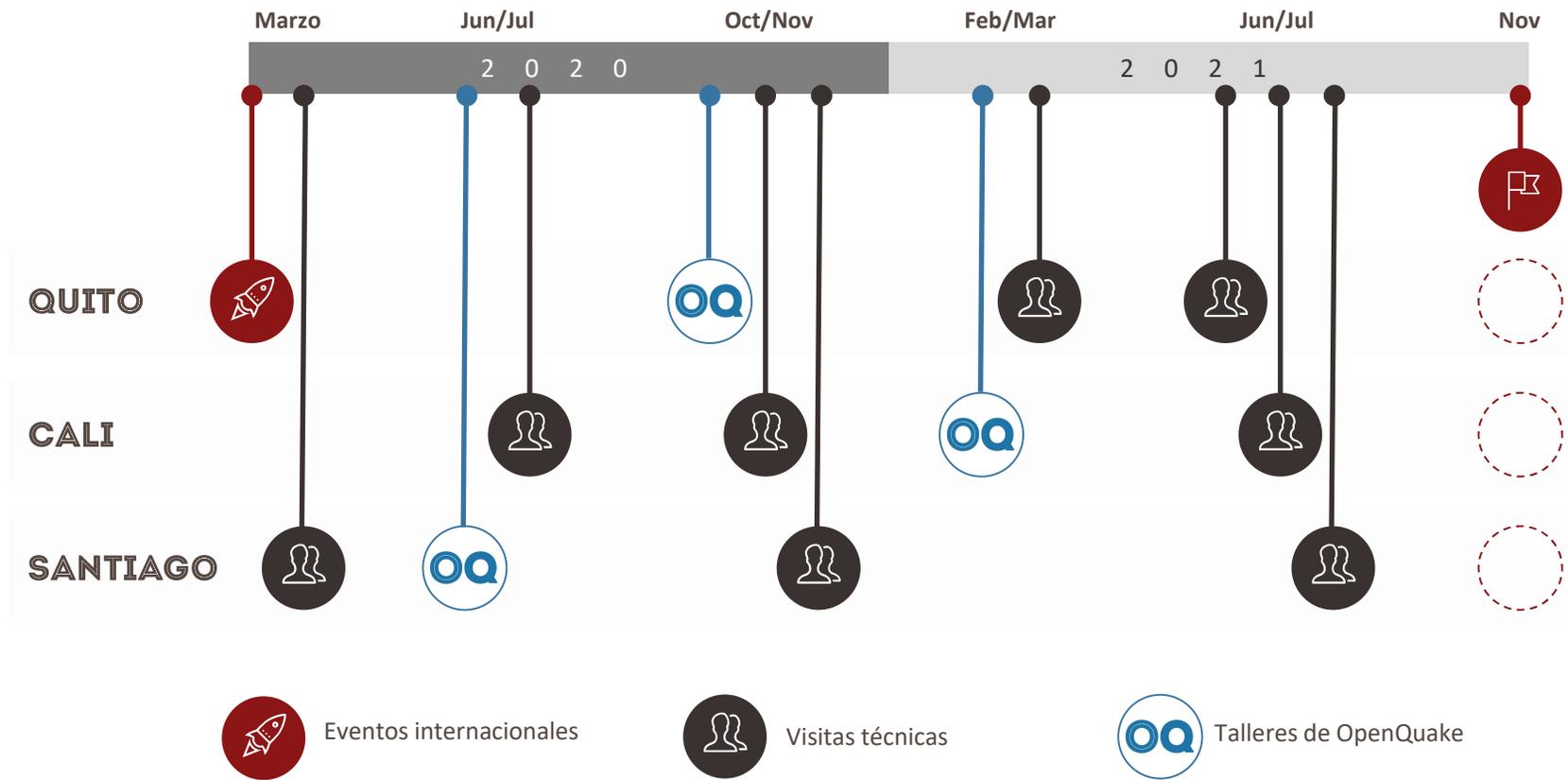


GEM

TREQ

USAID  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Cronograma de Trabajo



GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG

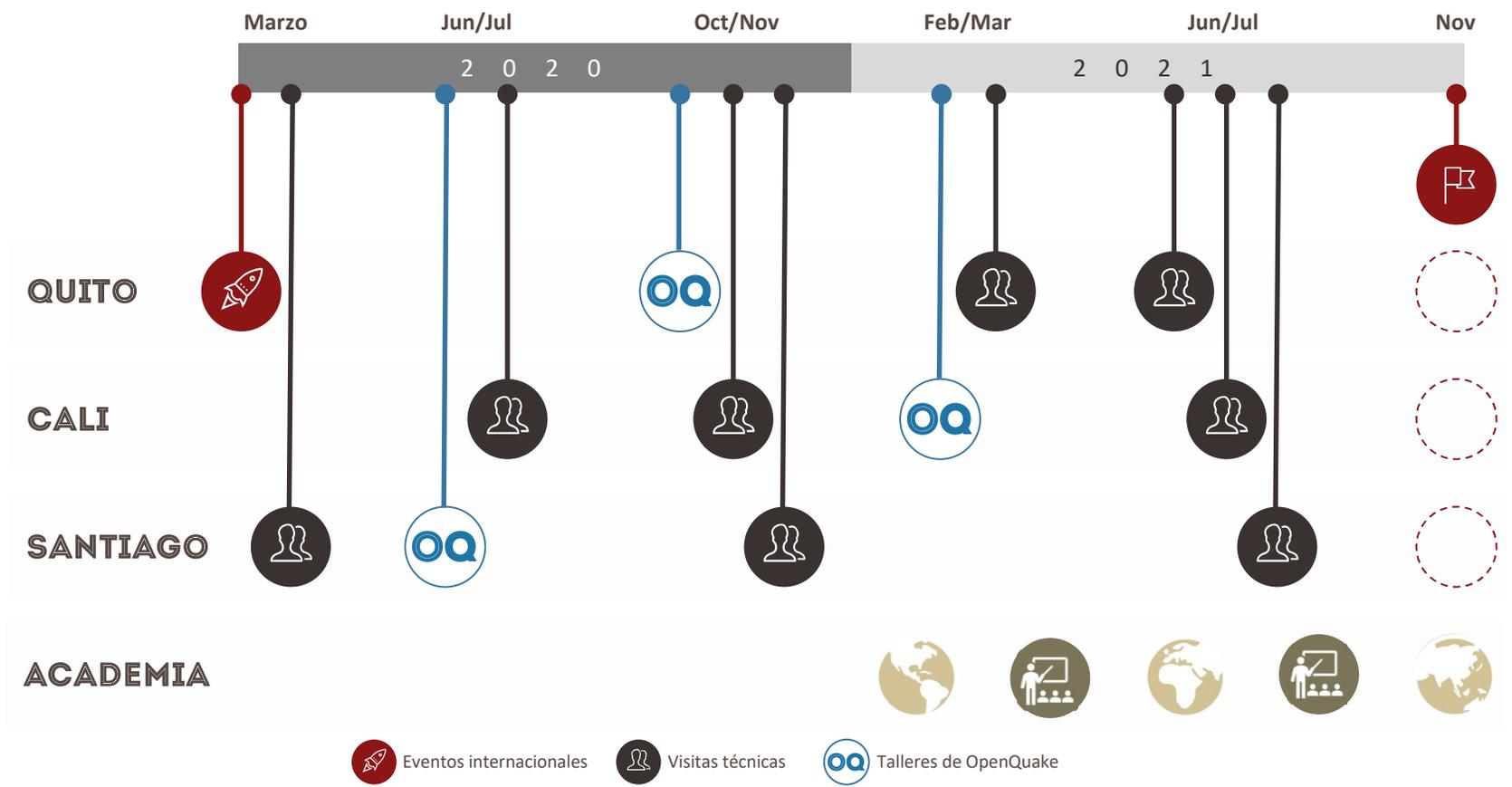


**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

# Cronograma de Trabajo



GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

**¡GRACIAS!**

GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM**

**TREQ**

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

## Entérate de las actividades del proyecto

[www.globalquakemodel.org/project/treq](http://www.globalquakemodel.org/project/treq)

# #TREQ



GLOBAL  
QUAKE  
MODEL  
.ORG



**GEM** @GEMwrlld · Mar 3  
The #TREQ project newsletter is now available [bit.ly/2TgFSfT](http://bit.ly/2TgFSfT). In a few days @theOFDA & GEM TREQ Project on #urban hazard & risk assessment for #earthquakes will kick-off in #Quito, #Ecuador. Subscribe@ [bit.ly/2l1albu](http://bit.ly/2l1albu) 2get future updates! @gem\_hazard @gem\_risk



🗨️ 2 ❤️ 4 📤

**GEM** @GEMwrlld · Feb 27  
Interested in #urban hazard & risk assessment for earthquakes? Check the #TREQ proj-Training & Communication for Earthquake Risk Assessment website for more info & don't forget to subscribe to receive future updates!

Web [bit.ly/397PCys](http://bit.ly/397PCys)  
Subscribe [bit.ly/2l1albu](http://bit.ly/2l1albu)

