

La RAVA, el riesgo sísmico y el dilema de los periodos de retorno

INGENIERÍA SÍSMICA



SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

... INGENIERÍA SÍSMICA

Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia

Te invita a la tertulia

La Red Acelerográfica del Valle de Aburrá, el riesgo sísmico y el dilema de los periodos de retorno.

PONENTE

Sebastián Carrascal Díaz
Líder del Equipo de Ingeniería Sísmica - SIATA

DIA: miércoles 19 de Marzo de 2025
HORA: 6:00 p.m.
LUGAR: U. EAFIT Edificio 19 - Aula 707

LINK DE CONEXIÓN:

<https://us02web.zoom.us/j/81684215717?pwd=KcLBXIGT9WSx7qYwHYya1oSHHFsCa.1>

ID de reunión: 816 8421 5717
Código de acceso: 916587

¡ TE ESPERAMOS!



WWW.AIESTRUCTURALES.COM (+574) 312 401 3488 aiestructurales@outlook.com

... GEOTECNIA

Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia

Te invita a la tertulia

Desarrollos para la Gestión de Riesgos por Movimientos en Masa en el Proyecto SIATA

PONENTE

Juliana Alvarez
Líder del Equipo de Geotecnia -SIATA

DIA: miércoles 26 de Marzo de 2025
HORA: 6:00 p.m.

LINK DE CONEXIÓN:

<https://us02web.zoom.us/j/86555998813?pwd=4TCSHNTxBW0IQFAMbXOD5XaotzH07h.1>

ID de reunión: 865 5599 8813
Código de acceso: 971289

¡ TE ESPERAMOS!



WWW.AIESTRUCTURALES.COM (+574) 312 401 3488 aiestructurales@outlook.com

... HIDROLOGÍA

Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia

Te invita a la tertulia

Monitoreo y análisis hidrometeorológico para la Gestión del Riesgo

PONENTE

Esneider Zapata
Líder del Equipo de Hidrología - SIATA

DIA: miércoles 02 de Abril de 2025
HORA: 6:00 p.m.

LINK DE CONEXIÓN:

<https://us02web.zoom.us/j/86775833455?pwd=9PLBnGuUDz8bxSSbSMA1QjaHa6JhI0.1>

ID de reunión: 867 7583 3455
Código de acceso: 638548

¡ TE ESPERAMOS!



WWW.AIESTRUCTURALES.COM (+574) 312 401 3488 aiestructurales@outlook.com



Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia



SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA



Contenido

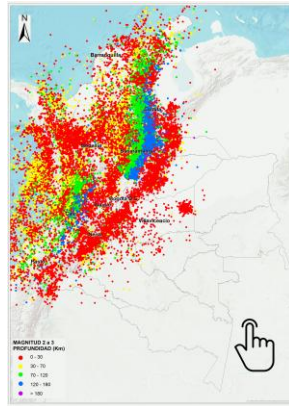
1. ¿Qué es el riesgo sísmico?
2. La amenaza sísmica
3. La vulnerabilidad/fragilidad sísmica
4. La exposición
5. Motivaciones para conocer el riesgo sísmico
6. El monitoreo (sísmico) no impide que tiemble, pero...
7. La Red Acelerográfica del Valle de Aburrá (RAVA)
8. Ingeniería Sísmica – SIATA
9. ¿Qué hacemos con relación a?:
 - a. Monitoreo sísmico
 - b. La apropiación social del conocimiento
 - c. La investigación aplicada
 - d. Al aprovechamiento de los datos disponibles

EL RIESGO SÍSMICO

Ley 1523 2012 de Gestión de Riesgo de Desastres

Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural,(...) por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

El riesgo (en general) puede definirse como el traslape espacio-temporal de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad.



Amenaza

Probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente destructivo



Exposición

Describe cualitativa y cuantitativamente las características de los elementos expuestos a sufrir daño (infraestructura, personas)



Vulnerabilidad

Probabilidad de que los activos (exposición) sufran daños o pérdidas (humanas, sociales, económicas, ambientales) por efecto de eventos sísmicos

LA AMENAZA SÍSMICA

Definición

De manera general, la amenaza sísmica representa la severidad y la frecuencia de los sismos que pueden ocurrir en un determinado sitio. En el caso de Colombia, la amenaza sísmica está asociada a la convergencia de las placas litosféricas de Nazca, Sudamérica y Caribe, cuya compleja dinámica da origen a sismos de diferentes características a lo largo del territorio nacional, que pueden tener un alto potencial destructivo. (Arcila et al., 2020)



San Francisco M 7.1



México M 7.1



Colombia M 6.1



Japón M 6.9

Otros países que podríamos recordar:

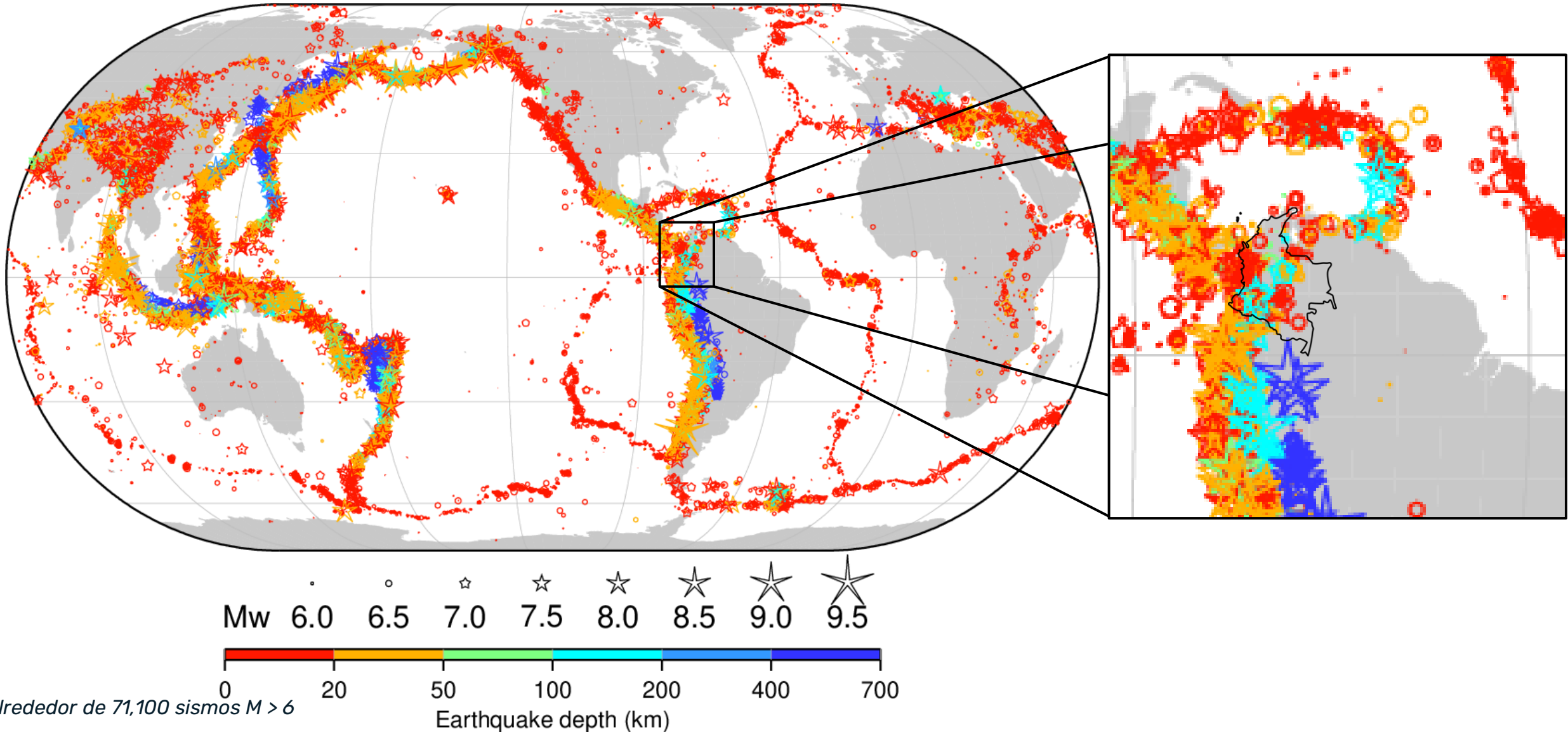
Chile

Haití

Nepal

China

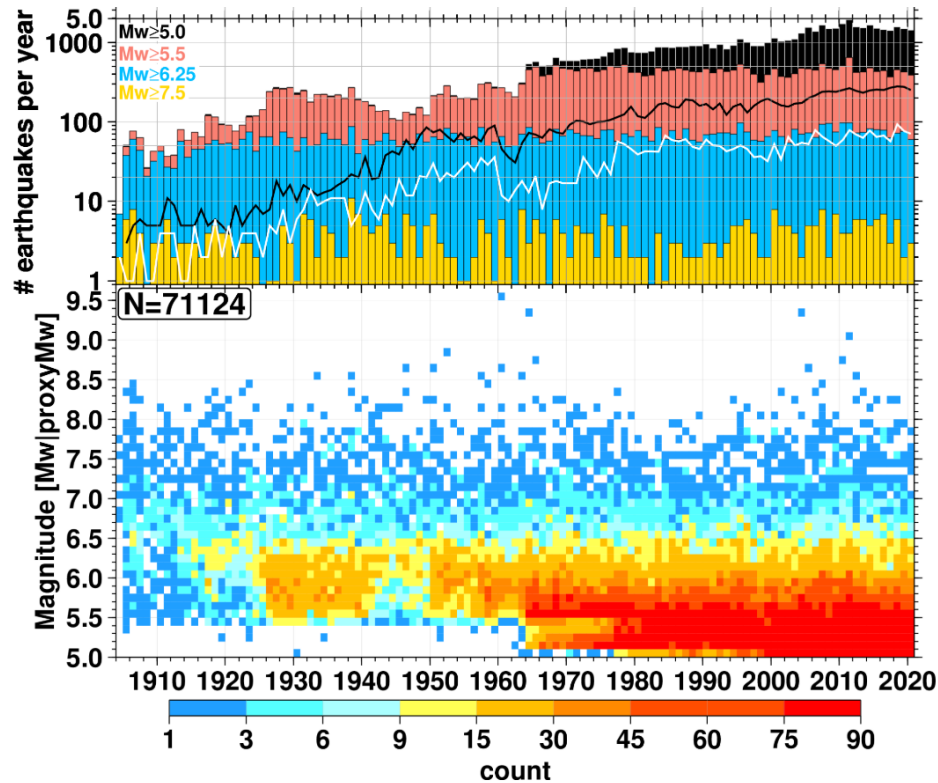
LA AMENAZA SÍSMICA



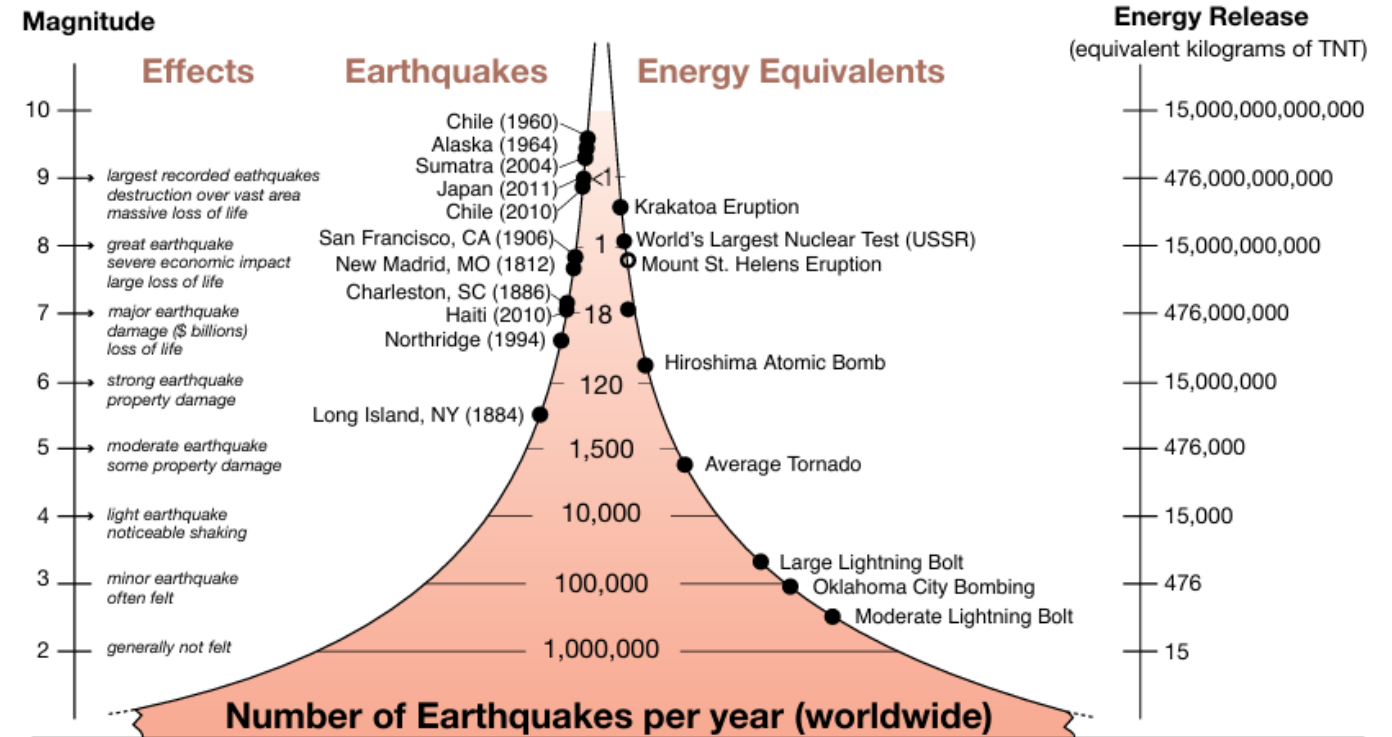
Alrededor de 71,100 sismos $M > 6$

Fuente: [International Seismological Center](https://www.isc.ac.uk/)

LA AMENAZA SÍSMICA: DATOS INTERESANTES



Fuente: [International Seismological Center](https://www.seis.boulder.co.uk/)



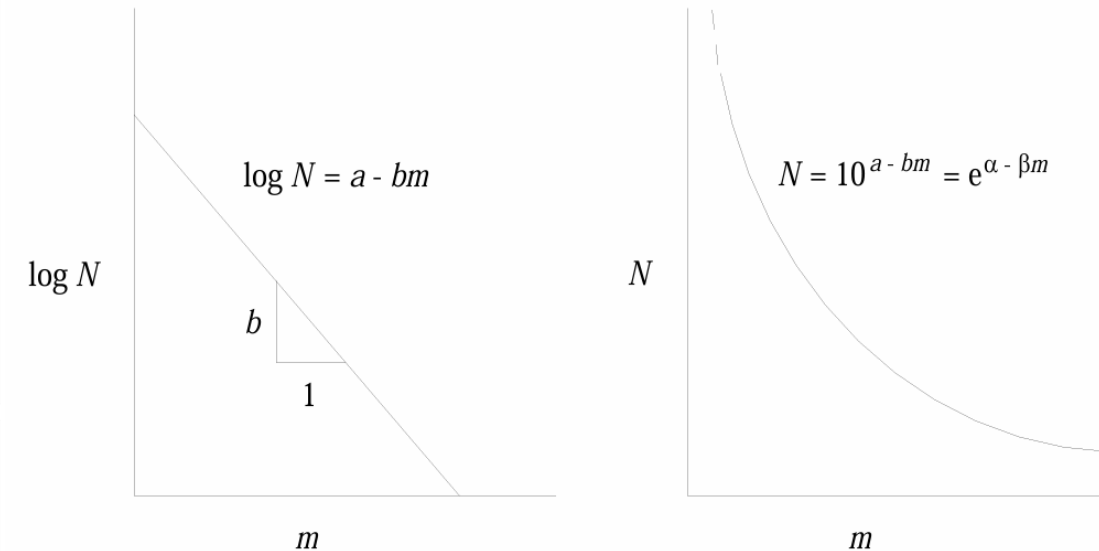
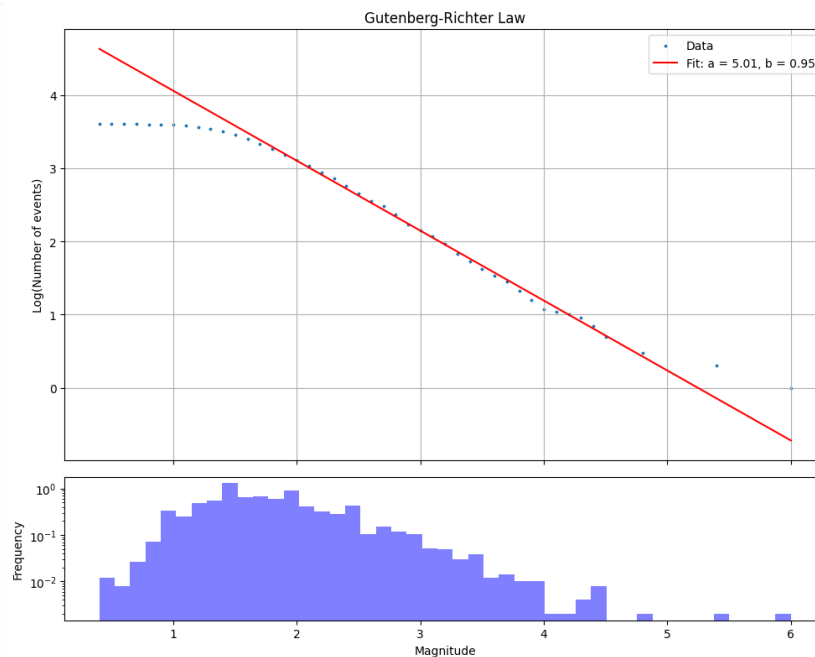
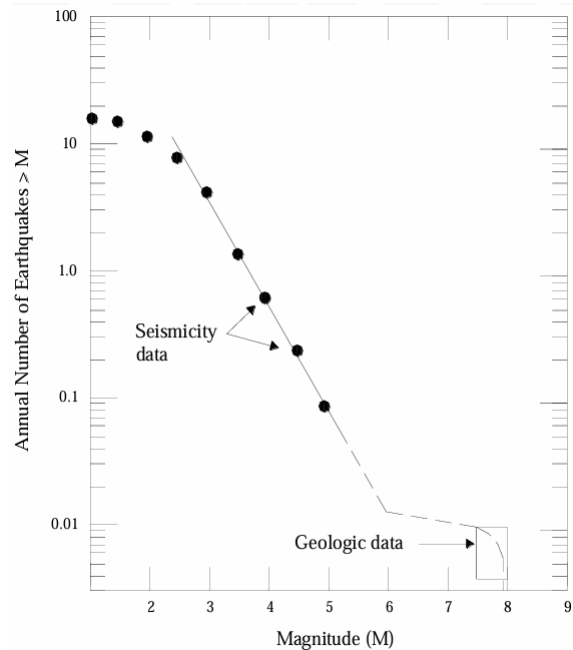
Fuente: [Seismological Facility for the Advancement of Geoscience](https://www.seis.boulder.co.uk/)

SI NO SE PREDICEN LOS TERREMOTOS ¿COMO ANTICIPARSE?

No hay evidencia científica (a la fecha) que sustente la predicción de terremotos (donde, cuando, como, que magnitud, entre otros)

PERO

El estudio de los sismos ha servido para identificar patrones de comportamiento. Si bien no podemos saber cuando, donde y con qué magnitud ocurrirán, si podemos estadísticamente anticipar cada cuanto se manifiestan (probabilidad de excedencia/periodos de retorno)



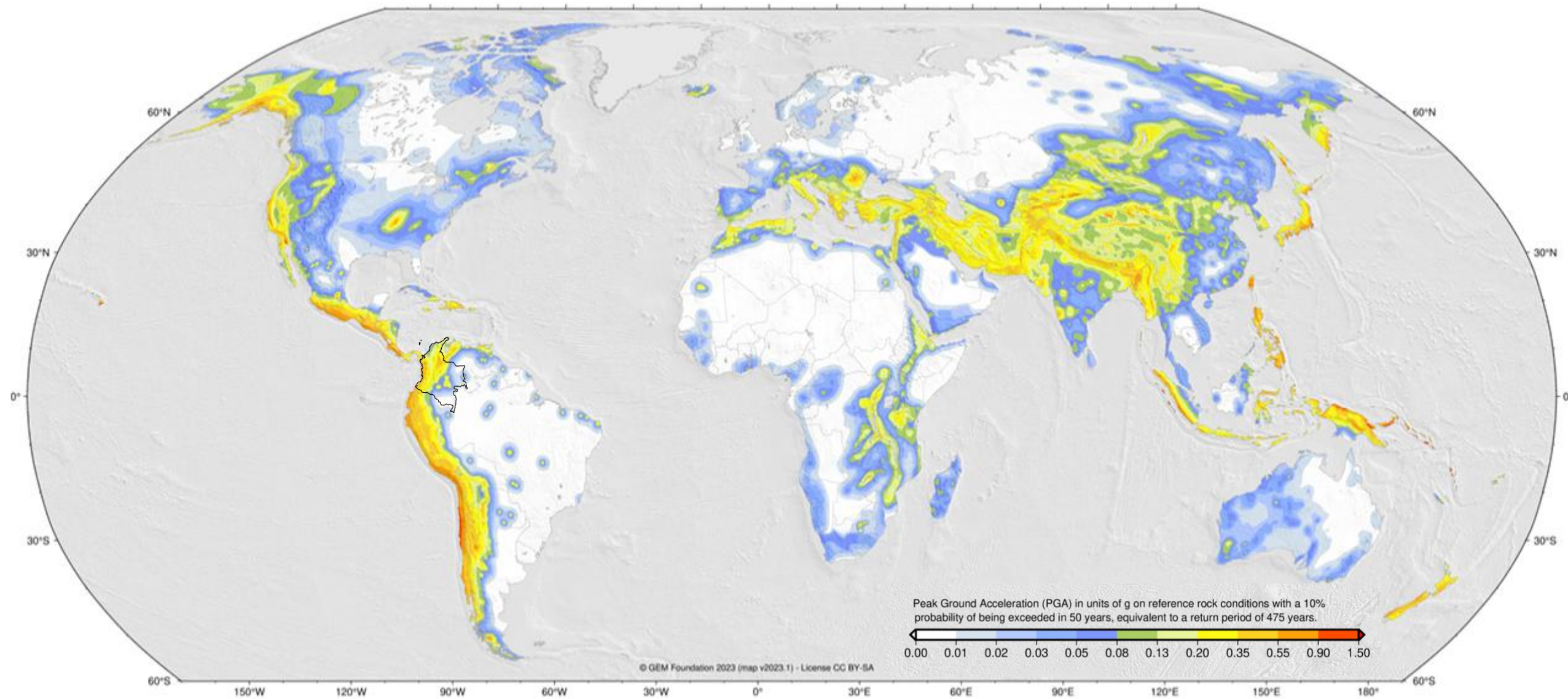
Ecuación Gutenberg - Richter

Entre más datos se tengan de un sitio (en tiempo y características sísmicas), mejor se entiende la estadística de ocurrencia de sus sismos.

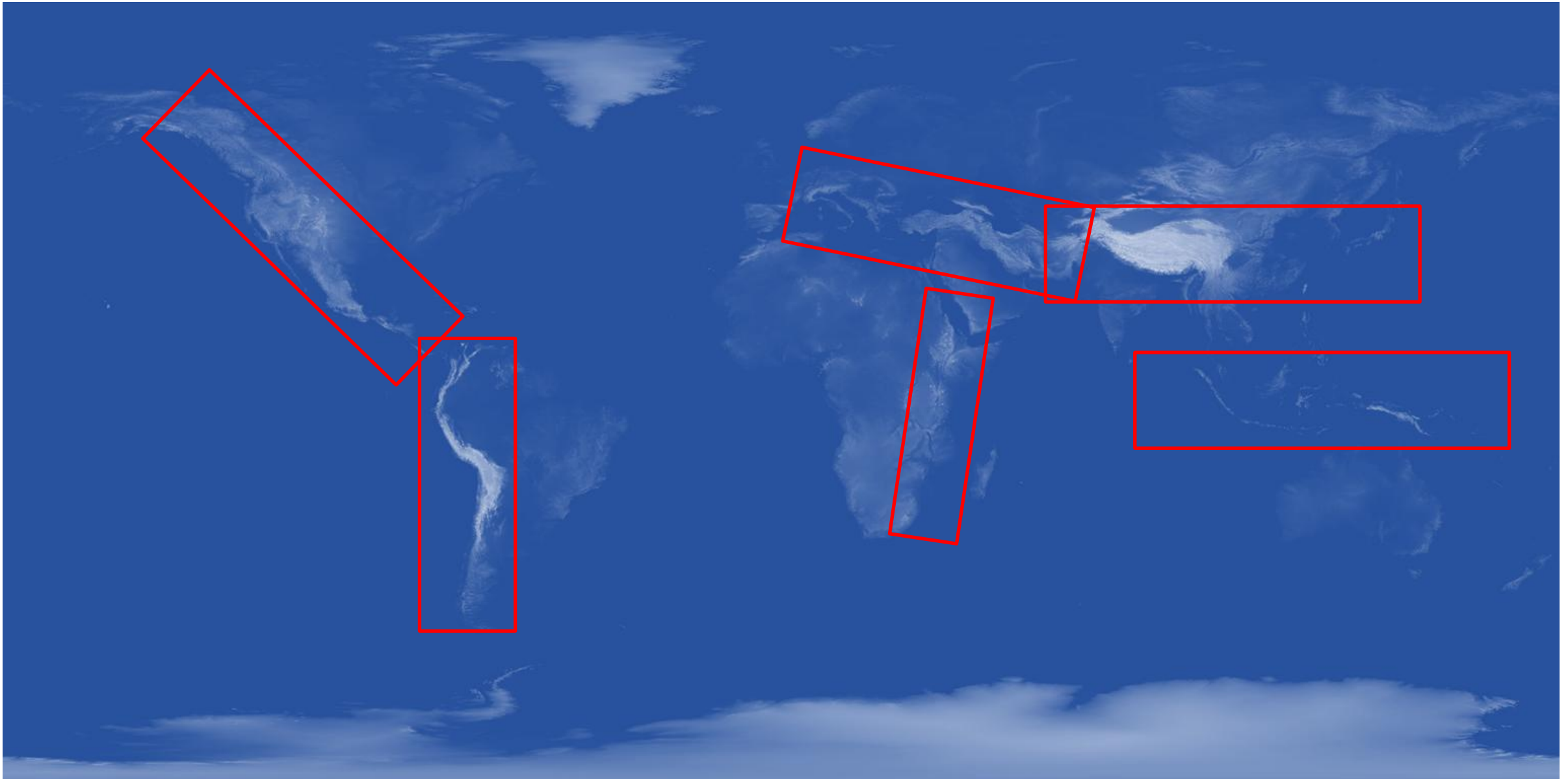
HE AHÍ LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO SÍSMICO

UNA MIRADA GLOBAL DE LA AMENAZA SÍSMICA

Fuente: Global Earthquake Model (K. Johnson et al, 2023)

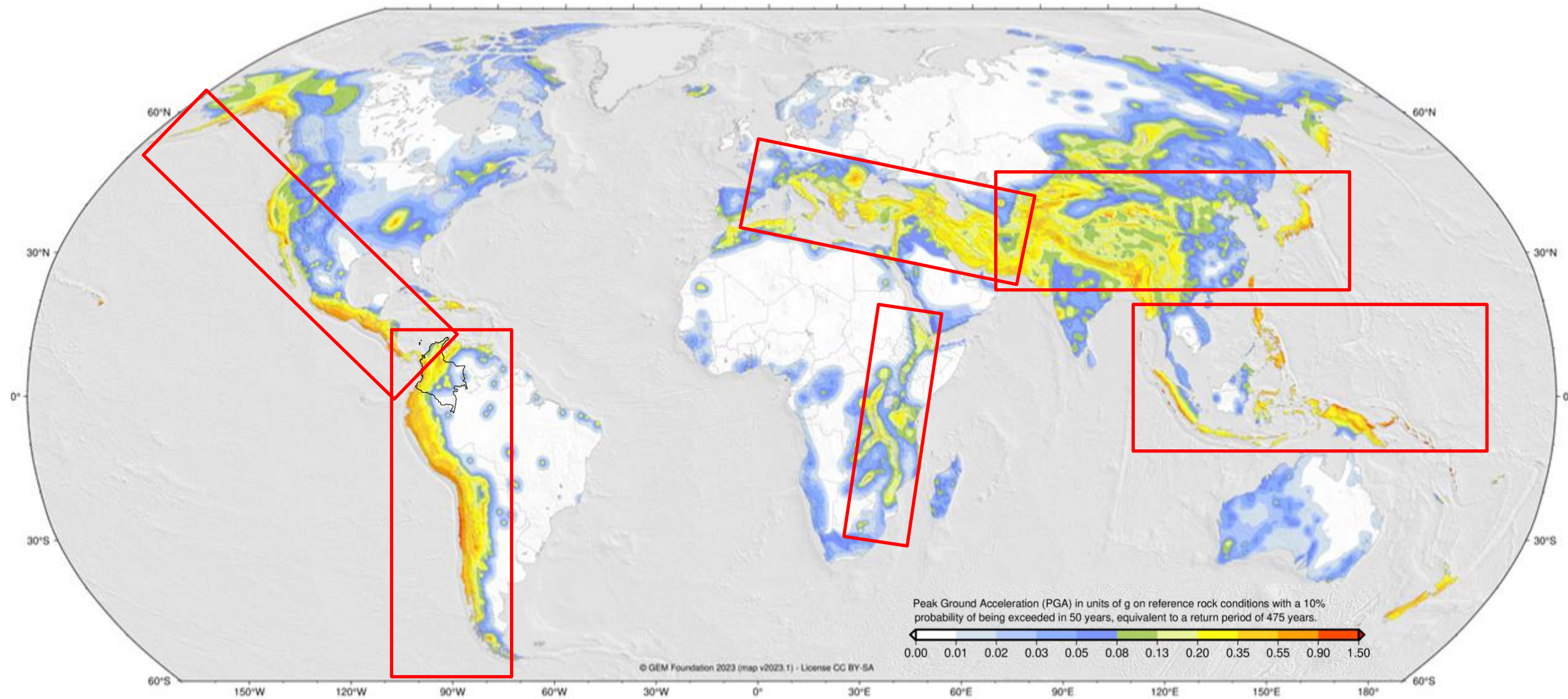


UNA MIRADA GLOBAL DE LA AMENAZA SÍSMICA



UNA MIRADA GLOBAL DE LA AMENAZA SÍSMICA

Fuente: Global Earthquake Model (K. Johnson et al, 2023) – GEM FOUNDATION



UNA MIRADA GLOBAL DE LA AMENAZA SÍSMICA



Alrededor del 90% de la actividad sísmica del mundo ocurre en el cinturón-anillo de fuego del pacífico

ALGUNOS TERREMOTOS EN COLOMBIA

SISMO DEL 25 DE ENERO DE 1999 EN EL EJE CAFETERO



UN DÍA COMO HOY

Hace 374 años

EL 3 DE ABRIL DE 1646

Un fuerte sismo de magnitud **6,0 (Mw)** y **15 km** de profundidad ocurrió entre las 2 y 3 de la madrugada afectando principalmente la población de **MUZO en BOYACÁ**, donde



Se reportaron decenas de fallecidos y algunos heridos



Algunas viviendas colapsaron y resultaron agrietadas las iglesias y otras viviendas



Un deslizamiento obstruyó el caudal del Río Carare o Minero durante algunas horas

En Sogamoso se sintió fuertemente y se agravaron los daños de la iglesia que se encontraba averiada

Información basada en análisis de documentos históricos
Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia

www.sgc.gov.co

www.sish.sgc.gov.co



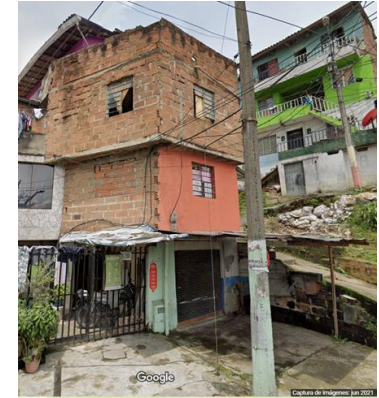
El terremoto causó un daño general cuantificado en \$2,7 billones de pesos, equivalentes a 2,2% del PIB del año 1998

EN RESUMEN (AMENAZA SÍSMICA)

- ✓ Colombia es un país sísmicamente activo (ubicado en el cinturón de fuego del pacífico, con eventos sísmicos importantes en el pasado).
- ✓ No es que ahora tiemble más que antes, esta percepción radica en las mejoras tecnológicas en la instrumentación sísmica.
- ✓ Es cierto que los sismos de grandes magnitudes se manifiestan en menor número cada año (periodos de retorno muy grandes).
- ✓ Nuestro planeta tiene más de 4500 millones de años. Han pasado 200 millones desde que la Pangea se separó ¿ya hemos vivido todo lo que en la tierra podría suceder?
- ✓ ¿Cuántas generaciones pasan sin que ocurra un sismo catastrófico? ¿Afecta esto la sensibilidad para prepararnos?

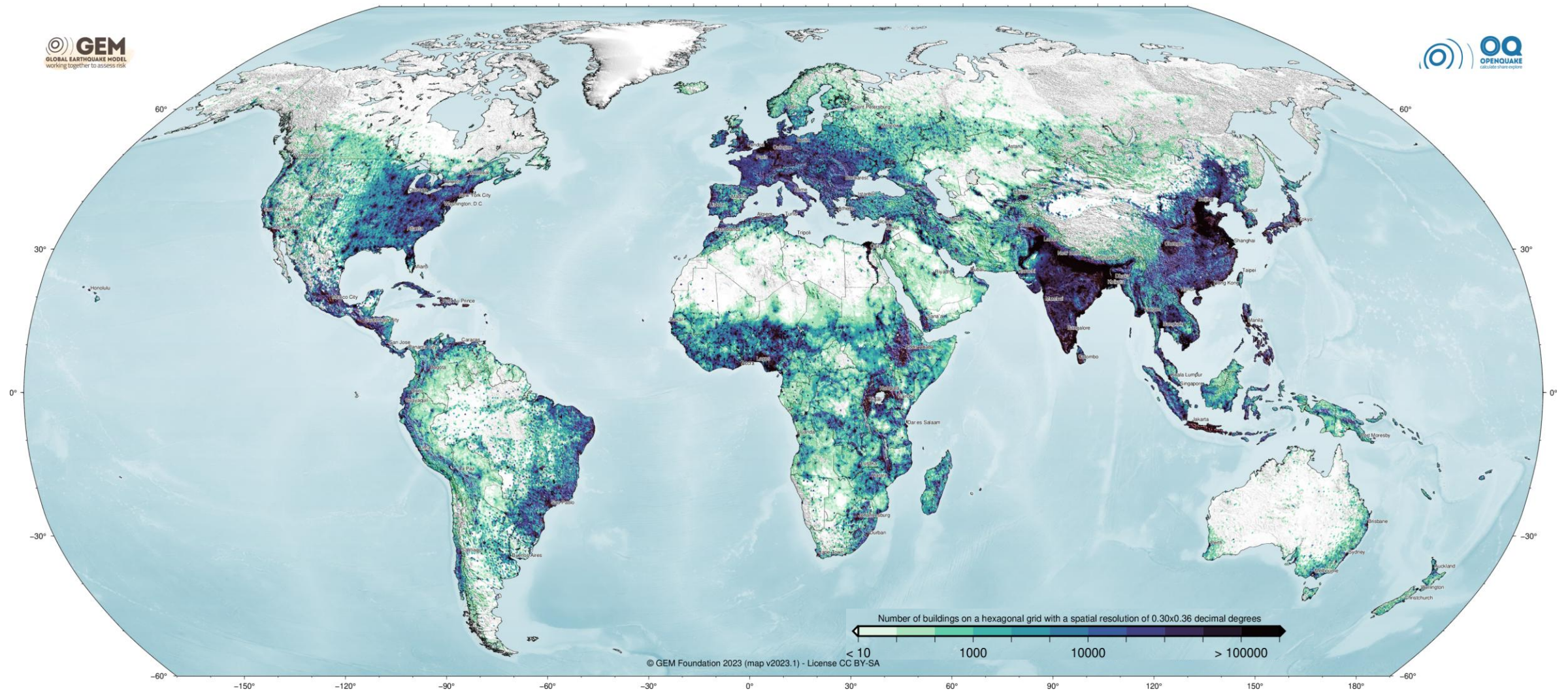
LA EXPOSICIÓN

La exposición habla de como y cuantos habitamos un/nuestro territorio (donde vivimos, donde trabajamos, por donde nos transportamos)



LA EXPOSICIÓN

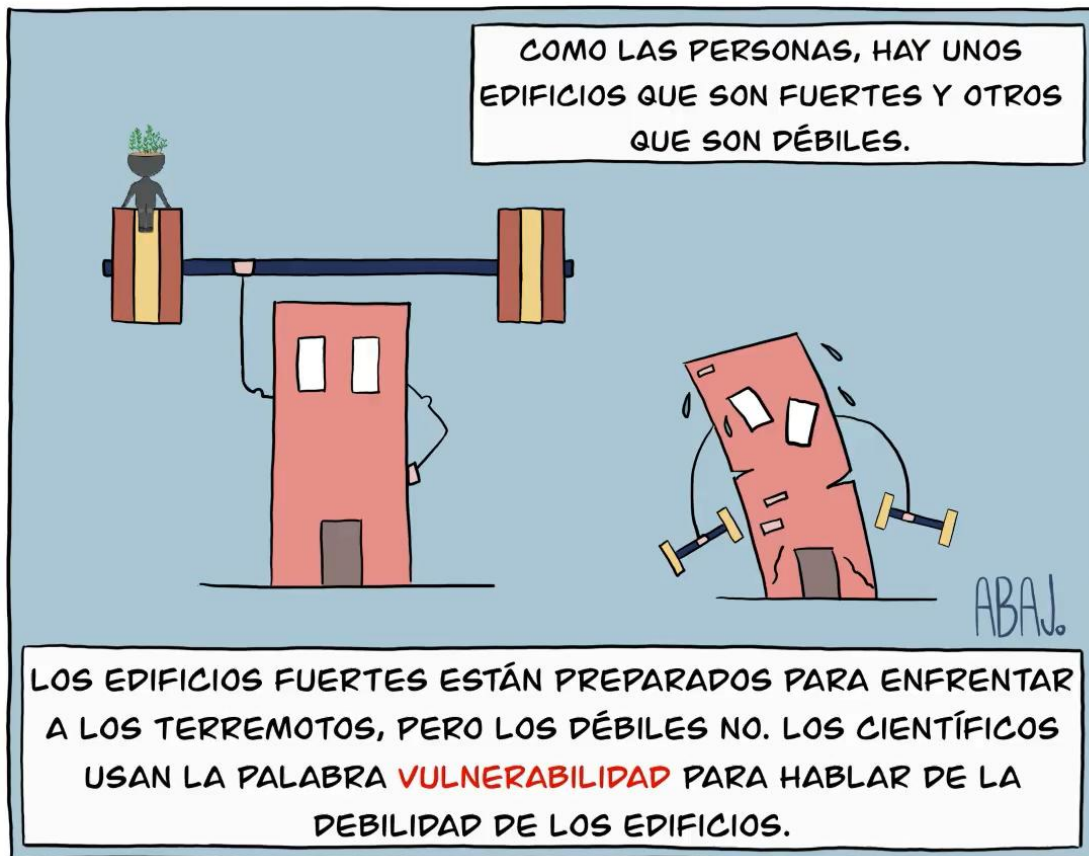
Fuente: Global Exposure Model (K. Johnson et al, 2023) – GEM FOUNDATION



VULNERABILIDAD

Ley 1523 2012 de Gestión de Riesgo de Desastres (definición modificada)

Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad/estructura/activo de ser afectado o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente.



Se necesita relacionar el movimiento del terreno debido a los sismos con la posible respuesta de cada elemento expuesto (dañarse o no): **curvas de fragilidad/vulnerabilidad**.

Dentro de vulnerabilidad se tiene en cuenta el concepto de daños (fragilidad) y pérdidas económicas (vulnerabilidad).

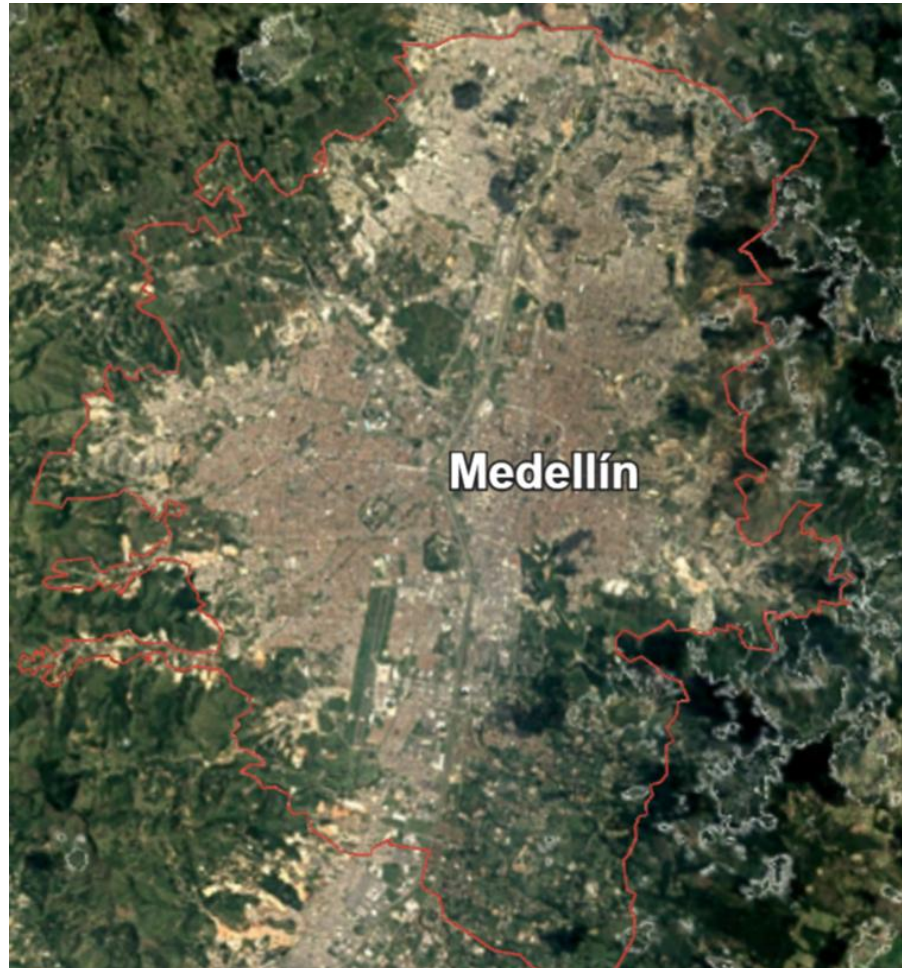
Hablando de edificios

La respuesta de las edificaciones depende de diferentes factores:

- ✓ Los materiales
- ✓ Las dimensiones, configuraciones en planta y altura

No todos responden de la misma manera

LA AMENAZA SÍSMICA SIGUE Y CADA VEZ SOMOS MÁS



Medellín 1984

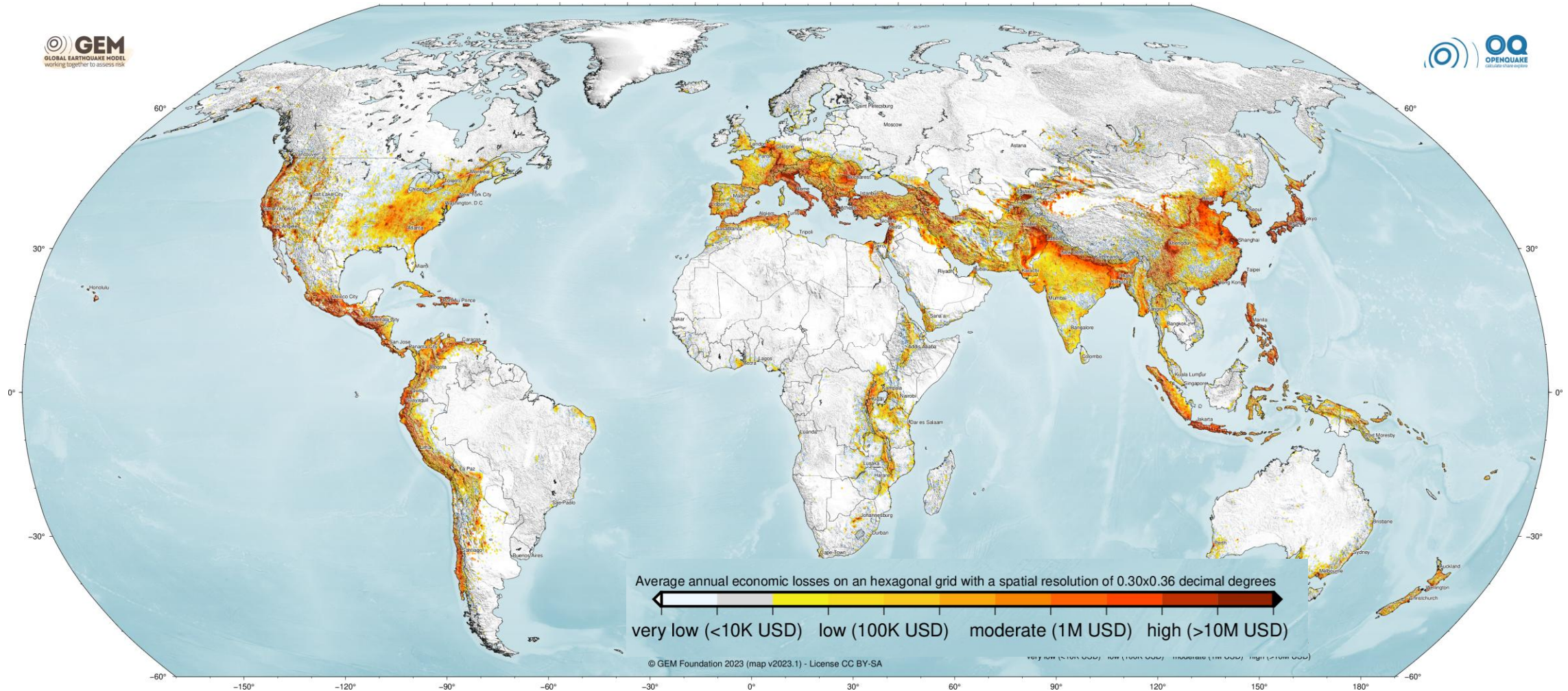


Medellín 2022

EL RIESGO SÍSMICO

Métrica de riesgo

- ✓ Pérdidas económicas (aseguramiento, planeación financiera).
- ✓ Fatalidades y colapso de edificaciones (gestión del riesgo, planeación de atención a la emergencia).



EL MONITOREO (SÍSMICO) NO IMPIDE QUE TIEMBLE, PERO...

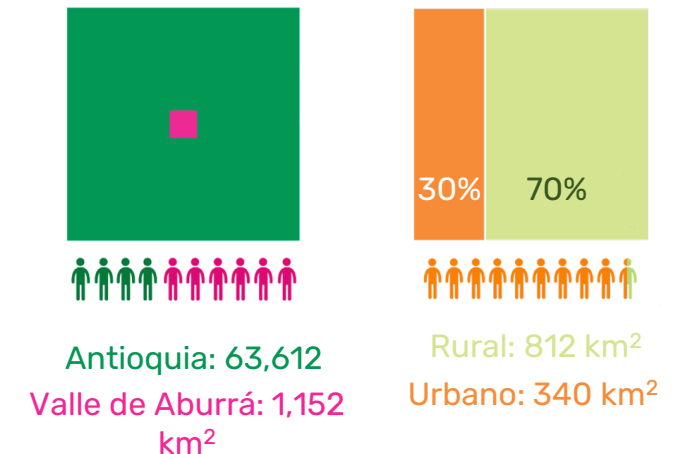
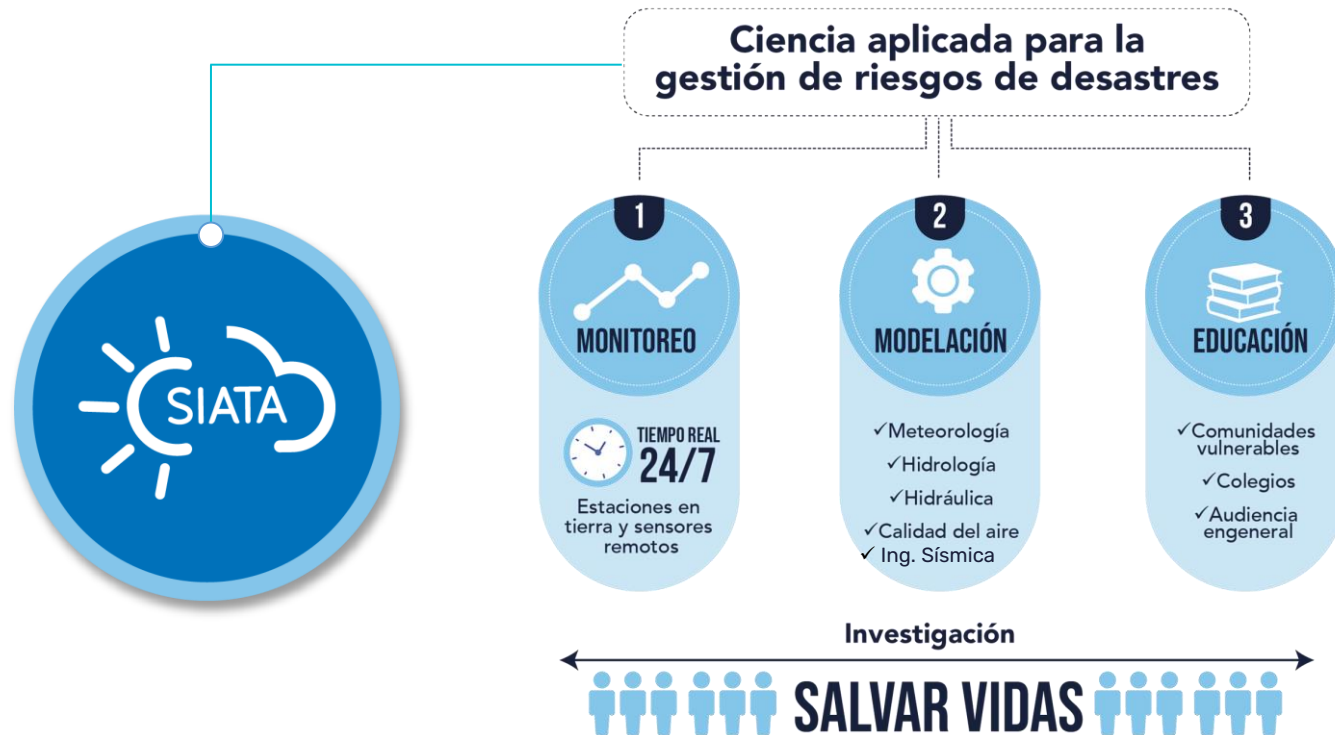
- ✓ Sirve para saber cuanto se sacude el terreno (aceleración, velocidad) [Evaluación de daños en estructuras post-terremoto]
- ✓ Conocer los efectos de amplificación de los diferentes suelos de un sitio [Planificación del territorio, microzonificaciones y reglamentaciones sísmicas].
- ✓ Robustecer el conocimiento de la actividad sísmica de un sitio [identificación de fuentes sísmicas, mecanismos de falla].

Algunos referentes en el mundo:



¿QUÉ ES EL PROYECTO SIATA?

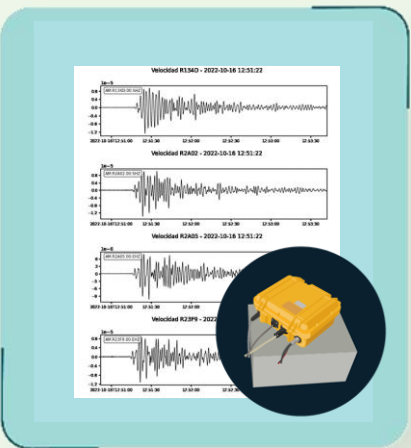
- **Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA**
Autoridad de transporte público metropolitano y autoridad ambiental urbana
- **Sistema de alerta temprana de Medellín y el Valle de Aburrá – SIATA**
Proyecto de ciencia, tecnología e innovación de AMVA, ejecutado por la Universidad EAFIT



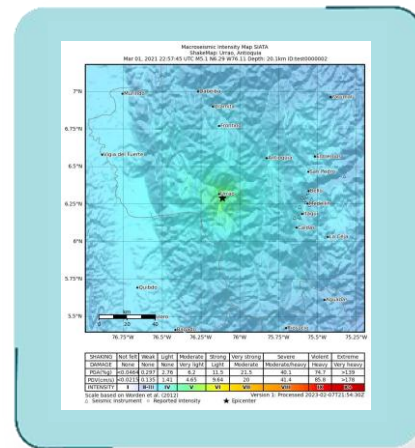
EL EQUIPO DE INGENIERÍA SÍSMICA - SIATA

El riesgo sísmico comprende uno de los temas nucleares del equipo (desde su aporte al monitoreo sísmico y la creación de productos de valor alrededor de ello y las demás componentes del riesgo).

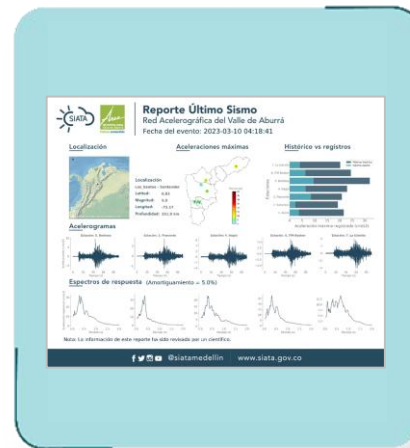
LÍNEAS DE ACCIÓN



Monitoreo sísmico



**Procesamiento
Modelación
Análisis**



**Generación
de reportes y
alarmas**



MONITOREO ESTRUCTURAL EN TIEMPO REAL CON SENSORES DE BAJO COSTO: TERCER AÑO DE EXPERIENCIA DEL PROYECTO SIATA
REAL TIME STRUCTURAL MONITORING WITH LOW-COST SENSORS: THIRD YEAR OF EXPERIENCE AT SIATA PROJECT

Dr. G. MIRAMONT, J. E. SANCHEZ, J. LEONET, A. B. ACOSTA

Resumen:
Los datos obtenidos de los equipos convierten muchos datos de monitoreo en una herramienta para la implementación de redes de monitoreo estructural, a través de la cual se puede monitorear en tiempo real el comportamiento de las estructuras ante eventos sísmicos. Este artículo presenta los resultados obtenidos por el proyecto SIATA (Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá) en el tercer año de experiencia. Se describe la metodología de monitoreo en tiempo real, la instalación de sensores de bajo costo, el procesamiento de datos y la generación de reportes en tiempo real. Se presentan los resultados de la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real, los cuales muestran la efectividad del sistema para detectar eventos sísmicos y generar alertas tempranas. Se concluye que el sistema de monitoreo en tiempo real es una herramienta efectiva para la gestión del riesgo sísmico en áreas urbanas.

Investigación

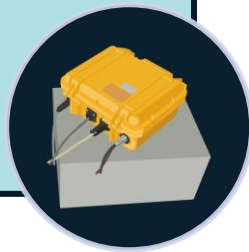


**Apropiación social
del conocimiento**

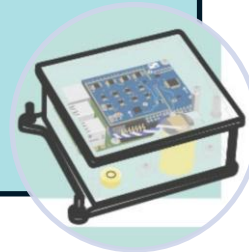
REDES DE MONITOREO SÍSMICO



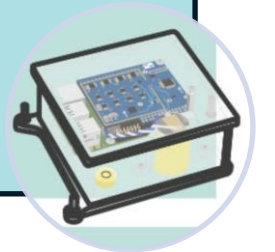
Red acelerográfica



Red de monitoreo estructural



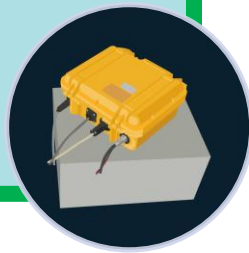
Red de microsismicidad



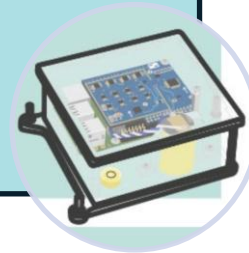
REDES DE MONITOREO SÍSMICO



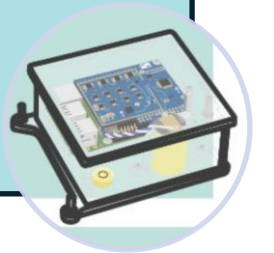
Red acelerográfica



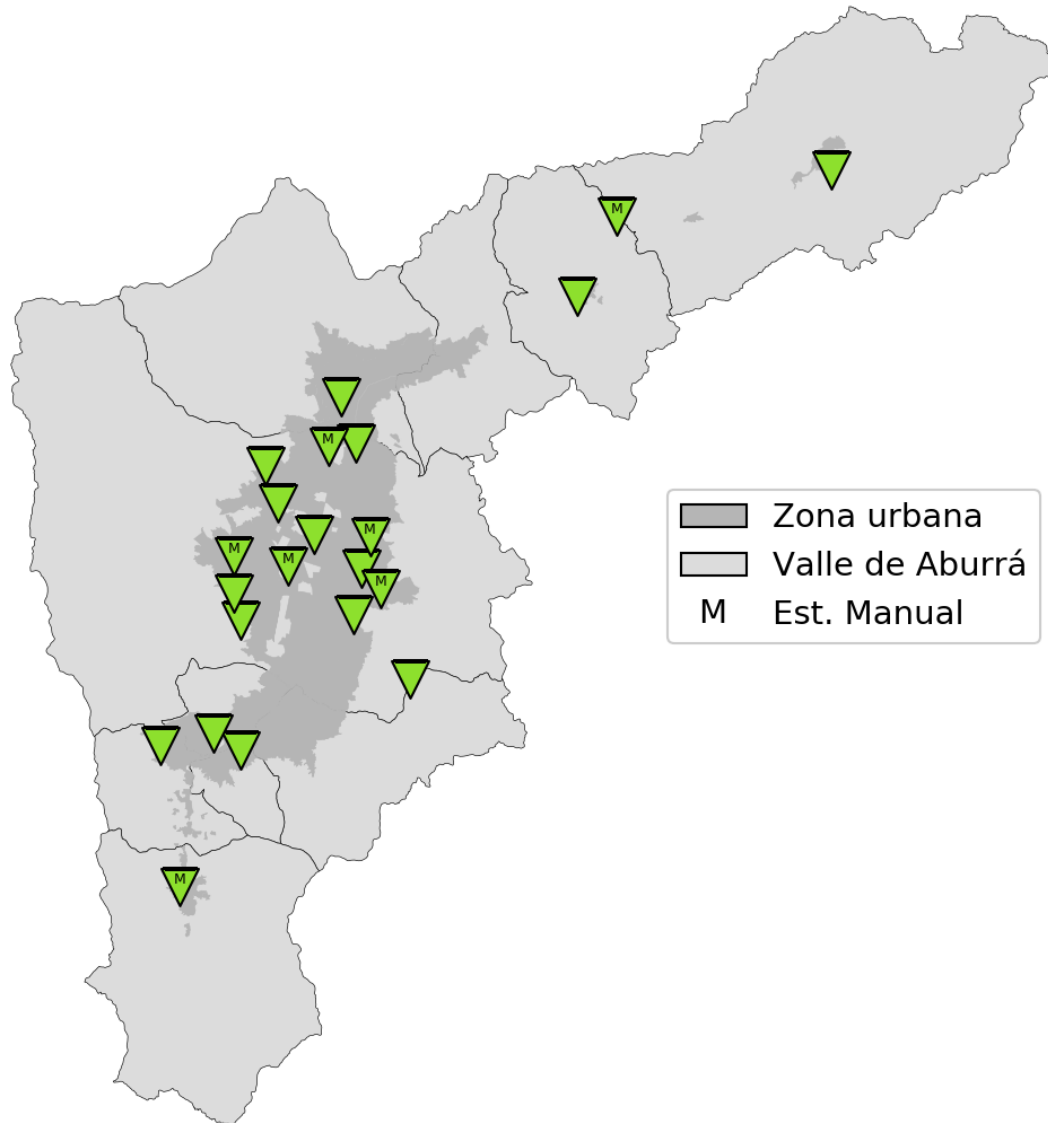
Red de monitoreo estructural



Red de microsismicidad



LA RED ACELEROGRÁFICA DEL VALLE DE ABURRÁ (RAVA)



La Red Acelerográfica del Valle de Aburrá se encarga de monitorear el movimiento fuerte del terreno en el territorio.

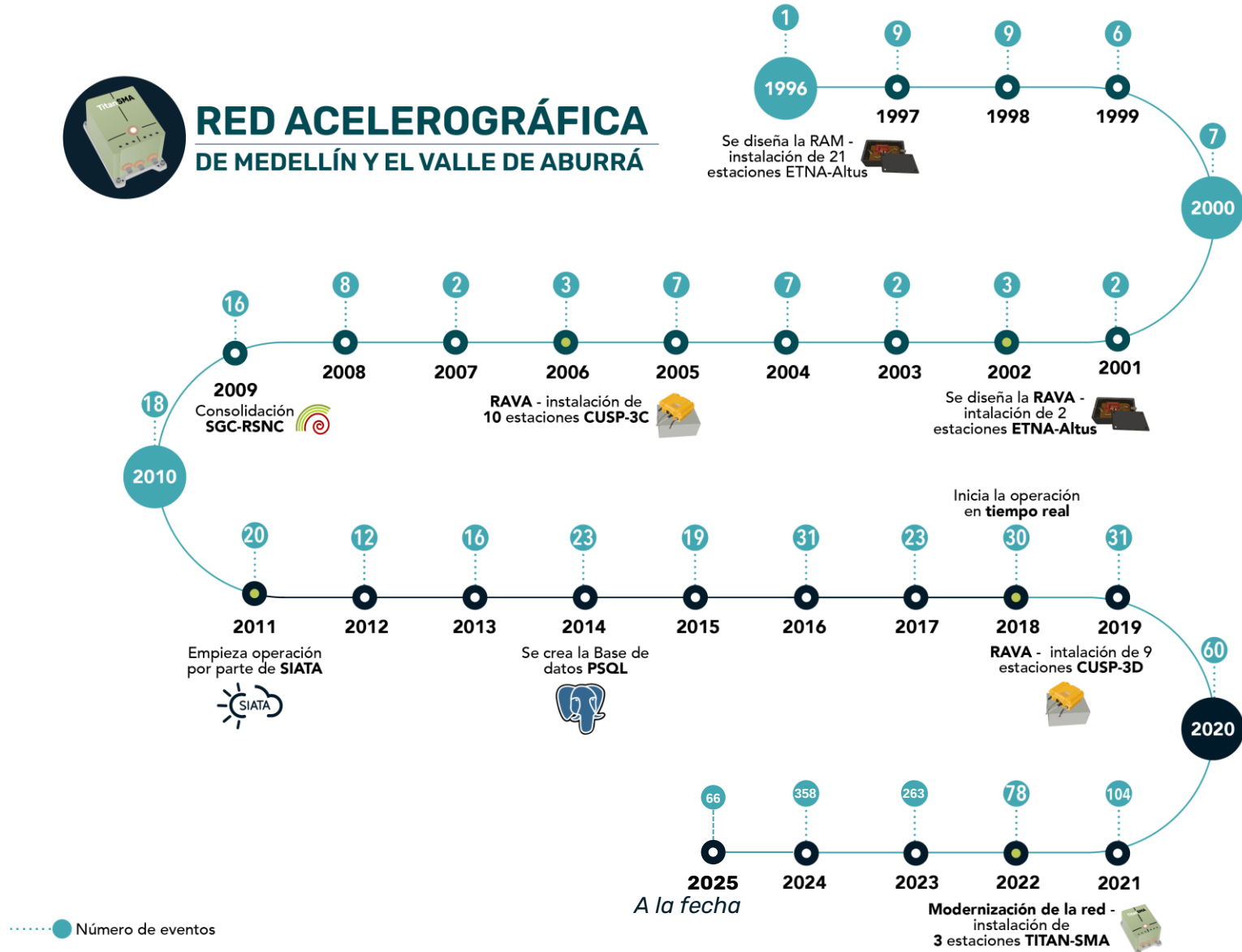
- ✓ **Estaciones activas a la fecha: 22**
- ✓ **Estaciones funcionando en tiempo real: 15**
- ✓ **Estaciones manuales: 7**



LA RAVA (LÍNEA DE TIEMPO)



RED ACELEROGRÁFICA DE MEDELLÍN Y EL VALLE DE ABURRÁ



¿QUÉ HACEMOS POR Y CON LA RAVA?

- ✓ Velamos por la integridad física de las estaciones.
- ✓ Se realizan mantenimientos preventivos y correctivos de manera periódica.



EL MONITOREO SÍSMICO: un complemento sustancial

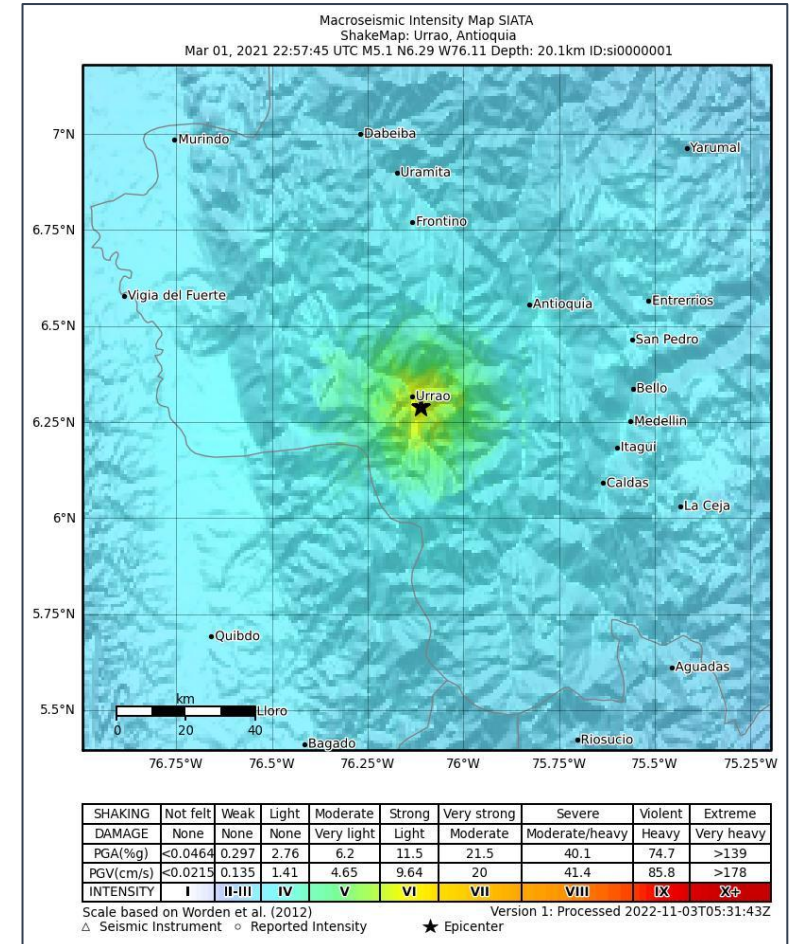
Planteemos el siguiente caso: si tiembla en un sitio ¿como puedo estimar la intensidad del movimiento del suelo en todo el territorio afectado?

SHAKEMAPS

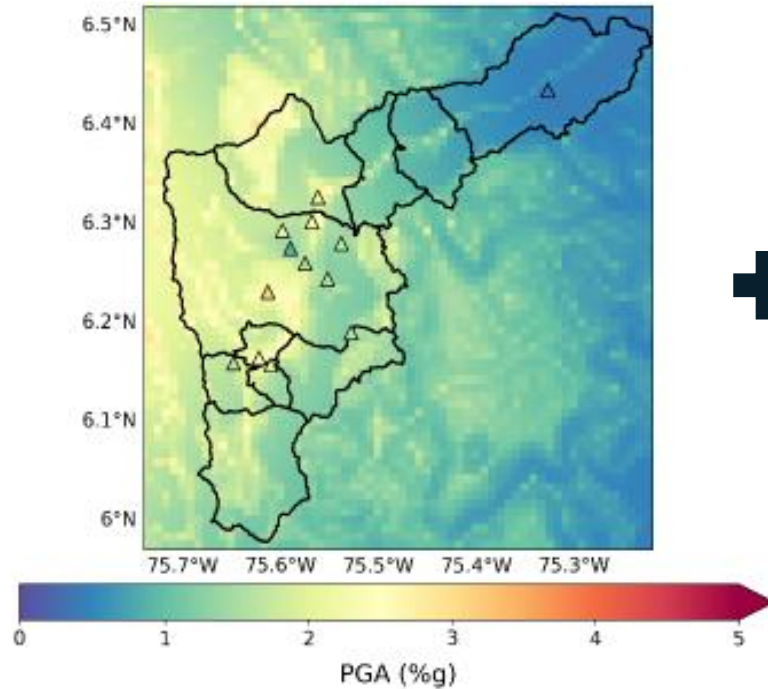
Mapas del movimiento del terreno y de la intensidad: aceleraciones, velocidades e intensidades macrosísmicas.

Combina información de:

- ✓ Ecuaciones de predicción (GMPEs) (**incertidumbre alta**)
- ✓ Valores registrados en estaciones acelerográficas.



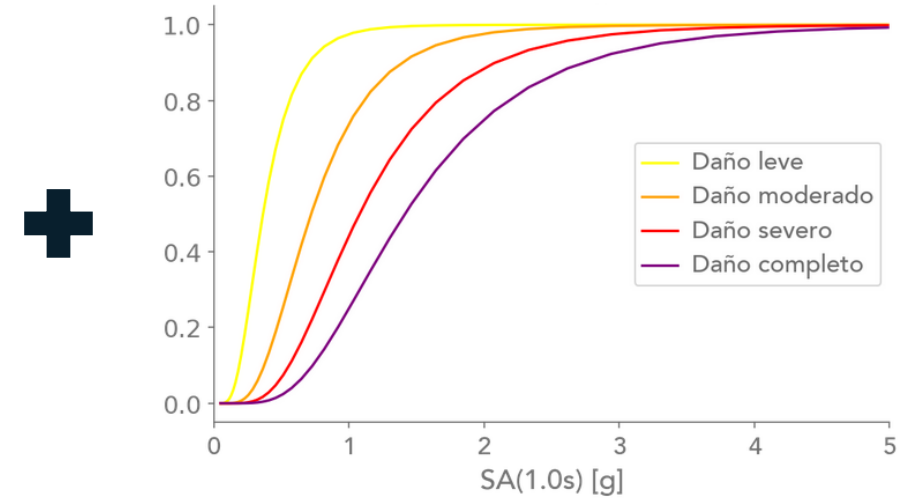
SISTEMA DE ESTIMACIÓN RÁPIDA DE CONSECUENCIAS POST-TERREMOTO (RECAS)



Campos de movimiento fuerte del terreno
Shakemaps



Modelo de exposición detallado



Curvas de fragilidad
(Propensión al daño)

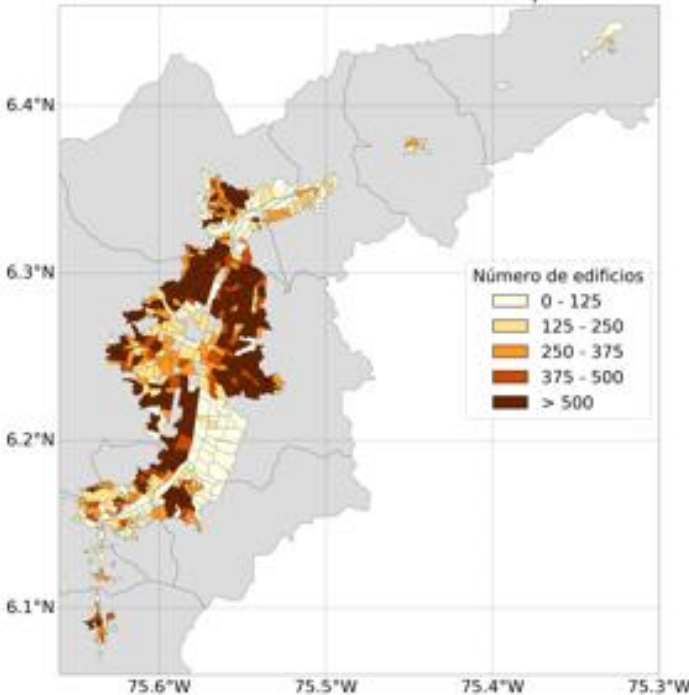
EL RECAS: UNA SUMA DE SHAKEMAPS Y MODELOS DE EXPOSICIÓN Y FRAGILIDAD DISPONIBLES

Reporte Último Sismo - Valle de Aburrá

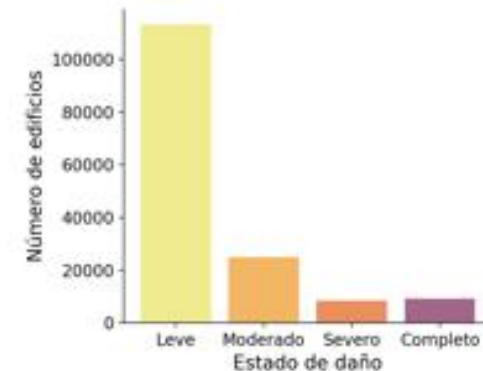
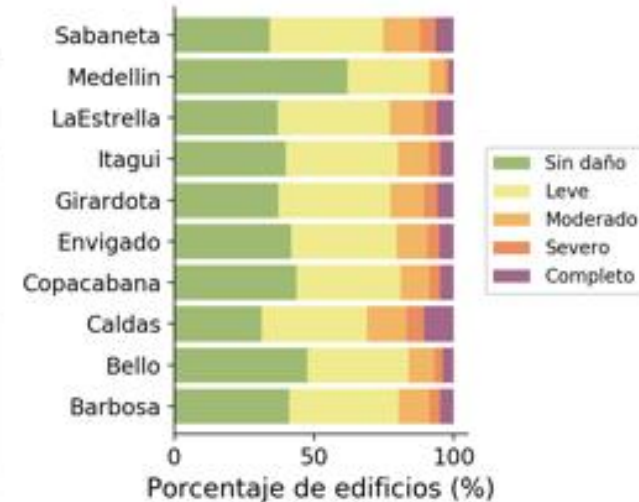
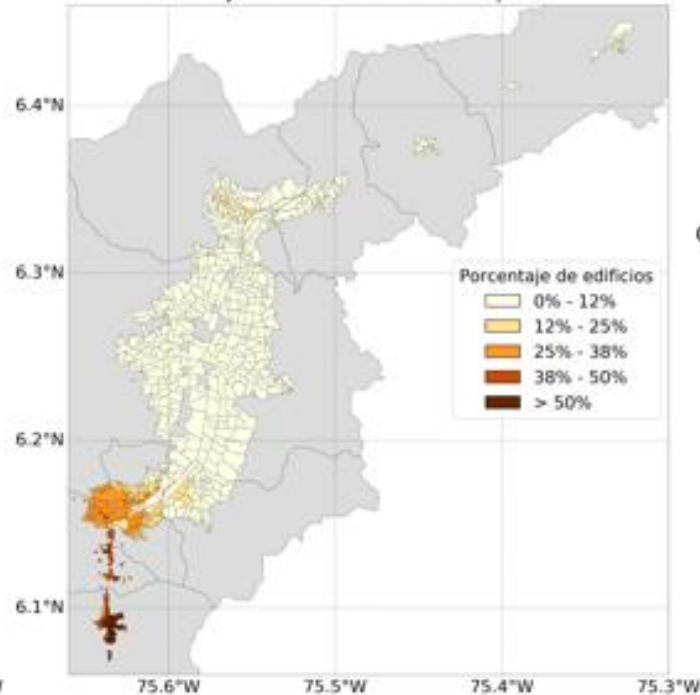
Red Acelerográfica de Medellín y el Valle de Aburrá
Fecha y hora del evento: 2023-05-12 04:45:00 (hora local)

 Población
3,1 millones
  Edificios
Residenciales
270 mil

Número de edificios con daño extensivo o completo



Porcentaje de edificios con daño completo



EDUCACIÓN Y TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

#APRENDE SIATA

¿SERÁ QUE LA TIERRA TIENE VIDA PROPIA? O ENTONCES ¿POR QUÉ TIEMBLA?

En la tierra tiembla desde hace muchos años...
¿Cómo sucede?

La corteza es rígida y se encuentra formada por grandes piezas llamadas placas tectónicas.

Las diferencias de temperatura al interior de la tierra hacen que estas piezas se muevan.

Hace muchos años estas placas estaban juntas y constituían un solo continente conocido como **Pangea**.

Pero gracias a sus constantes movimientos, **el planeta ha cambiado y es como lo conocemos actualmente**.





Las placas tectónicas interactúan unas con otras generando una acumulación de energía que con el tiempo se libera en forma de ondas, produciendo sismos o terremotos.

Según el movimiento relativo que ocurre en los bordes de las placas su interacción se puede clasificar de diferentes maneras:

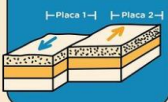
Borde divergente
Las placas se van separando y el espacio entre ellas se llena con roca fundida que sube desde el manto, luego, esta se enfría dando lugar a nuevo suelo.

Borde convergente
Las placas se juntan haciendo que en algunos casos una quede debajo de la otra, lo que se conoce como subducción. En otros casos "chocan", creando cordilleras como el Himalaya. Gracias a este tipo de bordes tenemos sistemas montañosos como los del Valle de Aburrá.

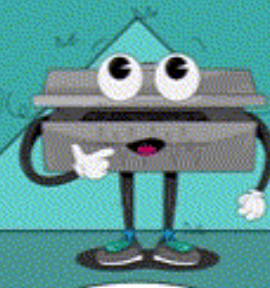
Borde transformante
Las placas se deslizan entre ellas y a pesar de que esta interacción no crea suelo ni forma montañas, es responsable de muchos terremotos.

Aunque no es posible saber en qué momento el suelo se va a mover a causa de un terremoto podemos estudiar la forma en que responderá nuestro territorio ante este tipo de fenómenos, de ahí la importancia de monitorearlos.





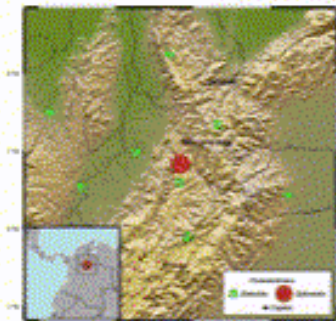
¿Puedes diferenciar entre mitos y verdades sobre los sismos?



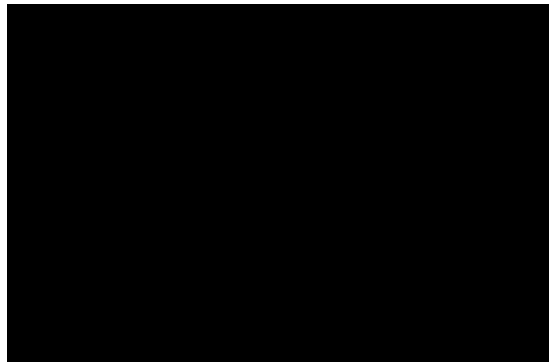


SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO
Evento Sísmico - Boletín Actualizado

2023-03-19 04:18:00
Los Tornos - Santander, Colombia
Magnitud 5.9



Epicentro a 17 km de Los Tornos (Santander)
Latitud 5.92 Longitud -75.07
Profundidad 100 km



APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO

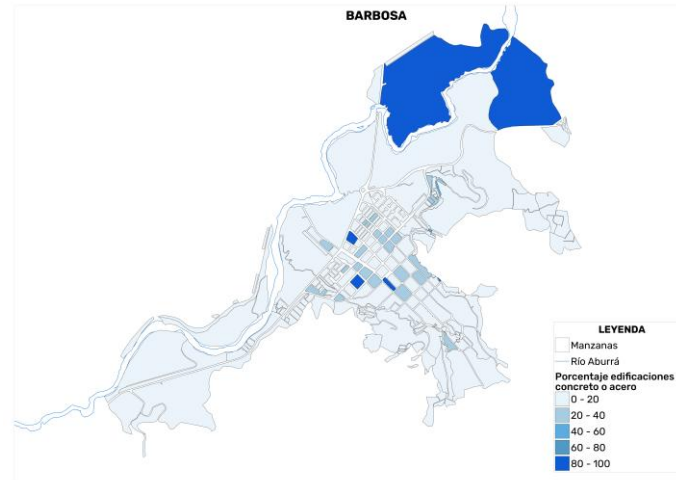
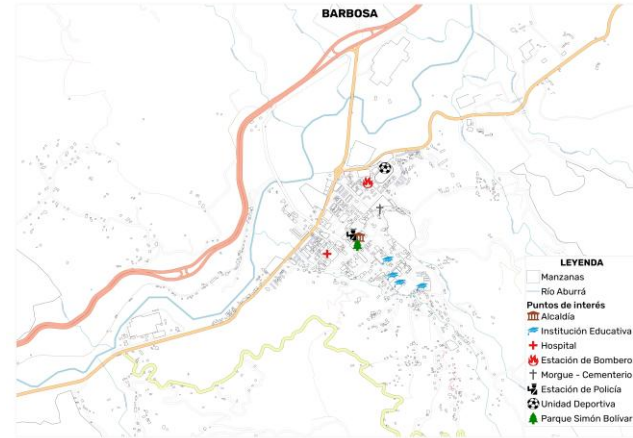


**Taller de sensibilización en riesgo
 sísmico orientado a las entidades
 operativas del SNGRD*:
 Aplicación al Valle de Aburrá**

DOI: 10.5281/zenodo.10973109
 Versión 1.0



* SNGRD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Colombia



PARA RESUMIR

- ✓ Ser sensibles en cuanto al riesgo sísmico (su significado e importancia de conocerlo).
- ✓ El monitoreo sísmico: fundamental en diversos aspectos.
- ✓ La investigación aplicada a la gestión del riesgo.
- ✓ La importancia de la educación y apropiación social del conocimiento.

Solicitudes de datos de la Red Acelerográfica

solicitud.datos@siata.gov.co



¡Gracias!



contacto@siata.gov.co



@areametropol @siatamedellin • www.metropol.gov.co www.siata.gov.co