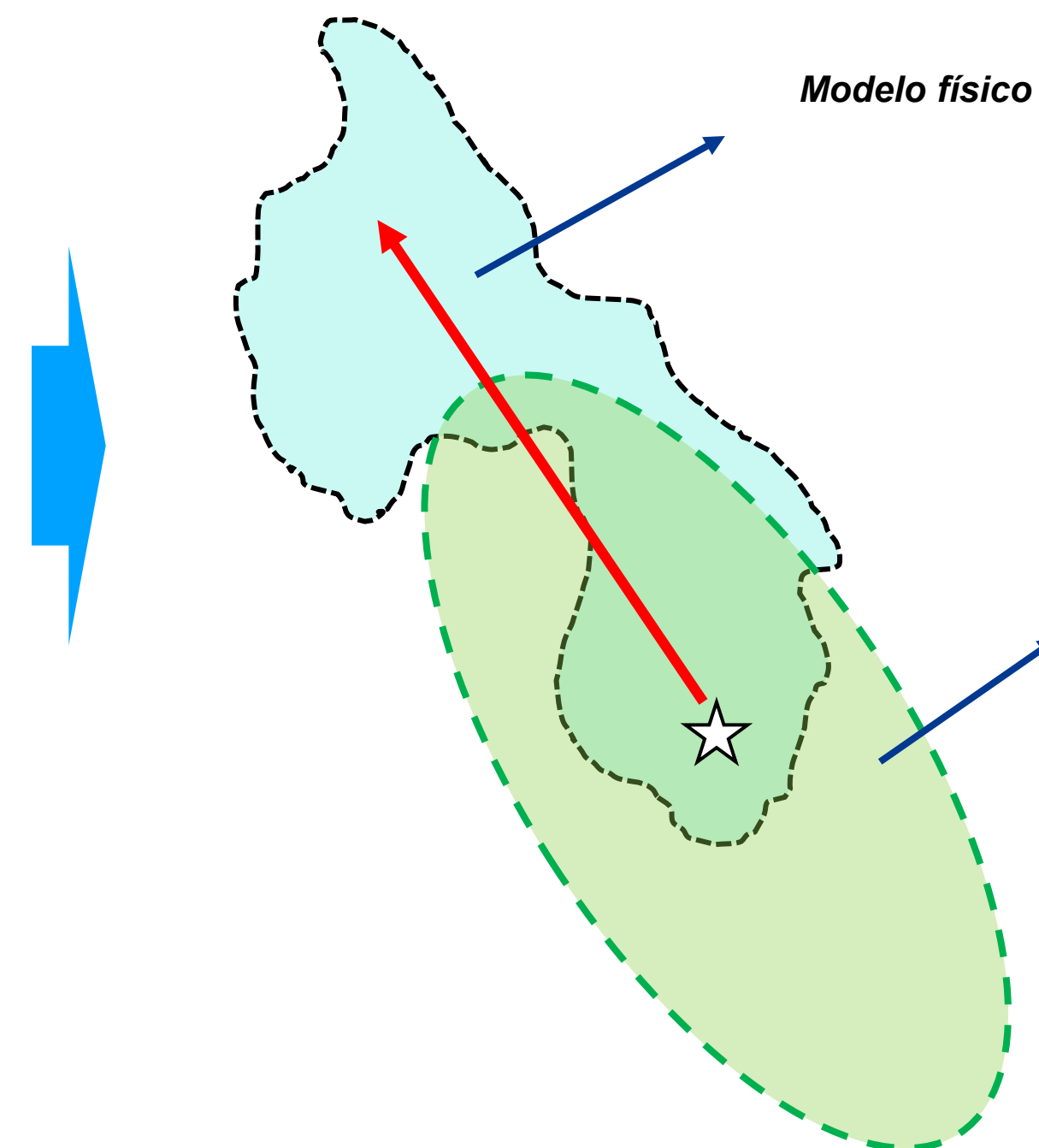
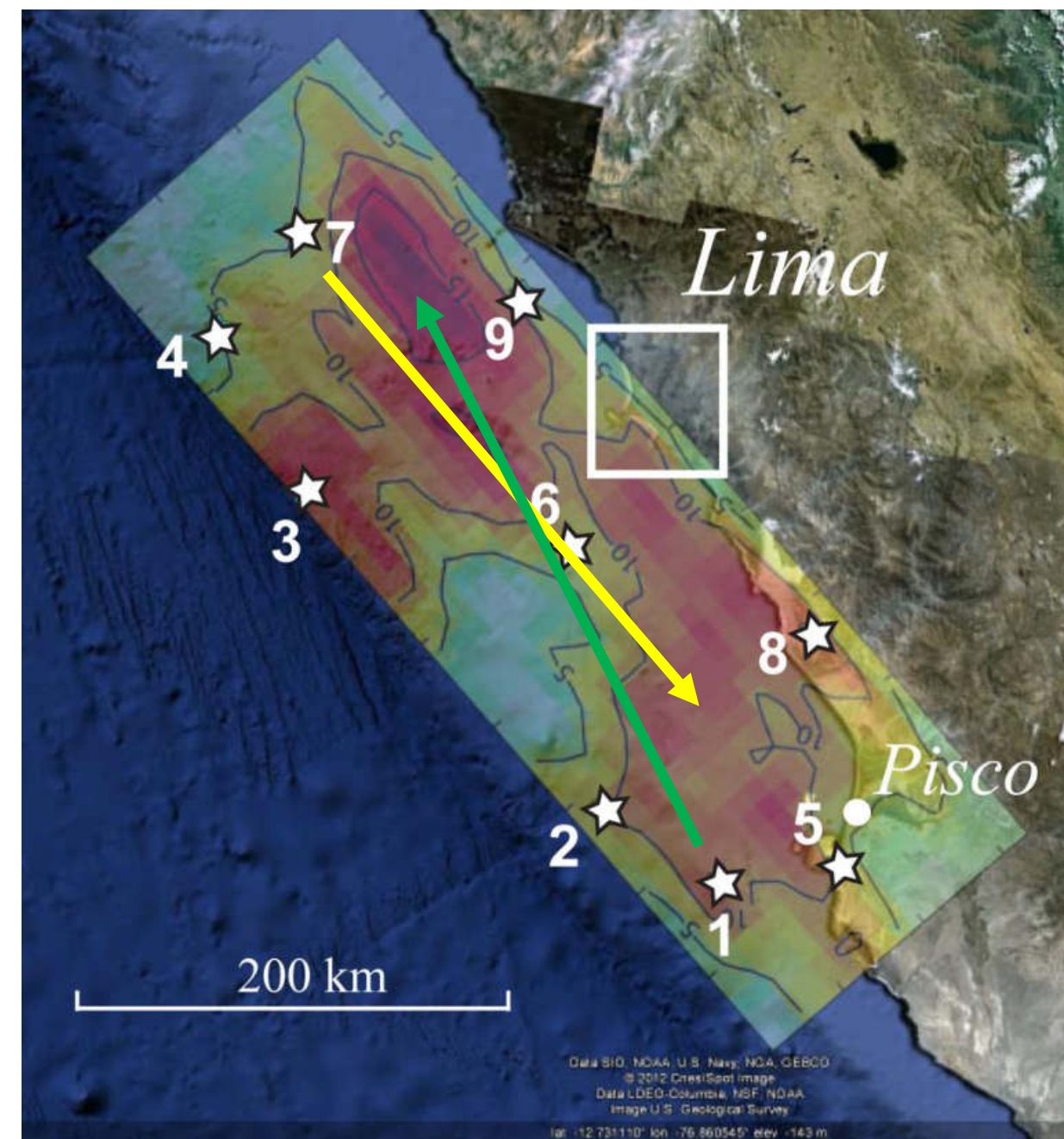


Interpretación de resultados

Incertidumbre asociada a los GMM:

La ruptura del terremoto está representada simplemente por la magnitud del terremoto, tipo de falla y profundidad.



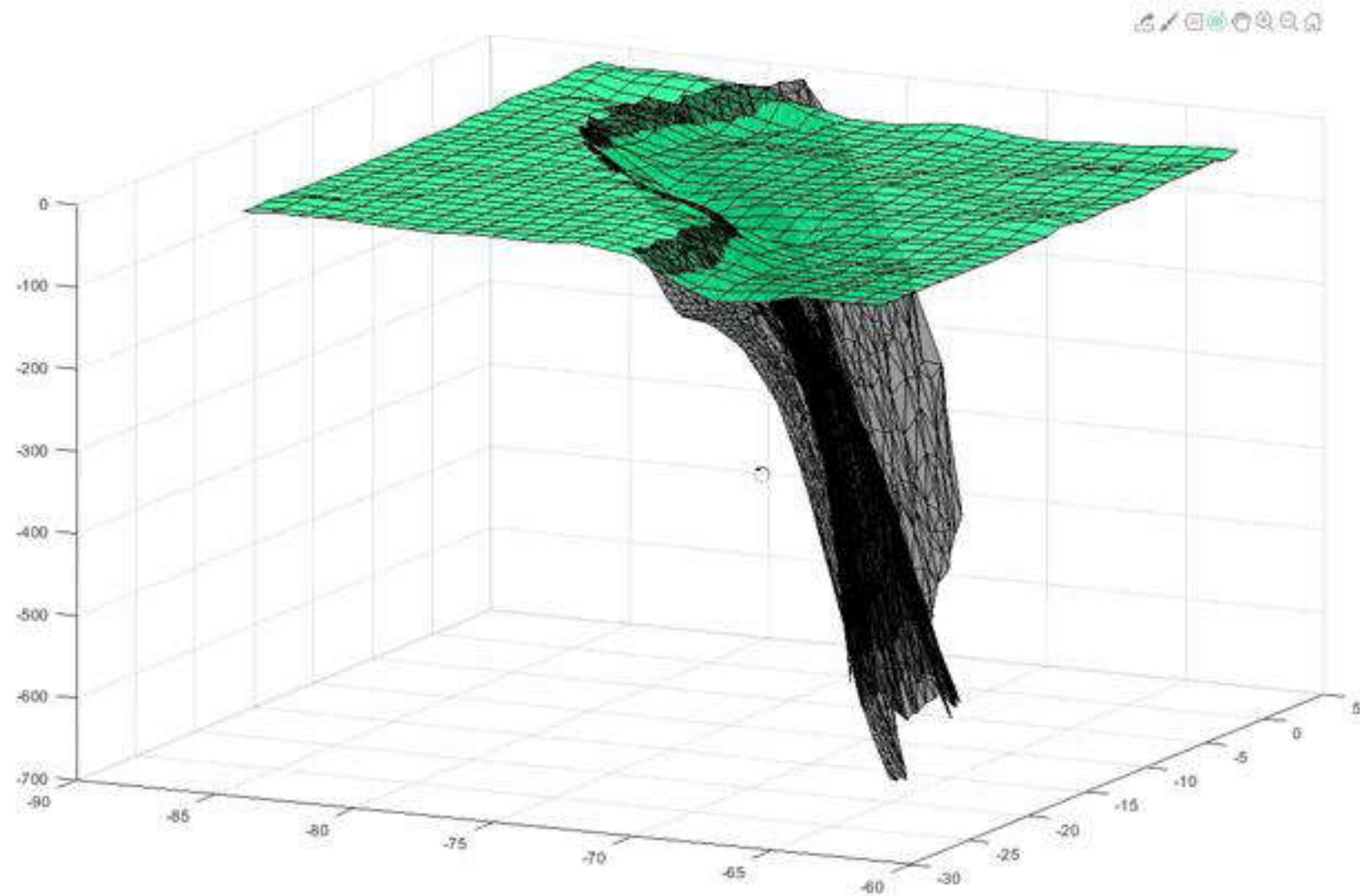
Normalmente no se tiene en cuenta la directividad o la evolución espacial y temporal de la ruptura.

Modelo idealizado común

Interpretación de resultados

Incertidumbre asociada a los GMM:

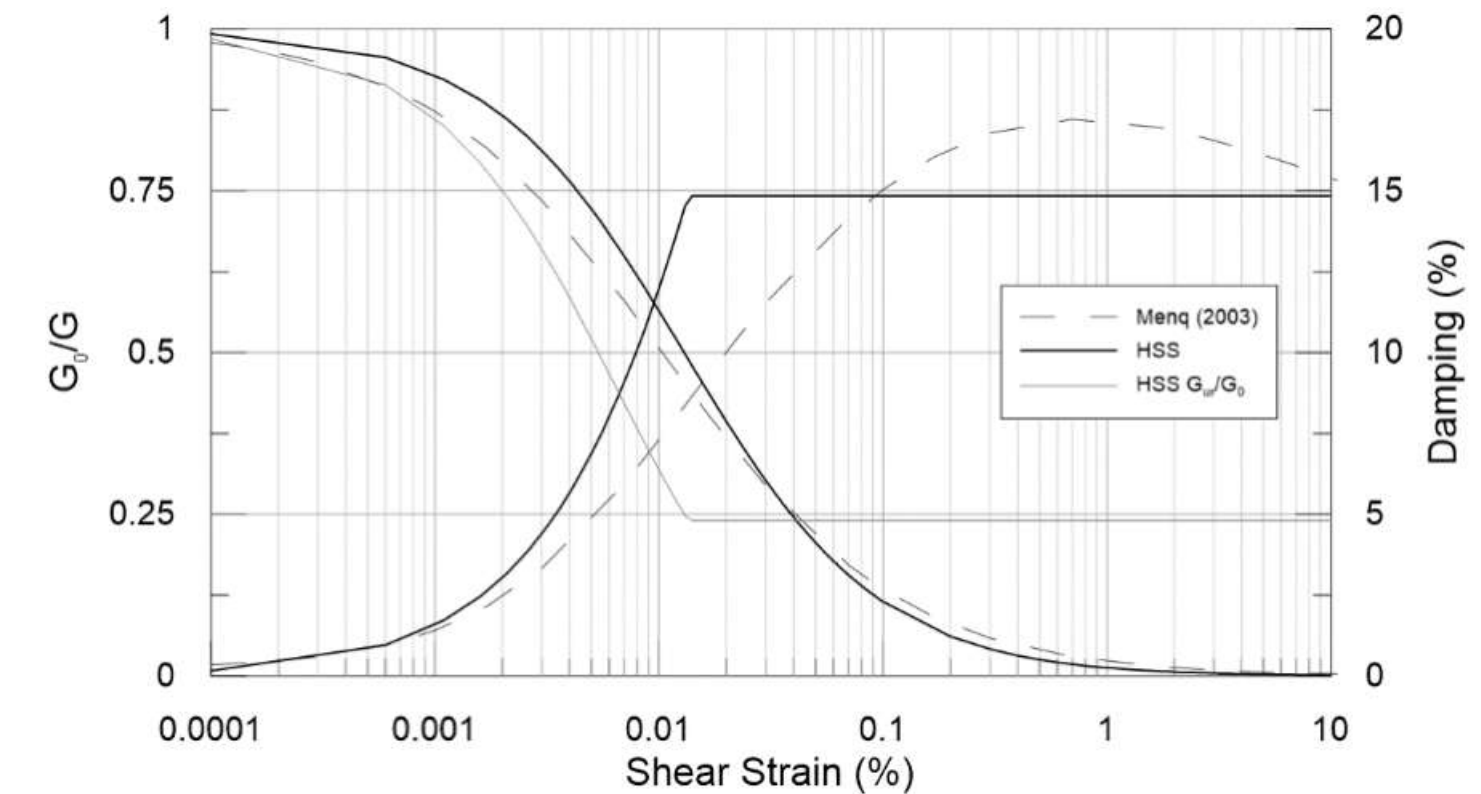
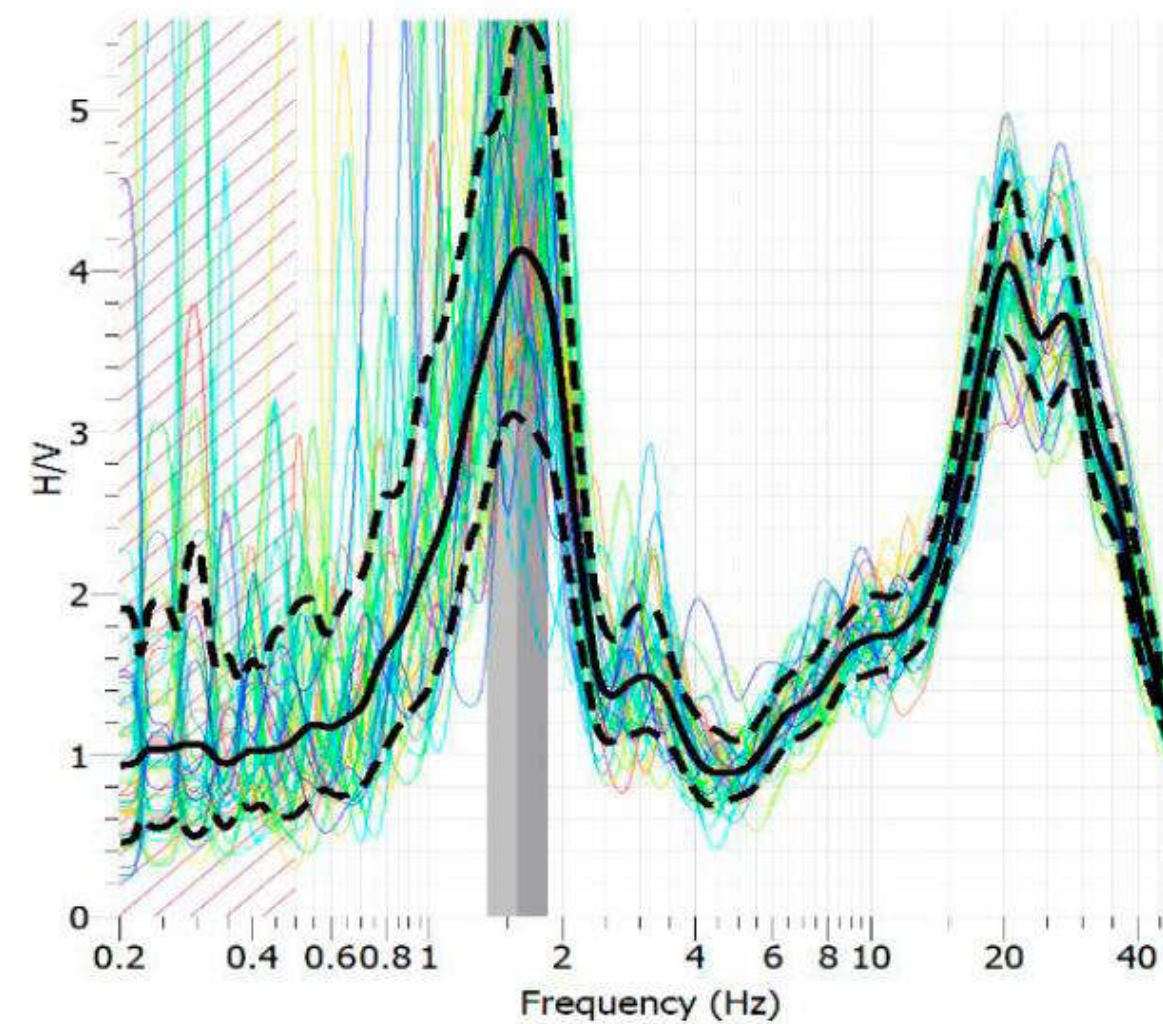
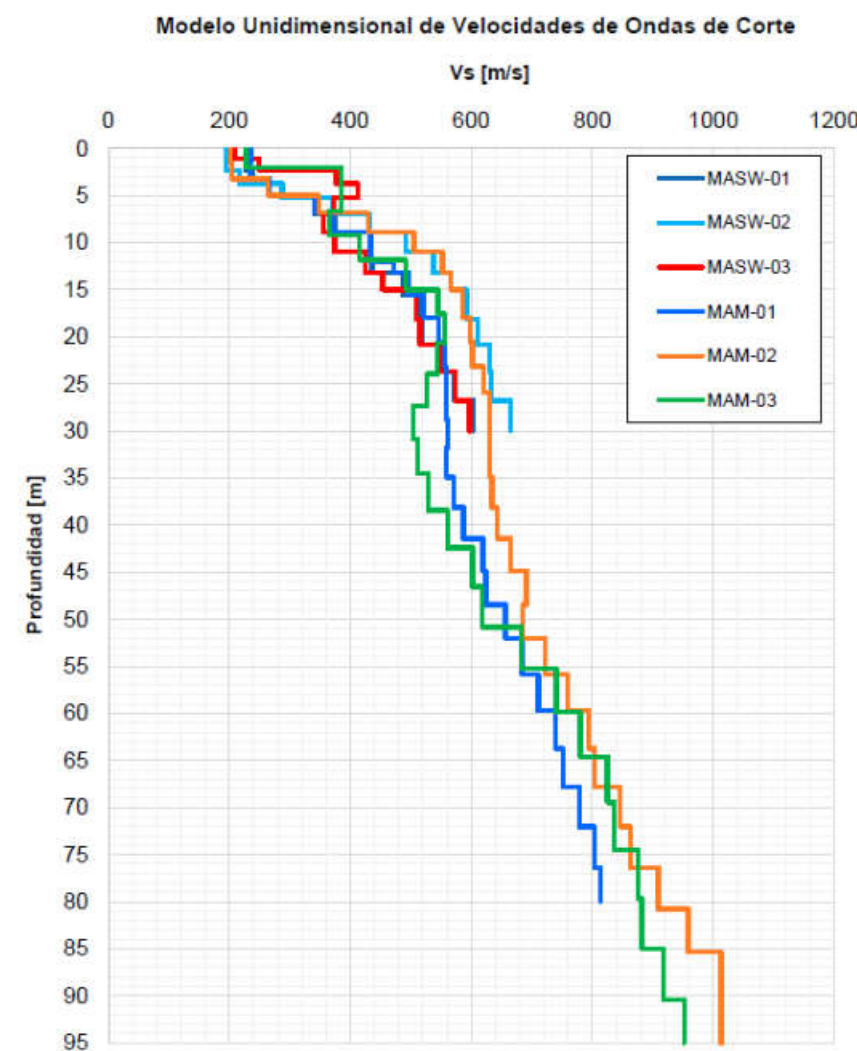
Los efectos de la propagación de las ondas se representan a través de métricas de distancia fuente-sitio. No se considera la estratigrafía de la corteza terrestre en la región considerada.



Interpretación de resultados

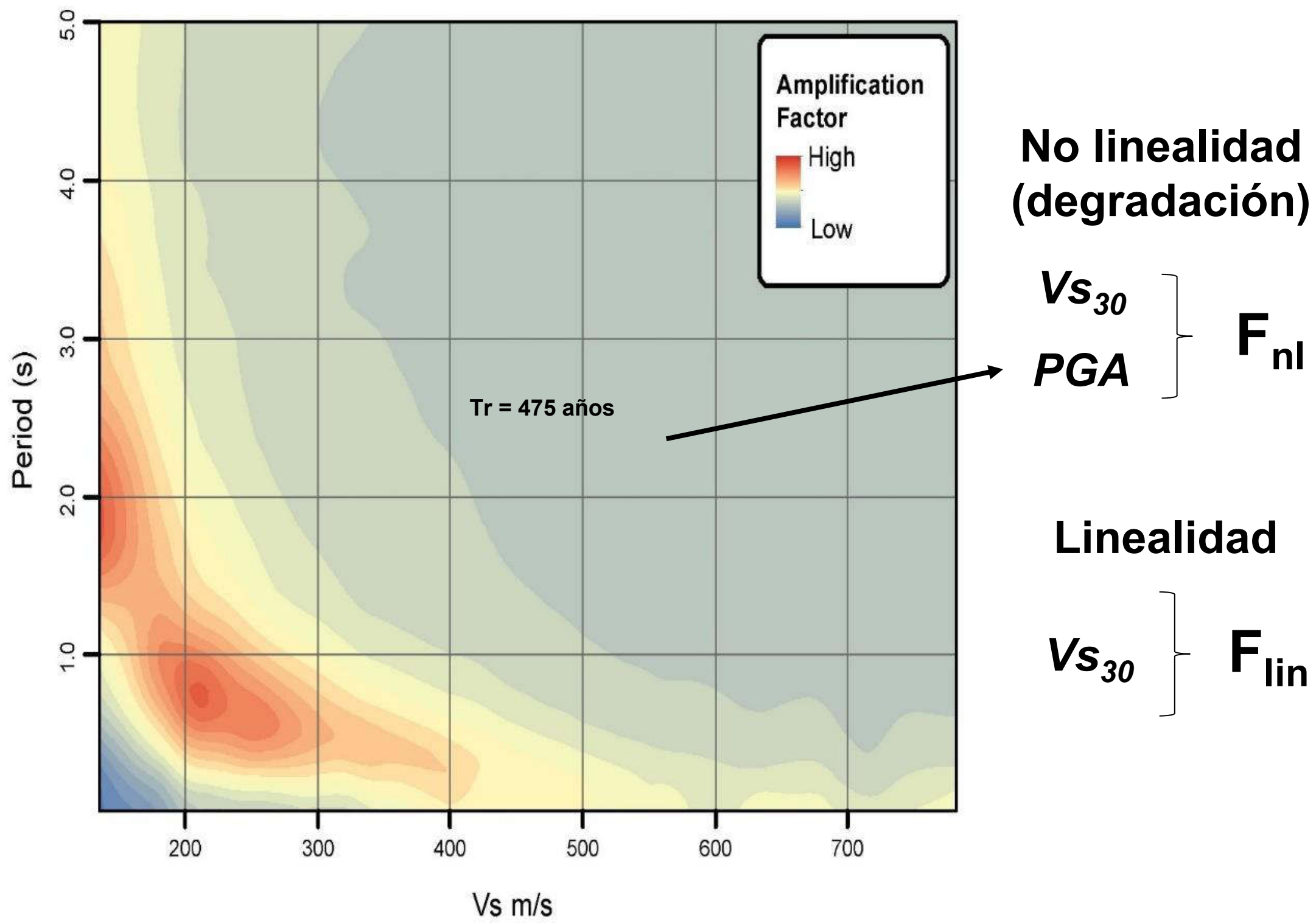
Incertidumbre asociada a los GMM: **Respuesta superficial de sitio**

El efecto de la respuesta superficial (local) del sitio se considera a menudo simplemente en términos de la velocidad de onda de corte promediada en el tiempo del sitio, V_{S30} . No se tiene en cuenta la estratigrafía particular del suelo en estos 30 m superiores, ni las profundidades mayores. Tampoco se tienen en cuenta las propiedades particulares de esfuerzo-deformación de los suelos, que influyen en la respuesta no lineal.

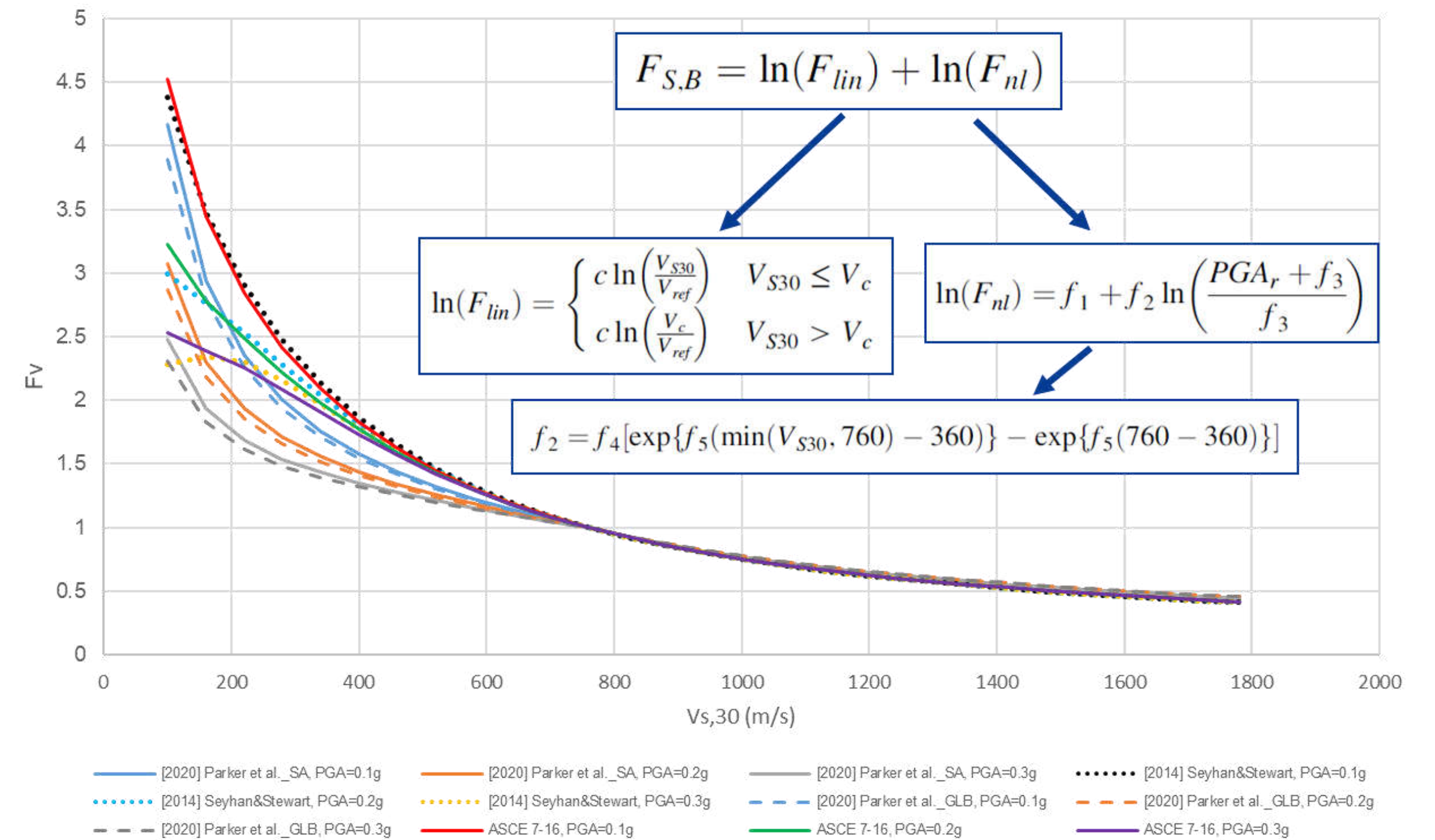


Interpretación de resultados

Incertidumbre asociada a los GMM: Respuesta superficial de sitio



Aguilar et al. (2019)



Interpretación de resultados

Incertidumbre asociada a los GMM: Respuesta superficial de sitio

Reference: ASCE-SEI 7-16, Pág. 86

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \quad (11.8-1)$$

where

PGA_M = MCE_G peak ground acceleration adjusted for site class effects.

PGA = Mapped MCE_G peak ground acceleration shown in Figs. 22-9 through 22-13.

F_{PGA} = Site coefficient from Table 11.8-1.

TABLE 11.8-1 Site Coefficient F_{PGA}

Mapped Maximum Considered Geometric Mean (MCE _G) Peak Ground Acceleration, PGA						
Site Class	PGA ≤ 0.1	PGA = 0.2	PGA = 0.3	PGA = 0.4	PGA = 0.5	PGA ≥ 0.6
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1
E	2.4	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1
F	See Section 11.4.8					

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of PGA.

Reference: ASCE-SEI 7-16, Pág. 537

$$F_{PGA} = \exp \left[-0.604 \ln \left(\frac{\bar{v}_s}{760} \right) - 0.150 \left[\frac{\exp \{ -0.00701 (\min(\bar{v}_s, 760) - 360) \}}{\exp \{ -0.00701 \times 400 \}} - 1 \right] \right] \times \ln \left(\frac{PGA + 0.1}{0.1} \right) \quad (C11.8-1)$$

In Eq. (C11.8-1), \bar{v}_s is in units of m/s and PGA is in units of g. Velocities measured in ft/s can be converted to m/s by multiplying by 0.3048. To obtain the F_{PGA} for $\bar{v}_s < 180$ m/s ($\bar{v}_s < 590$ ft/s), the +1/2 standard-deviation correction described for Site Class E in Section C11.4.4 would need to be applied to the natural logarithm of F_{PGA} . The standard deviation is 0.70.

Reference: ASCE-SEI 7-16, Pág. 84

$$S_{M1} = F_a S_1$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Table 11.4-1 Short-Period Site Coefficient, F_a

Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE _E) Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	2.4	1.7	1.3	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8
F	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_s .

Table 11.4-2 Long-Period Site Coefficient, F_v

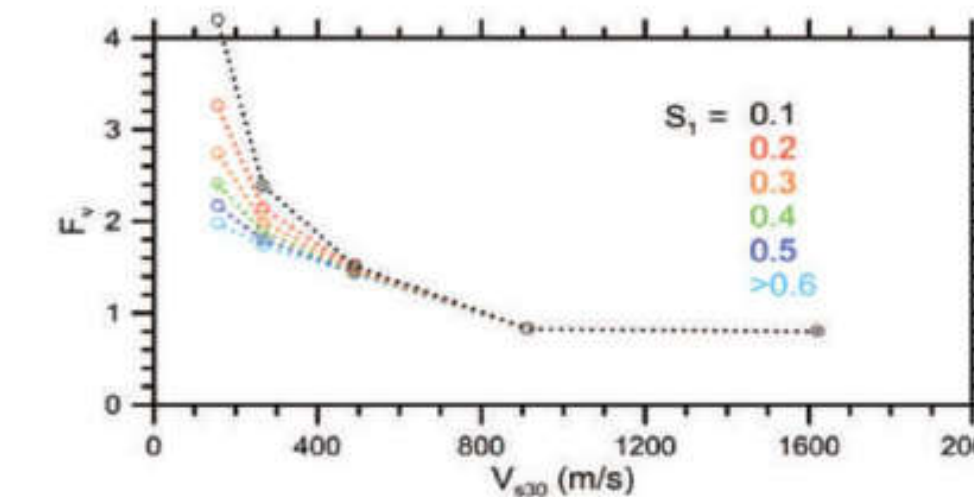
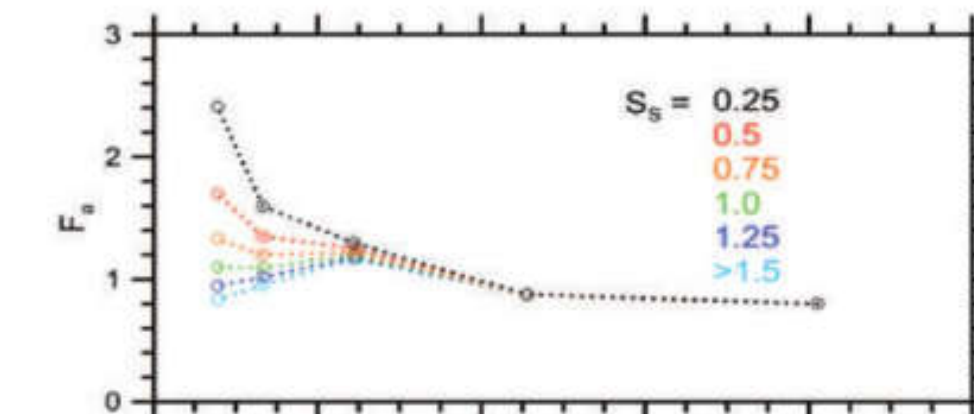
Site Class	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE _E) Spectral Response Acceleration Parameter at 1-s Period					
	$S_1 < 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 > 0.6$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
D	2.4	2.2 ^a	2.0 ^a	1.9 ^a	1.8 ^a	1.7 ^a
E	4.2	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8
F	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8	See Section 11.4.8

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_1 .
^aAlso, see requirements for site-specific ground motions in Section 11.4.8.

Reference: ASCE-SEI 7-16, Pág. 532

$$F_a = \exp \left[-0.727 \ln \left(\frac{V_{s30}}{760} \right) - 0.2298 \left[\frac{\exp \{ -0.00638 (\min(V_{s30}, 760) - 360) \}}{\exp \{ -0.00638 \times 400 \}} - 1 \right] \right] \times \ln \left(\frac{(S_s/2.3) + 0.1}{0.1} \right) \quad (C11.4-1)$$

$$F_v = \exp \left[-1.03 \ln \left(\frac{V_{s30}}{760} \right) - 0.118 \left[\frac{\exp \{ -0.00756 (\min(V_{s30}, 760) - 360) \}}{\exp \{ -0.00756 \times 400 \}} - 1 \right] \right] \times \ln \left(\frac{(S_1/0.7) + 0.1}{0.1} \right) \quad (C11.4-2)$$



Interpretación de resultados

Evolución de los GMM:

GMM de Youngs et al. (1997):

Valor medio:

$$\ln(y) = a_1 + a_2 * M + a_3 * \ln(r_{rup} + a_4^M) + a_5 * type + a_6 * H$$

Constante Término de escala de magnitud Término de distancia Término de mecanismo Término de profundidad

Desviación estándar:

$$\sigma \ln(y) = a_7 + a_8 * M$$

GMM de Zhao et al. (2016):

Ztor Magnitud

$$f_{mSL}(m_i, h_i) = b_{SL} h_i + \begin{cases} c_{SL1} m_i + c_{SL2} (m_i - m_{sc})^2 & \text{if } m_i \leq m_c \\ c_{SL1} m_c + c_{SL2} (m_c - m_{sc})^2 + d_{SL} (m_i - m_c) & \text{if } m_i > m_c \end{cases} \quad (1)$$

$m_{sc} = 6.3$ $m_c = 7.1$

$$\sigma_{STk} = \sqrt{\sigma_{Sk}^2 + \tau_{Sk}^2}$$

Magnitud $C_{max} = m_c$

$$C_m = \begin{cases} m_i & \text{if } m_i \leq C_{max} \\ C_{max} & \text{if } m_i > C_{max} \end{cases} \quad (4)$$

$c_2 = 1.151$

$$r_{i,j} = x_{i,j} + \exp(c_1 + c_2 C_m) \quad (3)$$

Término de condición de sitio

$$\log_e(y_{i,j}) = f_{mSL} + g_{SL} \log_e(r_{i,j}) + g_{SLL} \log_e(x_{i,j} + 200.0) + e_{SL} x_{i,j} + q_{SLH} x_{i,j} + e_{SL}^v x_{i,j}^v + \gamma_{SL} + \log_e(A) + \xi_{i,j} + \eta_i \quad (2a)$$

Rrup Rvolc Ztor

$$q_{SLH} = \begin{cases} 0 & \text{if } h < 50 \\ e_{SLH} \{ 0.02h - 1.0 \} & \text{if } h \geq 50 \end{cases} \quad (5)$$

$\log_e(A)$

$$= \log_e(A_{Nmax}) - \log_e(A_{max}) \frac{\log_e(S_{MR}^z + \beta) - \log_e(\beta)}{\log_e(S_{ReffC}^z + \beta) - \log_e(\beta)} \quad (9)$$

$S_{MR} = S_{Reff} \frac{S_{NC}}{S_{ReffC}} f_{SR}$ $S_{ReffC} = S_{RC} I_{mf}$ $S_{Reff} = S_{RI} I_{mf}$

$$A_{Nmaxk} = A_{mSCI} \text{ for SCI sites } (k = 1), \quad (8a)$$

and

$$A_{Nmaxk} = A_{mSCI} \exp(S_k) \text{ for SC II, III, IV sites } (k = 2, 3, 4). \quad (8b)$$

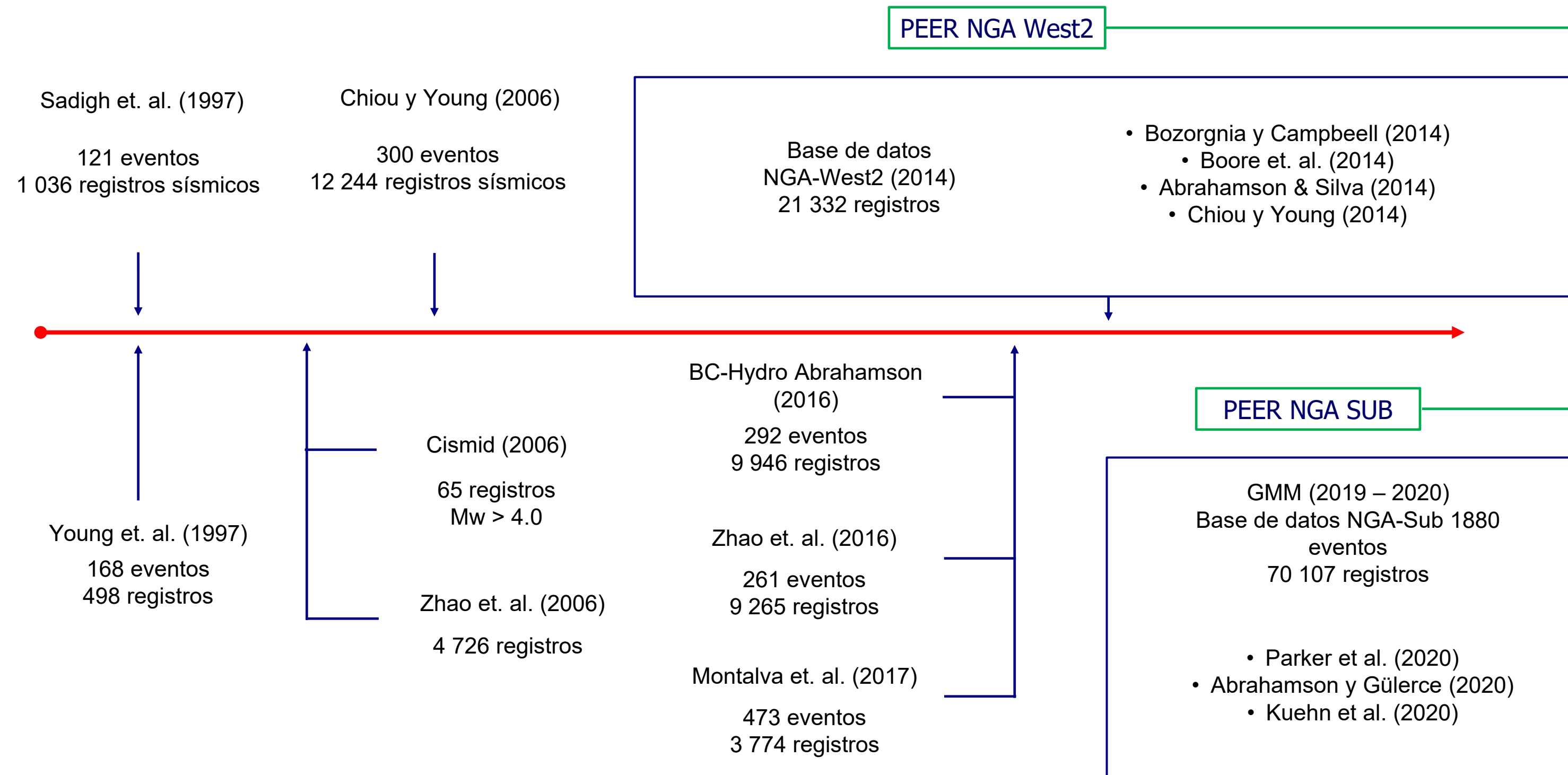
$S_F = \frac{A_{Nmax}}{A_{max}}$

$$S_{NC} = \left\{ \exp \left[\frac{\log_e(A_{Nmax}) \log_e(S_{ReffC}^z + \beta) - \log_e(S_F) \ln(\beta)}{\log_e(A_{max})} \right] - \beta \right\}^{\frac{1}{z}}$$

Interpretación de resultados

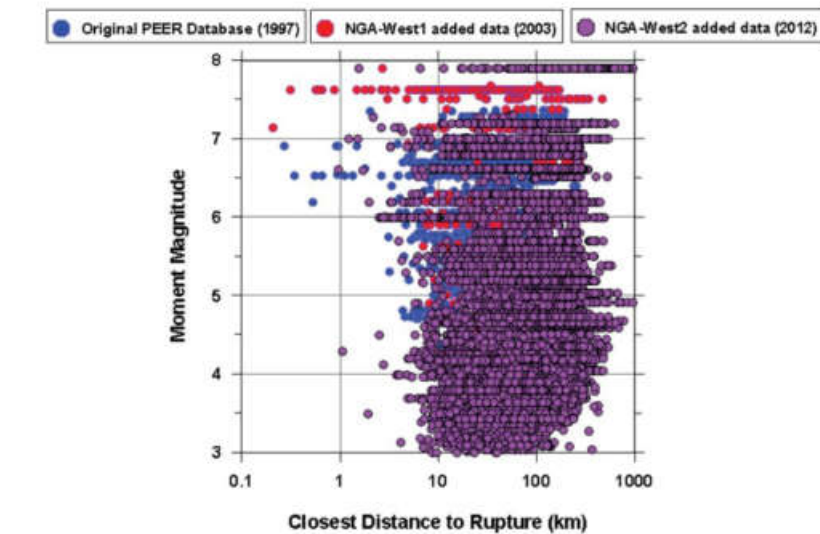
Evolución de los GMM:

GMM PARA EVENTOS DE CORTEZA O CONTINENTALES



GMM PARA EVENTOS DE SUBDUCCIÓN

Sismos corticales poco profundos en regímenes tectónicos activos (PEER NGA-West1 y West2)



La última versión de la base de datos NGA-West2 incluye 21 332 registros. La nueva base de datos del NGA-West2 es seis veces mayor que la del NGA-West1. Incluye eventos con magnitud que va desde 3.0 a 7.9 Mw .

Bozorgnia et. al. (2014)

Sismos de subducción (PEER NGASub)

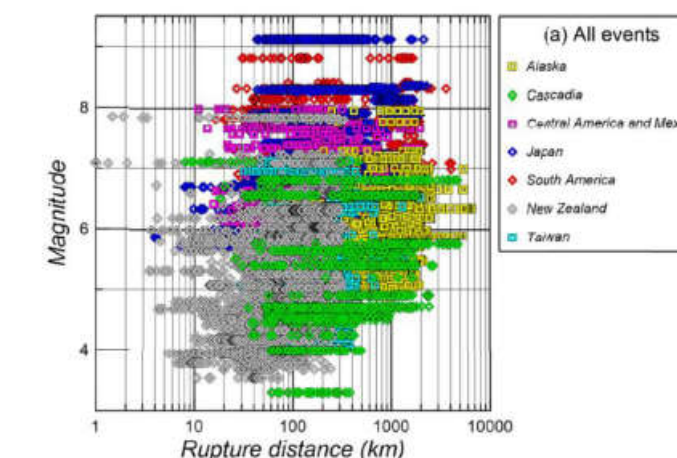


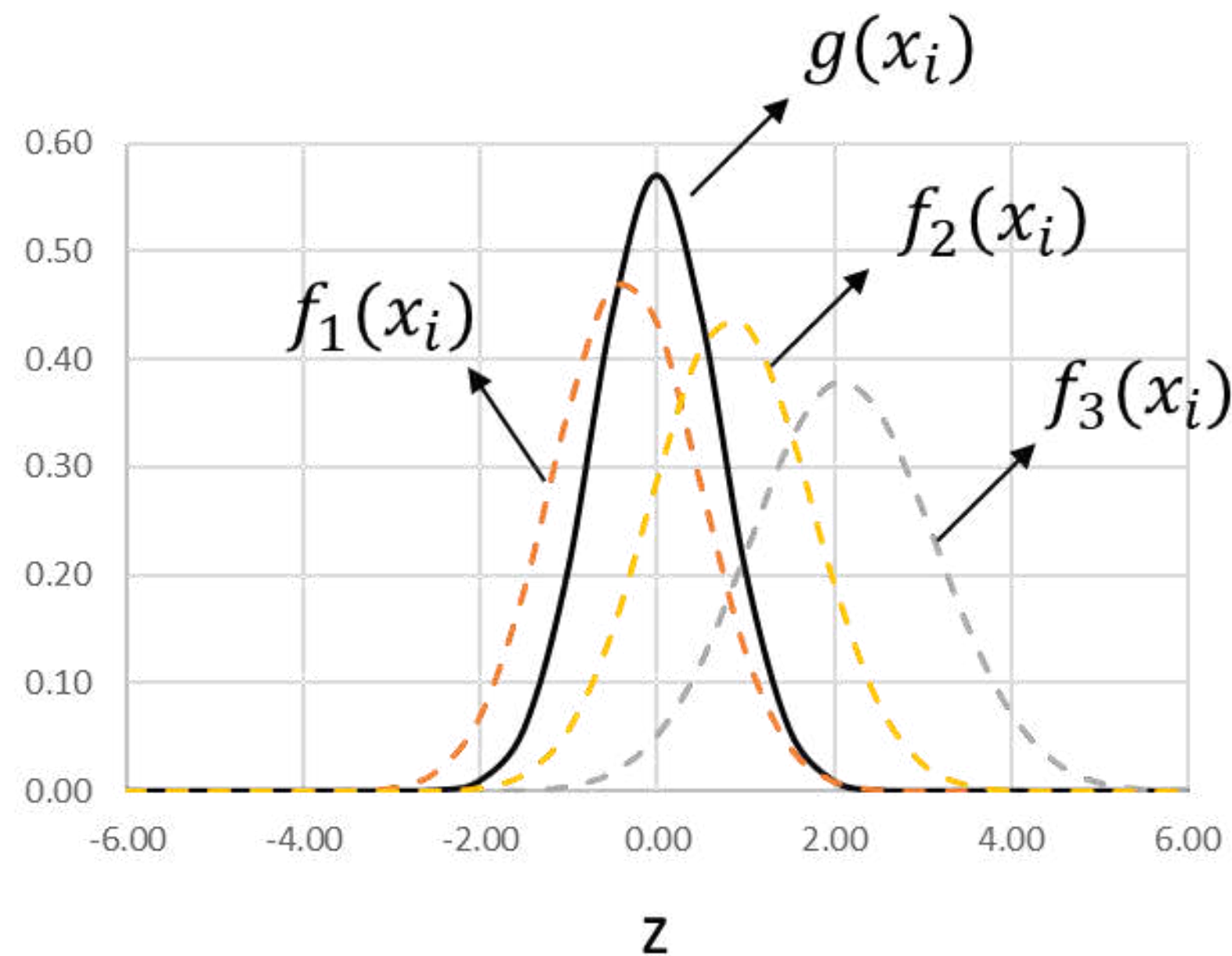
Figure 3.14(a) Distribution in magnitude-rupture distance space of recordings from 976 events that pass screening criteria (described in Chapter 4).

Bozorgnia et. al. (2020)

Interpretación de resultados

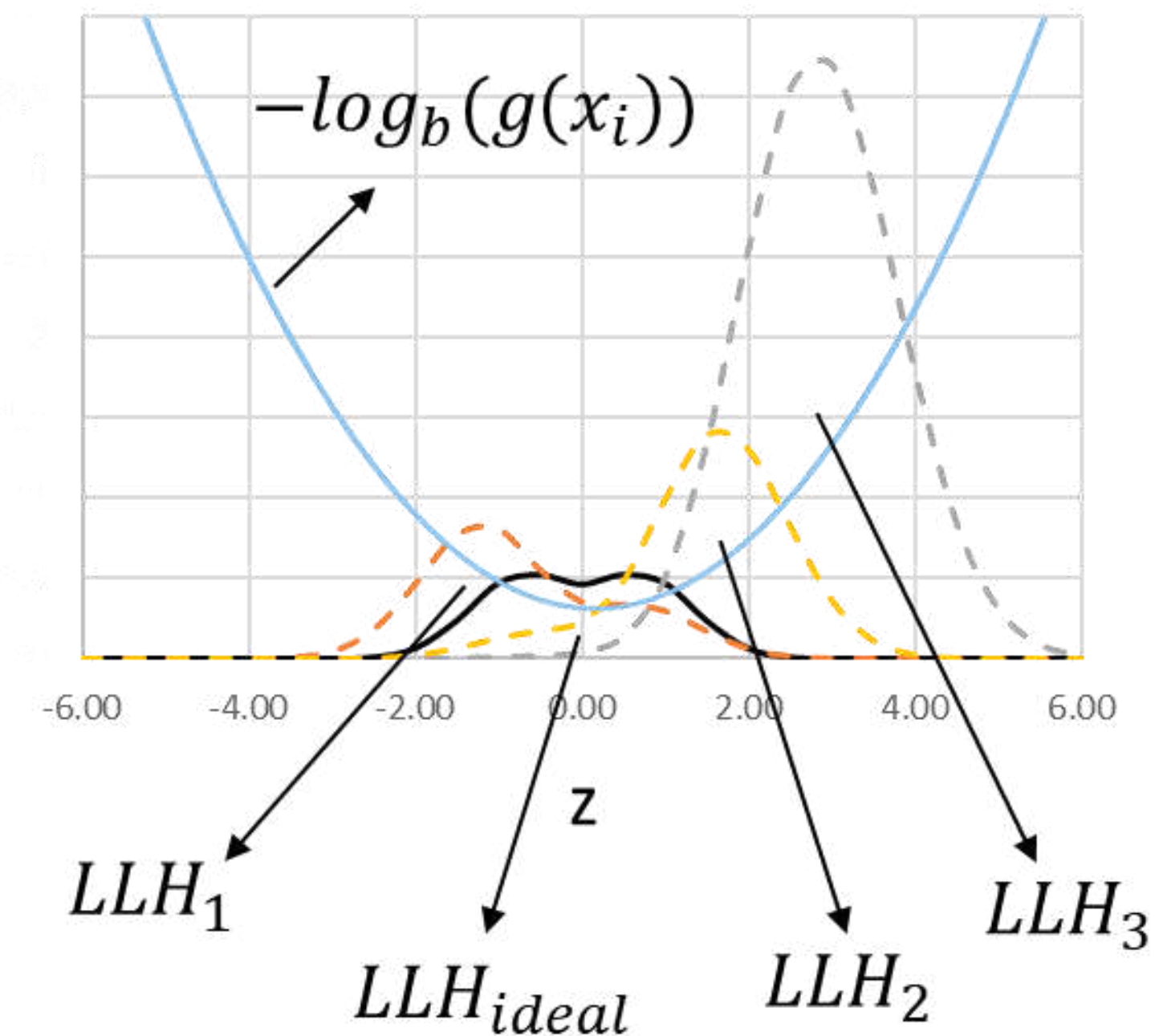
Evaluación de los GMM:

$$LLH = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_2(g(x_i)) \quad LLH = -\sum_{j=1}^K f(\tilde{x}_j) \log_b(g(\tilde{x}_j)) \Delta x.$$



Scherbaum et al. (2009)

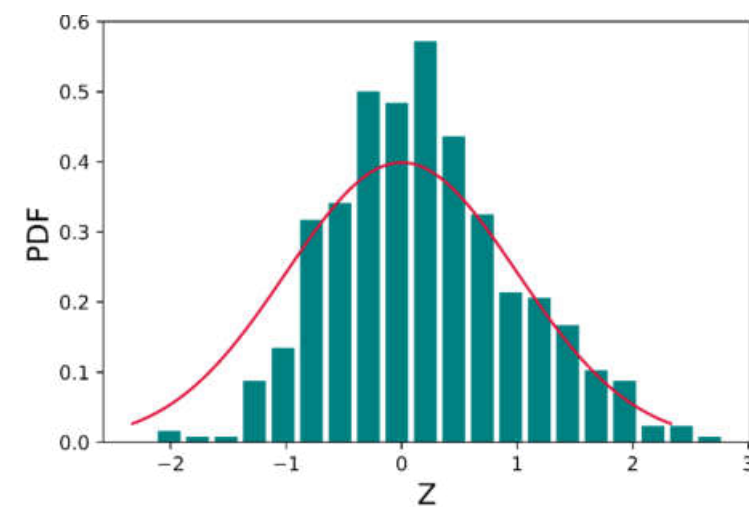
$$LLH_3 > LLH_2 > LLH_1 > LLH_{ideal} \neq 0$$



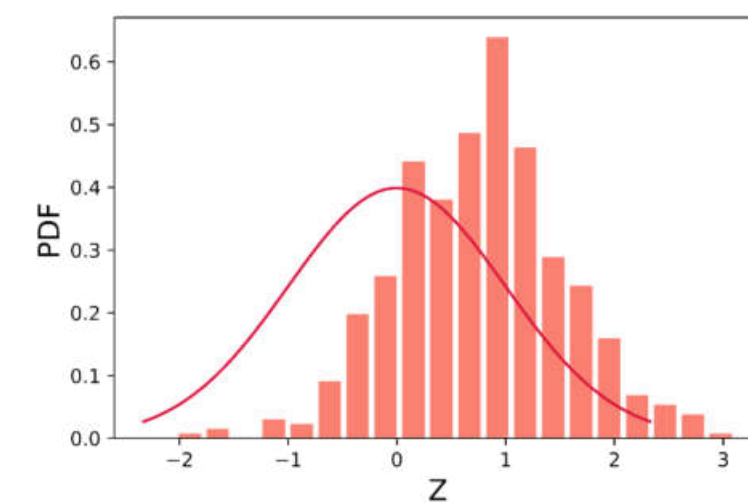
Interpretación de resultados

Evaluación de los GMM:

$$LLH = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log_2(g(x_i)) \quad LLH = -\sum_{j=1}^K f(\tilde{x}_j) \log_b(g(\tilde{x}_j)) \Delta x.$$



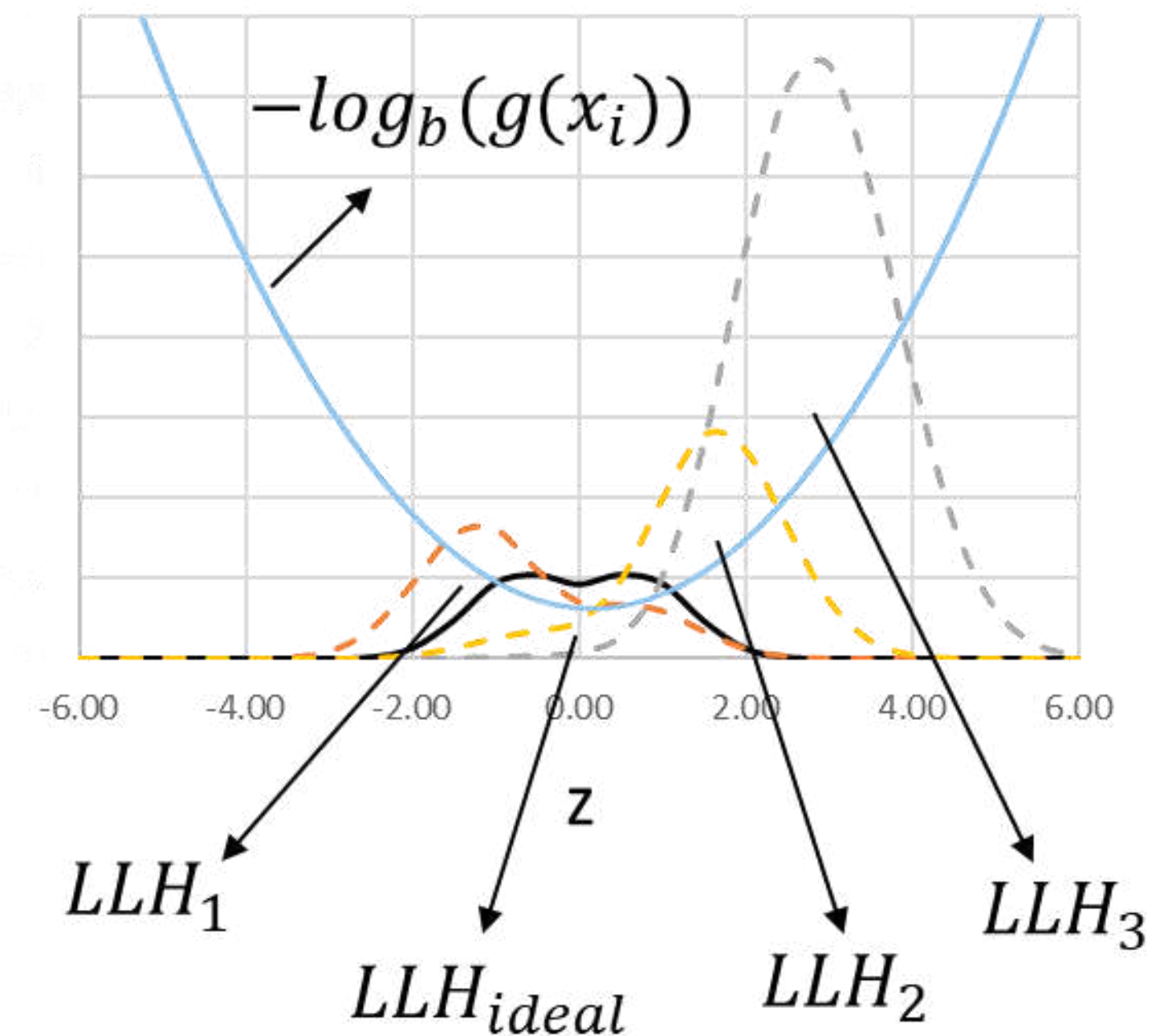
LLH_1



LLH_1

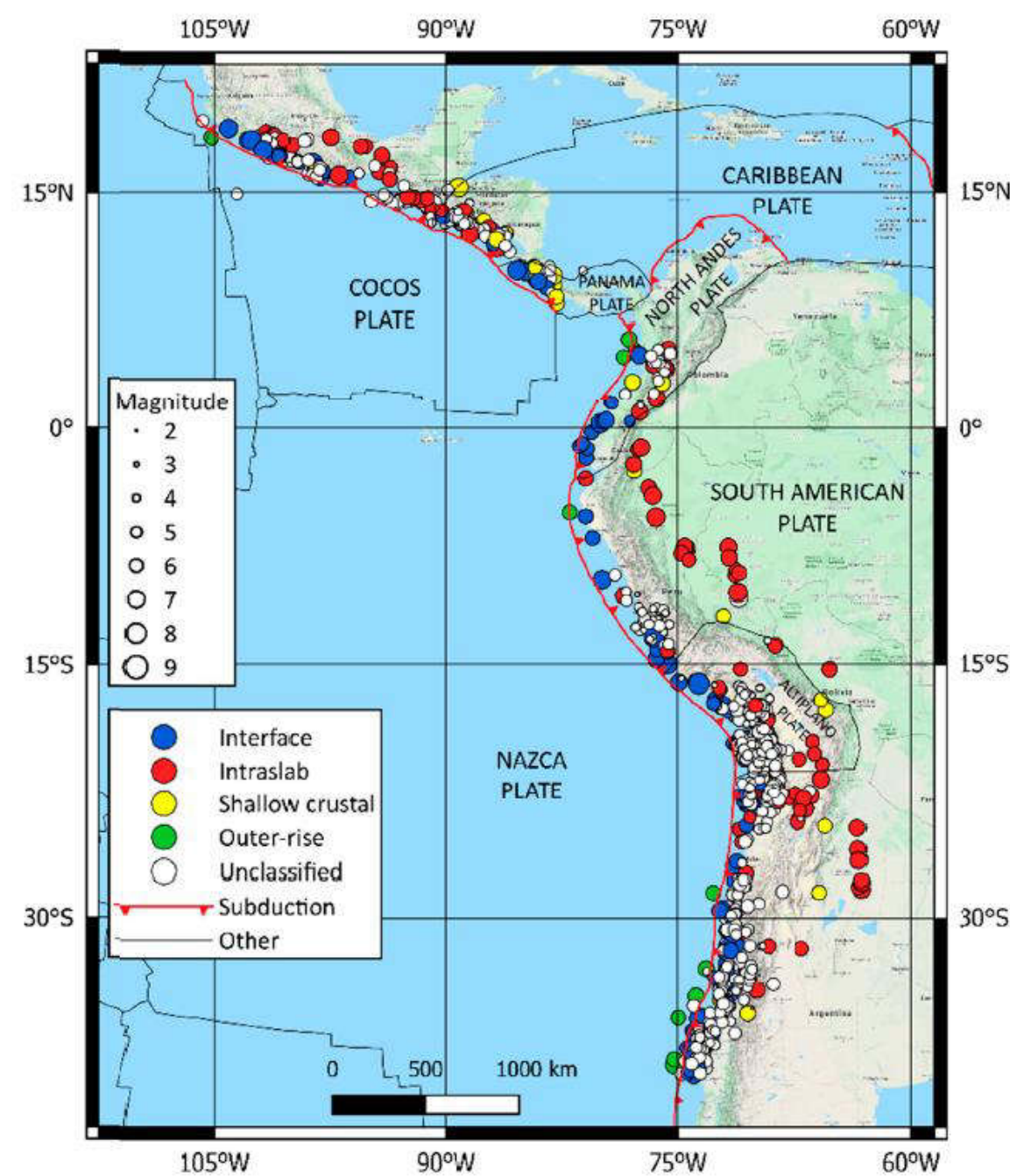
Scherbaum et al. (2009)

$$LLH_3 > LLH_2 > LLH_1 > LLH_{ideal} \neq 0$$

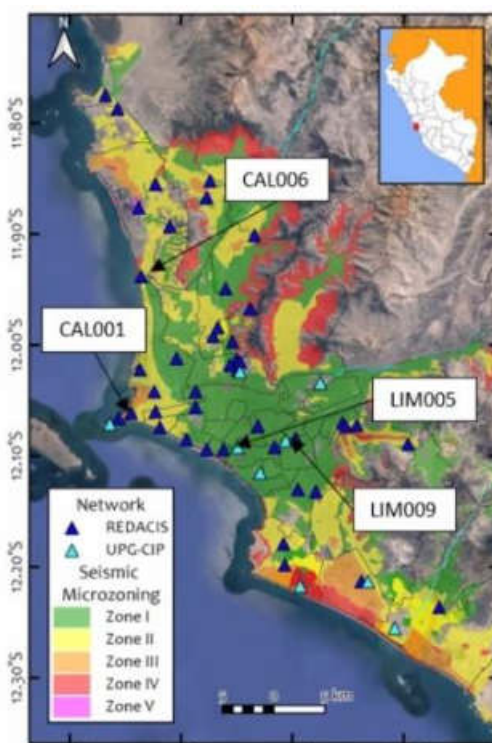


Interpretación de resultados

Evaluación de los GMM:

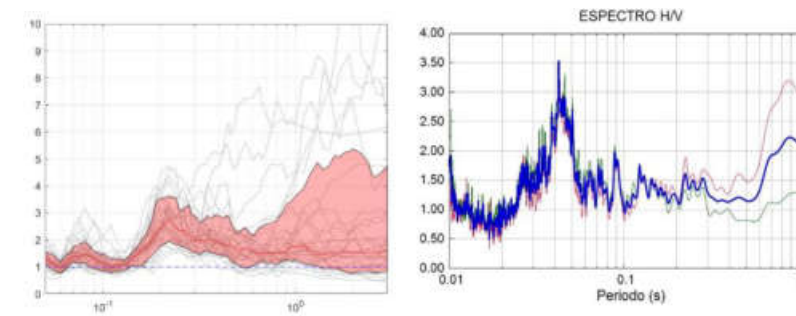
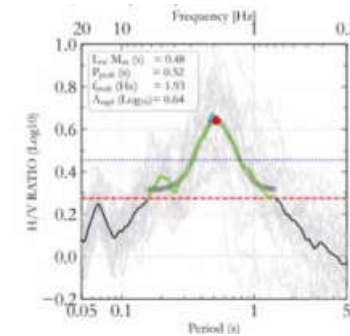


NGA-Sub
Bozorgnia et. al. (2020)

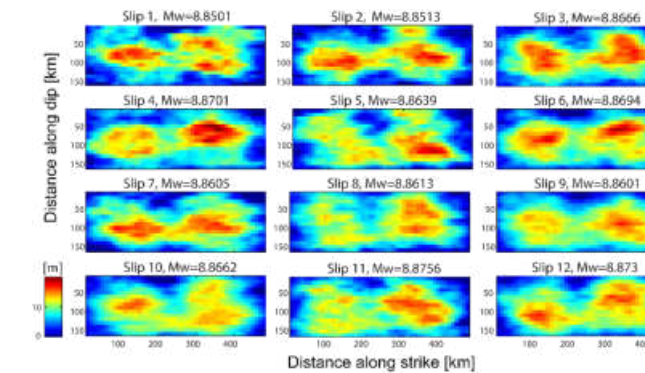
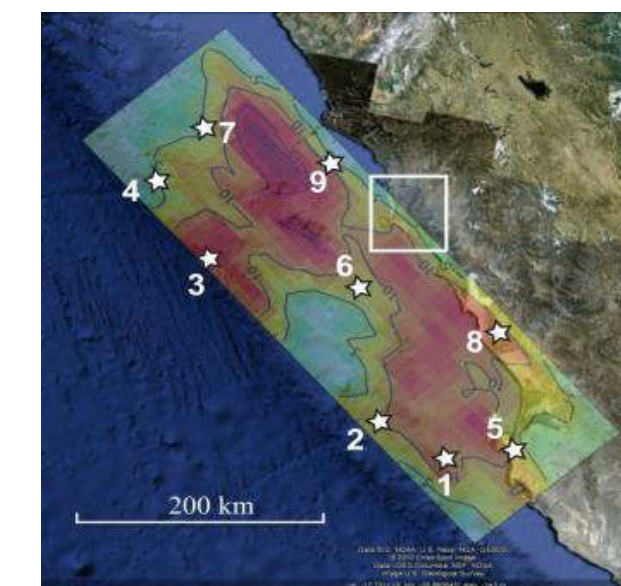


CISMID (2022)

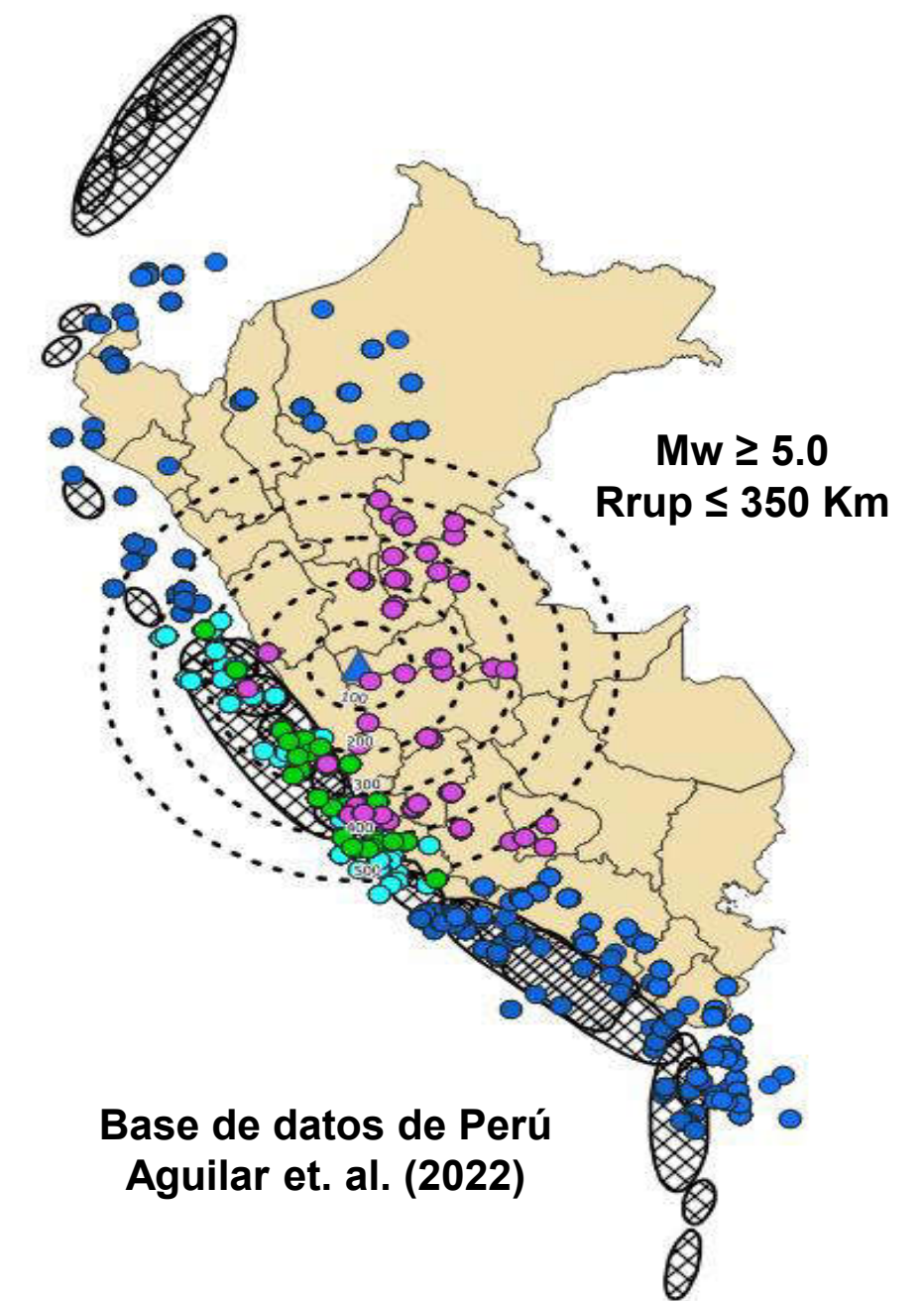
A. Ccahua-Laqui, C. Gonzales-Trujillo, L. Moya-Huallpa, L. Lazares-La Rosa, y F. Yamazaki, «Site dominant frequencies in Lima, Peru, by h/v spectral ratio of seismic records», *tecnia*, vol. 32, n.º 2, ago. 2022.



Procesamiento de registros en estaciones y ensayos de microtremor
Aguilar (2020 - 2022)



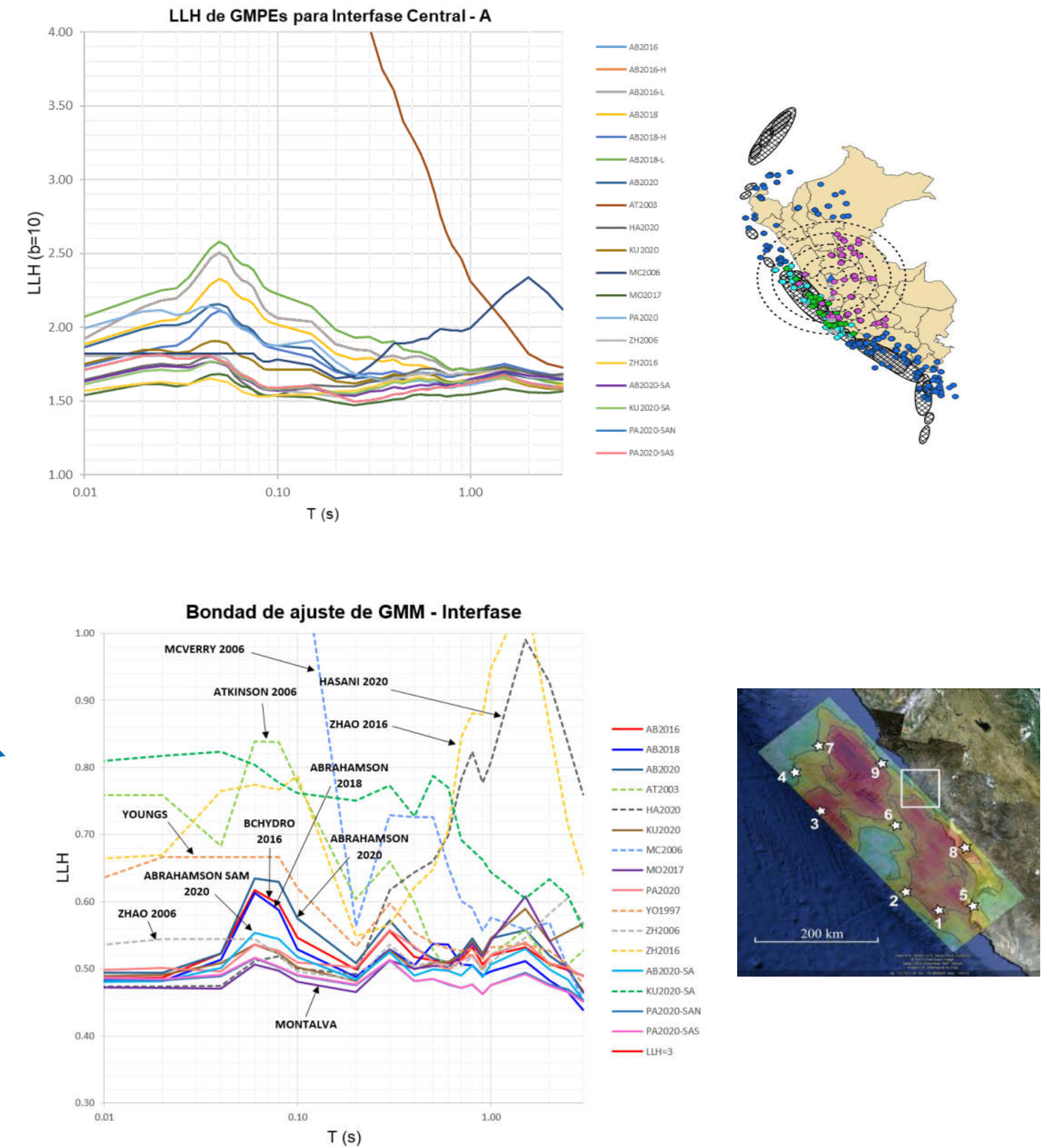
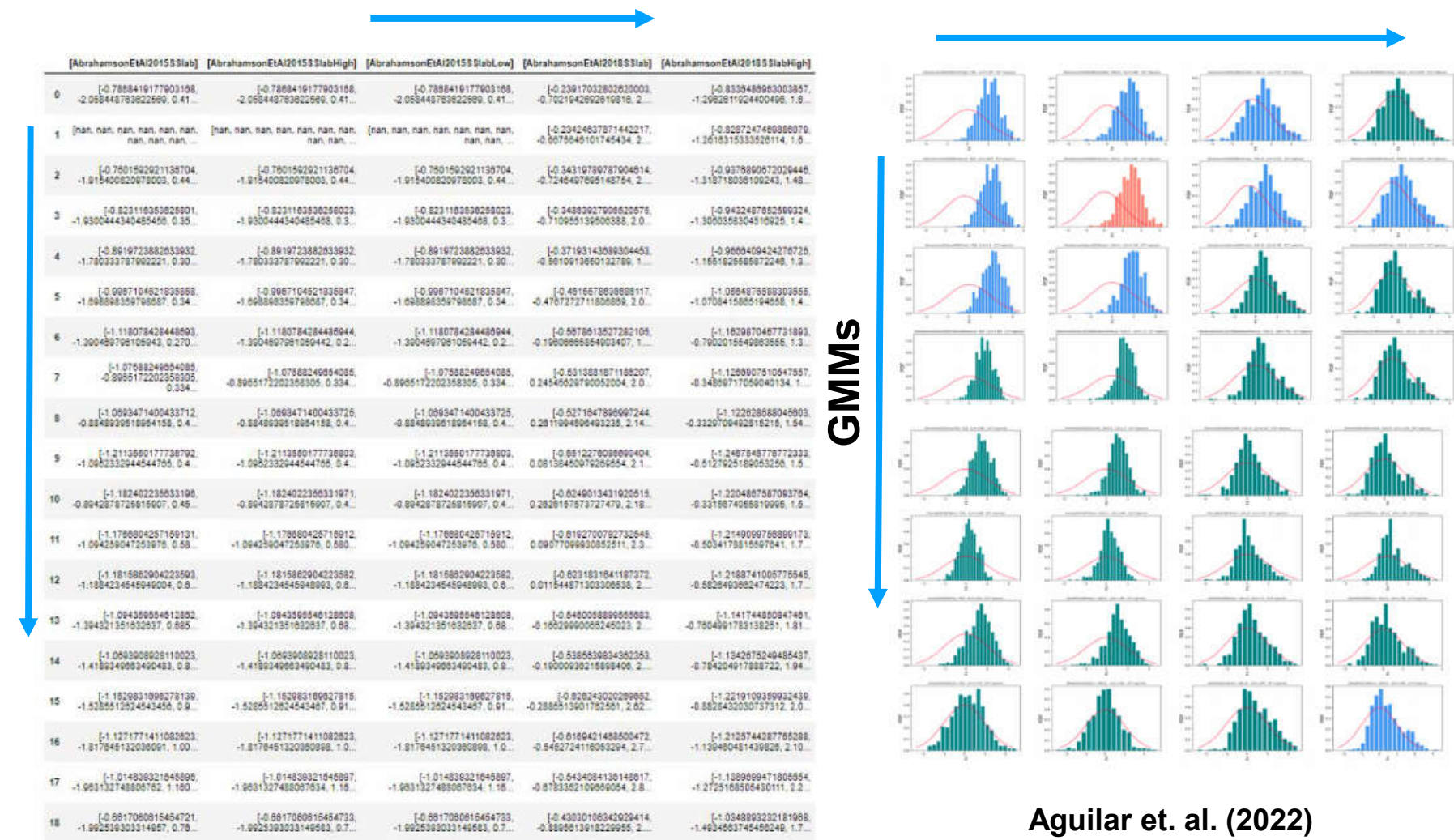
Funciones de Green
Pulido et al. (2015)



Base de datos de Perú
Aguilar et. al. (2022)

Interpretación de resultados

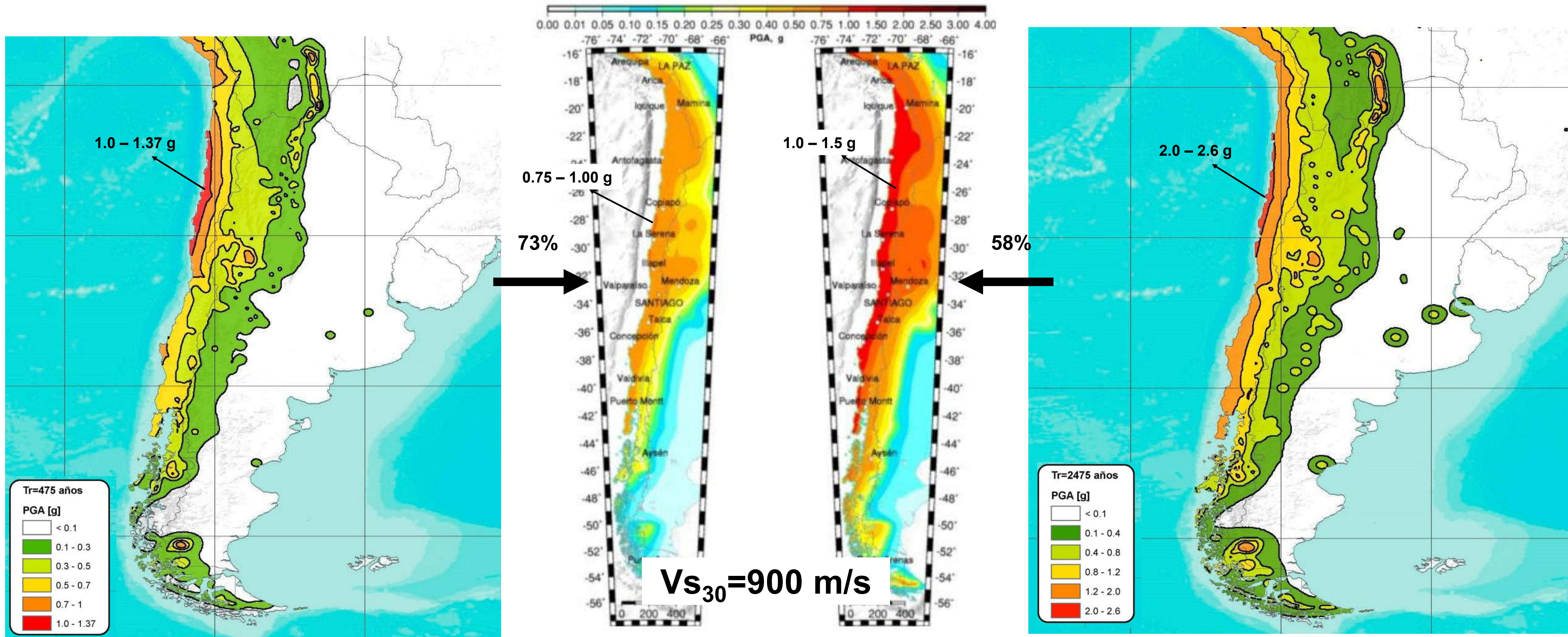
Evaluación de los GMM:



Interpretación de resultados

Diferencias con estudios locales

Interpretación de resultados

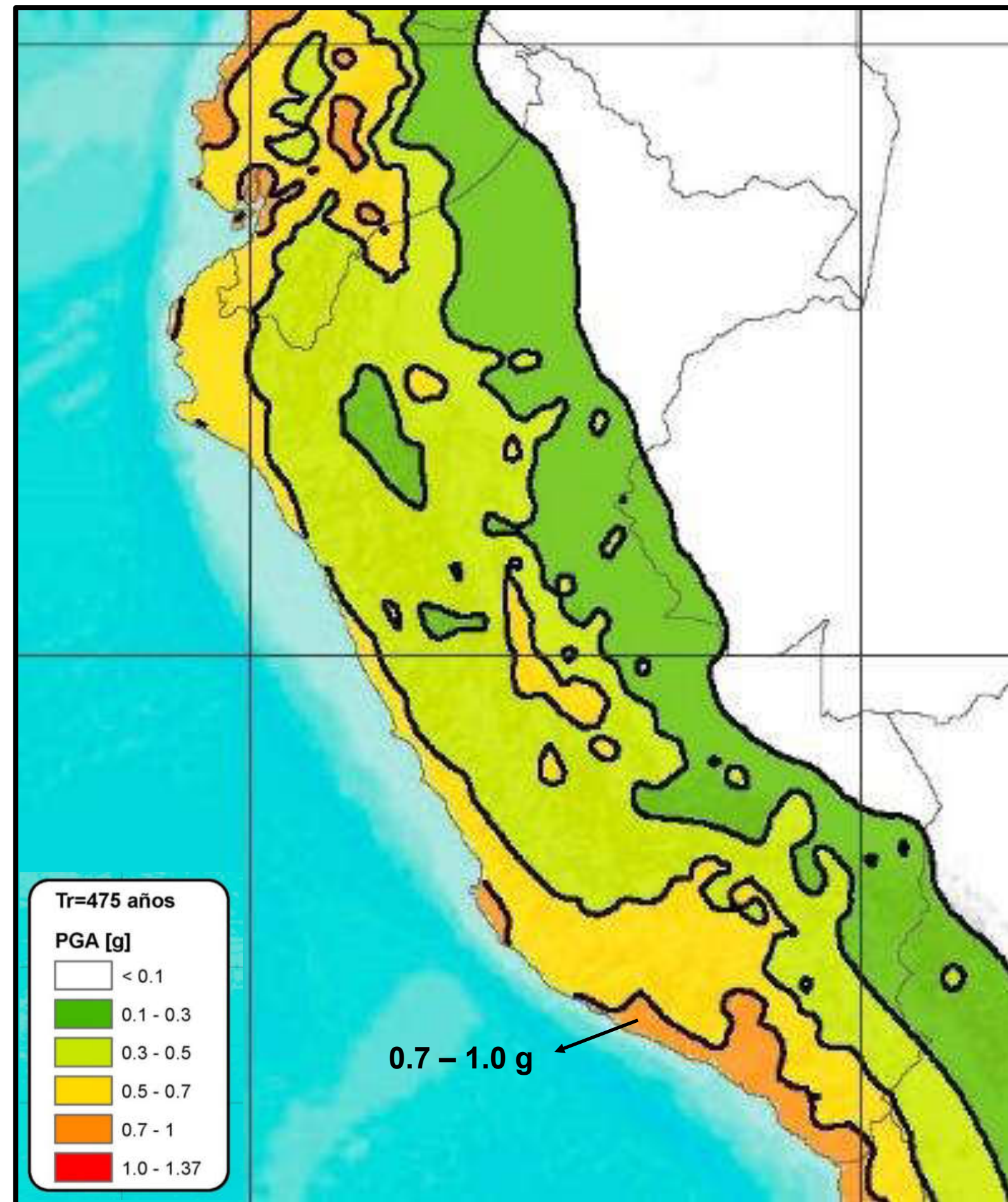


PGA, Tr=475 años (GEM, 2019)

PGA, Tr=475 y 2475 años (F. Medina, 2017)

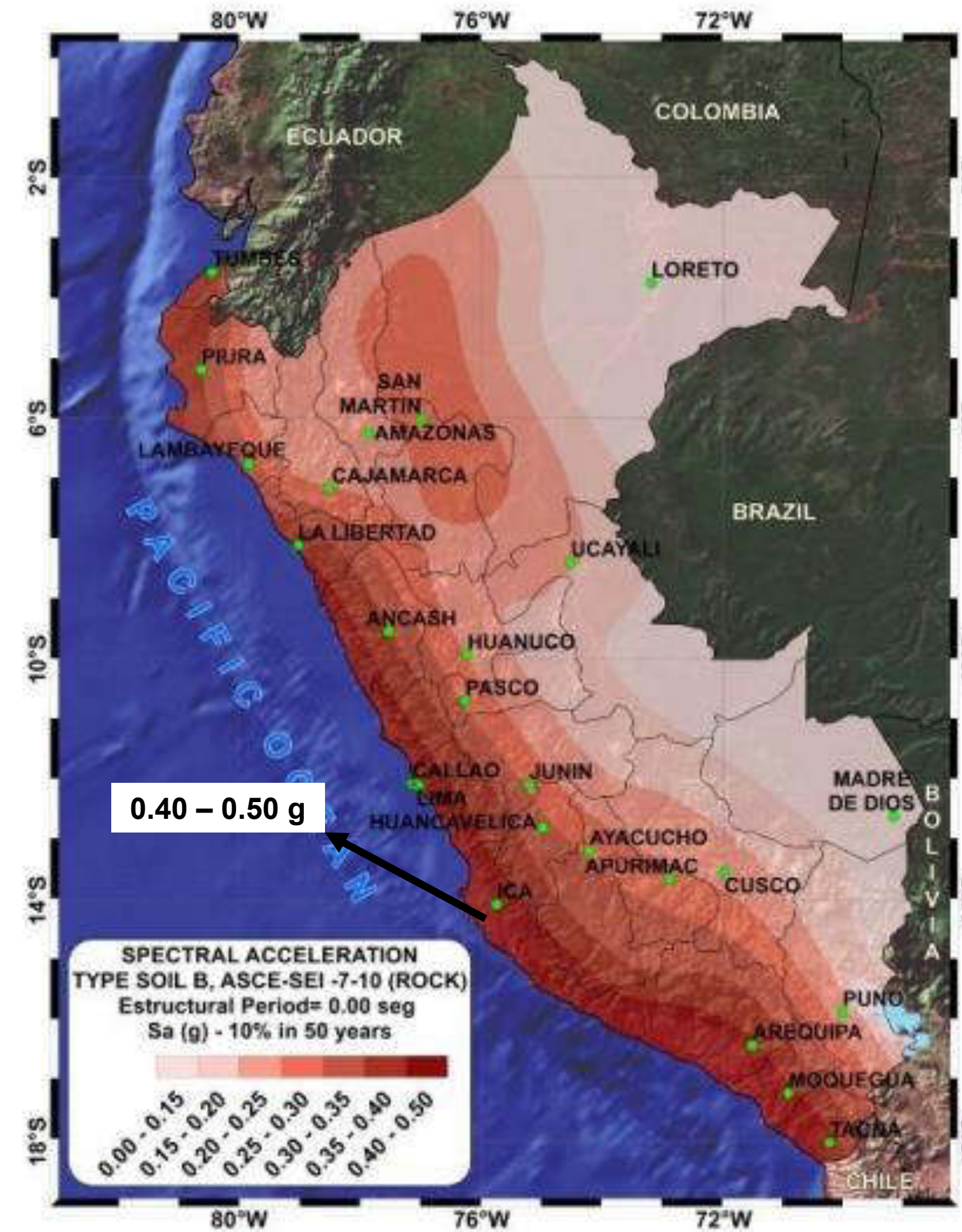
PGA, Tr=2475 años (GEM, 2019)

Interpretación de resultados



PGA, Tr=475 años (GEM, 2019)

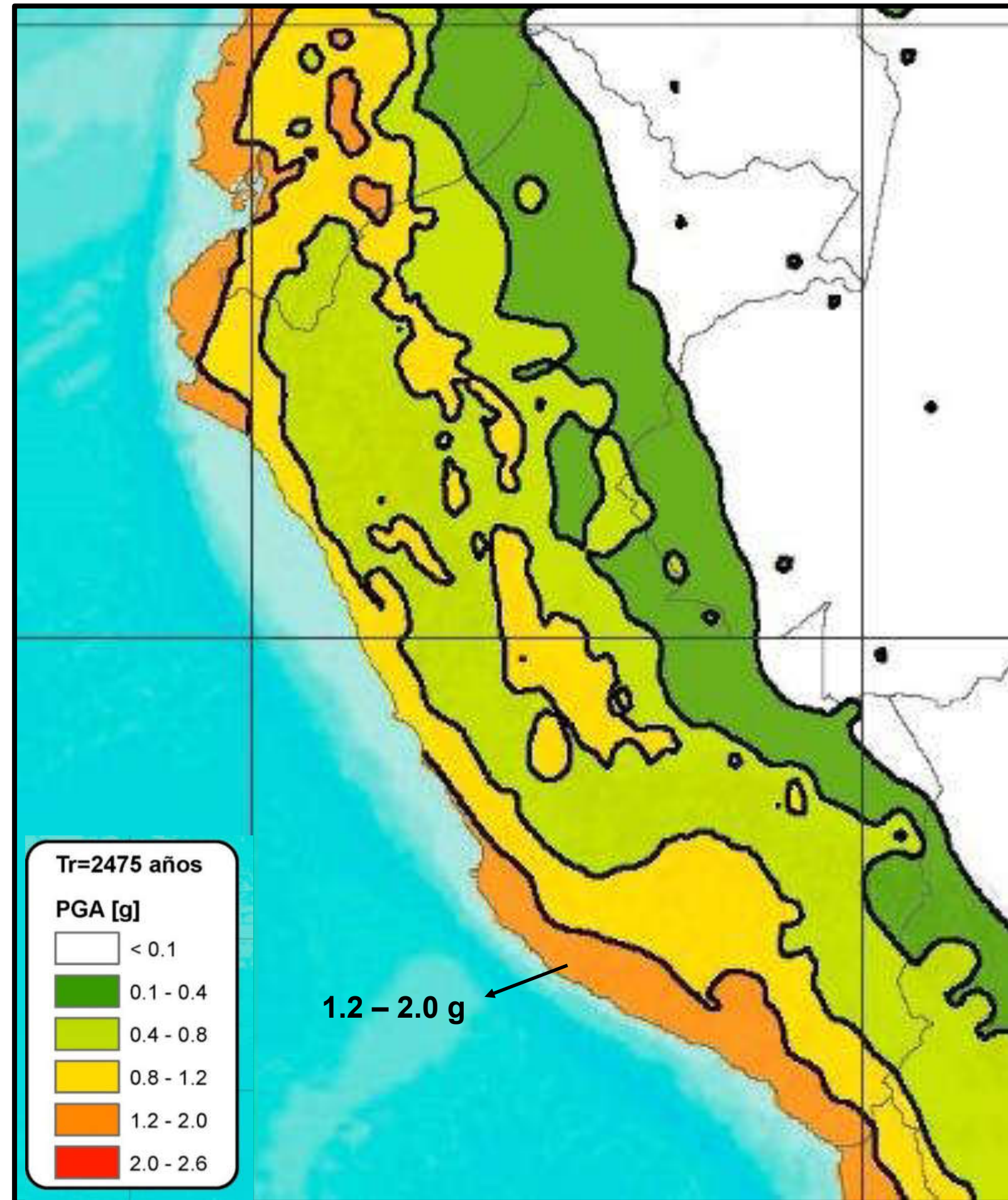
50%
→



PGA, Tr=475 años (Z. Aguilar, 2017)

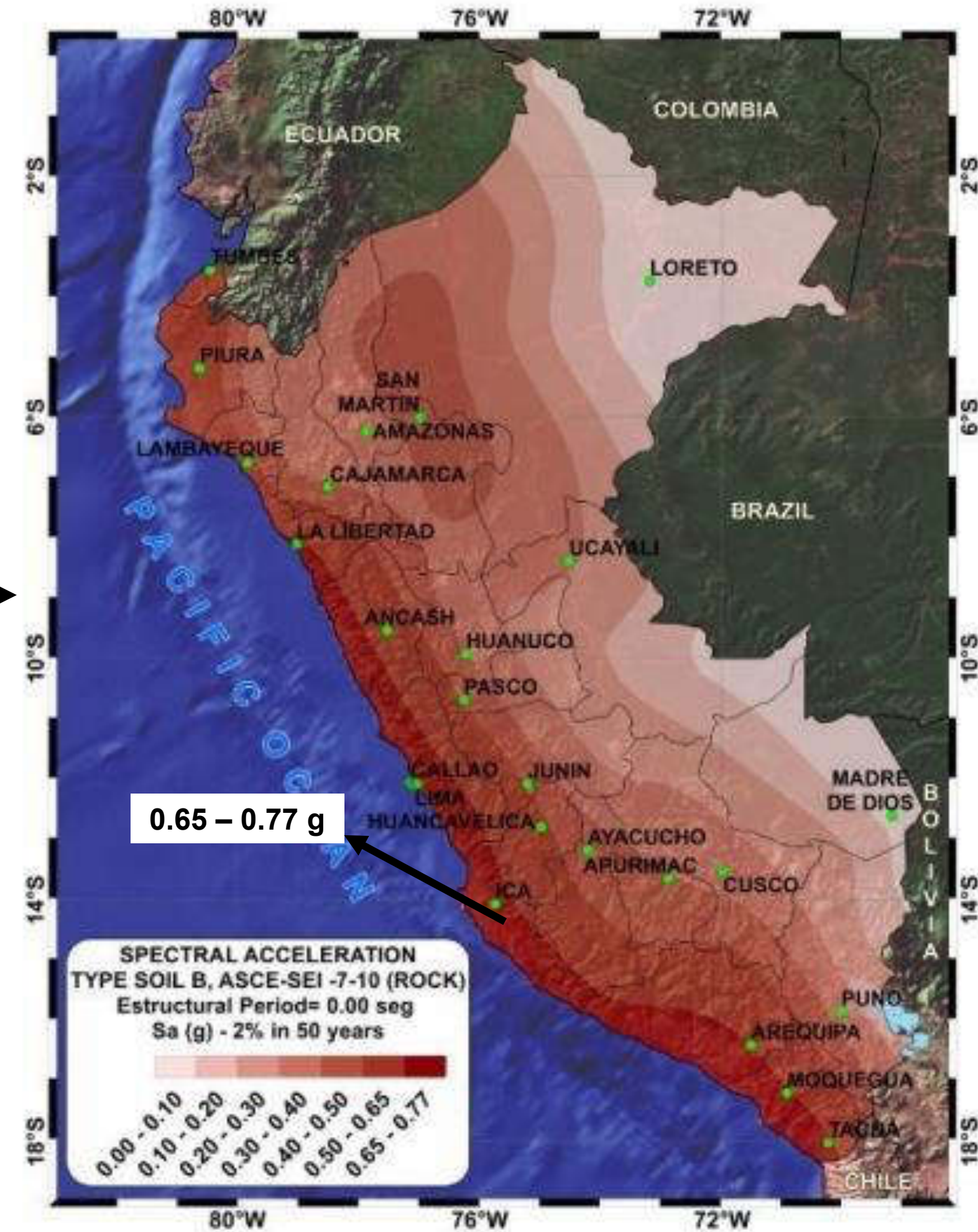
$V_{s30} = 760\text{ m/s}$

Interpretación de resultados



PGA, $T_r=2475$ años (GEM, 2019)

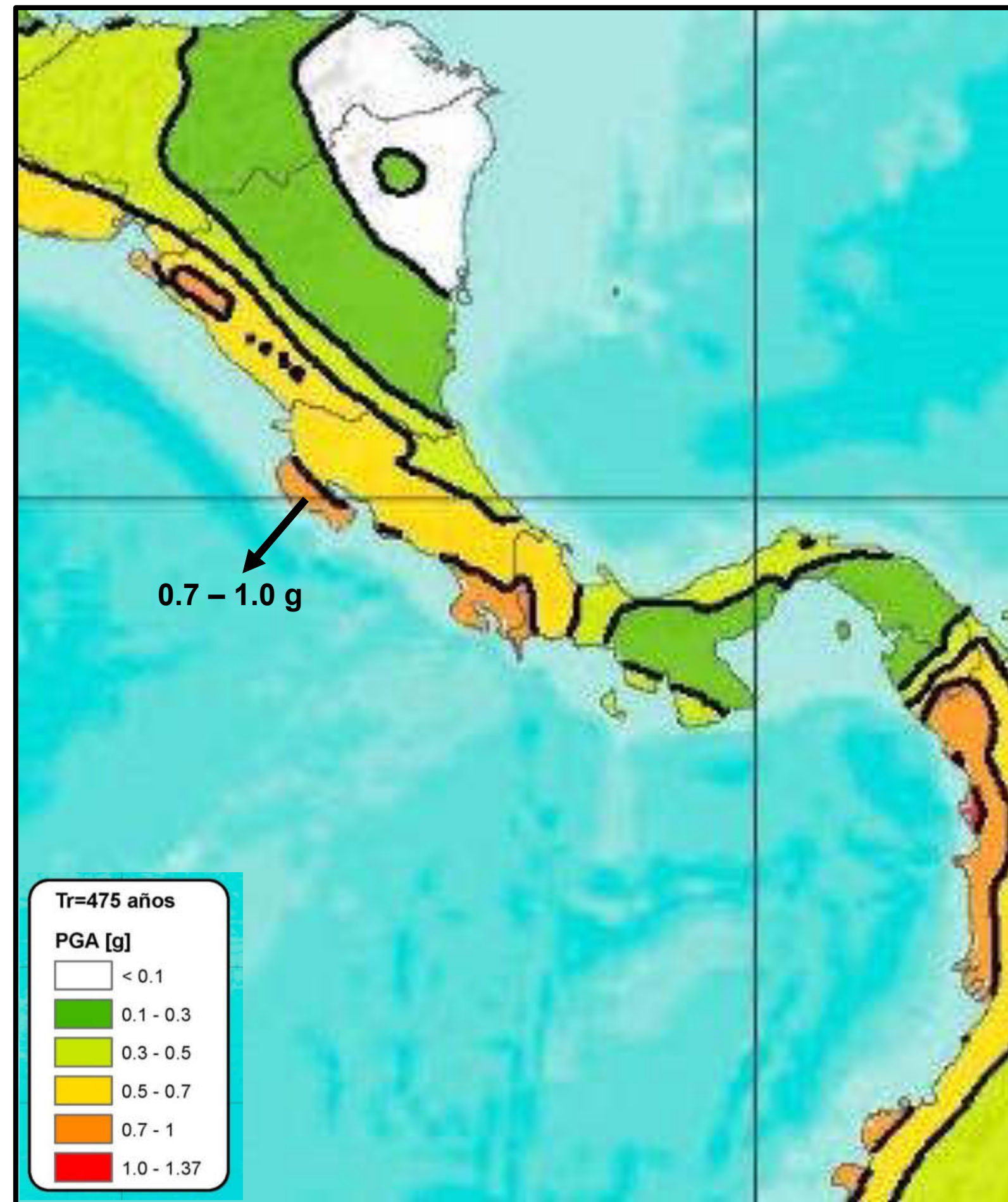
38.5%
→



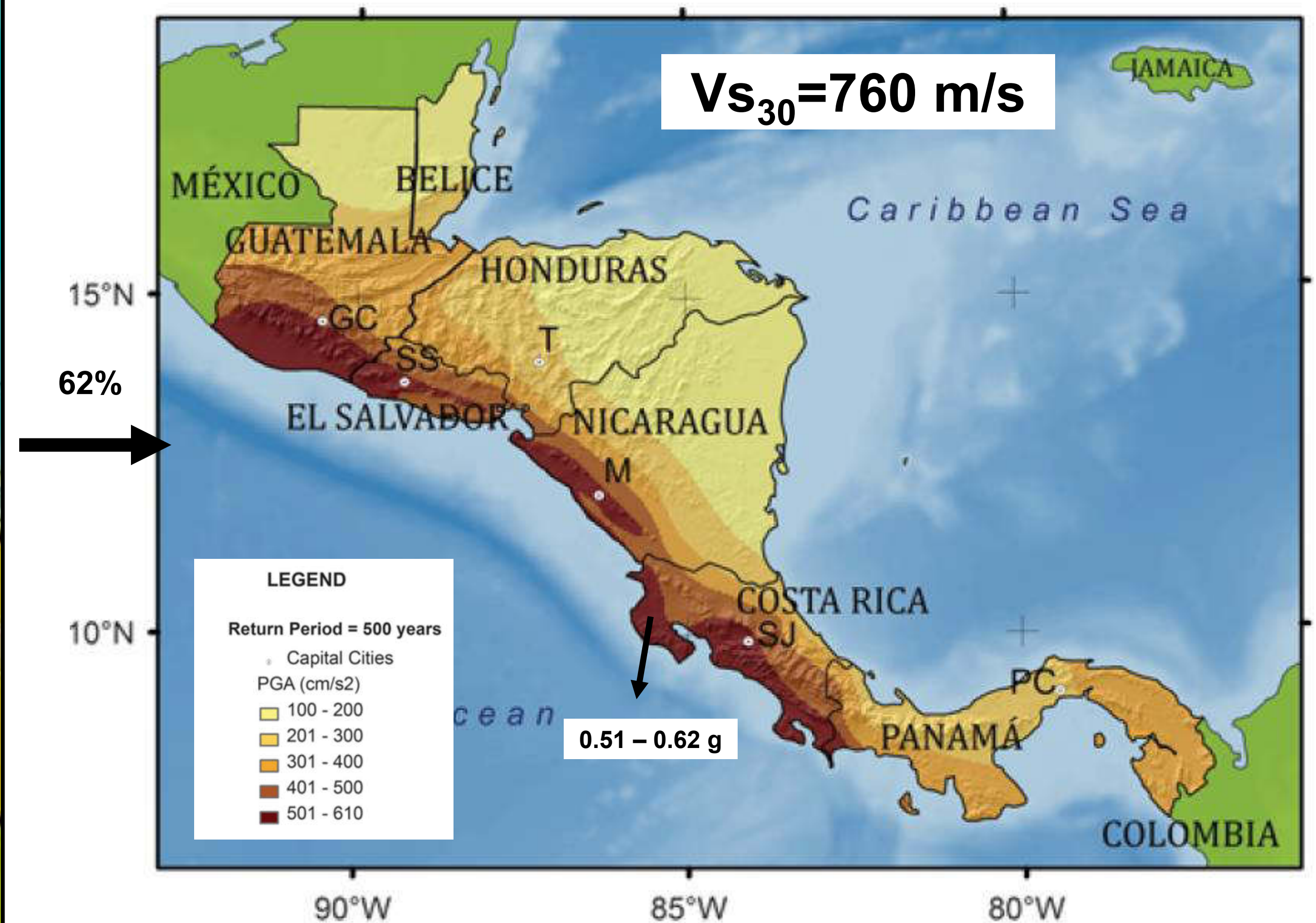
PGA, $T_r=2475$ años (Z. Aguilar, 2017)

$V_{s30}=760\text{ m/s}$

Interpretación de resultados

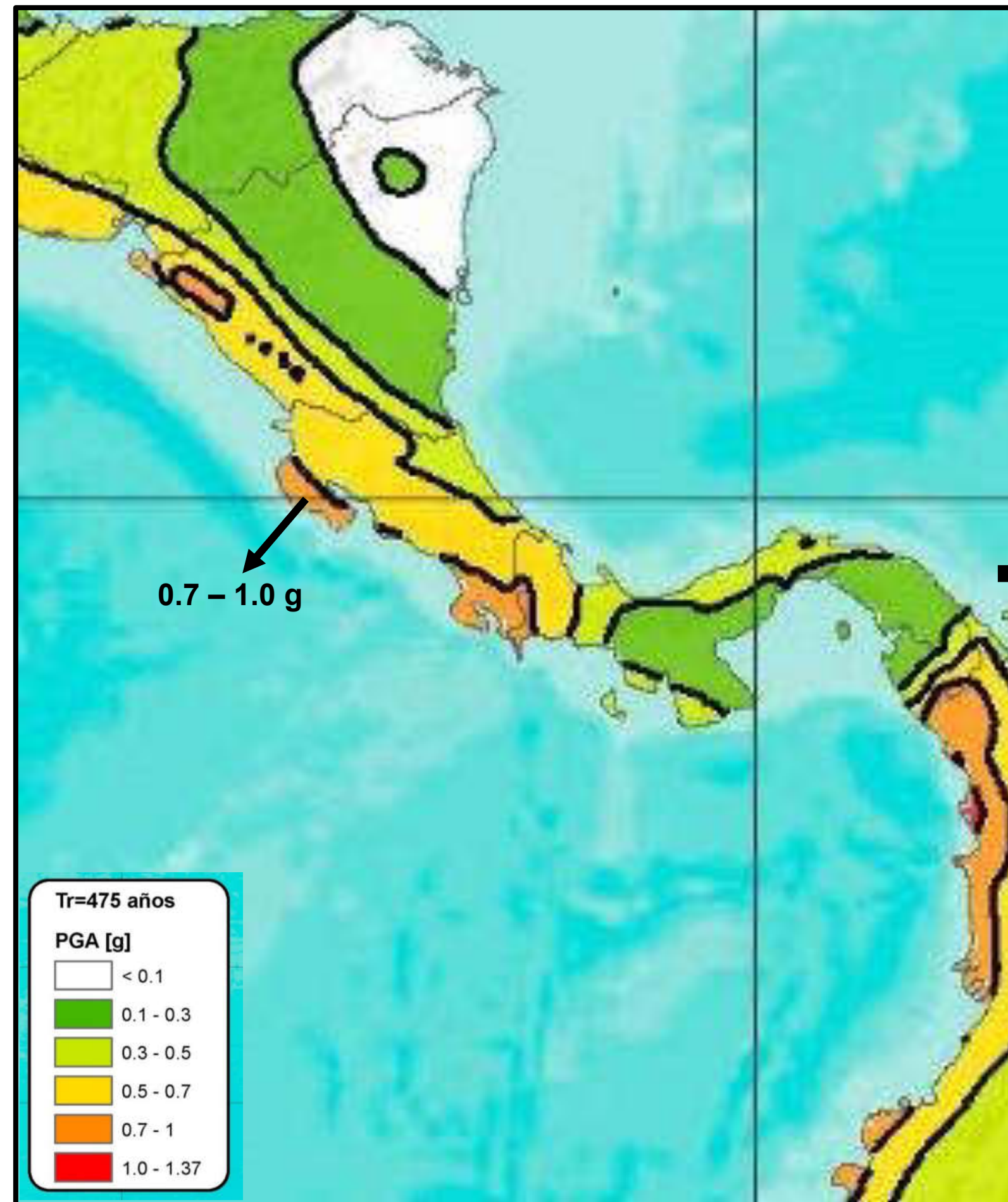


PGA, Tr=475 años (GEM, 2019)



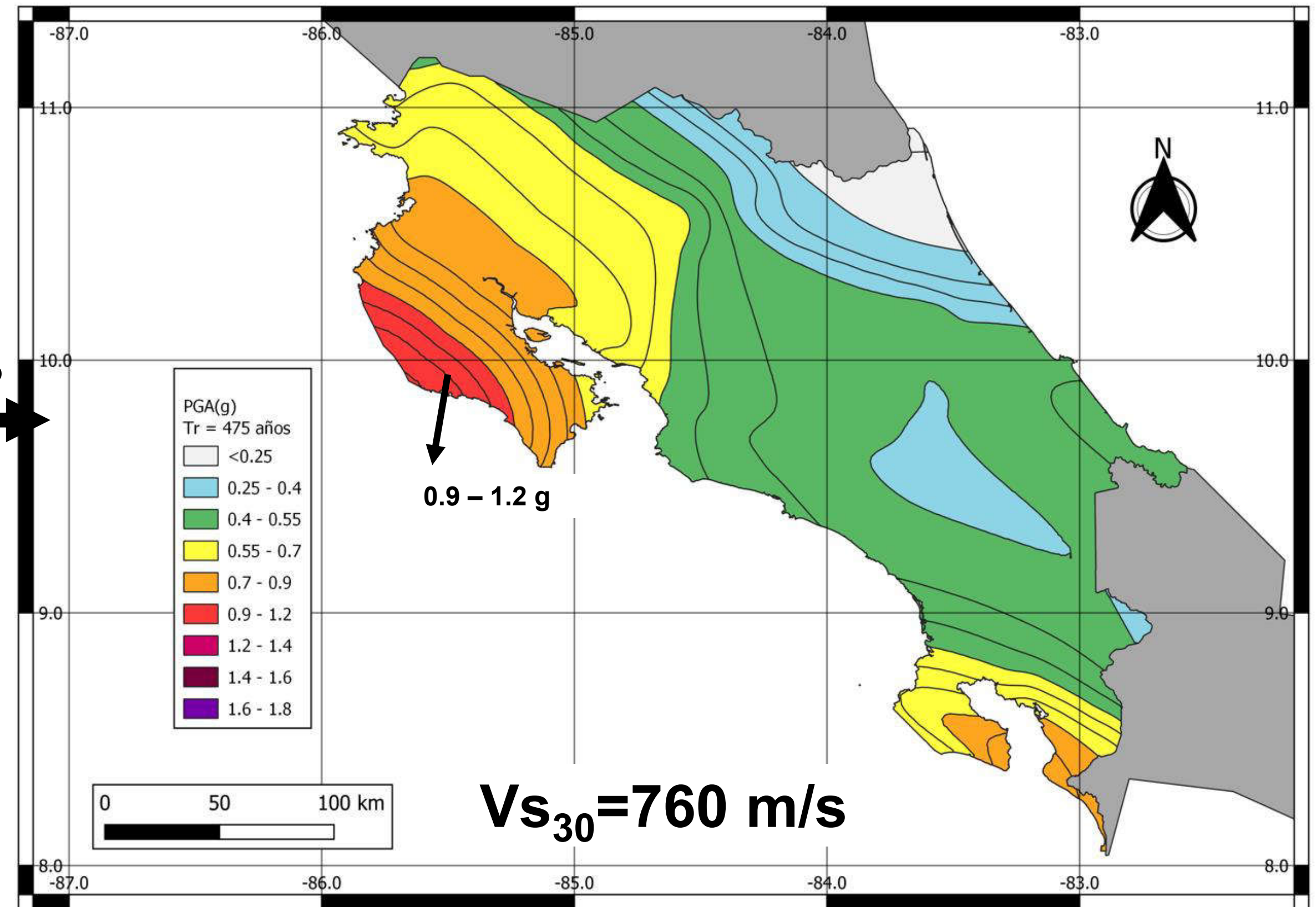
PGA, Tr=475 años (Benito, 2012)

Interpretación de resultados



PGA, Tr=475 años (GEM, 2019)

120%



PGA, Tr=475 años (Hidalgo, 2022)

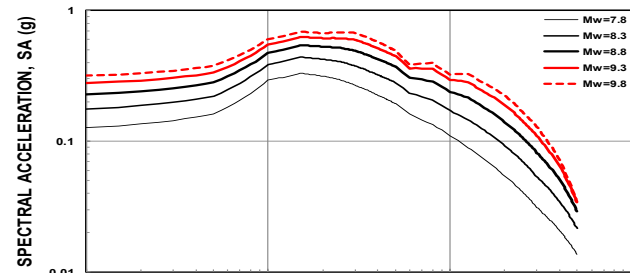
Muchas gracias!



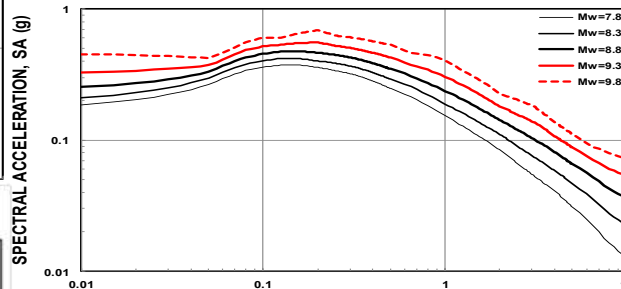
INTERPLACA SUBDUCCIÓN:

- **MEDIA PARA ESPECTROS DE RESPUESTA DE ACELERACIONES AL 5% DEL AMORTIGUAMIENTO CRÍTICO, PARA EVENTOS DE GRAN MAGNITUD EN ROCA, VS30 = 900 m/s.**

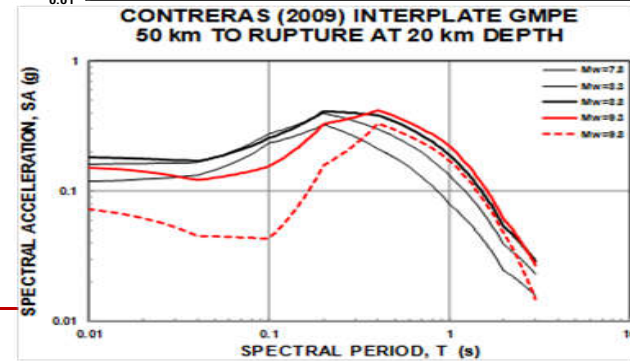
ZHAO *et al.* (2006) SUBDUCTION GMPE
50 km TO RUPTURE AT 20 km DEPTH



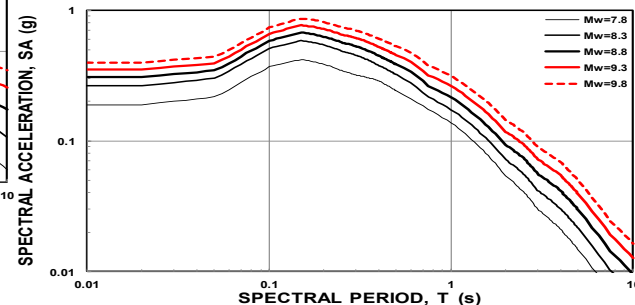
ATKINSON-MACÍAS (2009) SUBDUCTION GMPE
50 km TO RUPTURE AT 20 km DEPTH



CONTRERAS (2009) INTERPLATE GMPE
50 km TO RUPTURE AT 20 km DEPTH



ADDO *et al.* (2012) SUBDUCTION GMPE
50 km TO RUPTURE AT 20 km DEPTH

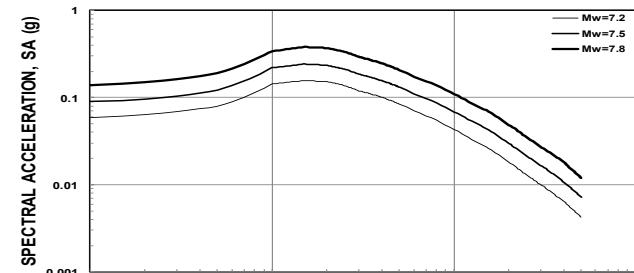




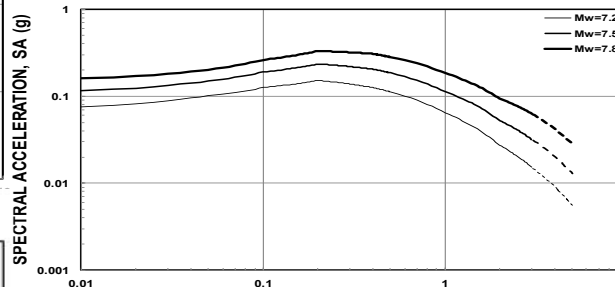
INTRAPLACA SUBDUCCIÓN:

- **MEDIA PARA ESPECTROS DE RESPUESTA DE ACELERACIONES AL 5% DEL AMORTIGUAMIENTO CRÍTICO, PARA EVENTOS DE MAGNITUD SEVERA EN ROCA, VS30 = 900 m/s.**

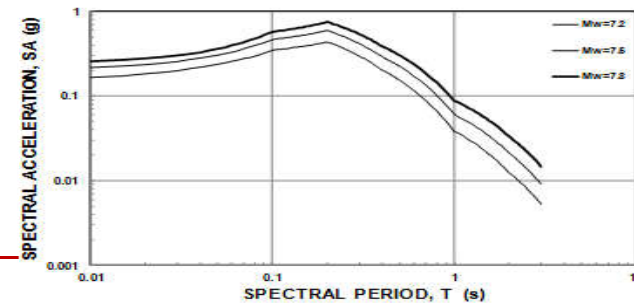
ZHAO *et al.* (2006) INTRAPLATE GMPE
100 km TO RUPTURE AT 40 km DEPTH



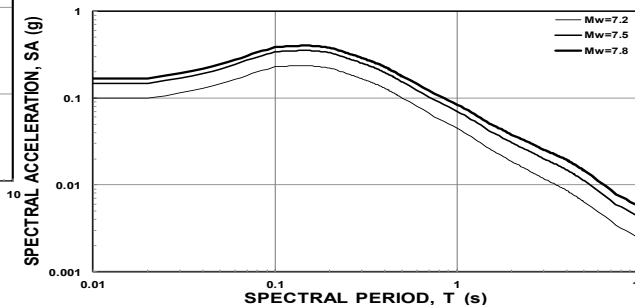
ATKINSON-BOORE (2003) INTRAPLATE GMPE
100 km TO RUPTURE AT 40 km DEPTH



CONTRERAS (2009) INTRAPLATE GMPE
100 km TO RUPTURE AT 40 km DEPTH



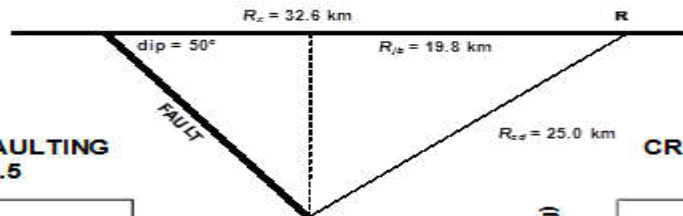
ADDO *et al.* (2012) INTRAPLATE GMPE
100 km TO RUPTURE AT 40 km DEPTH



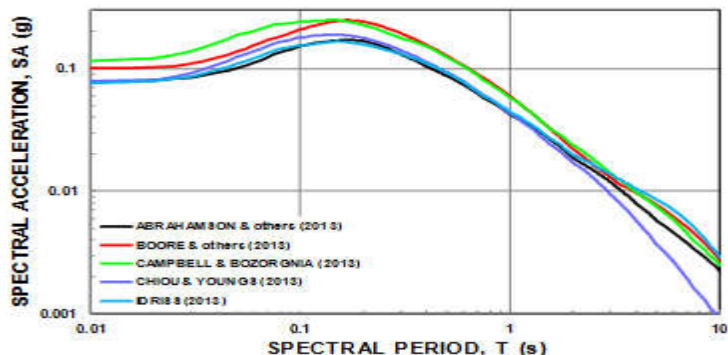


FALLAS CORTICALES, NGA West (2014):

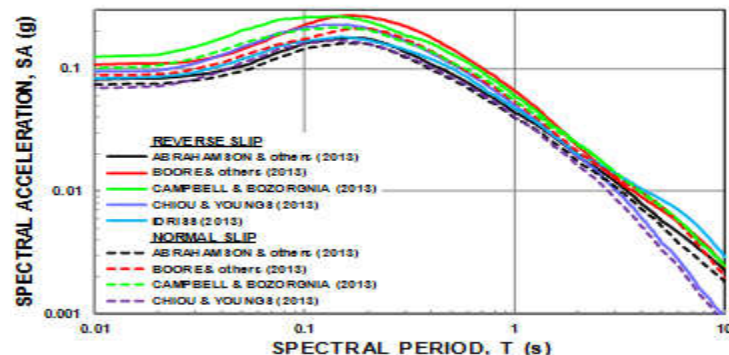
- **MEDIA PARA ESPECTROS DE RESPUESTA DE ACELERACIONES AL 5% DEL AMORTIGUAMIENTO CRÍTICO, PARA EVENTOS CON DISTINTOS MECANISMOS DE FALLA Y 6,5 DE MAGNITUD, EN ROCA, VS30=900 m/s.**



CRUSTAL GMPE FOR STRIKE SLIP FAULTING
25 km TO RUPTURE FOR $M_w=6.5$



CRUSTAL GMPE FOR DIP SLIP FAULTING
25 km TO RUPTURE FOR $M_w=6.5$





¡Gracias por su Atención!

Bucaramanga-Colombia, 26-28 Octubre 2022



EJEMPLO:

PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA:

$$PE(SA) = 1 - e^{-R_{ex}(SA)t}$$

t : INTERVALO DE TIEMPO (años) OBSERVADO

- **SISMO MÁXIMO DE DISEÑO, MDE (*Maximum Design Earthquake*)**
demanda de diseño prescrita por las normas:
 - **DEMANDA SE EXCEDE EL 10% DE LAS VECES QUE OCURRE UN EVENTO DURANTE UN PERIODO ARBITRARIO DE 50 AÑOS (EQUIVALE A UN EVENTO DE MAGNITUD TAL QUE TIENE UN PERIODO DE RETORNO DE 475 AÑOS).**
 - **INFRAESTRUCTURA PUEDE DAÑARSE, QUIZÁS IRREPARABLEMENTE, PERO NO DEBE COLAPSAR.**

ACELERACIÓN ESPECTRAL, R_{ex} , SE ENCUENTRA RESOLVIENDO LA ECUACIÓN:

$$0.10 = 1 - e^{-R_{ex}(SA)50}$$



RELACIÓN DE GUTENBERG-RICHTER (1944):

▪ MODELO DISCRETIZADO:

- EN EL ESPACIO, MALLA DE $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$.
- EN EL DOMINIO DE LAS MAGNITUDES, $M \pm \Delta M$ ($M = M_{\text{mín}}, \dots, M_{\text{máx}}$).

▪ MODELO DISCRETIZADO \rightarrow TASAS DE EXCEDENCIA INCREMENTAL:

$$a = A + \log(10^{b\Delta M/2} - 10^{-b\Delta M/2})$$

A = LOGARITMO DE LA TASA ACUMULATIVA

a = LOGARITMO DE LA TASA INCREMENTAL

▪ VERIFICACIÓN DE COMPLETITUD, ALGORITMO DE STEPP (1972):

- $M_{\text{mín}} = M_{\text{mín}} + \Delta M$, SI TASAS DEL MODELO $>$ TASAS HISTÓRICAS.

MAPA DE AMENAZA SÍSMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Francisco Medina
FME Engineering



- I. Preámbulo**
- II. Introducción**
- III. Procedimiento del Trabajo a Desarrollar**
- IV. Modelo Probabilístico de la Amenaza Sísmica**
- V. Sismicidad y Segmentación**
- VI. Caracterización de las Zonas Sismo-Génicas**
- VII. Amenaza Sísmica: Resultados y Verificaciones**
- VIII. Desafíos Futuros (Permanentes)**

I. PREÁMBULO



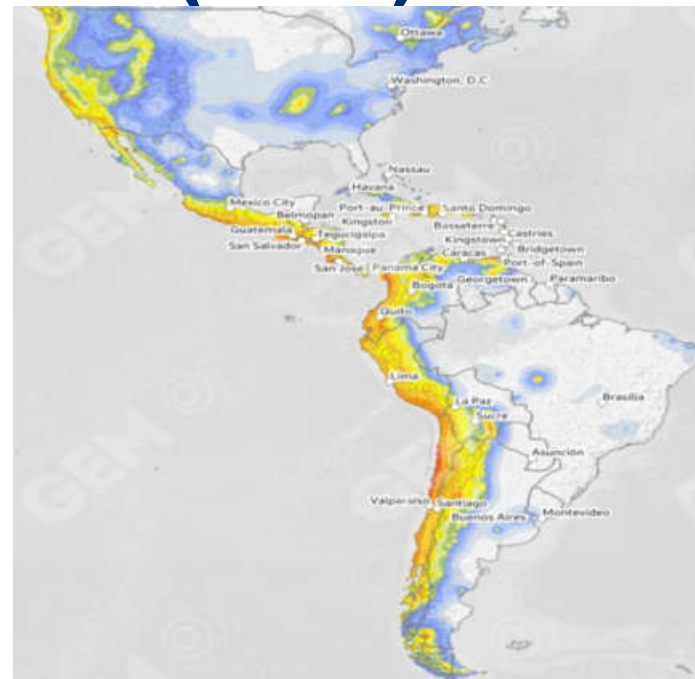
COMITÉ DE AMENAZA DEL CMS AL&EC:

- **Zenón Aguilar, Perú**
- **Miguel F. Cruz, Costa Rica**
- **Omar G. Flores, Guatemala**
- **Carlos Gamboa, Guatemala**
- **Diego Hidalgo, Costa Rica**
- **Francisco Medina, Chile/EE.UU.**
- **Héctor O'Reilly, República Dominicana**
- **Juan Carlos Tarazona, Perú**



GLOBAL EARTHQUAKE MODEL (GEM) PAVÍA, ITALIA:

– Marco Pagani





MAPA OBTENIDO DE GEM:

- Preliminar Básico.**
- Genérico.**
- Punto de Partida.**
- Verificación Regional.**
- A ser modificado para representar las particularidades de cada región, con mayor precisión, de acuerdo a experiencia y conocimientos locales.**



- **Representante Local.**
- **Compilar Requisitos Particulares de Tectónica y Sismicidad Locales.**
- **Implementaciones Incrementales que Modifiquen Modelo GEM.**

II. INTRODUCCIÓN



DESARROLLO DE UN MAPA DE AMENAZA SÍSMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE:

- **TEORÍA Y METODOLOGÍA DE ACUERDO A MÉTODOS CIENTÍFICOS:**
 - **SISMO-TECTÓNICA FORMA PARTE DEL MODELO FÍSICO.**
 - **REGIÓN SEGMENTADA DE ACUERDO A ZONAS SISMO-GÉNICAS.**



DESARROLLO DE UN MAPA DE AMENAZA SÍSMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE:

- **MODELO DE RIESGO PARA CADA ZONA SISMO-GÉNICA INTEGRAL:**
 - **CATÁLOGO DE EVENTOS QUE CUMPLE PRINCIPIOS DE: HOMOGENEIDAD, INDEPENDENCIA, UNICIDAD Y COMPLETITUD.**
 - **SISMICIDAD Y PRODUCTIVIDAD SÍSMICA (G-R & $M_{\text{mín}}$, $M_{\text{máx}}$).**
 - **RELACIONES DE ATENUACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS (GMPE).**
 - **RIESGO SISMO-GEOLÓGICO/GEOTÉCNICO (VS30).**



OBJETIVOS:

▪ MAPA DE AMENAZA SÍSMICA.

- **PERIODO DE RETORNO.**

[p.ej., 475 años o 10% probabilidad de excedencia en 50 años].

- **COORDENADAS ESPECTRALES [p.ej., PGA, Psa(T = 1 s)].**

- **CARACTERIZACIÓN DEL SUELO [p.ej., VS30 = 900 m/s].**



ETAPAS:

- **CATÁLOGO DE EVENTOS SÍSMICOS.**
- **CARACTERIZACIÓN DE LA SISMICIDAD.**
- **INTEGRACIÓN EN MODELO COMPUTACIONAL DE AMENAZA GEM.**
- **PROBABILIDADES DE OCURRENCIA / PERIODOS DE RETORNO.**
- **MAPA DE AMENAZA SÍSMICA.**

III. PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO A DESARROLLAR



TRABAJO A DESARROLLAR EN CADA PAÍS MIEMBRO:

- **CREAR COMITÉ DE AMENAZA O NOMBRAR REPRESENTANTE.**
- **ESTUDIAR RESULTADOS DEL MAPA DE AMENAZA GEM EN EL PAÍS.**
- **COMPARAR MAPA GEM CON MAPA LOCAL USADO EN LAS NORMAS VIGENTES U OTROS ESTUDIOS.**
- **ENVIAR AL COMITÉ DE AMENAZA OBSERVACIONES Y DIFERENCIAS ENCONTRADAS EN EL MAPA DE GEM EN RELACIÓN AL LOCAL.**
- **ESTUDIAR LOS DATOS SUMINISTRADOS AL MODELO DE GEM.**
- **DETERMINAR LOS PARÁMETROS QUE PODRÍAN GENERAR ESTAS DIFERENCIAS, EN TÉRMINOS DE TECTÓNICA Y SISMICIDAD LOCALES.**
- **ENVIAR INFORMACIÓN PARA MODIFICAR EL MODELO GEM E INCLUIRLA EN LA PRÓXIMA ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE AMENAZA PARA AL&EC.**



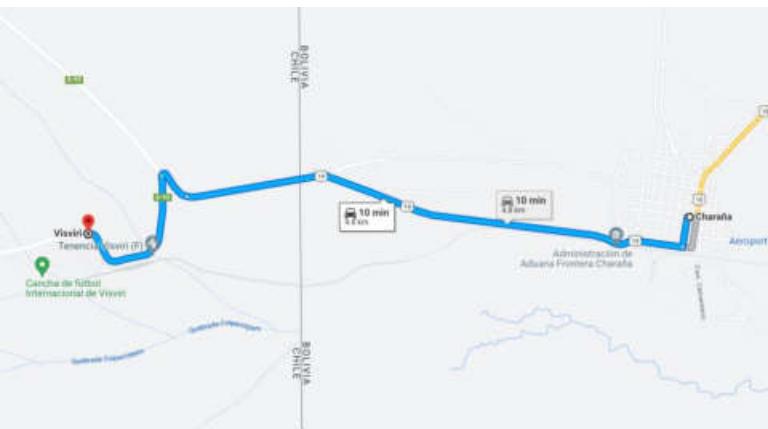
TRABAJO A COMPLETAR POR EL COMITÉ DE AMENAZA:

- **RECIBIR OBSERVACIONES Y DIFERENCIAS ENCONTRADAS EN LOS PAÍSES MIEMBROS CON LOS RESULTADOS DEL MAPA DE AMENAZA DE GEM.**
- **RECIBIR DATOS ACTUALIZADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS SISMO-GÉNICAS DE LOS DIFERENTES PAÍSES MIEMBROS PARA MODIFICAR EL MODELO GEM Y OBTENER UNA NUEVA ITERACIÓN MEJORADA DEL MAPA.**
- **COMPILAR Y EVALUAR INFORMACIÓN RECIBIDA, CALIBRÁNDOLA SI ES NECESARIO, PARA IMPLEMENTARLA EN LA VERSIÓN ACTUALIZADA DEL MODELO GEM.**
- **IMPLEMENTAR LOS DATOS REVISADOS EN EL MODELO GEM PARA OBTENER UN NUEVO MAPA DE AMENAZA PARA AL&EC.**
- **VERIFICAR INCONSISTENCIAS EN LAS FRONTERAS LOCALES.**
- **PRESENTAR ESTE NUEVO MAPA EN LA PRÓXIMA PLENARIA.**

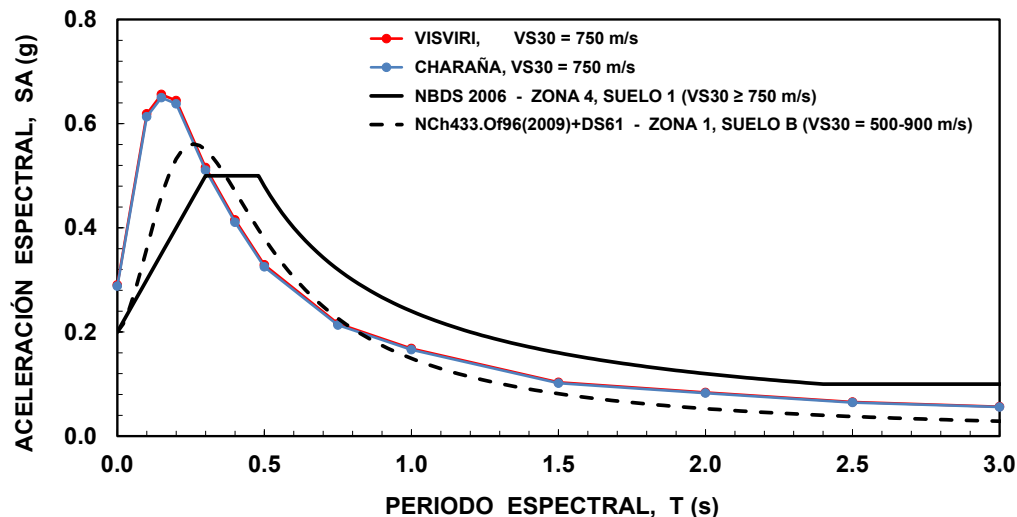


DIFERENCIAS DE LAS NORMAS ACTUALES EN LAS FRONTERAS:

- **VISVIRI, CHILE Y CHARAÑA, BOLIVIA ESTÁN A MENOS DE 5 km DE DISTANCIA.**



ESPECTRO DE PSEUDO-ACELERACIONES EN VISVIRI (CHILE) Y CHARAÑA (BOLIVIA)



IV. MODELO PROBABILÍSTICO DE LA AMENAZA SÍSMICA: FUNDAMENTOS



AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE SE REPRESENTAN POR UN CONJUNTO DE FUENTES SISMO-GÉNICAS:

- **TRIDIMENSIONALES DE SUBDUCCIÓN:**
 - **POR EJEMPLO, INTERFASE ENTRE PLACA DE NAZCA Y PLACA SUDAMERICANA.**
- **BIDIMENSIONALES: INTER PLACAS, FALLAS CUATERNARIAS.**
- **PUNTUALES: SISMOS PROFUNDOS, SISMICIDAD DE FONDO (RUIDO).**



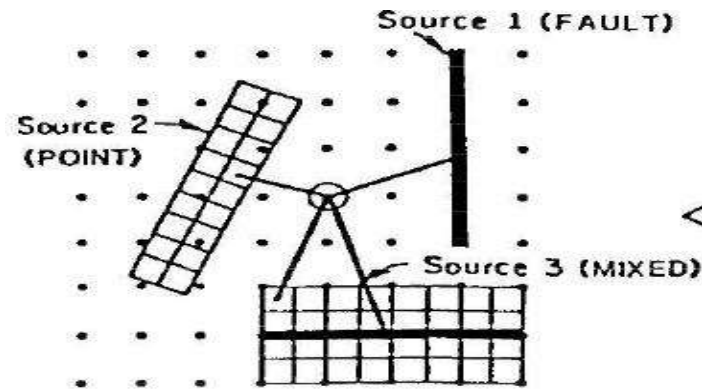
CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES SISMO-GÉNICAS:

- **TASA DE PRODUCTIVIDAD (FRECUENCIA).**
- **MAGNITUDES MÍNIMA Y MÁXIMA.**
- **LOCALIZACIÓN (latitud, longitud, profundidad).**
- **FUENTES TRIDIMENSIONALES Y BIDIMENSIONALES:**
 - **VELOCIDAD DE CONVERGENCIA ENTRE PLACAS.**
 - **GEOMETRÍA (largo, ancho, manteo, azimut, rumbo).**
 - **TIPO Y SENTIDO DE LA DISLOCACIÓN (O DESPLAZAMIENTO).**



DOMINIO DEL MODELO:

- **DOMINIO GEOMÉTRICO CONTINUO SE REEMPLAZA POR MALLA DISCRETA CON UN NÚMERO FINITO DE PUNTOS DONDE SE REALIZAN LOS CÁLCULOS (GEM).**
- **DISCRETIZACIÓN NUMÉRICA: MALLA DE $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (?).**
- **VARIABLE DESCONOCIDA:**
 - **RAZÓN DE EXCEDENCIA CON RESPECTO A UNA VARIABLE CONOCIDA (p.ej.: aceleración máxima [PGA]).**





SUPOSICIÓN:

- **EVENTOS SÍSMICOS INDEPENDIENTES.**
- **RAZÓN DE EXCEDENCIA → VARIABLE ALEATORIA POISSONIANA (se modela con una distribución de Poisson).**

V. SISMICIDAD Y SEGMENTACIÓN

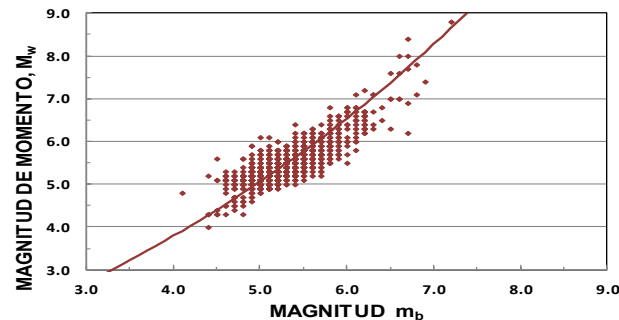
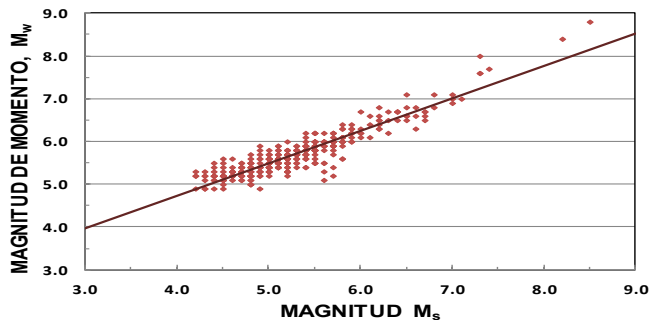
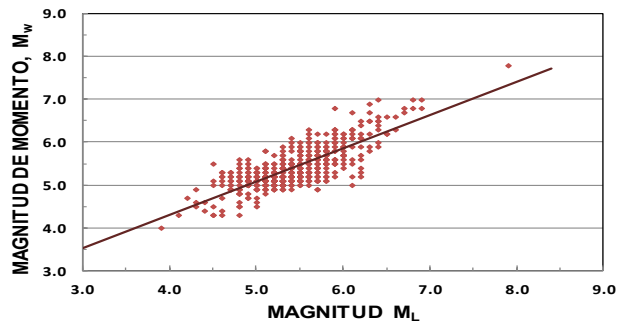


CATÁLOGO:

- **COMPILAR EVENTOS SÍSMICOS, $M \geq M_0 = 3,5$ (?).**
- **FILTRAR EVENTOS PARA SATISFACER:**
 - **UNICIDAD.**
 - **ELIMINAR ERRORES APARENTES.**
- **GENERAR CATÁLOGO HOMOGÉNEO REFERIDO A UNA MAGNITUD ÚNICA, M_w , (USANDO EL MISMO CATÁLOGO).**



▪ MAGNITUD DE REFERENCIA, MAGNITUD DE MOMENTO, M_w



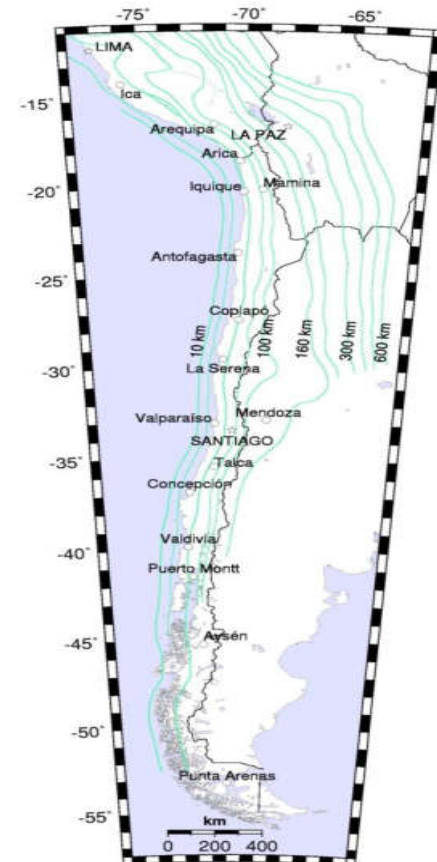


- **EVENTOS SÍSMICOS DEBERÁN SATISFACER:**

- **INDEPENDENCIA, Gardner & Knopoff (1974).**
- **COMPLETITUD, Stepp (1972).**



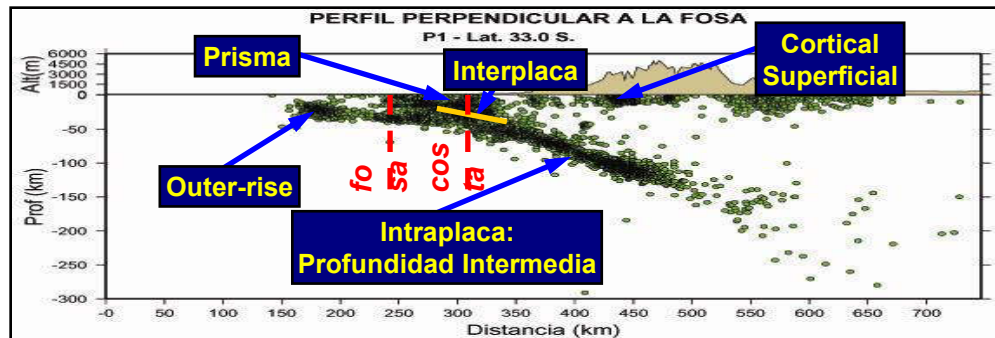
1) SUBDUCCIÓN PLACA DE NAZCA BAJO PLACA DE AMÉRICA DEL SUR.





2) PRISMA DE ACRECIÓN FORMADO POR INTERFASE ENTRE LAS PLACAS DE NAZCA Y DE AMÉRICA DEL SUR, LA SUPERFICIE AL ESTE DE LA FOSA PERÚ-CHILE Y LA PROYECCIÓN SUPERFICIAL DE LA PLACA DE NAZCA A 50 km DE PROFUNDIDAD.

3) INTRAPLACA SUPERFICIAL (≤ 50 km DE PROFUNDIDAD), AL ESTE DEL PRISMA DE ACRECIÓN.

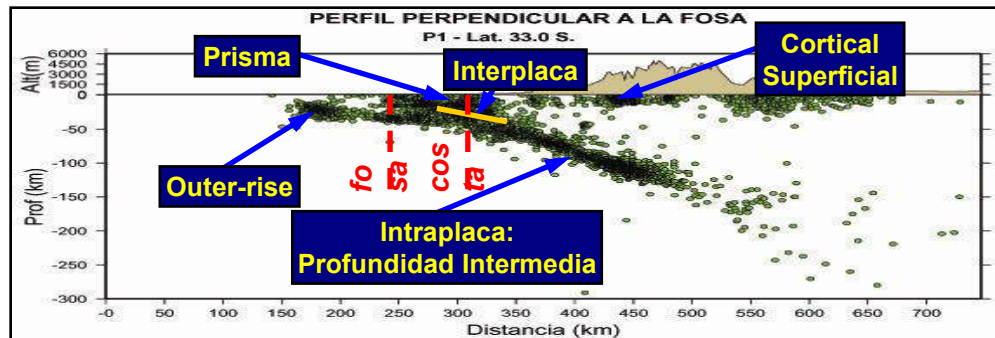




4) INTRAPLACA A PROFUNDIDADES INTERMEDIAS (50-160 km).

5) INTRAPLACA PROFUNDA (≥ 160 km).

6) PLATAFORMA DE NAZCA, AL OESTE DE LA FOSA PERÚ-CHILE (*OUTER-RISE*). AFECTA A LAS ISLAS DEL PACÍFICO.





7) OTRAS ZONAS IMPORTANTES DE SUBDUCCIÓN: PLACA ANTÁRTICA –

BAJO PLACA DE AMÉRICA DEL SUR

PLACA DE AMÉRICA DEL SUR –

BAJO LA PLACA DE SANDWICH.

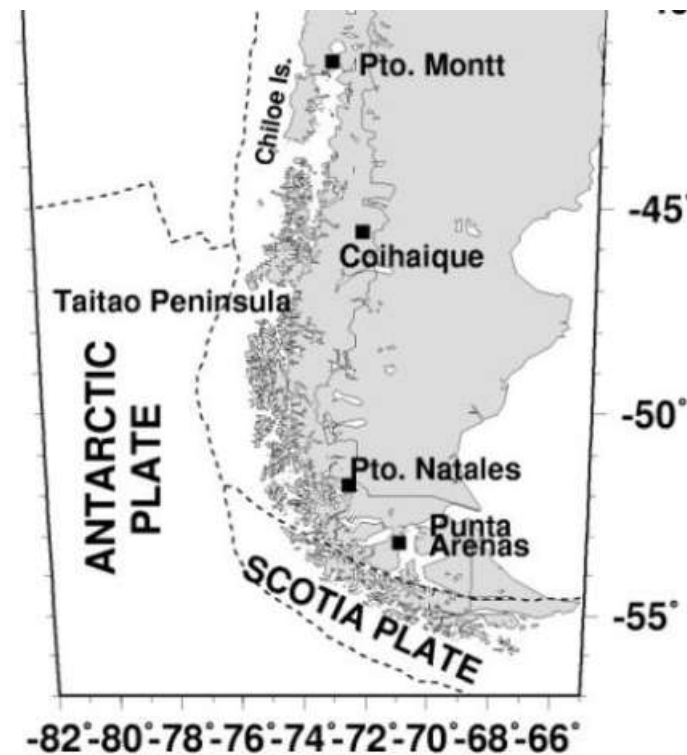
8) INTERACCIÓN ENTRE PLACAS EN PUNTOS TRIPLES:

PENÍNSULA DE TAITAO (~46° S)

- Nazca, América del Sur, Antártica.

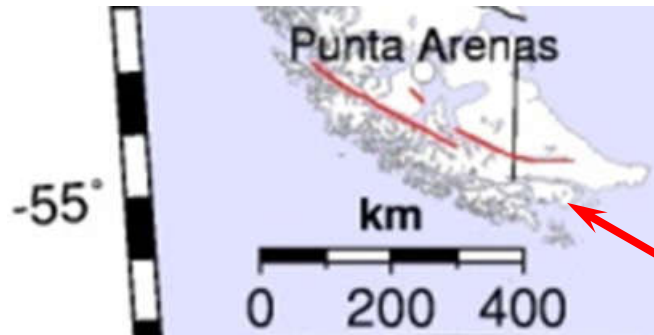
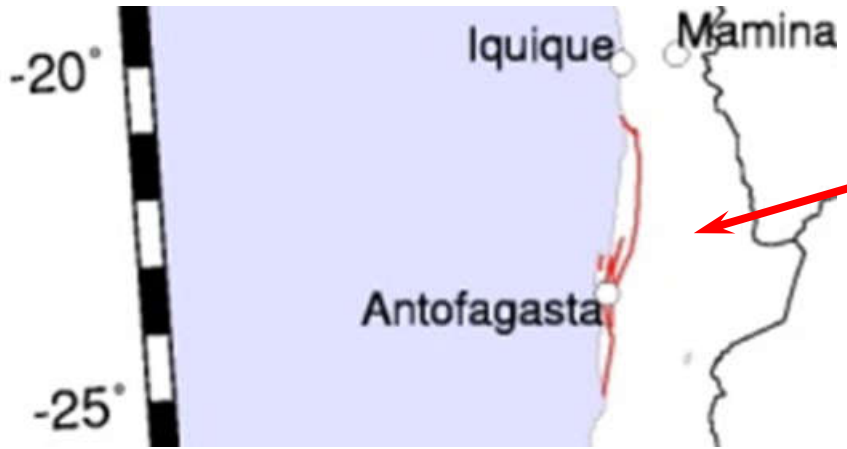
EXTREMO SUR (~53° S)

- América del Sur, Antártica, Escocia.





9) PRINCIPALES FALLAS CORTICALES RECONOCIDAS (CON DEFORMACIÓN CUATERNARIA ASOCIADA)





10) AMÉRICA LATINA INSULAR (ISLAS DEL PACÍFICO):

- **PASCUA (RAPA NUI) – CHILE.**
- **ARCHIPIÉLAGO DE JUAN FERNÁNDEZ – CHILE.**
- **INDEPENDENCIA, SAN GALLÁN, SAN LORENZO – PERÚ.**
- **ARCHIPIÉLAGO DE LAS GALÁPAGOS – ECUADOR.**
- **GORGONA – COLOMBIA.**



VI. CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS SISMO-GÉNICAS



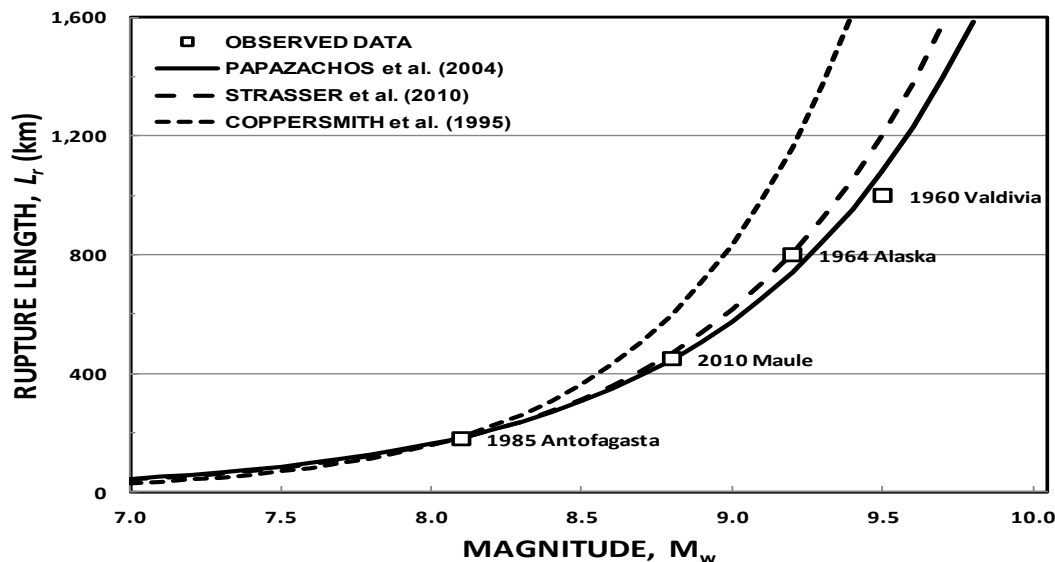
MODELO COMPUTACIONAL NECESITA PARÁMETROS, ENTRE OTROS:

- **MODELOS DE RUPTURA.**
- **PRODUCTIVIDAD SÍSMICA (FRECUENCIA)
O RELACIONES DE GUTENBERG-RICHTER.**
- **ECUACIONES PARA PREDECIR ACELERACIONES
(*GROUND MOTION PREDICTION EQUATIONS, GMPE*)
O RELACIONES DE ATENUACIÓN.**



MODELOS DE RUPTURA (SUBDUCCIÓN):

INTER PLATE SUBDUCTION EVENTS
OBSERVED AND PREDICTED RUPTURE LENGTHS





RELACIÓN DE GUTENBERG-RICHTER (1944):

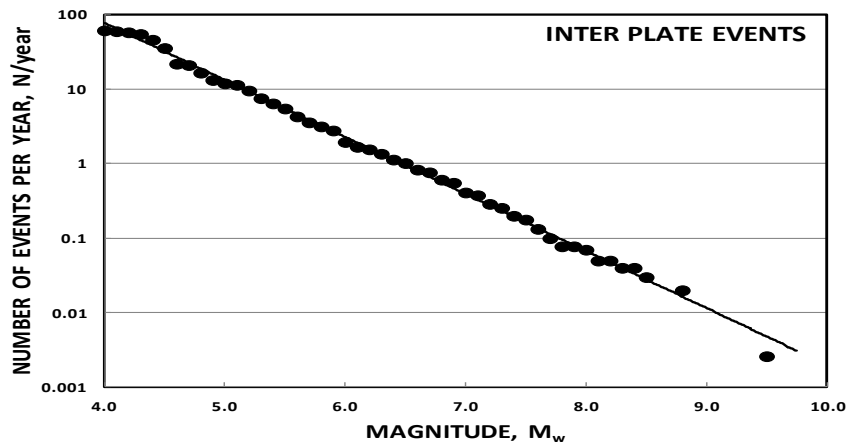
$$\log(N) = A - bM$$

M = MAGNITUD

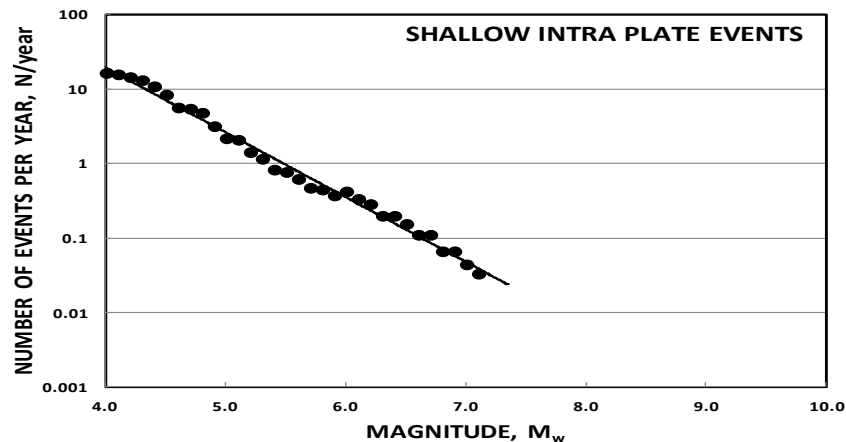
**N = TASA ANUAL DE EXCEDENCIA ACUMULATIVA
NUMERO EVENTOS DE MAGNITUD ≥ M**

A, b = CONSTANTES PARA CADA ZONA SISMO-GÉNICA

**GUTENBERG-RICHTER RELATIONSHIP
CHILE SEISMICITY 1552-2012**



**GUTENBERG-RICHTER RELATIONSHIP
CHILE SEISMICITY 1552-2012**





RELACIÓN DE ATENUACIÓN, ESTEVA & ROSENBLUETH (1964):

- **AMPLITUD DE ACELERACIONES:**
 - **MAGNITUD.**
 - **DISTANCIA AL HIPOCENTRO.**