



**ACHISINA**  
60 AÑOS LIDERANDO  
LA CULTURA SÍSMICA

**XIII CONGRESO  
CHILENO  
DE SISMOLOGÍA  
E INGENIERÍA SÍSMICA**

**2023**



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO

**24 al 26 Octubre Viña del Mar**

# Análisis de los coeficientes de correlación espectral de las componentes horizontales y verticales en la subducción chilena

N. Bastías (1), G. Montalva (2)

(1) Ingeniero Geotécnico, **GENSIS Ingeniería** [www.gensis.cl](http://www.gensis.cl),  
[nbastias@gensis.cl](mailto:nbastias@gensis.cl)

(2) Profesor asociado, Universidad de Concepción, [gmontalva@udec.cl](mailto:gmontalva@udec.cl)

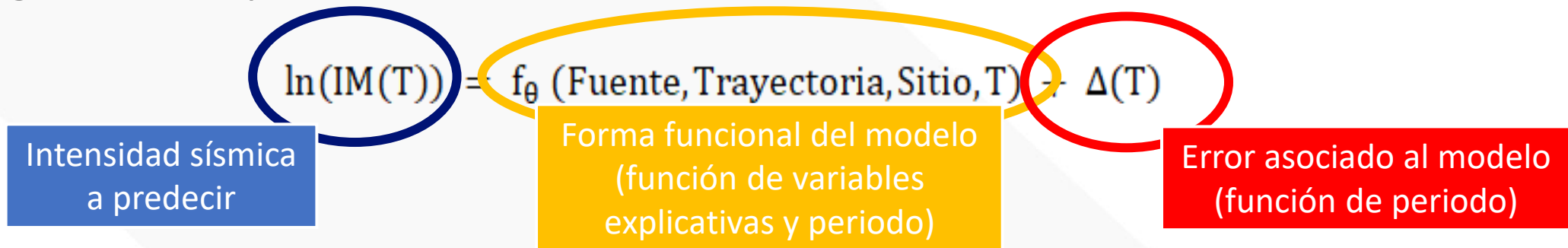


# Introducción

- Los coeficientes de correlación son un input necesario para el desarrollo de aplicaciones ingenieriles modernas (i.e., CMS vs UHS)
- El desarrollo se ha centrado en las aceleraciones espectrales horizontales, pero cada vez más se hace necesario cubrir otras intensidades sísmicas: componente vertical y/o PGV.
- El objetivo es desarrollar un set completo de coeficientes de correlación espectral para la subducción chilena, analizando la dependencia de los parámetros de fuente, trayectoria y sitio.

# Correlación espectral

- Un modelo predictivo (GMMs) moderno puede ser descrito por la siguiente expresión:



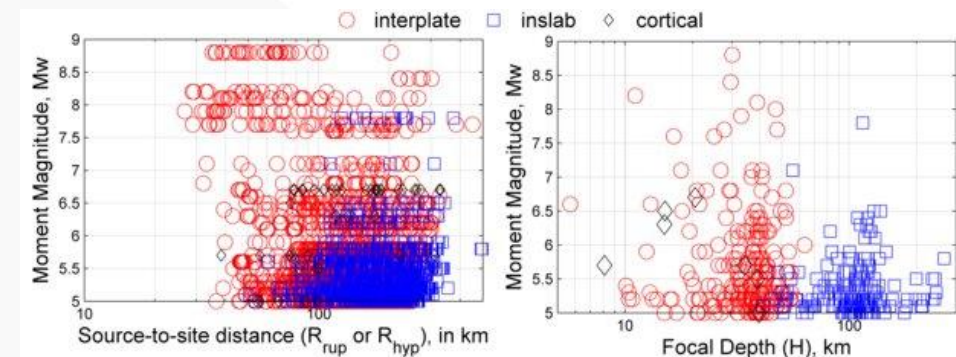
- Luego el coeficiente de correlación entre dos set de datos del error aleatorio ( $\Delta$ ) se puede estimar como

$$\rho_{\Delta(T_1), \Delta(T_2)} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i(T_1) - \overline{\Delta(T_1)}) * (\Delta_i(T_2) - \overline{\Delta(T_2)})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta_i(T_1) - \overline{\Delta(T_1)})^2 \sum_{i=1}^n (\Delta_i(T_2) - \overline{\Delta(T_2)})^2}}$$

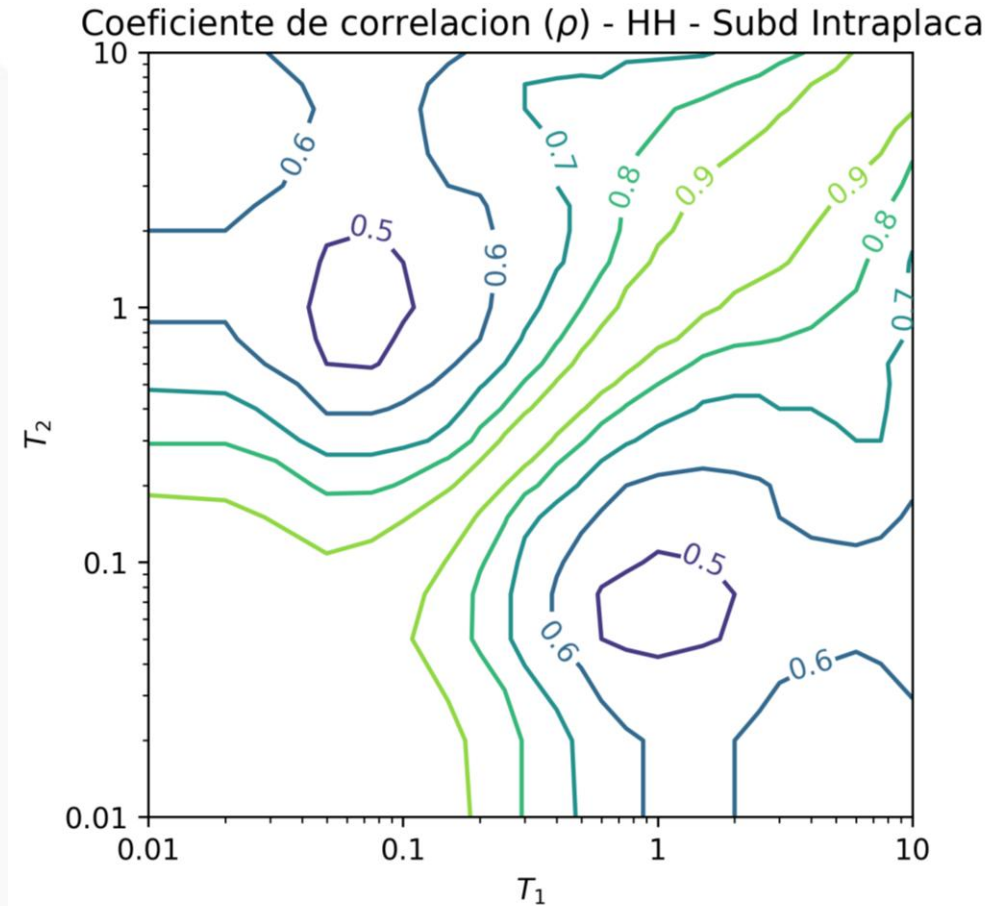
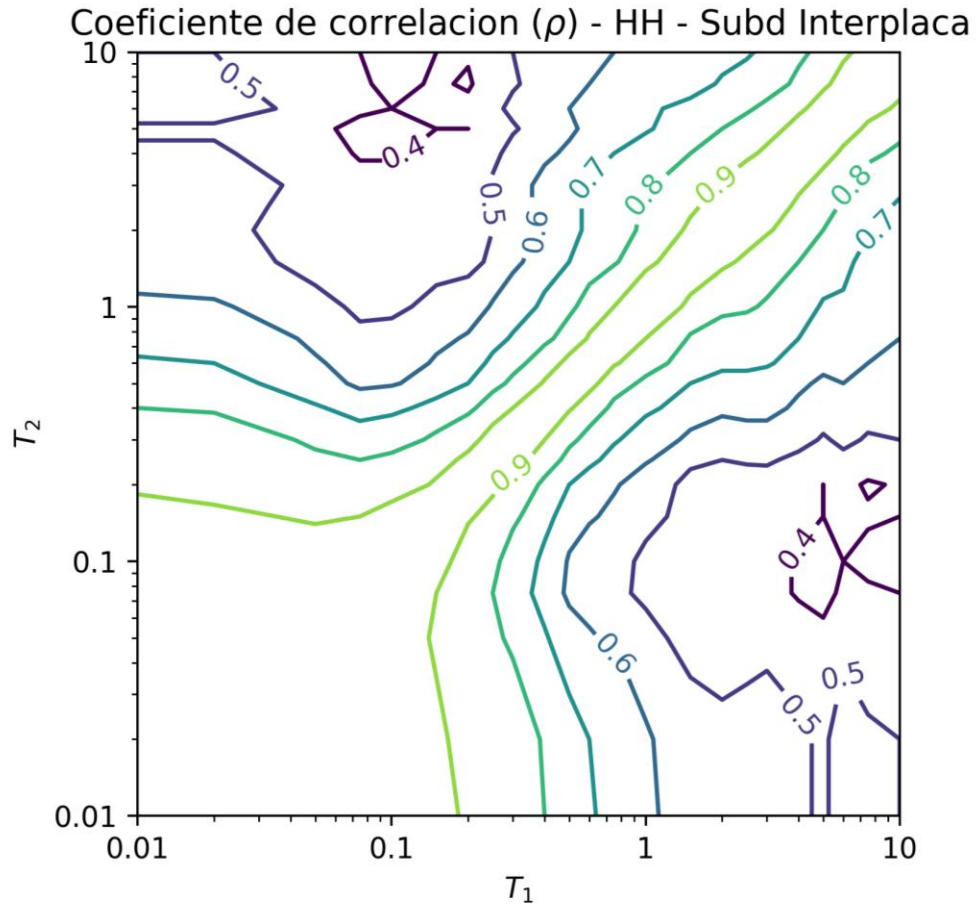
Coeficiente de correlación de Pearson muestral, entre los errores en los periodos espectrales  $T_1$  y  $T_2$

# Correlación espectral

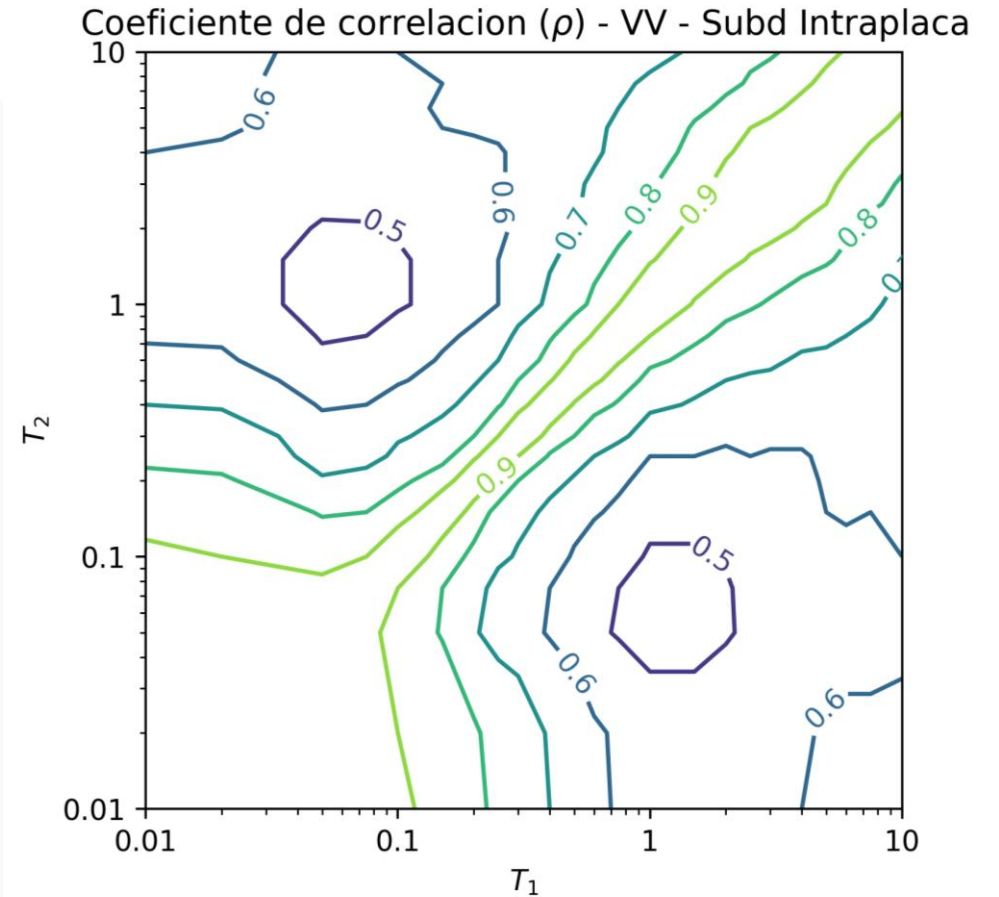
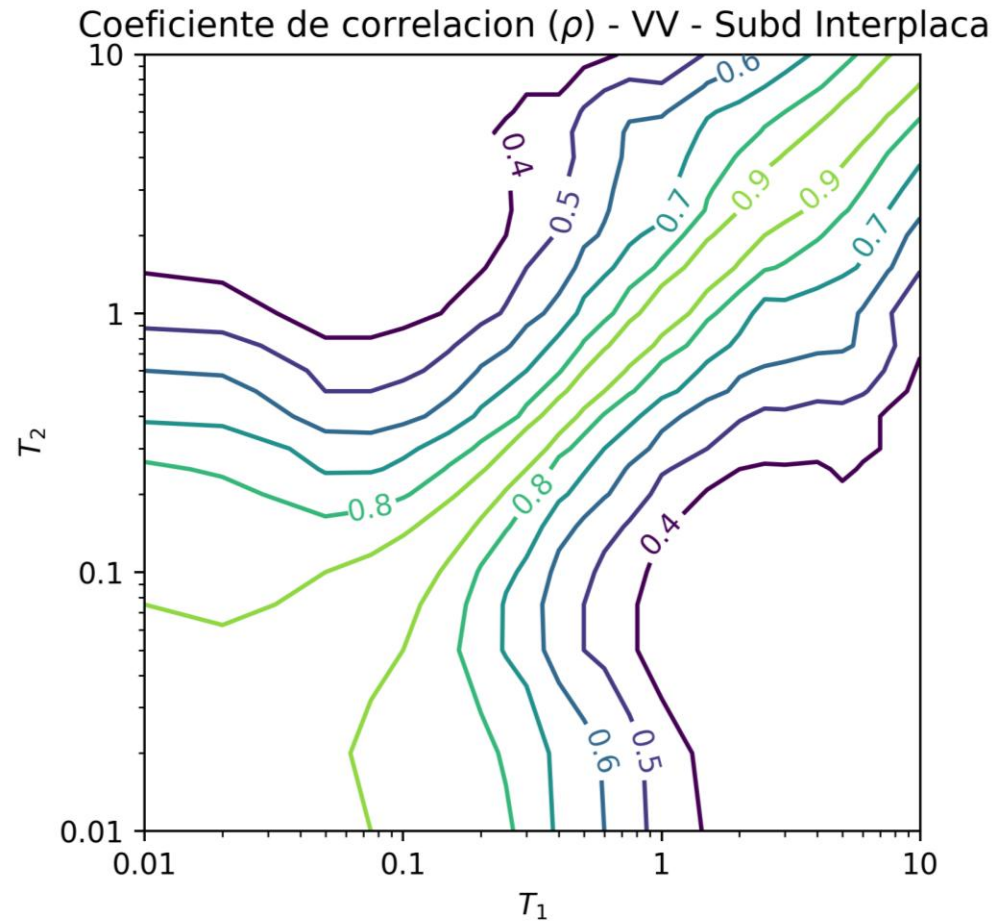
- Se utilizan los residuales nativos (i.e., obtenidos directamente de la regresión de los GMMs ajustados por efectos mixtos no lineales).
- Base de datos de registros sísmicos de Bastias y Montalva (2016):
  - 3657 registros sísmicos y 465 eventos sísmicos
    - Subducción intraplaca: 188 eventos y 1259 registros
    - Subducción interplaca: 277 eventos y 2398 registros
  - Rango de magnitudes  $4.6 < M_w < 8.8$
  - Rango de distancias desde  $24 < R < 873$  km



# Resultados

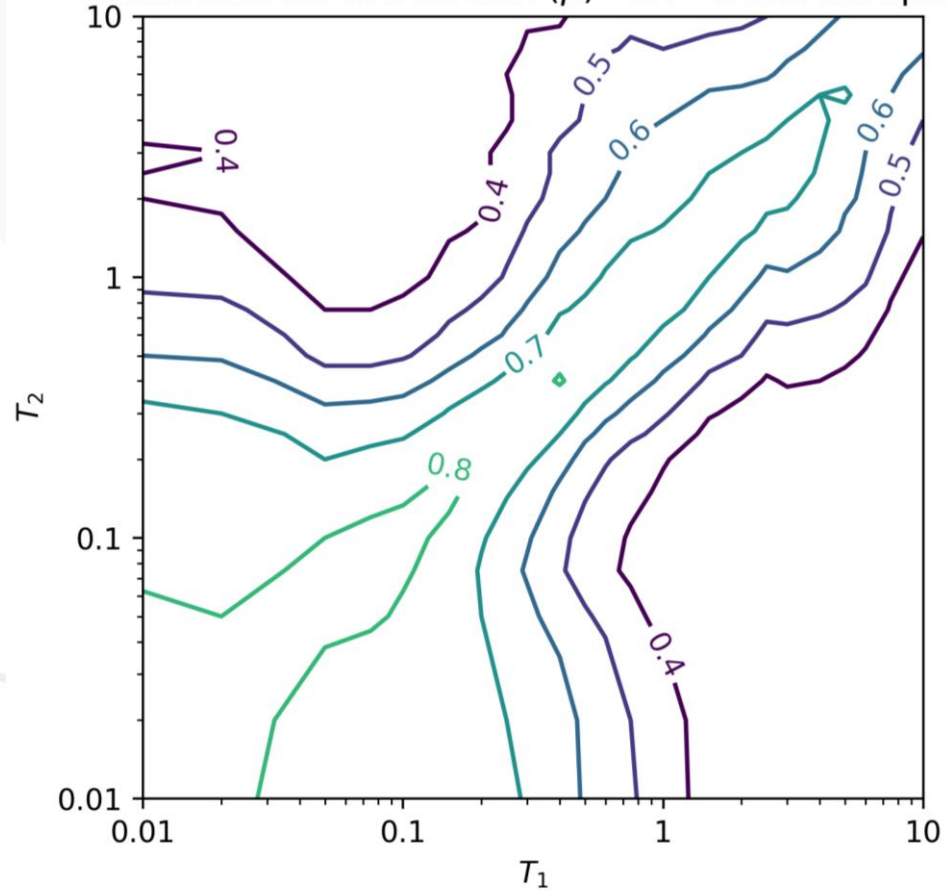


# Resultados

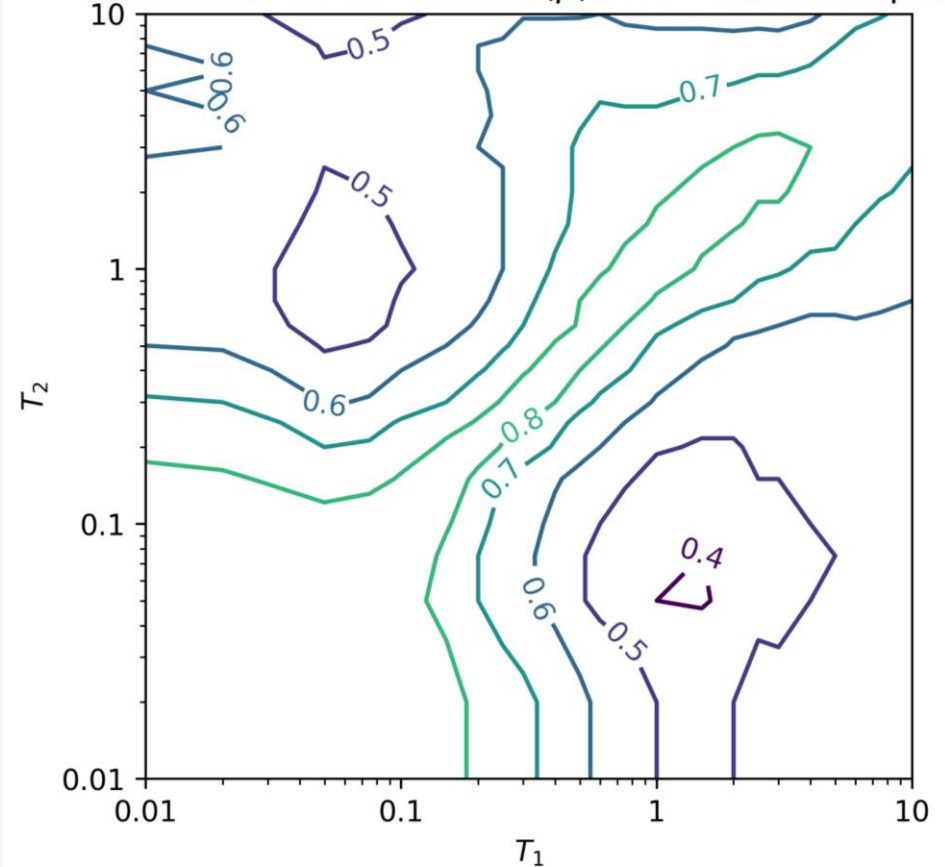


# Resultados

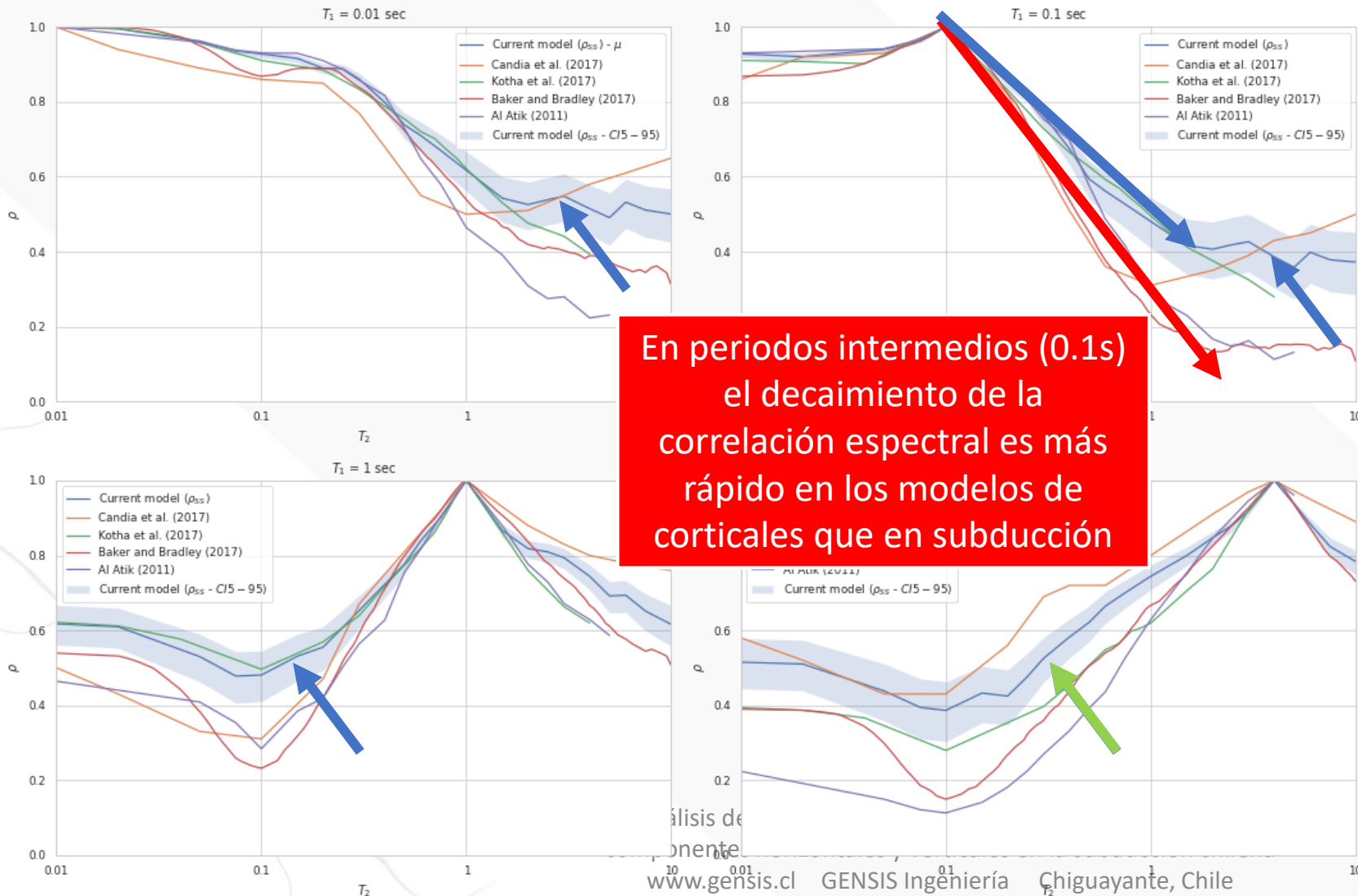
Coeficiente de correlación ( $\rho$ ) - HV - Subd Interplaca



Coeficiente de correlación ( $\rho$ ) - HV - Subd Intraplaca



# Comparación con otros modelos de correlación



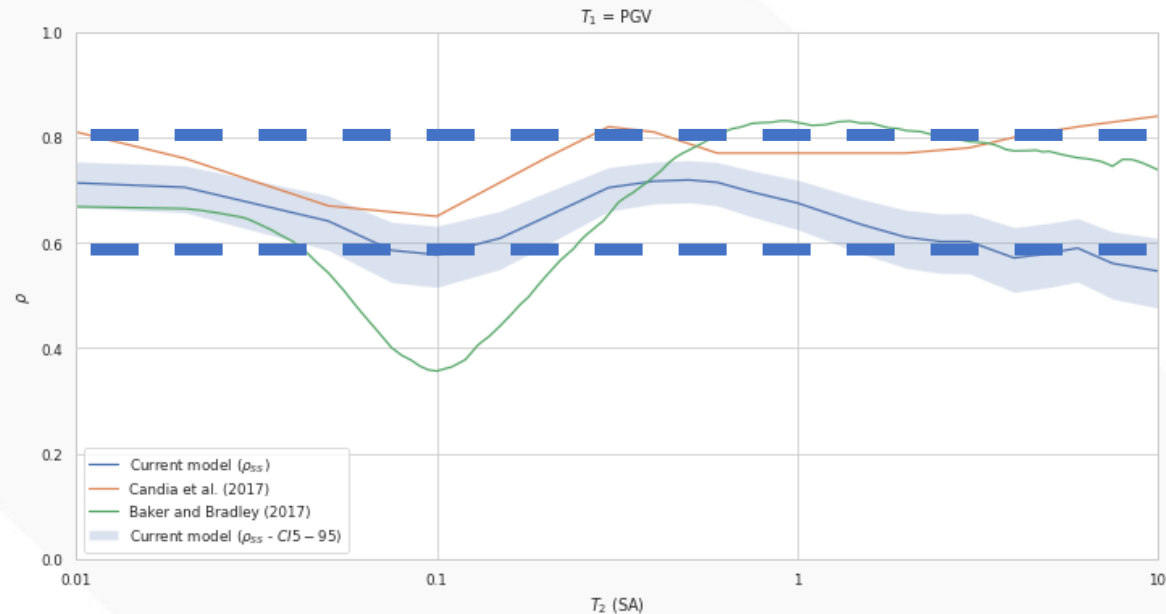
En periodos intermedios (0.1s) el decaimiento de la correlación espectral es más rápido en los modelos de corticales que en subducción

Se observa que las correlaciones para la subducción chilena son consistentemente mayores que las de ambientes corticales

La gran diferencia entre todos los coeficientes de correlación se centra en los periodos más largos ( $T > 2$  seg), en el cual el modelo de la subducción chilena es siempre mayor

# Comparación con otros modelos de correlación

Correlation structure for Interface Earthquakes



El coeficiente de correlación para PGV es relativamente constante en un rango entre 0.60 y 0.80

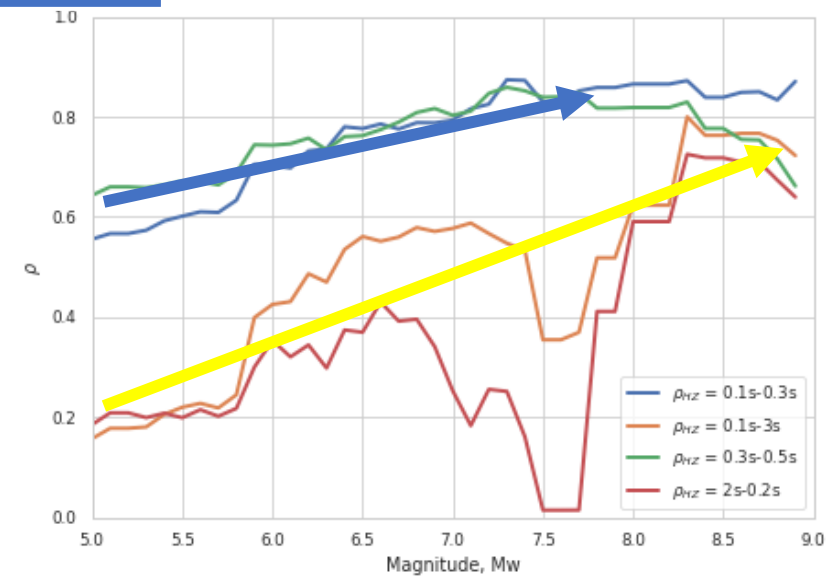
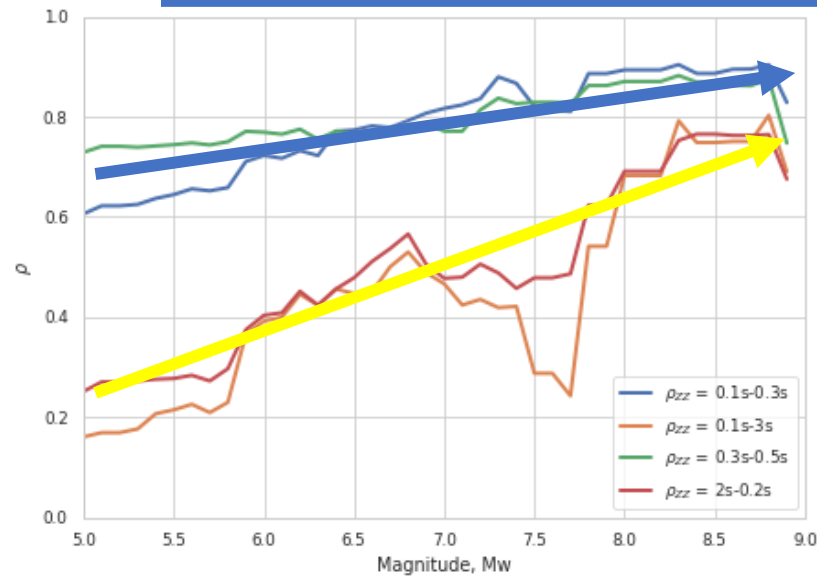
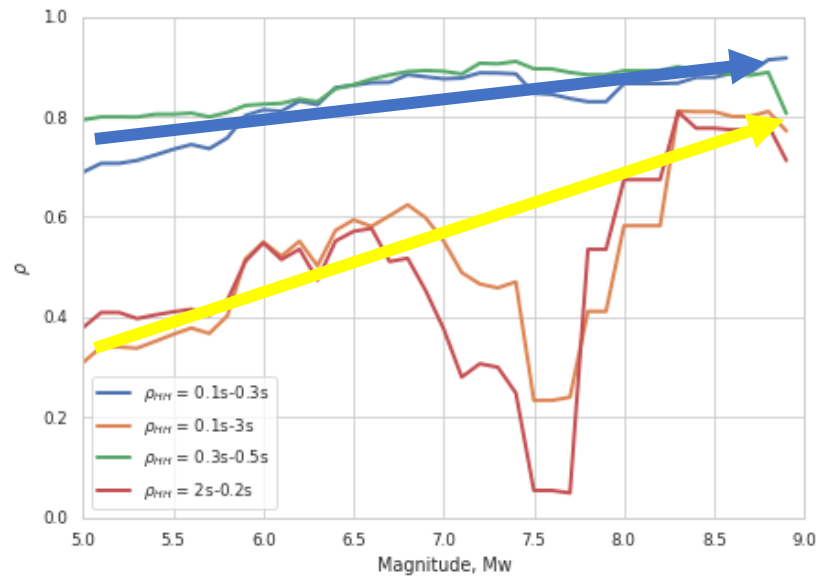
# Dependencia de fuente, trayectoria y sitio

- No existe un estudio concluyente sobre si los parámetros de fuente (i.e., magnitud), trayectoria (i.e., distancia) y sitio (i.e.,  $V_{s30}$ ) son dependientes de los coeficientes de correlación.
- Para evaluar la sensibilidad a estos parámetros se han efectuado subsets de datos entre:
  - Magnitud ( $M_w$ ) 5.0 y 9.0 con un paso de intervalo de 0.1 y una ventana móvil entre +/- 0.5 del valor central,
  - Distancia ( $R$ ) se utilizó el rango entre 30 y 350 kilómetros con un paso de intervalo de 10 km y una ventana móvil de +/- 20 km, y
  - Velocidad de ondas de corte ( $V_{s30}$ ) es entre 200 y 1500 m/s un intervalo de 100 m/s y una ventana móvil entre +/- 100 m/s.

# Dependencia de fuente, trayectoria y sitio

- Fuente

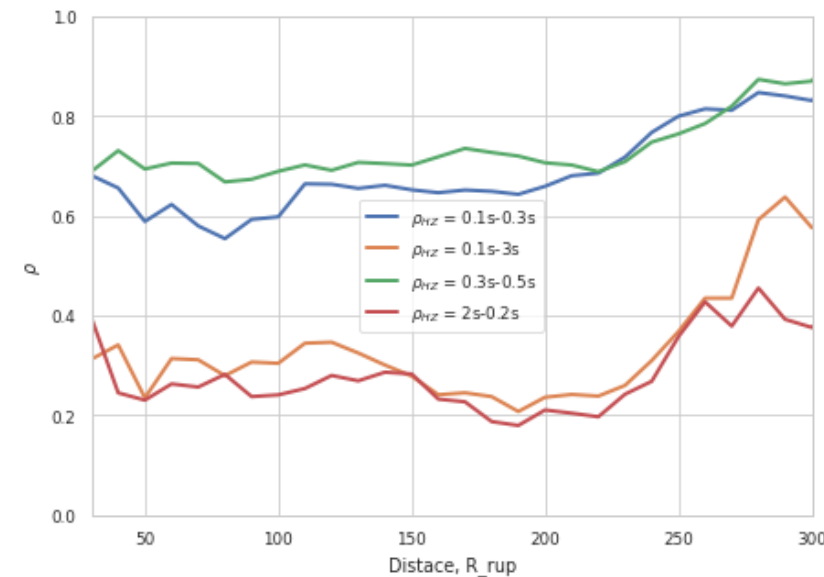
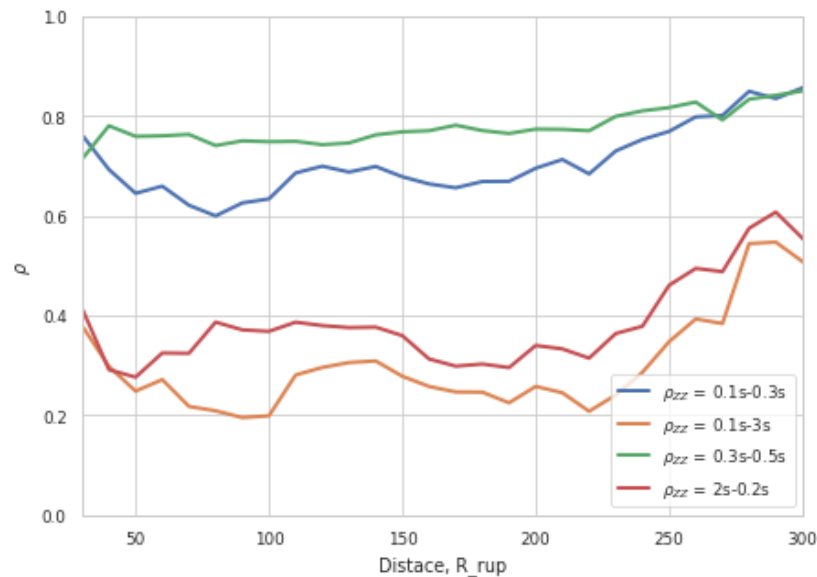
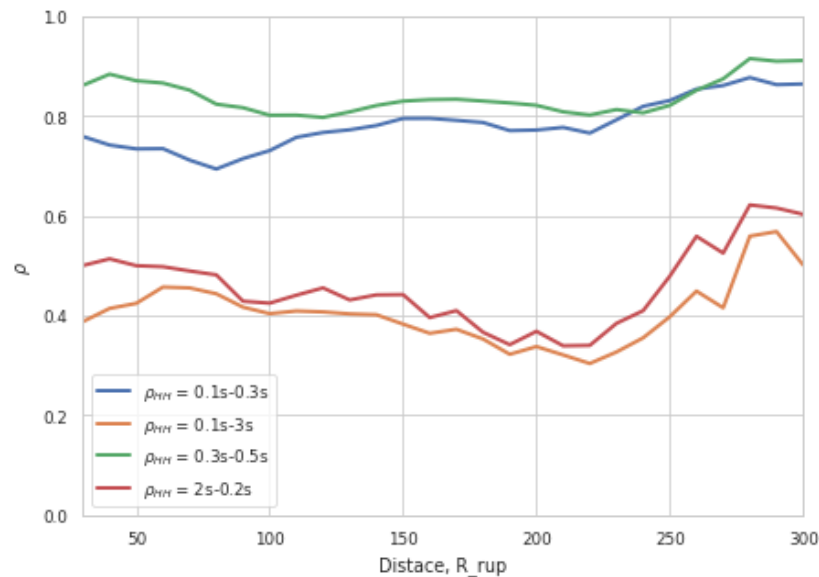
Se observa una dependencia con magnitud, observando una **tendencia (o pendiente) positiva** la cual se hace más relevante para los **periodos más largos**



# Dependencia de fuente, trayectoria y sitio

- Trayectoria

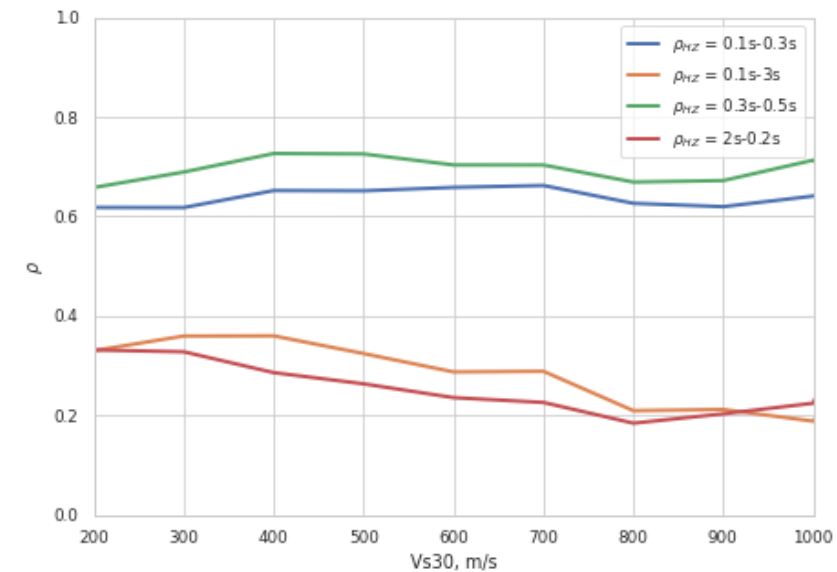
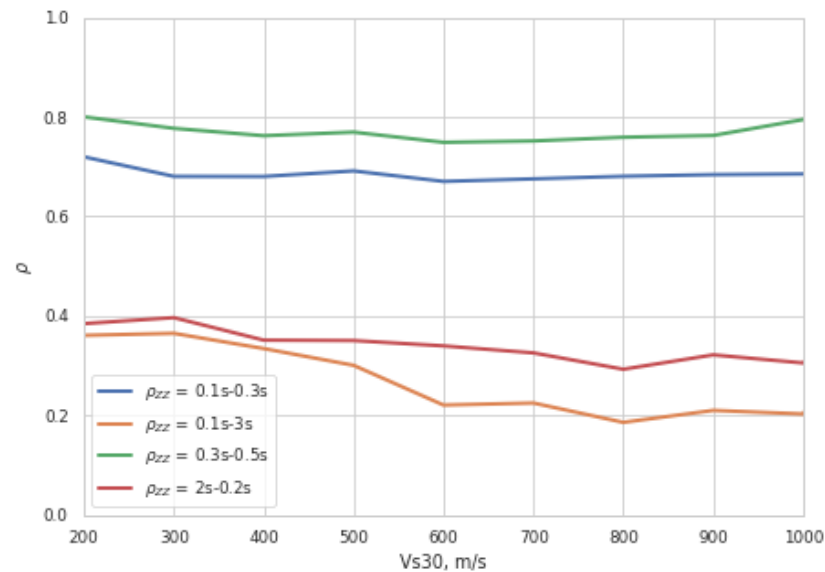
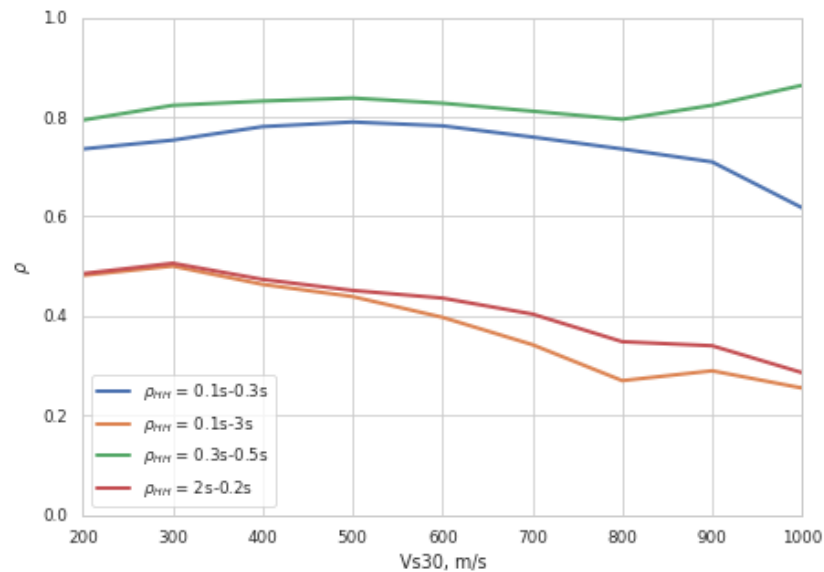
No se observa dependencia clara



# Dependencia de fuente, trayectoria y sitio

- Sitio

No se observa dependencia clara



# Conclusiones

- A pesar de que algunos autores proponen que no existe dependencia de la región tectónica seleccionada para la utilización de modelos de coeficiente de correlación, si establecen que **cualquier variación en los coeficientes de correlación proviene de su forma espectral (cuantificado mediante las frecuencias medias de los registros sísmicos)**.
  - Analizando los datos disponibles se encontró que consistentemente existen diferencias entre los periodos medios (i.e., frecuencias medias) de la base de datos de registros sísmicos de subducción chileno-peruana y modelos referenciales de NGA-West (Bastias; 2022), por lo que, **existen diferencias significativas entre las frecuencias medias de la subducción interplaca e intraplaca y, en consecuencia, ambos ambientes tectónicos deben proponer y utilizar coeficientes de correlación distintos.**
- El presente modelo metodológicamente ha utilizado **los residuales nativos** de su respectiva regresión particionando el residual mediante la técnica de efectos mixtos no lineales, **evitando el sesgo introducido en la estimación de la mediana y partición del residual** (Stafford, 2014)

# Conclusiones

- Los **coeficientes obtenidos son en general mayores que los otros disponibles en la literatura, sobre todo en periodos espectrales más largos ( $T > 1$  seg).**
- Además, los coeficientes de correlación tienen una **tendencia positiva con la magnitud, es decir, mega-terremotos estarán más correlacionados espectralmente que eventos de magnitud intermedia.**
  - Esto es relevante, pues los megaterremotos son quienes controlan el peligro sísmico en muchos de los casos y la no consideración de esto provocaría espectro medios condicionados más pequeños que los esperados.
- **Extra cuidado con las estructuras flexibles** (i.e., aerogeneradores, edificios aislados, puentes) y con **escenario de diseño un terremoto de gran magnitud** deberían considerar coeficientes de correlación más altos para la confección de un espectro medio condicionado y/o registros sísmicos en análisis dinámicos.

# Agradecimientos

- GENSIS Ingeniería Geotécnica Sísmica
- Grupo de geotecnia sísmica de la Universidad de Concepción





**ACHISINA**  
60 AÑOS LIDERANDO  
LA CULTURA SÍSMICA

**XIII CONGRESO  
CHILENO  
DE SISMOLOGÍA  
E INGENIERÍA SÍSMICA**



**2023**



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



**ACHISINA**  
60 AÑOS LIDERANDO LA  
CULTURA SÍSMICA

**24 al 26 Octubre Viña del Mar**