

CAPÍTULO V

Análisis comparativo de los resultados

En este capítulo se comparan los valores de la atenuación obtenidos para las ondas P, S y coda según los diferentes métodos empleados con los valores de la atenuación intrínseca y de *scattering*. Seguidamente se cotejan con algunos de los muchos resultados que pueden hallarse en la bibliografía y que han sido obtenidos por otros autores en diversas regiones sísmicamente activas del mundo.

5.1 LA REGIÓN DE NUEVO CUYO

A fin de tener una imagen completa de la atenuación en la región de Nuevo Cuyo, se presentan algunas figuras que permiten comparar los resultados obtenidos en este estudio para las distintas ondas analizadas y según los métodos. En la Fig. 5.1a se presentan los valores de Q obtenidos para ondas directas en los dos intervalos de profundidad considerados. En la Fig. 5.1b se muestran los valores de Q obtenidos para ondas directas que recorren trayectorias corticales y los valores de Q_c para lapsos de tiempo de coda de 40, 90 y 190 s obtenidos de los ajustes para eventos superficiales. En la Fig. 5.1c se observan los valores Q obtenidos para ondas directas que inician sus trayectorias en la placa de Nazca subducida junto a los valores de Q_c para lapsos de tiempo de coda de 40, 90 y 190 s obtenidos de los ajustes para eventos superficiales. De los resultados del ME, denotados en este caso como Q_α (que representa al Q de ondas P) y Q_β (que representa al Q de ondas S), se ha visto que Q_α y Q_β convergen hacia las altas frecuencias a profundidades intermedias, mientras que divergen a profundidades corticales. De las Fig. 5 b y c puede verse además que a profundidades corticales Q_α y Q_β divergen desde un valor cercano al valor de Q_p obtenido por el APP y a profundidades intermedias convergen a un valor cercano al Q_p correspondiente a esa profundidad. A profundidades intermedias, el ME da resultados para ondas S similares al NC (Q_d) a bajas frecuencias, mientras que los resultados del ME para ondas P se aproximan al APP para altas frecuencias. A profundidades corticales, los resultados del ME y el APP se asemejan a bajas

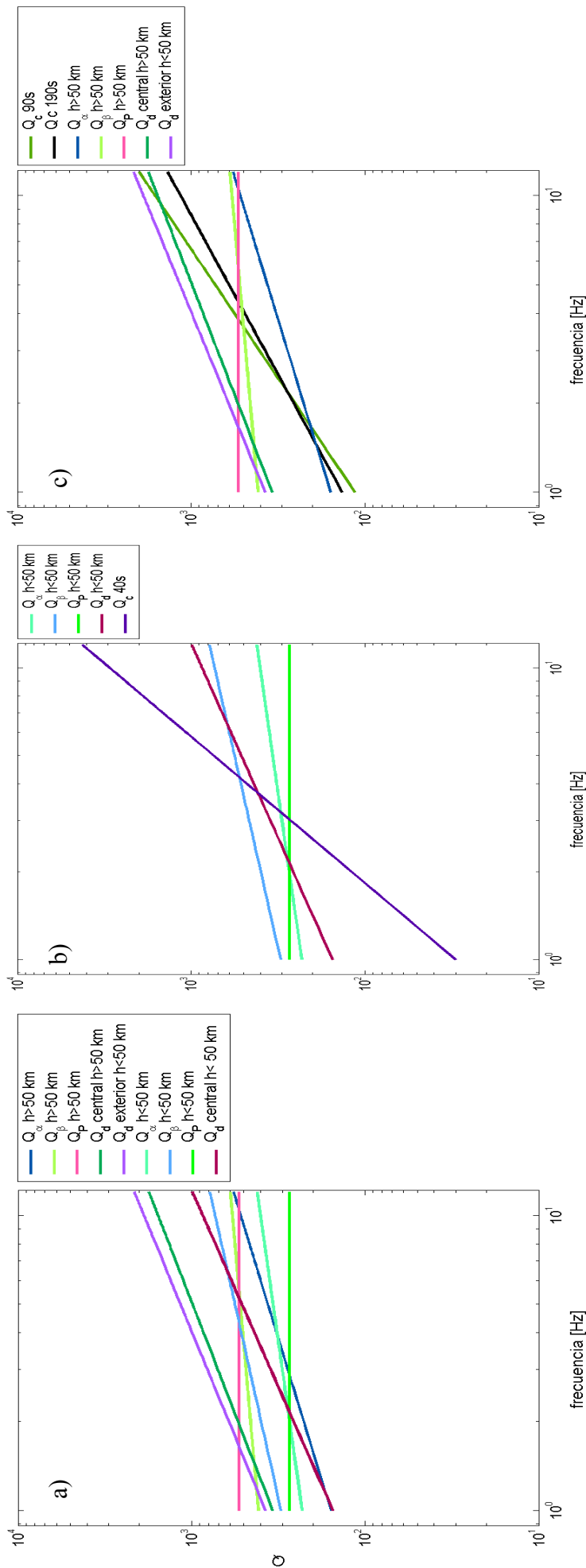


Fig. 5.1.- Comparación de los ajustes del factor de calidad, Q , en función de la frecuencia para la Región de Nuevo Cuyo, según los distintos métodos empleados en este estudio. Fig. 5.1a: valores de Q para ondas directas y trayectorias de eventos corticales e intermedios. Fig. 5.1b: valores de Q según los ajustes de ondas directas y coda con validez a profundidades corticales. Fig. 5.1c: valores de Q según los ajustes de ondas directas y coda con validez hasta profundidades intermedias. Q_c son valores estimados del NC, Q_a y Q_b son valores obtenidos con el ME, Q_p son los resultados del APP. Se muestran valores medios regionales para los métodos ME y APP. Los resultados de ondas coda se muestran para lapsos de tiempo de 40, 90 y 190 s a partir de datos de eventos corticales. En el método NC, tomando los ajustes de la Fig. 4.30 con coeficientes de correlación mayor que 0.9, se agrupan las zonas W PC y E SP en lo que se denomina "RNC exterior $h < 50$ km", las zonas E PC eb, SPP y S PC CC b en lo que se denomina "RNC central $h < 50$ km" y los resultados de profundidades intermedias a distancias menores que 250 km se representan como "RNC central $h > 50$ km".

frecuencias, mientras que el ME y el NC lo hacen hacia las altas frecuencias. En todos los casos la mayor dependencia con la frecuencia se observa en el Q_c .

Deshayes et al. (2008) han presentado una tomografía de atenuación de ondas P y S utilizando datos de estaciones temporales (proyectos OVA99 y CHARAME) y estaciones permanentes chilenas con el modelo de velocidad 3D de Pardo et al. (2004). En sus resultados (Fig. 5.2) hallaron una atenuación altamente heterogénea por encima de los 20 km de profundidad a los 31.5° S, con anomalías de signos opuestos para ondas P y S que podrían indicar circulación de fluidos y/o una distribución compleja de los mismos. Dichas anomalías no se mostraban correlacionadas con las anomalías de velocidad. A mayores profundidades la atenuación resultaba más homogénea y menor que la supuesta en el modelo inicial. Al comparar sus resultados con las anomalías halladas en este estudio, se ha visto que a profundidades corticales, los máximos y mínimos de Q de ondas S obtenidos por los métodos ME y NC coinciden aproximadamente con los de Deshayes et al.(2008) en corteza superior. En corteza inferior y manto, Deshayes et al.(2008) no muestran anomalías importantes, mientras que los resultados del ME mantienen las anomalías que se observan a menores profundidades. En cuanto a las anomalías de la atenuación de ondas P a profundidades corticales, los signos de las anomalías encontrados por Deshayes et al. (2008) a 31.5° S, coinciden con las anomalías observadas en este estudio mediante ME algo más al sur. Los resultados de Deshayes et al. (2008) no definen el importante mínimo hallado por el ME en Sierra Pie de Palo.

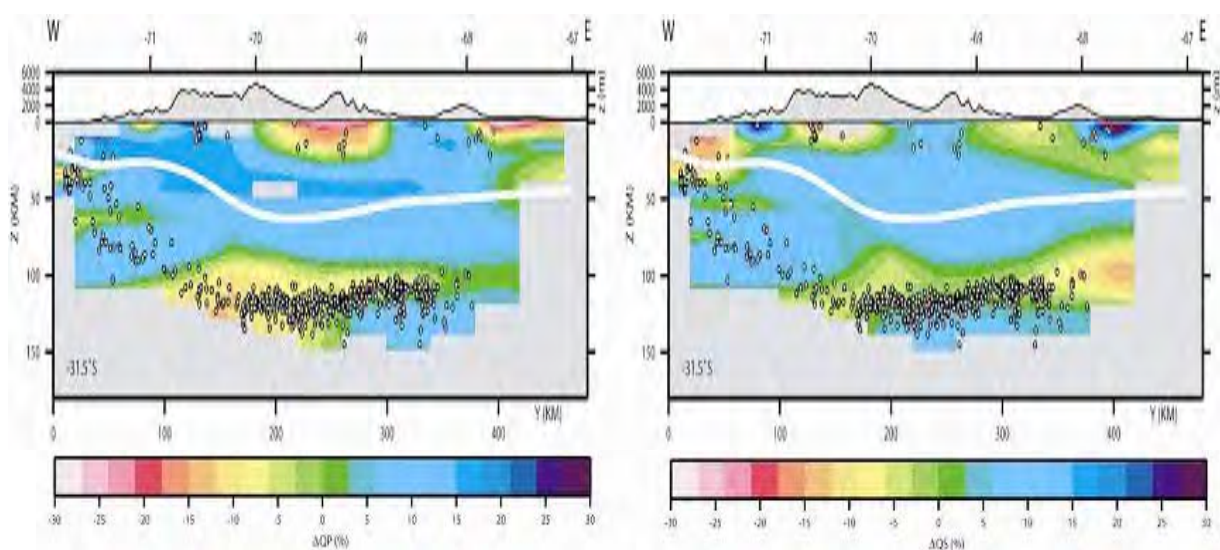


Fig. 5.2.- Secciones verticales de atenuación de ondas P (izquierda) y S (derecha) a los 31.5°S obtenidas por Deshayes et al. (2008). La escala de colores indica porcentajes de de desviación. Las zonas con pobre resolución se indican en gris. Las profundidades del Moho son de Tassara (2005) y los puntos blancos indican los sismos utilizados. Extracitada de Deshayes et al. (2008)

5.2 LA REGIÓN DE NUEVO CUYO Vs. OTRAS REGIONES

5.2.1 ONDAS CODA

La Tabla 5.1 resume valores de la atenuación de ondas coda a través de los ajustes de Q_c en función de la frecuencia para diversas regiones utilizando los métodos SBS o SIS. Los ejemplos se presentan en orden decreciente de Q_0 , indicándose en algunos casos el lapso de tiempo utilizado para el ajuste. Los resultados de este estudio estimados para trayectorias de eventos superficiales y lapsos de tiempo de 40, 90 y 190 s se presentan como RNC. La RNC presenta una atenuación que dependiendo del lapso de tiempo elegido puede compararse al sur de Noruega, el Sur de España o la región de Abruzzo en Italia. Para los lapsos de tiempo más cortos, la dependencia con la frecuencia en la RNC resulta mayor que en las otras regiones, lo que podría relacionarse con diferencias en las escalas de las heterogeneidades.

Región	$Q_c = Q_0 f^\alpha$	Cita
Centro de EEUU	$1000 f^{0.2}$	Singh y Herrmann, 1983
New England, EEUU	$660 f^{0.4}$ lapso > 100 s	Pulli, 1984
Quebec, Canadá	$305 \pm 15 f^{0.0.8 \pm 0.02}$ lapso = 80 s	Woodgold, 1994
Francia	$278 \pm 5 f^{0.67 \pm 0.05}$	Chevrot y Cansi, 1996
NO Himalaya	$158 f^{1.05}$	Kumar et al., 2005
NE de Brasil	$151 \pm 99 f^{0.98 \pm 0.05}$	Pereira Dias y de Souza, 2004
Oeste de EEUU	$150 f^{0.45}$	Singh y Herrmann, 1983
New England, EEUU	$140 f^{0.95}$ lapso < 100 s	Pulli, 1984
RNC, Argentina	$135 \pm 10 f^{0.93 \pm 0.01}$ lapso = 190 s	este estudio
Sur de Noruega	$120 f^{1.09}$	Kvamme y Havskov, 1989
Granada, España	$118 \pm 8.9 f^{0.86 \pm 0.02}$ lapso = 70 s	Ibáñez et al., 1990
RNC, Argentina	$114 \pm 7 f^{1.15 \pm 0.03}$ lapso = 90 s	este estudio
Costa Rica	$91 \pm 8.4 f^{0.72 \pm 0.071}$	González y Persson, 1997
Venezuela	$75 \pm 1.09 f^{0.96 \pm 0.05}$	García et al., 2004
Valle del Irno, Italia	$67.3 f^{0.74}$	Del Pezzo et al., 1991
Antequera, Sur de España	$65 f^{0.89}$ lapso = 60 s	Ibáñez et al., 1993
Cuba	$62 \pm 2 f^{0.84 \pm 0.01}$	Biescas et al., 2007
Abruzzo, Italia	$34 f^{0.71}$ lapso = 50 s	Ibáñez et al., 1993
RNC, Argentina	$30 \pm 7 f^{1.99 \pm 0.09}$ lapso = 40 s	este estudio

Tabla 5.1.- Valores del factor de calidad de ondas coda obtenidos mediante SBS o SIS por otros autores en diferentes regiones y en la región de Nuevo Cuyo (RNC) por este estudio. Se presentan valores en la RNC para lapsos de tiempo de 40, 90 y 190 s ajustados sobre datos de eventos superficiales. Las regiones se listan en orden de Q_c decreciente.

5.2.2 ONDAS P y S

En la Tabla 5.2 se presentan factores de calidad de ondas P y S obtenidos en diferentes regiones del mundo por otros autores utilizando métodos dependientes o independientes de la frecuencia y en algunos casos, tomografía de atenuación. Como valores de la región de

Región	$Q_\alpha = Q_0 f^\alpha$ Ondas P	$Q_\beta = Q_0 f^\alpha$ Ondas S	Cita
RNC, Argentina zona central*	-	$153 \pm 115 f^{0.75 \pm 0.47}$ h < 50 km $340 f^{0.66}$ h > 50 km	este estudio método NC
RNC, Argentina zona exterior**	-	$374 \pm 209 f^{0.70 \pm 0.24}$ h < 50 km	este estudio método NC
RNC, Argentina	$230 \pm 21 f^{0.24 \pm 0.04}$ h < 50 km $157 \pm 65 f^{0.52 \pm 0.21}$ h > 50 km	$305 \pm 28 f^{0.38 \pm 0.04}$ h < 50 km $411 \pm 41 f^{0.15 \pm 0.06}$ h > 50 km	este estudio método ME
RNC, Argentina	271 h < 40 km 532 h > 40 km	-	este estudio método APP
Kuriles, Pacífico O.&	$140 f^{0.8}$	$172 f^{0.9}$	Butler, 1987
Kuriles Sur.	-	$39 f^{1.0}$ h < 50 km $500 f^{1.0}$ h > 50 km	Maeda y Sasatami, 2006
Honshu N, Japón	150-180	-	Tsumura et al., 2000
Honshu S., Japón	150	-	Tsumura et al., 2000
Kanto, Japón	$32.26 f^{0.95}$	$83.3 f^{0.73}$	Yoshimoto et al., 1993
NE de Japón	-	70-120	Takanami et al., 2000
Jujuy, Argentina &&	> 500 < 350	> 350 < 200	Whitman et al., 1992
Andes Centrales (lim. Arg.-Ch.-Bol.)	80-150 en corteza 600-2000 corteza+manto	-	Schurr et al., 2003
Norte de Marianas	$56-70 f^{0.27}$ (arco) $43-60 f^{0.27}$ (retroarco)	$45-58 f^{0.27}$ $33-42 f^{0.27}$	Pozgay et al., 2009
Tonga – Lau	47-60	-	Wiens et al., 2008
Alaska continental	$266 f^{0.27}$	$138 f^{0.27}$	Stachnik et al., 2004
Costa Rica	-	$84-88 f^{0.27}$	Rychert et al., 2008
Nicaragua	-	$76-78 f^{0.27}$	Rychert et al., 2008

Nuevo Cuyo (RNC) se presentan los ajustes promedios regionales del NC, del APP y del ME

Tabla 5.2.- Valores del factor de calidad de ondas P y S obtenidos por otros autores en diferentes regiones y en la región de Nuevo Cuyo (RNC) por este estudio.

* Valores promedio obtenidos con el método NC. RNC central representan a la zona de mayor actividad sísmica a profundidades corticales (E PC eb, SPP, W SP, S PC_CC b) y en el caso h > 50 km a las distancias menores que 250 km.

** Valores promedio obtenidos con el método NC RNC exterior representa el valor medio de W PC y E SP a profundidades corticales.

& Butler (1992) presenta sus resultados como $Q_P = 300$ a 2.5 Hz y 1500 a 17.5 Hz con una relación $f^{0.7}$ y $Q_S = 400$ a 2.5 Hz y 3000 a 22.5 Hz con una relación $f^{1.1}$.

&& Whitman et al. (1992) evalúan Q_S y Q_P en trayectorias de alta y baja atenuación.

en la RNC en este estudio. En particular, los resultados del NC se han separado según dos zonas, una zona central donde se concentra la mayor actividad sísmica y los valores de atenuación son mayores y otra zona exterior, donde la actividad sísmica es menor y que comprende a las zonas occidental y oriental de la RNC.

Comparando las curvas de $Q_\alpha^{-1}/Q_\beta^{-1}$ de la RNC obtenidas mediante el ME (Fig. 4.17) con aquellas recopiladas por Sato y Fehler (1998) (Fig. 2.22) puede verse (Fig. 5.3) que la RNC muestra una relación $Q_\alpha^{-1}/Q_\beta^{-1}$ hasta profundidades de 150 km, con un comportamiento similar al obtenido por Yoshimoto et al. (1993) para Kanto, Japón, mientras que a profundidades corticales, la RNC tiene valores muy cercanos a los obtenidos por Butler et al. (1987) para las Islas Kuriles en la región Pacífico Occidental.

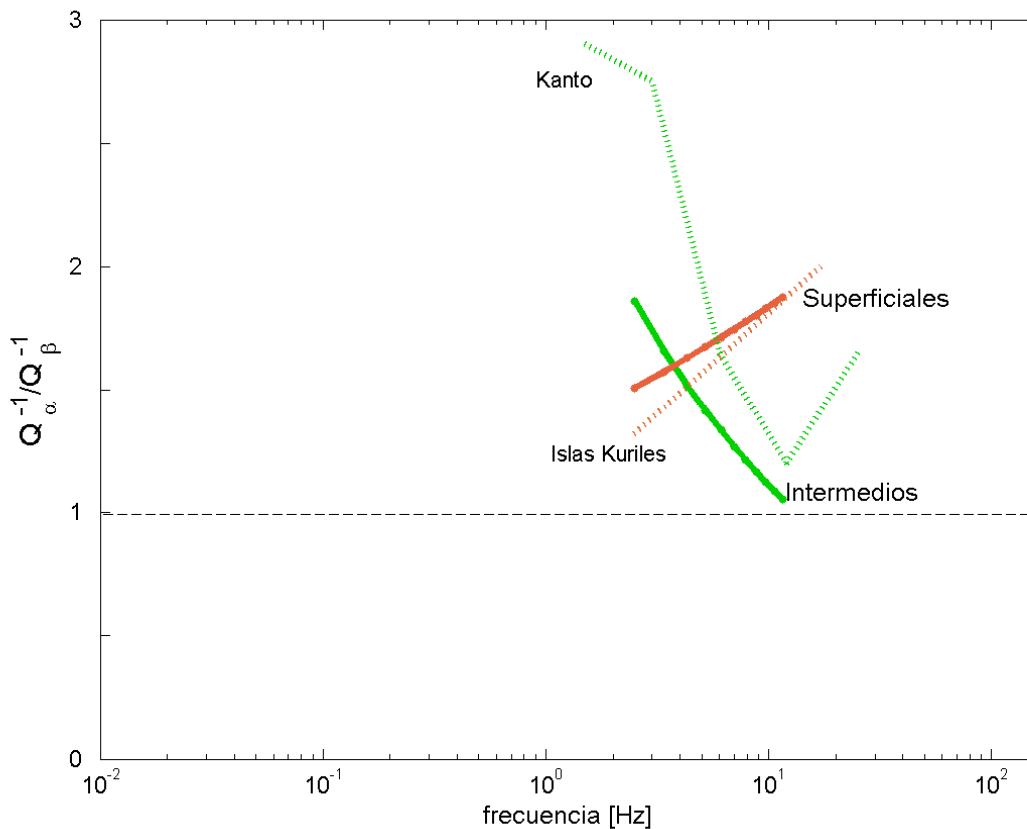


Fig.5.3- Relación $Q_\alpha^{-1}/Q_\beta^{-1}$ para la región de Nuevo Cuyo obtenida en este estudio y su comparación con otras regiones del mundo. Región de Nuevo Cuyo a profundidades corticales (línea sólida roja); Islas Kuriles según Butler et al., 1987 (línea punteada roja); Región de Nuevo Cuyo a profundidades hasta 150 km (línea sólida verde); Kanto, Japón según Yoshimoto et al., 1993 (línea punteada verde)

5.2.3 ATENUACIÓN INTRÍNSECA y DE SCATTERING

Las Fig. 5.4a y 5.4b permiten comparar los resultados de la separación de Q_s^{-1} y Q_i^{-1} mediante el MLTWA en la región de Nuevo Cuyo con los resultados obtenidos en otras regiones del mundo basados en la misma aproximación. A profundidades corticales, la región de Nuevo Cuyo se encuentra entre las zonas caracterizadas por una alta atenuación como por ejemplo California Central, Estados Unidos y Andalucía, España. En cambio para eventos a profundidades intermedias, la atenuación en el manto para la región de Nuevo Cuyo es similar a la de otras zonas de baja atenuación de *scattering* como son los Apeninos Australes o el Friuli en Italia (Badi et al., 2009). Los valores de la atenuación intrínseca y de *scattering* según la aproximación de Wennerberg en la región de Nuevo Cuyo son válidos hasta profundidades de 400 km, por lo que se comparan con los valores del MLTWA a profundidades intermedias. De acuerdo a los valores de la atenuación de ondas directas observados en la región, la atenuación por *scattering* resulta ser muy débil si se la compara

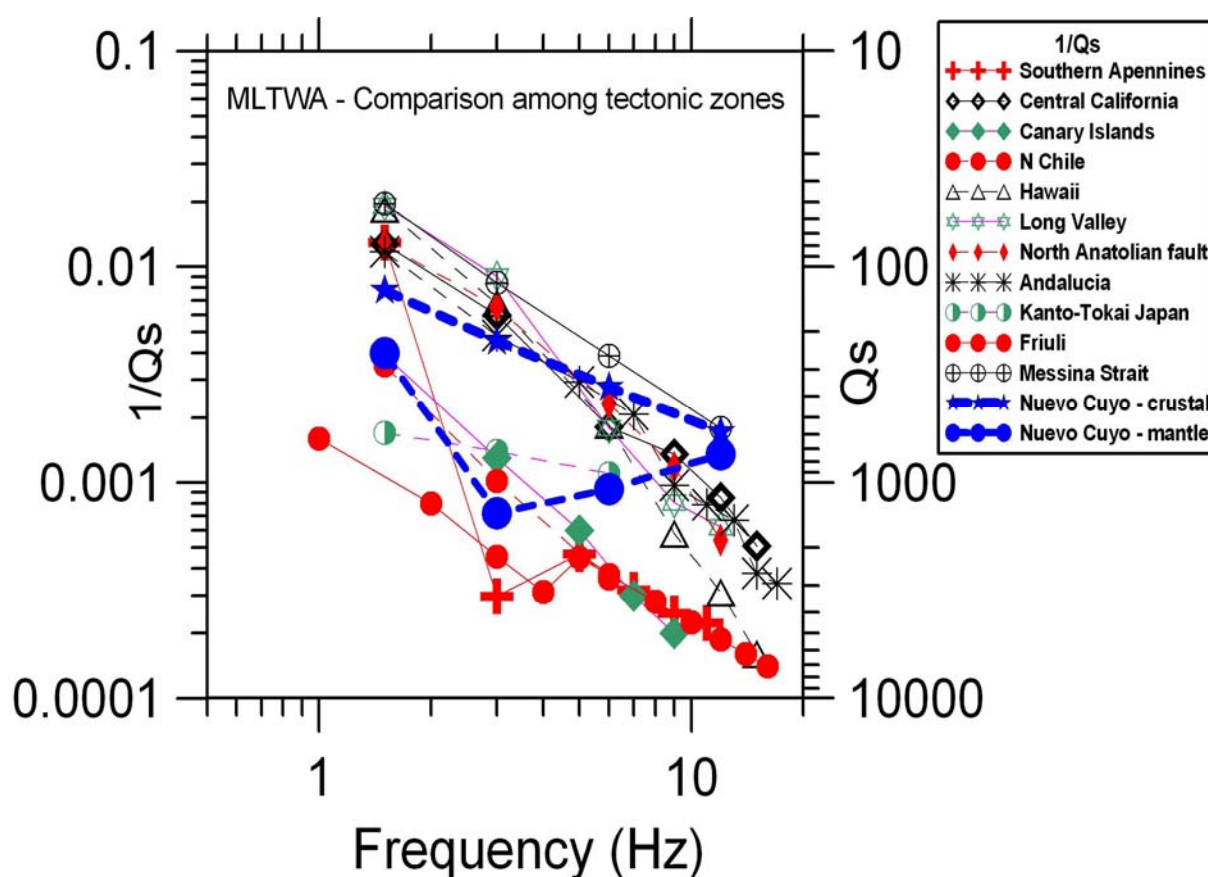


Fig. 5.4a.- Comparación entre los valores de Q_s^{-1} obtenidos mediante el MLTWA en diversas zonas tectónicamente activas del mundo (valores extractados de Bianco et al., 2005 y Del Pezzo and F. Bianco, Earth Print Repository, 2007, <http://www.earth-prints.org/>) y los obtenidos para la región de Nuevo Cuyo a profundidades superficiales e intermedias. (Badi et al., 2009).

con la atenuación intrínseca. Esta situación es similar a la observada por Xie y Mitchell (1990) en la región de las Basin and Range, USA, al separar los efectos anelásticos y de *scattering* sobre ondas Lg y codas de Lg tomadas 200 s después de la llegada de las Lg.

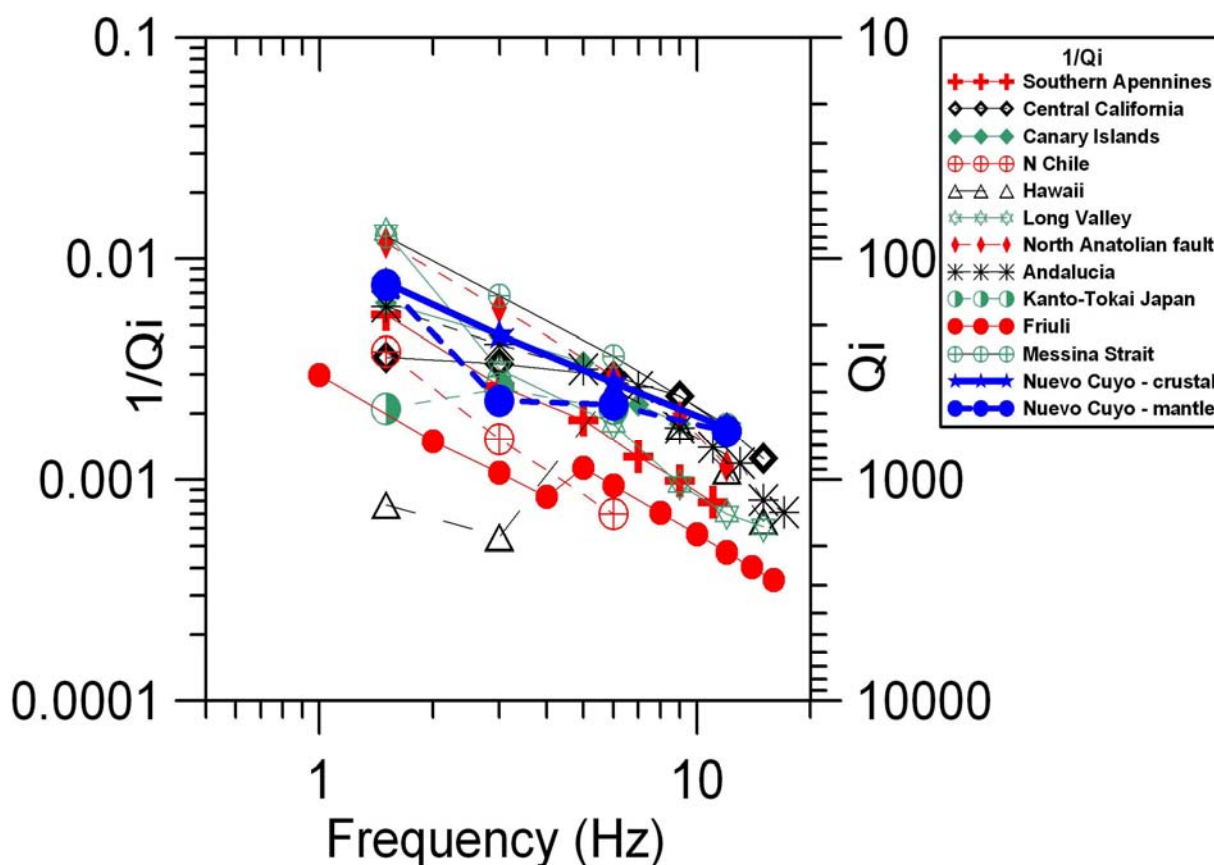


Fig. 5.4b.- Comparación entre los valores de Q_i^{-1} obtenidos mediante el MLTWA en diversas zonas tectónicamente activas del mundo (valores extractados de Bianco et al., 2005 y Del Pezzo and F. Bianco, Earth Print Repository, 2007, <http://www.earth-prints.org/>) y los obtenidos para la región de Nuevo Cuyo a profundidades superficiales e intermedias. (Badi et al., 2009).