

LOCALIZACIÓN DE HIPOCENTROS Y DETERMINACIÓN DE SU MAGNITUD EN TIERRA DEL FUEGO Y ZONAS ALEDAÑAS

Buffoni Carolina, Nora C. Sabbione, Gerardo Connon y José L. Ormaechea

¹ Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de la Plata (UNLP)

² CONICET

³ Estación Astronómica Río Grande (EARG), Tierra del Fuego.

* cbuffoni@fcaglp.unlp.edu.ar

RESUMEN

Nuevos hipocentros de sismos de baja a mediana magnitud han sido calculados con el fin de estudiar la sismicidad en la Isla de Tierra del Fuego y zonas aledañas. La región presenta un complejo escenario tectónico: la isla es atravesada por una falla transformante conocida como Falla de Magallanes-Fagnano la cual divide a Tierra del Fuego en dos bloques continentales. Esta falla constituye el mayor segmento continental del borde de las placas de Scotia y Sudamericana. La isla tiene una importante historia sismológica que incluye un evento de carácter destructivo ocurrido en diciembre de 1949 el cual alcanzó una magnitud de 7.8 en la escala de Richter. De un análisis de sismicidad histórica, se conocen reportes de sismos en los años 1929, 1930, 1944, 1949 y 1970. En el presente trabajo se ha realizado la localización de los hipocentros y el análisis de los errores en la determinación. A tal efecto se analizaron los registros de 5 estaciones sismológicas para el período enero 2007 – diciembre 2007. Más de 180 sismos fueron localizados y algunos de ellos comparados con los cinco eventos registrados por el NEIC (National Earthquake Information Center) y el ISC (Internacional Seismological Centre) para el mismo período. El cálculo de magnitud fue realizado a partir de la amplitud del primer arribo. La mayoría de los sismos tienen un valor de magnitud mb que se concentra entre 2 y 4 grados. Con respecto a la profundidad hipocentral, más del 50% de los eventos localizados tienen profundidades en los primeros 10 km. El mapa de sismicidad obtenido muestra una distribución de sismos sobre y en las cercanías de la falla Magallanes-Fagnano, una concentración de epicentros en el área de la Cordillera de Darwin y en los alrededores de la placa de Scotia, manifestando indicios de una correlación con el ambiente geotectónico del área de estudio.

Palabras claves: Tierra del Fuego, sistema transformante Magallanes-Fagnano, localización de sismos, magnitud mb, sismicidad.

ABSTRACT

New hypocentre locations of earthquakes with low to medium magnitude have been calculated in order to study Tierra del Fuego seismicity. The region has a complex tectonic setting: the island is crossed by a transforming fault named Magallanes-Fagnano which divides Tierra del Fuego in two continental blocks. This fault system constitutes the major continental segment of the South America-Scotia plate's border. The island has an important seismological history which includes an event of magnitude 7.8 occurred on December 1949.

Reports of earthquakes occurred in 1929, 1930, 1944, 1949 and 1970 are known by a study of historical seismicity. In this paper hypocentre locations and error analysis have been carried out. Records at five seismological stations have been analyzed during January-December 2007. More than 180 events have been identified and some of them were compared to events of NEIC (National Earthquake Information Center) and ISC (International Seismological Centre). Magnitude determinations have been calculated with first arrival amplitude. The majority of earthquakes have magnitude mb between 2 and 4 degrees. With respect to hypocentral depths, more than 50% of located earthquakes have their depths in the first 10 km. The seismicity map obtained shows that beyond rather dispersed seismicity related to the Magallanes-Fagnano fault, a concentration of epicentres is found in the Darwin Cordillera area and in the Scotia plate surrounding, displaying evidence of a correlation with the geotectonic area of study.

Keywords: Tierra del Fuego, Magallanes-Fagnano transform system, earthquake locations, magnitude mb, seismicity.

INTRODUCCION

La Isla de Tierra del Fuego posee antecedentes de actividad sísmica que datan del año 1879 incluyendo un evento de carácter destructivo de magnitud 7.8 ocurrido el 17 de diciembre de 1949. De un análisis de sismicidad histórica se conocen reportes de sismos en los años 1929, 1930, 1944, 1949, 1970 y precursores y réplicas del evento de gran magnitud ocurrido el 17 de diciembre de 1949, (Sabbione et al., 2007).

La instalación de estaciones sismológicas en Tierra del Fuego tiene sus inicios en el año 1995. La primera estación sismológica en la Isla se denominó USHU (Ushuaia, IAA-PNRA) por su cercanía a la ciudad de Ushuaia. Datos provenientes de dicha estación fueron analizados obteniendo como resultado la localización de 41 sismos mediante técnicas que utilizan datos de una sola estación (Febrer et al., 2000). La evidencia de eventos locales de baja a mediana magnitud ha convertido a la Isla de Tierra del Fuego en una zona de estudio de particular interés. En diciembre de 1999 se instaló la estación sismológica DSPA (Despedida, UNLP-PNRA) a 50 km al sudoeste de la ciudad de Río Grande. Registros sísmicos obtenidos en dicha estación fueron analizados desde junio de 1999 hasta marzo del 2002. Se localizaron más de 60 eventos que fueron correlacionados con el ambiente tectónico de Tierra del Fuego y zonas aledañas (Plascencia et al., 2002).

En Sabbione et al., 2007 se realizó un nuevo estudio de sismicidad encontrando una distribución de epicentros tanto en la región continental de Tierra del Fuego como en áreas oceánicas circundantes siendo identificados más de 300 eventos.

Actualmente se encuentran en funcionamiento 4 estaciones sismológicas cuya operación y logística está a cargo del personal de la Estación Astronómica de Río Grande (EARG): DSPA (Despedida, instalada desde 1999), TRVA (Termas de Río Valdez Argentina, instalada desde 2003), BETA (Torito, instalada a fines del 2006) y ELCA (Estancia Los Cerros Argentina, instalada a fines del 2007). Con el fin de realizar la localización de sismos con el mayor número de estaciones posibles se disponen de registros de una quinta estación denominada USHA (perteneciente a la Comisión Preparatoria para la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares, CTBTO).

El presente trabajo tiene como objetivo realizar la localización y determinación de la magnitud mb de sismos registrados en las estaciones sismológicas de Tierra del Fuego en funcionamiento para el período enero 2007- diciembre 2007. La localización de los eventos se llevó a cabo mediante el software de procesamiento sismológico SEISAN (Havskov and Ottemöller, 2008). Se ha adoptado un modelo de tierra plana con 3 capas encontrándose la discontinuidad manto-corteza a los 32 km de profundidad (Adaros, 2003). Con el fin de cuantificar el tamaño de los sismos se determinó la magnitud mb de los eventos a partir de la amplitud del primer arribo.

CONSIDERACIONES DEL AMBIENTE TECTONICO

La zona de estudio se encuentra ubicada en el extremo sur de la Cuenca de Magallanes o Austral. La Isla de Tierra del Fuego presenta un escenario geotectónico complejo comprendido entre la Fosa de Chile hacia el oeste y los márgenes transformantes del oeste del Mar de Scotia hacia el sur. Se sitúa en una zona de actividad tectónica cuya manifestación más sensible es la ocurrencia de sismos.

El ambiente tectónico de la Isla se origina por la conjunción de las placas Sudamericana al norte y la de Scotia al sur (Fig. 1). El límite entre la placa Sudamericana y la de Scotia define un sistema de fallas que se conoce como Sistema de fallas Magallanes-Fagnano, cuya falla principal es la falla de Magallanes. Este sistema está representado por un lineamiento transformante que corre desde la parte oeste del norte de la dorsal de Scotia hacia la fosa de Chile 50° S (Fuenzalida, 1972; Dalziel, 1989).

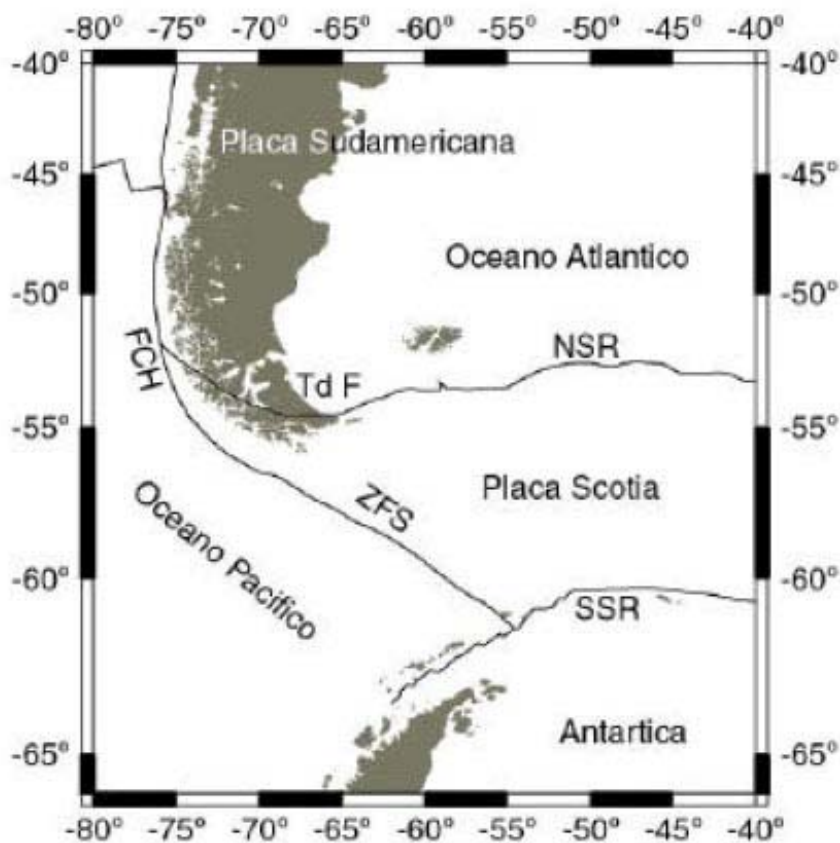


Figura 1: Ambiente tectónico de la zona de estudio (de Febrer et al., 2000). Ubicación de la isla de Tierra del Fuego (TdF), Fosa Chilena (FCH), Dorsales Norte y Sur del Mar de Scotia (NSR, (SSR) y Zona de Fractura de Shackleton (ZFS)

La Isla está dividida en dos bloques continentales como consecuencia de esta falla. Algunos autores asignan 30 Ma de edad a este sistema, correspondiendo con los estados tempranos del desarrollo del oeste del Mar de Scotia (Barker and Burrell, 1977). Otros asignan 100 Ma asociado con el movimiento transcurrente activo entre Sudamérica y la Península Antártica (de Wit, 1977; Grunow et al., 1991,1992).

La falla de Magallanes recorre la Isla de Tierra del Fuego de este a oeste en la latitud del Lago Fagnano y es una falla activa. El modelo más aceptado es el de una falla transformante vertical de dos dimensiones, soldada a 15 km de profundidad (Smalley et al., 2003). Según estudios realizados en la zona se obtuvo un movimiento relativo de 6.5 mm/año (Del Cogliano et al., 2000; Smalley et al., 2003). A partir de una red local de GPS y de numerosas campañas que se han llevado a cabo en la zona, ha sido posible estudiar el proceso cinemático que está teniendo lugar en la Isla de Tierra del Fuego a partir de la determinación de las velocidades horizontales, las cuales evidencian el movimiento de acomodo que se está llevando a cabo a lo largo de la zona del sistema de fallas Magallanes- Fagnano (Mendoza et al., 2007).

La región de la Isla ubicada al sur del Lago Fagnano pertenece a la placa de Scotia, la cual se mueve relativamente hacia el este. Dicha región ofrece un ambiente geológico caracterizado por la Cordillera Fueguina, la cual presenta un rumbo este-oeste como resultante del movimiento transformante entre las placas Sudamericana, la Antártica y la de Scotia. Este movimiento se contrasta con el rumbo norte-sur que muestra la Cordillera de los Andes en el resto de Sudamérica. La cordillera está constituida por un zócalo leptometamórfico atribuido al Paleozoico y sobre éste se apoyan rocas volcánicas ácidas en facies piroclásticas y lávicas que corresponden al jurásico Medio a Superior. Estas rocas están cubiertas por depósitos de edad cretácica superior y terciaria

La región ubicada al norte pertenece a la placa Sudamericana, la cual se desplaza relativamente hacia el oeste y presenta un ambiente geológico extra-andino estable.

El aspecto tectónico de Tierra del Fuego es de particular interés pues en esta región se encuentra el único segmento sobre tierra que existe entre los bordes de las placas de Scotia y Sudamericana.

METODOLOGIA Y ANALISIS DE LOS DATOS

La localización de un sismo queda determinada si se conocen las coordenadas de su hipocentro y la hora origen del evento, es decir la posición temporal y espacial del lugar donde ocurrió la fractura. Esto involucra identificar las fases sísmicas en el sismograma de un terremoto, medir sus tiempos de arribo a las estaciones así como también tener conocimiento de la velocidad de las ondas sísmicas en la estructura de la tierra entre el hipocentro y la estación sismológica.

En el presente trabajo para determinar la ubicación del hipocentro y la hora origen se utilizaron los tiempos de arribo de las fases sísmicas registradas en las estaciones sismológicas en funcionamiento para el período seleccionado. A tal efecto se analizaron sismogramas obtenidos en las siguientes estaciones sismológicas: DSPA (UNLP-PNRA) equipada con un sensor de banda ancha Güralp 3T provisto por el Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) de Trieste, Italia; TRVA (UNLP) equipada con un sensor Güralp 3TD provisto también por el OGS; BETA (UNLP) provista de un sensor Lennartz 3D-lite de corto período; ELCA (UNLP) equipada con un sensor Güralp 40T y USHA (CTBTO-INPRES) instrumentada con un sensor Streckeisen STS-2, (Tabla 1 y Fig. 2). Los datos de esta última estación estuvieron disponibles a partir de un Convenio firmado en el 2007 entre la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES). La Estación Astronómica de Río Grande recibe los registros de la estación DSPA a través de un enlace de radio en tiempo real. Debido a factores externos tales como el clima, el equipamiento de las estaciones sismológicas instaladas en la Isla puede verse afectado y el acceso del personal a la estación estar imposibilitado, tal es el caso de la estación BETA, la cual sólo tiene acceso por vía marítima y la estación TRVA cuyo tramo final sólo puede hacerse a pie. En este trabajo la localización de los hipocentros se realizó con un mínimo de 3 estaciones en los casos que hubo falta de datos provenientes de alguna de las estaciones anteriormente mencionadas.

Tabla 1. Estaciones sismológicas en Tierra del Fuego

Estación	Latitud	Longitud	Altura (m)	Sensor
DSPA	53° 57' S	68° 16' W	165	Güralp 3T
TRVA	54° 41' S	67° 20' W	240	Güralp 3TD
BETA	54° 35' S	68° 12' W	40	Lennartz 3D-lite
USHA	54° 49' S	68° 26' W	107	STS-2
ELCA	54° 20' S	67° 51' W	120	Güralp 40T

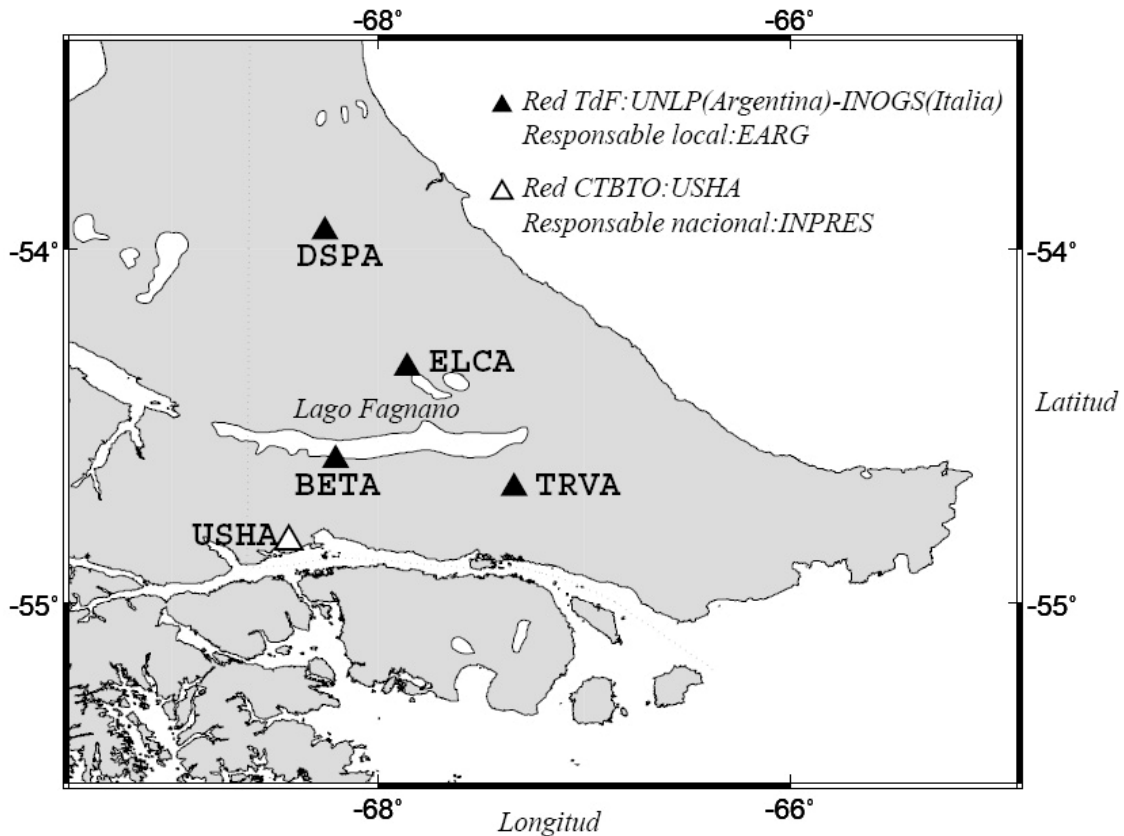


Figura 2: Ubicación geográfica de las estaciones sismológicas utilizadas

La localización de los sismos fue llevada a cabo mediante el SEISAN, realizando la localización de los eventos a través del programa Hypocenter (Lienert y Havskov, 1995). En cuanto a la determinación de la magnitud de los eventos, la misma ha sido calculada a partir de la amplitud de la fase P. A tal efecto fue necesario generar las respuestas de los instrumentos de manera de obtener un valor de amplitud que refleje el real desplazamiento del suelo. Las respuestas de los sensores Güralp 3T y Güralp 3TD fueron generadas mediante el programa de procesamiento SEISAN y fueron las utilizadas para el cálculo de la magnitud de los eventos.

El análisis de los datos consistió en varias etapas: Conversión de los datos sismológicos al formato SEISAN. Selección visual de los datos de cada estación por ser registros continuos. Identificación del evento en cada estación. Extracción de la hora en la cual se registró el evento. Preparación de la base de datos para la posterior localización y determinación de la magnitud.

Para el período seleccionado fueron identificados 185 sismos. Posteriormente se procedió al análisis de cada evento. Para la visualización de los sismos se trabajó con las trazas en crudo y luego cuando fue necesario, en función del muestreo disponible, se utilizó un filtro pasa-banda entre 3 y 9 Hz. (Fig. 3).

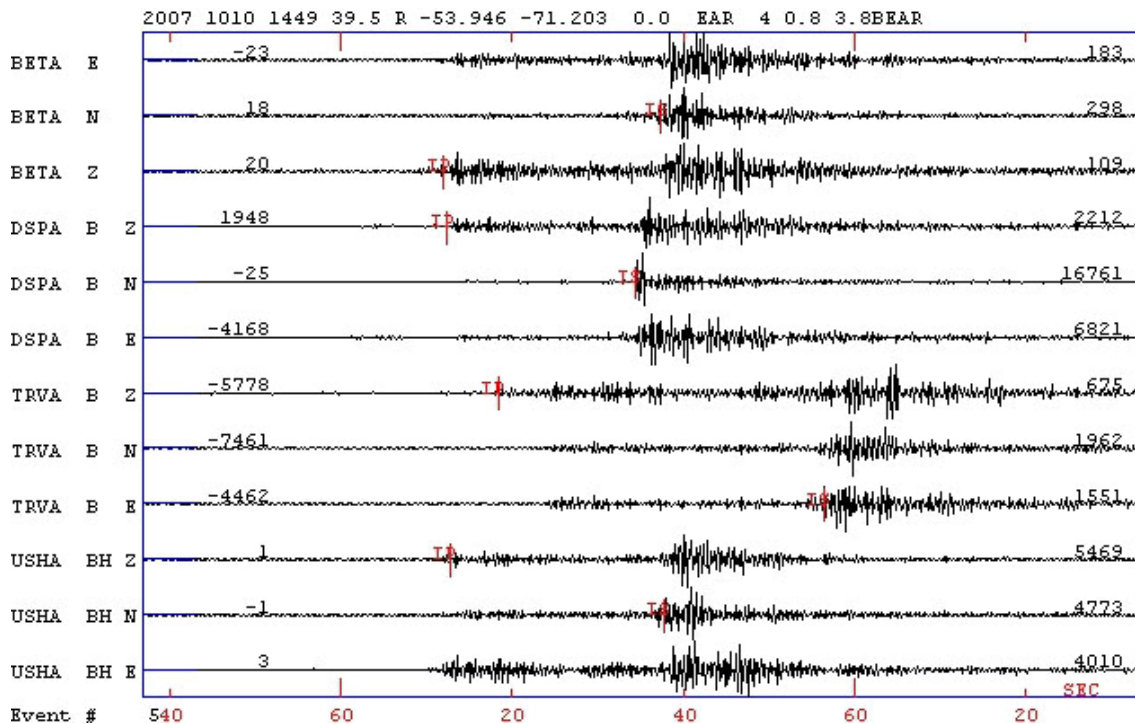


Figura 3: Identificación de las fases P y S para el sismo ocurrido el 10/10/2007

Se realizó la identificación de las fases P y S y de la máxima amplitud del primer arribo. De acuerdo a la calidad observada de los datos, se asignaron pesos a cada fase indicando con 0 una excelente lectura y con 4 la imposibilidad de leer la fase.

A efectos de estudiar la sismicidad de la zona y localizar todos los eventos de carácter local registrados por las estaciones, se adoptó un modelo de velocidad de 3 capas planas y horizontales (Tabla 2). Dicho modelo fue obtenido utilizando un programa iterativo donde la función objetivo se concentró en minimizar los residuos, tomando como función de entrada un modelo de velocidad inicial y los tiempos de llegada de las fases P y S a 5 estaciones sismológicas de banda ancha en el extremo sur de Chile pertenecientes al proyecto SEPA (Adaros, 2003). La relación entre las velocidades de las fases P y S utilizada fue $V_p/V_s = 1.78$.

Tabla 2: modelo de velocidades utilizado en la localización (Adaros, 2003)

V_p (km/s)	Profundidad (km)
4.67	0
5.73	6
8.43	32
8.93	80

En este trabajo, se determinó la magnitud de los sismos en función de la amplitud de ondas de cuerpo, utilizando la siguiente expresión:

$$m_b = \log(A/T) + Q(D, h)$$

siendo A la amplitud del terreno en μm (micrómetros), T el período en segundos y Q un factor de atenuación que depende de la distancia epicentral D y de la profundidad del evento h (Veith and Clawson, 1972). A tal efecto se ha determinado la máxima amplitud de la fase P registrada en la componente vertical pues es la que ofrece una mejor apreciación de la misma (Fig. 4). Este procedimiento se realizó para cada evento identificado.

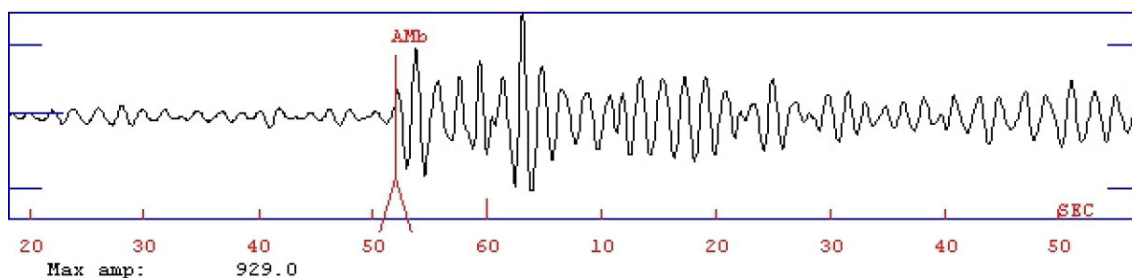


Figura 4: Determinación de la amplitud

RESULTADOS Y DISCUSION

Para localizar eventos con muy buena calidad es necesario contar con una distancia mínima al epicentro menor a la profundidad, un número de fases mayor o igual a 6, un GAP (cubrimiento acimutal de la red) menor o igual a 90 grados, un RMS (error medio cuadrático) menor a 0.15 segundos y errores en horizontal y profundidad menores a 1 y 2 km respectivamente (Havskov and Ottemöller, 2008).

La distribución y número de estaciones sismológicas en la Isla, en algunos casos no permitió contar con datos que cumplieran con todos los requisitos anteriormente mencionados. Considerando la importancia de contar con un catálogo de sismicidad para la región, a pesar de las limitaciones con las que nos enfrentamos, se realizó la localización de eventos tanto dentro de la Isla como en zonas aledañas. En este último caso fue difícil trabajar con datos de buena cobertura acimutal al momento de determinar con precisión las localizaciones. Ejemplo de ello son las agrupaciones de sismos ubicados en los bordes de las placas de Scotia, hacia el E y S de las estaciones sismológicas de Tierra del Fuego, o el grupo de epicentros encontrados hacia el SW, principalmente en la Cordillera de Darwin.

El resultado obtenido en el presente trabajo para el período seleccionado ha sido la localización de 185 eventos cuya distribución espacial y magnitudes se observan en el siguiente mapa:

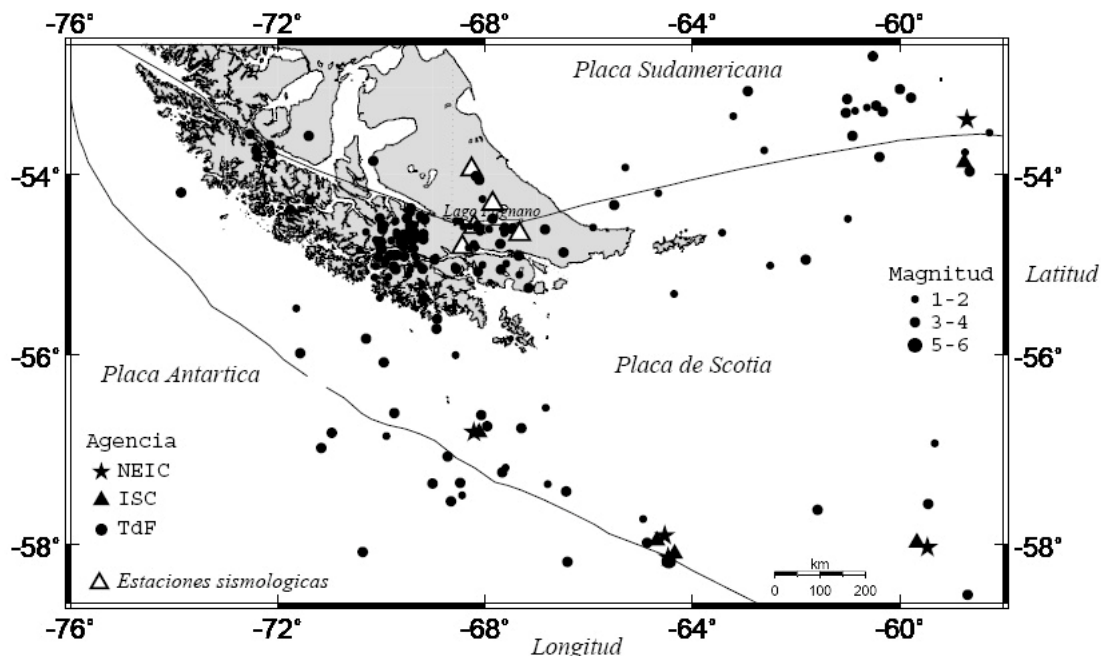


Figura 5: Distribución y magnitudes de epicentros localizados para el período 1/1/2007-31/12/2007

La sismicidad encontrada demuestra que la zona está activa en la actualidad con una clara manifestación de sismos de baja a mediana magnitud (Fig. 6a). La mayoría de los eventos tienen

magnitudes entre 2 y 4 grados. Esto justifica la escasa cantidad de eventos que son registrados por centros internacionales de cálculo de hipocentros. La máxima magnitud determinada fue $m_b=5.1$ correspondiendo a uno de los 5 eventos que fueron determinados por el NEIC y el ISC para el período de estudio (Tabla 3).

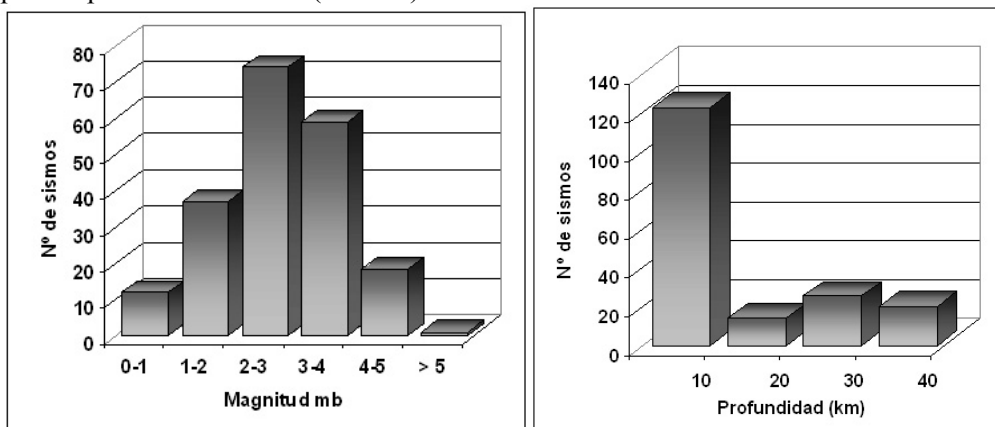


Figura 6: a) Magnitud m_b de los eventos. b) Profundidad hipocentral de los sismos localizados

Tabla 3: Cuadro comparativo correspondiente a los 5 eventos localizados por otras Agencias durante el período de estudio

Agencia	Fecha	Hora	RMS	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud
TdF	17/01/07	18:34:13.1	0.3	-58.17	-64.45	32	5.1 mb
NEIC	17/01/07	18:34:14.93	1.22	-57.91	-64.53	6	5.6 Mw
ISC	17/01/07	18:34:15.73	0.28	-57.96	-64.69	10	5.4 m_b
TdF	17/02/07	14:59:18.2	0.7	-57.58	-59.44	0	4.7 mb
NEIC	17/02/07	14:59:13.85	0.87	-58.03	-59.46	10	4.7 m_b
ISC	17/02/07	14:59:14.06	0.46	-57.98	-59.67	10	4.4 m_b
TdF	26/02/07	18:20:02.5	0.2	-53.97	-58.65	8.4	4.7 mb
NEIC	26/02/07	18:20:07.25	1.37	-53.38	-58.70	10	4.7 m_b
ISC	26/02/07	18:20:08.68	0.97	-53.87	-58.76	16.9	4.2 m_b
TdF	27/03/07	01:01:32.2	0.4	-57.09	-68.72	32	4.7 mb
NEIC	27/03/07	01:01:28.96	1.07	-56.83	-68.21	35	4.5 m_b
ISC	27/03/07	01:01:24.88	0.92	-56.84	-68.11	2.2	4.3 m_b
TdF	13/11/07	15:50:40.2	0.2	-57.98	-64.87	35	4.2 mb
NEIC	13/11/07	15:50:38.04	0.46	-58.13	-64.47	10	4.1 m_b
ISC	13/11/07	15:50:36.74	0.47	-58.10	-64.34	10	4.0 m_b

Con respecto a la profundidad hipocentral, más del 50% de los sismos localizados tienen profundidades en los primeros 10 km (Fig. 6b y Fig. 7). La máxima profundidad encontrada fue de 40 km.

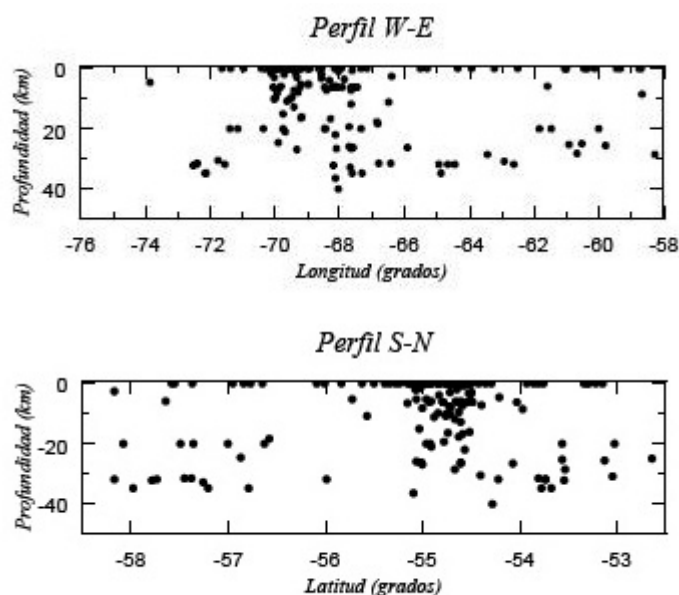


Figura 7: Perfiles de Profundidad

Del análisis de errores en la determinación realizada, más del 60% de los epicentros localizados tienen valores de RMS menor a 0.5 segundos indicando una calidad aceptable. Se encontró un grupo de 64 eventos con RMS menor a 0.3 segundos y un grupo de 27 eventos con RMS menor a 0.15 segundos representando una buena calidad en la localización. Respecto a los errores en la horizontal, sólo un pequeño grupo de sismos tienen un valor menor a 5 km, siendo precisamente los que se encuentran ubicados dentro de la red con buena cobertura acimutal.

Debido a la configuración de estaciones, en muchos casos no se contó con una buena distancia mínima para la determinación de la profundidad del foco. Sólo un grupo de 30 eventos tienen un error en profundidad menor a 5 km.

Otro factor a tener en cuenta al momento de analizar la calidad de las localizaciones es el número de fases utilizadas. El 78% de las determinaciones fueron realizadas con un número de fases mayor o igual que 6. En el resto de los casos no se disponía de datos suficientes, debido fundamentalmente a interrupciones en algunos registros. Esto suele ocurrir durante los meses de invierno en los cuales el acceso del personal a la estación se encuentra imposibilitado.

CONCLUSIONES

La Isla de Tierra del Fuego presenta una ausencia histórica de estaciones sismológicas; la instrumentación en la misma se inició en la década del 90 con una sola estación. Desde este punto de vista, obtener precisiones hipocentrales suficientes ha sido uno de los problemas a resolver. Por otra parte, la instalación y mantenimiento de las estaciones resultan muy complicados dada la accesibilidad, la topografía y las condiciones meteorológicas que se presentan, principalmente durante los meses de invierno.

Desde que comenzó a instrumentarse la Isla, se registró la ocurrencia de sismos de baja a mediana magnitud. A pesar que es notorio el escaso número de estaciones sismológicas de redes globales por la ubicación geográfica de la región, a medida que se avanzó en la instalación de nuevas estaciones ha sido posible mejorar la calidad de la localización de los eventos. El hecho de que la sismicidad registrada sea de bajo y mediano nivel, indica la importancia de contar con esta red, ya que durante el período estudiado sólo cinco eventos fueron registrados por centros internacionales de cálculo de hipocentros.

La obtención de los parámetros focales de todo sismo dentro de márgenes de errores aceptables queda asociada a conocer con la mayor precisión posible la estructura de la corteza y manto

superior. De esta manera obtener una localización con el mínimo error significa también trabajar con un modelo cortical que se ajuste lo más posible al real de la zona de trabajo. El hecho de contar recientemente con datos de cinco estaciones, permitirá aplicar programas que optimizan el modelo de velocidades en forma simultánea con la minimización del error de la localización. Del análisis de la distribución geográfica de los epicentros localizados se observa que existe un grupo de eventos concentrados alrededor del Lago Fagnano (Fig. 5). Es precisamente en esa zona donde se hace presente el límite entre las placas de Sudamérica y la de Scotia caracterizado principalmente por la falla transformante de Magallanes-Fagnano. De esta manera la sismicidad encontrada podría representar indicios de una correlación con la tectónica actual anteriormente descrita.

Agradecimientos: los datos utilizados en este trabajo estuvieron disponibles gracias al personal de la Estación Astronómica de Río Grande, quienes se encargan de operar las estaciones sismológicas instaladas en la Provincia de Tierra del Fuego. Cabe destacar nuestro agradecimiento a las familias Larminat, Henninger y Echeverría, quienes cedieron el lugar para la instalación de las estaciones sismológicas DSPA, ELCA y BETA respectivamente y por su colaboración con el personal de EARG. Los datos de la estación USHA fueron puestos a disposición gracias al trabajo realizado por Marcelo Moreno del INPRES.

REFERENCIAS

- Adaros Cárcamo R. E. 2003. Sismicidad y Tectónica del extremo sur de Chile. Tesis Magíster, Universidad de Chile: 82p.
- Barker P.F., J. Burrell, 1977. The opening of the Drake Passage. *Marine Geology* 25: 15-34.
- Dalziel I.W.D., 1989. Tectonic of the Scotia Arc, Antartica. *Field Trip Guidebook T180*, 206pp.
- De Wit M. J. 1977. The evolution of the Scotia Arc as a key of the reconstruction of southern Gondwanaland. *Tectonophysics* 37 (1-39): 53-82.
- Del Cogliano D., R. Perdomo y J. Hormaechea, 2000. Desplazamiento entre placas tectónicas en Tierra del Fuego. *Actas de la XX Reunión Científica de la AAGG*, Mendoza (En CD).
- Febrer, J., M. Plascencia y N. Sabbione 2000. Local and Regional Seismicity from Ushuaia Broadband Station Observations (Tierra del Fuego). *Terra Antartica*. Vol 8 (2), 35-40.
- Fuenzalida R.H., 1972. Geological Correlation Between the Patagonian Andes and the Antarctic Peninsula and Some Tectonic Implications. Master Thesis, Standford University, 75p.
- Grunow A., D. V. Kent y I. W. D. Dalziel, 1991. New paleomagnetic data from Thurston Island: implications for the tectonics of West Antarctica and Weddell Sea opening. *J. Geophys. Res.* 96, 17935-17954.
- Grunow A.W., I.W.D Dalziel, T. M. Harrison y M. T. Heizler, 1992. Structural geology and geochronology of subduction complexes along the margin of Gondwanaland: new data from the Antarctic Peninsula and southmost Andes. *Geol. So. Am. Bull.* 104, 1497-1514.
- Havskov, J. and L. Ottemöller, 2008. SEISAN: The Earthquake Analysis Software, Institute of Solid Earth Physics, Bergen University, Norway. Version 8.2.1. (<http://www.ifjf.uib.no>).
- Lienert, B.R.E y J. Havskov, 1995. A computer program for locating earthquakes both locally and globally, *Seismological Research Letters*, 66, 26-36.
- Mendoza, L., R. Perdomo, J. L. Hormaechea, D. Del Cogliano, R. Dietrich, M. Fritsche y A. Richter, 2007. Determination of recent horizontal crustal displacements at the South America/Scotia tectonic plate boundary in Tierra del Fuego by GPS, GEOSUR (Poster).
- Plascencia, M., G. Connon, J.L. Hormaechea y N. Sabbione, 2002. Determinación preliminar de epicentros registrados en la estación sismológica Despedida (DSPA). Provincia de Tierra del Fuego. *Actas de la XXI Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*. En CD, pp., 285-289.
- Sabbione N., G. Connon, J.L. Hormaechea y M. L. Rosa, 2007. Estudio de Sismicidad en la Provincia de Tierra del Fuego. *Geoacta*. Vol.32: 41-50
- Smalley, R. Jr., Kendrick, Bevis, Dalziel, Taylor, Lauría, Barriga, Cassasa, Olivero and Piana, 2003. Geodetic determination of the relative plate motion and crustal deformation across the Scotia-South plate boundary in eastern Tierra del Fuego. *Geoch. Geoph. Geos*, *Elect Jour AGU*, Vol 4, N°9.
- Veith, K. F. and G. E. Clawson, 1972. Magnitude from short period P-wave data. *Bull. Seism. Soc. Am.* 62, 435-440.

