Cámara de Representantes
Comisión Especial de Río de la Plata, Frente Marítimo y Antártida

Oficio n.º 2

Montevideo, 23 de septiembre de 2020.

Señor Presidente del Consejo Directivo
del Instituto Antártico Uruguayo,
Contralmirante (r) Manuel Burgos.

Tenemos el agrado de dirigirnos al señor Presidente a efectos de manifestar la preocupación de esta comisión con relación al sismo ocurrido en la madrugada del 29 de agosto del año en curso, con epicentro cercano a la Base Científica Antártica Artigas.

En ese sentido, es de interés de esta asesora tener información de primera mano acerca de cómo afectó dicho sismo a la Base Científica Antártica Artigas, y particularmente al equipo humano apostado en esa Base. Es por ello que nos dirigimos al señor Presidente, solicitando dicha información.

Saludamos al señor Presidente muy atentamente.

GABRIEL TINAGLINI
Presidente

EDUARDO SÁNCHEZ
Secretario

NOTA Nº 1021

Montevideo, 20 de octubre de 2020

SEÑOR PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ESPECIAL DE RIO DE LA PLATA, FRENTE MARÍTIMO Y ANTÁRTIDA

Sr. Gabriel Tinaglini

Por medio de la presente, me dirijo a Usted a los efectos de informar lo solicitado por vuestra comisión mediante el oficio N.º 02 con fecha 23 de setiembre y recibido el 14 de octubre del corriente.

Según informes oficiales del Observatorio Geofísico del Uruguay, desde que comenzaron a detectarse temblores en la mañana del 28 de agosto del presente, se llevan registrados más de 4.200 eventos sísmicos.

El Observatorio de referencia, a cargo de la Dra. Leda Sánchez y su equipo de expertos, se encuentran investigando y realizando el estudio exhaustivo sobre los fenómenos ocurridos, aportando resultados oficiales. Si bien, la mayoría de los mismos fueron imperceptibles, algunos por su magnitud fueron percibidos en Base Científica Antártica Artigas según informó a nuestro Instituto el Jefe de Base Cnel. Emilio Obelar y otros integrantes de la dotación que habita la misma.

Afortunadamente y a pesar de inusual situación de alerta, no se han registrado lesiones en el personal que habita Base Artigas, ni daños en la infraestructura de ésta.

Asimismo, se adjunta el informe enviado por la Dra. Leda Sánchez a este instituto, con los primeros resultados obtenidos desde que comenzó a suscitarse esta situación.

Sin otro particular, saluda a Usted muy atentamente,

Contralmirante (R)

Manuel R. Burgos

Presidente del Instituto Antártico Uruguayo.
Vice-presidente del Consejo de Administradores de Programas Antárticos Nacionales (COMNAP)

DSG
MB/AQ/fr

Sismicidad en la Isla Rey Jorge

Primeros resultados

Observatorio Geofísico del Uruguay - UdelaR - MIEM

(2020)

Observatorio Geofísico del Uruguay:

Leda Sánchez Bettucci, Hernán Castro, Anahí Curbelo, Martín Rodríguez, Damián Dell'Acqua, Judith Loureiro, Enrique Latorres.

Resumen

Entre el 26 de agosto y el 03 de septiembre del año 2020 fueron sentidos por la dotación de la Base Científica Antártica Uruguaya (BCAA) diversos eventos sísmicos. En marzo de este año en el marco del proyecto de investigación Antártica liderado por el OGU se llevó adelante la instalación de un sensor sismológico en la BCAA en el mes de marzo del 2020. Este equipo registró correctamente los eventos mencionados además de otros que no fueron sentidos por la dotación.

Fueron identificados en los sismogramas más de 1000 sismos, los cuales fueron procesados, siendo calculados, entre otros parámetros, sus magnitudes (M_L).

Las magnitudes más frecuentes registradas se ubican entre 2 y 3, mientras que se destaca la ocurrencia de 18 sismos de magnitud mayor a 4 y de dichos eventos 4 superaron la magnitud de 5.

Introducción

Un terremoto, o sismo, es un proceso natural de liberación abrupta de energía producido por movimientos del terreno. Estos movimientos pueden tener diferentes causas, entre la que se destaca la liberación de energía por ruptura súbita de rocas que conforman las placas tectónicas. Estas rupturas ocurren por la actuación de fuerzas de compresión, distensión y de cizallamiento, habitualmente en las zonas de interacción conocidas como límites de placas o bordes de placa.
En estas regiones es donde se produce la mayor tasa de terremotos y a su vez, es donde generalmente ocurren los sismos de mayor magnitud. Debido a esto, el estudio de la sismicidad en estas regiones es de gran importancia para la elaboración de protocolos de emergencia y de construcción edilicia para la prevención de daños.

La isla Rey Jorge se encuentra rodeada de límites de placa de diferentes características. A modo de ejemplo, a aproximadamente 100 km al Sur se desarrolla un límite de placas de tipo subducción con la placa de Phoenix. Al Sur, con una dirección general SO-NE, se encuentra una zona de extensión denominada, según Robertson et al. (2003), como una zona de tipo *back-arc* correspondiente a la cuenca de *Bransfield* (*Bransfield Basin*). Aquí se han registrado eventos sísmicos con mecanismos focales extensionales y construcciones volcánicas sub oceánicas. A su vez, la interacción de la placa Scotia y otras microplacas adyacentes generan bordes de tipo distensivo y cizallantes generando dorsales menores y cizallas transformantes respectivamente (Figura 1).
Tal como se puede observar en la Figura 2, la actividad sísmica de mayor magnitud se concentra en la dorsal de *Bransfield* y en la transformante entre las placas de *Phoenix* y de *Scotia* (*Shackleton Fracture Zone*; SFZ).

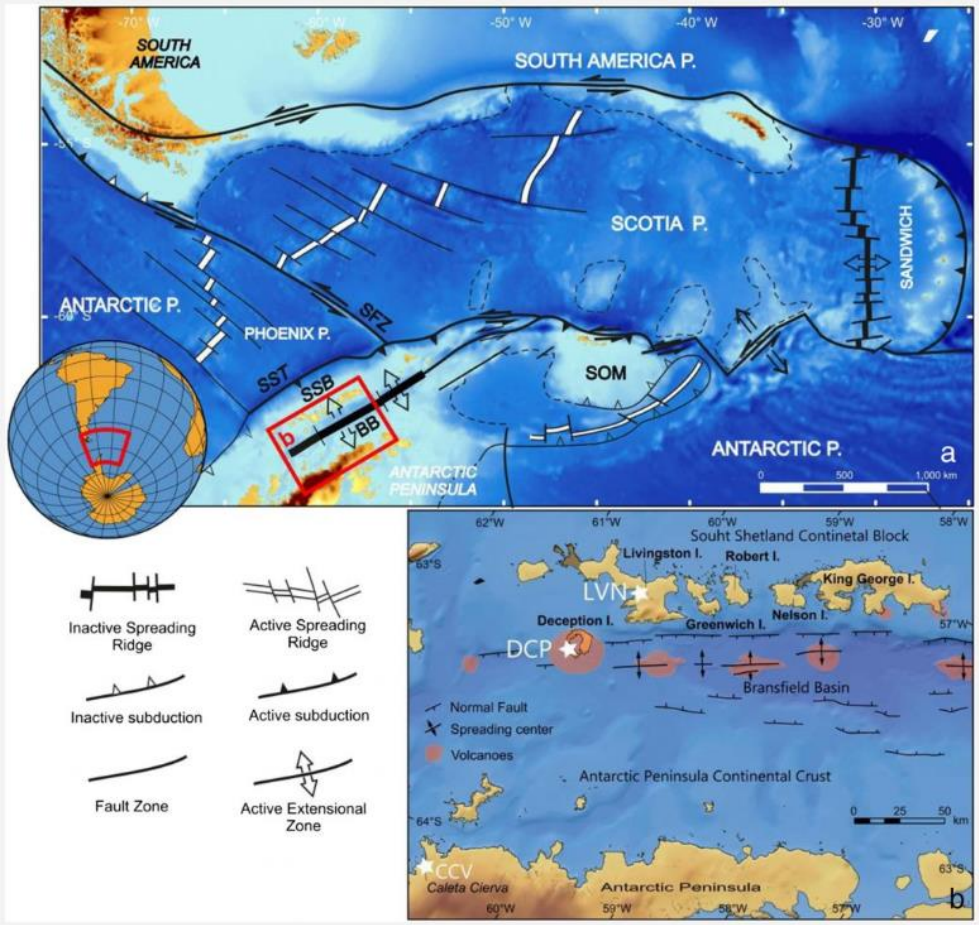


Figura 1. Esquema de la configuración de las placas tectónicas en la región (Fuente: https://wpd.ugr.es/~bravoseis/bravoseis/el-estrecho-de-bransfield/).

Kanao (2014) describió los eventos sísmicos ocurridos el 8 de febrero de 1971 con magnitudes de 6,3 (m_b) y 7,0 (m_s) en las costas de la península antártica continental.

Por otro lado, se indica que los terremotos sub-oceánicos pueden ser causales de tsunamis, tal como ocurrió en agosto del 2003 cuando un terremoto de magnitud 7,6 (m_w) de desplazamiento vertical afectó la costa de la bahía donde se encuentra la estación científica Argentina “Orcadas”, ubicada en la Isla Laurie (ubicada a aproximadamente 700 km al Este de la Isla Rey Jorge). Según las fuentes, la masa de hielo que se encuentra bajo el océano lo amortiguó de manera que no generó impactos (http://www.marambio.aq/tsunamiorcadas.html). En 2013 se registró un evento de magnitud 7,3 próximo a esta estación con generación de importantes olas pero sin llegar a generar un tsunami.

(https://www.lainformacion.com/asuntos-sociales/terremoto-de-7-3-grados-sacude-islas-shetland-del-sur_gHdUqJ5cQOWWW89nK3vHn6/).

Además de terremotos aparentemente aislados, también se han detectado enjambres de terremotos o “enjambres sísmicos”. Fenómenos de este tipo han sido estudiado previamente en la zona; tales como en los trabajos de Jeen et al. (1998) y Kaminuma (2001). Este último indica que el enjambre bajo

objeto de su estudio se originó en la zona del *ORCA Sea Mount,* en lo que corresponde a la zona de *back-arc,* y le adjudicaron un origen volcánico. La definición de enjambre sísmico se establece con Knett (1899) quien utilizó el término para describir la ocurrencia de una cantidad de eventos sísmicos que se dan en un área específica durante un período de tiempo relativamente corto. Una peculiaridad que ayuda a determinar si el conjunto de eventos corresponde a un enjambre sísmico, es que no se identifica un evento principal.

En el 2018, se comenzó la campaña de instalación de un sismómetro para monitoreo de la actividad sísmica de la isla; en ese entonces, se presentaba al Instituto Antártico Uruguayo un mapa extraído de la página web de la U.S. Geological Survey (USGS) donde se muestran los eventos sísmicos cercanos a la isla durante los últimos 50 años, registrados por la red internacional de sensores. Del 2018 al 2020 se registraron por la USGS 8 terremotos con magnitudes entre 4 y 5,5.

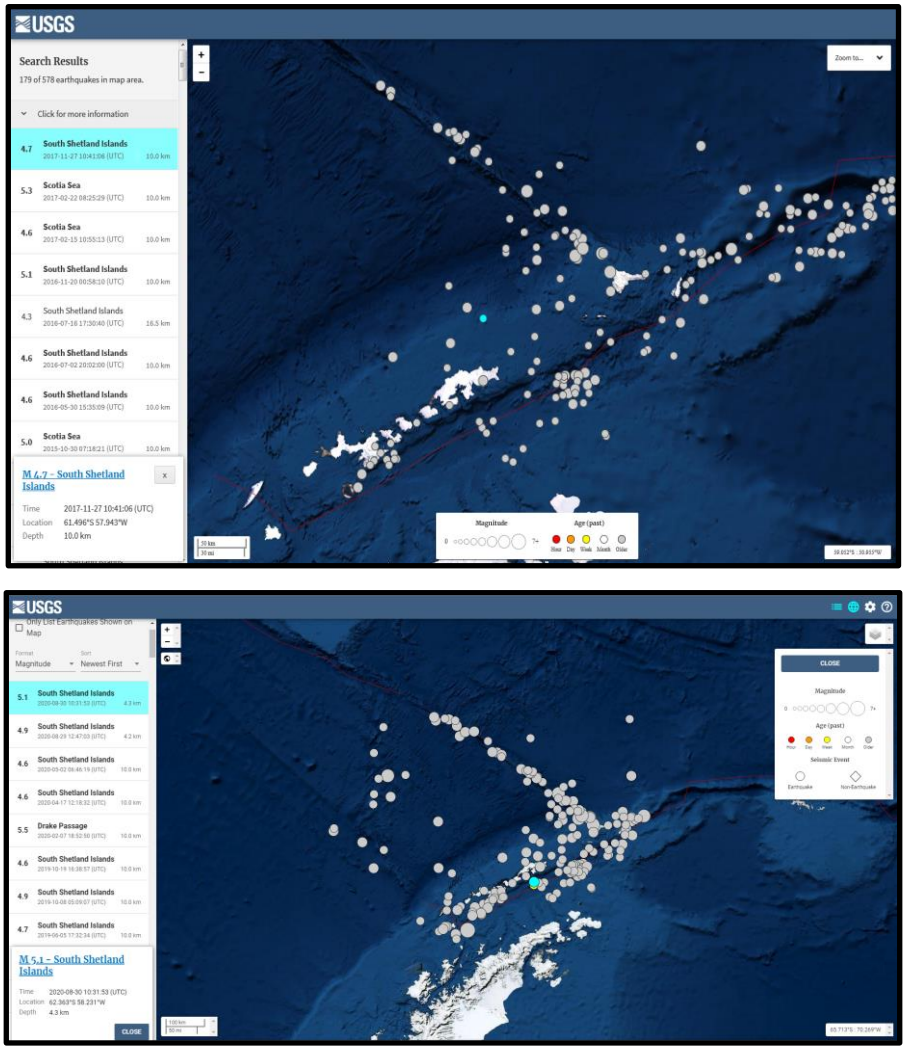
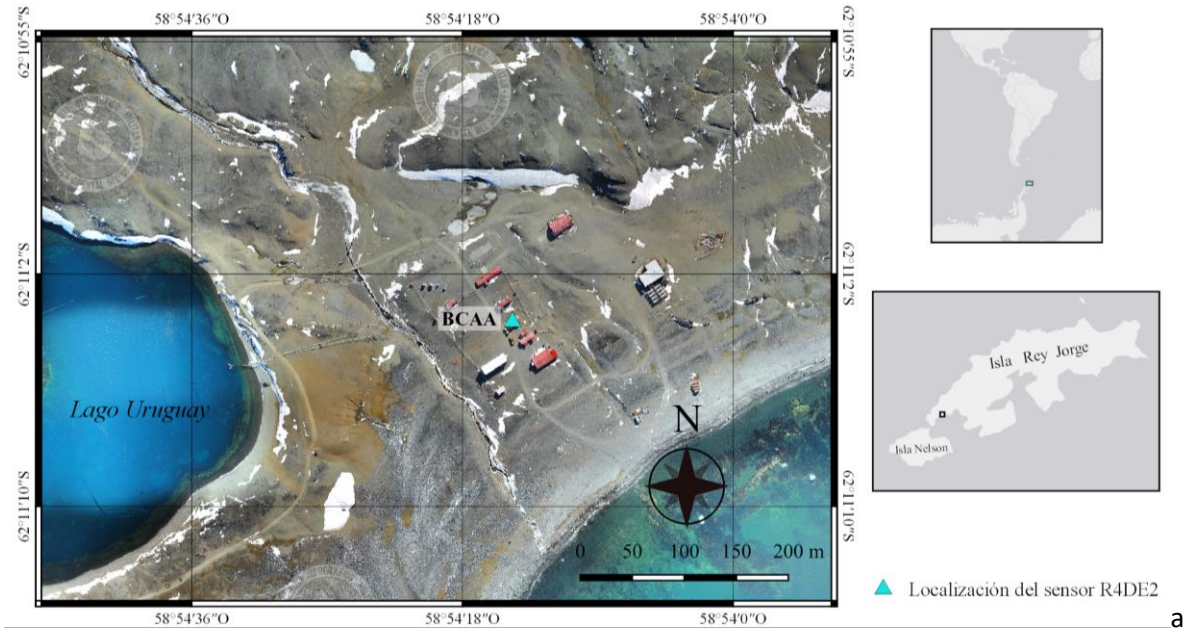


Figura 2. En la imagen superior, se muestra la localización epicentral de los terremotos registrados por la USGS desde 1968 hasta el 2018. En la inferior, hasta el 2020.

En la primer etapa de la campaña, se realizó una medición del ruido natural del terreno instalando de forma temporal un acelerómetro Güralp, triaxial, donde se pudo observar que las condiciones del terreno eran óptimas para la instalación de un sensor (por más información ver informe entregado al IAU: *Relevamientos y estudios geológicos y geofísicos en la Antártida*. SOHMA-MDN, Fcien (UdelaR), DINAMIGE-MIEM, SGM-MDN, 2018).

La instalación final se realizó el 4 de marzo del presente año dentro de la edificación de la base antártica uruguaya (Figura 3). El sensor es un sismómetro triaxial de período corto modelo Raspberry Shake 3D con respuesta plana entre los 2s y los 40 Hz. Los datos son enviados a través de internet, proporcionado por ANTEL, al servidor de la red sismológica "AM" y puede ser monitoreado su rendimiento entrando al visualizador de la empresa: https://raspberryshake.net/stationview/

Debido a que existieron problemas con la transmisión de los datos, el registro desde la instalación del equipo no ha sido contínuo.



a)



Figura 3. a) Localización geográfica general de la BCAA. b)El sensor (sismómetro R4DE2)se encuentra instalado en el edificio ubicado a la izquierda.

Debido a la ocurrencia de eventos sísmicos sentidos por la dotación de la Base Científica Antártica Artigas (BCAA) y a la solicitud de la dirección del Instituto Antártico Uruguayo (Ministerio de Defensa Nacional) y el Ministerio de Industria Energía Minería y Geología de brindar información respecto a los eventos sísmicos ocurridos, el Observatorio Geofísico del Uruguay procedió a analizar los registros correspondientes al período entre los días 26 de agosto y el 3 de septiembre del presente año.

Metodología

La metodología empleada implicó la realización de la identificación manual de todos los eventos sísmicos registrados dentro del período de tiempo de análisis; actualización de los programas de cálculo de magnitud y cálculo de las magnitudes de los eventos sísmicos registrados.

Procesamiento de los datos

Una vez que se obtuvieron los datos se procedió a procesarlos manualmente con el *software* S*eismic Analysis Code* (*SAC*); generalmente sin la necesidad de utilizar filtros en rangos de frecuencias. En el momento de la identificación de un evento, se determinó el tiempo de llegada de la onda P y la onda S. Los sismogramas fueron cortados 10 segundos antes y 20 segundos después del inicio y fin del evento sísmico respectivamente para luego poder realizar los cálculos de magnitud correspondiente a cada uno de los eventos.

Aquellos eventos que presentaron clara la onda P pudieron ser parametrizados. Es de destacar que no todos los sismos fueron registrados en los sismogramas debido a la existencia de *gaps* (tiempo sin datos), lo cual puede ocurrir por errores instrumentales del equipo o del sistema de transmisión de datos a través de internet.

Cálculo de magnitud sísmica

Estos cálculos se realizaron usando *software* generado por el personal técnico del observatorio. Se encuentran escritos en *Python* y contienen módulos de *Pandas*, *Numpy* y *Matplotlib* además de aquellos de *Obspy*, específicos para el tratamiento de datos sismológicos.

Se determinaron valores de M_L (magnitud local; Richter 1935, 1958) según lo especificado en el NMSOP (Borman, 2002) utilizando una tabla predeterminada incluyendo los factores de atenuación en función de la distancia y la siguiente fórmula para el cálculo directo en función de la distancia:

$$M_L = \log_{10}(A) + 2.76.\log_{10}(D) - 2.48$$

Siendo D la distancia desde el evento hasta la estación medida en kilómetros, y A la máxima amplitud del sismograma entre sus componentes horizontales en mm, habiendo simulado la respuesta instrumental de un sismómetro Wood Anderson.

Resultados

Del total de días procesados se identificaron más de 1000 eventos, de los cuales fueron procesados **1248** para el cálculo de la magnitud. La Figura 4 muestra la distribución de los eventos sísmicos en función de la magnitud. Se puede analizar que el registro de eventos sísmicos en consideración de las capacidades y sensibilidades del sensor, además de la metodología empleada, la detección de eventos se torna eficiente a partir de los terremotos mayores a 2,5 ya que según la Ley de Guttemberg-Richter los eventos tienden a aumentar exponencialmente en cantidad cuanto menor sea su magnitud, y no a descender. Por ende, tomaremos como completo el catálogo de eventos mayor a 2,5.

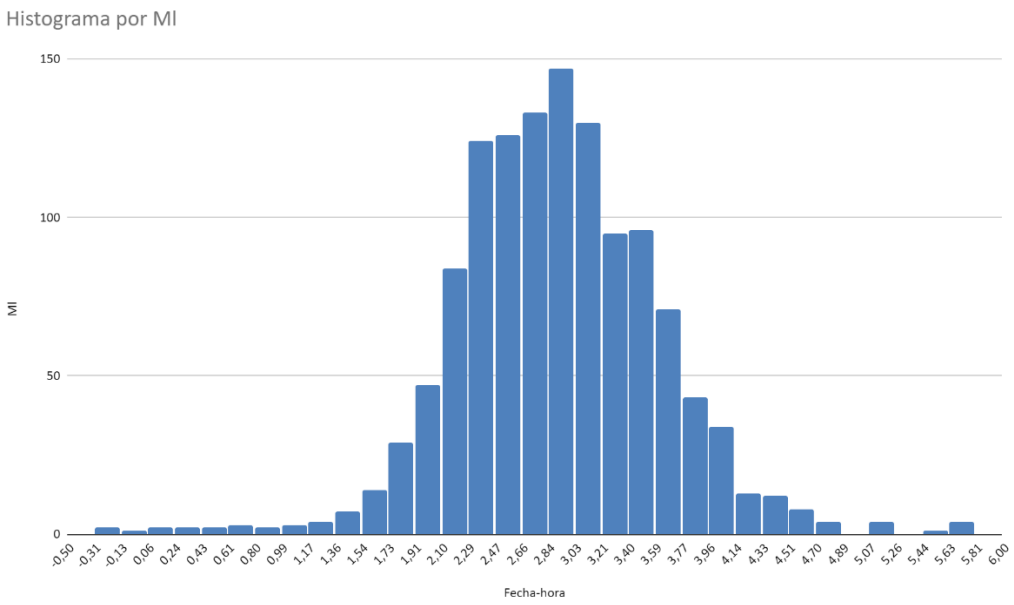


Figura 4. Histograma mostrando la distribución de eventos en función de la magnitud.

Los eventos de mayor magnitud que ocurrieron en estos últimos días, fueron detectados por redes sismológicas internacionales (Tabla 1). En la Tabla 2 se muestran las magnitudes (Ml y MLm) calculadas por el OGU. En el Anexo I se muestran algunos sismogramas de los eventos analizados.

Tabla 1. Parámetros de los tres eventos de mayor magnitud en los últimos días, tomado de la página de la USGS.[1].

Fecha y hora del evento (UTC)	Ubicación del epicentro	Magnitud	Profundidad (km)
2020-08-29 12:47:0	62.432°S 58.238°O	4,9	4.2
2020-08-30 10:31:53	62.363°S 58.219°O	5,3	1,6
2020-09-01 10:56:20	62.437°S 58.264°O	5,4	10
2020-09-03 23:29:39	62.422°S 58.159°O	5,0	10
2020-09-04 09:24:13	62.355°S 58.280°O	4,6	10

Tabla 2. Magnitudes calculadas de los eventos de magnitudes de 4 y superiores**.**

Ml	**MLm**	**Fecha/hora UTC del evento**
5,79	5,33	30 de agosto de 2020, 10:31:52
5,76	5,31	30 de agosto de 2020, 10:31:44
5,73	5,27	3 de septiembre de 2020, 23:29:38
5,72	5,27	29 de agosto de 2020, 12:47:01
5,46	5,01	1 de septiembre de 2020, 10:56:17
5,2	4,75	30 de agosto de 2020, 19:42:26
5,19	4,73	2 de septiembre de 2020, 6:00:31
5,17	4,72	1 de septiembre de 2020, 10:53:10
5,12	4,66	1 de septiembre de 2020, 13:07:50
4,88	4,42	31 de agosto de 2020, 17:29:04
4,78	4,33	2 de septiembre de 2020, 15:20:28
4,77	4,32	1 de septiembre de 2020, 15:46:09
4,72	4,26	2 de septiembre de 2020, 15:44:12
4,67	4,21	29 de agosto de 2020, 3:52:19
4,65	4,19	1 de septiembre de 2020, 11:13:06
4,63	4,17	29 de agosto de 2020, 9:23:30
4,59	4,13	28 de agosto de 2020, 22:35:12
4,59	4,13	29 de agosto de 2020, 8:30:09
4,59	4,14	29 de agosto de 2020, 20:17:28
4,59	4,13	2 de septiembre de 2020, 12:11:06
4,56	4,11	29 de agosto de 2020, 8:34:32

[1] (https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/)

4,48	4,02	1 de septiembre de 2020, 6:46:58
4,46	4,01	2 de septiembre de 2020, 15:29:12
4,46	4	2 de septiembre de 2020, 17:27:56
4,45	3,99	29 de agosto de 2020, 0:39:10
4,43	3,97	1 de septiembre de 2020, 6:57:26
4,42	3,96	1 de septiembre de 2020, 10:57:50
4,4	3,94	2 de septiembre de 2020, 5:38:41
4,4	3,94	2 de septiembre de 2020, 16:56:09
4,38	3,92	29 de agosto de 2020, 4:10:38
4,38	3,92	29 de agosto de 2020, 15:37:36
4,38	3,93	2 de septiembre de 2020, 18:28:39
4,33	3,87	29 de agosto de 2020, 8:27:19
4,31	3,85	28 de agosto de 2020, 21:13:26
4,31	3,85	29 de agosto de 2020, 14:53:03
4,3	3,85	29 de agosto de 2020, 15:17:55
4,3	3,85	2 de septiembre de 2020, 5:52:43
4,29	3,83	28 de agosto de 2020, 23:07:30
4,29	3,83	29 de agosto de 2020, 9:50:03
4,26	3,8	29 de agosto de 2020, 8:21:42
4,26	3,8	2 de septiembre de 2020, 16:35:35
4,25	3,79	2 de septiembre de 2020, 23:54:09
4,24	3,79	28 de agosto de 2020, 23:30:12
4,21	3,75	2 de septiembre de 2020, 22:56:57
4,19	3,74	31 de agosto de 2020, 11:42:35
4,19	3,74	2 de septiembre de 2020, 15:58:11
4,14	3,68	29 de agosto de 2020, 2:51:56
4,14	3,68	29 de agosto de 2020, 20:22:57
4,14	3,68	29 de agosto de 2020, 21:01:21
4,14	3,68	2 de septiembre de 2020, 8:59:36
4,13	3,67	1 de septiembre de 2020, 3:46:16
4,12	3,67	2 de septiembre de 2020, 0:13:12
4,12	3,67	2 de septiembre de 2020, 23:53:36
4,1	3,65	29 de agosto de 2020, 15:16:08
4,1	3,65	29 de agosto de 2020, 20:55:57
4,1	3,64	30 de agosto de 2020, 20:21:09
4,1	3,64	3 de septiembre de 2020, 23:37:37
4,09	3,63	30 de agosto de 2020, 7:27:12
4,07	3,61	29 de agosto de 2020, 4:16:57
4,07	3,61	30 de agosto de 2020, 7:27:22
4,07	3,61	30 de agosto de 2020, 19:43:48
4,07	3,62	2 de septiembre de 2020, 16:32:57
4,06	3,6	29 de agosto de 2020, 6:36:00

4,06	3,61	30 de agosto de 2020, 14:42:02
4,05	3,59	29 de agosto de 2020, 5:40:48
4,04	3,59	1 de septiembre de 2020, 6:21:24
4,04	3,58	2 de septiembre de 2020, 2:10:58
4,03	3,57	30 de agosto de 2020, 18:17:56
4,03	3,57	2 de septiembre de 2020, 5:55:33
4,01	3,55	2 de septiembre de 2020, 6:19:58
4	3,55	28 de agosto de 2020, 23:49:12

Conclusiones

De los datos obtenidos en la estación sismológica antártica (R4DE2) se observa una cantidad de sismos que nos permite identificar que se trata de un enjambre sísmico (**Figuras 5 a 7**). La gran mayoría de los sismos tienen magnitudes menores a 4 (M_L), únicamente 12 (el 2 %) presentan magnitudes superiores a 4 y 4 presentan magnitud igual o superior a 5. Los epicentros se ubican entre 18 y 36 km de la base. Para la localización se seguirá trabajando en las próximas semanas.

Es importante destacar que los enjambres sísmicos pueden tener un período temporal de ocurrencia variable, desde algunos pocos días hasta algunos meses. Esto implica que es probable que en el correr de los días, nuevos temblores sean sentidos por la dotación que se encuentra en la BCAA.

Finalmente, se recomienda tener en consideración la actividad sísmica local-regional en la planificación de futuras obras, así como en los protocolos de evacuación en casos de fuertes temblores teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, climáticas y geomorfológicas del terreno.

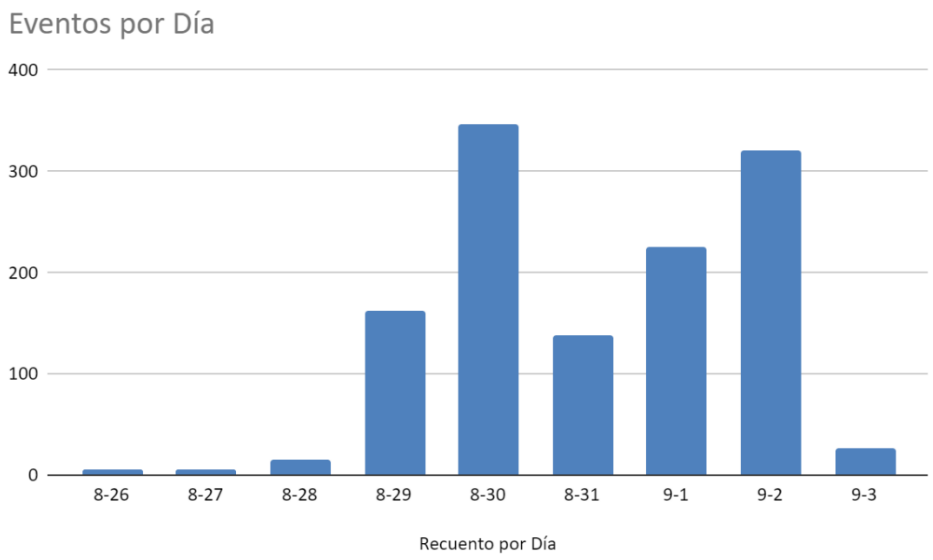


Figura 5. Histograma mostrando la cantidad de eventos por día

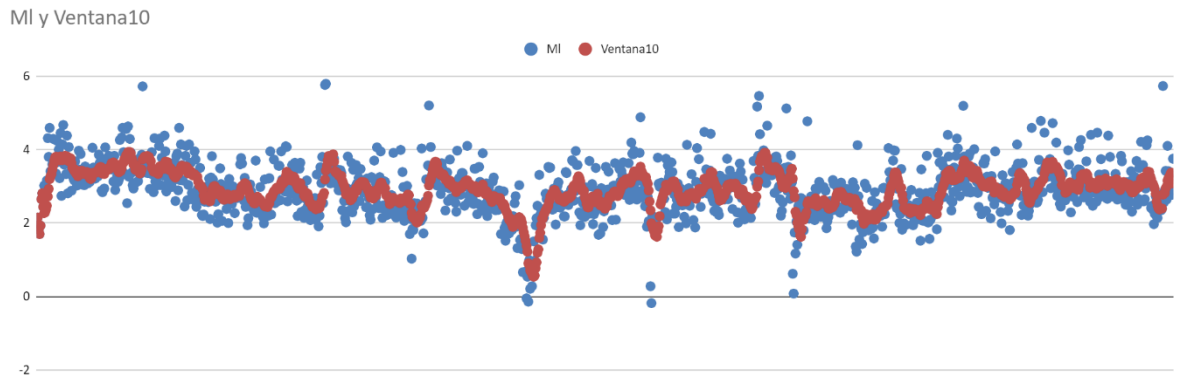


Figura 6. Ocurrencia secuencial de eventos a través de los días analizados. Se observan de decrecimiento e incrementos de la sismicidad. El conjunto rojo corresponde al promedio de 10 eventos.

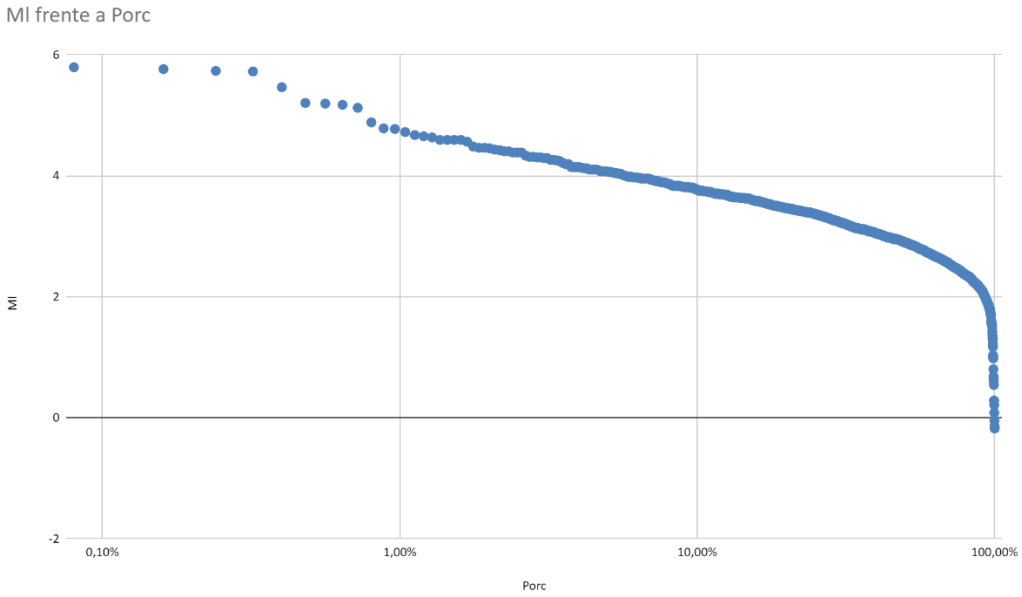


Figura 7. Eventos ordenados de mayor a menor magnitud, en escala logarítmica, donde se observa que la sismicidad sigue la Ley de las Potencias. El 90 % de los eventos son de magnitudes menores a 4.

Bibliografía

Richter C.F. (1935) An instrumental earthquake magnitude scale, Bull. *Seism. Soc. Am*. 25, 1-32.

Richter C.F. (1958) Elementary Seismology, Freeman, San Francisco, 483 Pp.

Robertson Maurice, S. D., Wiens, D. A., Shore, P. J., Vera, E., & Dorman, L. M. (2003). Seismicity and tectonics of the South Shetland Islands and Bransfield Strait from a regional broadband seismograph deployment. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108 (B10).

Borman, P. (2002). IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). *Geo Forschuags Zentrum Potsdam*, 1(3), 30-33.

Jin, Y. K., Lee, D. K., Nam, S. H., Kim, Y., & Kim, K. J. (1998). Seismic observation at King Sejong Station, Antarctic Peninsula. *Terra Antart*, 5, 729-736.

Kaminuma, K. (2001). A Possibility of Earthquake Swarms around ORCA Sea Mount in the Bransfield Strait, the Antarctic. In: Y. Kim and B. K. Khim, Eds., Proceedings of the Joint International Seminar: Recent Interests on Antarctic Earth Sciences of Korea and Japan pp. 23-34.

Kanao, M. (2014). Seismicity in the Antarctic continent and surrounding ocean. *Open Journal of Earthquake Research*, *2014*.

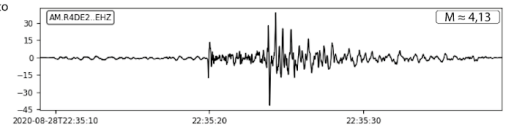
Knett, Josef (1899). "Das Erzgebirgische Schwarmbeben zu Hartenberg vom 1. Jänner bis Feber 1824". *Sitzungsber. Deutsch*. Naturwiss. -Med. Ver. Böhmen (in German). 19: 167–191.

ANEXO I- **Ejemplos de sismogramas**

Ejemplos de terremotos M_L > 4 registrados en la Isla Rey Jorge
Sensor: R4ED2
Red: AM
Organización: Observatorio Geofísico del Uruguay (OGU)

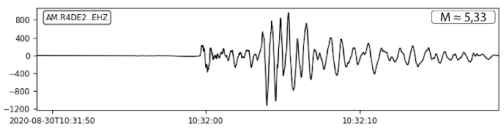
Nº de evento

2020-08-28T22:35:09.005 - 2020-08-28T22:35:39.005



14

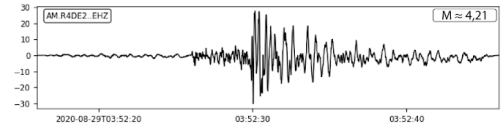
2020-08-30T10:31:49.005 - 2020-08-30T10:32:18.995



Nº de evento

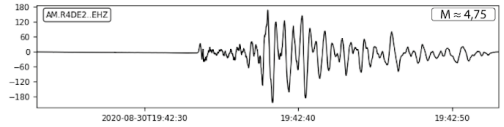
317

2020-08-29T03:52:16.005 - 2020-08-29T03:52:46.005



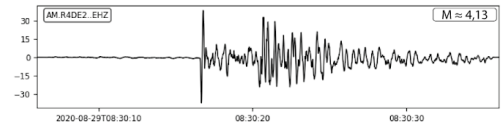
29

2020-08-30T19:42:23.005 - 2020-08-30T19:42:52.995



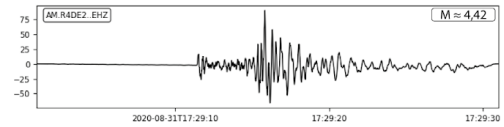
430

2020-08-29T08:30:06.005 - 2020-08-29T08:30:36.005



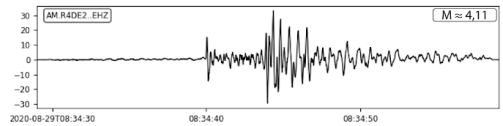
94

2020-08-31T17:29:01.005 - 2020-08-31T17:29:30.995



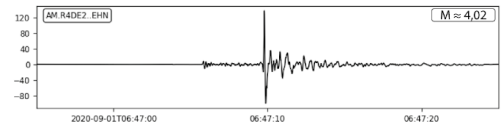
662

2020-08-29T08:34:29.005 - 2020-08-29T08:34:59.005



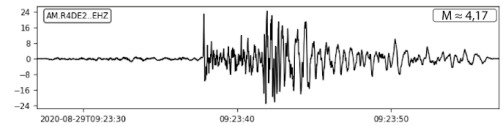
98

2020-09-01T06:46:55.005 - 2020-09-01T06:47:24.995



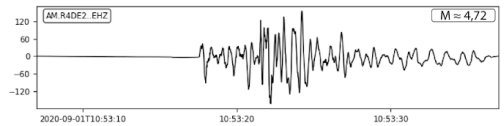
732

2020-08-29T09:23:27.005 - 2020-08-29T09:23:57.005



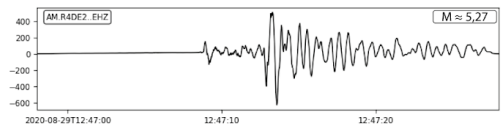
100

2020-09-01T10:53:07.005 - 2020-09-01T10:53:36.995



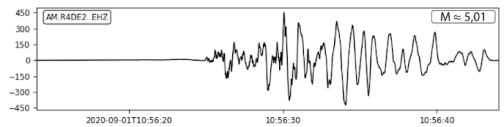
790

2020-08-29T12:46:58.005 - 2020-08-29T12:47:28.005



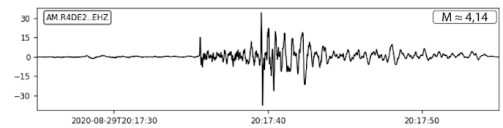
116

2020-09-01T10:56:14.005 - 2020-09-01T10:56:43.995



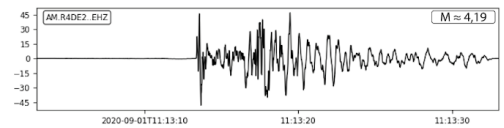
792

2020-08-29T20:17:25.005 - 2020-08-29T20:17:54.995



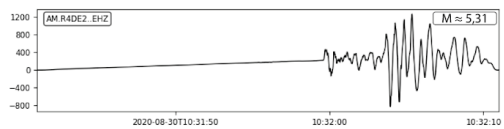
156

2020-09-01T11:13:03.005 - 2020-09-01T11:13:32.995



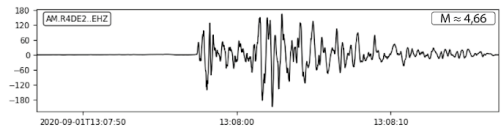
801

2020-08-30T10:31:41.005 - 2020-08-30T10:32:10.995



316

2020-09-01T13:07:47.005 - 2020-09-01T13:08:16.995



822