



Reporte 3. Actividad sísmica registrada en la estación AM.R4DE2

Isla Rey Jorge (Shetland del Sur), Antártida
26 de diciembre del 2020 al 10 de enero del 2021

Oscar Alberto Castro Artola¹, Judith Loureiro Olivet^{2,3}, Leda Sánchez Bettucci^{2,3}, Enrique Latorres^{3,4}

OPEN ACCESS

Edited by:
DINAMIGE
Uruguay

Reviewed by:
Pablo Nuñez Demarco
Facultad de Ciencias
Uruguay

Corresponding author:
Leda Sánchez Bettucci
leda@fcien.edu.uy

Received: Dic 2020
Accepted: Jan 2021
Published: Feb 2021

Citation:
Castro Artola et al (2021)
Reporte 1. Actividad sísmica
registrada en la estación
AM.R4DE2
Isla Rey Jorge (Shetland
del Sur), Antártida 26 de
diciembre del 2020 al 10
de enero del 2021. Revista
Investigaciones. Uruguay.
3(2):27-32

1 Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático. Centro de Monitoreo Vulcanológico y Sismológico de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
2 Dirección Nacional de Minería y Geología, Ministerio de Industria Energía y Minería.
3 Observatorio Geofísico del Uruguay. Facultad de Ciencias, UDELAR
4 Universidad ORT.

Resumen

La isla Rey Jorge se encuentra en la microplaca Shetland del Sur y está rodeada de diferentes tipos de límite de placas. A ca. 100 km al Norte encontramos un límite de subducción con la placa de Phoenix, mientras que al Sur, con dirección SO-NE, se encuentra una zona de extensión (back-arc) conocida como cuenca de Bransfield. En la cuenca extensional Bransfield existen diversos tipos de aparatos volcánicos y junto con la actividad tectónica constituye la fuente de la mayor parte de los eventos sísmicos. En el área de análisis han sido estudiados enjambres sísmicos como el que se inició el 26 de agosto del 2020. De este último enjambre sísmico se parametrizan 420 eventos de ML mayor a 4, entre el 26 de diciembre del 2020 y el 10 de enero del 2021 registrados por la estación sismológica AM.R4DE2 instalada en la Base Científica Antártica Artigas (BCAA: -62.1802, -58.8853) perteneciente a la red UY del Observatorio Geofísico del Uruguay. La mayoría de los eventos sísmicos están vinculados al movimiento producido por fallamiento. Estas estructuras presentan direcciones ENE limitando la cuenca de Bransfield. Otras estructuras superficiales importantes mapeadas previamente presentan direcciones NNO en la que se incluye también a la falla Artigas que limita dos bloques de distinto espesor cortical, en la placa Shetland del Sur.

Este trabajo constituye la continuación del procesamiento de datos de eventos sísmicos que ocurrieron en la isla Rey Jorge, islas Shetland del Sur (Antártida) en el periodo 26 de diciembre del 2020 y el 10 de enero del 2021. La información tectónica puede verse en el trabajo de Loureiro Olivet et al. (2021 este volumen).

En el área de análisis han sido estudiados enjambres sísmicos como el que se inició el 26 de agosto del 2020. En el periodo comprendido entre el 26 de diciembre del 2020 y el 10 de enero del 2021 se parametrizaron 49 eventos de M_L mayor a 2,6 .

La mayoría de los eventos sísmicos están vinculados al movimiento producido por fallas.

Los registros sísmicos fueron todos examinados visualmente y parametrizados por sus formas y tiempos de arribo S-P. Los programas utilizados para la localización y el cálculo de la magnitud local fueron SAC, Seisan y Seisgram. La distancia a la fuente sísmica y en consecuencia, la localización hipocentral fue calculada de acuerdo a los tiempos de llegada de las fases P y S utilizando el modelo de velocidades de la cuenca de Bransfield propuesto por Robertson et al. (2003) descrito en Loureiro Olivet et al. (2021, in prep) quienes obtuvieron un valor de 6,92 km / s para V_p y de 7,44 para la constante de Omori.

Se determinaron valores de M_L (magnitud local; Richter 1935, 1958) según lo especificado en el NMSOP (Borman, 2002) de acuerdo a la siguiente fórmula para el cálculo directo en función de la distancia:

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

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.

A continuación presentamos los datos sísmicos adquiridos de la estación AM.R4DE2 en el periodo 26 de diciembre del 2020 y el 10 de enero del 2021 (Tabla 1). En período analizado 35 eventos presentan M_L mayor a 4 (Figura 1) y el promedio de terremotos por día es 3, con un máximo de 18 el día 008 (8 de enero del 2021). La Figura 2 muestra la distribución de magnitud según su frecuencia de ocurrencia. En la figura 3 se muestra la distribución de la magnitud en el tiempo analizado.

La mayor parte de las formas de onda tienen una llegada de onda P muy clara, y las ondas S se identifican fácilmente en los componentes horizontales (NS y EO). La Figura 4 muestra un ejemplo de terremoto registrado en la estación AM.R4DE2.

Figura 4. Sismograma del evento ocurrido el día 02 de enero a las 23:21:23 de $M_L = 5.9$. La fecha y la hora corresponden al momento en que el terremoto ocurrió. La hora está expresada en UTC (*Universal Time Coordinated*, por sus siglas en inglés), aproximadamente tres horas adelantadas de Uruguay y expresada en formato de 24 horas.

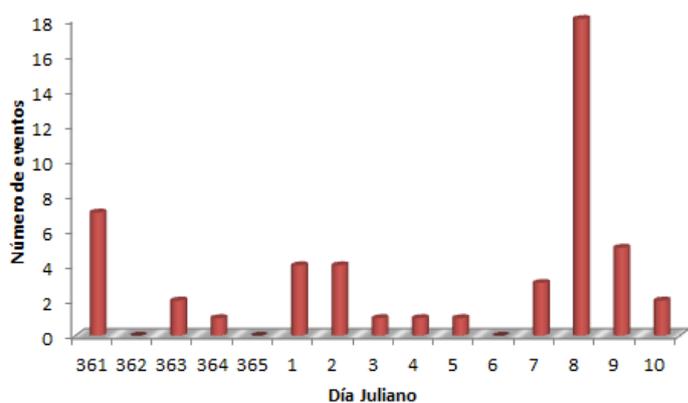


Figura 1. Conteo diario de terremotos en la estación AM.R4DE2

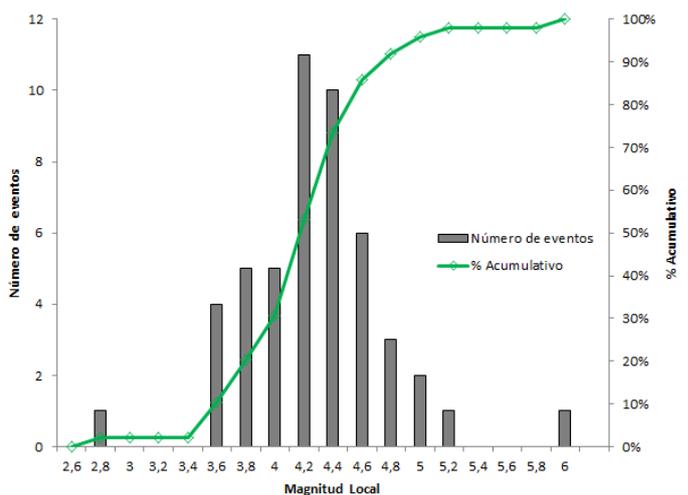


Figura 2. Histograma de magnitud local con curva de porcentaje acumulativo sobrepuesta (curva en verde).

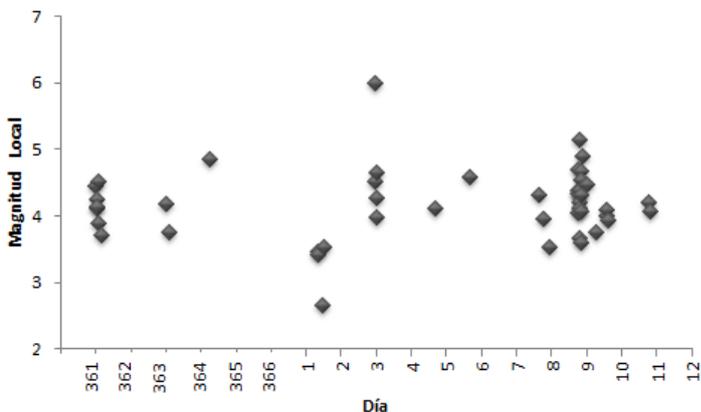
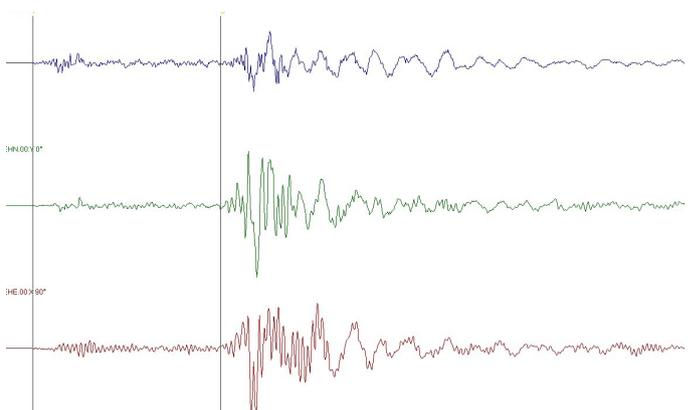


Figura 3. Distribución de magnitud local en el periodo comprendido entre el 26 de diciembre del 2020 y el 10 de enero del 2021.



La mayoría de los terremotos tienen diferencias de tiempo de arribo ($T_{s,p}$) en el rango de 3.2 - 4.5 s (Figuras 5 y 6), con una media 3.8 s. Algunos eventos de baja magnitud no se consideraron debido a una identificación de fase poco confiable. Además, los registros diarios presentan varios huecos que van desde unos segundos a varias horas (por ej. el día 27 de diciembre). En cuanto a las distancias hipocentrales se encuentran entre 23 km y 34 km. La distancia media es de 28 km como puede observarse en las Figuras 7 y 8.

Los epicentros de los terremotos ubicados entre el 26 de diciembre de 2020 y 10 de enero de 2021 se muestran en la Figura 9. El grupo mayoritario de epicentros sigue ubicándose en las cercanías del volcán Orca y de las fallas de dirección ENE-OSO que limitan la cuenca de Bransfield (Loureiro Olivet et al. 2021a en prep; Loureiro Olivet et al., 2021 este volumen y Sánchez Bettucci 2021b este volumen). Por otro lado, escasos epicentros se presentan en la isla Rey Jorge relacionadas espacialmente a las estructuras rúptiles mapeadas por Birkenmajer (1983) (ver Figura 9).

El valor b representa la relación entre el tamaño del terremoto y la frecuencia de ocurrencia de acuerdo a la siguiente fórmula: $\text{Log}(N) = a + b \cdot M_L$, donde $\text{log } N$ es el logaritmo en base 10 de N , N es el número de eventos de un determinado rango de M_L , mientras que a y b son constantes: b es la pendiente de la recta y a el término independiente (ver figura 10).

En general, los valores pueden variar entre 0,5 y 1,5 (Ishimoto e Iida, 1939; Gutenberg y Richter, 1941, 1944) y según Kagan (1997) son diferentes en función del ambiente tectónico. El valor de b calculados para el área donde ocurre el enjambre sísmico es 0,7135 basados en la regresión lineal de mínimos cuadrados para estimar la relación magnitud-frecuencia (valor b) para los datos utilizados (ver Figura 10) y el $R^2 = 0,6718$ ($R^2 = 1,0$ señala un ajuste perfecto). El valor b obtenido refleja la alta proporción de sismos de magnitudes comparativamente elevadas respecto a las menores. Esto representa una variación respecto al comportamiento observado en los meses de noviembre y diciembre de 2020 (Loureiro Olivet et al., 2021 este volumen; Loureiro Olivet et al., 2021b este volumen) donde el valor de b se acercaba a 1 reflejando una mayor proporción de sismos de baja magnitud.

Referencias

- Birkenmajer, K. (1983). Late Cenozoic phases of block-faulting on King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). Bulletin, Académie Polonaise des Sciences: Terre 30: 21–32.
- Borman, P. (2002). IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). Geo Forschuags Zentrum Potsdam, 1(3), 30-33.

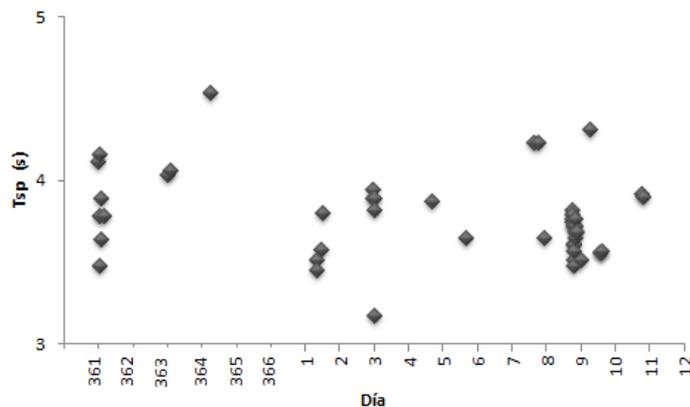


Figura 5. Distribución de retrasos de TS-P por día.

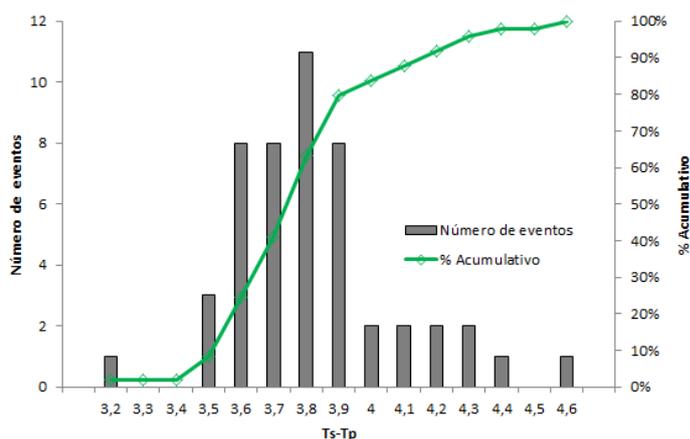


Figura 6. Histograma mostrando los $T_{s,p}$. En verde curva de porcentaje acumulativo sobrepuesta.

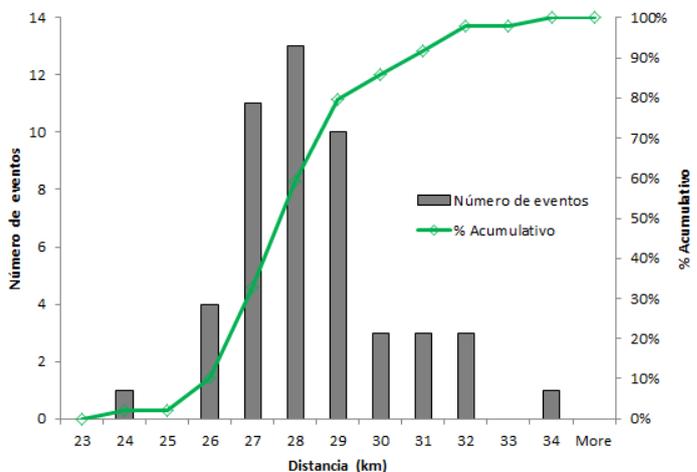


Figura 7. Histograma mostrando los $T_{s,p}$. En verde curva de porcentaje acumulativo sobrepuesta.

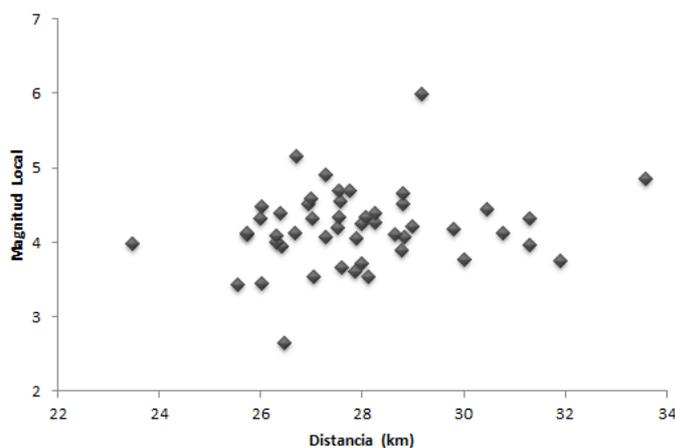


Figura 8. Gráfico mostrando la distancia hipocentral vs. magnitud local.

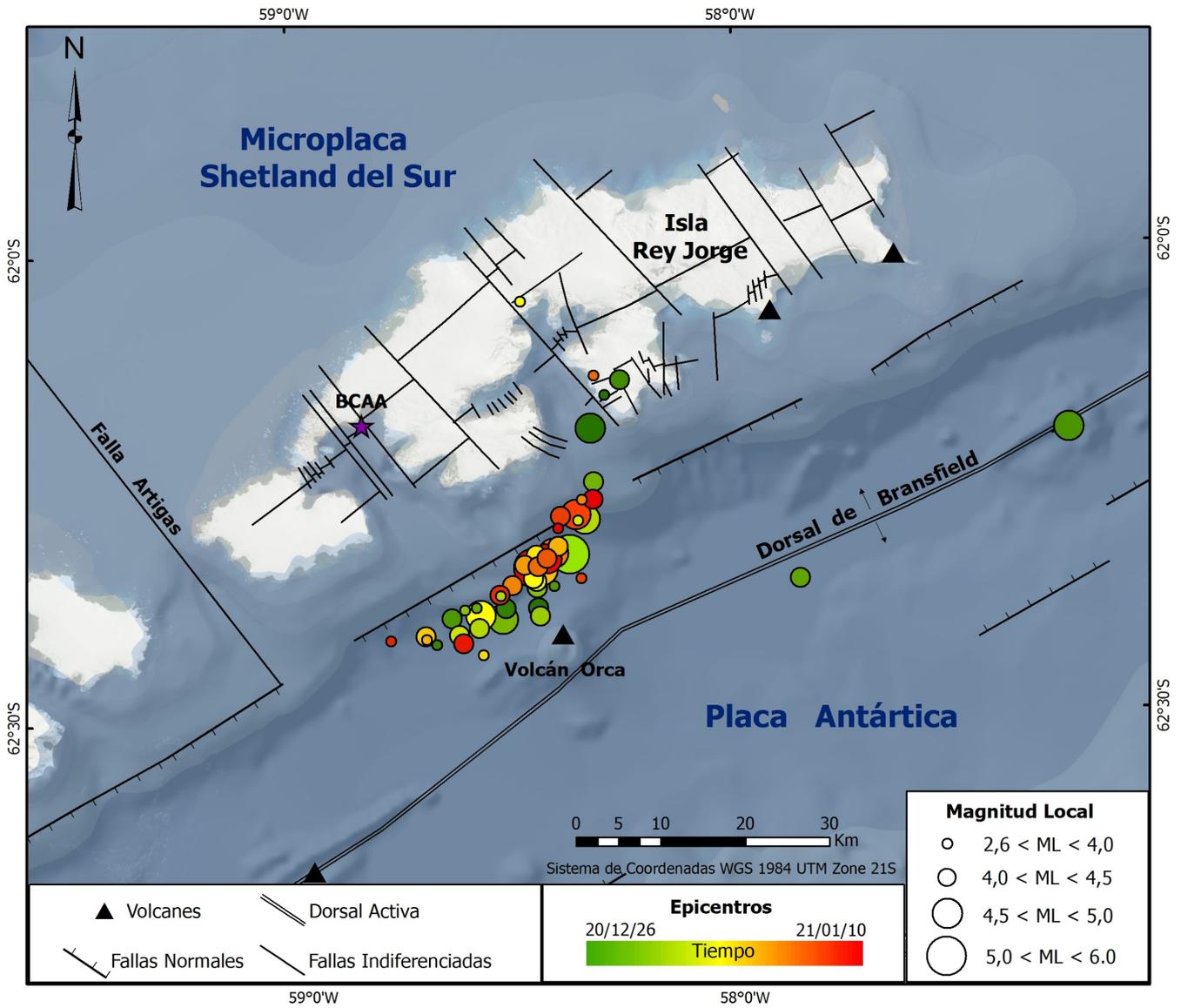


Figura 10. Ubicación de los epicentros de terremotos con M_L mayor a 2.6 en la cuenca de Bransfield, desde el 26 de diciembre al 10 de enero del 2021.

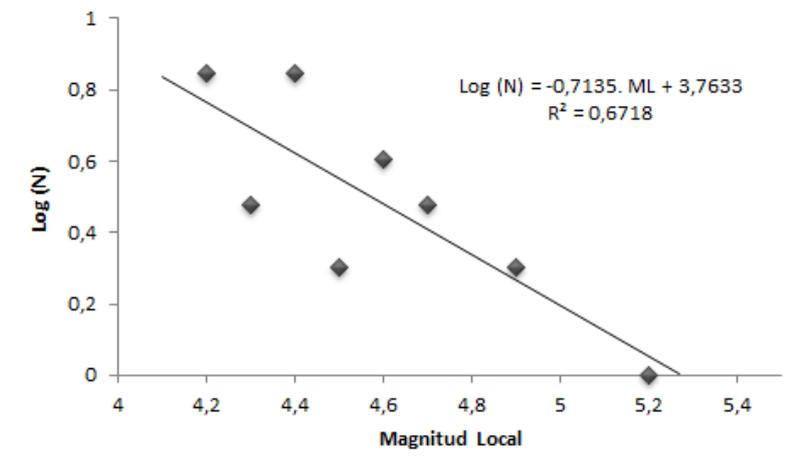


Figura 10. Magnitud local vs. Log10 de la frecuencia de ocurrencia (N).

- Gutenberg, B., Richter, C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 34, 185–188
- Gutenberg, B., Richter, C. (1941). *Seismicity of the Earth* (Vol. 34). Geological Society of America.
- Ishimoto, M., Iida, K. (1939). Observations of earthquakes registered with the microseismograph constructed recently". *Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 17, 443-478.
- Kagan, Y.Y. (1997). Are earthquakes predictable?. *Geophysical Journal International*, 131(3), 505-525.
- 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, M.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* 108 (B10): 2461-2473.
- Loureiro Olivet, J., Sánchez Bettucci, L., Castro Artola, O.A., Latorres, E. (2021). Reporte de la actividad sísmica registrada en la estación AM.R4DE2. Isla Rey Jorge (Shetland del Sur), Antártida. 1 al 28 de noviembre del 2020. *Revista Investigaciones*, este volumen.
- Loureiro Olivet, J., Sánchez Bettucci, L., Castro Artola, O.A., Castro, H., Rodríguez, M., Latorres, E. (2021). Seismic Swarm at the King George Island (Bransfield Ridge/Rift). En preparación.
- Sánchez Bettucci, L., Loureiro Olivet, J., Castro Artola, O.A., Latorres, E. (2021). Reporte de la actividad sísmica registrada en la estación AM.R4DE2. Isla Rey Jorge (Shetland del Sur), Antártida. 29 de noviembre al 25 de diciembre del 2020. *Revista Investigaciones*, este volumen.

Tabla 1. Eventos sísmicos registrados por la estación AM.R4DE2, Isla Rey Jorge Antártida

día	mes	año	hora	ML	Prof(km)	Lat (°)	Long (°)	Localización
26	12	2020	00:14:50	4,4	27,8	-62,388	-58,459	Islas Shetland del Sur (Antártida)
26	12	2020	00:23:27	4,2	25,8	-62,388	-58,535	Islas Shetland del Sur (Antártida)
26	12	2020	00:42:35	4,1	30,1	-62,146	-58,264	Islas Shetland del Sur (Antártida)
26	12	2020	00:43:52	4,1	24,3	-62,398	-58,658	Islas Shetland del Sur (Antártida)
26	12	2020	01:23:20	4,5	24,4	-62,197	-58,333	Islas Shetland del Sur (Antártida)
26	12	2020	02:09:05	3,9	26,9	-62,162	-58,299	Islas Shetland del Sur (Antártida)
26	12	2020	03:40:49,	3,7	26,9	-62,425	-58,694	Islas Shetland del Sur (Antártida)
28	12	2020	00:29:00	4,2	25,6	-62,360	-57,859	Islas Shetland del Sur (Antártida)
28	12	2020	02:23:37	3,8	27,2	-62,365	-58,422	Islas Shetland del Sur (Antártida)
29	12	2020	05:46:47	4,8	29,9	-62,200	-57,244	Islas Shetland del Sur (Antártida)
1	1	2021	07:42:32	3,5	23,9	-62,387	-58,601	Islas Shetland del Sur (Antártida)
1	1	2021	08:14:47	3,4	23,5	-62,389	-58,628	Islas Shetland del Sur (Antártida)
1	1	2021	10:43:16	2,6	25,6	-62,375	-58,545	Islas Shetland del Sur (Antártida)
1	1	2021	11:45:10	3,5	26,1	-62,295	-58,364	Islas Shetland del Sur (Antártida)
2	1	2021	23:21:23	6,0	26,0	-62,331	-58,386	Islas Shetland del Sur (Antártida)
2	1	2021	23:34:12	4,5	28,1	-62,399	-58,541	Islas Shetland del Sur (Antártida)
2	1	2021	23:40:53	4,7	27,2	-62,294	-58,348	Islas Shetland del Sur (Antártida)
2	1	2021	23:58:17	4,3	27,7	-62,255	-58,328	Islas Shetland del Sur (Antártida)
3	1	2021	00:11:34	4,0	10,7	-62,060	-58,486	Islas Shetland del Sur (Antártida)
4	1	2021	16:15:36	4,1	26,2	-62,367	-58,461	Islas Shetland del Sur (Antártida)
5	1	2021	16:00:09	4,6	6,1	-62,395	-58,592	Islas Shetland del Sur (Antártida)
7	1	2021	15:17:45	4,3	26,8	-62,397	-58,456	Islas Shetland del Sur (Antártida)
7	1	2021	17:56:23	4,0	7,0	-62,438	-58,587	Islas Shetland del Sur (Antártida)
7	1	2021	22:30:38,	3,5	26,2	-62,419	-58,717	Islas Shetland del Sur (Antártida)

8	1	2021	17:56:16	4,4	25,4	-62,409	-58,596	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	18:20:59	4,7	24,9	-62,348	-58,448	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	18:21:47	4,1	26,5	-62,415	-58,642	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	18:23:16	4,3	26,5	-62,360	-58,463	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	18:45:42	4,3	25,7	-62,357	-58,470	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	18:50:20	5,1	24,4	-62,345	-58,469	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	18:51:07	4,3	25,5	-62,332	-58,462	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:04:06	4,1	19,5	-62,416	-58,719	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:09:27	4,2	24,9	-62,323	-58,412	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:28:44	3,7	26,5	-62,273	-58,355	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:32:35	4,1	22,1	-62,342	-58,489	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:33:55	4,4	24,1	-62,364	-58,518	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:38:04	4,3	25,7	-62,344	-58,459	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	19:48:28	4,7	26,0	-62,330	-58,422	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	20:14:29,413	4,5	27,1	-62,289	-58,370	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	20:15:21	4,1	25,5	-62,336	-58,437	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	20:25:49	3,6	25,8	-62,141	-58,323	Islas Shetland del Sur (Antártida)
8	1	2021	20:59:42	4,9	25,5	-62,336	-58,437	Islas Shetland del Sur (Antártida)
9	1	2021	00:06:15	4,5	25,1	-62,291	-58,405	Islas Shetland del Sur (Antártida)
9	1	2021	06:43:02	3,8	23,7	-62,357	-58,360	Islas Shetland del Sur (Antártida)
9	1	2021	13:46:38	4,0	25,3	-62,420	-58,799	Islas Shetland del Sur (Antártida)
9	1	2021	13:53:42	4,1	23,8	-62,374	-58,547	Islas Shetland del Sur (Antártida)