

## MATERIAL SUPLEMENTARIO

### APLICACIÓN DE UN MODELO BASADO EN PROCESOS DE PATRONES DE SISMICIDAD PRE ERUPTIVA AL VOLCÁN UBINAS, EPISODIO ERUPTIVO 2019

Mayra A. ORTEGA<sup>1</sup>, Wendy A. MCCAUSLAND<sup>2</sup>, Randall A. WHITE<sup>3</sup>, Rigoberto AGUILAR<sup>1</sup>, Rosa M. ANCCASI<sup>1</sup>, Beto CCALLATA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET – [mortega@ingemmet.gob.pe](mailto:mortega@ingemmet.gob.pe)

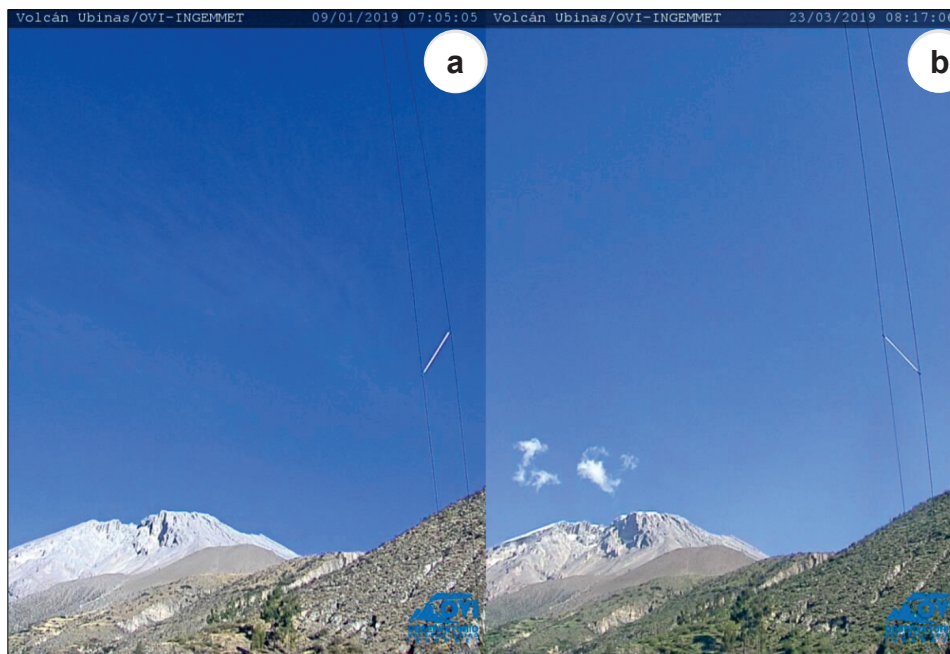
<sup>2</sup>Volcano Disaster Assistance Program, Volcano Science Center – USGS – [wmccausland@usgs.gov](mailto:wmccausland@usgs.gov)

<sup>3</sup>USGS, Volcano Disaster Assistance Program (Científico retirado) – [rwhite49@yahoo.com](mailto:rwhite49@yahoo.com)

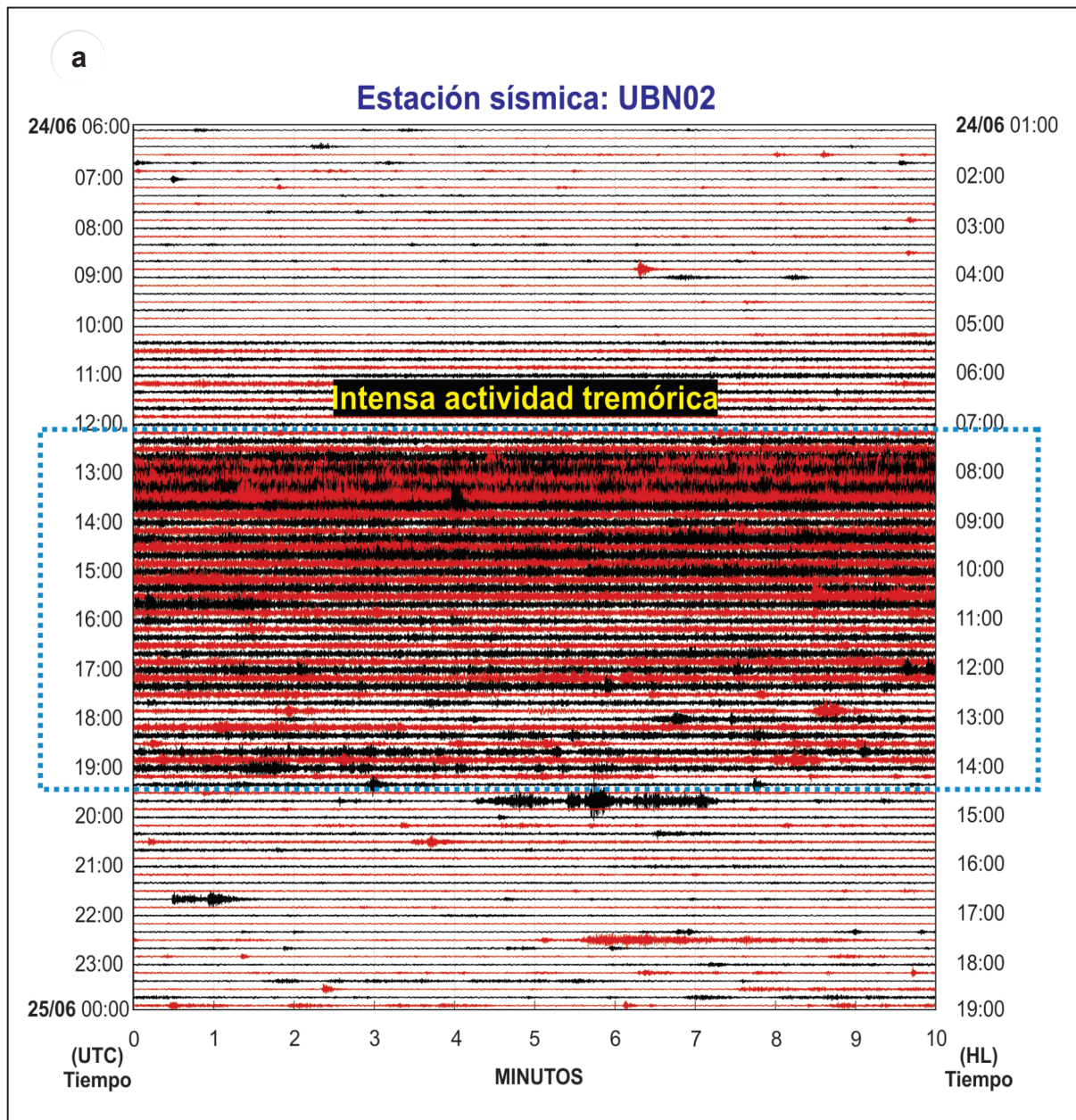
#### 1. INTRODUCCIÓN

Además de la información y figuras consignadas en el artículo principal, en el presente documento se adjuntan figuras que van ayudar a complementar y comprender mejor cómo es que

ha ido progresando la actividad del volcán en los diferentes parámetros de monitoreo, especialmente la actividad sísmica y a la vez identificar de manera clara las etapas de sismicidad de acuerdo al modelo propuesto por White y McCausland (2019).



**Figura 1** Registros fotográficos del volcán Ubinas a través de la cámara de video vigilancia UPUB, ubicada a 6 km al SE del cráter del volcán. a) imagen correspondiente al 9 de enero del 2019, ausencia de emisiones en el volcán, b) imagen correspondiente al 23 de marzo del 2019, presencia de pulsos de gases y vapor de agua en el volcán.

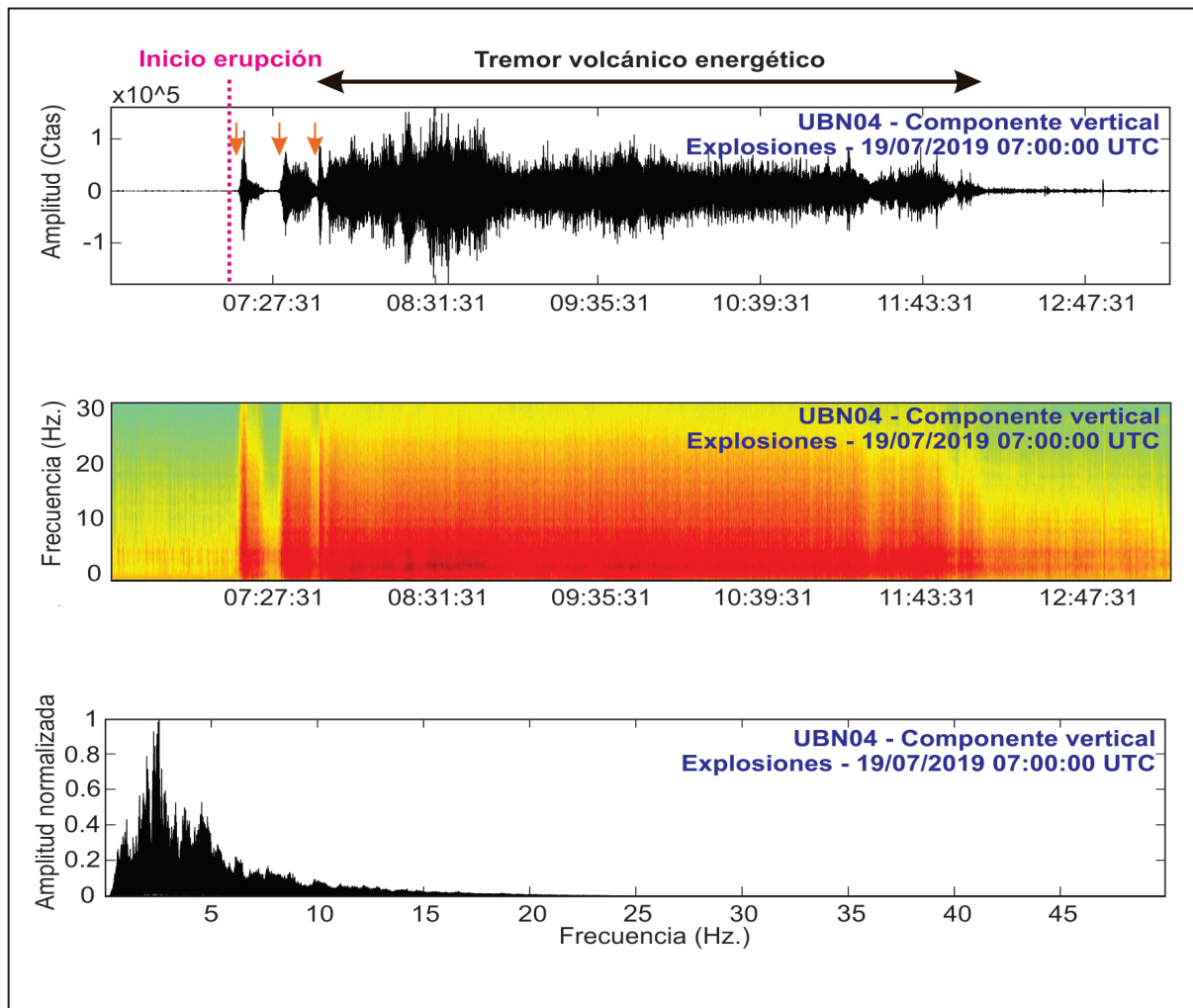


**Figura 2** Relación entre la sismicidad y la actividad observada en superficie en el volcán Ubinas. a) Sismograma en la estación sísmica UBN02, con un registro sísmico de 24 horas correspondiente al día 24 de junio del 2019. Las trazas sísmicas alternadas con colores negro y rojo tienen una duración de 10 minutos. El eje izquierdo indica fecha y hora en UTC (Universal Time Coordinated) y el eje derecho en HL (hora local = UTC-5).



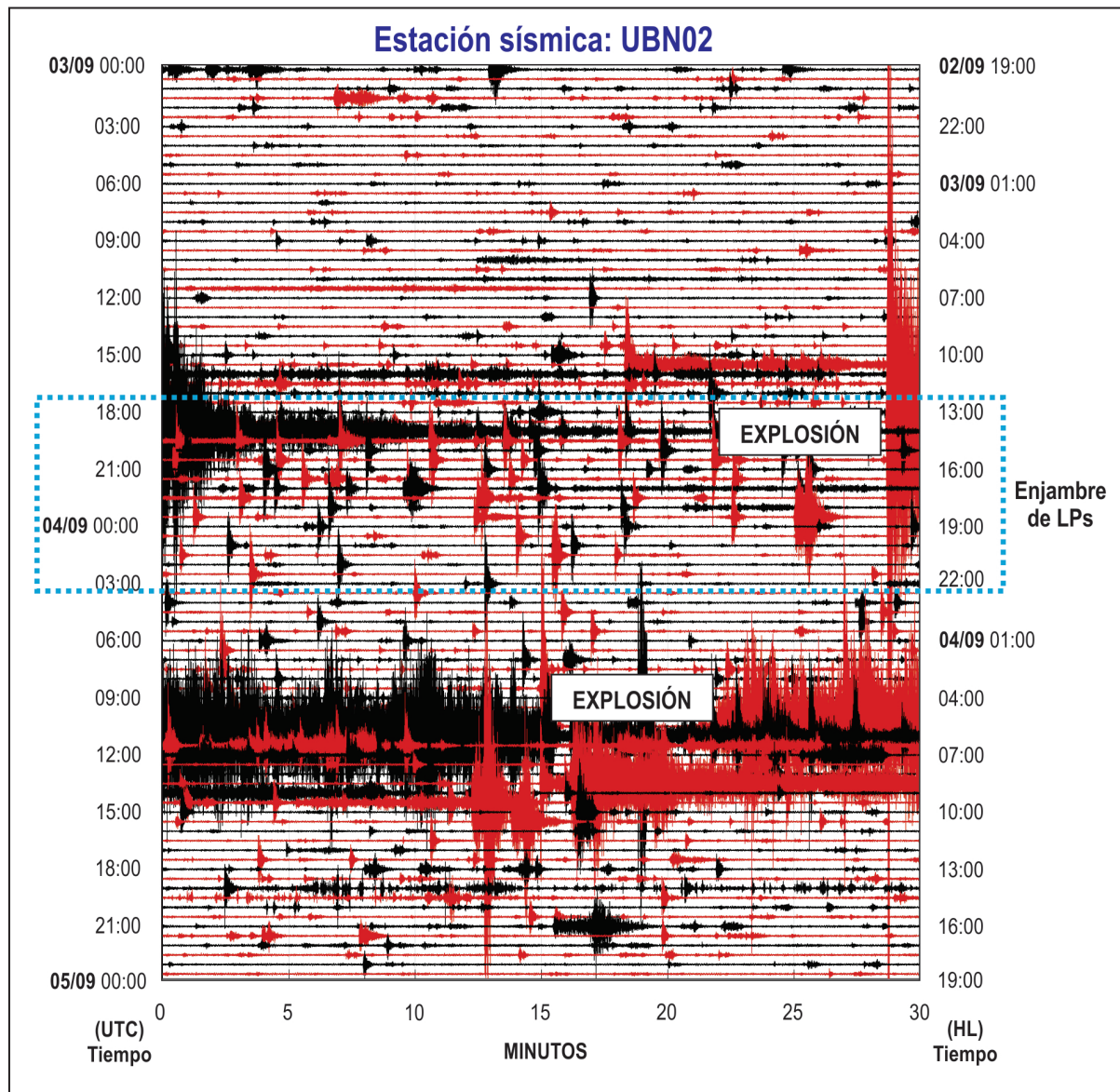


Figura 2 b) emisiones persistentes de gases y ceniza correspondientes al mismo día.

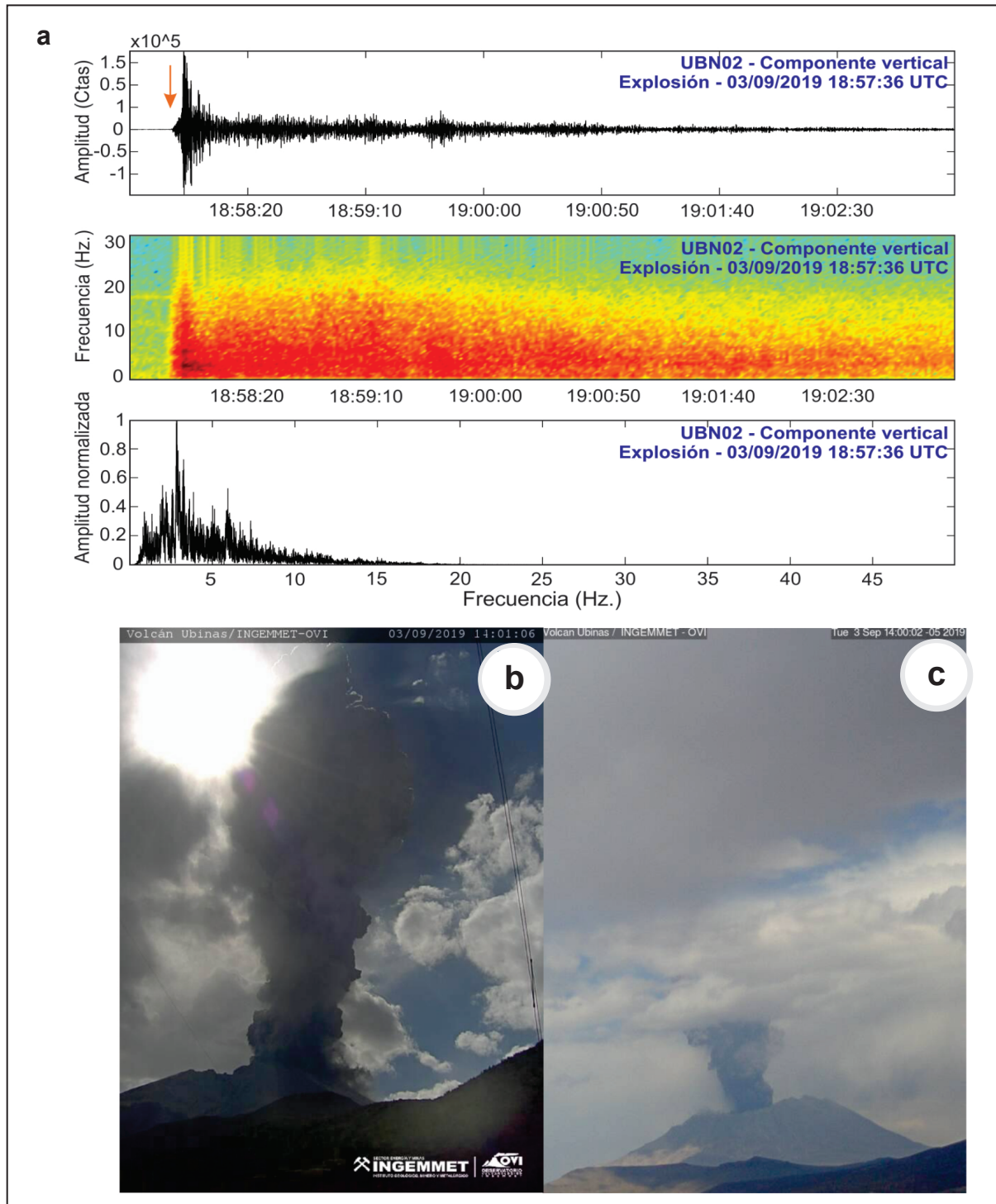


**Figura 3** Forma de onda, espectrograma y espectro de las señales sísmicas asociadas a las explosiones del día 19 de julio (las flechas naranjas indican el inicio de cada explosión). Antes y después de la segunda y tercera explosión, sobre todo de la última, siguió actividad tremórica de alta energía (~90 Megajulios - MJ), asociada a las columnas eruptivas de gases e importante contenido de ceniza de ese día.



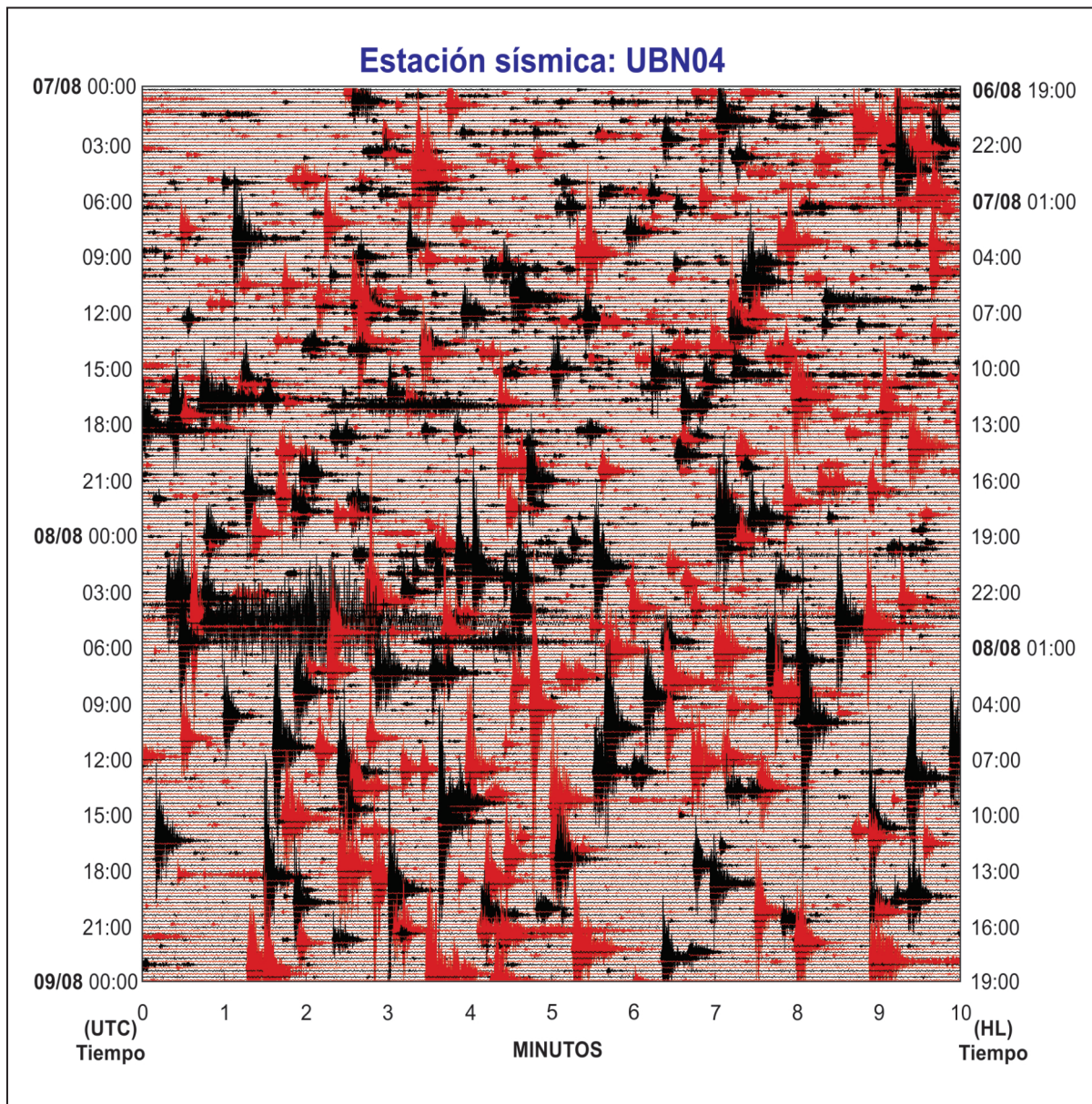


**Figura 4** Sismograma del volcán Ubinas (estación sísmica UBN02). Registro sísmico de 48 horas correspondiente a los días 3 y 4 de septiembre. Las trazas sísmicas alternadas con colores negro y rojo tienen una duración de 10 minutos de registro. El eje izquierdo indica fecha y hora en UTC y el eje derecho en HL. Se muestra la ocurrencia de las últimas dos explosiones que tuvo el volcán Ubinas durante este episodio eruptivo. Nótese que entre la primera y segunda explosión se genera un pequeño periodo de enjambre de sismos de largo periodo (recuadro celeste punteado).



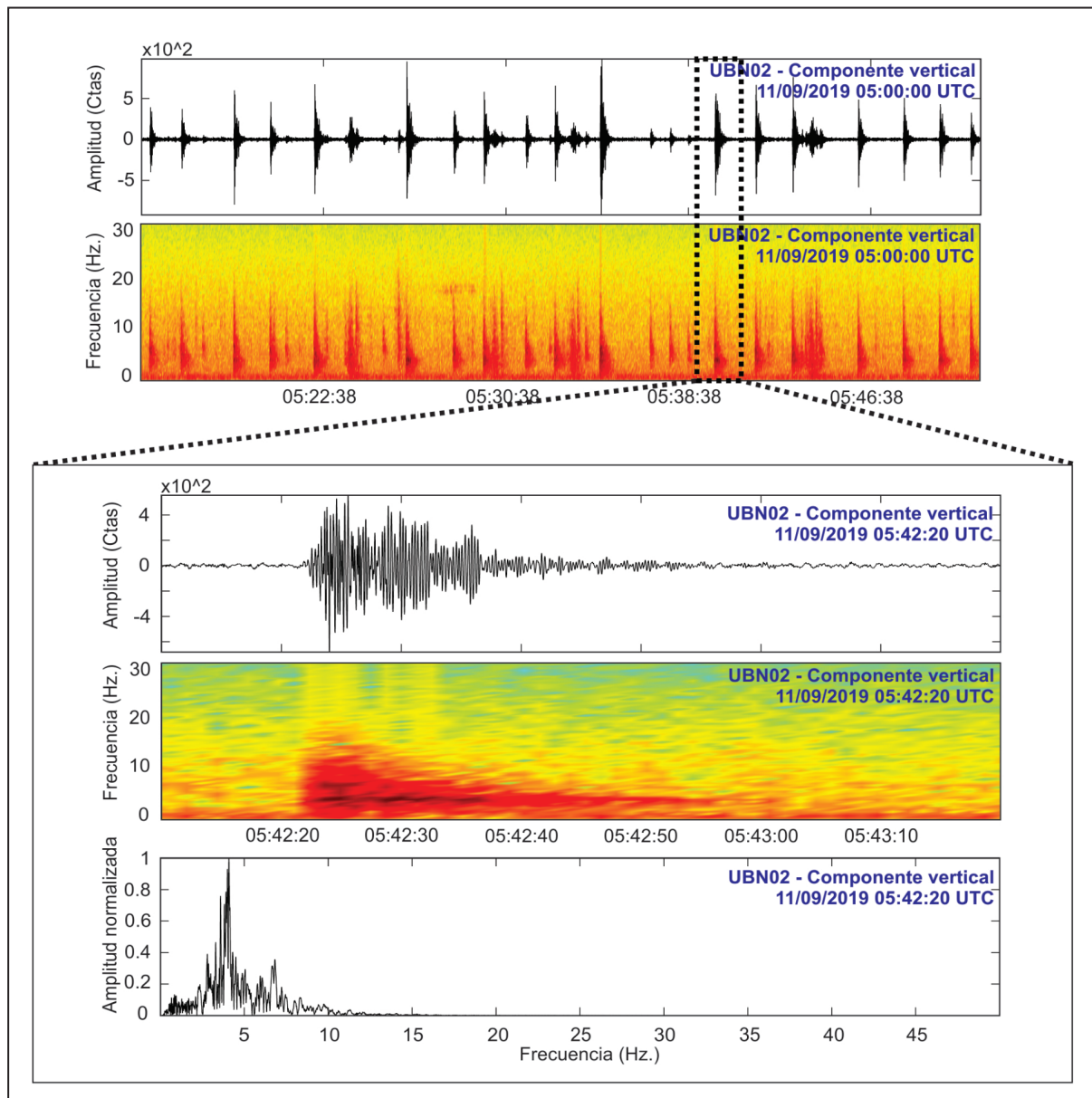
**Figura 5** Explosión del volcán Ubinas del 3 de septiembre del 2019 a las 18:57 UTC (13:57 HL). a) Forma de onda, espectrograma y espectro de la señal sísmica asociada a esta explosión, considerada de baja energía (~1 MJ) comparada con las explosiones iniciales que se generaron al inicio de este episodio eruptivo del volcán. La flecha naranja indica el inicio de la explosión. b) Columna eruptiva de gases y ceniza vista desde el flanco SE y c. Vista desde el flanco NO del volcán.



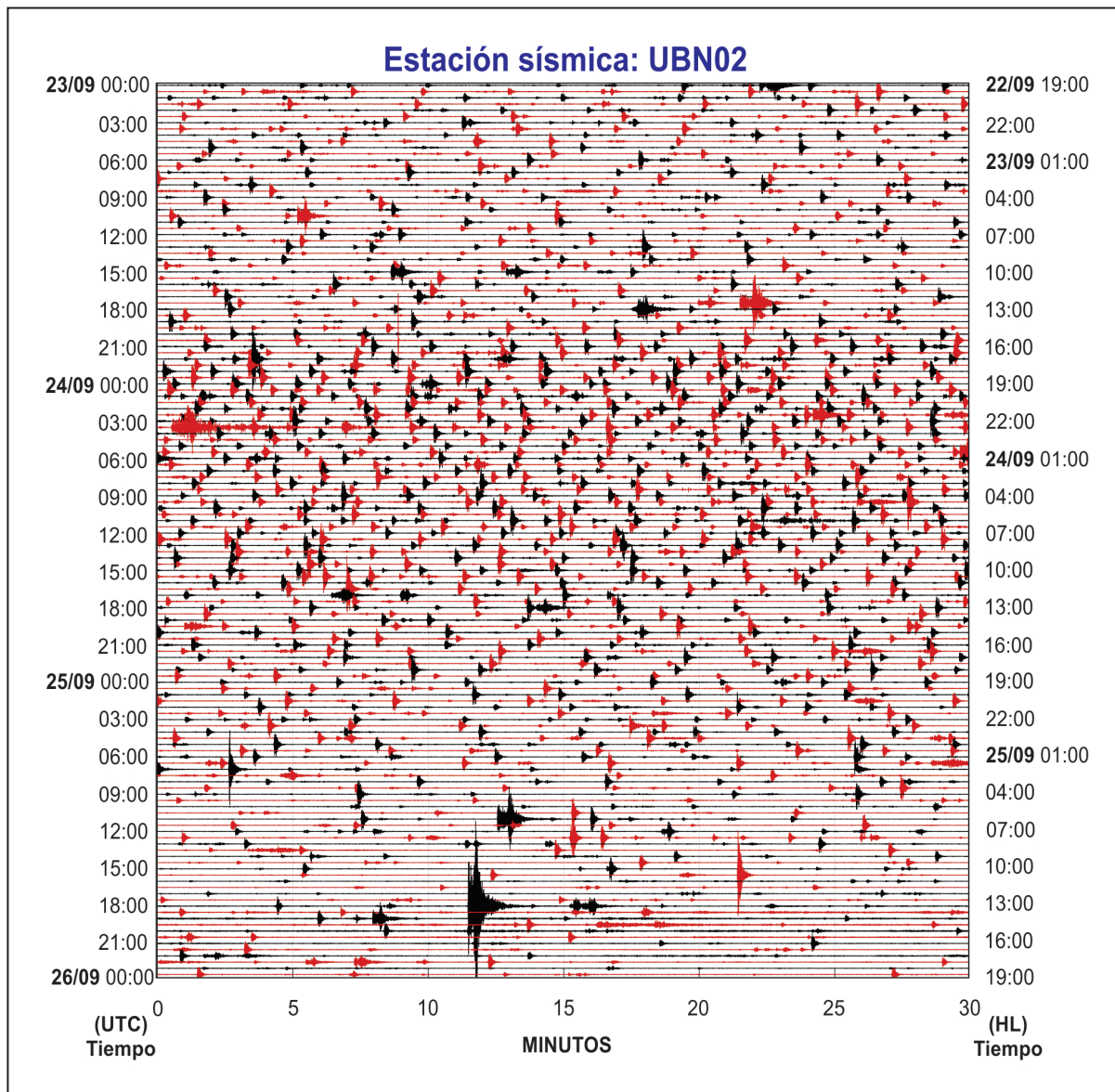


**Figura 6** Registro sísmico de 48 horas correspondiente a los días 7 y 8 de agosto en la estación sísmica UBN04 del volcán Ubina. Las trazas sísmicas alternadas con colores negro y rojo tienen una duración de 10 minutos. El eje izquierdo indica fecha y hora en UTC y el eje derecho en HL. Se puede apreciar el predominio de sismos repetitivos de LP e HIB, y cabe resaltar la irregularidad en tamaño y espaciado.





**Figura 7** Superior: Registro de sismicidad repetitiva de sismos de largo periodo (LP) (forma de onda y espectrograma registrados el día 11 de septiembre del 2019 a las 05:00 UTC). Inferior: Ejemplo de un sismo LP individual con su respectiva forma de onda, espectrograma y contenido de frecuencias registrados durante este periodo.



**Figura 8** Registro sísmico de 72 horas del 23 al 25 de setiembre en la estación sísmica UBN02 del volcán Ubina. Las trazas sísmicas alternadas con colores rojo y negro tienen una duración de 10 minutos. El eje izquierdo indica fecha y hora en UTC y el eje derecho en HL. Se puede apreciar el predominio de sismos repetitivos LP e HIB. Nótese la regularidad en tamaño y espaciamento.