

INFORME TÉCNICO:

**DETECCIÓN DE DEFORMACIÓN A PARTIR DE
INTERFEROMETRÍA DIFERENCIAL (DInSAR)
COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADOS DEL CHILLÁN**

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

Ma. Laura PARDO DURÓ
Soledad HEREDIA
Eugenia WRIGHT
Federico CARBALLO

Buenos Aires, 2021



**INSTITUTO DE
GEOLOGÍA Y
RECURSOS
MINERALES**

INFORME TÉCNICO:

**DETECCIÓN DE DEFORMACIÓN A PARTIR DE
INTERFEROMETRÍA DIFERENCIAL (DInSAR)**

COMPLEJO VOLCÁNICO NEVADOS DEL CHILLÁN

**María Laura Pardo Duró, Melisa Soledad Heredia, Eugenia Wright y
Federico Carballo**

2021

Tipo de volcán: Complejo volcánico
Ubicación: Región de Ñuble, Chile
Coordenadas: 36°52'S – 71°22'O
Altitud: 3212 m s.n.m.
Composición: varía entre dacítica a andesítica
Área basal: 150 km²
Volumen estimado: 65 km³
Erupciones relevantes de los últimos años: 1861-1865, 1906, 1973, 2016
Ranking de riesgo específico: 4

IMAGEN ACTUAL

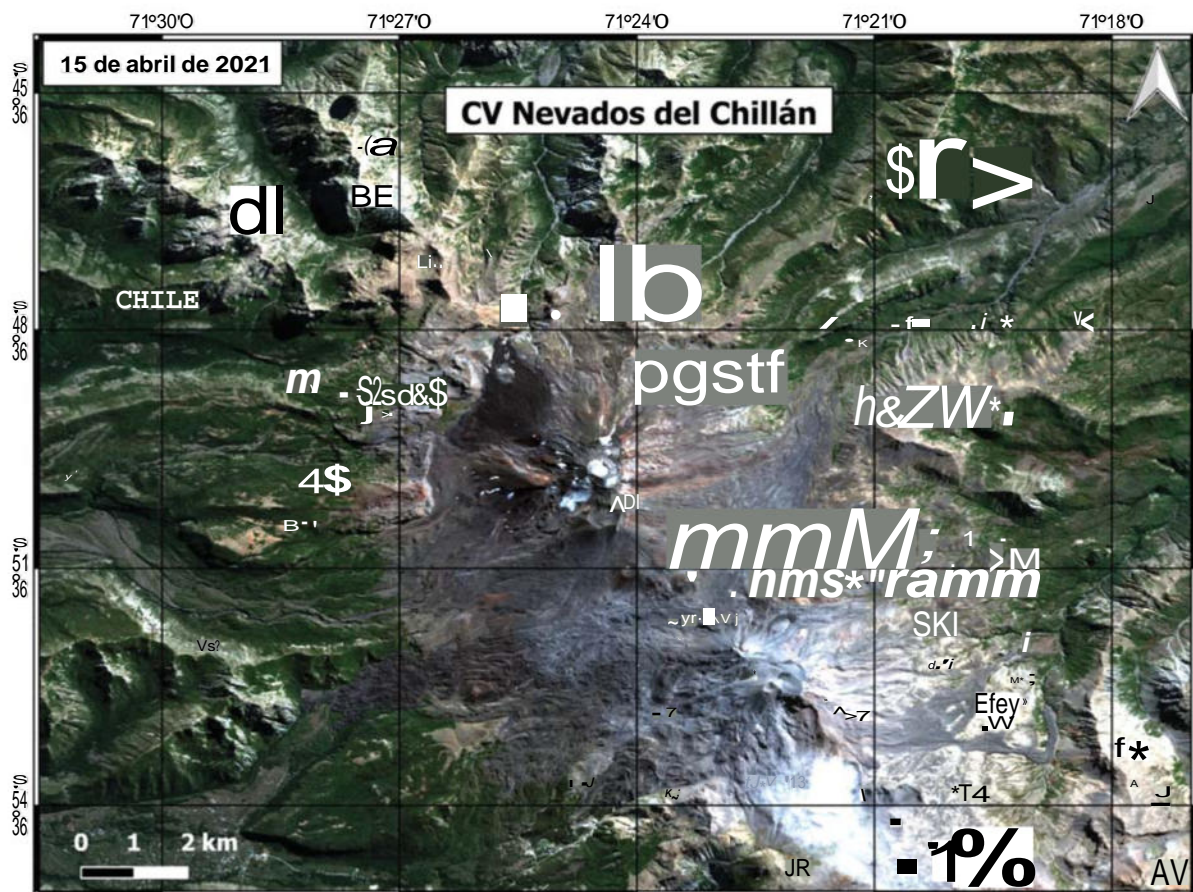


Figura 1. Imagen Sentinel 2 del CV Nevados del Chillán. Fecha: 15 de abril de 2021 RGB 432

INTRODUCCIÓN

El Complejo volcánico Nevados de Chillán (CVNC) corresponde a un complejo volcánico de forma elíptica, de composición que varía entre dacítica a andesítica. Se ubica en la cordillera andina de la Región de Ñuble, en el límite de las comunas de Coihueco y Pinto, Chile.

El CVNC permanece en el contexto de un proceso eruptivo de explosividad pulsátil y efusión de flujos de lava, coexistencia que sugiere diferentes características geológicas y dinámicas en el sistema de los conductos volcánicos.

El Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV) considera que todo nivel de afectación registrado se mantiene en territorio chileno, sobre los sectores cercanos al cráter del volcán. Sin embargo, podría registrarse eventualmente la presencia de ceniza volcánica en suspensión sobre la frontera entre Argentina y Chile, sin que esta genere afectación directa sobre alguna población argentina.

El OAVV destaca que, con este escenario, solamente ante un eventual proceso eruptivo mayor, podría registrarse caída de ceniza sobre poblaciones argentinas, generando algún tipo de afectación directa.

Por tal motivo y de forma preventiva, el Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur (OVDAS) de Chile mantiene el nivel de alerta técnica, mientras que el OAVV permanecerá en constante comunicación con OVDAS informando sobre cambios en la actividad del volcán y cualquier posible afectación sobre territorio Argentino¹.

Por lo expresado con anterioridad, se decidió realizar un análisis complementario al que realiza el OAVV, con el fin de identificar deformación superficial en el CVNC. Para este fin, se utilizaron imágenes satelitales de radar del sensor Sentinel- 1 a las cuales se les aplicaron diferentes técnicas InSAR (Synthetic Aperture Radar Interferometry).

METODO

En primer lugar, se evaluó la posible deformación mediante la técnica DInSAR utilizando pares interferométricos con distintos intervalos temporales. Para este fin, se utilizaron 6 imágenes Sentinel-1 SLC IW, 3 de orbita descendente y 3 de orbita ascendente, con intervalos de tiempo de 12 y 22 meses, y de 11 y 26 meses respectivamente.

Por otro lado, se realizó una serie de tiempo con 48 imágenes Sentinel-1 de orbita descendente aplicando la técnica DInSAR SBAS (Small BAseline Subset), a la cual se le designó una corrección troposférica pyaps. Esta técnica permite detectar deformación superficial y analizar sus características espacio-temporales. Para este análisis se analizó la deformación entre el 17 de enero de 2018 y el 13 de abril de 2021, descartándose los períodos con presencia de nieve, utilizando los softwares ISCE/MintPy.

RESULTADOS

Primero, se generó un interferograma con imágenes Sentinel 1 descendentes con un intervalo de 12 meses, entre el 13 de marzo del 2020 y el 2 de marzo de 2021, obteniéndose el interferograma de fase de la Figura 2.

¹ Reporte de actividad volcánica- 16 al 31 de agosto de 2021 - Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

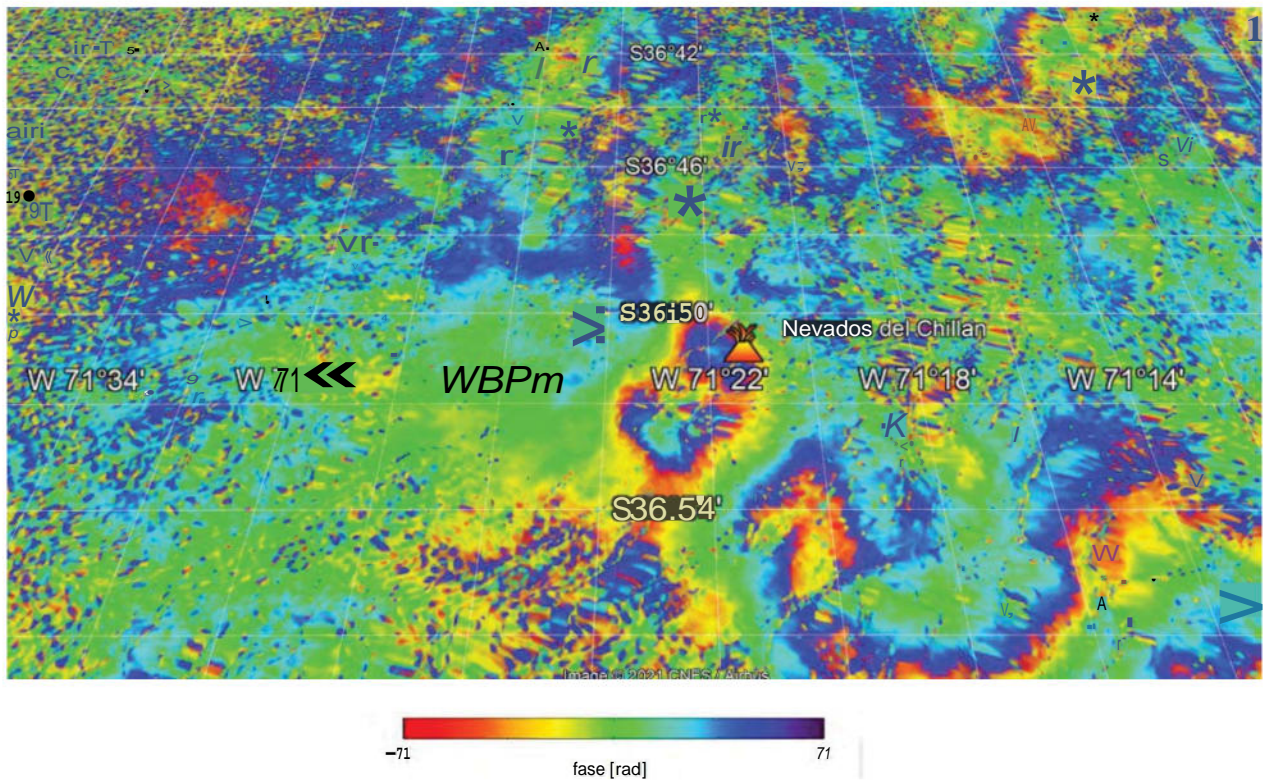


Figura 2. Interferograma de fase obtenido con imágenes Sentinel 1 descendentes entre el 13 de marzo del 2020 y el 2 de marzo de 2021.

El interferograma de fase con intervalo de 12 meses, entre el 13 de marzo del 2020 y el 2 de marzo de 2021, presenta valores de coherencia óptimos en el sector del complejo volcánico, no presenta un patrón de deformación.

Para el periodo de 22 meses se utilizaron imágenes Sentinel 1 descendentes del 12 de enero del 2019 y el 2 de marzo de 2021, obteniéndose el interferograma de fase de la figura 3.

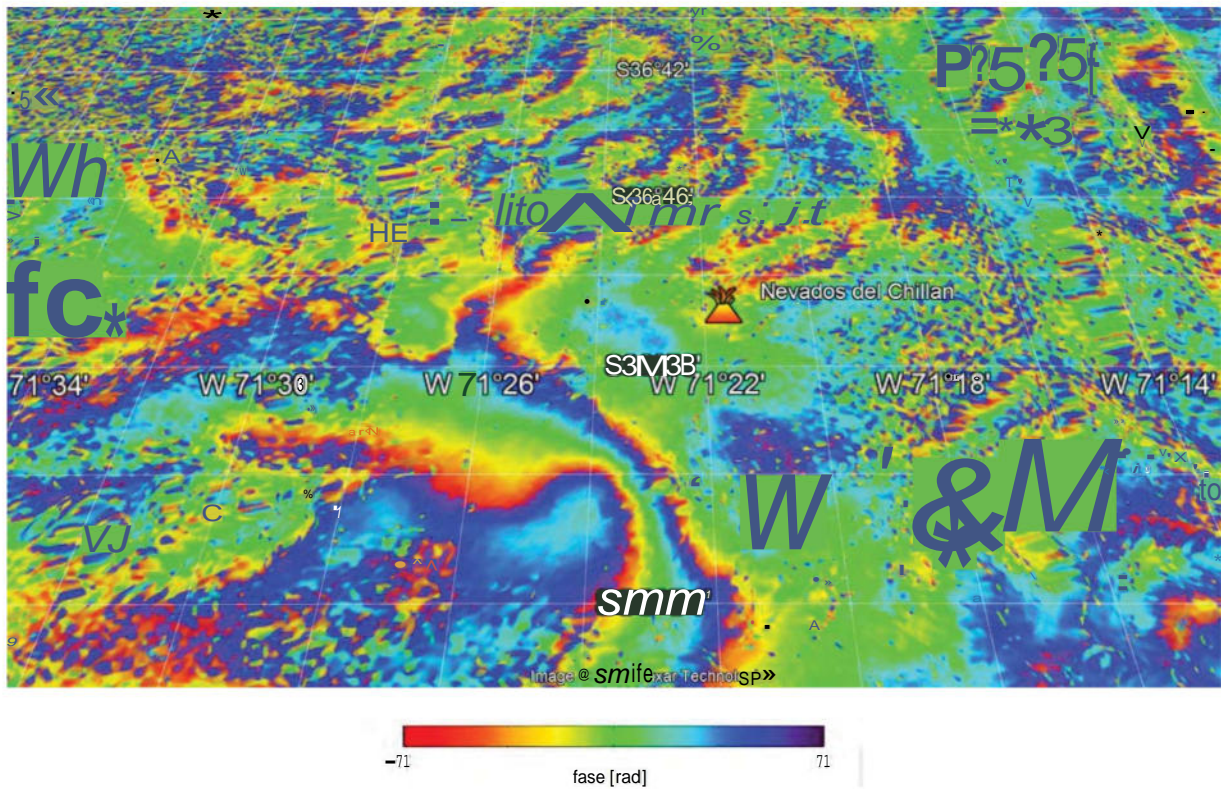


Figura 4. Interferograma de fase entre el 12 de abril del 2020 y el 26 de marzo de 2021.

El interferograma generado para este período presenta valores de coherencia óptimos, y no refleja deformación.

Sin embargo, al extender el intervalo temporal, 26 meses, se observa un patrón de deformación (Figura 5) similar al obtenido para el período de 22 meses con orbita descendente. En este caso, se utilizaron imágenes del 31 de diciembre de 2018 y el 26 de marzo de 2021.

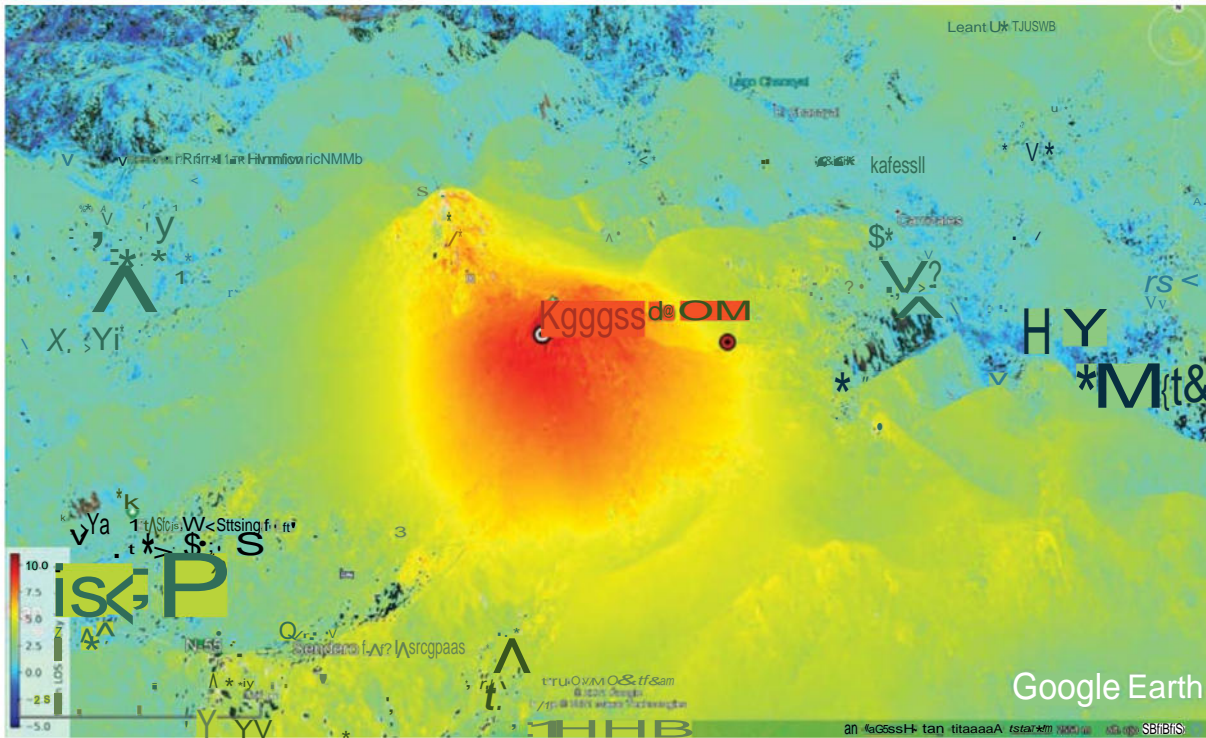


Figura 6. Velocidad de desplazamiento promedio en la línea de vista del sensor con un máximo de ~7,5 cm/año para el período analizado.

La figura 7 muestra la serie temporal de deformación DInSAR extraída de un punto cercano al cráter principal del complejo volcánico, de coordenadas lat. $-36,8749^\circ$ / lon. $-71,3820^\circ$ (Círculo blanco y negro en la figura 6). En la misma, se puede observar una inflación aproximada de 20 cm desde diciembre del 2018, hasta abril de 2021.

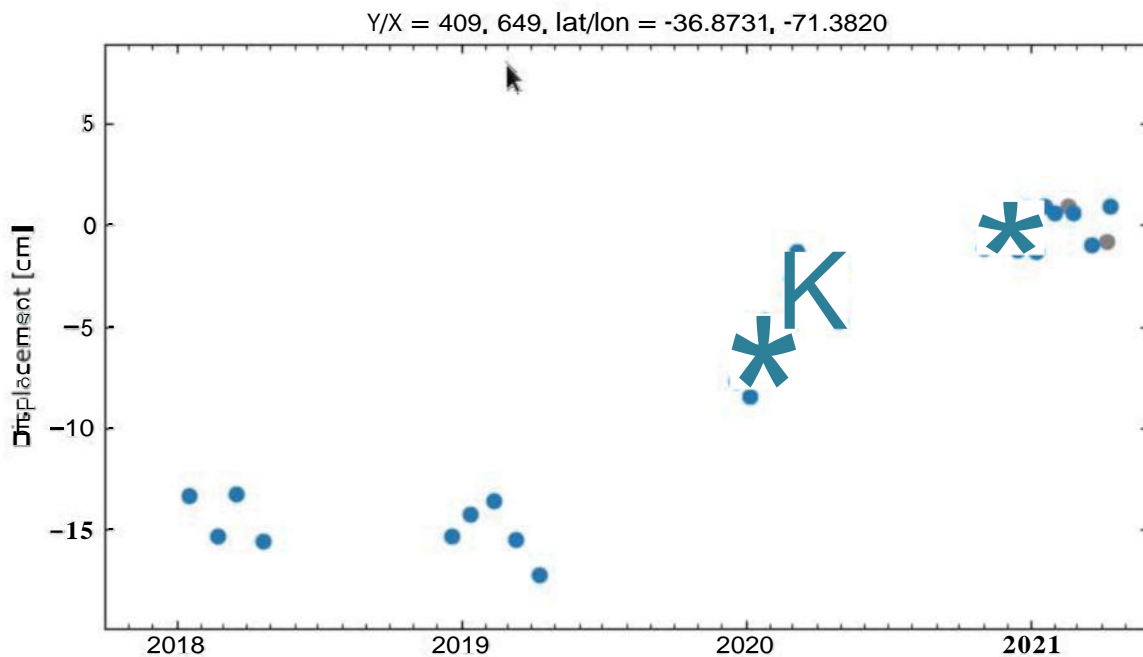
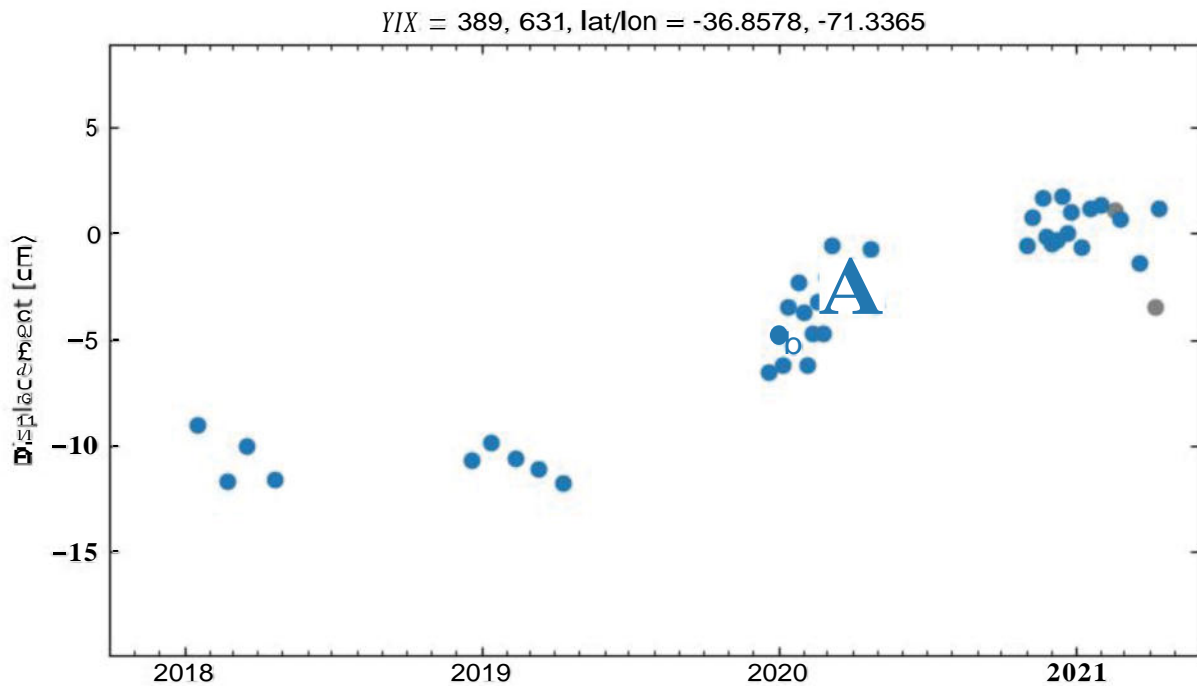


Figura 7. Serie de desplazamiento acumulado para el punto geográfico $-36,8731^\circ/-71,3820^\circ$, donde se observa tendencia inflacionaria en los valores acumulados de deformación.

Este comportamiento se puede visualizar en otros sectores del complejo volcánico, como se observa en la figura 8, extraído del punto de coordenadas lat. $-36,8578^\circ$ / lon. $-71,3365^\circ$.



Bibliografía:

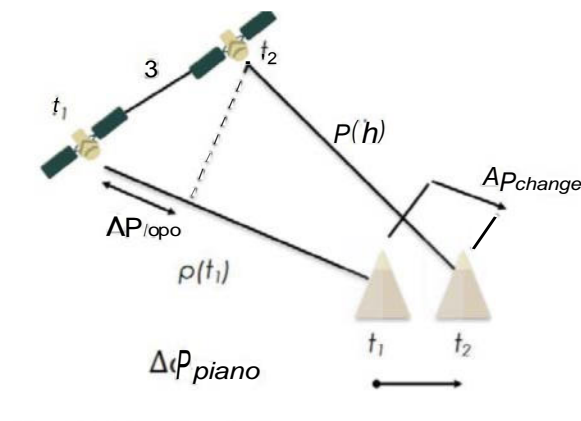
- SERNAGEOMIN (2018). Complejo Volcánico Nevados del Chillán. Datos publicados en la página web
- Global Volcanism Program, Smithsonian Institution
<https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=358057>

ANEXO

DINSAR

Tanto los sensores ópticos como los SAR nos pueden proporcionar información útil para la comprensión del dinamismo de las erupciones volcánicas. Con el fin de medir las deformaciones en terreno, la inflación y la deflación del edificio volcánico, Interferometría SAR (InSAR) es una adecuada técnica como se ha demostrado desde sus primeras aplicaciones (D. Massonnet et al., 1993).

La aplicación de interferometría diferencial de Radar (DinSAR) para medir cambios en la superficie presenta resultados muy precisos en el estudio de volcanes. Ésta técnica calcula el patrón de interferencia causado por la diferencia de fase entre dos imágenes adquiridas por un SAR en dos momentos diferentes. El resultado es un mapa de relieve del cambio en distancia entre la superficie y el radar (Massonnet, 1998). Pueden registrarse movimientos en la topografía con una precisión centimétrica.



InSAR también ha permitido la investigación de la deformación a gran escala de las zonas volcánicas debido a los movimientos de magma y fluidos hidrotermales (M. Pritchard et al., 2002), proporcionando algunas pistas sobre las complejas relaciones entre la deformación y el comportamiento eruptivo en estratovolcanes (J. Dvorak et al., 1997). Más recientemente, innovadoras técnicas InSAR multitemporales explotan una enorme cantidad de datos SAR, proporcionando mapas de deformación de la superficie en largos períodos de tiempo, haciendo posible el análisis de deformación de movimientos lentos superficiales del edificio volcánico.

Para el análisis de datos SAR del presente informe se procesaron las siguientes imágenes:

Descendientes

S1A_IW_SLC__1SDV_20190211T095650_20190211T095718_025880_02E17F_CC7F
 S1A_IW_SLC__1SDV_20190412T095651_20190412T095718_026755_03014C_4F6C
 S1A_IW_SLC__1SDV_20191220T095659_20191220T095726_030430_037B96_E9D3
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200101T095659_20200101T095725_030605_03819F_AB31
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200113T095658_20200113T095725_030780_0387B4_09A3
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200125T095658_20200125T095725_030955_038DDD_B029
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200206T095657_20200206T095724_031130_0393F8_368C
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200218T095657_20200218T095724_031305_039A08_1E6C
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200301T095657_20200301T095724_031480_03A008_DFD8
 S1A_IW_SLC__1SDV_20200313T095657_20200313T095724_031655_03A61A_B96B

S1A_IW_SLC__1SDV_20200325T095657_20200325T095724_031830_03AC4B_90AE
S1A_IW_SLC__1SDV_20200406T095657_20200406T095724_032005_03B26F_D3BD
S1A_IW_SLC__1SDV_20200418T095658_20200418T095725_032180_03B89C_3CE2
S1A_IW_SLC__1SDV_20200430T095659_20200430T095726_032355_03BEBD_FD2A
S1A_IW_SLC__1SDV_20201108T095707_20201108T095734_035155_041A7F_DEDA
S1A_IW_SLC__1SDV_20201120T095706_20201120T095733_035330_04209B_28D0
S1A_IW_SLC__1SDV_20201202T095706_20201202T095733_035505_0426AE_E57F
S1A_IW_SLC__1SDV_20201214T095706_20201214T095733_035680_042CAB_B630
S1A_IW_SLC__1SDV_20201226T095705_20201226T095732_035855_0432BC_3832
S1A_IW_SLC__1SDV_20210107T095704_20210107T095731_036030_0438CD_BEF6
S1A_IW_SLC__1SDV_20210119T095704_20210119T095731_036205_043EF5_B914
S1A_IW_SLC__1SDV_20210131T095704_20210131T095730_036380_044504_B75B
S1A_IW_SLC__1SDV_20210224T095703_20210224T095730_036730_045132_E186
S1A_IW_SLC__1SDV_20210320T095703_20210320T095730_037080_045D68_813E
S1A_IW_SLC__1SDV_20210413T095704_20210413T095731_037430_04697E_7F37
S1B_IW_SLC__1SDV_20180117T095607_20180117T095634_009209_0107FC_B745
S1B_IW_SLC__1SDV_20180222T095606_20180222T095633_009734_01193C_3E36
S1B_IW_SLC__1SDV_20180318T095606_20180318T095633_010084_0124CE_7A20
S1B_IW_SLC__1SDV_20180423T095607_20180423T095634_010609_0135C3_E636
S1B_IW_SLC__1SDV_20181219T095615_20181219T095642_014109_01A35D_E5FE
S1B_IW_SLC__1SDV_20190112T095614_20190112T095641_014459_01AECC_9EDA
S1B_IW_SLC__1SDV_20190313T095613_20190313T095640_015334_01CB57_CC7C
S1B_IW_SLC__1SDV_20200107T095610_20200107T095637_019709_025436_27D8
S1B_IW_SLC__1SDV_20200119T095610_20200119T095637_019884_0259C9_AF76
S1B_IW_SLC__1SDV_20200131T095609_20200131T095636_020059_025F66_C07E
S1B_IW_SLC__1SDV_20200212T095609_20200212T095636_020234_026510_7DF7
S1B_IW_SLC__1SDV_20200224T095609_20200224T095636_020409_026AB3_8115
S1B_IW_SLC__1SDV_20200307T095609_20200307T095636_020584_027042_AEC3
S1B_IW_SLC__1SDV_20200319T095609_20200319T095636_020759_0275D0_9EE7
S1B_IW_SLC__1SDV_20200331T095609_20200331T095636_020934_027B56_1F95
S1B_IW_SLC__1SDV_20200412T095609_20200412T095636_021109_0280E3_59B9
S1B_IW_SLC__1SDV_20200424T095610_20200424T095637_021284_028668_9BCC
S1B_IW_SLC__1SDV_20201102T095618_20201102T095645_024084_02DC8B_2C4B
S1B_IW_SLC__1SDV_20201126T095618_20201126T095645_024434_02E78B_E025
S1B_IW_SLC__1SDV_20201208T095617_20201208T095644_024609_02ED25_C3F3
S1B_IW_SLC__1SDV_20201220T095617_20201220T095644_024784_02F2D7_EF04
S1B_IW_SLC__1SDV_20210218T095611_20210218T095641_025659_030F07_739C
S1B_IW_SLC__1SDV_20210407T095615_20210407T095642_026359_03258E_11FC
S1B_IW_SLC__1SDV_20210302T095614_20210302T095641_025834_0314C2_AEA8
S1B_IW_SLC__1SDV_20210326T095615_20210326T095642_026184_032000_OFEC

Ascendentes

S1B_IW_SLC__1SDV_20181231T233425_20181231T233452_014292_01A96D_9139
S1B_IW_SLC__1SDV_20200412T233430_20200412T233457_021117_028124_0603
S1B_IW_SLC__1SDV_20210326T233436_20210326T233503_026192_03203E_1C2C