

Actividad 1.3: E4.1.3. Informe sobre los resultados obtenidos en los sitios de estudio

**Informe del GT4: Herramientas de apoyo a los sistemas de alerta temprana para
diferentes tipos de riesgo y modelos de costa.**

Due date of deliverable: 30/06/2020

Actual submission date: 30/06/2020

Lead contractor for this deliverable: CTTC

Autores

Anna Barra, Cristina Reyes, Oriol Monserrat, Rosa María Mateos, Jorge
Pedro Galve, Marta Bejar, Roberto Sarro



Table of Content

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2 | ESPAÑA: ISLAS BALEARES | 5 |
| 2.1 | Resultados GEP en Ibiza..... | 5 |
| 2.2 | Resultados GEP en Mallorca..... | 8 |
| 3 | ESPAÑA: GRANADA..... | 10 |
| 3.1 | Resultados GEP Granada | 10 |
| 3.2 | Resultados PSIG Granada | 15 |
| 3.3 | Embalse de Rules | 17 |
| 3.4 | Zona costera..... | 17 |
| 4 | ESPAÑA: DELTA DEL EBRO (TARRAGONA, CATALUÑA) | 21 |
| 5 | PORTUGAL | 23 |
| 5.1 | Resultados GEP en Lisboa..... | 23 |
| 6 | CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS | 28 |
| 7 | REFERENCIAS..... | 29 |

1 INTRODUCCIÓN

El GT 4 “herramientas de apoyo a los sistemas de alerta temprana para diferentes tipos de riesgo y modelos de costa” de RISKCOAST tiene como finalidad adaptar herramientas existentes o desarrollar nuevas en caso de necesidad basadas en datos de teledetección (satelital/drones/o terrestre) para apoyar a sistemas de alerta temprana frente a diferentes tipos de riesgo y modelos de costa. El objetivo es proporcionar una solución integrada capaz de absorber datos provenientes de diferentes sensores y generar mapas que puedan ser utilizados como soporte a la prevención y alerta frente a riesgos geológicos. En este GT se desarrollarán herramientas informáticas, cartográficas y matemáticas para el apoyo a sistemas de alerta temprana y a la gestión de catástrofes. Estas herramientas estarán basadas en diferentes técnicas innovadoras como la monitorización DInSAR satelital y terrestre, drones, o en simulaciones matemáticas basadas en análisis espectral.

La Actividad 1.3 se centra en la técnica de interferometría satelital con el objetivo de generar mapas para detectar, caracterizar y monitorizar movimientos superficiales asociados con riesgos.

El presente informe se refiere a los resultados obtenidos hasta ahora en los sitios de estudio con técnicas de interferometría satelital. Los resultados que se presentan se han desarrollado utilizando imágenes adquiridas por la pareja de satélites Sentinel-1 (A y B), procesadas en parte a través de la plataforma Geohazard Exploitation Platform (GEP) en parte con la cadena de procesado del CTTC (PSIG) , dependiendo de la zona de estudio.

Los datos Sentinel-1 cubren áreas de 250x250 km², permitiendo cubrir áreas a escala regional, adquieren una imagen cada 6 días, tienen una resolución nominal de 4x14 m², y son completamente gratuitos.

Geohazard Exploitation Platform (GEP) es una plataforma web desarrollada por la Agencia Espacial Europea (ESA) que permite la explotación de datos satelitales de Observación de la Tierra (EO) para el análisis de peligros geológicos. GEP proporciona varias herramientas y servicios de procesado, incluida la interferometría de radar (InSAR), que es una técnica efectiva para monitorear procesos geológicos como el vulcanismo, subsidencia o deslizamientos de tierra. En particular se ha

utilizado el servicio Sentinel-1 CNR-IREA SBAS, una de las aplicaciones temáticas GEP InSAR que consiste en una cadena de procesado para la generación de series temporales y velocidad media de desplazamiento. Los resultados tienen una resolución de $90 \times 90 \text{ m}^2$.

La cadena de procesado PSOG del CTTC permite más flexibilidad y control de todos los pasos del procesado. En los procesados que se presentan se ha utilizado la máxima resolución del dato ($4 \times 14 \text{ m}^2$) y se han generados mapas con series temporales y velocidades anuales de desplazamiento. Para más detalles sobre la cadena PSIG se refiere a Devanthéry et al., 2014.

La técnica InSAR permite medir los movimientos en la línea de vista del satélite (LOS). Todos los mapas enseñan la componente del movimiento en la dirección de vista del satélite. Valores negativos indican un movimiento que se acerca al satélite, mientras valores positivos indican un movimiento que se aleja del satélite.

En los siguientes capítulos se enseñan los procesados y los principales resultados obtenidos en las zonas de estudio en España y Portugal.

2 ESPAÑA: ISLAS BALEARES

2.1 Resultados GEP en Ibiza

Se han utilizado imágenes Sentinel-1 A que cubren el periodo febrero 2015 – octubre 2019 (véase la Tabla 1 para la lista de las imágenes utilizadas), en geometría ascendente y orbita relativa 30. En la Fig. 1 se enseña el mapa de desplazamiento global (mapa de velocidad) y en la Fig. 2 un ejemplo de movimientos detectados, incluido dos ejemplos de series temporales de desplazamiento.

| N. | Fecha | N. | Fecha | N. | Fecha | N. | Fecha | N. | Fecha |
|----|------------|----|------------|----|------------|-----|------------|-----|------------|
| 1 | 28/02/2015 | 31 | 05/05/2016 | 61 | 12/05/2017 | 91 | 31/05/2018 | 121 | 19/06/2019 |
| 2 | 12/03/2015 | 32 | 17/05/2016 | 62 | 24/05/2017 | 92 | 12/06/2018 | 122 | 01/07/2019 |
| 3 | 24/03/2015 | 33 | 29/05/2016 | 63 | 05/06/2017 | 93 | 24/06/2018 | 123 | 13/07/2019 |
| 4 | 05/04/2015 | 34 | 10/06/2016 | 64 | 17/06/2017 | 94 | 06/07/2018 | 124 | 25/07/2019 |
| 5 | 17/04/2015 | 35 | 04/07/2016 | 65 | 29/06/2017 | 95 | 18/07/2018 | 125 | 06/08/2019 |
| 6 | 29/04/2015 | 36 | 16/07/2016 | 66 | 23/07/2017 | 96 | 30/07/2018 | 126 | 18/08/2019 |
| 7 | 11/05/2015 | 37 | 28/07/2016 | 67 | 04/08/2017 | 97 | 11/08/2018 | 127 | 30/08/2019 |
| 8 | 23/05/2015 | 38 | 09/08/2016 | 68 | 16/08/2017 | 98 | 23/08/2018 | 128 | 11/09/2019 |
| 9 | 04/06/2015 | 39 | 21/08/2016 | 69 | 28/08/2017 | 99 | 04/09/2018 | 129 | 23/09/2019 |
| 10 | 16/06/2015 | 40 | 02/09/2016 | 70 | 09/09/2017 | 100 | 16/09/2018 | 130 | 05/10/2019 |
| 11 | 28/06/2015 | 41 | 14/09/2016 | 71 | 21/09/2017 | 101 | 28/09/2018 | 131 | 17/10/2019 |
| 12 | 10/07/2015 | 42 | 26/09/2016 | 72 | 03/10/2017 | 102 | 10/10/2018 | | |
| 13 | 22/07/2015 | 43 | 08/10/2016 | 73 | 15/10/2017 | 103 | 22/10/2018 | | |
| 14 | 27/08/2015 | 44 | 20/10/2016 | 74 | 27/10/2017 | 104 | 03/11/2018 | | |
| 15 | 08/09/2015 | 45 | 01/11/2016 | 75 | 08/11/2017 | 105 | 15/11/2018 | | |
| 16 | 20/09/2015 | 46 | 13/11/2016 | 76 | 20/11/2017 | 106 | 27/11/2018 | | |
| 17 | 02/10/2015 | 47 | 25/11/2016 | 77 | 02/12/2017 | 107 | 09/12/2018 | | |
| 18 | 19/11/2015 | 48 | 07/12/2016 | 78 | 14/12/2017 | 108 | 02/01/2019 | | |
| 19 | 01/12/2015 | 49 | 19/12/2016 | 79 | 26/12/2017 | 109 | 14/01/2019 | | |
| 20 | 13/12/2015 | 50 | 31/12/2016 | 80 | 07/01/2018 | 110 | 26/01/2019 | | |
| 21 | 25/12/2015 | 51 | 12/01/2017 | 81 | 19/01/2018 | 111 | 07/02/2019 | | |
| 22 | 06/01/2016 | 52 | 24/01/2017 | 82 | 31/01/2018 | 112 | 19/02/2019 | | |
| 23 | 18/01/2016 | 53 | 05/02/2017 | 83 | 12/02/2018 | 113 | 15/03/2019 | | |
| 24 | 30/01/2016 | 54 | 17/02/2017 | 84 | 24/02/2018 | 114 | 27/03/2019 | | |
| 25 | 23/02/2016 | 55 | 01/03/2017 | 85 | 08/03/2018 | 115 | 08/04/2019 | | |
| 26 | 06/03/2016 | 56 | 13/03/2017 | 86 | 20/03/2018 | 116 | 20/04/2019 | | |
| 27 | 18/03/2016 | 57 | 25/03/2017 | 87 | 13/04/2018 | 117 | 02/05/2019 | | |
| 28 | 30/03/2016 | 58 | 06/04/2017 | 88 | 25/04/2018 | 118 | 14/05/2019 | | |
| 29 | 11/04/2016 | 59 | 18/04/2017 | 89 | 07/05/2018 | 119 | 26/05/2019 | | |
| 30 | 23/04/2016 | 60 | 30/04/2017 | 90 | 19/05/2018 | 120 | 07/06/2019 | | |

Tabla 1. Lista de imágenes Sentinel-1 A utilizadas para el procesado GEP en la isla de Ibiza (Baleares, España).

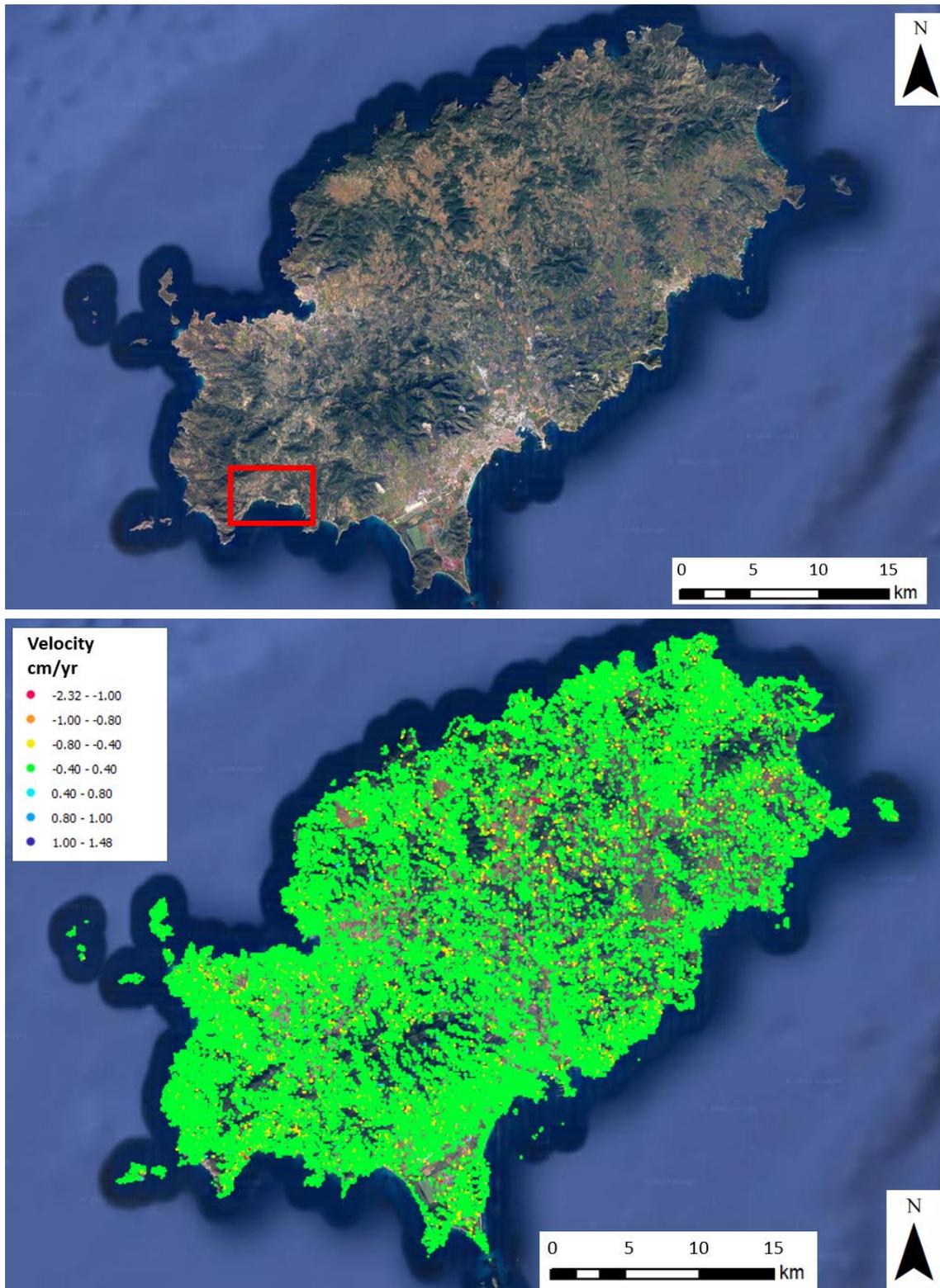


Fig. 1. Ibiza (Islas Baleares, España). Arriba: imagen óptica satelital Google, el cuadro rojo indica la zona representada en la Fig. 2. Abajo: el mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado GEP ascendente. Cada punto representa un área de 90x90 m².

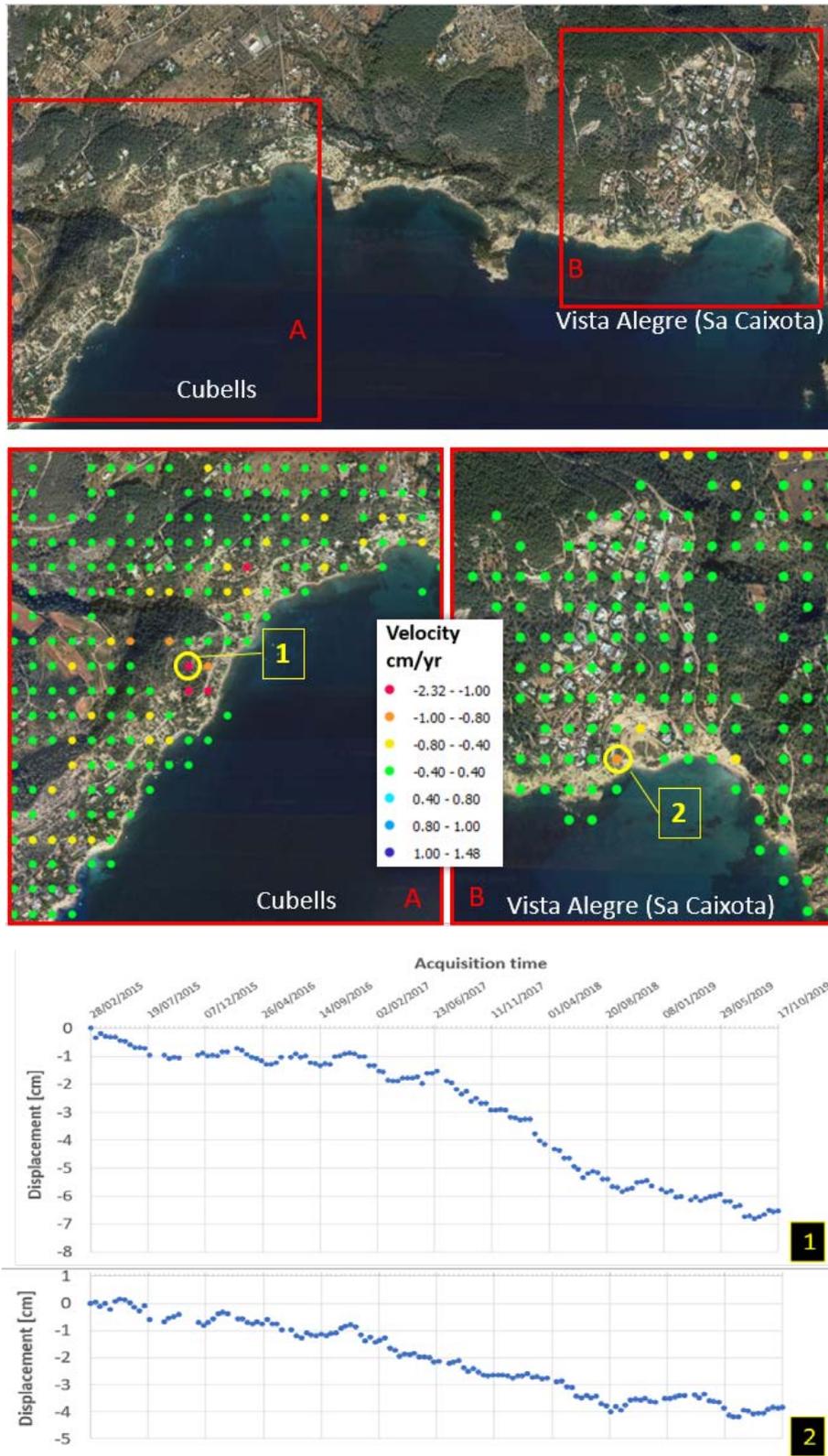


Fig. 2. Detalle de la zona marcada con el cuadro rojo en la Fig. 1. Desde arriba hacia abajo se en seña dos zonas de interés con sus respectivos mapas de velocidades y dos ejemplos de series temporales de desplazamiento de los puntos indicados por los números en amarillo.

2.2 Resultados GEP en Mallorca

Se han utilizado 99 imágenes Sentinel-1 A y B que cubren el periodo enero 2018 – marzo 2020 (véase la Tabla 2 para la lista de las imágenes utilizadas), en geometría descendente y órbita relativa 37. En la Fig. 1 se enseña el mapa de desplazamiento global (mapa de velocidad) y en la Fig. 2 un ejemplo de movimientos detectados, incluido dos ejemplos de series temporales de desplazamiento.

| N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha |
|----|------------|----|------------|----|------------|-----|------------|
| 1 | 20/01/2018 | 27 | 28/12/2018 | 53 | 08/06/2019 | 79 | 11/11/2019 |
| 2 | 25/07/2018 | 28 | 03/01/2019 | 54 | 14/06/2019 | 80 | 17/11/2019 |
| 3 | 31/07/2018 | 29 | 09/01/2019 | 55 | 20/06/2019 | 81 | 23/11/2019 |
| 4 | 06/08/2018 | 30 | 15/01/2019 | 56 | 26/06/2019 | 82 | 29/11/2019 |
| 5 | 12/08/2018 | 31 | 21/01/2019 | 57 | 02/07/2019 | 83 | 05/12/2019 |
| 6 | 18/08/2018 | 32 | 27/01/2019 | 58 | 08/07/2019 | 84 | 11/12/2019 |
| 7 | 24/08/2018 | 33 | 02/02/2019 | 59 | 14/07/2019 | 85 | 17/12/2019 |
| 8 | 30/08/2018 | 34 | 08/02/2019 | 60 | 20/07/2019 | 86 | 23/12/2019 |
| 9 | 05/09/2018 | 35 | 14/02/2019 | 61 | 26/07/2019 | 87 | 29/12/2019 |
| 10 | 11/09/2018 | 36 | 20/02/2019 | 62 | 01/08/2019 | 88 | 04/01/2020 |
| 11 | 17/09/2018 | 37 | 04/03/2019 | 63 | 07/08/2019 | 89 | 10/01/2020 |
| 12 | 23/09/2018 | 38 | 10/03/2019 | 64 | 13/08/2019 | 90 | 16/01/2020 |
| 13 | 29/09/2018 | 39 | 16/03/2019 | 65 | 19/08/2019 | 91 | 22/01/2020 |
| 14 | 05/10/2018 | 40 | 22/03/2019 | 66 | 25/08/2019 | 92 | 28/01/2020 |
| 15 | 11/10/2018 | 41 | 28/03/2019 | 67 | 31/08/2019 | 93 | 03/02/2020 |
| 16 | 17/10/2018 | 42 | 03/04/2019 | 68 | 06/09/2019 | 94 | 09/02/2020 |
| 17 | 23/10/2018 | 43 | 09/04/2019 | 69 | 12/09/2019 | 95 | 15/02/2020 |
| 18 | 29/10/2018 | 44 | 15/04/2019 | 70 | 18/09/2019 | 96 | 21/02/2020 |
| 19 | 04/11/2018 | 45 | 21/04/2019 | 71 | 24/09/2019 | 97 | 27/02/2020 |
| 20 | 10/11/2018 | 46 | 27/04/2019 | 72 | 30/09/2019 | 98 | 04/03/2020 |
| 21 | 16/11/2018 | 47 | 03/05/2019 | 73 | 06/10/2019 | 99 | 10/03/2020 |
| 22 | 22/11/2018 | 48 | 09/05/2019 | 74 | 12/10/2019 | 100 | |
| 23 | 28/11/2018 | 49 | 15/05/2019 | 75 | 18/10/2019 | 101 | |
| 24 | 04/12/2018 | 50 | 21/05/2019 | 76 | 24/10/2019 | 102 | |
| 25 | 16/12/2018 | 51 | 27/05/2019 | 77 | 30/10/2019 | 103 | |
| 26 | 22/12/2018 | 52 | 02/06/2019 | 78 | 05/11/2019 | 104 | |

Tabla 2. Lista de imágenes Sentinel-1 A descendente utilizadas para el procesado GEP en la isla de Mallorca (Baleares, España).

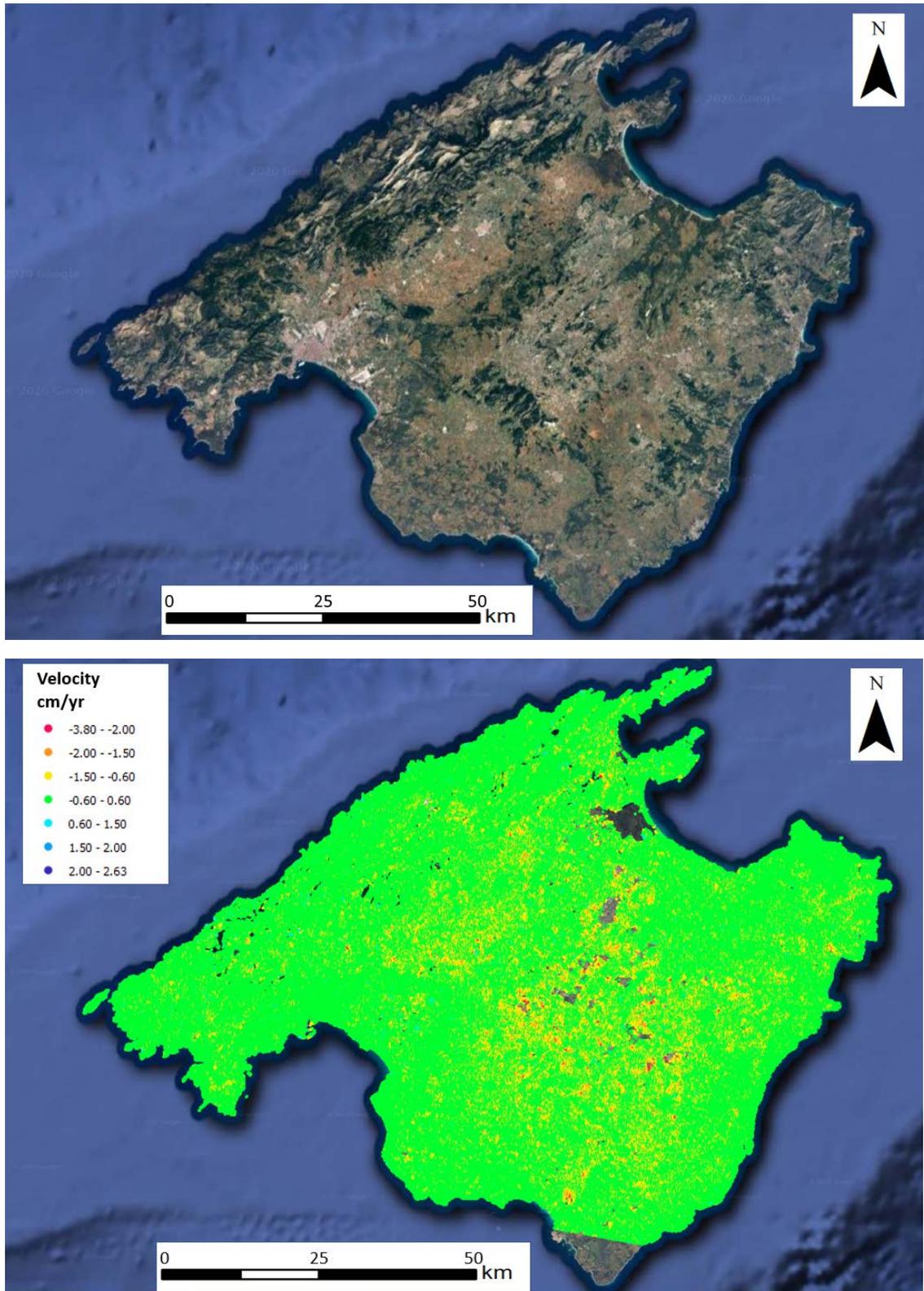


Fig. 3. Mallorca (Islas Baleares, España). Arriba: imagen óptica satelital Google, el cuadro rojo indica la zona representada en la Fig. 2. Abajo: el mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado GEP descendente. Cada punto representa un área de 90x90 m².

3 ESPAÑA: GRANADA

En la zona de la provincia de Granada se han hecho diferentes procesados:

1. Procesado GEP ascendente
2. Procesado GEP descendente
3. Procesado PSIG ascendente

La zona principal de interés (Fig. 4) Incluye el embalse de Rules, y toda la costa fuertemente afectadas por movimientos de laderas, en el específico: La Herradura, Almuñécar, Salobreña.

3.1 Resultados GEP Granada

Para el procesado ascendente se han utilizado 101 imágenes Sentinel-1 B que cubren el periodo septiembre 2016 – marzo 2020 (véase la Tabla 3 para la lista de las imágenes utilizadas), con orbita relativa 1. En la Fig. 5 se enseña el mapa de desplazamiento global (mapa de velocidad) y el mapa sobre la zona principal de interés.

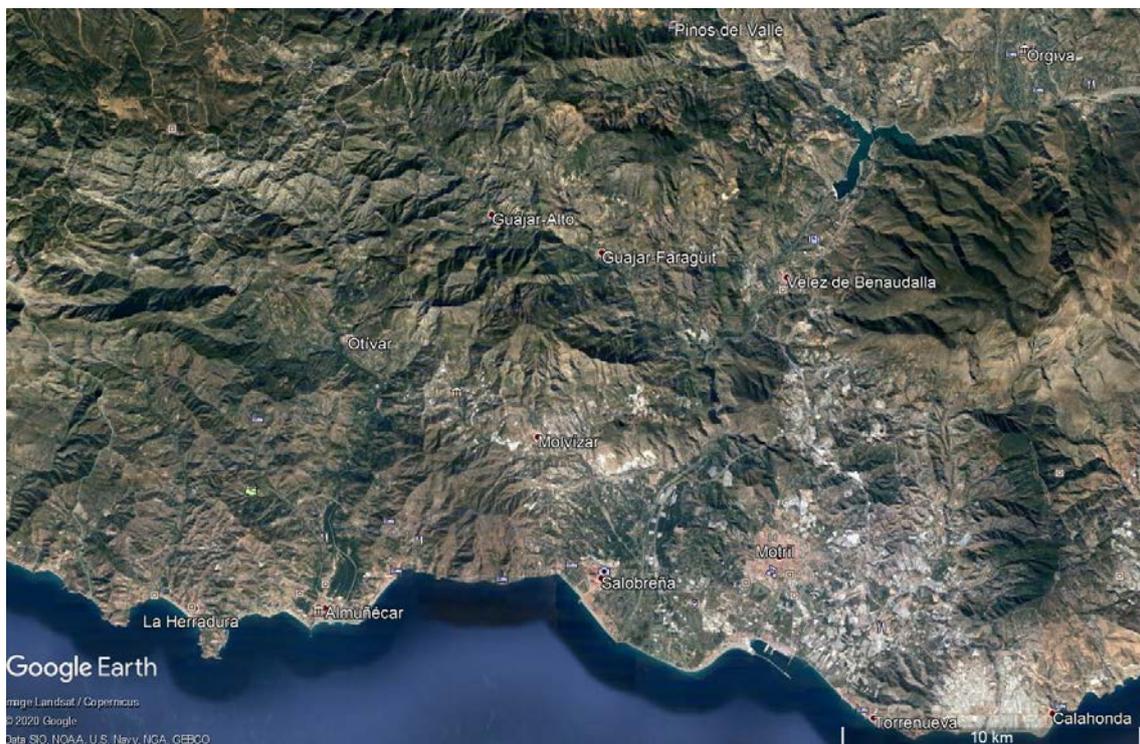


Fig. 4. Principal área de interés en la Provincia de Granada (Andalucía, España). Imagen óptica satelital Google Earth.

Para el procesado descendente se han utilizado 101 imágenes Sentinel-1 A y B que cubren el periodo diciembre 2014 – agosto 2020 (véase la Tabla 4 para la lista de las imágenes utilizadas), con orbita relativa 81. El resultado cubre la zona interior de la Provincia de Granada y no la costa. En la Fig. 6 se enseña el mapa de desplazamiento global (mapa de velocidad) y el mapa sobre la zona principal de interés.

En la sesión relativa al embalse de Rules y en la sesión de la costa se enseñan algunos ejemplos de resultados más en el detalle.

| N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha |
|----|------------|----|------------|----|------------|-----|------------|
| 1 | 30/09/2016 | 31 | 19/10/2017 | 61 | 26/10/2018 | 91 | 02/11/2019 |
| 2 | 24/10/2016 | 32 | 31/10/2017 | 62 | 07/11/2018 | 92 | 14/11/2019 |
| 3 | 05/11/2016 | 33 | 12/11/2017 | 63 | 19/11/2018 | 93 | 26/11/2019 |
| 4 | 17/11/2016 | 34 | 24/11/2017 | 64 | 13/12/2018 | 94 | 08/12/2019 |
| 5 | 29/11/2016 | 35 | 06/12/2017 | 65 | 25/12/2018 | 95 | 20/12/2019 |
| 6 | 11/12/2016 | 36 | 18/12/2017 | 66 | 06/01/2019 | 96 | 13/01/2020 |
| 7 | 23/12/2016 | 37 | 30/12/2017 | 67 | 18/01/2019 | 97 | 25/01/2020 |
| 8 | 04/01/2017 | 38 | 11/01/2018 | 68 | 30/01/2019 | 98 | 06/02/2020 |
| 9 | 16/01/2017 | 39 | 23/01/2018 | 69 | 11/02/2019 | 99 | 18/02/2020 |
| 10 | 28/01/2017 | 40 | 04/02/2018 | 70 | 23/02/2019 | 100 | 01/03/2020 |
| 11 | 09/02/2017 | 41 | 16/02/2018 | 71 | 07/03/2019 | 101 | 13/03/2020 |
| 12 | 21/02/2017 | 42 | 28/02/2018 | 72 | 19/03/2019 | | |
| 13 | 05/03/2017 | 43 | 12/03/2018 | 73 | 31/03/2019 | | |
| 14 | 17/03/2017 | 44 | 24/03/2018 | 74 | 12/04/2019 | | |
| 15 | 29/03/2017 | 45 | 05/04/2018 | 75 | 24/04/2019 | | |
| 16 | 10/04/2017 | 46 | 29/04/2018 | 76 | 06/05/2019 | | |
| 17 | 22/04/2017 | 47 | 11/05/2018 | 77 | 18/05/2019 | | |
| 18 | 04/05/2017 | 48 | 23/05/2018 | 78 | 30/05/2019 | | |
| 19 | 16/05/2017 | 49 | 04/06/2018 | 79 | 11/06/2019 | | |
| 20 | 28/05/2017 | 50 | 16/06/2018 | 80 | 23/06/2019 | | |
| 21 | 09/06/2017 | 51 | 28/06/2018 | 81 | 05/07/2019 | | |
| 22 | 21/06/2017 | 52 | 10/07/2018 | 82 | 17/07/2019 | | |
| 23 | 03/07/2017 | 53 | 22/07/2018 | 83 | 29/07/2019 | | |
| 24 | 15/07/2017 | 54 | 03/08/2018 | 84 | 10/08/2019 | | |
| 25 | 27/07/2017 | 55 | 15/08/2018 | 85 | 22/08/2019 | | |
| 26 | 08/08/2017 | 56 | 27/08/2018 | 86 | 03/09/2019 | | |
| 27 | 01/09/2017 | 57 | 08/09/2018 | 87 | 15/09/2019 | | |
| 28 | 13/09/2017 | 58 | 20/09/2018 | 88 | 27/09/2019 | | |
| 29 | 25/09/2017 | 59 | 02/10/2018 | 89 | 09/10/2019 | | |
| 30 | 07/10/2017 | 60 | 14/10/2018 | 90 | 21/10/2019 | | |

Tabla 3. Lista de imágenes Sentinel-1 B en geometría ascendente utilizadas para el procesado GEP para la zona de Granada (Andalucía, España).

| N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha |
|----|------------|----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|
| 1 | 22/12/2014 | 51 | 23/12/2016 | 101 | 25/10/2017 | 151 | 21/08/2018 | 201 | 11/07/2019 |
| 2 | 04/03/2015 | 52 | 29/12/2016 | 102 | 31/10/2017 | 152 | 27/08/2018 | 202 | 17/07/2019 |
| 3 | 16/03/2015 | 53 | 04/01/2017 | 103 | 06/11/2017 | 153 | 02/09/2018 | 203 | 23/07/2019 |
| 4 | 28/03/2015 | 54 | 10/01/2017 | 104 | 12/11/2017 | 154 | 08/09/2018 | 204 | 29/07/2019 |
| 5 | 21/04/2015 | 55 | 16/01/2017 | 105 | 18/11/2017 | 155 | 14/09/2018 | 205 | 04/08/2019 |
| 6 | 15/05/2015 | 56 | 22/01/2017 | 106 | 24/11/2017 | 156 | 20/09/2018 | 206 | 16/08/2019 |
| 7 | 27/05/2015 | 57 | 28/01/2017 | 107 | 30/11/2017 | 157 | 26/09/2018 | 207 | 22/08/2019 |
| 8 | 20/06/2015 | 58 | 03/02/2017 | 108 | 06/12/2017 | 158 | 02/10/2018 | 208 | 28/08/2019 |
| 9 | 02/07/2015 | 59 | 09/02/2017 | 109 | 12/12/2017 | 159 | 08/10/2018 | 209 | 03/09/2019 |
| 10 | 14/07/2015 | 60 | 15/02/2017 | 110 | 18/12/2017 | 160 | 14/10/2018 | 210 | 09/09/2019 |
| 11 | 26/07/2015 | 61 | 21/02/2017 | 111 | 24/12/2017 | 161 | 20/10/2018 | 211 | 15/09/2019 |
| 12 | 07/08/2015 | 62 | 27/02/2017 | 112 | 30/12/2017 | 162 | 26/10/2018 | 212 | 27/09/2019 |
| 13 | 19/08/2015 | 63 | 05/03/2017 | 113 | 05/01/2018 | 163 | 01/11/2018 | 213 | 03/10/2019 |
| 14 | 31/08/2015 | 64 | 11/03/2017 | 114 | 11/01/2018 | 164 | 07/11/2018 | 214 | 09/10/2019 |
| 15 | 18/10/2015 | 65 | 17/03/2017 | 115 | 17/01/2018 | 165 | 13/11/2018 | 215 | 15/10/2019 |
| 16 | 30/10/2015 | 66 | 23/03/2017 | 116 | 23/01/2018 | 166 | 19/11/2018 | 216 | 21/10/2019 |
| 17 | 11/11/2015 | 67 | 29/03/2017 | 117 | 29/01/2018 | 167 | 25/11/2018 | 217 | 27/10/2019 |
| 18 | 23/11/2015 | 68 | 04/04/2017 | 118 | 04/02/2018 | 168 | 01/12/2018 | 218 | 02/11/2019 |
| 19 | 05/12/2015 | 69 | 10/04/2017 | 119 | 10/02/2018 | 169 | 07/12/2018 | 219 | 08/11/2019 |
| 20 | 17/12/2015 | 70 | 16/04/2017 | 120 | 16/02/2018 | 170 | 13/12/2018 | 220 | 14/11/2019 |
| 21 | 15/02/2016 | 71 | 22/04/2017 | 121 | 22/02/2018 | 171 | 19/12/2018 | 221 | 20/11/2019 |
| 22 | 27/02/2016 | 72 | 28/04/2017 | 122 | 28/02/2018 | 172 | 25/12/2018 | 222 | 26/11/2019 |
| 23 | 10/03/2016 | 73 | 04/05/2017 | 123 | 06/03/2018 | 173 | 31/12/2018 | 223 | 02/12/2019 |
| 24 | 22/03/2016 | 74 | 10/05/2017 | 124 | 12/03/2018 | 174 | 06/01/2019 | 224 | 08/12/2019 |
| 25 | 03/04/2016 | 75 | 16/05/2017 | 125 | 18/03/2018 | 175 | 12/01/2019 | 225 | 14/12/2019 |
| 26 | 15/04/2016 | 76 | 22/05/2017 | 126 | 24/03/2018 | 176 | 18/01/2019 | 226 | 20/12/2019 |
| 27 | 27/04/2016 | 77 | 28/05/2017 | 127 | 30/03/2018 | 177 | 30/01/2019 | 227 | 26/12/2019 |
| 28 | 09/05/2016 | 78 | 03/06/2017 | 128 | 05/04/2018 | 178 | 05/02/2019 | 228 | 01/01/2020 |
| 29 | 21/05/2016 | 79 | 09/06/2017 | 129 | 11/04/2018 | 179 | 11/02/2019 | 229 | 07/01/2020 |
| 30 | 02/06/2016 | 80 | 15/06/2017 | 130 | 17/04/2018 | 180 | 17/02/2019 | 230 | 13/01/2020 |
| 31 | 14/06/2016 | 81 | 21/06/2017 | 131 | 23/04/2018 | 181 | 23/02/2019 | 231 | 19/01/2020 |
| 32 | 08/07/2016 | 82 | 27/06/2017 | 132 | 29/04/2018 | 182 | 01/03/2019 | 232 | 25/01/2020 |
| 33 | 01/08/2016 | 83 | 03/07/2017 | 133 | 05/05/2018 | 183 | 13/03/2019 | 233 | 06/02/2020 |
| 34 | 13/08/2016 | 84 | 09/07/2017 | 134 | 11/05/2018 | 184 | 19/03/2019 | 234 | 12/02/2020 |
| 35 | 25/08/2016 | 85 | 15/07/2017 | 135 | 17/05/2018 | 185 | 25/03/2019 | 235 | 18/02/2020 |
| 36 | 06/09/2016 | 86 | 21/07/2017 | 136 | 23/05/2018 | 186 | 31/03/2019 | 236 | 24/02/2020 |
| 37 | 18/09/2016 | 87 | 27/07/2017 | 137 | 29/05/2018 | 187 | 06/04/2019 | 237 | 01/03/2020 |
| 38 | 30/09/2016 | 88 | 02/08/2017 | 138 | 04/06/2018 | 188 | 12/04/2019 | 238 | 07/03/2020 |
| 39 | 12/10/2016 | 89 | 08/08/2017 | 139 | 10/06/2018 | 189 | 24/04/2019 | 239 | 13/03/2020 |
| 40 | 18/10/2016 | 90 | 14/08/2017 | 140 | 16/06/2018 | 190 | 30/04/2019 | 240 | 19/03/2020 |

Tabla 4. Lista de imágenes Sentinel-1 A y B en geometría descendente utilizadas para el procesado GEP para la zona de Granada (Andalucía, España)

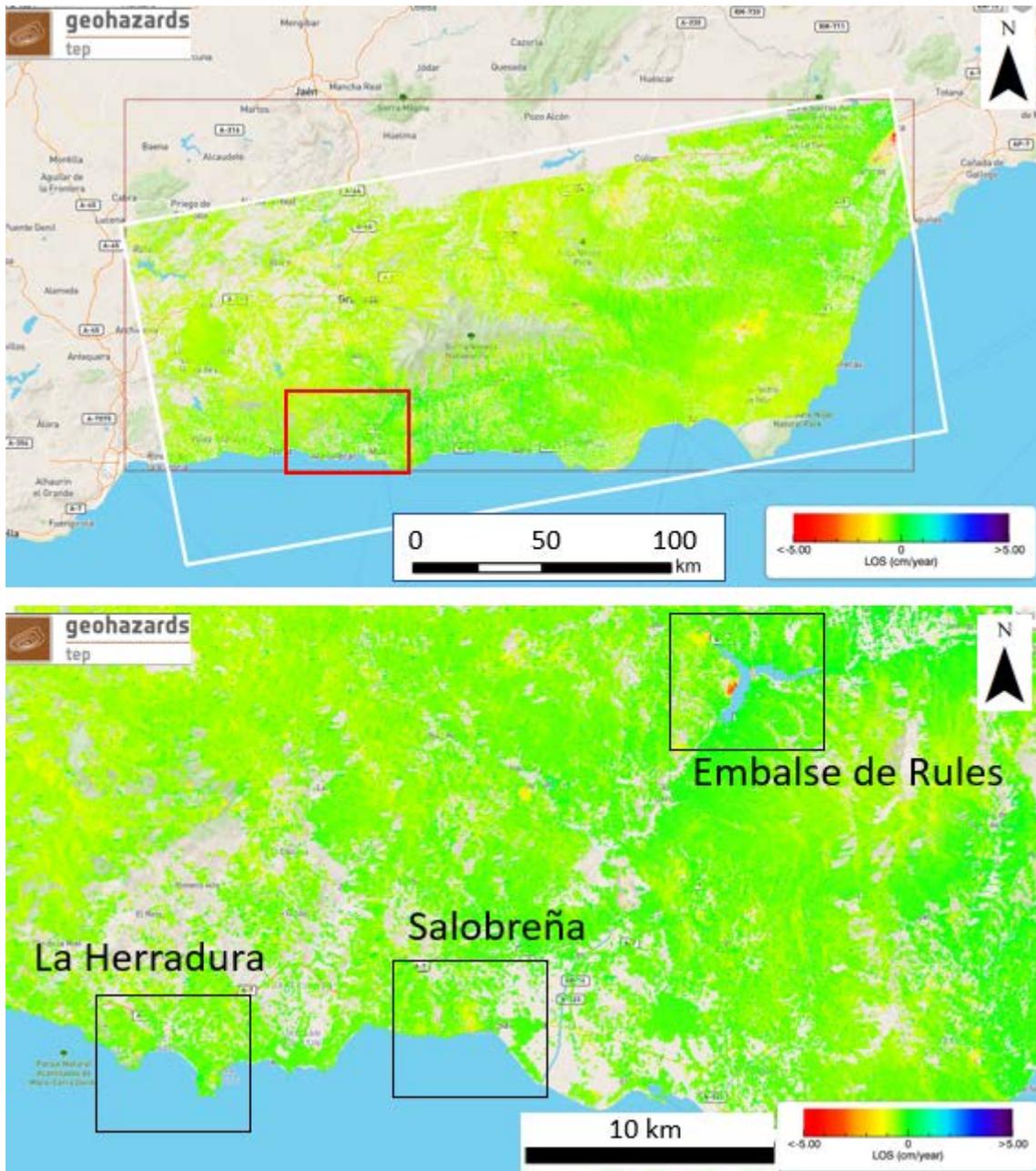


Fig. 5. Mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado GEP ascendente en la Provincia de Granada (Andalucía, España). Arriba: imagen del procesado global, el cuadro rojo indica la zona representada en la imagen de abajo. Abajo: detalle en la zona de interés principal. Cada punto representa un área de 90x90 m².

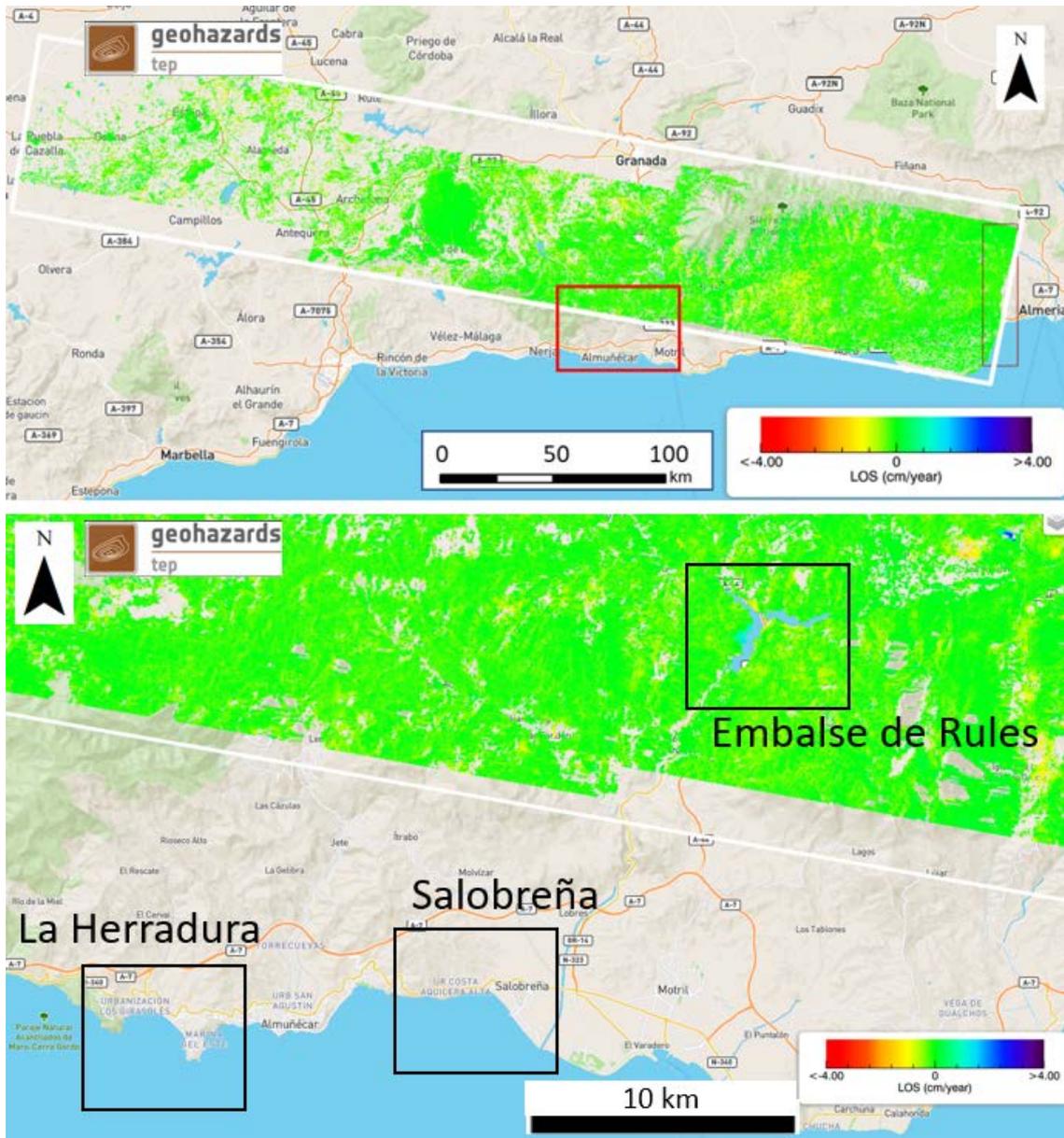


Fig. 6. Mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado GEP descendente en la Provincia de Granada (Andalucía, España). Arriba: imagen del procesado global, el cuadro rojo indica la zona representada en la imagen de abajo. Abajo: detalle en la zona de interés principal. Cada punto representa un área de 90x90 m².

3.2 Resultados PSIG Granada

El mapa de velocidades que se presenta en la figura 7 se ha desarrollado con procesado PSIG de un burst de las imágenes Sentinel1 A y B, con orbita ascendente (orbita precisa 1). Un primer resultado cubre un periodo que va de marzo 2015 a septiembre 2018. Otro procesado mas local, actualiza el resultado hasta junio 2020.

| N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha |
|----|------------|----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|
| 1 | 10/03/2015 | 41 | 12/09/2016 | 81 | 21/06/2017 | 121 | 04/06/2018 | 160 | 07/03/2019 | 200 | 08/11/2019 |
| 2 | 22/03/2015 | 42 | 24/09/2016 | 82 | 03/07/2017 | 122 | 16/06/2018 | 161 | 13/03/2019 | 201 | 14/11/2019 |
| 3 | 03/04/2015 | 43 | 06/10/2016 | 83 | 09/07/2017 | 123 | 22/06/2018 | 162 | 19/03/2019 | 202 | 20/11/2019 |
| 4 | 15/04/2015 | 44 | 18/10/2016 | 84 | 15/07/2017 | 124 | 28/06/2018 | 163 | 25/03/2019 | 203 | 26/11/2019 |
| 5 | 27/04/2015 | 45 | 24/10/2016 | 85 | 21/07/2017 | 125 | 10/07/2018 | 164 | 31/03/2019 | 204 | 02/12/2019 |
| 6 | 09/05/2015 | 46 | 30/10/2016 | 86 | 27/07/2017 | 126 | 16/07/2018 | 165 | 06/04/2019 | 205 | 08/12/2019 |
| 7 | 21/05/2015 | 47 | 05/11/2016 | 87 | 02/08/2017 | 127 | 22/07/2018 | 166 | 12/04/2019 | 206 | 14/12/2019 |
| 8 | 02/06/2015 | 48 | 11/11/2016 | 88 | 14/08/2017 | 128 | 28/07/2018 | 167 | 18/04/2019 | 207 | 20/12/2019 |
| 9 | 14/06/2015 | 49 | 17/11/2016 | 89 | 20/08/2017 | 129 | 03/08/2018 | 168 | 24/04/2019 | 208 | 26/12/2019 |
| 10 | 26/06/2015 | 50 | 23/11/2016 | 90 | 26/08/2017 | 130 | 09/08/2018 | 169 | 30/04/2019 | 209 | 07/01/2020 |
| 11 | 08/07/2015 | 51 | 29/11/2016 | 91 | 01/09/2017 | 131 | 15/08/2018 | 170 | 06/05/2019 | 210 | 13/01/2020 |
| 12 | 20/07/2015 | 52 | 05/12/2016 | 92 | 07/09/2017 | 132 | 21/08/2018 | 171 | 12/05/2019 | 211 | 19/01/2020 |
| 13 | 13/08/2015 | 53 | 11/12/2016 | 93 | 13/09/2017 | 133 | 27/08/2018 | 172 | 18/05/2019 | 212 | 25/01/2020 |
| 14 | 25/08/2015 | 54 | 17/12/2016 | 94 | 19/09/2017 | 134 | 02/09/2018 | 173 | 30/05/2019 | 213 | 31/01/2020 |
| 15 | 06/09/2015 | 55 | 23/12/2016 | 95 | 07/10/2017 | 135 | 08/09/2018 | 174 | 05/06/2019 | 214 | 06/02/2020 |
| 16 | 18/09/2015 | 56 | 29/12/2016 | 96 | 13/10/2017 | 136 | 14/09/2018 | 175 | 11/06/2019 | 215 | 12/02/2020 |
| 17 | 30/09/2015 | 57 | 04/01/2017 | 97 | 19/10/2017 | 137 | 20/09/2018 | 176 | 17/06/2019 | 216 | 18/02/2020 |
| 18 | 12/10/2015 | 58 | 10/01/2017 | 98 | 31/10/2017 | 138 | 26/09/2018 | 177 | 23/06/2019 | 217 | 24/02/2020 |
| 19 | 24/10/2015 | 59 | 16/01/2017 | 99 | 06/11/2017 | 139 | 26/10/2018 | 178 | 29/06/2019 | 218 | 01/03/2020 |
| 20 | 17/11/2015 | 60 | 22/01/2017 | 100 | 12/11/2017 | 140 | 01/11/2018 | 179 | 05/07/2019 | 219 | 07/03/2020 |
| 21 | 29/11/2015 | 61 | 28/01/2017 | 101 | 24/11/2017 | 141 | 07/11/2018 | 180 | 11/07/2019 | 220 | 13/03/2020 |
| 22 | 11/12/2015 | 62 | 03/02/2017 | 102 | 30/11/2017 | 142 | 13/11/2018 | 181 | 17/07/2019 | 221 | 19/03/2020 |
| 23 | 23/12/2015 | 63 | 09/02/2017 | 103 | 06/12/2017 | 143 | 19/11/2018 | 182 | 23/07/2019 | 222 | 25/03/2020 |
| 24 | 28/01/2016 | 64 | 21/02/2017 | 104 | 18/12/2017 | 144 | 25/11/2018 | 183 | 29/07/2019 | 223 | 31/03/2020 |
| 25 | 09/02/2016 | 65 | 27/02/2017 | 105 | 24/12/2017 | 145 | 01/12/2018 | 184 | 04/08/2019 | 224 | 06/04/2020 |
| 26 | 04/03/2016 | 66 | 11/03/2017 | 106 | 30/12/2017 | 146 | 07/12/2018 | 185 | 10/08/2019 | 225 | 12/04/2020 |
| 27 | 16/03/2016 | 67 | 17/03/2017 | 107 | 11/01/2018 | 147 | 13/12/2018 | 186 | 16/08/2019 | 226 | 18/04/2020 |
| 28 | 28/03/2016 | 68 | 23/03/2017 | 108 | 29/01/2018 | 148 | 19/12/2018 | 187 | 22/08/2019 | 227 | 24/04/2020 |
| 29 | 09/04/2016 | 69 | 29/03/2017 | 109 | 10/02/2018 | 149 | 25/12/2018 | 188 | 28/08/2019 | 228 | 30/04/2020 |
| 30 | 21/04/2016 | 70 | 04/04/2017 | 110 | 22/02/2018 | 150 | 31/12/2018 | 189 | 03/09/2019 | 229 | 06/05/2020 |
| 31 | 03/05/2016 | 71 | 10/04/2017 | 111 | 28/02/2018 | 151 | 06/01/2019 | 190 | 09/09/2019 | | |
| 32 | 15/05/2016 | 72 | 22/04/2017 | 112 | 06/03/2018 | 152 | 12/01/2019 | 191 | 15/09/2019 | | |
| 33 | 27/05/2016 | 73 | 28/04/2017 | 113 | 12/03/2018 | 153 | 18/01/2019 | 192 | 21/09/2019 | | |
| 34 | 08/06/2016 | 74 | 04/05/2017 | 114 | 24/03/2018 | 154 | 24/01/2019 | 193 | 27/09/2019 | | |
| 35 | 02/07/2016 | 75 | 10/05/2017 | 115 | 05/04/2018 | 155 | 05/02/2019 | 194 | 03/10/2019 | | |
| 36 | 14/07/2016 | 76 | 16/05/2017 | 116 | 17/04/2018 | 156 | 11/02/2019 | 195 | 09/10/2019 | | |
| 37 | 26/07/2016 | 77 | 28/05/2017 | 117 | 29/04/2018 | 157 | 17/02/2019 | 196 | 15/10/2019 | | |
| 38 | 07/08/2016 | 78 | 03/06/2017 | 118 | 11/05/2018 | 158 | 23/02/2019 | 197 | 21/10/2019 | | |
| 39 | 19/08/2016 | 79 | 09/06/2017 | 119 | 17/05/2018 | 159 | 01/03/2019 | 198 | 27/10/2019 | | |
| 40 | 31/08/2016 | 80 | 15/06/2017 | 120 | 23/05/2018 | 160 | 07/03/2019 | 199 | 02/11/2019 | | |

Tabla 5. Lista de imágenes Sentinel-1 A y B en geometría ascendente utilizadas para el procesado PSIG para la zona de Granada (Andalucía, España). Las imágenes en gris se han añadido para la segunda actualización del procesado.

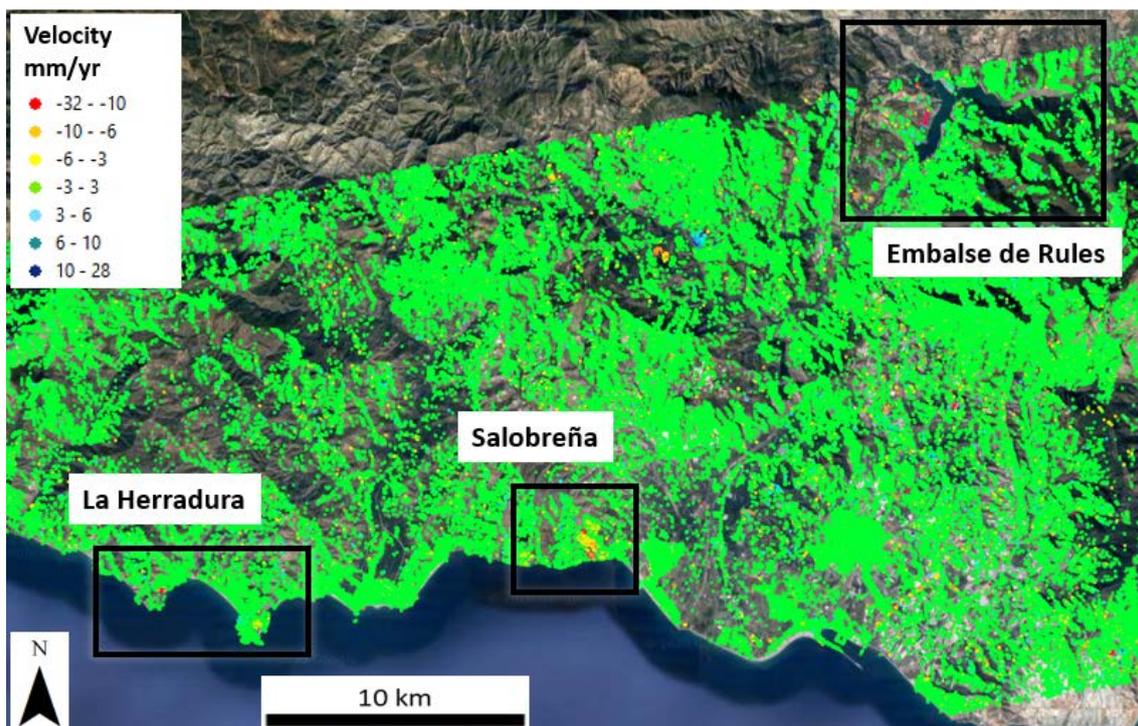
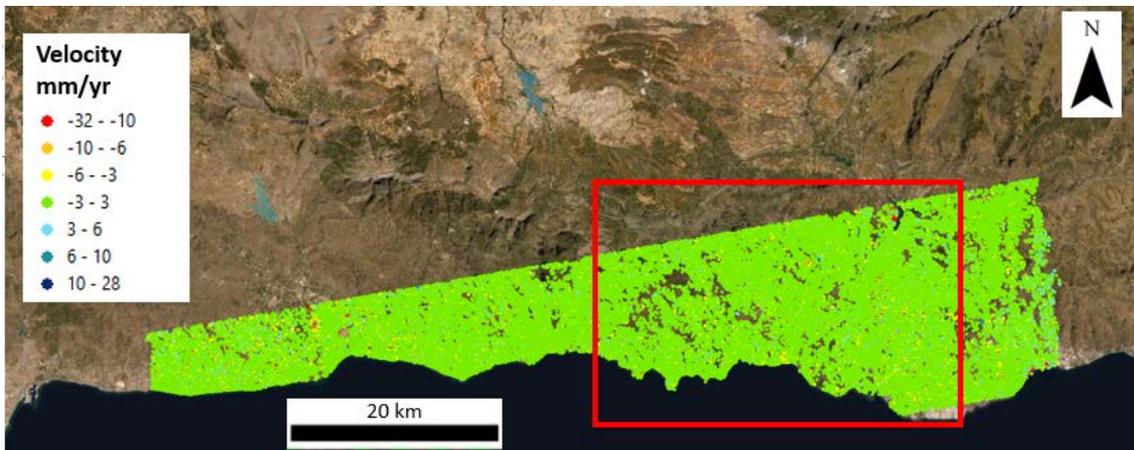


Fig. 7 Mapa de velocidades (mm/año) derivado por un procesado PSIG ascendente en la Provincia de Granada (Andalucía, España). Arriba: imagen del procesado global, el cuadro rojo indica la zona representada en la imagen de abajo. Abajo: detalle en la zona de interés principal. Cada punto representa un área de $4 \times 14 \text{ m}^2$.

3.3 Embalse de Rules

En la zona del embalse de Rules los resultados InSAR han permitido caracterizar y delimitar zonas de inestabilidades de laderas, elemento crucial para evaluar preliminarmente los riesgos potenciales asociados a esta infraestructura.

Para una mejor caracterización de los movimientos de ladera, que implican un elevado riesgo, se hicieron diferentes procesados locales para mejorar la densidad espacial de información. Gracias a la integración de los resultados InSAR con análisis geomorfológicas, se han podido delimitar 3 principales deslizamientos de tierra activos: Lorenzo, Viaducto de Reglas y deslizamientos de tierra de El Arrecife. Las series temporales de desplazamiento han permitido una caracterización de la actividad de los movimientos, con respecto a las lluvias y al nivel del embalse (Fig. 8). Para profundizar los resultados se refiere a Reyes-Carmona et al, 2020. En la Fig 8 se enseña el resultado del procesado PSIG, en la Fig. 9 los resultados de los procesados GEP ascendente y descendente.

3.4 Zona costera

En la zona de la costa las urbanizaciones suben daños desde que se construyeron a partir de los años 80 (Chacon et al. 1992, 2014, 2016; Fernández et al. 1994; Notti et al. 2015; Mateos et al. 2016b Un análisis con técnica DInSAR con datos de la Agencia Espacial Europea (ESA) cubriendo el período 1993 - 2000 ya fue hechas por Fernández et al. (2009) y evaluaciones posteriores con esta técnica fueron publicadas en Notti et al. (2015) y Mateos et al. (2016). Los resultados Sentinel-1 permiten una continua monitorización de estos movimientos, y una siempre mejor caracterización de la actividad en el tiempo y extensión espacial (Fig. 10). Los principales movimientos se confirman activos.

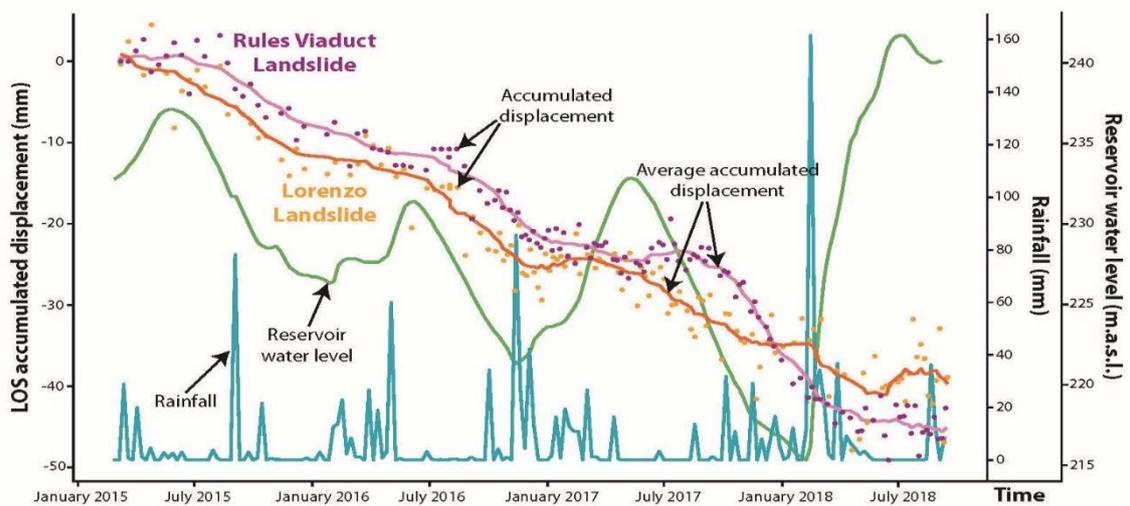
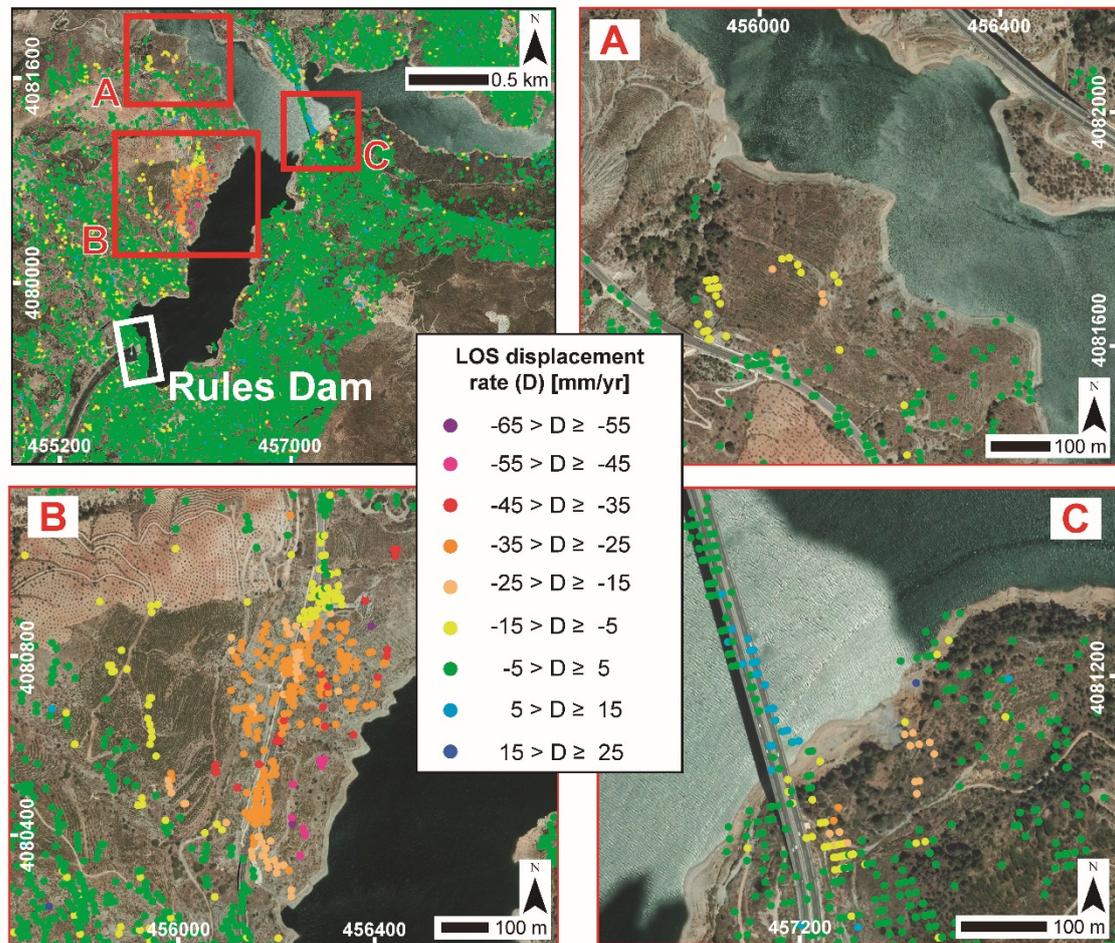


Fig. 8 Mapa de velocidad superficial del área del embalse de Rules generado con procesado PSIG con geometría ascendente. El área del Cortijo de Lorenzo (A), el deslizamiento de tierra El Arrecife (B) y el deslizamiento de tierra del viaducto de reglas (C) se muestran con mayor detalle. Abajo las series temporales de deformación de los deslizamientos A y C se confrontan con las series temporales del nivel del embalse y de la lluvia. (Modificado de Reyes-Carmona et al, 2020).

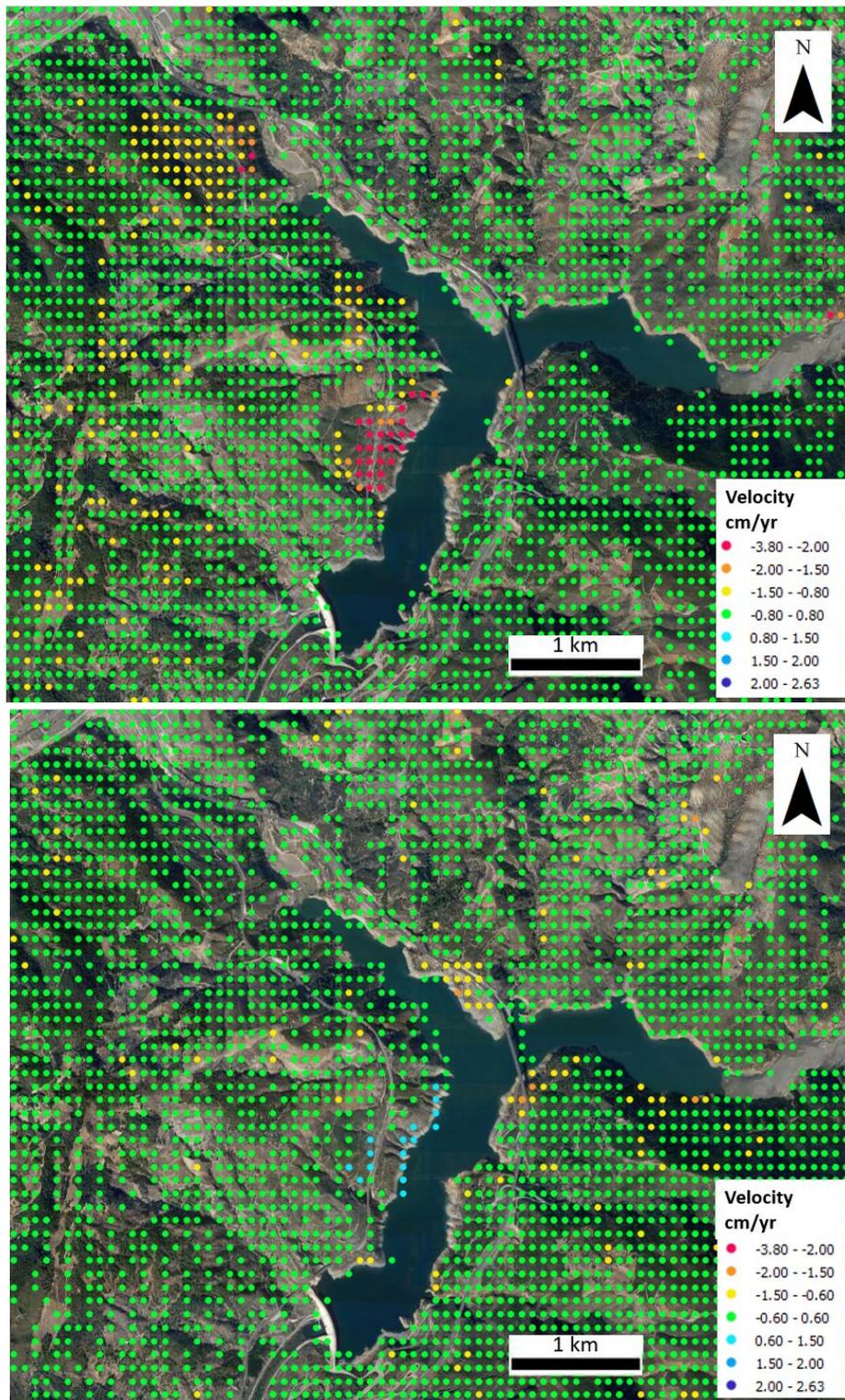


Fig. 9. Mapa de velocidades en la zona del embalse de Rules derivado con procesado GEP. Arriba: resultado en geometría ascendente. Abajo: resultado en geometría descendente. Cada punto representa un área de 90x90 m².

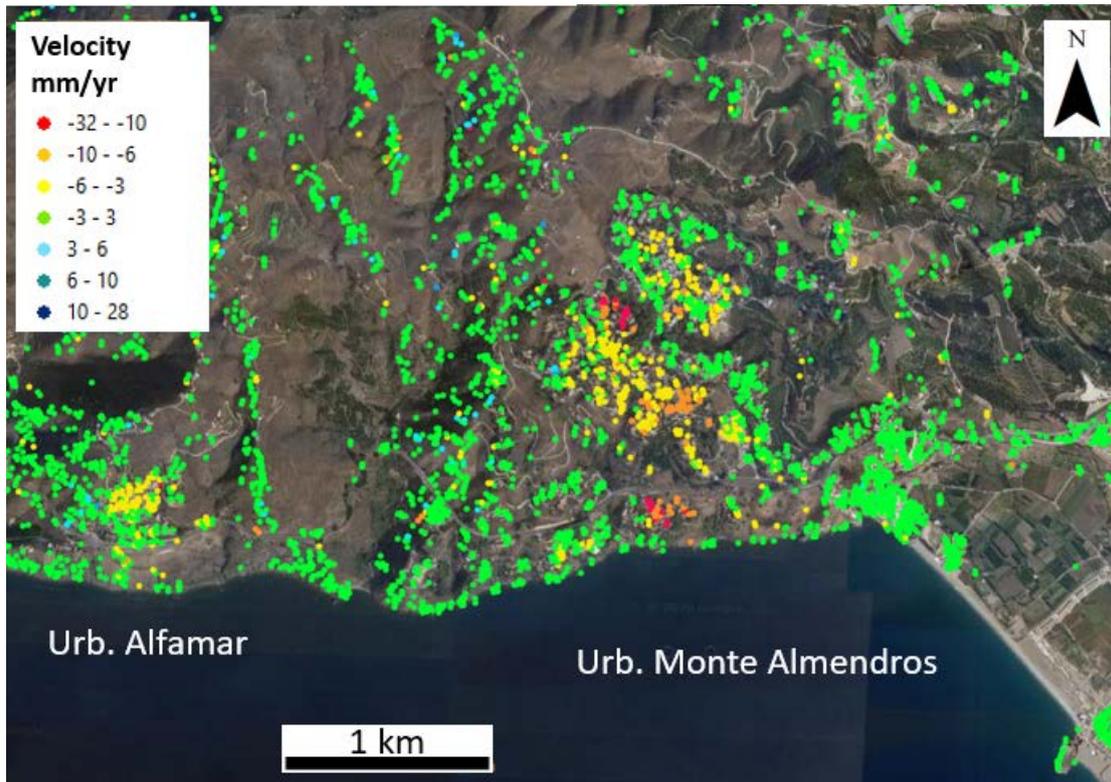


Fig. 10 Zonas de movimiento que afectan urbanizaciones costeras. Arriba: Salobreño, movimientos afectan las urbanizaciones de Monte Almendros y Alfamar. Abajo: La Herradura, son evidentes movimientos que afectan Marina del Este y Cerro Gordo.

4 ESPAÑA: DELTA DEL EBRO (TARRAGONA, CATALUÑA)

En el Delta del Ebro se hizo un procesado PSIG de un burst de las imágenes Sentinel1 A y B, con orbita descendente (orbita precisa 110), utilizando datos que van de marzo 2015 a marzo 2020. El mapa de velocidades se presenta en Figura 11.

| N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha | N | Fecha |
|----|------------|----|------------|----|------------|-----|------------|
| 1 | 06/03/2015 | 31 | 05/02/2017 | 61 | 02/03/2018 | 91 | 16/11/2019 |
| 2 | 18/03/2015 | 32 | 11/02/2017 | 62 | 08/03/2018 | 92 | 22/11/2019 |
| 3 | 30/03/2015 | 33 | 17/02/2017 | 63 | 14/03/2018 | 93 | 28/11/2019 |
| 4 | 01/11/2015 | 34 | 23/02/2017 | 64 | 20/03/2018 | 94 | 04/12/2019 |
| 5 | 13/11/2015 | 35 | 01/03/2017 | 65 | 26/03/2018 | 95 | 10/12/2019 |
| 6 | 25/11/2015 | 36 | 07/03/2017 | 66 | 03/11/2018 | 96 | 09/01/2020 |
| 7 | 07/12/2015 | 37 | 13/03/2017 | 67 | 09/11/2018 | 97 | 21/01/2020 |
| 8 | 19/12/2015 | 38 | 19/03/2017 | 68 | 15/11/2018 | 98 | 02/02/2020 |
| 9 | 31/12/2015 | 39 | 25/03/2017 | 69 | 27/11/2018 | 99 | 14/02/2020 |
| 10 | 24/01/2016 | 40 | 31/03/2017 | 70 | 03/12/2018 | 100 | 26/02/2020 |
| 11 | 05/02/2016 | 41 | 02/11/2017 | 71 | 09/12/2018 | 101 | 09/03/2020 |
| 12 | 17/02/2016 | 42 | 08/11/2017 | 72 | 15/12/2018 | 102 | 21/03/2020 |
| 13 | 29/02/2016 | 43 | 14/11/2017 | 73 | 21/12/2018 | | |
| 14 | 12/03/2016 | 44 | 20/11/2017 | 74 | 27/12/2018 | | |
| 15 | 24/03/2016 | 45 | 26/11/2017 | 75 | 02/01/2019 | | |
| 16 | 01/11/2016 | 46 | 02/12/2017 | 76 | 08/01/2019 | | |
| 17 | 07/11/2016 | 47 | 08/12/2017 | 77 | 14/01/2019 | | |
| 18 | 13/11/2016 | 48 | 14/12/2017 | 78 | 20/01/2019 | | |
| 19 | 19/11/2016 | 49 | 20/12/2017 | 79 | 26/01/2019 | | |
| 20 | 25/11/2016 | 50 | 26/12/2017 | 80 | 01/02/2019 | | |
| 21 | 01/12/2016 | 51 | 01/01/2018 | 81 | 13/02/2019 | | |
| 22 | 07/12/2016 | 52 | 07/01/2018 | 82 | 19/02/2019 | | |
| 23 | 19/12/2016 | 53 | 13/01/2018 | 83 | 25/02/2019 | | |
| 24 | 25/12/2016 | 54 | 19/01/2018 | 84 | 03/03/2019 | | |
| 25 | 31/12/2016 | 55 | 25/01/2018 | 85 | 09/03/2019 | | |
| 26 | 06/01/2017 | 56 | 31/01/2018 | 86 | 15/03/2019 | | |
| 27 | 12/01/2017 | 57 | 06/02/2018 | 87 | 21/03/2019 | | |
| 28 | 18/01/2017 | 58 | 12/02/2018 | 88 | 27/03/2019 | | |
| 29 | 24/01/2017 | 59 | 18/02/2018 | 89 | 04/11/2019 | | |
| 30 | 30/01/2017 | 60 | 24/02/2018 | 90 | 10/11/2019 | | |

Tabla 6. Lista de imágenes Sentinel-1 A y B en geometría descendente utilizadas para el procesado PSIG en el Delta del Ebro (Tarragona, Cataluña, España)

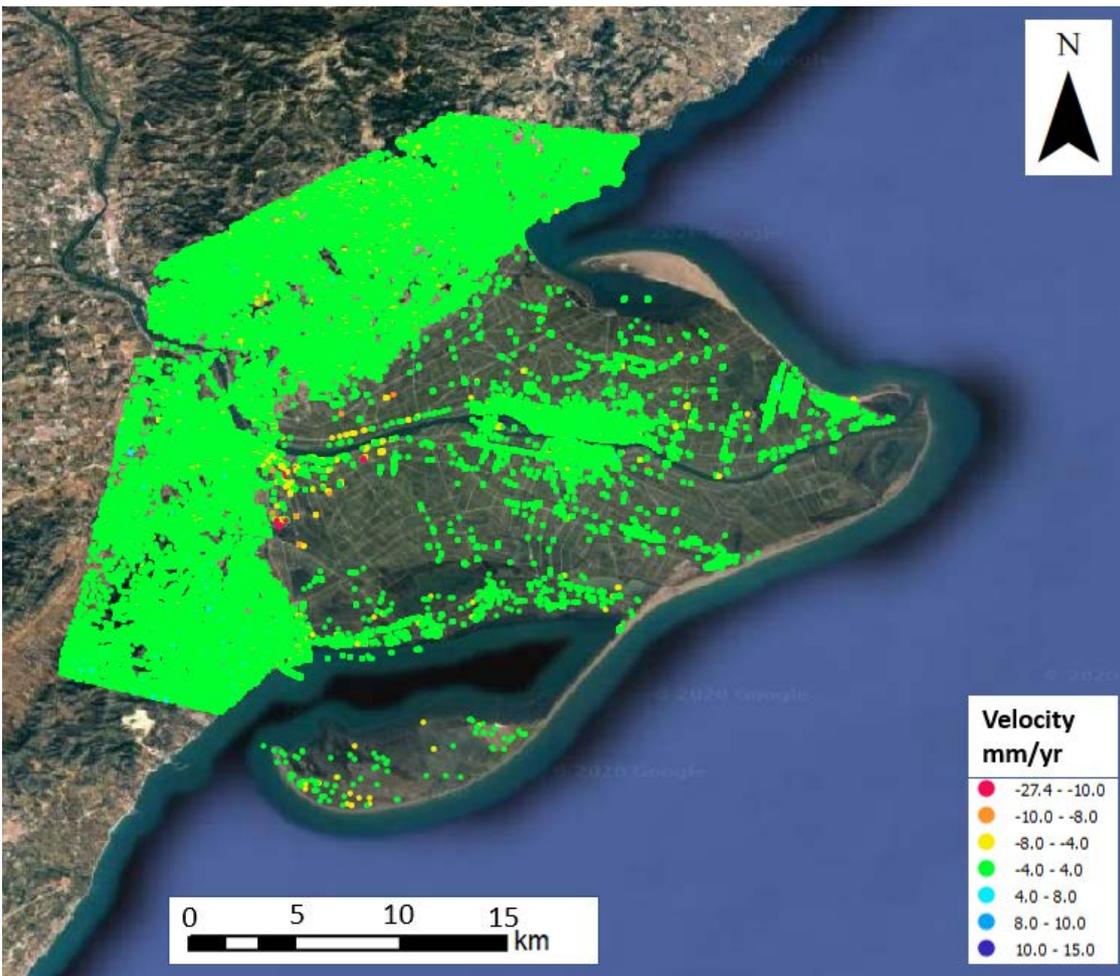


Fig. 11. Delta del río Ebro (Tarragona, Cataluña)

5 PORTUGAL

5.1 Resultados GEP en Lisboa

Se han utilizado 48 imágenes Sentinel-1 A y B que cubren el periodo enero 2018 – abril 2020 (véase la Tabla 7 para la lista de las imágenes utilizadas), en geometría ascendente y órbita relativa 45. En la Fig. 11 se enseña el mapa de desplazamiento global (mapa de velocidad) y las Fig. 12, 13 y 14 unos ejemplos de movimientos detectados, incluido las relativas series temporales de desplazamiento.

| N | Fechas | N | Fechas |
|----|------------|----|------------|
| 1 | 26/01/2018 | 25 | 10/03/2019 |
| 2 | 13/02/2018 | 26 | 28/03/2019 |
| 3 | 03/03/2018 | 27 | 15/04/2019 |
| 4 | 21/03/2018 | 28 | 03/05/2019 |
| 5 | 08/04/2018 | 29 | 21/05/2019 |
| 6 | 26/04/2018 | 30 | 08/06/2019 |
| 7 | 14/05/2018 | 31 | 26/06/2019 |
| 8 | 01/06/2018 | 32 | 08/07/2019 |
| 9 | 19/06/2018 | 33 | 26/07/2019 |
| 10 | 07/07/2018 | 34 | 13/08/2019 |
| 11 | 25/07/2018 | 35 | 31/08/2019 |
| 12 | 12/08/2018 | 36 | 18/09/2019 |
| 13 | 30/08/2018 | 37 | 06/10/2019 |
| 14 | 11/09/2018 | 38 | 24/10/2019 |
| 15 | 29/09/2018 | 39 | 17/11/2019 |
| 16 | 05/10/2018 | 40 | 05/12/2019 |
| 17 | 17/10/2018 | 41 | 23/12/2019 |
| 18 | 04/11/2018 | 42 | 10/01/2020 |
| 19 | 22/11/2018 | 43 | 28/01/2020 |
| 20 | 10/12/2018 | 44 | 15/02/2020 |
| 21 | 28/12/2018 | 45 | 04/03/2020 |
| 22 | 15/01/2019 | 46 | 22/03/2020 |
| 23 | 02/02/2019 | 47 | 09/04/2020 |
| 24 | 20/02/2019 | 48 | 27/04/2020 |

Tabla 7. Lista de imágenes Sentinel-1 A utilizadas para el procesado GEP en la isla de Lisboa (Portugal).

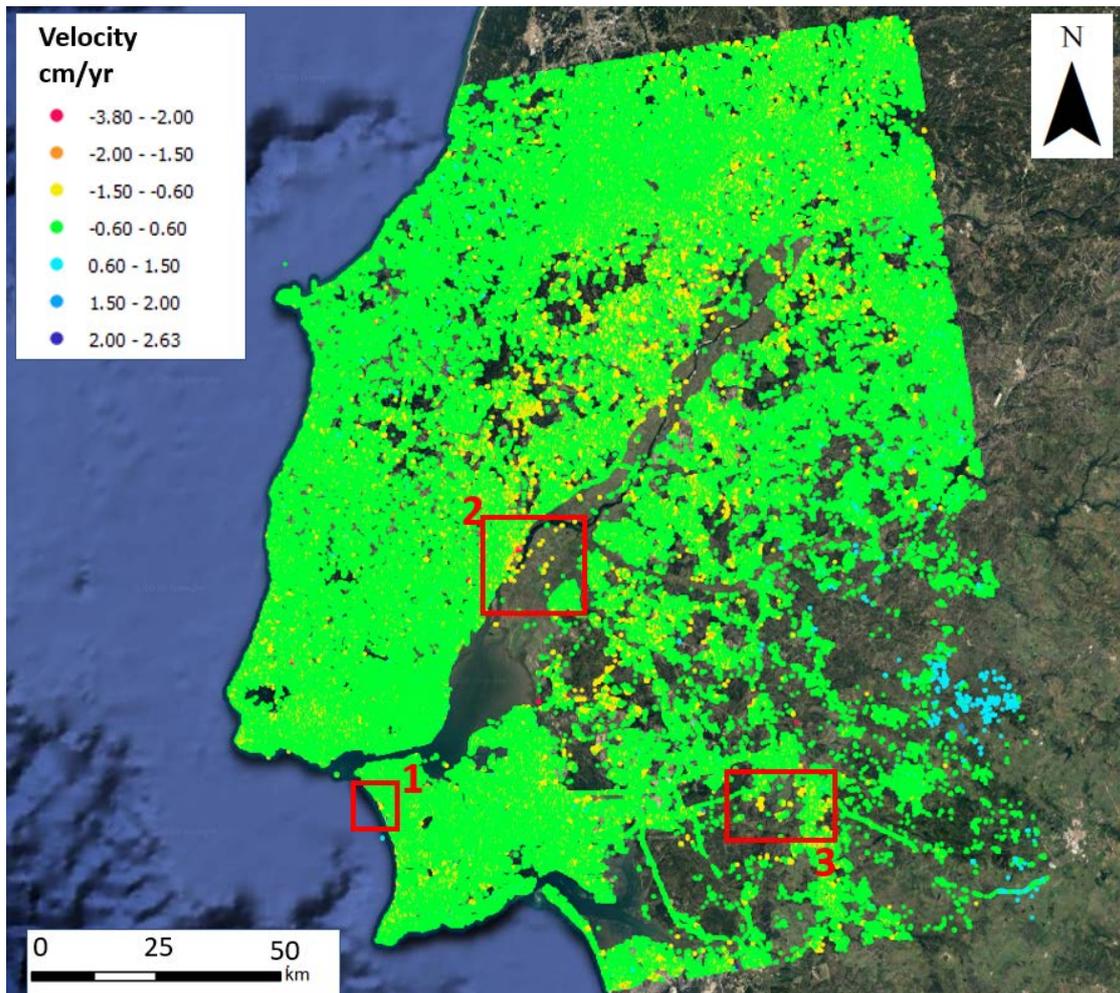


Fig. 12. Lisboa (Portugal). Mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado ascendente GEP. Cada punto representa un área de 90x90 m². En los cuadros rojos las zonas representadas en detalle en las figuras 12 (área 1), 13 (área 2) y 14 (área 3).

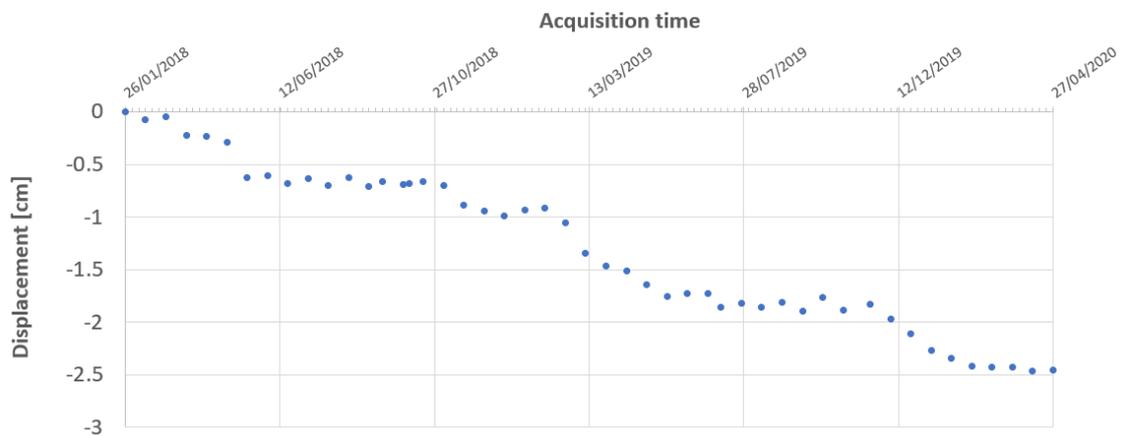


Fig. 13. Lisboa (Portugal). Detalle del área 1 de la figura 11. Mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado ascendente GEP. Cada punto representa un área de 90x90 m². Abajo: serie temporal de desplazamiento media de los principales puntos.

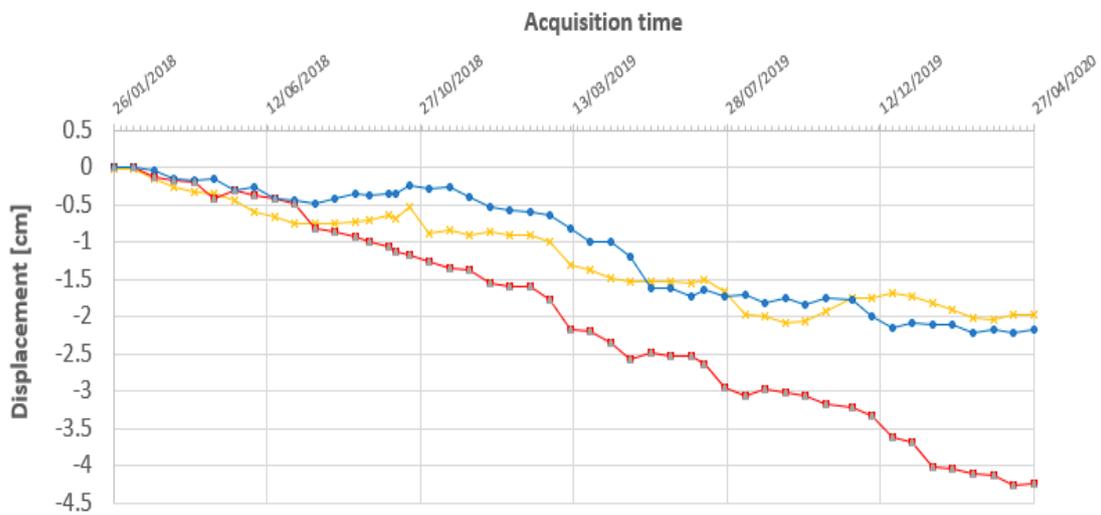
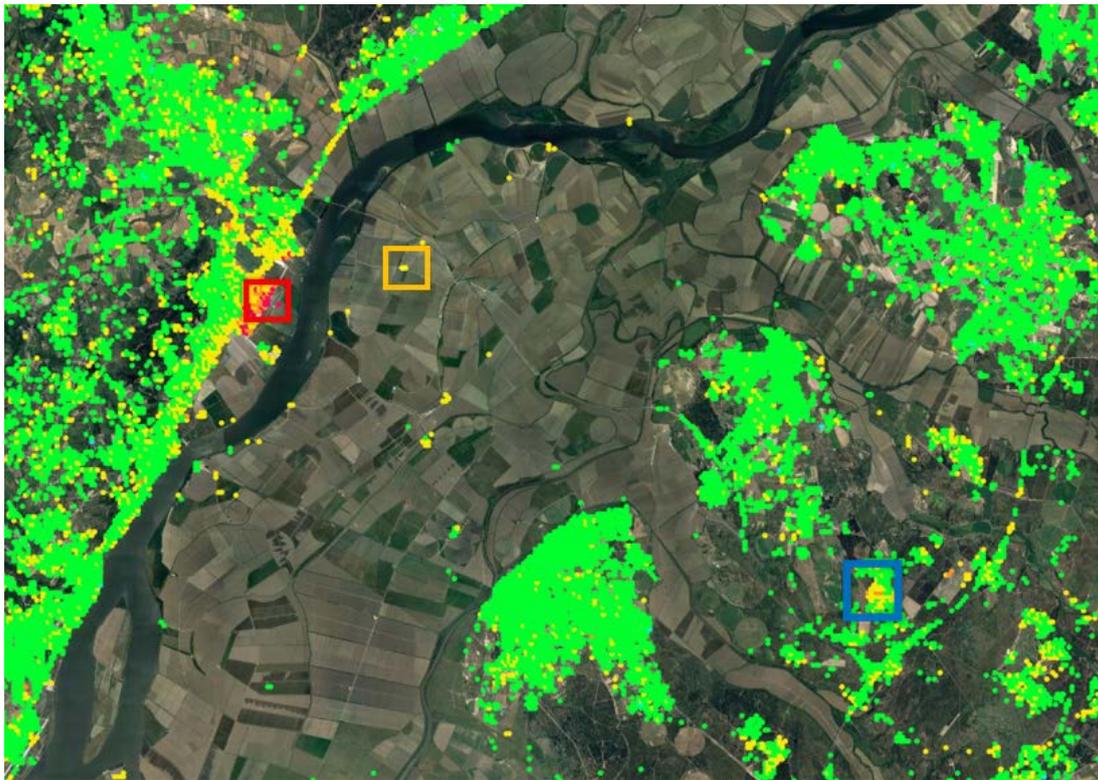


Fig. 14. Lisboa (Portugal). Detalle del área 2 de la figura 11. Mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado ascendente GEP. Cada punto representa un área de 90x90 m². Abajo: series temporales de desplazamiento medio de las zonas marcadas por los cuadros de colores respectivos.

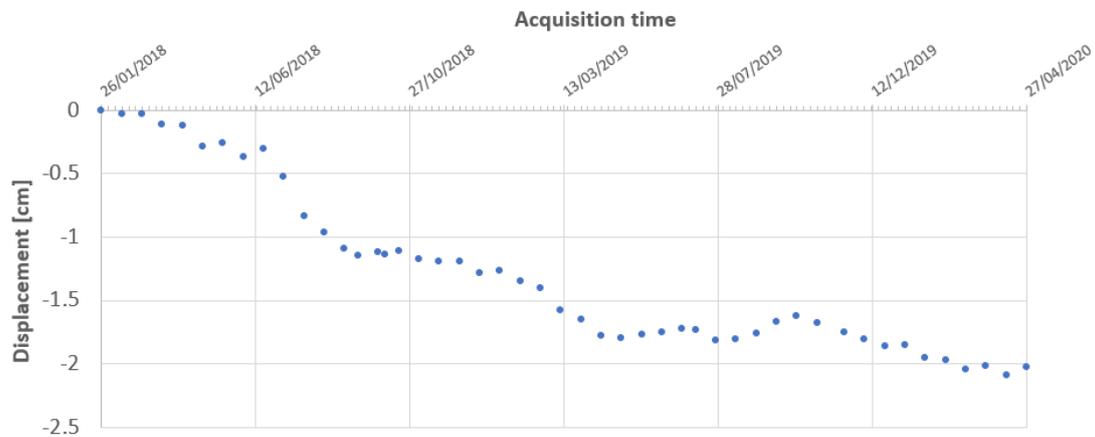
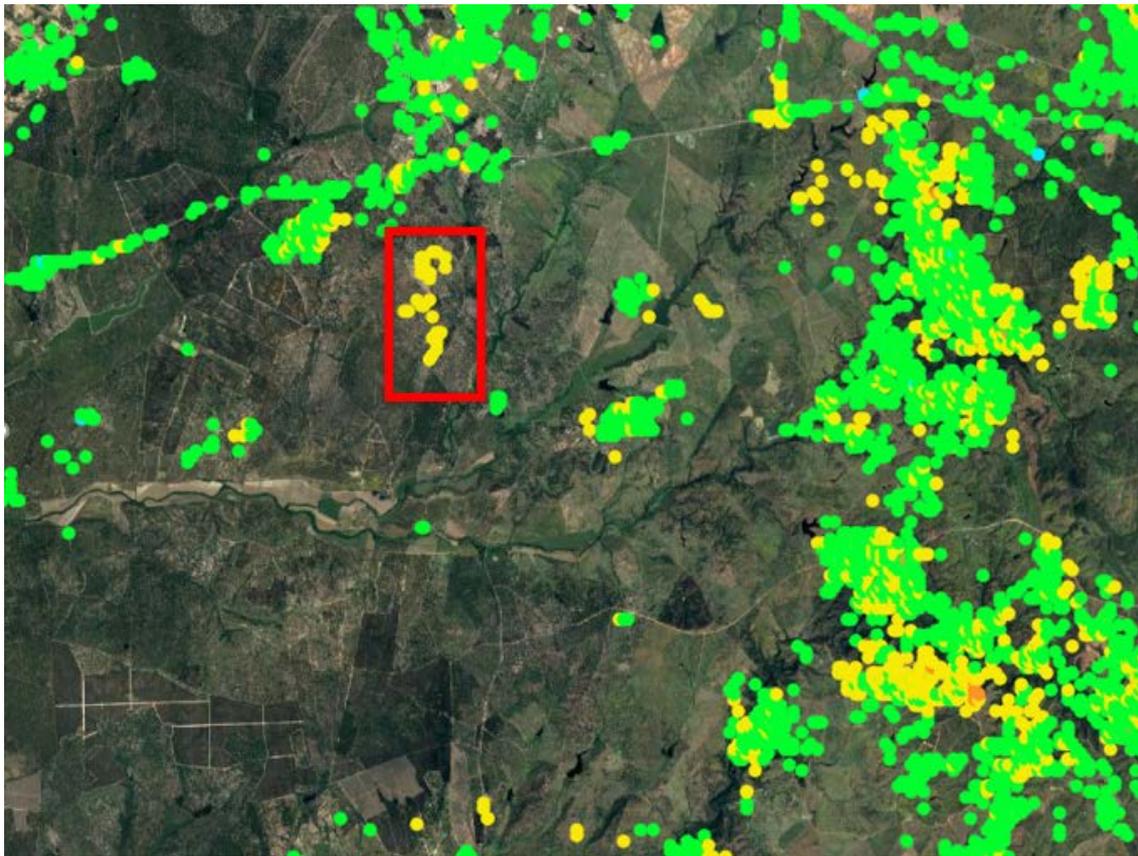


Fig. 15. Lisboa (Portugal). Detalle del área 3 de la figura 11. Mapa de velocidades (cm/año) derivado por un procesado ascendente GEP. Cada punto representa un área de 90x90 m². Abajo: series temporales de desplazamiento medio de las zona marcada por el cuadro rojo.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Los resultados tendrán que ser analizados y validados. A seguir las principales conclusiones y trabajos futuros para cada zona de estudio.

1. Granada: los resultados con el procesado de imágenes Sentinel-1 han dado buenos resultados permitiendo detectar y caracterizar varias zonas de interés. Trabajos futuros: 1. Procesado PSIG Sentinel-1 descendente, 2. Extracción de las principales áreas de movimiento activo (ADA), 3. Desarrollo de nuevas metodologías para un mejor uso e interpretación de los resultados.
2. Lisboa: se han detectado zonas de interés. Trabajos futuros: 1. Extracción de las principales áreas de movimiento activo (ADA), 2. procesado de imágenes COSMO-SkyMed de alta resolución.
3. Ibiza: se han detectado zonas de interés. Trabajos futuros: 1. Extracción de las principales áreas de movimiento activo (ADA), 2. procesado de imágenes COSMO-SkyMed de alta resolución.
4. Mallorca: se han detectado zonas de interés. Trabajos futuros: 1. Extracción de las principales áreas de movimiento activo (ADA)
5. Delta del Ebro: no se ha detectado ningún movimiento de interés.

7 REFERENCIAS

Montero, J. C., del Pozo, J. H., & del Castillo, T. F. (1992). Movimientos de ladera en la costa granadina al W de Salobreña. In Simposios: III Congreso geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología (pp. 610-619). Universidad de Salamanca.

Chacón, J., Irigaray, C., del Castillo, T. F., El Hamdouni, R., Jiménez-Perálvarez, J., Alameda, P., ... & Palenzuela, J. A. (2014). Urban landslides at the south of Sierra Nevada and coastal areas of the Granada Province (Spain). In *Landslide science for a safer geoenvironment* (pp. 425-430). Springer, Cham.

Chacón, J., Hamdouni, R. E. L., Irigaray, C., Jiménez-Perálvarez, J., Fernández, P., Fernández, T., ... & Moya, J. (2016). Movimientos de ladera en la Costa de Almuñécar y su entorno. *Geogaceta*, 59, 87-90.

Devanthery, N.; Crosetto, M.; Monserrat, O.; Cuevas-González, M.; Crippa, B. An approach to Persistent Scatterer Interferometry. *Remote Sensing*, 2014, 6, 6662-6679.

Fernández, T., Irigaray, C., & Chacón, J. (1994). Large scale analysis and mapping of determinant factors of landsliding affecting rock massifs in the eastern Costa del Sol (Granada, Spain) in a GIS. In *International congress International Association of Engineering Geology* (pp. 4649-4658).

Mateos, R. M., Azañón, J. M., Roldán, F. J., Notti, D., Pérez-Peña, V., Galve, J. P., ... & Devanthery, N. (2017). The combined use of PSInSAR and UAV photogrammetry techniques for the analysis of the kinematics of a coastal landslide affecting an urban area (SE Spain). *Landslides*, 14(2), 743-754.

Notti, D., Galve, J. P., Mateos, R. M., Monserrat, O., Lamas-Fernández, F., Fernández-Chacón, F., ... & Azañón, J. M. (2015). Human-induced coastal landslide reactivation. Monitoring by PSInSAR techniques and urban damage survey (SE Spain). *Landslides*, 12(5), 1007-1014.

Reyes-Carmona, C., Barra, A., Galve, J. P., Monserrat, O., Pérez-Peña, J. V., Mateos, R. M., ... & Azañón, J. M. (2020). Sentinel-1 DInSAR for Monitoring Active Landslides in Critical Infrastructures: The Case of the Rules Reservoir (Southern Spain). *Remote Sensing*, 12(5), 809.