

CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE LADERAS ROCOSAS MEDIANTE LIDAR TERRESTRE

*Manuel Jesús Royán, Antonio Abellán, Marta Guinau, David García,
Joan Manuel Vilaplana, Jaume Calvet*

Grupo RISKNAT, GEOMODELS, Dpt. de Geodinàmica i Geofísica, Universitat de Barcelona.

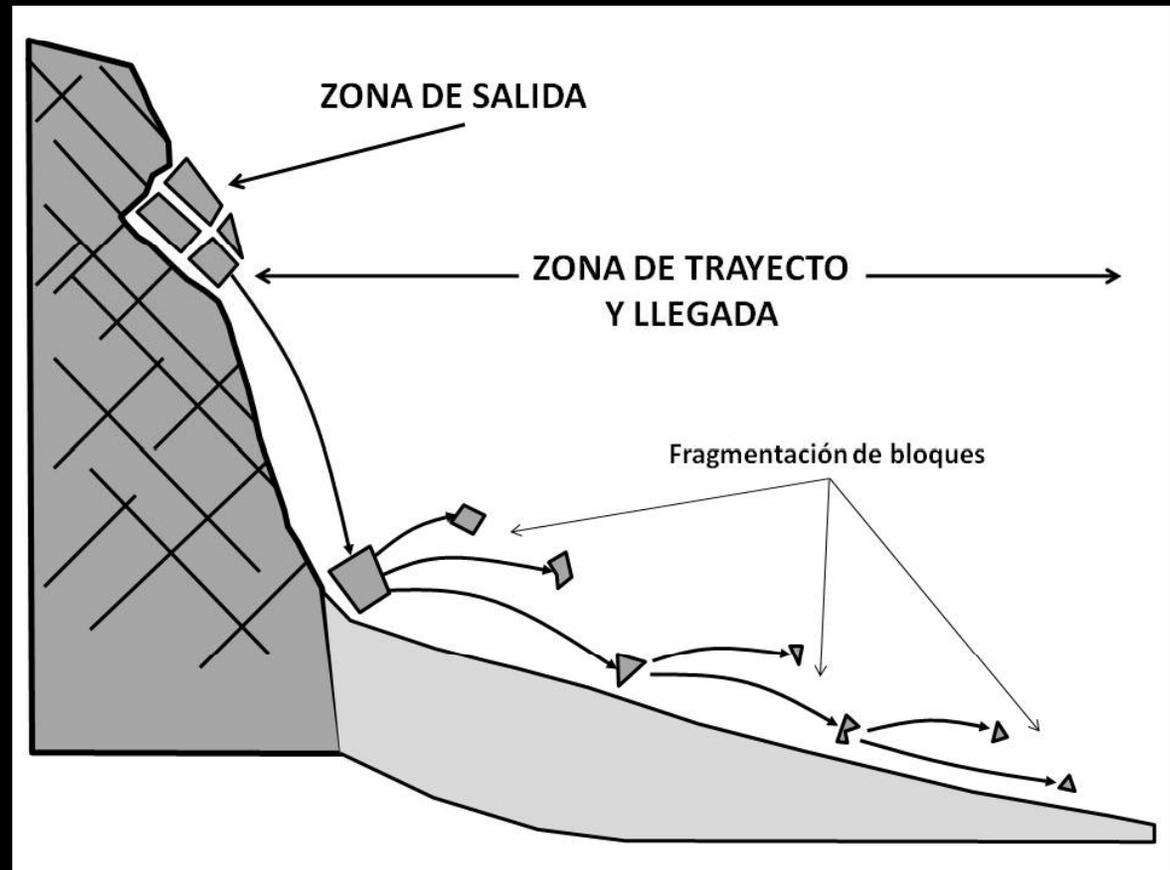


ÍNDICE

- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISK NAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS

- Son los fenómenos más **frecuentes** en los escarpes montañosos.
- Son fenómenos con **alta velocidad** y **alta energía de impacto**.
- Poseen una relación magnitud-frecuencia **inversa**.
- Tres zonas en las áreas afectadas: (1) zona de **salida**, (2) zona de **trayecto** y (3) zona de **llegada**.

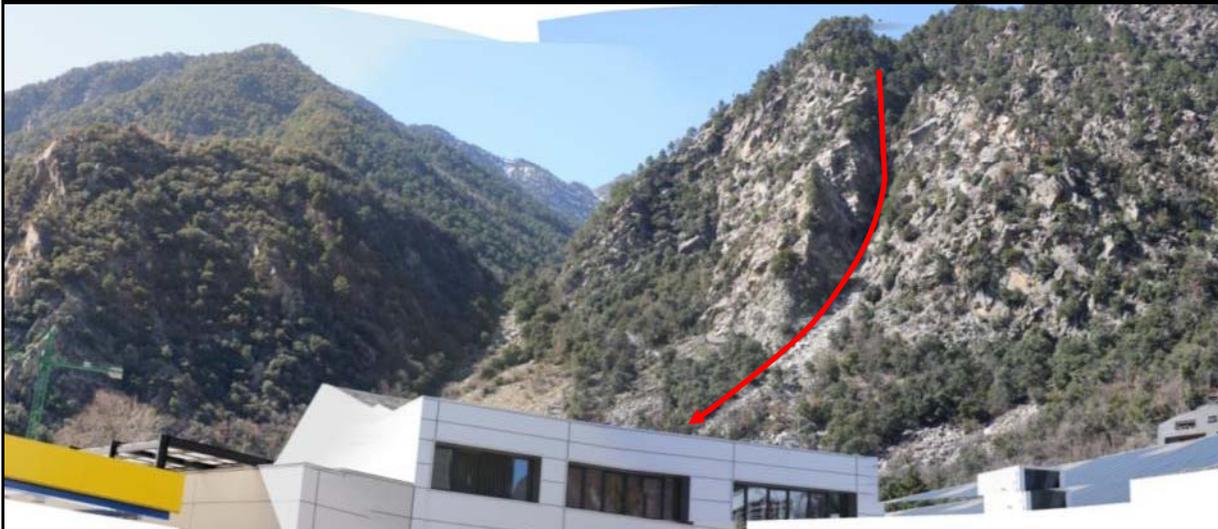


PROBLEMÁTICA

- Gran incremento de la ocupación humana de las zonas de montaña.
- Aumento en la construcción de edificios y vías de comunicación.
- Interacción con zonas afectadas por desprendimientos de rocas.
- Aumento de los valores de exposición y vulnerabilidad.

PROBLEMÁTICA

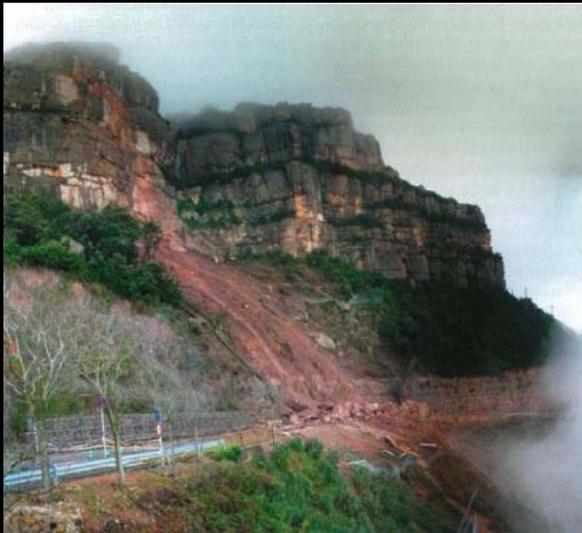
- Abril de 2008
- Santa Coloma (Andorra)
- 150 m³



PROBLEMÁTICA

- Diciembre de 2008
- Paret de Degotalls (Montaña de Montserrat).
- 1000 m³

- Diciembre de 2010
- Paredes del Monasterio (Montaña de Montserrat).
- <1 m³



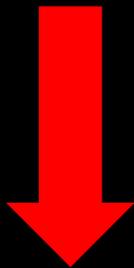
*Fotos cedidas
por GEOCAT

ÍNDICE

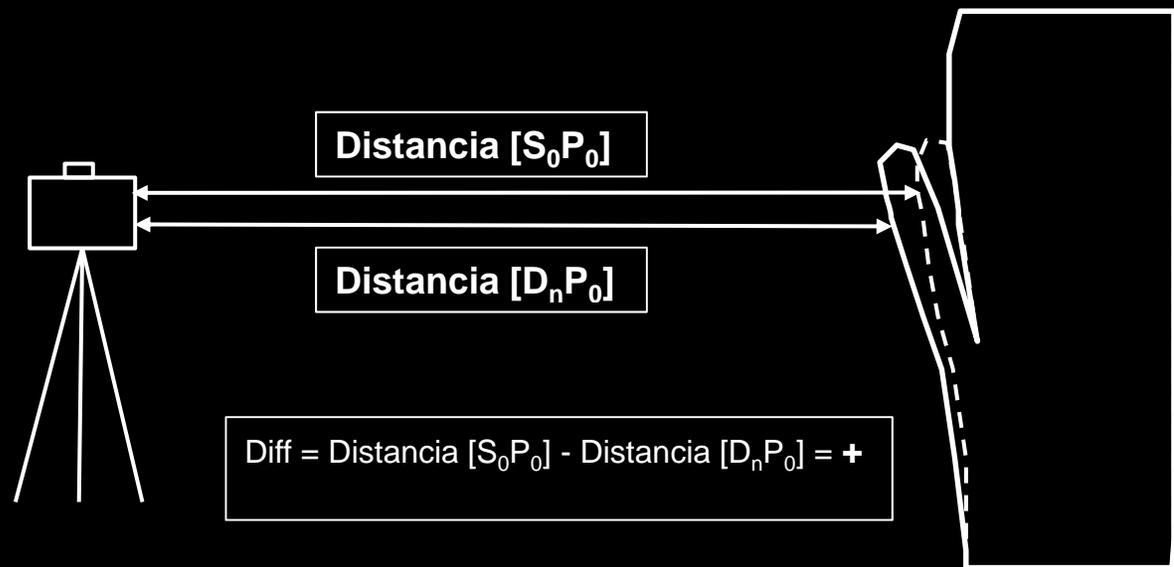
- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISKNAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

DEFORMACIÓN PRECURSORA

- Deformación (desplazamiento) de los bloques de roca previo a su caída.
- Descrita por primera vez por Terzaghi (1950) en un deslizamiento.
- Estudios clásicos con métodos puntuales de medida.
 - Extensómetro.
 - Estación total.
 - GPS.



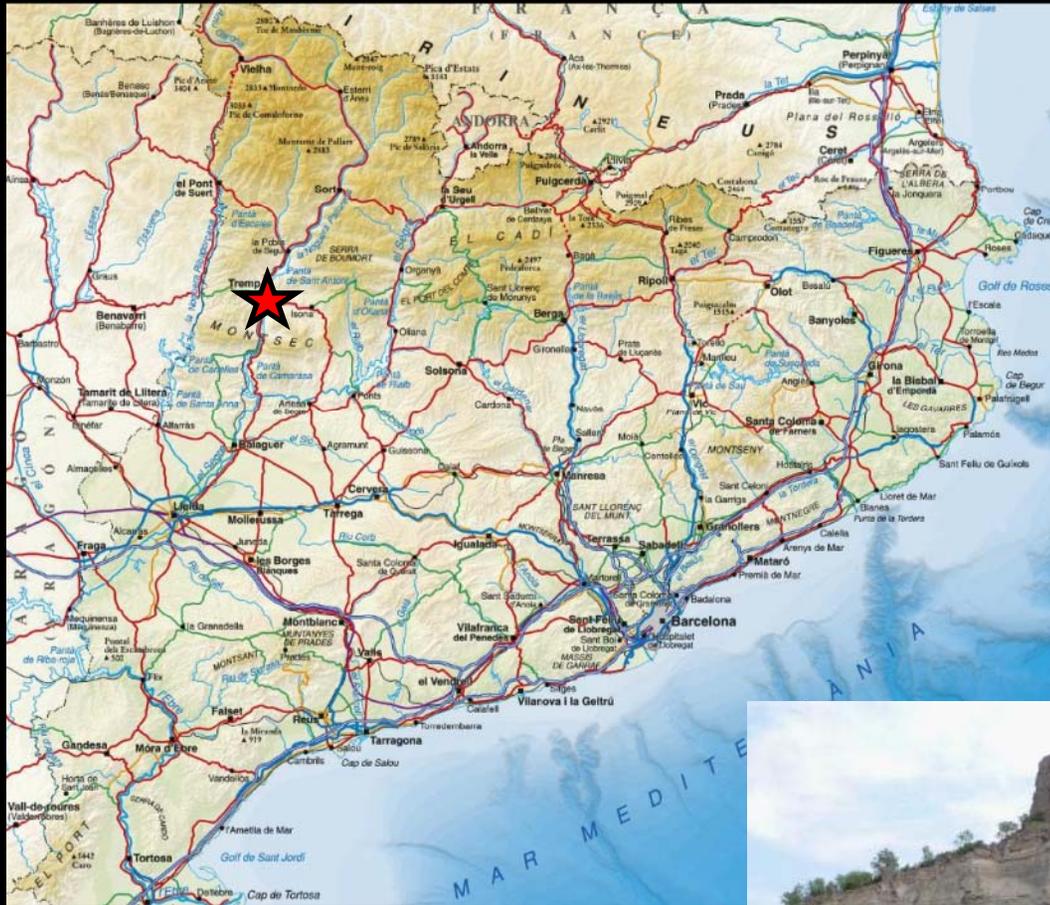
PREDICCIÓN



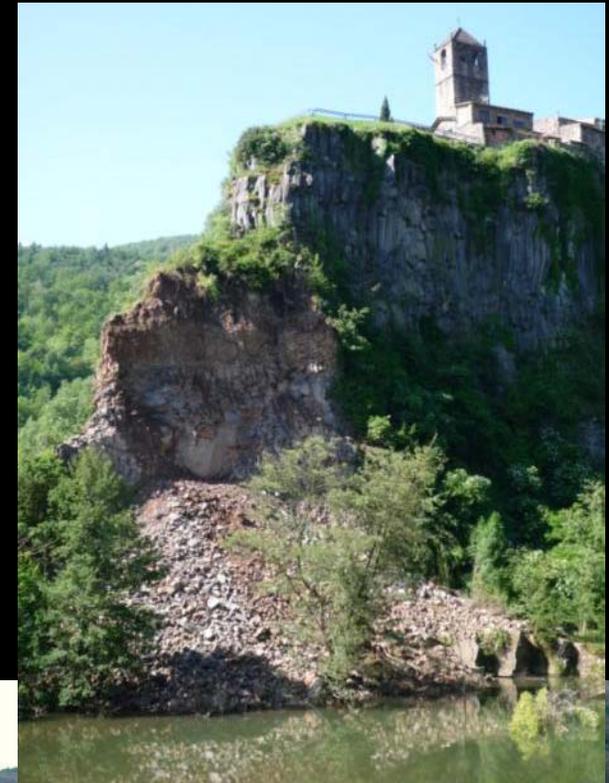
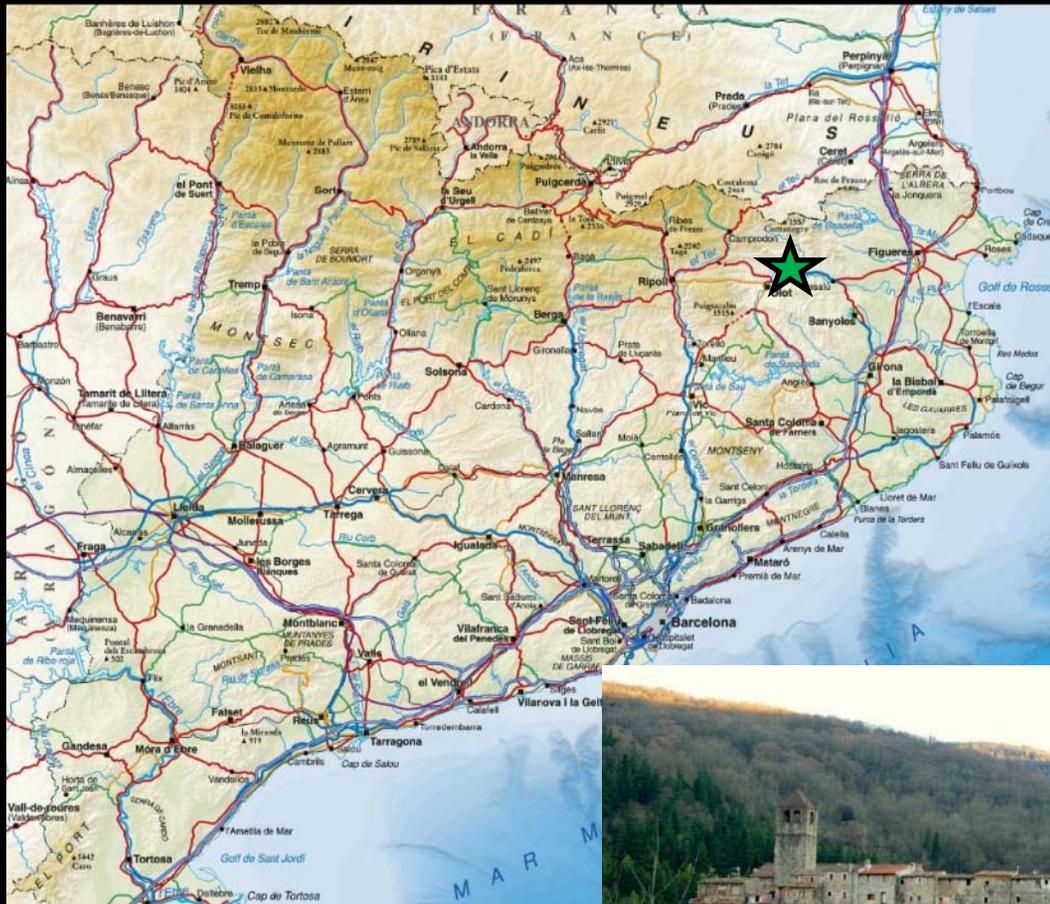
ÍNDICE

- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISK NAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

ZONAS DE ESTUDIO RISKNAT



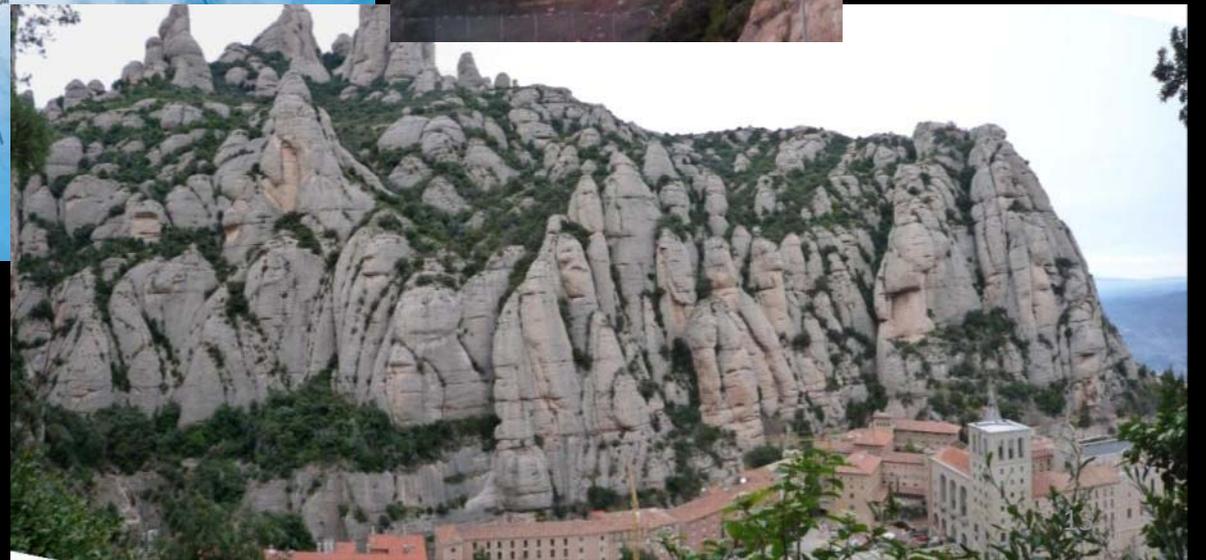
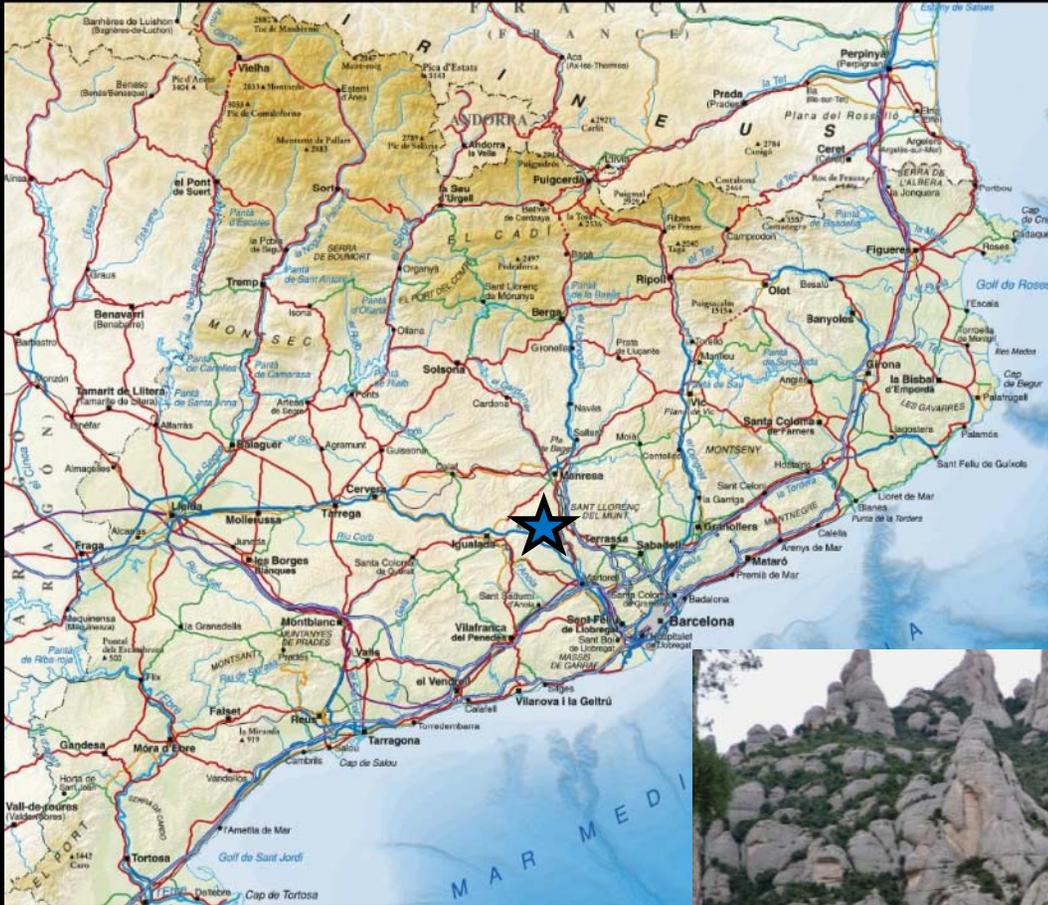
ZONAS DE ESTUDIO RISKNAT



ZONAS DE ESTUDIO RISKNAT



ZONAS DE ESTUDIO RISKNAT



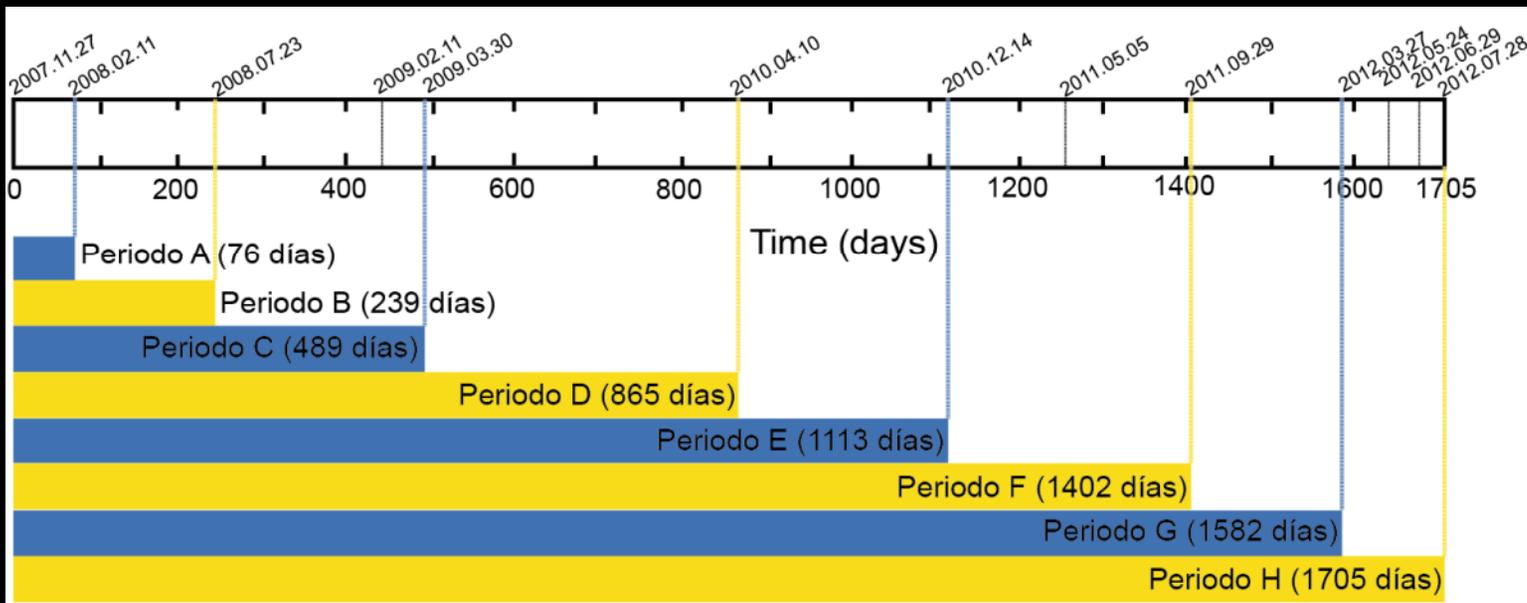
ÍNDICE

- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISK NAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

ADQUISICIÓN DE DATOS



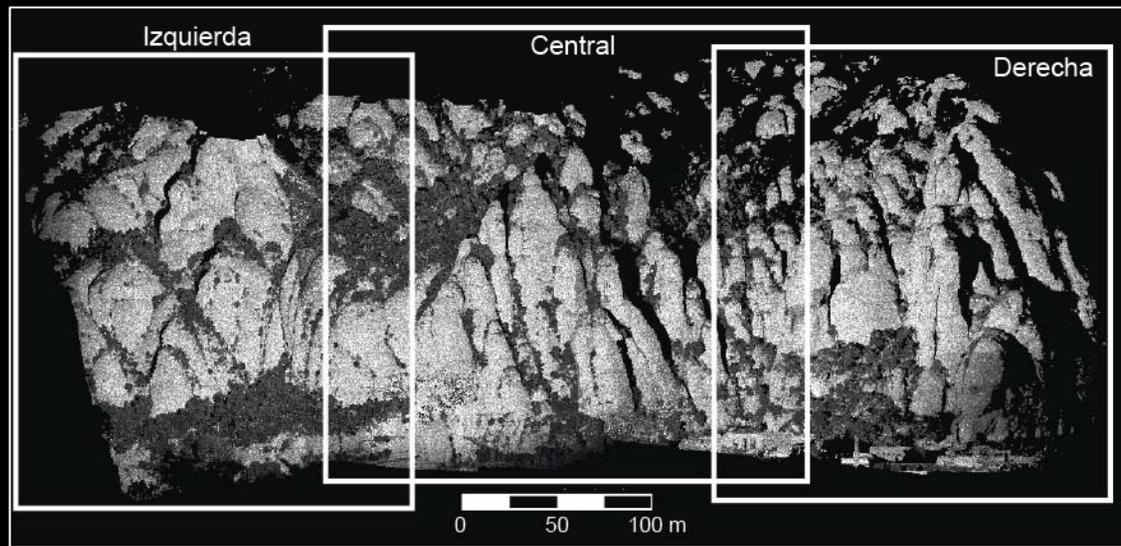
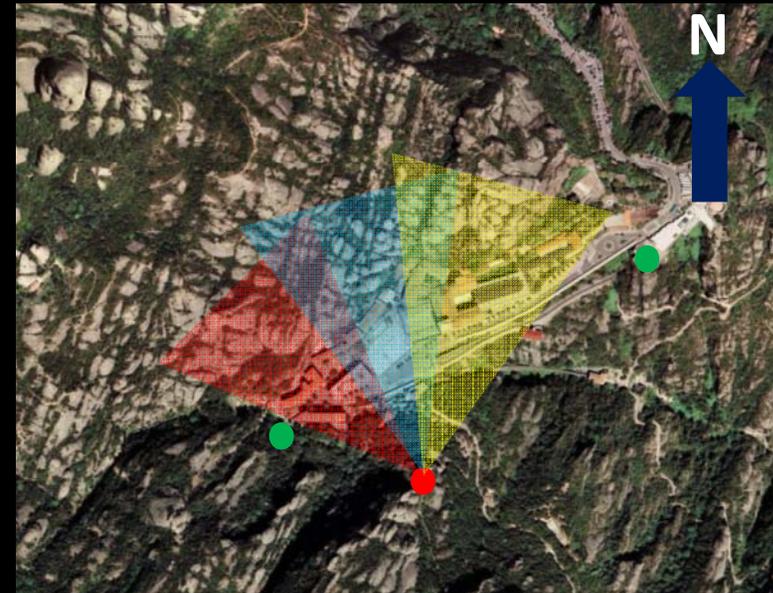
- TLS ILRIS 3D – Optech.
- Resolución de los datos: entre 3 y 6 cm.



ADQUISICIÓN DE DATOS

- Montserrat, 6 campañas de toma de datos:

Fecha	Días de monitoreo
15/02/2011	0
12/05/2011	86
12/12/2011	300
28/03/2012	407
22/06/2012	493
06/11/2012	630



ÍNDICE

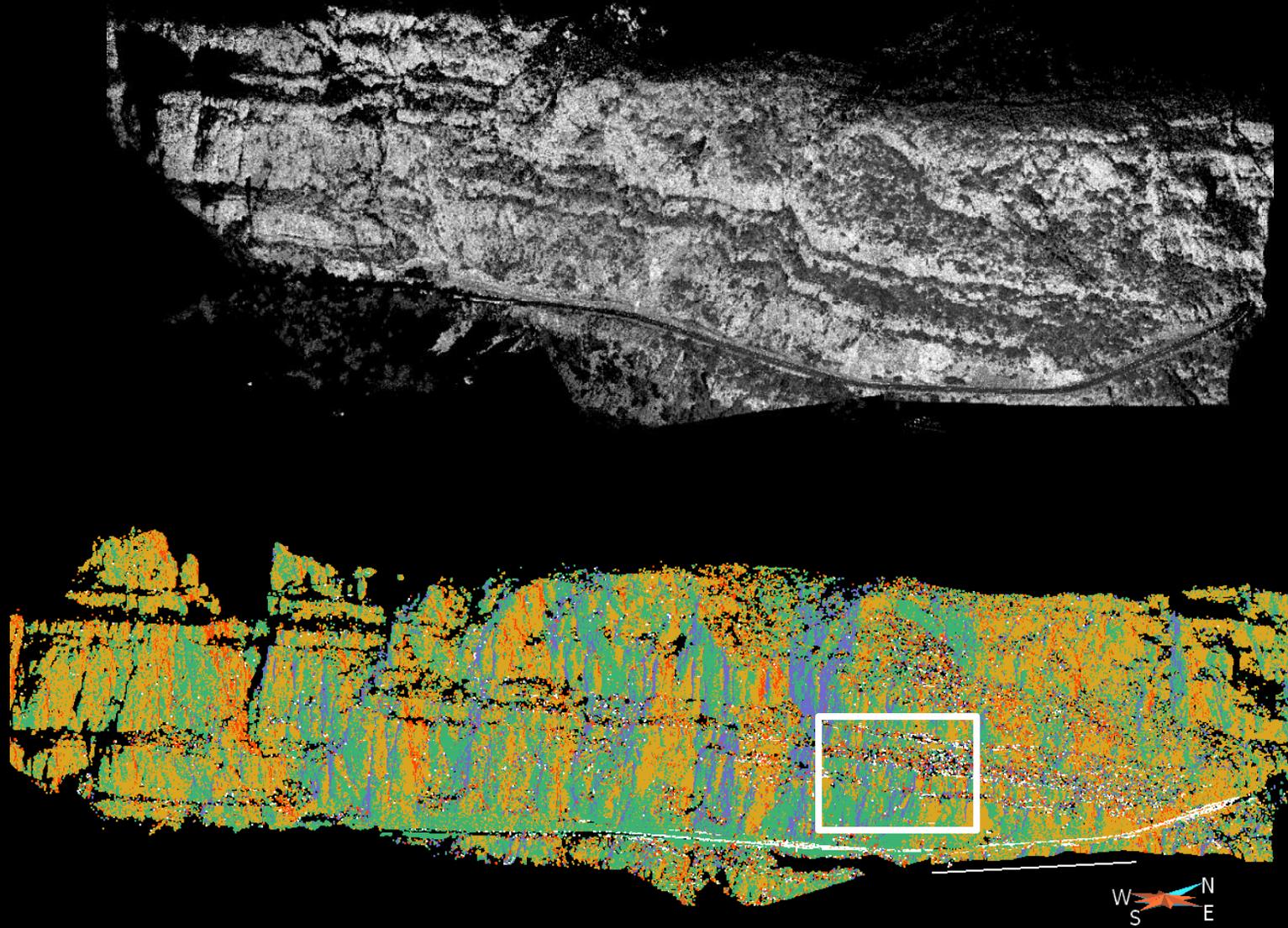
- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISK NAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

DETECCIÓN DE DISCONTINUIDADES

- Cuatro fases principales:
 - A) Regresión planar.
 - B) Diagrama de densidad de polos.
 - C) Aplicación de diferentes filtros para individualizar las superficies.
 - D) Obtención del modelo morfométrico 3D.



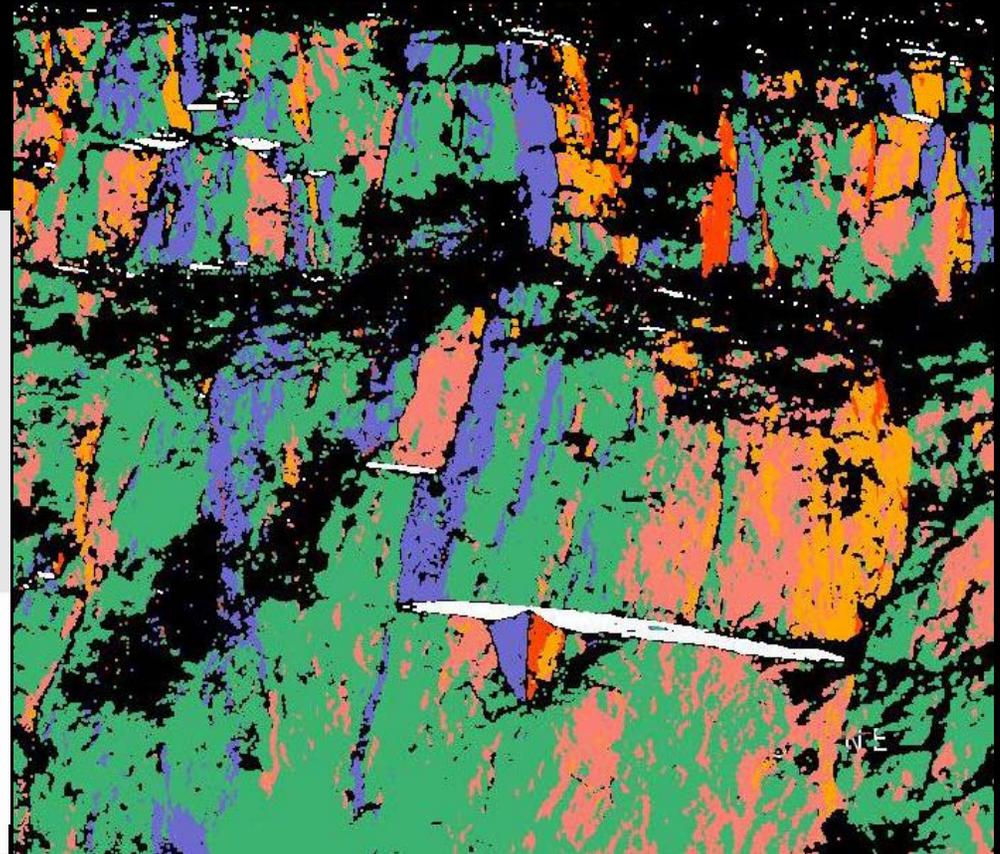
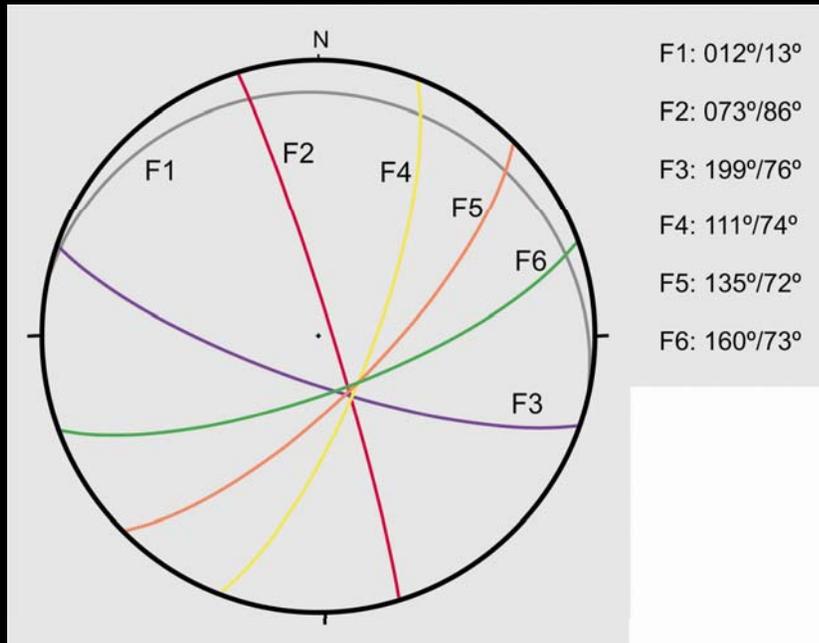
DETECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



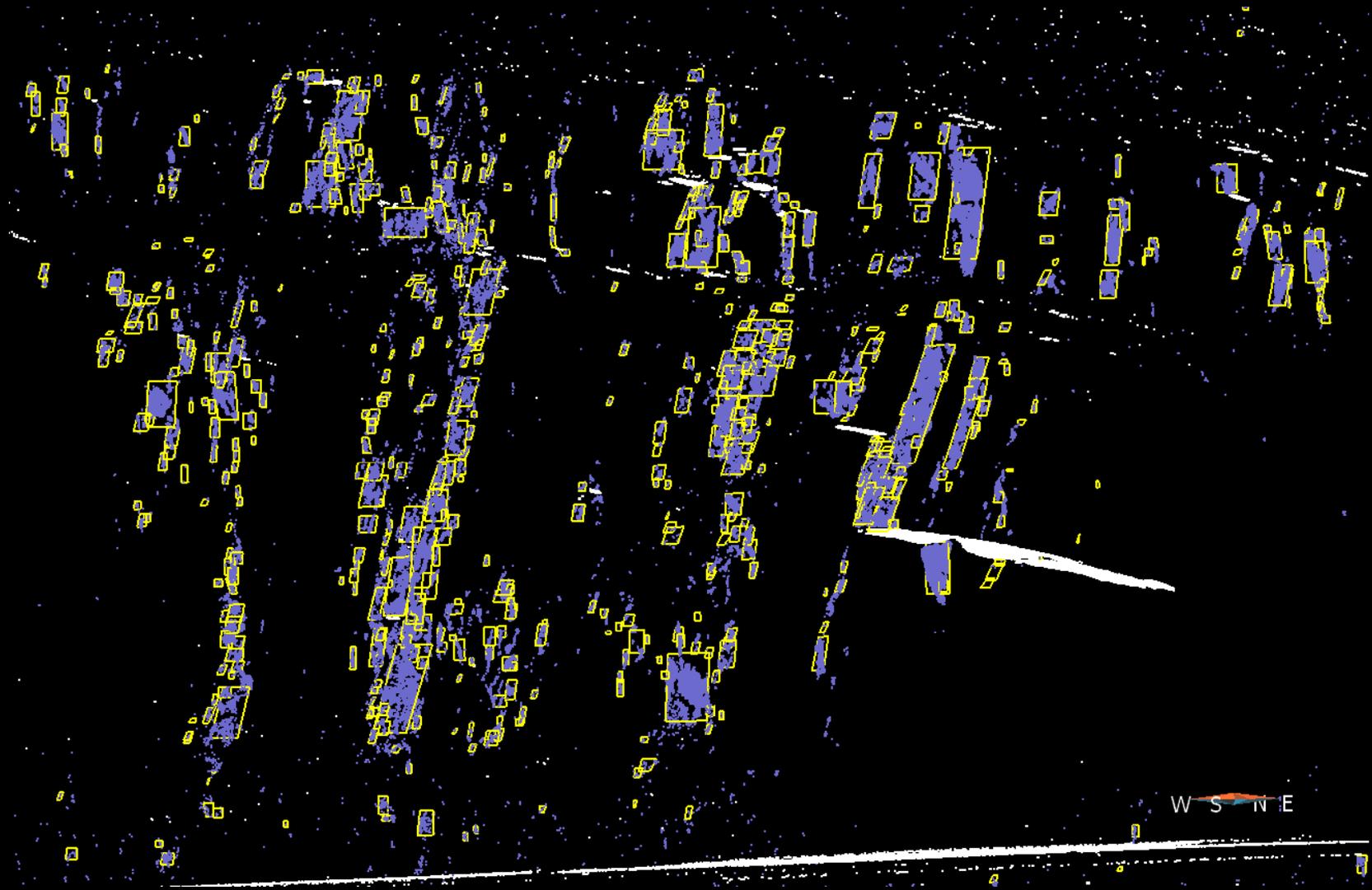
DETECCIÓN DE DISCONTINUIDADES

- Cuatro fases principales:
 - A) Regresión planar (radio de búsqueda = 0.25 m).
 - B) Diagrama de densidad de polos.
 - C) Aplicación de diferentes filtros para individualizar las superficies.
 - D) Obtención del modelo morfométrico 3D.

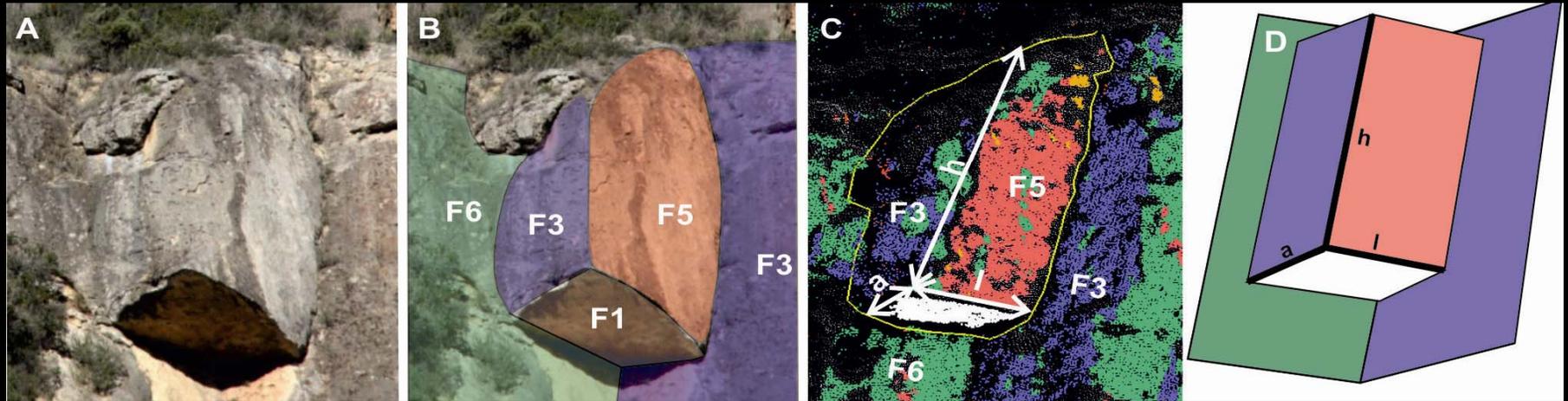
DETECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



DETECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD



Mecanismo de movilización	Nº de casos	Porcentaje	Familias	Nº de casos	Porcentaje
Cuña	27	42%	F3;F4	7	26%
			F3;F5	11	41%
			F3;F6	3	11%
			F4;F6	2	7%
			F5;F6	4	15%
Planar	30	47%	F3	2	7%
			F4	1	3%
			F5	6	20%
			F6	21	70%
Vuelco	7	11%	F3	1	14%
			F6	4	57%

ÍNDICE

- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISK NAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

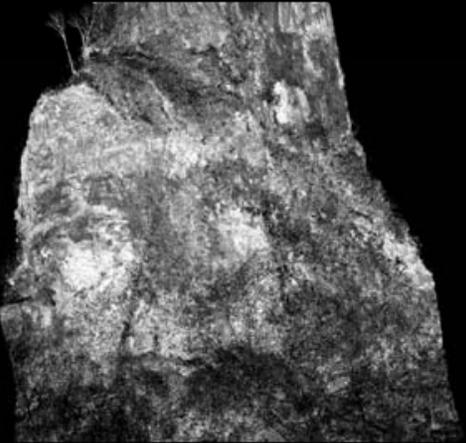
DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN VOLUMÉTRICA DE DESPRENDIMIENTOS

Castellfollit de la Roca, 31 de Marzo de 2011

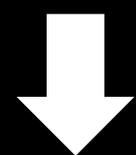
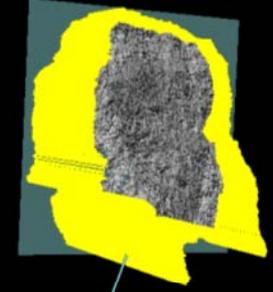
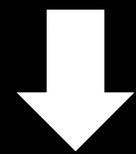
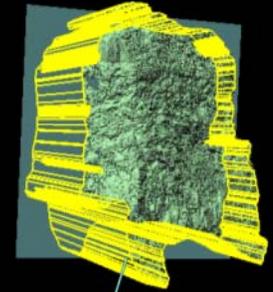
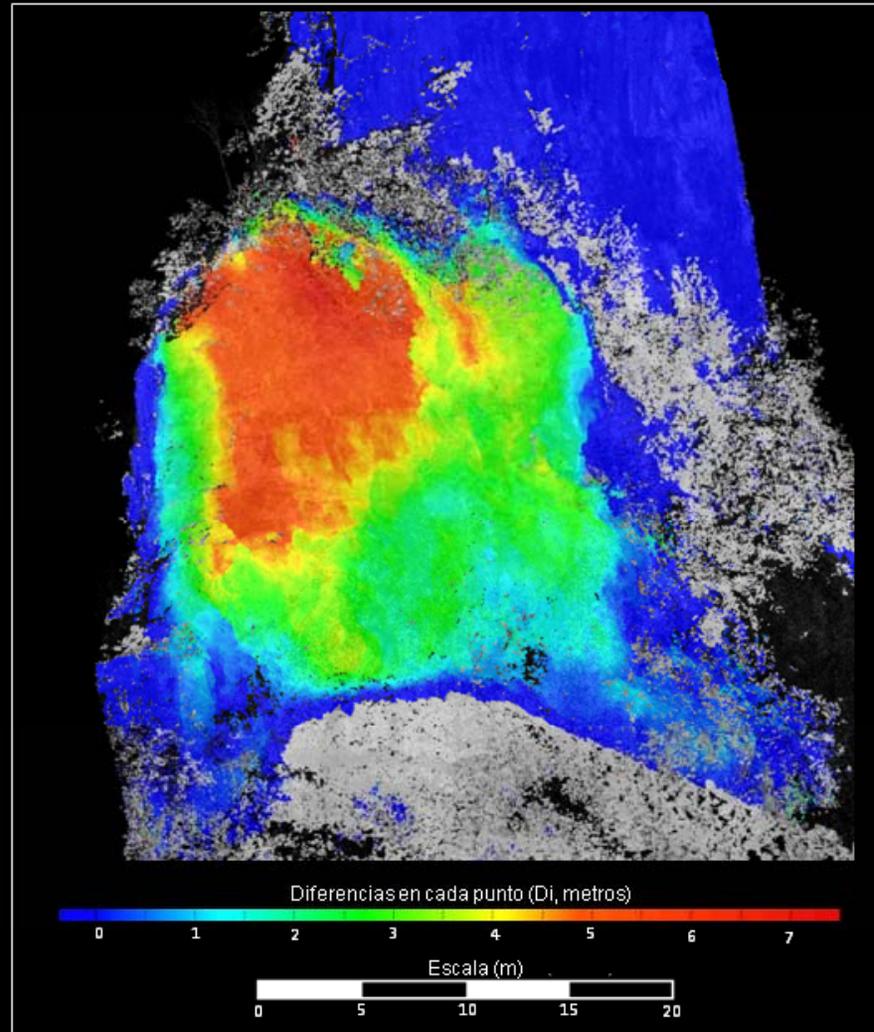
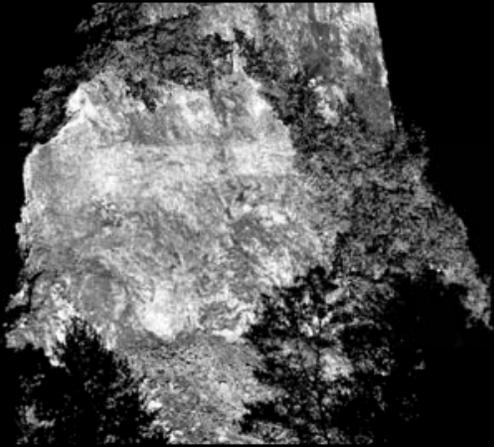


DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN VOLUMÉTRICA DE DESPRENDIMIENTOS

Nube de puntos pre-caída (2007.03)



Nube de puntos post-caída (2011.05)

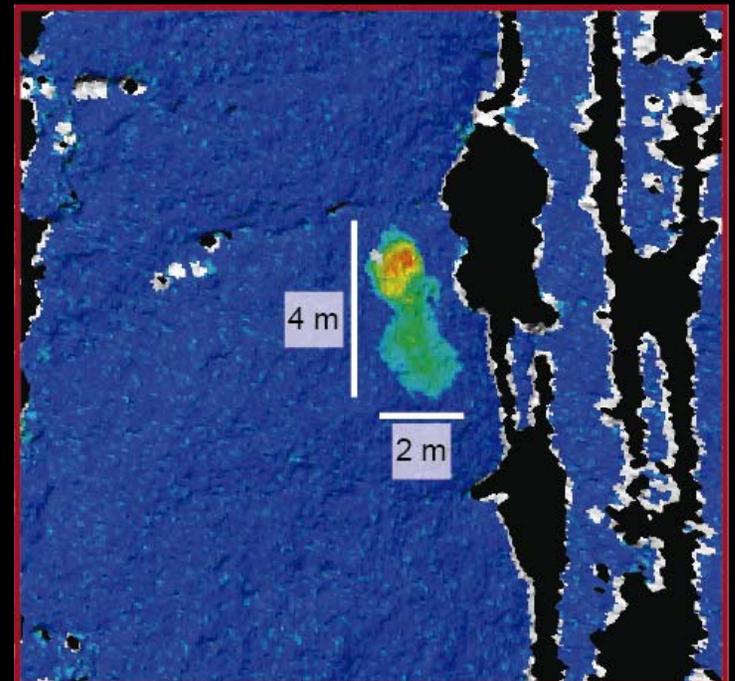


850 m³

DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN VOLUMÉTRICA DE DESPRENDIMIENTOS



22/06/2012 vs 06/11/2012



Volumen = 0.63 m^3

ÍNDICE

- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISK NAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

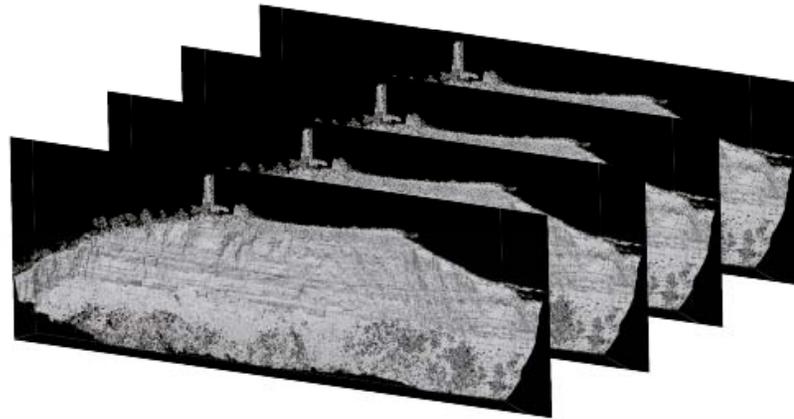
DETECCIÓN DE DEFORMACIÓN PRECURSORA

Nube de puntos de
REFERENCIA

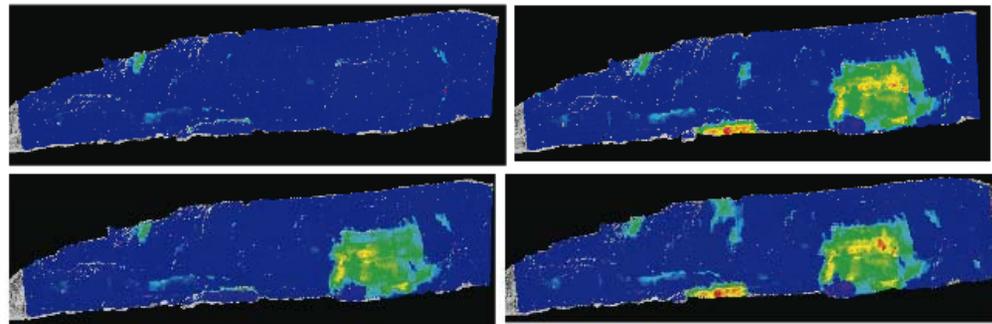


Nubes de puntos de
COMPARACIÓN

ALINEACIÓN



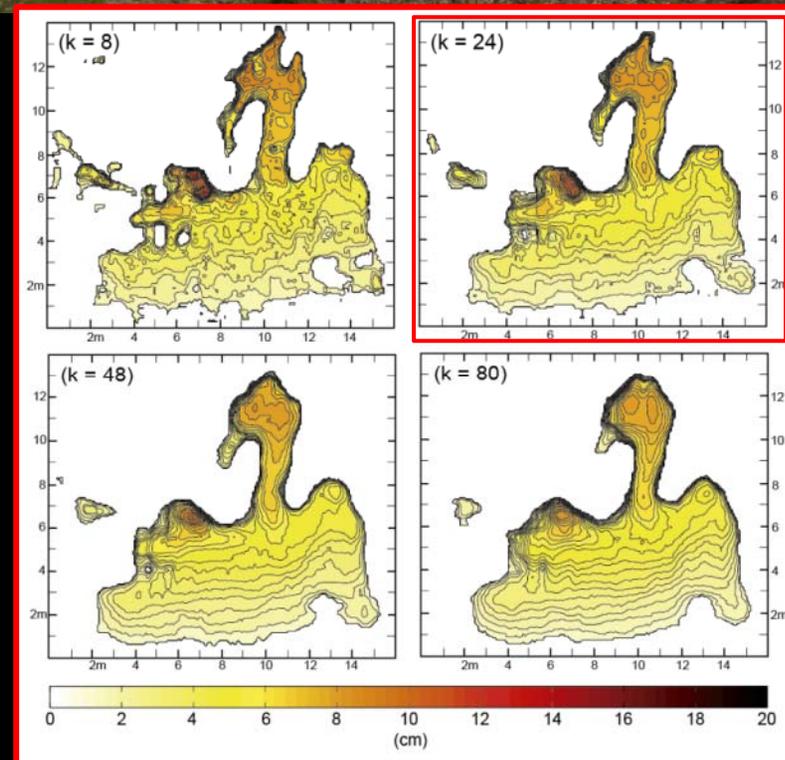
COMPARACIÓN



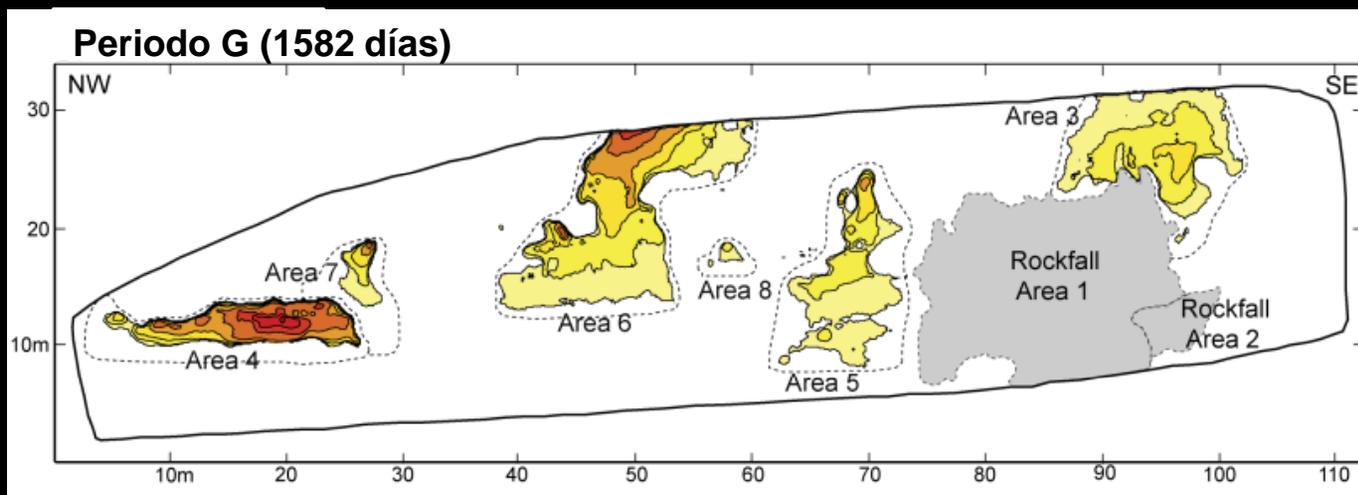
NEAREST NEIGHBOR AVERAGING TECHNIQUE

Tres pasos principales:

- Interpolación de los datos de deformación en una malla cuadrada de 10 x 10 cm.
- Búsqueda de los k th vecinos próximos para cada punto.
- Cálculo de la mediana de los k th vecinos próximos para cada punto.

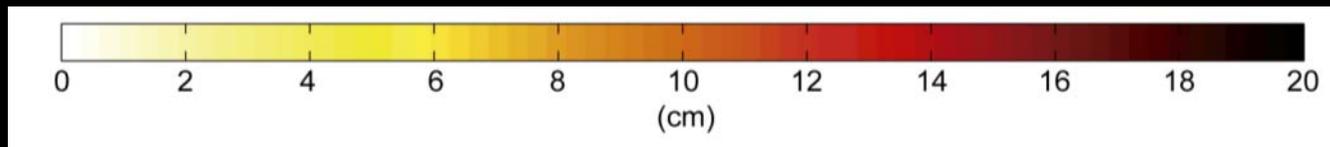
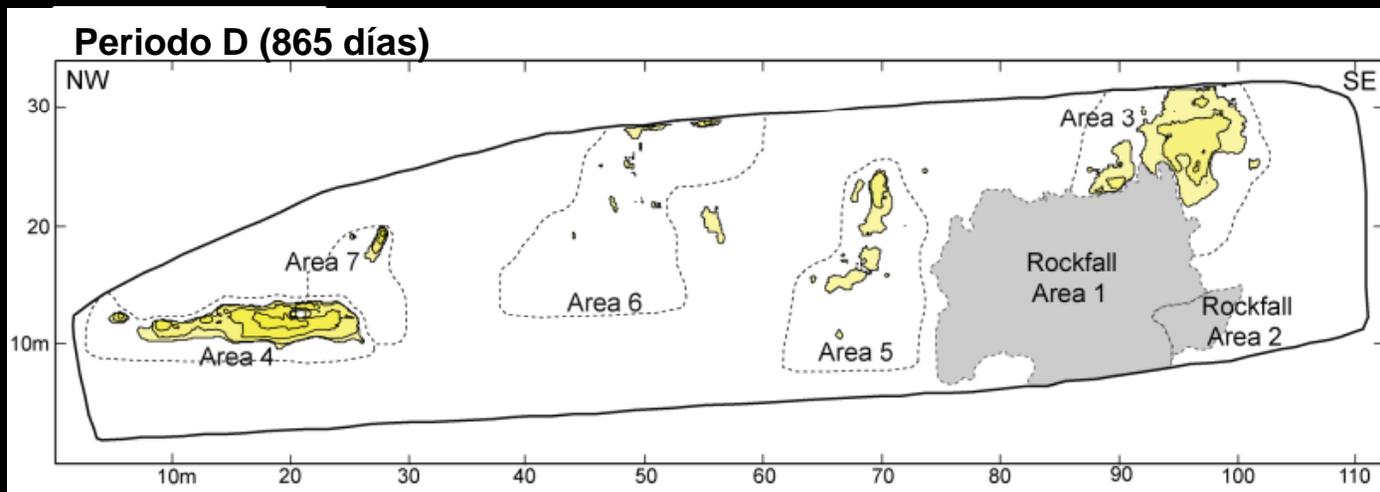
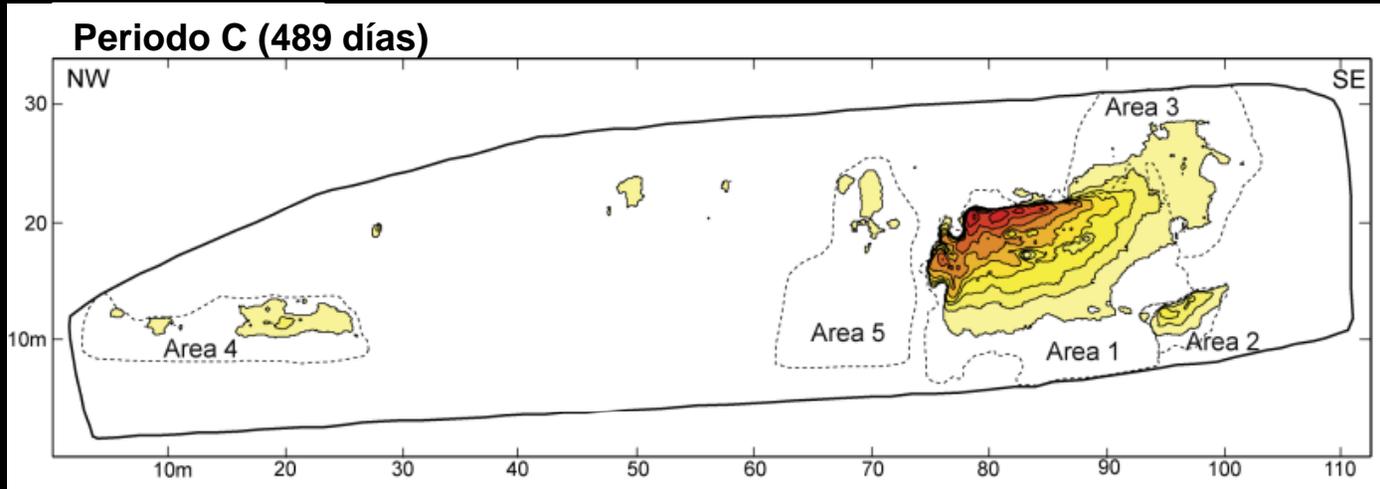


DETECCIÓN DE DEFORMACIÓN PRECURSORA



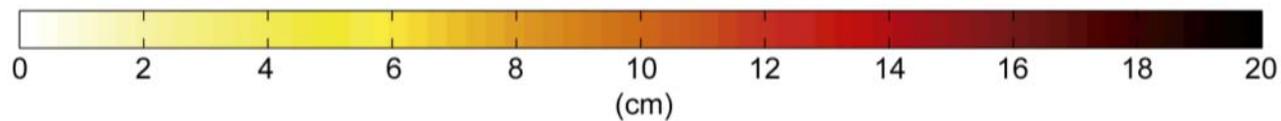
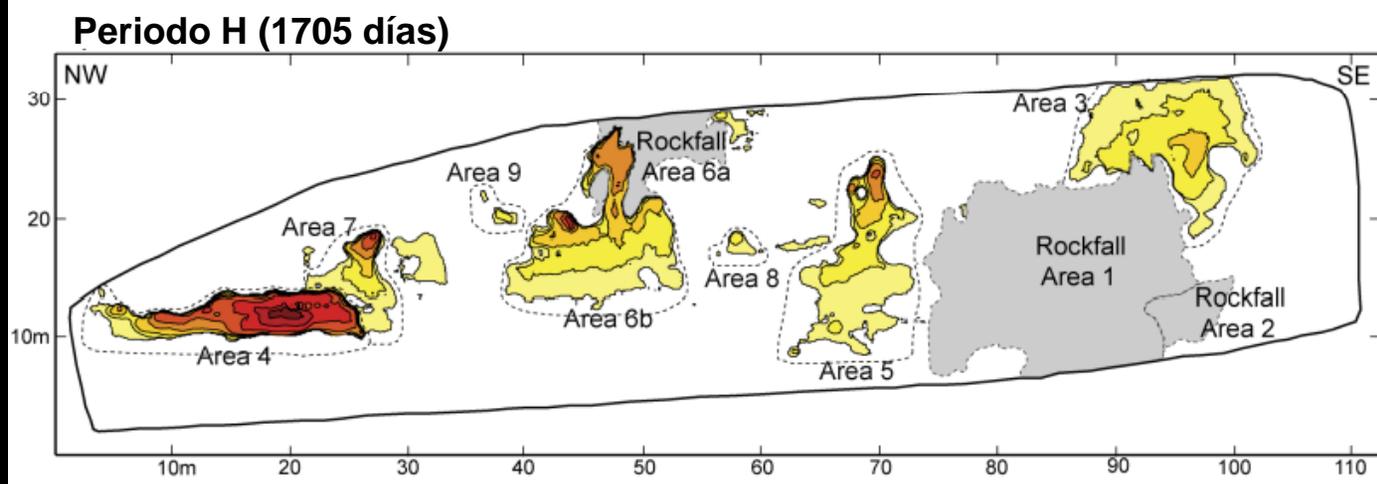
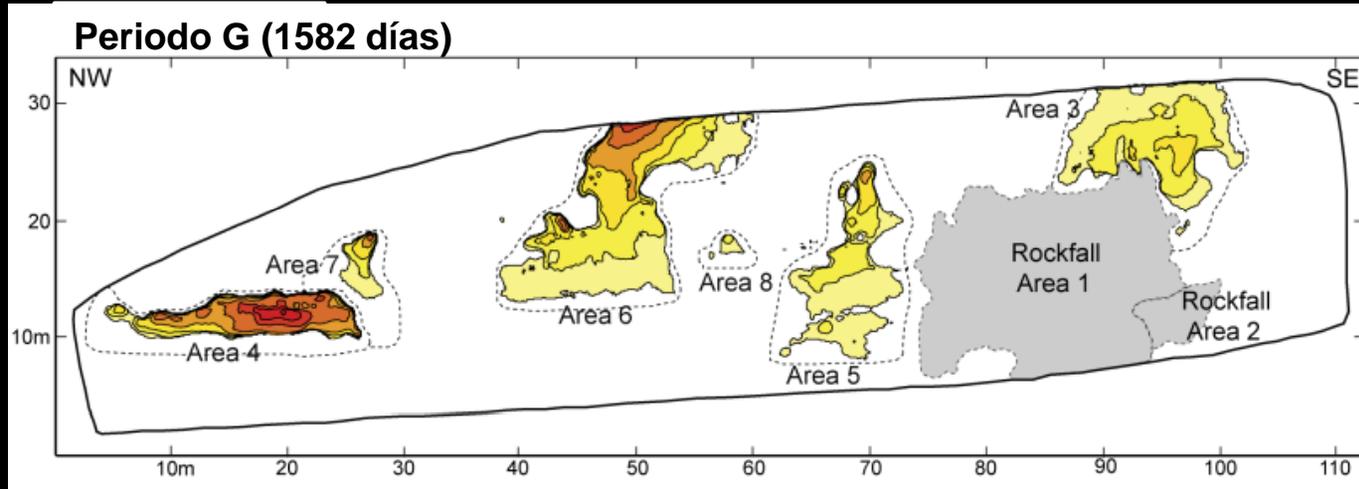
Royán et al. (submitted)

ANÁLISIS ESPACIAL



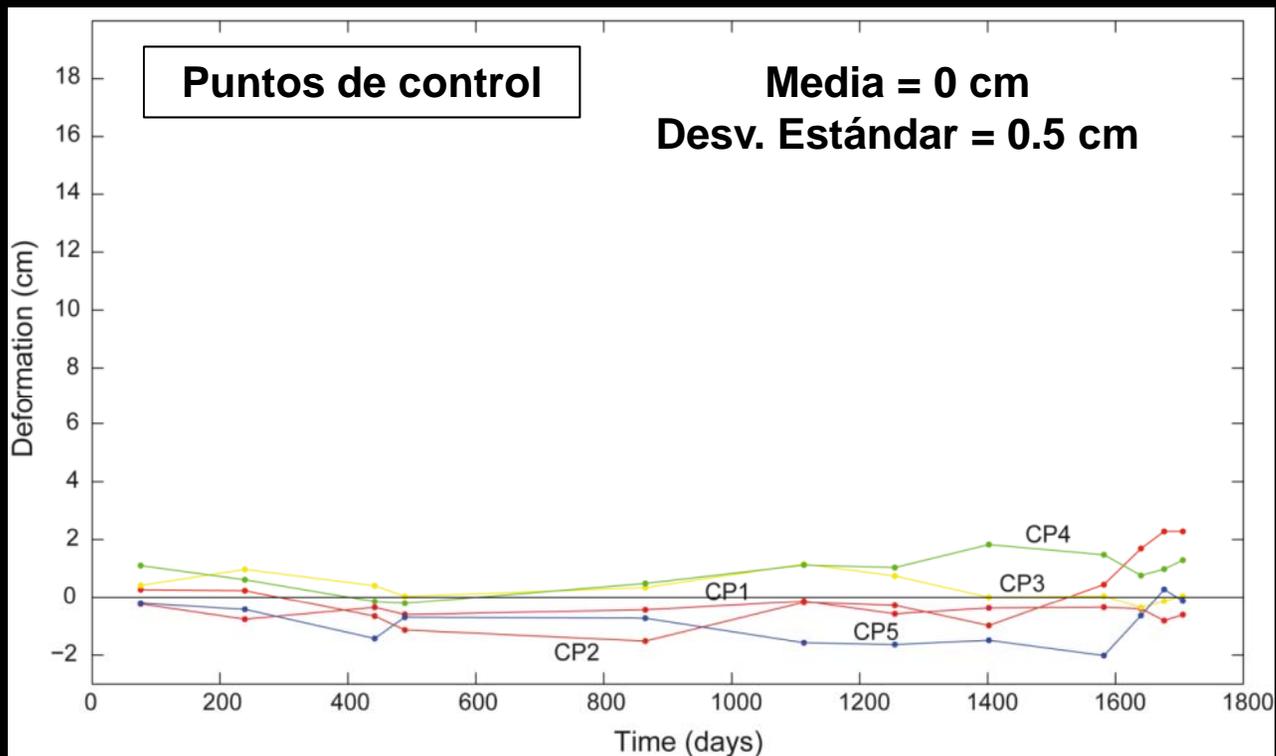
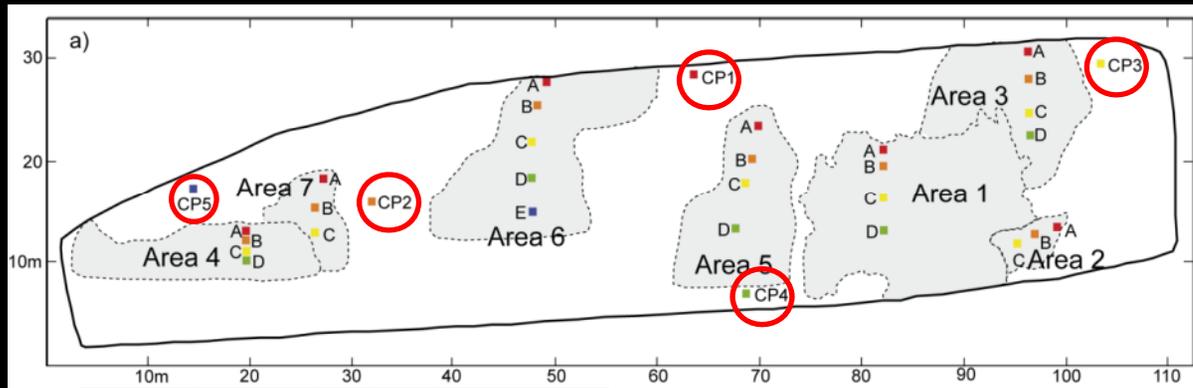
Royán et al.
(submitted)

ANÁLISIS ESPACIAL



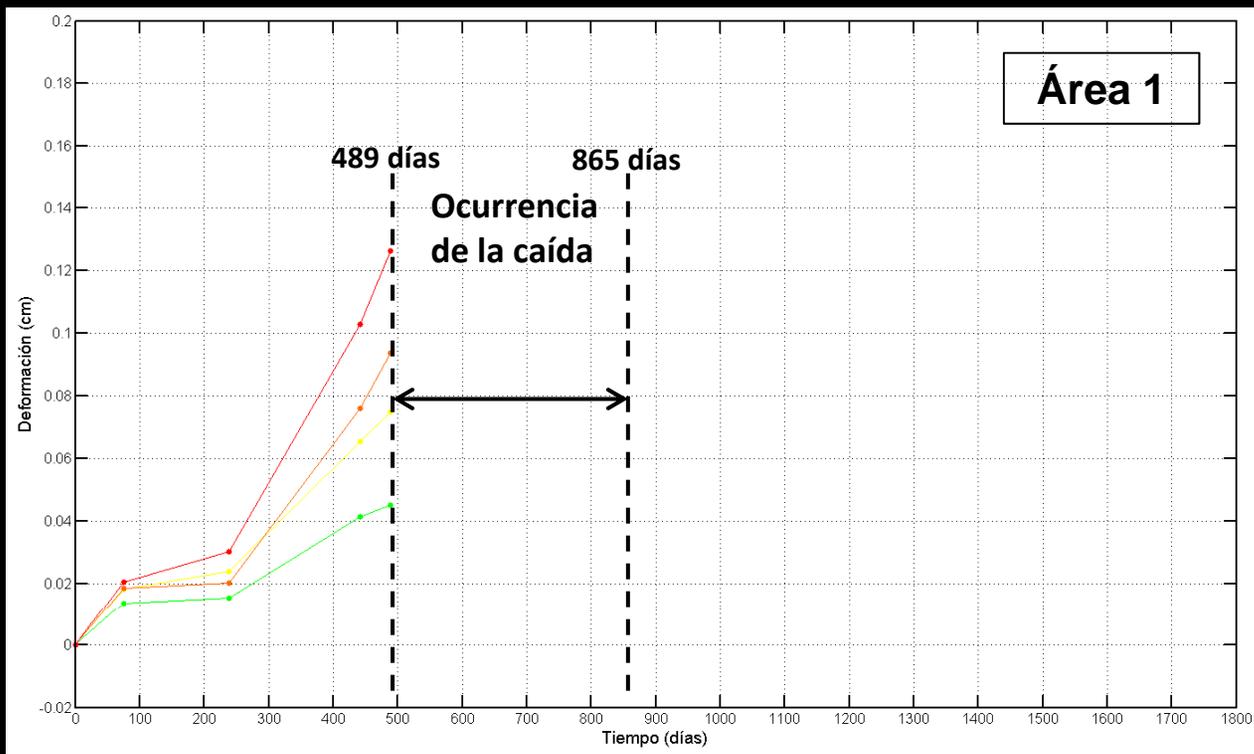
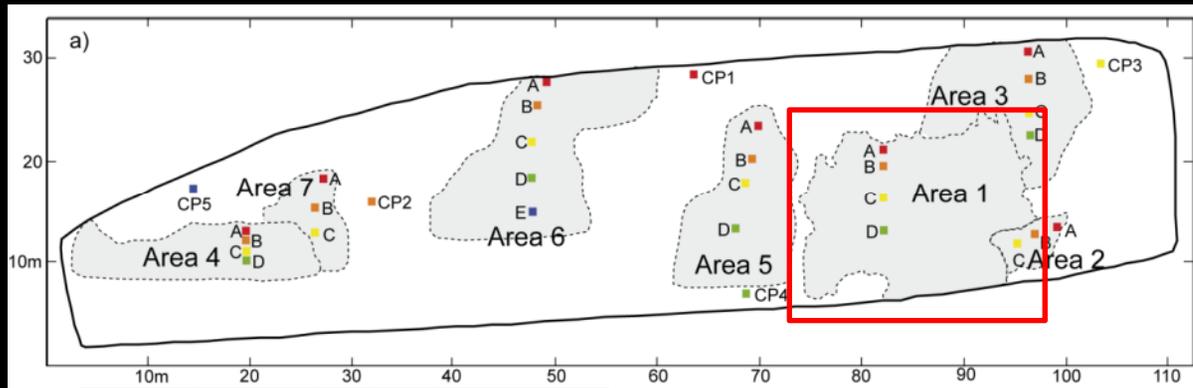
Royán et al.
(submitted)

ANÁLISIS TEMPORAL



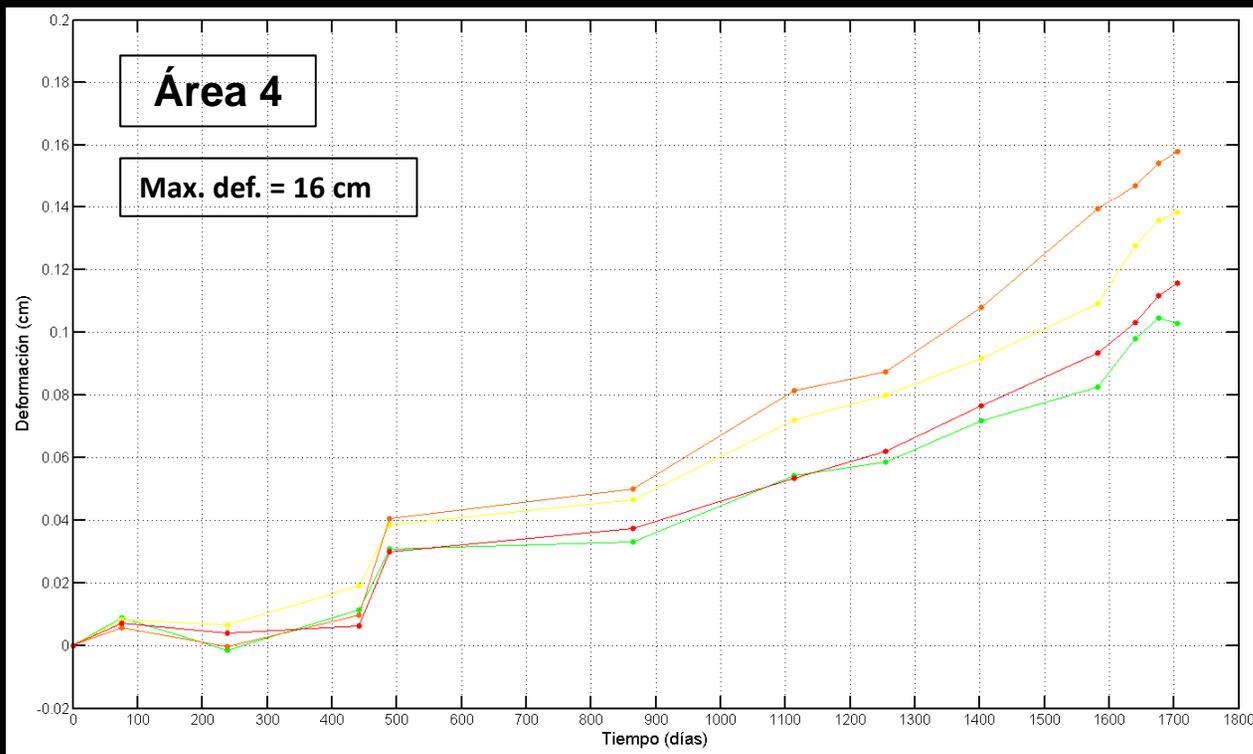
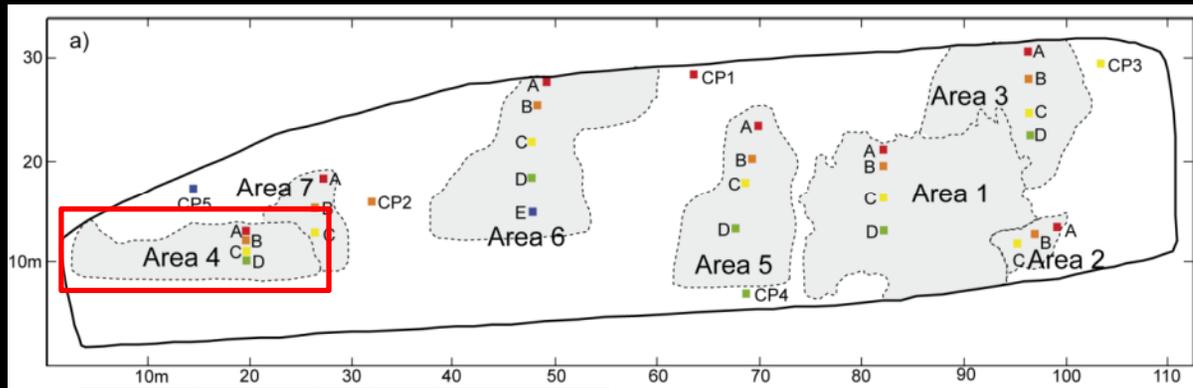
Royán et al.
(submitted)

ANÁLISIS TEMPORAL



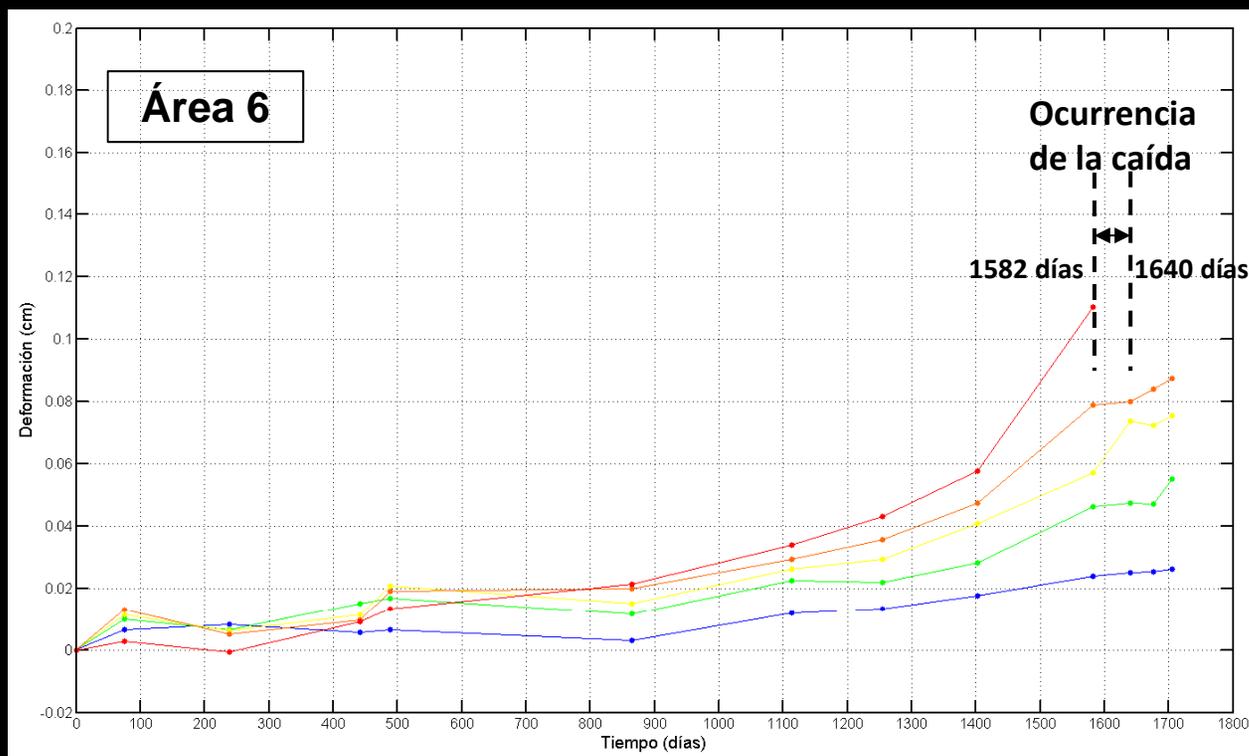
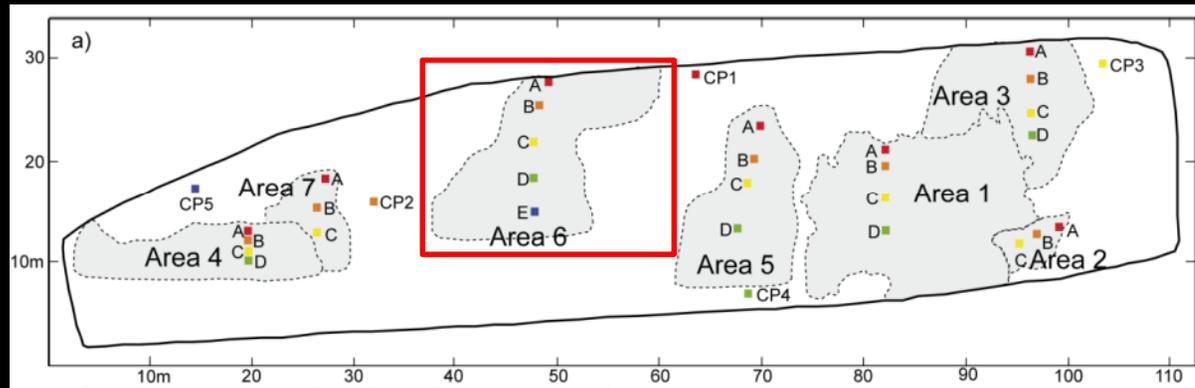
Royán et al.
(submitted)

ANÁLISIS TEMPORAL



Royán et al.
(submitted)

ANÁLISIS TEMPORAL



Royán et al.
(submitted)

ÍNDICE

- Los desprendimientos de rocas.
 - ¿Qué es la deformación precursora?
- Zonas de estudio RISKNAT.
- Adquisición de datos.
- Caracterización de laderas rocosas.
 - Detección de discontinuidades.
- Monitorización de laderas rocosas.
 - Detección y caracterización volumétrica de desprendimientos de rocas.
 - Detección de deformación precursora.
- Conclusiones.

CONCLUSIONES

- El análisis de datos LiDAR permite caracterizar las discontinuidades a pesar del difícil acceso al afloramiento.
- Esta caracterización de las discontinuidades permite una mejora en el proceso de evaluación de la susceptibilidad a la caída de rocas.
- El análisis de los desprendimientos de rocas recientes con LiDAR Terrestre representa una forma rápida y relativamente fácil de:
 - Detectar y delimitar de forma exacta la zona de salida de una caída.
 - Calcular el volumen de roca caída.

CONCLUSIONES

- La detección de la deformación precursora ha permitido la predicción espacial de los desprendimientos de rocas.
- La detección de la aceleración del movimiento indica la inminencia de la caída de los bloques.
- Este patrón de la evolución de la deformación precursora permitiría la activación de sistemas de alerta temprana en zonas con mayor riesgo.

MUCHAS GRACIAS

MOLTES GRÀCIES

