

# Análisis con un radar SFCW de la estructura del manto nivoso: medidas experimentales y simulación

Adrián Subías Martín, Víctor Herráiz-López, Iñigo Salinas Ariz y Rafael Alonso.  
Grupo de Tecnologías Fónicas (GTF), I3A, Universidad de Zaragoza,  
[asubias@unizar.es](mailto:asubias@unizar.es)

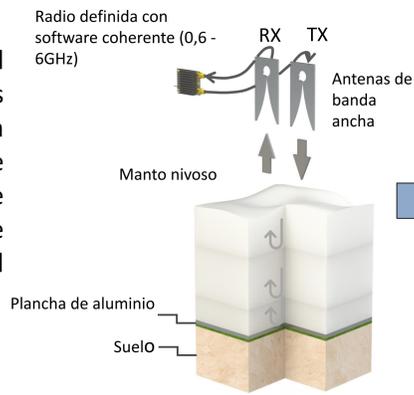
XIII JORNADA DE JÓVENES INVESTIGADORES 2024

## Motivación

La nieve, como reserva de agua, desempeña un papel relevante en el ciclo hidrológico de los Pirineos. Las propiedades físicas de su estructura interna están condicionadas por la climatología, haciendo que sean variables en el tiempo. El equivalente en agua (SWE) es la característica principal que se pretende medir, además, se quiere dilucidar la estructura interna del manto nivoso afectada por la aparición de agua líquida en las capas internas (LWC).

## Método: el radar SFCW

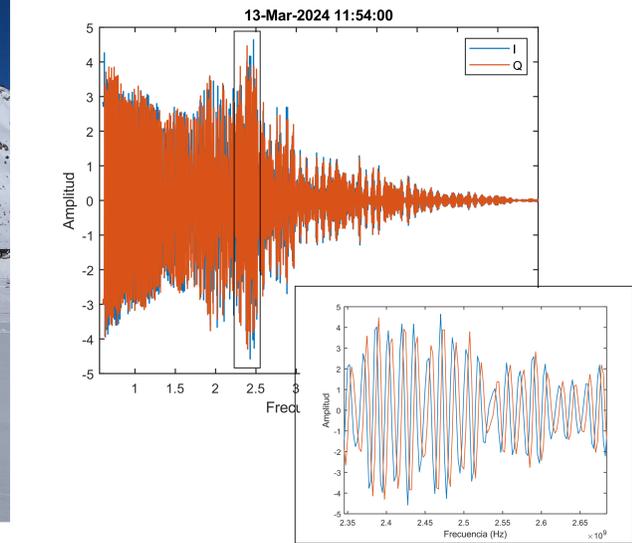
Esta técnica consiste en recorrer el ancho de banda seleccionado en saltos de frecuencia. En este trabajo se estudia la reflectancia espectral en el rango de 0,6 - 6 GHz, con 2160 saltos de frecuencia, del cuál se obtiene información geométrica y estructural del manto nivoso.



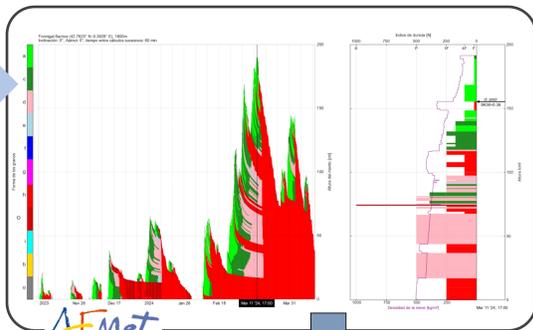
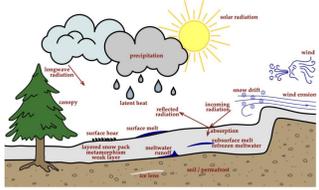
## Estudio de reflectancia espectral por medio de radar SFCW



Señales obtenidas por el radar SFCW, muestran las diferentes frecuencias de batido provocadas por la estructura del manto nivoso.

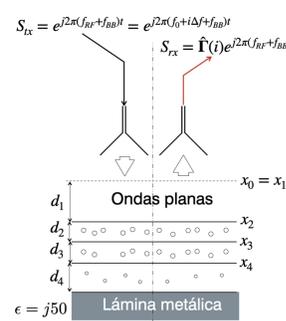
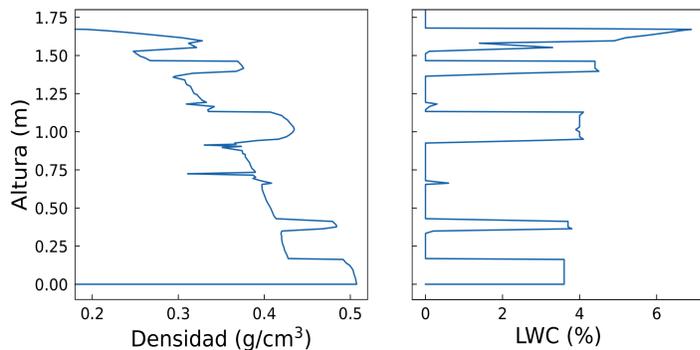


## Simulación termo-mecánica de evolución del manto (SnowPack)



## Estructura de capas simuladas

Densidad y contenido en agua líquida en función de la altura simulado por el software Snowpack alimentado por las variables meteorológicas de AEMET. Las propiedades físicas medidas y simuladas muestran una estructura de capas concordante entre ellas.

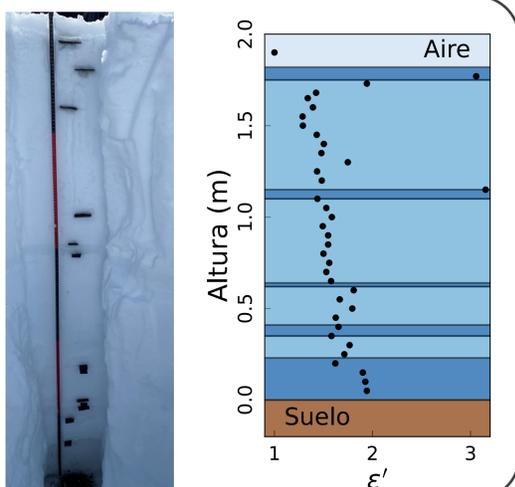


GTF  
Grupo de Tecnologías Fónicas

## Corte transversal

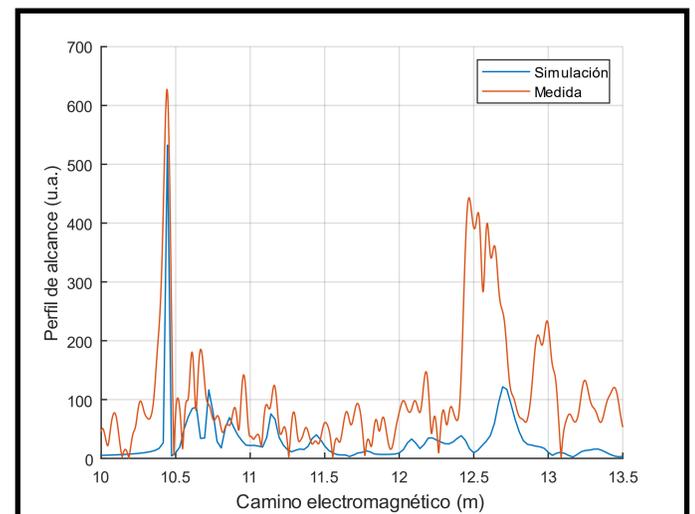
Ecuación del resonador electromagnético, tipo Fork, utilizado para conocer la parte real de la permitividad dieléctrica,  $\epsilon'$ , del medio.

$$\epsilon' = \left(\frac{f}{f_0}\right)^{-2}$$



## Resultados

El radar nos proporciona información, en el dominio espacial, mediante la transformada de Fourier de la reflectancia espectral, distinguiendo las reflexiones debidas a los cambios bruscos en el índice de refracción. Los picos más intensos son la reflexión en la interfase aire-nieve y el suelo. Lo que se encuentra entre estos dos picos es la información de las diferentes capas del manto nivoso.



## Conclusiones

- Clarificación de la estructura interna: comparación de los datos experimentales y simulados.
- Seguimiento de las principales superficies reflectivas (manto nivoso y suelo). Correspondientes a la altura total del manto nivoso y al equivalente en agua que contiene.
- Método no destructivo para medir la estructura interna.

Agradecimientos: Este trabajo se ha financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación bajo el proyecto PID2021-124451 OB-100 y por la DGA bajo los proyectos LMP237\_21 y T20\_23R.



Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería de Aragón  
Universidad Zaragoza

GTF  
Grupo de Tecnologías Fónicas



GOBIERNO DE ARAGON  
Departamento de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento



formigal-panticosa  
UNA MONTAÑA DE ARAMÓN



Agencia Estatal de Meteorología