

Práctica: Análisis de datos del radar de nubes para distintas situaciones atmosféricas

Calzada Chávez, Alberto Valverde Amor, Ángela Lucía

Diciembre 2021

Índice

1	Introducción	3
2	Ejercicios	3
2.1	Ejercicio 1: Condiciones del cielo y estructuras observadas	3
2.1.1	Día 12 de septiembre	3
2.1.2	Día 30 de septiembre	6
2.1.3	Día 22 de octubre	6
2.2	Ejercicio 2: Perfil de Z promedio sobre la base de un cirro	6
2.3	Ejercicio 3: Variación temporal del perfil de Z un día de lluvia	6
2.4	Ejercicio 4: Localización de plancton atmosférico	6
2.5	Ejercicio 5: Localización de errores en la detección del tope de la nube	6
	Referencias	6

1 Introducción

En esta práctica vamos a trabajar con tres magnitudes físicas, relacionadas entre sí, para realizar un estudio de la situación atmosférica en la ciudad de Granada los días 12 y 30 de septiembre y 30 de octubre de 2019. Las magnitudes en cuestión son el factor de reflectividad equivalente, Z , la velocidad Doppler media, V , y la razón de despolarización lineal, LDR .

El factor de reflectividad equivalente se relaciona con el diámetro de las partículas, D_i , y con la concentración de éstas, N_i de la forma siguiente:

$$Z = \sum_i N_i D_i^6 . \quad (1.1)$$

Por su parte, la velocidad Doppler media se puede obtener a partir de las velocidades medidas con un hidrometeoro y su expresión es:

$$V = \frac{1}{Z} \int_{v_{min}}^{v_{max}} v S(v) dv , \quad (1.2)$$

donde $S(v)$ es la potencia espectral medida para cada velocidad. Por último tenemos la razón de despolarización lineal, cuya expresión es:

$$LDR = \frac{Z_{cross}}{Z_{co}} , \quad (1.3)$$

donde Z_{cross} y Z_{co} y son las reflectividades medidas en las direcciones perpendicular y de incidencia, respectivamente.

El objetivo de esta práctica es el de familiarizarnos con estas magnitudes físicas, entendiendo su significado, y ser capaces de utilizarlas para describir la situación atmosférica durante el periodo de tiempo que nos interese.

2 Ejercicios

Fuegi y Francis [2003](#)

2.1 Ejercicio 1: Condiciones del cielo y estructuras observadas

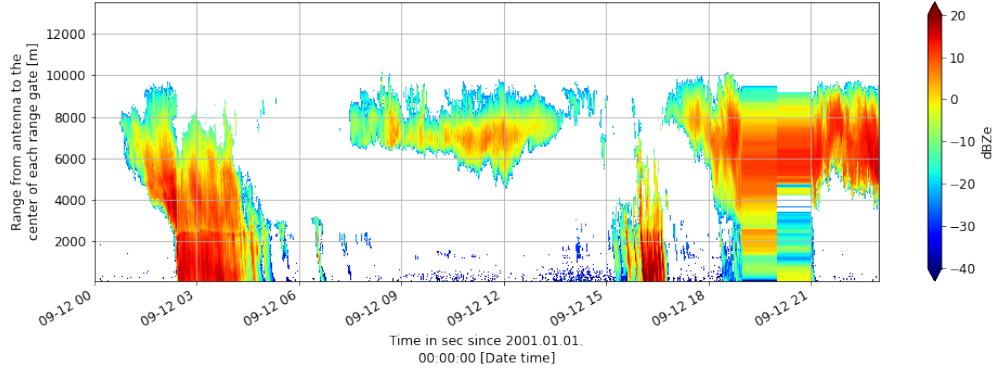
En este primer ejercicio vamos a describir las condiciones de cielo de cada uno de los días y las distintas estructuras que se observen.

2.1.1 Día 12 de septiembre

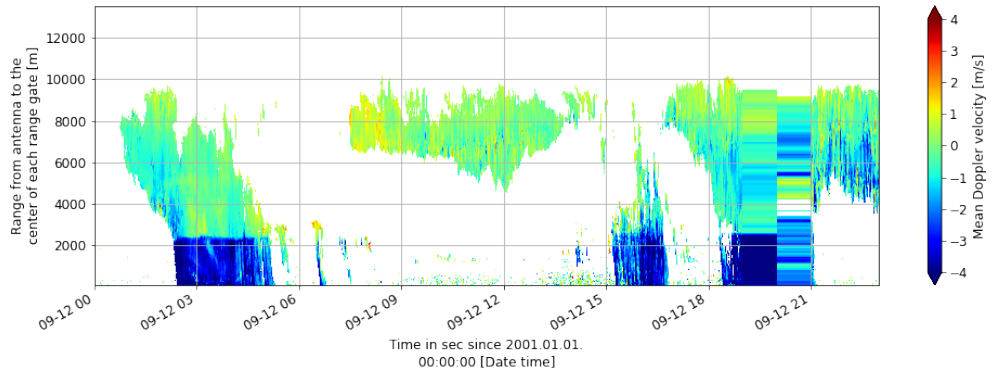
Comenzamos explorando la situación atmosférica el 12 de septiembre de 2019. En la figura Fig. 1 hemos representado las tres magnitudes de interés (factor de reflectividad, velocidad Doppler media y razón de despolarización) a lo largo de todo el día.

Como podemos observar, la situación atmosférica este día es bastante compleja, presentando distintas estructuras a lo largo del día. La primera de estas estructuras la localizamos en la Fig. 1a al comienzo del día, desde la 01:30 hasta las 05:00h aproximadamente. Como vemos tiene un desarrollo vertical importante, que va desde superficie hasta unos 9000m a las 02:00h de la mañana. El valor de Z en esta estructura es muy grande, de aproximadamente 20dbZe en superficie y alrededor de 10dbZe a 4000m de altura. Esto significa, si recordamos

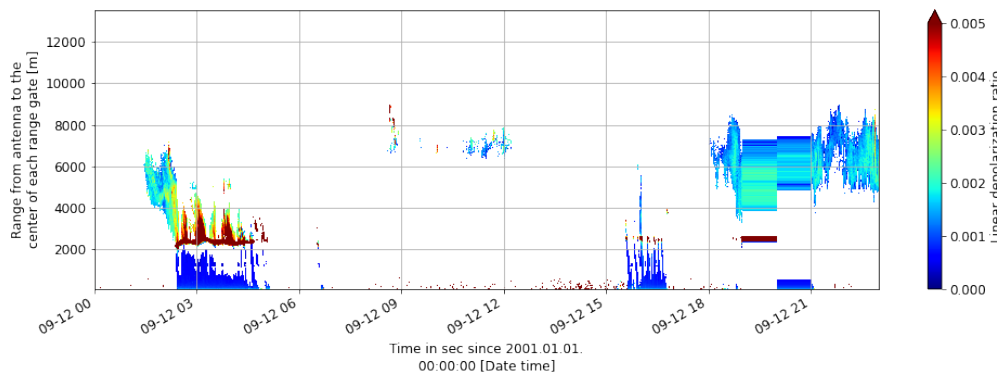
la Ec. (1.1), que el producto de las concentraciones de los distintos tipos de partículas por sus diámetros asociados es muy significativo. En general, cuando el valor de Z es tan grande es porque el diámetro de las partículas lo es. Esto se debe a que el exponente del factor D_i es 6, mientras que el de N_i es simplemente 1. Así, tenemos que en esta estructura las partículas son probablemente gotas de agua o hielo.



(a) Factor de reflectividad equivalente.



(b) Velocidad Doppler media.



(c) Razón de despolarización equivalente.

Figura 1: Datos para el día 12 de septiembre de 2019 en el periodo 0 a 24h.

Por supuesto, esta hipótesis necesita ser contrastada. Para ello observamos ahora la Fig. 1b y nos centramos de nuevo en esta estructura. En esta figura, donde hemos representado la velocidad Doppler media, vemos que a una altura aproximada de 2500m hay un cambio brusco de la velocidad. Las partículas que están por debajo de esta altura se mueven rápidamente y hacia abajo (a unos 3 ó 4m/s), mientras que las que están por encima se mueven más lentamente (a 1m/s aprox.) y tanto hacia arriba como hacia abajo. Esto indica de forma clara que a esta altura (unos 2500m) se encuentra la base de una nube. Por tanto, las partículas que

están por debajo y caen son lluvia y las que están por encima son las que forman la nube.

Otro hecho que nos confirma que a unos 2500m tenemos la base de una nube de tormenta lo encontramos en la Fig. 1c. Tal y como podemos ver, a la altura indicada el valor de la razón de despolarización lineal es bastante alto; en concreto, de unos 0.005. Vimos en la Ec. (1.3) que esta magnitud indicaba la fracción entre la componente perpendicular de la polarización y la de incidencia. De esta forma, un valor alto significa que la componente perpendicular es significativa. Y esto ocurre cuando la señal emitida por el radar se refleja en partículas que no son esféricas. Identificamos estas partículas como cristales de hielo que comienzan a derretirse para precipitar como gotas de lluvia. Puesto que aún no se han derretido completamente conservan su forma no esférica, lo que hace que reflejen parte de la radiación del radar con una polarización distinta a la de incidencia. A la capa atmosférica en la que se produce este fenómeno se le conoce como «melting layer».

Todo esto nos indica que la estructura que estamos estudiando se trata de una **tormenta**.

La segunda estructura que podemos observar este día la localizamos, en la Fig. 1a, en el periodo de 07:30 a 14:00h y entre los 5000 y los 10000m de altura. Los valores de Z en esta estructura se encuentran entre los -15 y los 5 ó 10dbZe. Como podemos comprobar, el factor de reflectividad equivalente es ahora más suave que en la tormenta. En la Fig. 1b vemos que las partículas de esta estructura se mueven con una velocidad cercana a 1m/s y lo hacen tanto hacia arriba como hacia abajo, lo que indica que su movimiento es convectivo. En este caso no tenemos ningún problema para identificar el tipo de estructura, que se trata de una **nube**. La base de ésta se encuentra ligeramente por encima de los 6000m en un inicio (sobre las 07:00h) y desciende poco a poco a lo largo del tiempo hasta llegar a un mínimo de 5000m a las 12:00h. Después comienza a subir de nuevo. En la Fig. 1c vemos que tan solo en algunos puntos por encima de los 8000m de altura y poco antes de las 09:00h la razón de despolarización equivalente tiene valores relativamente altos. Esto quiere decir que, a excepción de estos pocos puntos, la nube estará compuesta principalmente por gotas de agua y no por cristales de hielo. Es por ello que pensamos que esta estructura podría tratarse de un **altocumulus**.

La tercera estructura que podemos localizar en los datos de este día la podemos observar en el periodo de 15:00 a 17:00h en la Fig. 1a. El valor de Z es muy alto en superficie y hasta una altura aproximada de 2500m. A partir de esta altura y hacia arriba el valor decrece de forma suave, dejando de tener datos válidos a los 4000m aproximadamente. De nuevo, podemos distinguir la altura de la base de la nube utilizando la velocidad Doppler media de las partículas, Fig. 1b. Al igual que ocurría con la primera estructura, por debajo de los 2500m de altura detectamos partículas que caen a unos 3 ó 4m/s y corresponden a lluvia. Además, en la Fig. 1c vemos de nuevo que la LDR es alta en esta capa. Si consideramos que está lloviendo, por ser ésta la única explicación plausible ante los datos tomados por el radar por debajo de los 2500m, deberíamos observar una nube por encima de los 2500m. Sin embargo no observamos esto. Por encima de esta altura observamos un par de columnas para las que sí tenemos datos, pero en general, y como dijimos antes, no tenemos datos válidos por encima de los 4000m. ¿Qué está ocurriendo entonces? ¿Hay una nube o no la hay? Veremos la explicación de lo que sucede en el Ejer. 2.5, cuando hablemos sobre la estimación del tope de la nube.

La última de las estructuras presentes este día en el cielo de Granada tuvo lugar desde aproximadamente las 17:00 hasta las 24:00h, tal y como podemos ver en la Fig. 1a. Sin embargo, no todos los datos que observamos en este periodo son realmente válidos. Podemos ver que a eso de las 19:00h y hasta las 21:00h los datos aparecen como dos columnas que, aparentemente, indican que la situación atmosférica fue completamente constante durante una hora (de 19:00 a 20:00h), cambia instantáneamente y vuelve a ser constante durante otra hora (de 20:00 a 21:00h). Esto, evidentemente, no es físicamente posible. Lo que ocurre en este

intervalo de tiempo es que, por alguna razón, no tenemos suficientes datos y probablemente en el postprocesado de los datos estamos asignando a todo el periodo de una hora los datos de un instante particular de ese intervalo. Así, la situación parece que es constante cuando no lo es. Después, cuando volvemos a tener datos para otro instante, se repite la situación. A partir de las 21:00h parece que los datos tomados vuelven a tener la resolución temporal adecuada. Podemos ver que desde ese momento y hasta final del día, encontramos una capa espesa de nubes entre los 4000 y los 9000m. El factor de reflectividad es bastante alto (Fig. 1a), con valores que rondan los 15dbZe. Lo que indica la presencia de las partículas que forman la nube. Además, en esta estructura observamos algo que no habíamos visto en las anteriores. Si fijamos nuestra atención en la Fig. 1b, vemos que, en la mitad inferior de la nube (desde los 5000 a los 0000m, aprox.), hay instantes para los que las partículas caen a razón de unos 3m/s y otros instantes para los que ascienden a unos 2m/s, alternándose. La explicación que encontramos a este fenómeno es que en ese rango de alturas las gotas de agua precipitan en forma de lluvia pero antes de llegar a la superficie vuelven a evaporarse y suben de nuevo. Por otro lado, en la Fig. 1c vemos que la LDR es pequeña pero no despreciable, lo que podría indicar que la nube está formada en cierta medida por cristales de hielo. Con todo lo visto, pensamos que esta estructura corresponde a un **altostratus**.

2.1.2 Día 30 de septiembre

Pasamos ahora a describir la situación del día 30 de septiembre de 2019.

Tal y como podemos ver en la Fig. 2, este día el cielo se encuentra bastante despejado. La única presencia de nubes a lo largo del día

2.1.3 Día 22 de octubre

2.2 Ejercicio 2: Perfil de Z promedio sobre la base de un cirro

Veamos ahora el caso del cirro que podíamos observar el día 30 de septiembre de 2019.

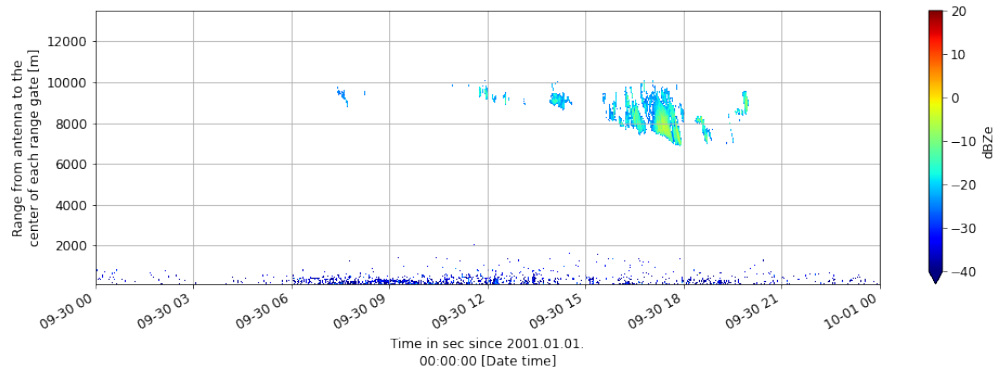
2.3 Ejercicio 3: Variación temporal del perfil de Z un día de lluvia

2.4 Ejercicio 4: Localización de plancton atmosférico

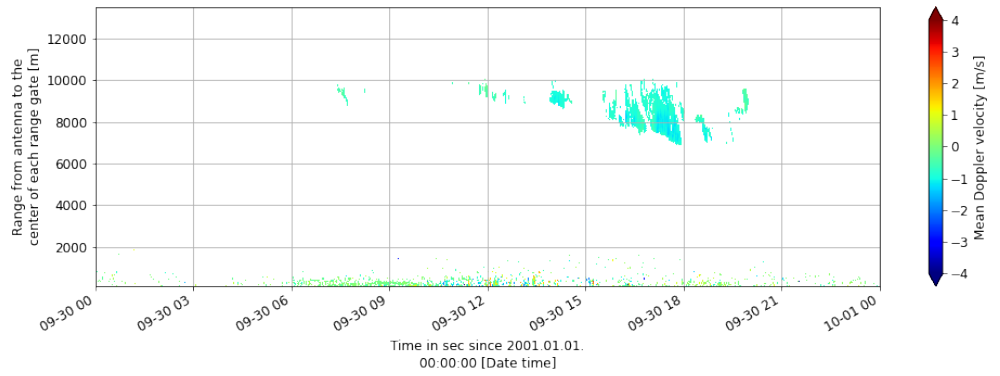
2.5 Ejercicio 5: Localización de errores en la detección del tope de la nube

Referencias

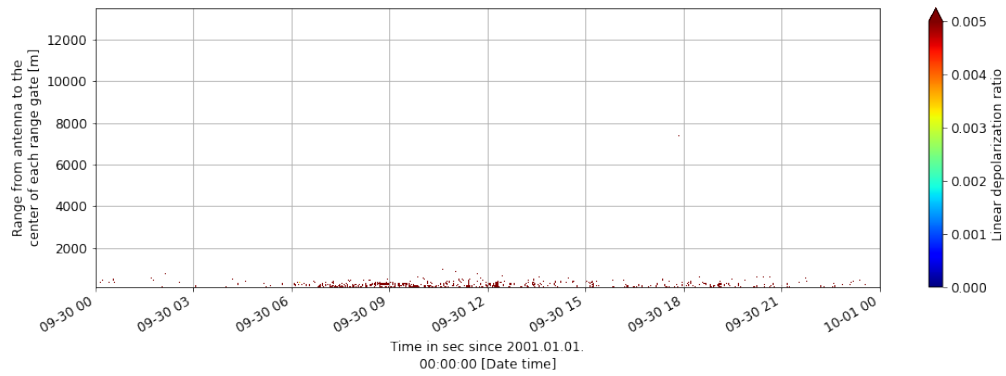
Fuegi, J. y J. Francis (2003). «Lovelace amp; Babbage and the creation of the 1843 'notes'». En: *IEEE Annals of the History of Computing* 25.4, págs. 16-26. DOI: [10.1109/MAHC.2003.1253887](https://doi.org/10.1109/MAHC.2003.1253887).



(a) Factor de reflectividad equivalente.

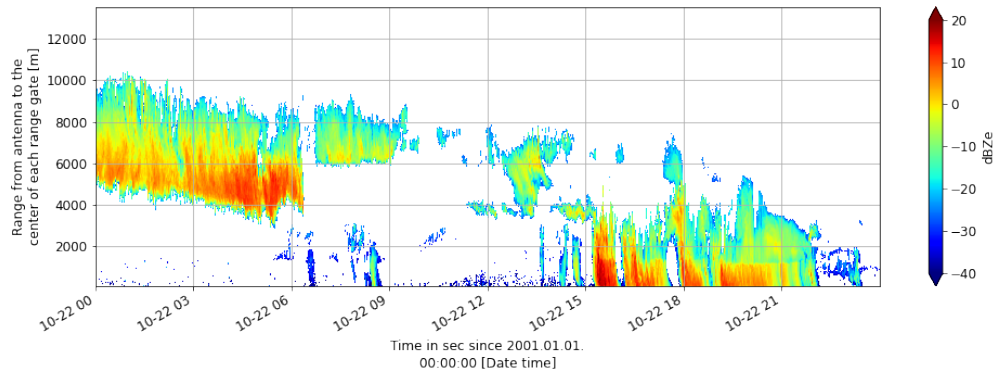


(b) Velocidad Doppler media.

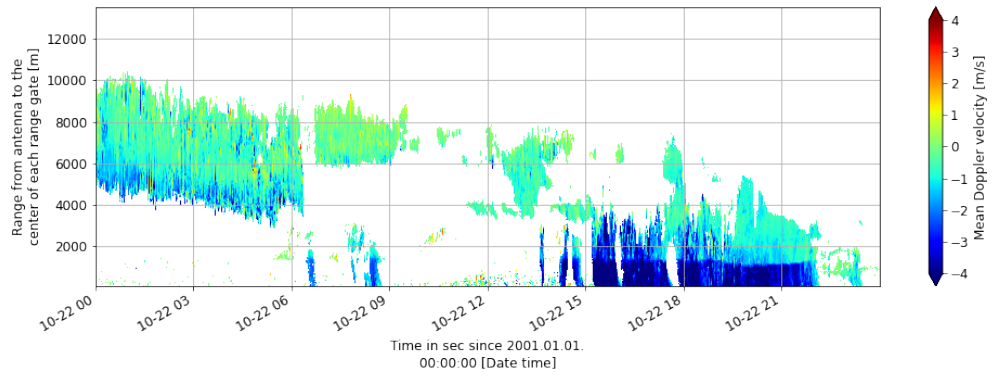


(c) Razón de despolarización equivalente.

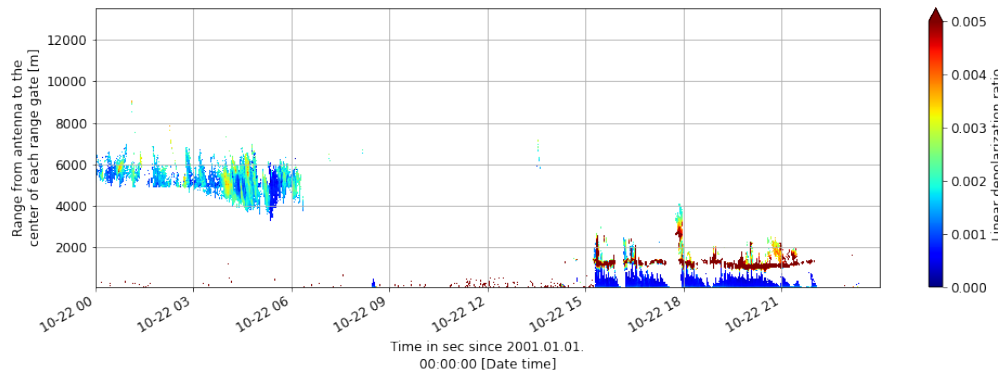
Figura 2: Datos para el día 30 de septiembre de 2019 en el periodo 0 a 24h.



(a) Factor de reflectividad equivalente.



(b) Velocidad Doppler media.



(c) Razón de despolarización equivalente.

Figura 3: Datos para el día 22 de octubre de 2019 en el periodo 0 a 24h.

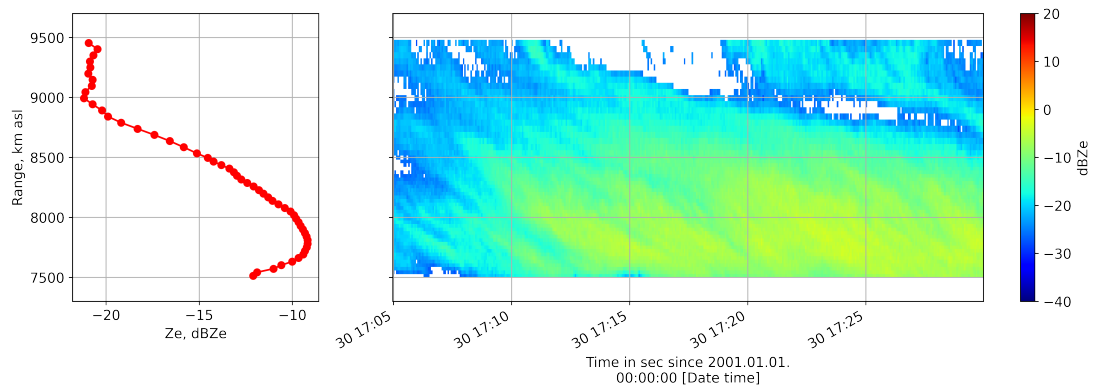


Figura 4: Perfil de Z promedio (izquierda) y quicklook (derecha) para el día 30 de septiembre de 2019 en el periodo 17:05 a 17:30h.