

Radares para estudios atmosféricos en el Perú

Yamina Silva, Danny Scipión y Jairo Valdivia
Instituto Geofísico del Perú

Introducción

Los radares meteorológicos constituyen una herramienta importante para el monitoreo de las lluvias y los vientos, ya que estos permiten obtener información sobre la localización e intensidad de la precipitación y zonas de turbulencia. Asimismo, los instrumentos en cuestión posibilitan obtener una mejor estructura espacio-temporal de los sistemas meteorológicos y son ampliamente usados en los servicios meteorológicos porque contribuyen a mejorar la predicción del tiempo, así como a los sistemas de alerta temprana ante eventos de lluvia extrema.

Es sabido que la precipitación es una de las variables meteorológicas más importantes en el Perú, puesto que, por un lado, es una de las principales fuentes de agua dulce para el consumo humano y la agricultura y, por el otro, debido a nuestra alta vulnerabilidad pueden causar pérdidas humanas y económicas, tal como ocurre, por ejemplo, cuando se desarrolla el fenómeno La Niña o El Niño. Es principalmente por este motivo que, desde el año 2015, la sede de Huancayo del Instituto Geofísico del Perú - IGP, cuenta con el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), el cual tiene instrumentos de última generación para medir diferentes parámetros atmosféricos en alta resolución temporal. Para el estudio de las precipitaciones se usan pluviómetros, disdrómetro, papel filtro, radares y satélite, los cuales registran información en alta frecuencia (desde segundos) y con una cobertura vertical que abarca hasta los 8-10 km de altura. La información obtenida busca responder preguntas tales como: ¿Qué tipo de precipitación es más frecuente?, ¿A qué hora ocurren las precipitaciones convectivas/estratiformes?, ¿De dónde proviene el aire que genera mayor/menor precipitación?, ¿Cuál es la estructura vertical de las nubes que generan precipitación? y ¿Cómo es la distribución del tamaño de las gotas de lluvia?, entre muchas otras.

Tipos de radares atmosféricos

Los radares para estudios atmosféricos se pueden dividir en dos grandes grupos:

a.- **Radares de aire claro.**- son aquellos cuyos ecos provienen de las variaciones en el índice de refracción, es decir, son sensibles a las variaciones en la presión, temperatura y humedad del aire. Estos radares también conocidos como radares perfiladores de viento, son capaces de medir ecos de turbulencia hasta aproximadamente 10 km. Luego de analizar los ecos de turbulencia es posible determinar los vientos en sus tres dimensiones, hasta las mismas alturas de donde provienen los ecos.

b.- **Radares meteorológicos.**- son aquellos sensibles a los hidrometeoros, estos pueden ser lluvia ligera, lluvia intensa, nieve, granizo, entre otros. La intensidad de los ecos recibidos depende de la concentración de las partículas dentro del volumen a analizar. Estos radares, en particular, se caracterizan por realizar escaneos horizontales a muy poca elevación, y dependiendo de su frecuencia de operación podrían llegar a realizar mediciones a un radio de distancias mayores a los 100 km. Sin embargo, sólo son capaces de medir la velocidad radial de los hidrometeoros, más no la velocidad del viento.

Radares del Instituto Geofísico del Perú

En el IGP se cuenta con radares de los dos tipos indicados en la sección anterior:

a.- Dentro de los radares de aire claro, tenemos uno de los radares más grandes para estudios de la tropósfera, estratósfera y mesósfera (MST por sus siglas en inglés), este radar es conocido como “El radar de Jicamarca”, capaz de realizar mediciones de turbulencia hasta aproximadamente 90 km de altura. En el Observatorio de Huancayo, tenemos un radar de capa límite y tropósfera (BLTR por sus siglas en Inglés). Éste radar es sensible a variaciones en el índice de refracción hasta los 8 km.

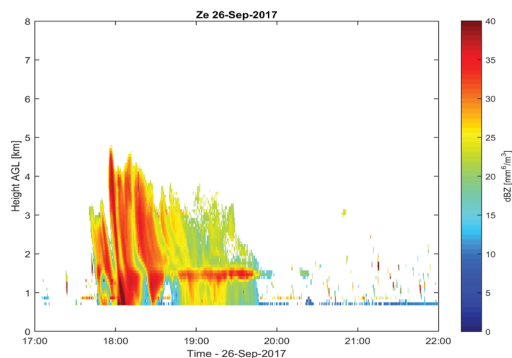
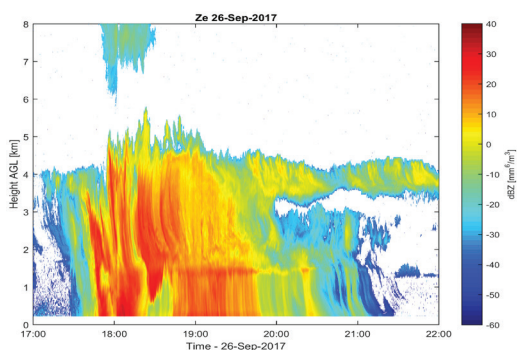


Figura 1: Reflectividad equivalente (bBZ) del radar MIRA 35C (a) y CLAIRE (b). Las zonas en tono azul celeste representan la nubosidad y las rojas regiones de mayor precipitación.

Radars para estudios atmosféricos en el Perú

Yamina Silva, Danny Scipión y Jairo Valdivia
Instituto Geofísico del Perú

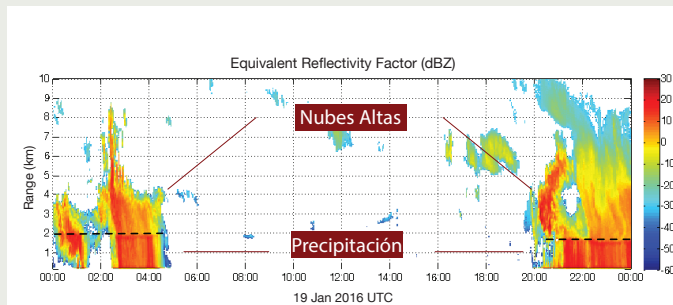


Figura 2: Reflectividad equivalente (dBZ) obtenida con el MIRA 35C para el día 19 de enero de 2016. Se identifica la capa de fusión con líneas entre cortadas de color negro.

b.- Dentro de los radares sensibles a hidrometeoros, el IGP en el 2015 adquirió un radar perfilador de nubes y precipitación MIRA 35C, el cual por su frecuencia de operación (~35 GHz) es capaz de medir además de la precipitación, ecos provenientes de las nubes. Estos ecos pueden llegar a alturas de 15 km, lo cual nos brinda información de la microfísica de nubes hasta estas alturas.

El IGP en su afán por fomentar el desarrollo tecnológico en radares, ha diseñado y construido un radar híbrido entre ambos sistemas: el radar CLAIRE (CLear Air and Rainfall Estimation; Oscanoa et al., 2016). Este radar es sensible a ecos de aire claro y precipitación, el cual opera en la frecuencia de 445 MHz y se instaló en agosto del año 2017 en el Observatorio de Huancayo con el objetivo de complementar las mediciones de los otros sistemas instalados en LAMAR. Su sensibilidad en ecos de aire claro llega hasta 3.5 km y en precipitación hasta los 5 km sobre la superficie del observatorio (3300 msnm).

Estudios de lluvias en los Andes usando radares

Tener diferentes instrumentos para medir y estimar la precipitación permite hacer un estudio que evalúe, valide y compare, no solo las señales que emiten estos radares, sino también los algoritmos de estimación de precipitación. En la Figura 1 se compara la reflectividad equivalente obtenida con los radares (a) MIRA 35C y (b) CLAIRE; el primero permite ver las nubes, ya que es sensible a partículas muy pequeñas, por ello se observan nubes hasta los 8 km de altura sobre el Observatorio de Huancayo, mientras que CLAIRE solo es sensible a la precipitación, por ello solo llega hasta los 4.8 km aproximadamente por encima de la superficie. Ambos radares están ubicados en el mismo lugar, y si bien tienen diferentes características, obtienen mediciones muy similares. Se ha observado también que

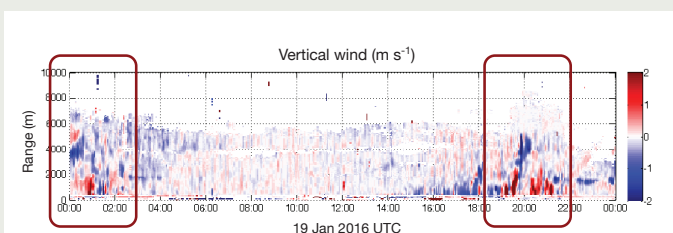


Figura 3: Velocidad vertical del viento (m/s), obtenida a partir del perfilador de vientos (BLTR) para el 19 de enero de 2016. Los tonos de color rojo indican velocidad ascendente y los azules descendentes.

CLAIRE al tener un tipo de antena diferente, es menos sensible a la atenuación por efecto de las lluvias, cosa que ocurre con el MIRA 35C al tener una antena tipo plato.

La combinación de radares de aire claro y precipitación permite, además, conocer la dinámica antes y durante los eventos de lluvias. Es sabido que durante el verano las lluvias en el valle del río Mantaro inician generalmente en horas de la tarde, tal como se aprecia en la Figura 2, un episodio de lluvias entre las 20:00 y 00:00 UTC (3 y 7pm hora local) y entre 00:00 y 05:00 UTC (7 y 00 hora local). Puede verse que las lluvias de la tarde tienen un desarrollo mayor en la vertical, en comparación con las lluvias de la noche que solo llega hasta los 4km. Usando el perfilador de vientos (BLTR), en la Figura 3 podemos observar que se tienen flujos ascendentes cerca a la superficie durante la tarde los que corresponden a nubes convectivas, mientras que durante la noche, las condiciones verticales son más estables y corresponden a nubes de tipo estratiforme. Esto es importante, porque según Villalobos (2016), usando datos del radar de banda Ku a bordo del GPM el 78% de la precipitación que ocurre en el valle del río Mantaro es de tipo estratiforme (lluvias ligeras pero continuas) mientras que el 22% es de tipo convectiva (lluvias intensas de corta duración).

Conclusiones

Los estudios usando radares y otros instrumentos para medir lluvias permiten identificar la distribución temporal, espacial y vertical. Por ejemplo, el radar MIRA35C, al tener mayor sensibilidad a partículas pequeñas, identifica nubes, mientras que CLAIRE, por la frecuencia que opera, observa mejor la capa de fusión y, también, tiene menor atenuación ante las lluvias. El perfilador de vientos permite identificar los flujos horizontales, así como los verticales, siendo estos últimos un factor importante para el desarrollo de nubes de tormenta. Los diferentes instrumentos instalados en LAMAR, permite además validar y evaluar los modelos atmosféricos, de tal manera que estos puedan ser mejorados para estudios del clima, su variabilidad y cambio climático. Finalmente, los radares arriba mencionados, pueden darnos información en tiempo real de las condiciones atmosféricas (precipitación y nubosidad) sobre el Observatorio de Huancayo, cuya evolución se puede apreciar en el siguiente link:

<http://scah.igp.gob.pe/laboratorios/lamar>

Referencias

Oscanoa, J. C. Castillo, and D. Scipión, 2016. CLAIRE: an UHF wind profiler radar for turbulence and precipitation studies, Proceedings of the 2016 IEEE XXIII international congress on electronics, electrical engineering and computing (INTERCON), p. doi: 10.1109/intercon.2016.7815577.

Villalobos, E., 2016. Validación del algoritmo de estimación de precipitación del radar de frecuencia dual (DPR) abordo del satélite GPM, usando datos de precipitación in situ sobre el valle del río Mantaro. Tesis para optar el título de Lic. en Física, UNMSM.

Agradecimientos a Innóvate Perú por el financiamiento para la adquisición y construcción de los radares, contratos N° 129-FINCYT-ECL-2014, N° 387-PNIPC-PIAP-2014 y N° 400-PNIPC-PIBA-2014.