

El uso del radar meteorológico para vigilancia de situaciones de polvo en suspensión e incendios en las islas Canarias

J. Ismael SANAMBROSIO BEIRÁN¹, Irene PEÑATE DE LA ROSA²

¹ AEMET, Delegación Territorial en Aragón

jsanambrosiob@aemet.es

² AEMET, Delegación Territorial en Canarias

ipenated@aemet.es

Resumen: En este estudio, realizado en el entorno de las islas Canarias, se trata de analizar la posible utilidad del radar meteorológico para la vigilancia tanto de episodios de intrusiones de aerosoles de origen desértico como de incendios forestales. Se establecen ciertas pautas en su uso que en algunas ocasiones van a permitir incorporar el radar en la vigilancia de estos eventos. Se exponen también algunas limitaciones como la capacidad del radar para detectar las partículas que constituyen el polvo en suspensión debido al tamaño y naturaleza de las mismas. Además, la presencia de aerosoles solo será susceptible de ser detectada por el radar si estas partículas alcanzan una altitud adecuada en la troposfera. Se presentan algunos episodios de entrada de polvo sahariano observado por medio del radar meteorológico ocurridos en el archipiélago canario entre los años 2022 a 2024. Finalmente se expone un ejemplo de un incendio forestal en la isla de Gran Canaria que permite ver cómo se pudo detectar mediante el radar el origen del penacho, así como el transporte del humo.

Palabras clave: aerosol desértico; radar meteorológico; reflectividad; terminal IRIS Display; realce WINTER; MONARCH; *dust load*.

1. INTRODUCCIÓN

En el caso de situaciones en que la atmósfera transporta grandes cantidades de polvo en suspensión, el radar meteorológico puede captar la presencia de estas partículas dependiendo de la proximidad del fenómeno y de la altura a la que se encuentre en la troposfera. La presencia de aerosoles solo será susceptible de ser detectada por el radar si se encuentran en un rango adecuado de elevación. En general, para estos episodios será útil usar realces de color que permitan identificar reflectividades por debajo de 12 dBz. La vigilancia de estos episodios será más viable si solo se espera entrada de polvo, sin presencia de precipitación y si se emplea, por ejemplo, el realce WINTER en un terminal IRIS Display. Sin embargo existen algunas limitaciones para detectar eventos de polvo en suspensión con el radar. En primer lugar los materiales que constituyen el polvo en suspensión no son granos de arena sino partículas de tamaño muy inferior, de hasta unas decenas de micrómetro, y en cuanto a su composición suelen ser carbonatos, arcillas, cuarzo y óxidos de hierro y manganeso. Por estas dos razones, se tendrán valores de reflectividad bajos, generalmente inferiores a 30 dBz en las imágenes radar, con patrones de aspecto granular y contornos difusos o mal definidos. Esto supone una primera limitación para detectar estos eventos con el radar, pero además se puede precisar que las partículas de polvo de mayor tamaño no alcanzan la misma altura que las más pequeñas, por lo cual los valores de reflectividad mayores se podrán encontrar más cerca de la superficie. Si además se tiene en cuenta que el radar de Canarias está ubicado en la isla de Gran Canaria a una altitud de unos 1800 msnm (800 hPa) en el pico de Los Moriscos, resulta evidente que en la primera exploración a 0,5° de elevación, solo se podrán detectar partículas de polvo cuando se encuentren cerca del radar a altitudes por encima de esos 1800 msnm. Al alejarse del radar, la altura del PPI a una distancia de unos 150 km del radar, por ejemplo, es de unos 3000 msnm, o de unos 6800 msnm si uno se va a 240 km de

distancia del radar. De manera que a estas distancias el radar detectará solo partículas muy pequeñas cuando lleguen a estas alturas y que darán reflectividades muy bajas.

A continuación se presentan algunos ejemplos de episodios de entrada de polvo sahariano ocurridos en el archipiélago canario entre los años 2022 a 2024 que se han podido detectar por medio del radar meteorológico. Como apoyo a este estudio se han empleado imágenes de satélite y secciones verticales de aerosoles obtenidas a partir del modelo de polvo regional MONARCH, desarrollado por el BSC-CNS (Barcelona Supercomputing Center-Centro Nacional de Supercomputación, <https://www.bsc.es>) y que es el modelo de referencia del WMO Barcelona Dust Regional Center (<https://dust.aemet.es/>). Estas secciones aportan información sobre la concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$), la carga de polvo (*dust load*) que se refiere a la cantidad total de polvo mineral en suspensión integrado verticalmente en una columna atmosférica (g m^{-2}) y sobre la altitud alcanzada por los aerosoles (m). La sección utilizada tiene una dirección de 120° y se extiende desde el punto de latitud $24,90^\circ$ N y longitud $13,00^\circ$ W hasta el punto de latitud $29,50^\circ$ N y longitud $16,90^\circ$ W, pasando por Las Palmas (isla de Gran Canaria) por un punto de latitud $27,92^\circ$ N y longitud $15,55^\circ$ W. Las características de dicho modelo puede consultarse en:

<https://dust.aemet.es/products/dust-products-catalogue>

Como apoyo a este estudio se han empleado también secciones verticales de aerosoles obtenidas a partir del modelo global CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) a través del modelo ECMWF, que no se presentan en el documento. Dicha comparación ha corroborado los resultados obtenidos a partir de los perfiles extraídos del modelo de polvo regional MONARCH cuyas salidas sí se muestran en este documento.

2. ENTRADA DE POLVO SAHARIANO SIN PRESENCIA DE PRECIPITACIÓN EN CANARIAS DETECTADO CON EL RADAR METEOROLÓGICO

Durante los diferentes episodios de entrada de polvo sahariano ocurridos en el archipiélago canario, en los que se ha podido detectar —por medio del radar meteorológico de AEMET— la presencia de este meteoro debido a que la intrusión ha alcanzado alturas suficientes, destacan los producidos durante el mes de enero de 2022. Se describirán a continuación algunos de los días más relevantes en cuanto a la detección por medio del radar de estos eventos. Se presentan cuatro situaciones de entrada de calima en altura.

2.1. Episodio de los días 27 y 28 junio de 2023

Situación de anticiclón atlántico con centro al oeste de Azores que aporta estabilidad a Canarias, con viento del norte flojo y húmedo en superficie. En niveles medios y altos predomina una masa de aire muy cálida y seca, con flujo del sureste y con aporte de calima en cotas altas, aunque no significativa. El polvo en suspensión afecta principalmente a las islas orientales empezando por Lanzarote y Fuerteventura el día 25 por la tarde. El día 28 el flujo del sureste tiende a debilitarse. Además, durante el evento se registraron temperaturas extremas con valores máximos que alcanzaron localmente los $39,0$ – $40,6^\circ\text{C}$ en las islas de Tenerife y Gran Canaria. El día 27 de junio de 2023 entre las 15 y las 19 UTC se observan señales radar que pueden ser interpretadas como entrada de calima afectando a las islas más orientales (figura 1 izquierda). Según la salida del modelo de polvo MONARCH se observan a las 18 UTC concentraciones de aerosoles en el entorno de Las Palmas entre 200 y $500 \mu\text{g m}^{-3}$ a partir de una altitud de unos 1800 msnm alcanzando al menos los 4000 msnm (figura 1 derecha).

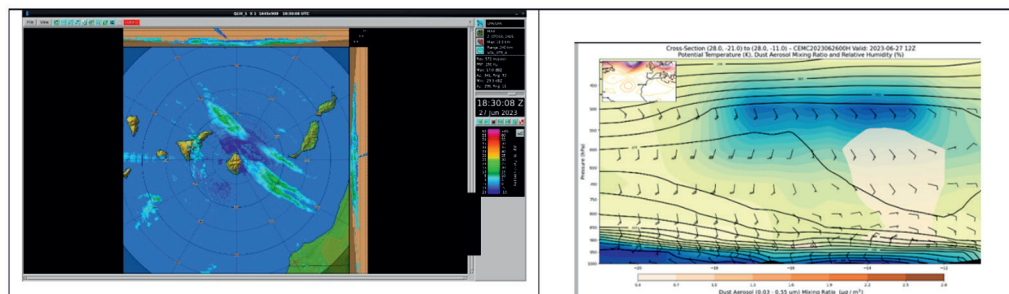


Figura 1. Imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 27 de junio de 2023 a las 18:30 UTC (izquierda). Corte vertical del modelo de polvo MONARCH, sobre la isla de Gran Canaria, concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$) y altitud (m) del mismo día 27 de junio a las 18 UTC (derecha).

2.2. Episodio del 10 al 13 de abril de 2024

Se analiza una situación de entrada de polvo en suspensión sobre Canarias que tiene mayor presencia en cotas altas bajo la acción de un alisio intenso establecido sobre Canarias el día 10 de abril y bajas presiones sobre África. Este día las mayores concentraciones de polvo afectaron a últimas horas a las vertientes sur y este de las islas centrales. El día 11 el viento en superficie pierde intensidad, pero entre los niveles de 850 y 925 hPa gira progresivamente a componente este generando una intrusión de calima que afectó especialmente a medianías y cumbres de las vertientes sur del archipiélago y que fue avanzando de este a oeste. La calima también tuvo efecto en superficie dando lugar a reducciones de visibilidad entre 3000 y 5000 m en Lanzarote y Fuerteventura, que comenzaron el día 12 y fueron más intensas los días 13 y 14. El día 12 el viento en superficie era de este a nordeste tendiendo a componente sur conforme ascendía, continuando con el arrastre de polvo hasta el día 14. Este episodio está acompañado de un ascenso de temperaturas que da lugar a un aviso amarillo entre los días 11 a 14 por temperaturas extremadamente altas para un mes de abril que alcanzaron localmente los 38°C el día 11 en el suroeste

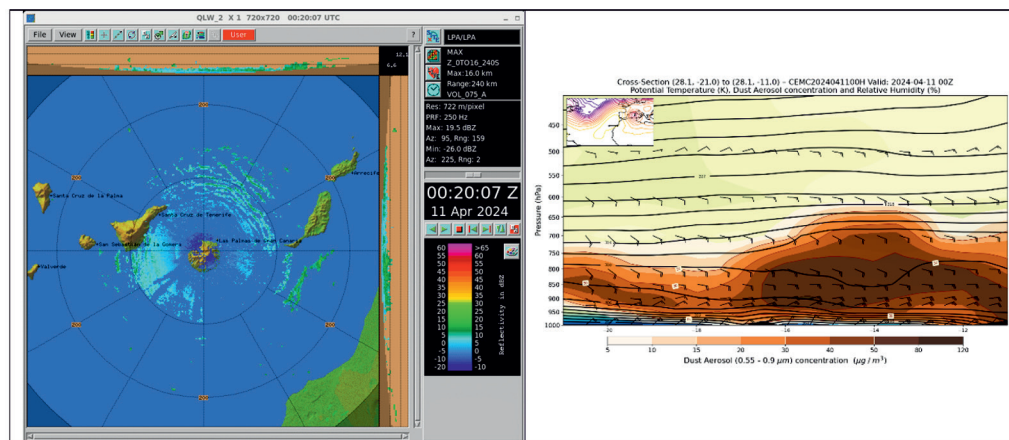


Figura 2. Imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 11 de abril de 2024 a las 00:20 UTC (izquierda). Corte vertical del modelo de polvo MONARCH sobre la isla de Gran Canaria, concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$) y altitud (msnm) del mismo día 11 de abril a las 12 UTC (derecha).

de Gran Canaria y sur de Tenerife y Fuerteventura. En la imagen radar del día 11 de abril de 2024 de madrugada (figura 2 izquierda) se observan algunas estructuras al sur y oeste de Fuerteventura que podrían corresponder a polvo en suspensión. Analizando el perfil de polvo con la salida del modelo MONARCH, se observan a las 12 UTC concentraciones de polvo en el entorno de Las Palmas entre 500 y 2000 $\mu\text{g m}^{-3}$ desde superficie hasta altitudes de unos 2400 msnm. Así como entre 200 y 500 $\mu\text{g m}^{-3}$ desde superficie hasta unos 3300 msnm (figura 2 derecha).

2.3. Episodio del 23 al 24 de octubre de 2024

Durante este evento en Canarias predominaba una situación de alisio moderado en superficie. El día 23 de octubre se produce una advección de polvo entre los niveles de 850 y 925 hPa con flujo de sur a sureste afectando principalmente a las islas más orientales y aumentando de intensidad el día 24. La situación de calima se mantiene hasta el día 25 incidiendo en cotas altas sin ser significativa. El día 24 entre las 12 y las 21 UTC se detectan señales susceptibles de ser identificadas por el radar como intrusiones de polvo (figura 3 izquierda). Según el modelo de polvo MONARCH, se observan a las 18 UTC concentraciones de aerosoles desérticos en el entorno de Las Palmas entre 200 y 500 $\mu\text{g m}^{-3}$ desde altitudes entre 1500 y unos 2000 msnm. Así como entre 50 y 200 $\mu\text{g m}^{-3}$ desde 1000 hasta 2500 msnm aproximadamente (figura 3 derecha).

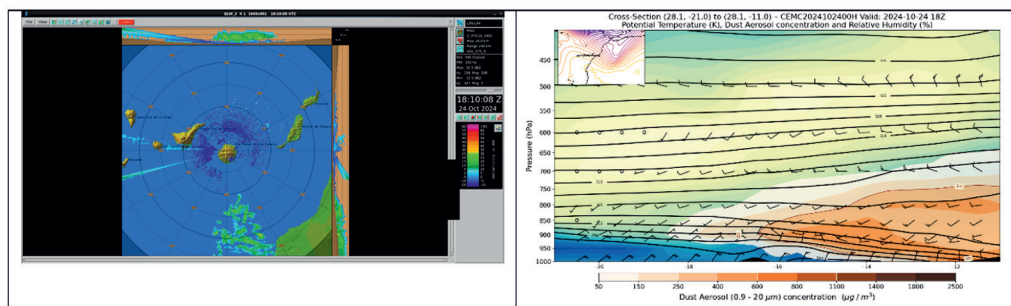


Figura 3. Imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 24 de octubre de 2024 a las 18:10 UTC (izquierda). Corte vertical del modelo de polvo MONARCH sobre la isla de Gran Canaria, concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$) y altitud (m) del mismo día 24 a las 18 UTC (derecha).

2.4. Episodio del día 9 de enero de 2022

Este día, en niveles bajos la situación se caracterizaba por dos centros de altas presiones (uno al este de Azores y otro al norte de África) así como un pequeño centro de bajas presiones al suroeste de las islas que generaba viento del este o sureste y que arrastraba polvo en suspensión provocando una ligera reducción de visibilidad más perceptible en zonas altas. El día 9 de enero de 2022 entre las 00 y las 12 UTC las reflectividades por debajo de 15 dBz y la posición de los ecos (figura 4 izquierda), en consonancia con las salidas del modelo de polvo MONARCH, inducen a pensar que el polvo alcanzó en el entorno de Las Palmas concentraciones entre 200 y 500 $\mu\text{g m}^{-3}$ desde superficie hasta altitudes de unos 1400 msnm y entre 50 y 200 $\mu\text{g m}^{-3}$ hasta unos 1800 msnm (figura 4 derecha).

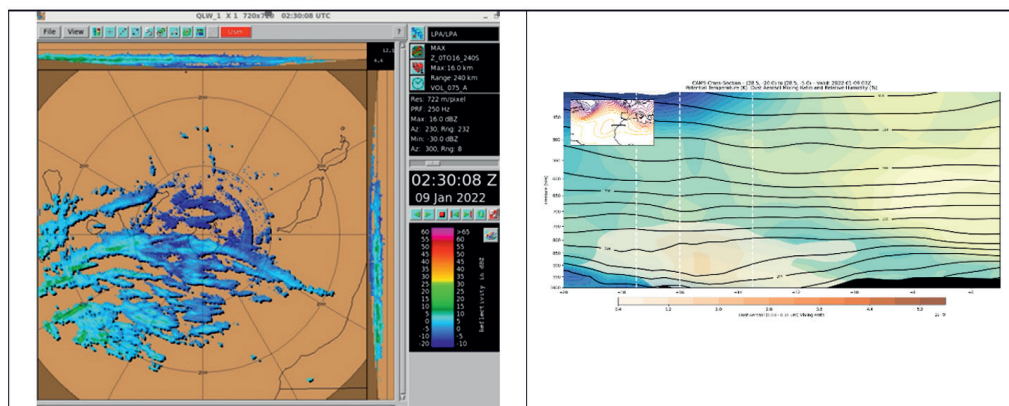


Figura 4. Imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 9 de enero de 2022 a las 02:30 UTC (izquierda). Corte vertical del modelo de polvo MONARCH sobre la isla de Gran Canaria, concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$) y altitud (m) para el mismo día 9 a las 12:00 UTC (derecha).

3. ENTRADA DE POLVO SAHARIANO JUNTO CON PRECIPITACIÓN EN CANARIAS DETECTADOS CON EL RADAR METEOROLÓGICO. EPISODIO DEL 16 Y 17 DE ENERO DE 2022

Se analiza la situación de los días 16 y 17 de enero de 2022, cuando una borrasca atlántica afecta a las islas. Al mismo tiempo el desalojo de una masa de polvo de origen sahariano provoca reducciones importantes de visibilidad. La configuración sinóptica sitúa a Canarias entre un sistema de bajas presiones al oeste de las islas y un anticiclón al norte de África estableciendo un flujo del este-sureste sobre las islas en niveles bajos que induce una circulación con gran recorrido sobre el desierto del Sahara dado lugar a calimas que afectan sobre todo a las islas orientales. Dicha invasión de aerosoles del desierto sobre el archipiélago canario comenzaba el día 14 y provocaba reducciones de visibilidad de hasta 600 m los días 16 y 17 lo cual motivó la emisión de avisos, persistiendo el polvo en suspensión hasta el día 22. En la figura 5 se muestra esta entrada de aerosoles saharianos mediante una imagen RGB natural del 17 de enero de 2022 a las 17:00 UTC.

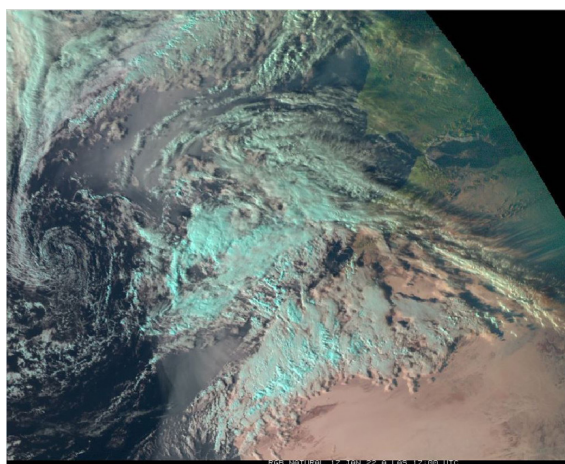


Figura 5. Imagen RGB natural del 17 de enero de 2022 a las 17:00 UTC.

Al oeste de Canarias se formaba una zona de bajas presiones con nubosidad de origen sub-tropical que afectaba al archipiélago produciendo tormentas acompañadas de precipitaciones de tipo convectivo sobre las islas occidentales el día 17. Las áreas con ecos de precipitación son áreas mejor definidas y con colores más continuos, en este caso verde más brillante, amarillos y naranjas. Las áreas donde los ecos con más probabilidad se deben a polvo en suspensión tienen un aspecto granular, con contornos peor definidos y con valores más bajos de reflectividad (por debajo de 15 o 20 dBz, aproximadamente), que se sitúan en el extremo sur de la cobertura radar y al oeste de Fuerteventura. Esta distribución espacial del polvo en torno al archipiélago concuerda bastante bien con las áreas afectadas por la calima según las salidas de los modelos de polvo atmosférico aportadas por CAMS. Así, a lo largo del día se pudieron apreciar áreas sin precipitación, pero con ciertos ecos que podrían provenir exclusivamente del polvo en suspensión, con los patrones que ya se han indicado de aspecto granular, contornos peor definidos y valores bajos de reflectividad. Al final del día 17, entre las 21 y las 24 UTC en las imágenes radar se detectan unas pequeñas estructuras que podrían corresponder a este fenómeno, al norte de Fuerteventura y al suroeste de Gran Canaria (figura 6 izquierda). La calima durante este periodo podría haber alcanzado alturas de hasta unos 2500 msnm según el modelo MONARCH, como se observa a las 21 UTC en el entorno de Las Palmas aunque en bajas concentraciones en comparación con los otros episodios analizados, siendo del orden de 20 a 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ desde superficie hasta la altitud mencionada (figura 6 derecha).

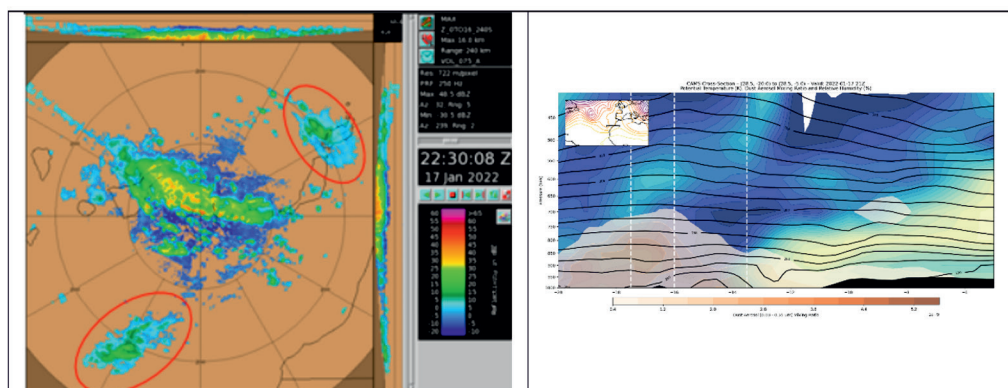


Figura 6. Imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 17 de enero de 2022 a las 22:30 UTC (izquierda); los ecos que pueden corresponder a polvo en suspensión se señalan con elipses de color rojo. Corte vertical del modelo de polvo MONARCH sobre la isla de Gran Canaria, concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$) y altitud (m) para el mismo día 17 a las 21:00 UTC (derecha).

La imagen combinada de máximos de reflectividad del día 18 a las 03:30 UTC con el realce WINTER (figura 7 izquierda) permite contrastar algo mejor las áreas donde los ecos pueden corresponder a polvo en suspensión, como una banda que se extiende desde Fuerteventura hacia el noroeste o unas pequeñas estructuras al sur de Gran Canaria. Durante el día 18, según los productos derivados del modelo MONARCH, se observan a las 03:00 UTC concentraciones de aerosoles en el entorno de Las Palmas similares al episodio anterior, entre 50 y 200 $\mu\text{g m}^{-3}$. Desde superficie la intrusión de polvo podría alcanzar altitudes de unos 3300 msnm (figura 7 derecha).

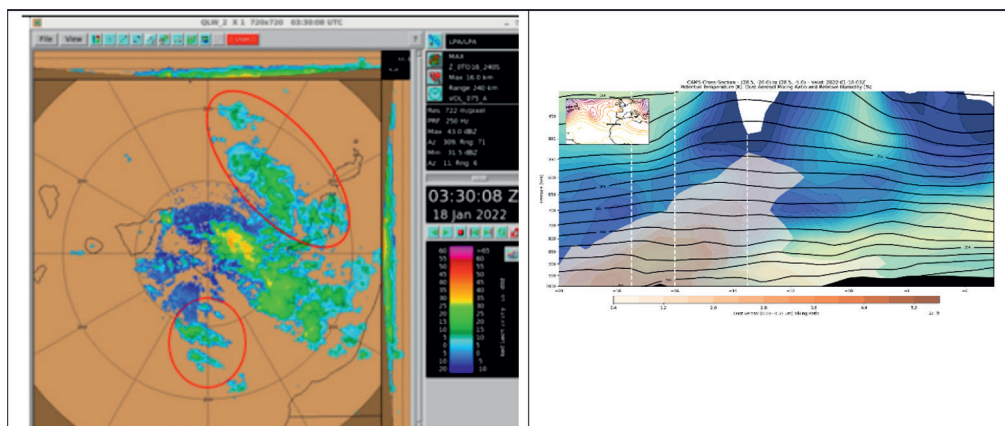


Figura 7. Imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 18 de enero de 2022 a las 03:30 UTC (izquierda); los ecos que pueden corresponder a polvo en suspensión se señalan con elipses de color rojo. Corte vertical del modelo de polvo MONARCH sobre la isla de Gran Canaria, concentración de polvo ($\mu\text{g m}^{-3}$) y altitud (m) para el mismo día 17 a las 03:00 UTC (derecha).

4. VIGILANCIA DE INCENDIOS FORESTALES A TRAVÉS DEL RADAR. SEGUIMIENTO DE UN INCENDIO FORESTAL EN CANARIAS DETECTADO CON EL RADAR METEOROLÓGICO, EL DÍA 25 DE JULIO DE 2023

Otra aplicación del radar meteorológico a tener en cuenta es su uso para vigilancia de incendios forestales. A continuación se presenta un ejemplo de un incendio forestal en la isla de Gran Canaria que permite ver cómo se pudo detectar mediante el radar el origen del penacho, el transporte del humo, así como el cambio de viento con la altura. En la figura 8 se puede observar la presencia del penacho en un incendio que afectó a la isla de Gran Canaria (zona de cumbre) el día 25 de julio de 2023 a las 13:00 UTC. Los ecos debidos al incendio se presentan en colores amarillos y verdes.

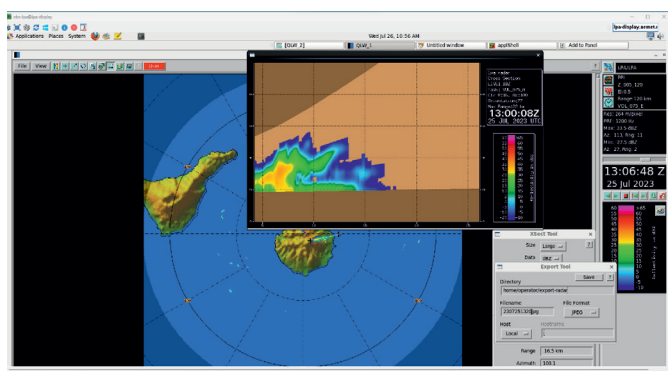


Figura 8. Imagen del PPI de reflectividad, con realce WINTER, del radar de Gran Canaria del día 25 de julio de 2023 a las 13:00 UTC, junto con una sección vertical a lo largo del penacho.

5. CONCLUSIONES

El uso de imágenes de radar meteorológico puede ser útil en determinadas ocasiones en la vigilancia de episodios de polvo de origen desértico y de incendios forestales. En base a este estudio, realizado en el entorno de las Canarias, se pueden establecer ciertas pautas que en algunas ocasiones permiten incorporar imágenes de radar en la vigilancia de estos eventos.

- Si solo se espera entrada de polvo, sin presencia de precipitación, hacer la vigilancia en un terminal IRIS Display, utilizando el realce WINTER, lo que permitirá ver estructuras con reflectividades por debajo de 15 o 20 dBz.
- Un producto adecuado podría ser la imagen combinada de máximos de reflectividad, que permitirá ver en las solapas laterales la posible extensión vertical de la intrusión de polvo y a qué alturas esta puede ser más intensa.
- Tratar de identificar áreas con los patrones señalados, un aspecto granular, con contornos mal definidos y con valores bajos de reflectividad, digamos inferiores a 20 dBz. Diferenciarlos de los ecos de precipitación (reflectividades de cierta intensidad, con contornos bien definidos, asociados a nubes de cierto desarrollo y en ocasiones acompañados de actividad eléctrica).
- Tener en cuenta que solo serán visibles si el polvo en suspensión llega a suficiente altitud en la atmósfera como para interferir con los haces de las exploraciones radar y esta altura depende de la proximidad o lejanía al propio radar, situado en la isla de Gran Canaria. La presencia de estos fenómenos solo se podrá detectar si alcanzan alturas superiores a unos 1800 msnm (800 hPa) cerca del radar.
- En base a discriminar los ecos de precipitación y los debidos al polvo es necesario hacer un seguimiento exhaustivo de la situación analizando salidas de modelos numéricos, así como las de la aplicación YRADAR.
- A veces no se podrán distinguir unos y otros y se mantendrá la incertidumbre al respecto, o simplemente será una situación en que están teniendo lugar de manera simultánea los dos fenómenos.
- En la identificación de penachos en el caso de incendios forestales también es útil la imagen combinada de máximos de reflectividad, con realce WINTER, así como secciones verticales donde los ecos producidos por el incendio se verán en colores amarillos y verdes. A través de estas imágenes se pueden detectar el origen de penacho, el transporte y dirección del humo, así como el cambio de viento con la altura.

AGRADECIMIENTOS

A Ernest Werner Hidalgo y Gerardo García-Castrillo Ruiz (DT de AEMET en Cataluña) por generar las salidas de perfiles de aerosoles derivados de modelos de polvo MONARCH, así como la comparación con las salidas del modelo ECMWF que han sido empleadas en este estudio.

A Juan José Rodríguez Franco (DT de AEMET en Canarias) por generar salidas de perfiles de aerosoles a partir de datos de Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) a través del modelo ECMWF para hacer comparaciones con el modelo de polvo empleadas en este análisis.

A Darío Cano Espadas por su contribución en el estudio del episodio de enero de 2022.

REFERENCIAS

CANO, D. y PEÑATE, I., 2022. Situación meteorológica en Canarias el 17 de enero de 2022. *Revista Tiempo y Clima*, 5 (76). <https://pub.ame-web.org/index.php/TyC/article/view/2520/>. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/15796>

DOCUMENTACIÓN

<http://cieloazul.aemet.es/?sel=clm>

<https://atmosphere.copernicus.eu>

<https://dust.aemet.es/products/daily-dust-products>

<https://dust.aemet.es/products/dust-products-catalogue>

<https://www.bsc.es/es>