

UN CASO EXTRAORDINARIO DE PROPAGACIÓN ANÓMALA EN EL RADAR DE MADRID (*)

José Luis Camacho

(Servicio de Teledetección, -INM-)

RESUMEN

La propagación anómala afecta a las imágenes de radar bajo determinadas circunstancias: gradientes fuertes de temperatura y humedad. Éste es un caso extremo que afecta a una gran extensión de la imagen y que se sale de las características normales. La interpretación de los datos de radar meteorológico en solitario hubiera sugerido la presencia de grandes precipitaciones.

1. Introducción.

El día 13 de agosto de 1992 a las 06:20Z, había en las imágenes de radar una serie de ecos débiles en las pequeñas elevaciones en los valles del Henares y el Jarama al Nordeste de Barajas. Estos ecos son habituales en casos de propagación anómala. Al Noreste de Cuenca aparecían otros, ya menos habituales y que, en otro momento del día podrían ser confundidos por nubosidad de evolución en las montañas.

Por último, aparecía una cadena de ecos desde el Campo de San Juan en Ciudad Real hasta Albacete con reflectividades altas. Como primer reflejo de operador radar, se pidió el ECHOTOP para discernir si eran ecos de precipitación o eran debidos a la propagación anómala. El resultado fue la interesante Imagen D12-1 de la separata de este volumen. Los ecos sobrepasaban los 7 km en zonas lejanas al radar. En la zona Albacete-Chinchilla, se alcanzaban incluso los 13 km. Ello

implicaba que una parte importante de las elevaciones estaba recibiendo ecos de esa zona. Un corte vertical de uno de los núcleos daba la impresión de haber atrapado una célula convectiva en fase de madurez, si bien los gradientes verticales (con ecos próximos a los 60 dBz en el nivel más bajo) eran excesivamente grandes. ¿Se habría desarrollado algún sistema convectivo de origen desconocido en La Mancha, a pesar de algunos signos evidentes de propagación anómala?.

2. El fenómeno.

El haz de radar se propaga en un medio no conductor y anisótropo. Cambios en su densidad y en el contenido de vapor de agua, inducen cambios en las condiciones de propagación.

Considerando condiciones iniciales: atmósfera estratificada esféricamente (la humedad, temperatura y presión sólo dependen de la coordenada

(*) En la separata de este volumen hay tres imágenes en color correspondientes a esta comunicación.

vertical) y una variación lineal de éstas que den una variación del índice de refracción con la altura

$$n/\delta h = -(1/4) \cdot R \quad (R=\text{Radio de la Tierra}) \quad [1]$$

El resultado es que un haz que se propagase con ángulo de elevación igual a 0 recorrería una trayectoria pegada al terreno si la Tierra tuviera un radio igual a 413 del que tiene. Con esta variación del índice de refracción se calculan las alturas sobre el terreno del haz. Éstas son las alturas sobre el nivel del radar (700 m) a 100 y 200 km de las elevaciones más bajas del Radar de Madrid en condiciones normales:

	0,5	1,4	2,3	3,2	4,1
100 km	1,4	3,0	4,5	6,1	7,6
200 km	4,0	7,4	10,5	13,7	16,0

Bajo condiciones normales, los ecos de tierra que son vistos por el radar quedan enmascarados por el procedimiento de conversión y se toma en esos *pixels* contaminados el valor de reflectividad del más próximo considerado como libre de ecos de tierra.

En ocasiones, el índice de refracción disminuye bruscamente con la altura. Este caso se da en inversiones de temperatura de gran potencia y que confinan debajo de ellas aire muy húmedo. Los dos casos más claros son las inversiones de radiación y las inversiones propias de anticiclones oceánicos o mediterráneos. Bajo estas condiciones y siempre que la inversión se encuentre siempre a un nivel ligeramente superior al del radar, tiende a producirse el caso. Los haces se encuentran siempre a un nivel más bajo que el que se le supone y aparecen ecos orográficos en zonas en las que se supone que están eliminados. Podemos separar dos situaciones según la gravedad del fenómeno:

El gradiente del índice de refracción es tal que el haz tiende a doblarse hacia la tierra más de lo que indica el modelo de los 413 pero sin llegar a tocarla, permaneciendo sensiblemente paralelo a la superficie terrestre. En este caso aumenta la posibilidad de encontrar ecos de segunda generación procedentes de ecos meteorológicos lejanos o bien de encontrar obstáculos orográficos a los que el haz llegaba con cierta altura o los sobrepasaba y que ahora son interceptados (caso de subrefracción).

La variación del índice de refracción es tal que el haz queda atrapado bajo la inversión térmica, sufriendo rebotes en tierra y en la base de la inversión. Con este fenómeno obtenemos

una visión inusual de los obstáculos orográficos en la zona en que se producen (caso de haz atrapado y canalizado), (véase la Figura 1).

3. El caso.

El radiosondeo de Madrid-Barajas de las 00 TMG del 13 de agosto de 1992 muestra una inversión poco potente desde la superficie hasta 900 metros sobre el nivel del mar. La temperatura de la cima de esta inversión es de 26,2 grados Celsius. Por encima de ella el aire es muy seco. La temperatura en superficie es de 24,4. Con estas condiciones, la inversión de temperatura queda 200 metros por encima del nivel del Radar de Torrejón de Velasco. A esta hora, no se observaban ecos en el PPI. Pero el enfriamiento nocturno, con vientos débiles o calmas, obraba poderosamente y pronto cayó la temperatura por debajo de los 20 grados Celsius al nivel de la superficie, registrándose en los *métar* de Barajas temperaturas de 16 grados alrededor de las 06 TMG. A esa hora Albacete da 16 grados y Getafe 17. Suponiendo poca variación de la temperatura al nivel de la inversión obtenemos una diferencia de ¡10 grados! con respecto al suelo. Observamos también que en Albacete los puntos de rocío son altos con lo que podemos suponer que al efecto del gradiente térmico se le puede superponer el efecto del gradiente de humedad.

Observando la imagen del ECHOTOP (en la separata del libro) se aprecian ecos a nivel 7 u 8 km a unos 100 km de distancia y de 11 a 13 km un poco más allá de los 200 km. Ello implica, aceptando el recurvamiento de los haces hacia el suelo y la no existencia de ecos meteorológicos, que hasta la quinta elevación, el haz ha quedado atrapado entre tierra y la inversión, asemejándose sus trayectorias a las de una serpiente, con diversos rebotes en el suelo y en la base de la inversión. Ello explica también las pequeñas variaciones en la forma de los ecos de una imagen a otra y las "desapariciones" de algunas zonas en cuanto cambian ligeramente las condiciones de propagación.

Por comparación en esta imagen, fijémonos en los ecos al Noreste de Madrid que muestran un caso de propagación anómala digamos "normal", con topes de sólo 1 km ó 2, fruto del eco de sólo la primera elevación del volumen polar.

Las imágenes Doppler (véase separata) muestran ecos de segundo retorno y, atención a este detalle, pues ello indica que el producto

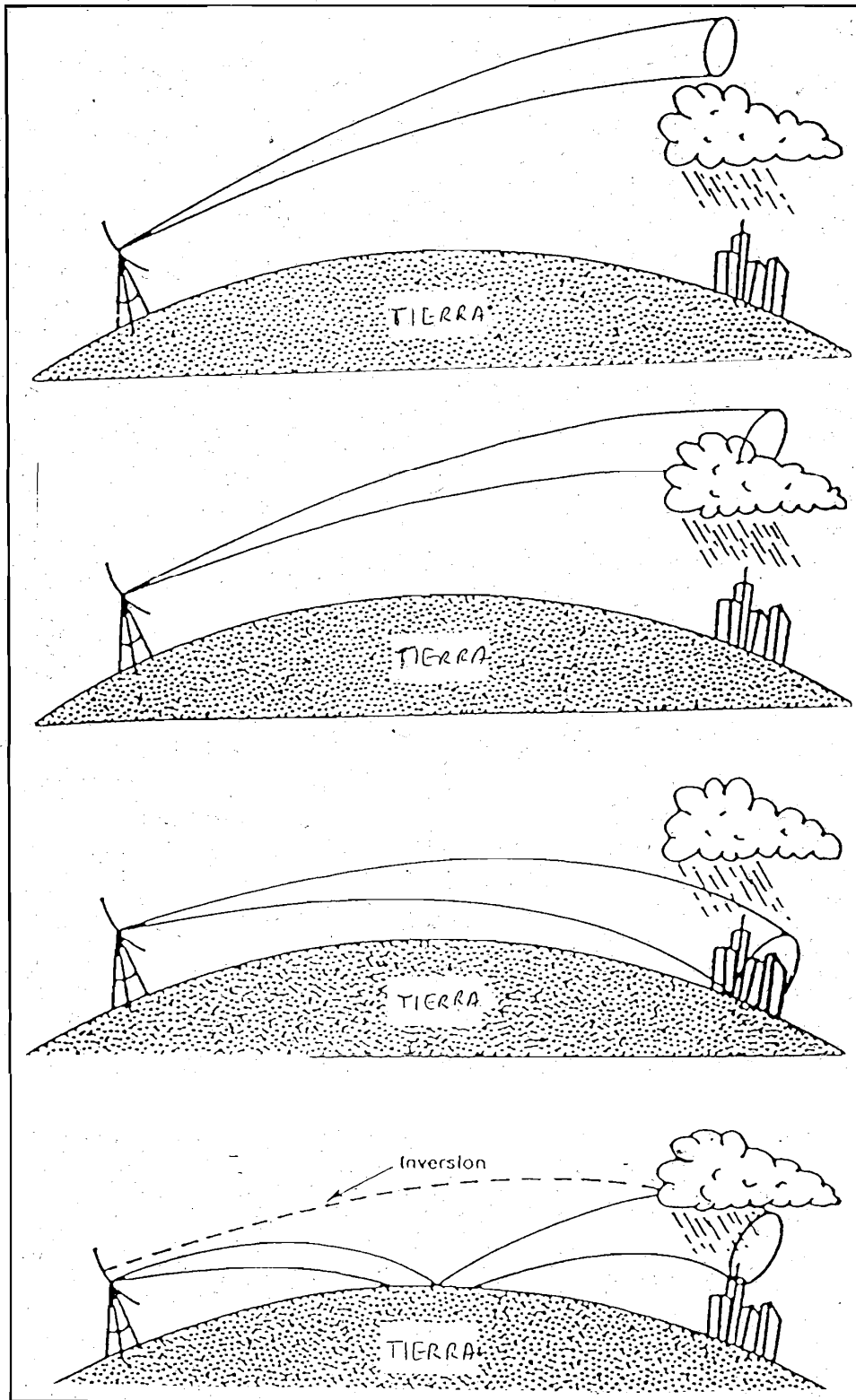


Figura 1.- De arriba a abajo:

- Refracción normal
- Subrefracción
- Superrefracción (caso de propagación anómala "normal")
- Haz atrapado (caso aquí estudiado)

reflectividad Doppler se muestra incapaz de discernir entre ecos de tierra lejanos y ecos meteorológicos. Observemos que al Noreste de Madrid, dentro del radio de 120 km, sí son eliminados los ecos de tierra debidos a propagación anómala, apareciendo algunos ecos de segundo retorno lejanos. En este caso, el producto viento Doppler sí es definitivo en la eliminación de ecos de tierra lejanos o cercanos, no apareciendo más que unos pocos puntos inconexos, cosa que no ocurriría de ser ecos meteorológicos (de primer o segundo retorno) en los que tendríamos algún tipo de estructura en este producto.

4. El tratamiento.

Este tipo de casos no es muy frecuente pero conviene tenerlo identificado. Se recomienda el siguiente procedimiento para verificar e identificar la propagación anómala.

- Chequeo del ECHOTOP junto al ZMAX. Ecos poco altos asociados a núcleos de gran reflectividad deberán proceder de reflexiones del haz con el terreno. Si los ecos son altos, el gradiente vertical de reflectividad siempre será decreciente con la altura.

- Chequeo de reflectividad Doppler en un rango inferior a 120 km. Sólo aparecerán los ecos de tierra más lejanos de este rango y como ecos de segundo retorno.

- Chequeo del viento Doppler. Nos servirá para eliminar estos últimos, En el caso de que apareciera también la señal, sospecharemos que son ecos meteorológicos.

Y por supuesto los procedimientos previos de sentido común como mirar por la ventana y consultar las imágenes de satélite en canal IR y VIS.

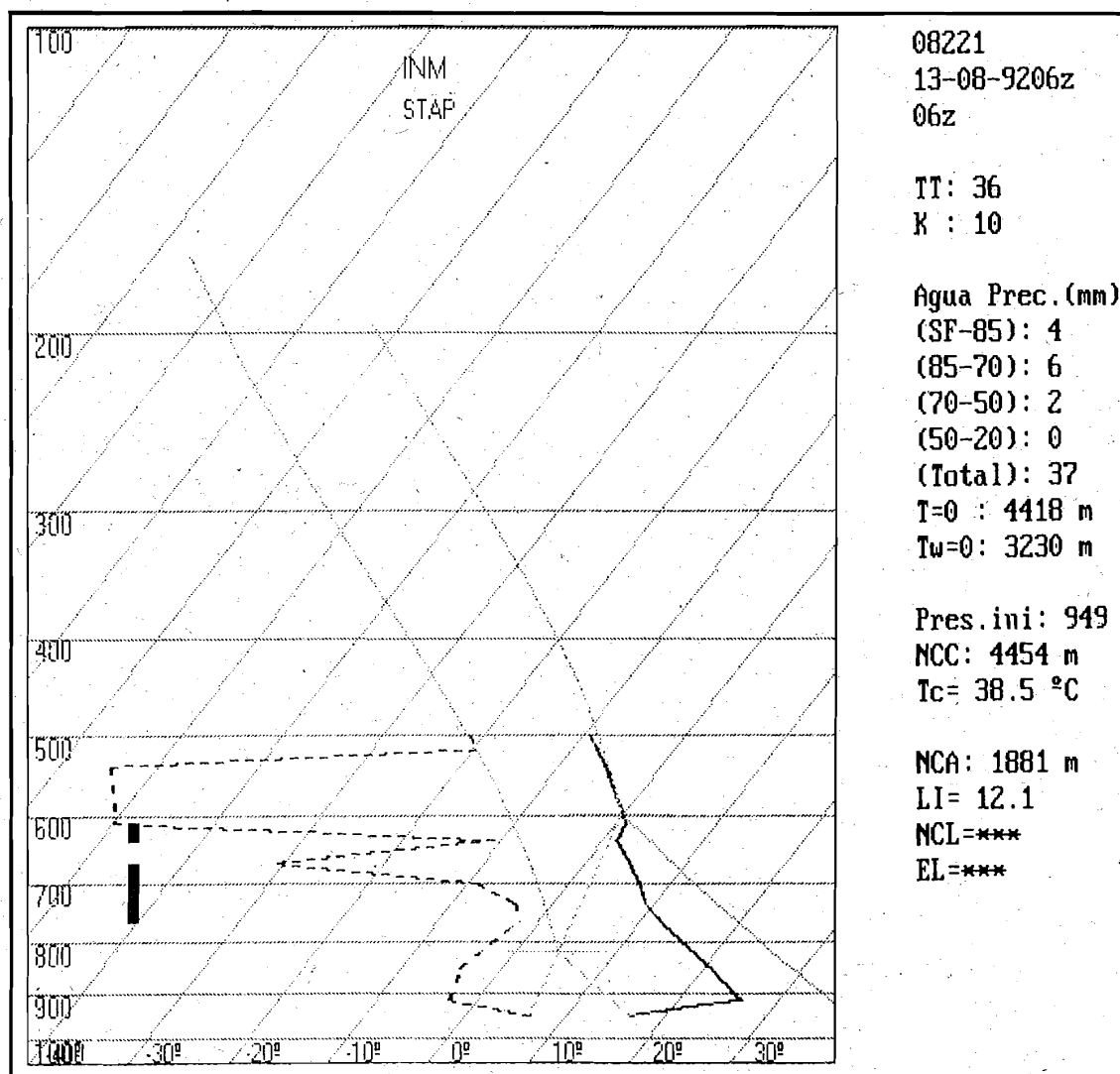


Figura 2.- Sondeo de Barajas de las 00 modificado en capa baja cort datos de las 06Z. Día 13/08/92