

CLIMATOLOGIA DEL RADAR EN AIRE CLARO

Francisco García García

SED del CMT en Galicia. INM

RESUMEN

Durante los meses cálidos del año y en aquellos días en que no hay precipitación, se puede observar una señal en las imágenes de viento Doppler que se corresponde con una ausencia total de la misma en las imágenes de reflectividad. Estas señales se denominan “en aire claro. La imagen de viento en aire claro presenta unos elementos característicos: distribución espacial de la señal alrededor de la antena y fluctuación diaria. La evolución de la señal observada en días claros muestra un patrón de comportamiento diurno tipo ondulatorio con dos máximos situados en torno a las 13UTC, el primero, y un segundo que al ser dependiente de la puesta del sol, varía en su aparición. La amplitud del máximo de medio día depende de la nubosidad o el estado del suelo- seco, mojado- en los alrededores de la antena. El máximo del atardecer depende de la humedad de la columna aérea. Todo esto permite disponer de datos de viento en la baja troposfera en circunstancias un tanto insospechadas.

1. Introducción

En los días lluviosos el radar nos permite identificar las estructuras precipitantes implicadas. Si los blancos, gotitas de agua...etc, son del tamaño adecuado y están bien iluminados, tendremos en principio, un retorno parcial del haz y por ende una imagen de reflectividad. Si también presentan, como ocurre, un cierto movimiento, entonces éste será captado y presentado en una imagen de viento-Doppler.

En los días despejados es bien sabido que el radar puede captar blancos ocasionales de tipo biológico como bandadas de pájaros o insectos. Tales eventos no son significativos desde el punto de vista de la meteorología operativa que nos ocupa. Mucho menos casuales resultan ser las señales provenientes de la existencia de microturbulencias en capa límite, ofreciendo como resultado la posibilidad de disponer en tales días de información de viento Doppler. Ambos conjuntos de ecos son denominados “*ecos en aire claro*”.

La figura.1 muestra una imagen de viento Doppler en un día claro. La imagen de reflectividad correspondiente (no mostrada) presentaba una ausencia total de señal.

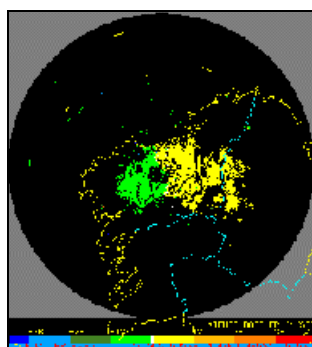


Figura 1

Esta “aparente” contradicción se debe a que las microturbulencias no generan ecos superiores a 12Dbz - umbral de presentación para las imágenes de reflectividad- pero al ser conducidas por el viento, el radar calcula su velocidad y dirección radial, pudiendo reflejarse en una imagen como la que presentamos.

La señal en aire claro presenta un comportamiento anual, con máximos de señal en verano y mínimos en invierno. La evolución diaria atiende a un patrón ondulatorio con dos máximos muy destacados.

En lo que sigue mostraremos con detalle las propiedades mencionadas

2. Metodología

El primer objetivo es cuantificar la señal que aparece en una imagen como la de la Figura.1. Encontramos un método sencillo mediante el uso de la técnica VAD (Velocity Azimut Display). Aunque

no es nuestro propósito explicar en detalle el fundamento de esta técnica (recomendamos ver la página Intranet del STAP dedicada al VAD por Francisco Martín León) comentaremos brevemente su filosofía de trabajo.

La técnica VAD permite obtener un perfil de viento en altura mediante la exploración en un radio de 80 Kilómetros en torno a la antena. El número de niveles de viento calculados es directamente proporcional a la cantidad de blancos disponibles en el radio de exploración ya mencionado. Cada vez que se procesa un perfil VAD mediante McIDAS, éste genera un fichero de texto con la información de viento utilizable en ese momento y cuyo tamaño -en bytes- depende de la cantidad de materia prima disponible, que en el caso del aire claro son fundamentalmente microturbulencias. El siguiente ejemplo aclara lo anterior Tomando como ejemplo la figura.1. Se observa abundante señal en los alrededores de la antena. Mediante McIDAS generamos un fichero VAD:

```

                                Tamaño (bytes)
                                ▼
VAD0104271009.TXT                1000 ab    27 10:40
-rw-r--r--    1 cor1      staff
Con el siguiente contenido:
VAD OSEV 010427 1009
AIRE CLARO      2000.0 NO 28
 113 330    2.8   0.0   79.5  1.6
 165 322    2.9   0.0  154.3  1.6
 209 351    2.0   0.0  108.5  2.0
 280 353    2.8   0.0 -269.9  1.3
 283   4    2.7   0.0  -93.0  1.3
 286  0    3.5   0.0 -193.0  1.0
 379 23    1.8   0.0  159.9  1.5
 393 356    2.2   0.0  -69.5  1.5
 431  0    3.0   0.0   21.1  2.1
 448 350    1.5   0.0  105.3  1.4
 503 18    1.2   0.0 -167.8  1.6

```

De manera que la señal de la Figura.1 puede cuantificarse mediante el tamaño del fichero VAD correspondiente. La representación horaria del tamaño de los ficheros generados nos permitirá conocer detalles y relacionar la señal obtenida con otras magnitudes meteorológicas.

El estudio que sigue fue realizado con las observaciones tomadas en verano y parte del otoño de 1999 en Galicia. Aquellos días que permanecieron despejados durante toda la jornada -de 0 a 24 UTC- se eligieron para el estudio del comportamiento estándar. Para las desviaciones respecto del mismo fueron precisas observaciones en las que se presentaban otros elementos, como nubes o suelo mojado.

3. Comportamiento estándar: Onda en aire claro

Si el día se presenta completamente despejado durante las 24 horas, se observará una señal en las imágenes de viento Doppler que se localiza en torno a la antena del radar y que evoluciona con el tiempo.

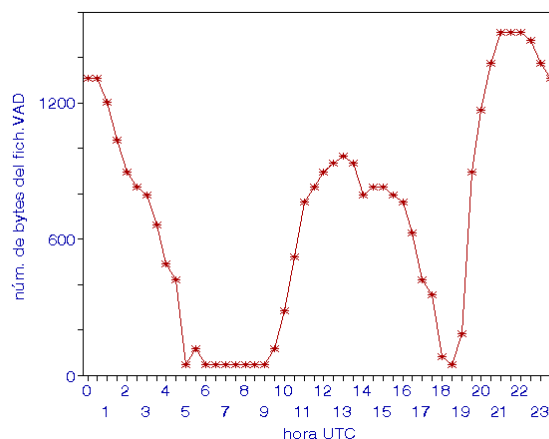


Figura 2: Comportamiento promedio de la señal aire-claro en día despejado.

Aunque al comienzo del día, ver Figura.2, alrededor de las 01 UTC, parece haber un máximo, en realidad se trata de una serie de puntos con pendiente negativa que se inician en el máximo de “atardecer” del día anterior. Resumen de las propiedades observadas:

- ◆ El primer máximo se produce a las horas de máximo calentamiento, cuando la convección alcanza su máximo desarrollo.
 - ◆ El segundo máximo aparece de forma súbita al atardecer.
 - ◆ La amplitud de la onda está determinada por la época del año, siendo en verano cuando alcanza los mayores valores y en invierno desaparece.
 - ◆ Las desviaciones respecto al comportamiento normal tienen lugar cuando el día, siendo “en aire claro”, presenta cierta nubosidad o el suelo está muy mojado.
- Seguidamente presentamos el comportamiento observado de los dos máximos.

4. Máximo central

Parece que la señal de aire claro a mediodía es debida a la transformación de parte de la radiación incidente en calor sensible y generación de microturbulencia. La Figura.3 muestra una perfecta concordancia entre el máximo central y la irradiación directa.

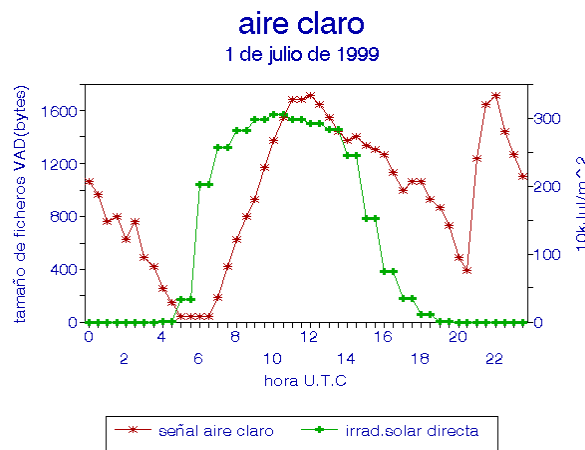


Figura 3: Irradiación medida en La Coruña y evolución de la señal radar.

Se trata, como puede verse de la curva de irradiación directa, de un día completamente despejado. La salida del sol tuvo lugar a las 4.48 UTC. Pocas horas después comienzan las primeras señales radar, hasta alcanzar el primer máximo. Sirva como dato ilustrativo que a las 12 UTC había suficiente señal como para generar un perfil continuo de viento hasta los 2105 metros.

4.1 Máximo central y nubosidad

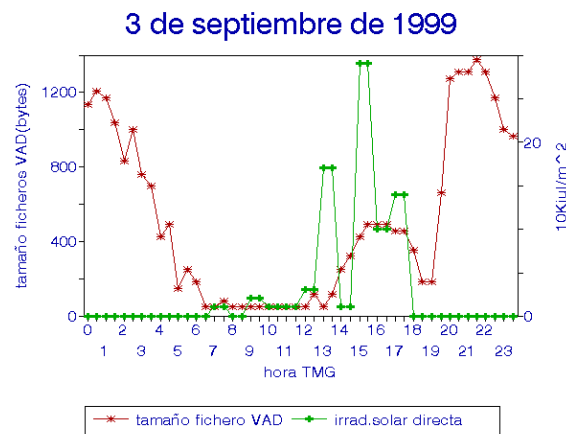


Figura 4: Los primeros ecos aparecen con la disipación de la nubosidad.

La conexión con la nubosidad queda patente en la Figura.4. Se trata de una jornada con predominio de nubosidad de estancamiento. En la figura se observa una correspondencia entre la aparición de los primeros ecos radar y la disipación de la nubosidad.

4.2 Influencia de un suelo mojado en el máximo central

Un suelo mojado inhibe el desarrollo de la convección diurna al desviar parte de la energía solar incidente en procesos de evaporación. La Tabla.1 muestra la lluvia registrada al paso de un frente frío poco activo. Una vez que cesó la lluvia, el día quedó despejado y muy soleado, pero el suelo estaba mojado.

HORA UTC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SANTIAGO 5/08/99														1,1	1,7	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	1,2	3,4	1,6	2
SANTIAGO 6/08/99	1	3	1,7	0,1	0,1	0,1																		
CORUÑA 5/08/99													0,1	1,5	3,2	2	1,1	0,9	3,6	6	5,2	3,7	1,3	0,4
CORUÑA 6/08/99	0,1							0,1																

Tabla 1: Precipitación (en mm) en las cercanías al radar

Se corrobora lo soleado de la jornada con los siguientes datos:

Σ Irradiación Directa: 1/7/99=2773 X10 Kjul/m² → **día despejado tomado como muestra.**

Σ Irradiación Directa: 6/8/99=2318 X10 Kjul/m² → **día despejado + suelo mojado caso de estudio**

En este escenario tuvo lugar una señal en aire claro, ver Figura.5, retrasada en su aparición y con un máximo central notablemente disminuido respecto a lo que se esperaría en una jornada tan soleada.

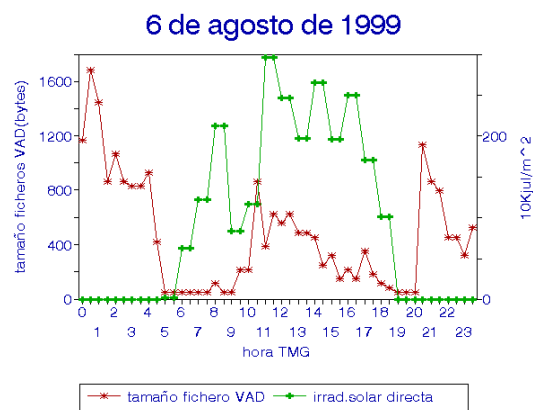


Figura 5

5. Máximo del atardecer

Una de las características más sobresalientes en el comportamiento del máximo del atardecer es su aparición casi instantánea, hecho que queda reflejado en las Figuras 6 y 7.

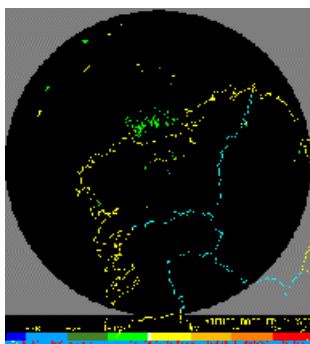


Figura 6 (19/08/99-19UTC)

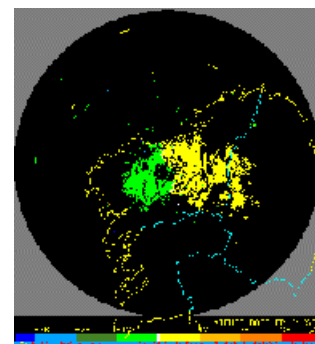


Figura 7 (19/08/99-20UTC)

5.1 Máximo de atardecer y puesta de sol

El máximo de atardecer tiene lugar poco después de la puesta de sol, por ello evoluciona con los meses.

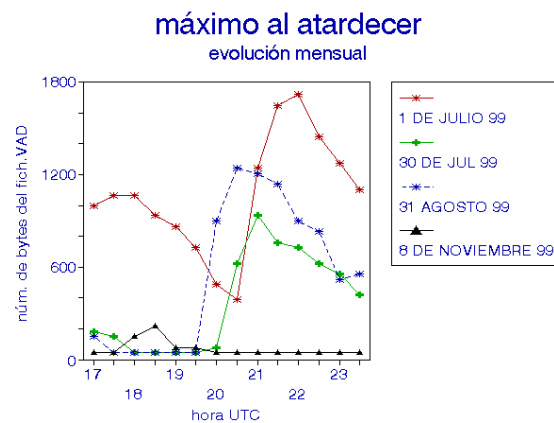


Figura 8

5.2 Máximo de atardecer y humedad en los primeros 2000 metros de altura

Una vez alcanzado el máximo del atardecer se inicia un decaimiento de la señal hasta su desaparición sobre las 06 UTC. La pendiente, P (Figura.9), de caída suele ser bastante variable y, según nuestras observaciones, dependiente de la humedad. A modo de resumen:

“ Pendientes mas pronunciadas se corresponden con ambientes secos, y por el contrario, menos pronunciadas con ambientes húmedos en un espesor considerado de 2000 metros de altura.”

Para estimar las pendientes, P , y relacionarlas con datos de humedad del sondeo, calculamos la media de las diferencias $(P_{\max} - P_i)$, donde P_{\max} es el punto máximo y P_i representa los puntos sucesivos comprendidos entre el máximo y el mínimo:

$$P = \frac{\sum_{i=\max+1}^{\min} (P_{\max} - P_i)}{n} \quad \text{siendo } n \text{ el número de puntos del sumatorio.}$$

Ejemplo: $P = ((2000-1910) + (2000-1876) + \dots + (2000-160)) / n$.

En el caso de la Figura.9 : $P(*) = 748$, $P(+) = 1200$. Cada sumando de P se incrementa en un peldaño, y estos tienen distinta altura dado que forman una escalera sumamente irregular. A medida que P aumenta su valor, nos encontramos con pendientes más pronunciadas lo que viene a traducirse como días claros en

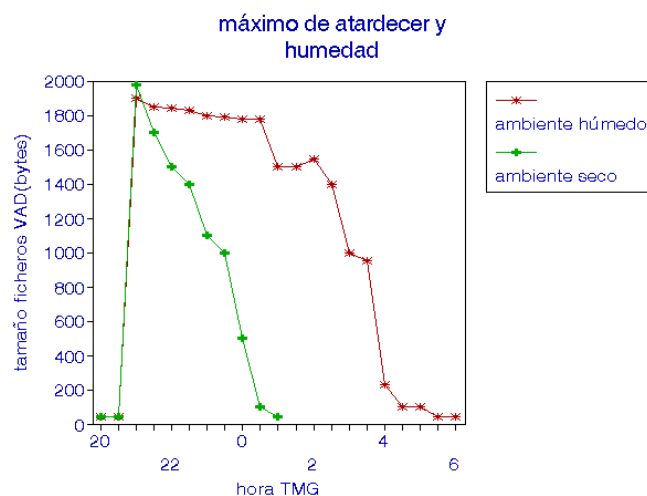


Figura 9: Evolución de la señal después de alcanzar el máximo del atardecer.

los que al atardecer se dispone de abundante señal y en los que ésta va desapareciendo de manera firme hasta alcanzar el mínimo. Por el contrario, valores de P inferiores representan días con abundante señal y en los que ésta perdura más tiempo hasta desvanecerse poco a poco casi enlazando con la salida del sol. Si la humedad en el espesor considerado aumenta, la pendiente disminuye, lo que significa que dispondremos de imágenes viento Doppler o perfiles VAD durante más tiempo.

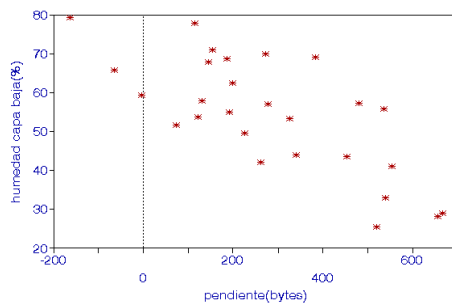


Figura 10: Relación entre pendiente y humedad hasta 2000 metros.

El coeficiente de correlación entre P y humedad en capa baja es de $r = -0.65$.

La humedad bloquea el flujo de energía saliente de onda larga y hace que la contracción de la baja troposfera se retarde, permitiendo que ciertos estados turbulentos de pequeña escala se mantengan vivos más tiempo antes de su total extinción por efectos de viscosidad.

6. Comportamiento anual

La onda en aire claro solo aparece cuando el forzamiento radiativo es el apropiado. Por tanto el comportamiento anual varía con la latitud y con la estación. Hemos comprobado cómo en el mes de marzo los radares de Sevilla o Extremadura muestran una onda equivalente a la obtenida en los meses de verano en Galicia.

Según nuestras observaciones:

- ◆ El comienzo tiene lugar hacia mediados de marzo.
- ◆ El máximo de señal es en verano.
- ◆ No puede observarse en invierno.

7. Conclusiones

Como acabamos de ver, en días despejados y durante los períodos cálidos del año, el radar usa como blancos para la generación de imágenes y perfiles de viento, pequeñas estructuras turbulentas. Hemos resumido las propiedades observadas, relaciones con la radiación, humedad, época del año, etc, pero sin embargo desde la perspectiva que nos ocupa, la de la predicción operativa, no tienen por el momento mayor trascendencia. La valía del conocimiento sobre el comportamiento del radar en aire claro estriba en que añade nuevas perspectivas acerca de una herramienta que de forma automática se asocia con lluvia.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer especialmente a Francisco Martín León y Miguel Gutierrez por la atención y estupendos comentarios al primer borrador "Un mundo bajo 12 decibelios".

Bibliografía

David Atlas: Radar in Meteorology. American Meteorology Society. (pag 509 apartado 3.6)

Battan, L.J., 1973: Radar Observation of the Atmosphere. The University of Chicago Press.

Referencias Internet

Justin Sharp: Clear-air Radar Observations and their Applications in Analysis of Sea Breezes (www.atmos.washington.edu/~justin/radar_proyect/referenc.htm).