

Tornado del 11 de noviembre de 2014 en el Bajo Guadalquivir.

Juan de Dios Soriano Romero. ⁽¹⁾

Delia Gutiérrez Rubio. ⁽²⁾

⁽¹⁾ AEMET, C/ Américo Vespucio, 3. 41071 Sevilla, jsorianor@aemet.es

⁽²⁾ AEMET, C/ Américo Vespucio, 3. 41071 Sevilla, dguierrezr@aemet.es

Resumen

El 11 de noviembre de 2014, entre las 0600 y las 0615 aproximadamente, se produjo un tornado de intensidad EF2, cercana a EF3, con un recorrido de más de 25 km a través de 5 municipios de la provincia de Sevilla en la zona del Bajo Guadalquivir. Se trata de uno de los tornados de mayor recorrido de los registrados en España hasta la fecha. Por otra parte, constituye un ejemplo característico de algunas situaciones de tornado en el suroeste de la Península Ibérica durante los meses fríos, frecuentemente asociadas a entornos de bajo CAPE, perfil muy húmedo y elevada cizalladura vertical de viento en capas bajas (*High Shear Low CAPE environments*). En este caso, como en otros similares, el tornado aparece asociado a una célula convectiva con características típicas de las a veces denominadas minisupercélulas. Así, se observa la existencia de rotación, patrón de reflectividad en forma de gancho, región de eco débil (*WER*) y otros elementos propios de las supercélulas, pero a mucha menor escala. De hecho, el ECHOTOP de 12 dBz apenas llegó a los 8 km, con el máximo de reflectividad asociado a la corriente ascendente situado apenas a 3 km de altura, no se registró granizo ni vientos fuertes aparte del tornado mismo. Sí se registraron lluvias muy intensas un poco al norte de la trayectoria del tornado, que produjeron inundaciones en varios núcleos de población, y la actividad eléctrica fue muy débil.

En este trabajo se exponen las características principales del episodio, tanto de la situación meteorológica en que se produjo como de las observaciones (radar, satélite, registros en estaciones), así como un somero análisis de los daños producidos.

Palabras clave

Tornado, mesociclón, minisupercélula, cizalladura, helicidad, humedad, CAPE.

Introducción

La frecuencia de tornados en la Península Ibérica muestra un máximo relativo al suroeste de la misma, alrededor del Golfo de Cádiz extendiéndose hacia el interior por el bajo Valle del Guadalquivir. Los tornados en esta zona ocurren preferentemente en la estación fría, y con frecuencia se producen en situaciones caracterizadas por ligera inestabilidad y elevada cizalladura vertical de viento en niveles bajos (*High Shear Low CAPE environments*). La elevada humedad en toda la columna inestable suele ser también una característica de estas situaciones (Riesco et al., 2015).

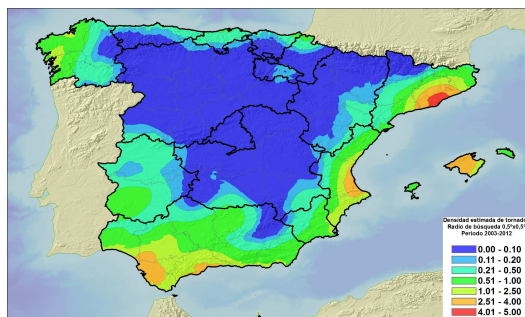


Figura 1. Densidad anual de tornados en España (Península y Baleares), en una rejilla de 0,5° de lado. Tomado de Riesco et al., 2015

Estudios de situaciones tornádicas en regiones de clima similar, como California o el sur de Australia (Hanstrum et al., 2002), muestran que las situaciones sinópticas responsables de dichos episodios suelen presentarse en invierno, con una profunda borrasca de latitudes medias, y el entorno más favorable muestra inestabilidad marginal y fuerte cizalladura vertical concentrada en niveles bajos, así como convergencia también en bajos niveles, indicando como significativos valores totales de CAPE de 200-400 J/kg, LI7 (hasta 700 hPa) ligeramente negativo y cizalladura entre 0-1 km mayor de 10 -2 s⁻¹. También en regiones de clima muy diferente y situaciones tan distintas como en las bandas exteriores de ciclones tropicales (McCaul y Weismann, 1996) o en ciertas situaciones

primaverales en Canadá (McCarthy et al., 2006) se producen tornados en entornos caracterizados igualmente por ligera inestabilidad y muy alta cizalladura en niveles bajos. En todos estos casos aparecen tornados asociados a células con características similares a las grandes supercélulas de las praderas de EEUU, pero de mucho menor tamaño y con elementos característicos observables de modo más sutil, células denominadas minisupercélulas en Burgess et al. (1995). Wicker y Cantrell (1996) demuestran que la coexistencia de inestabilidad concentrada en bajos niveles y altos valores de cizalladura vertical y helicidad (hodógrafa anticiclónica) cerca del suelo puede generar ese tipo de células. La situación objeto de este estudio bien podría servir de ejemplo de este tipo de tornados.

Entorno sinóptico y parámetros convectivos

A las 06 UTC se observan varias vaguadas de onda corta sobre un flujo general de marcado carácter zonal al oeste de la Península. Sobre el suroeste de la misma, uno de los ejes de vaguada induce significativa difluencia en niveles medios y altos, mientras en niveles bajos se aprecia una estructura compatible con una pareja de frentes cálido y frío próxima a la oclusión, con marcada advección cálida todavía a esa hora penetrando desde el golfo de Cádiz hacia el interior peninsular.

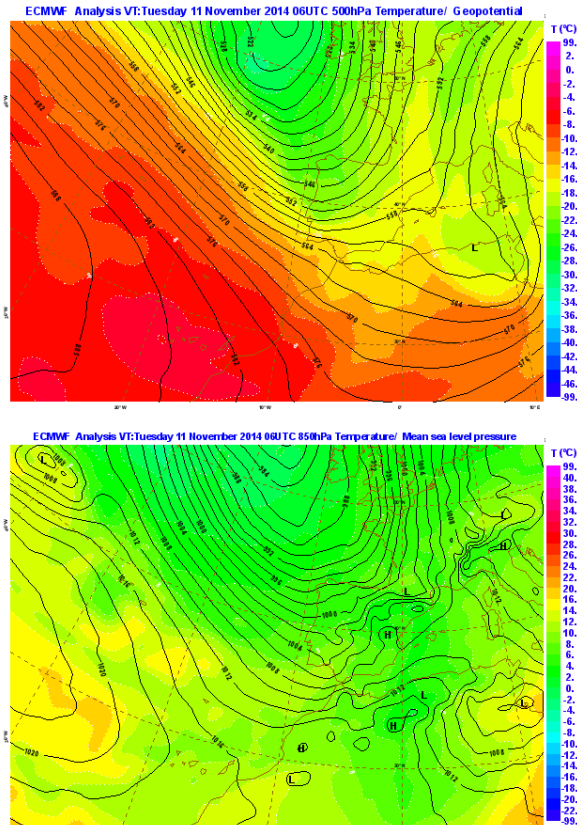


Figura 2. Análisis del modelo IFS del ECMWF, a las 06 UTC. Arriba geopotencial y temperatura al nivel de 500

hPa. Abajo presión reducida al nivel del mar y temperatura al nivel de 850 hPa.

Esta situación sinóptica favorece la existencia de ligera inestabilidad en niveles bajos, fuerte cizalladura vertical también en bajos niveles, incluyendo un giro en sentido horario y aumento de la intensidad del viento con la altura. Asimismo importante humedad en niveles bajos en presencia del frente y un flujo de vientos húmedos del suroeste. Todo esto se observa en el perfil previsto por el modelo del Centro Europeo de Predicción a Medio Plazo para las 06 del día de interés sobre un punto cercano a la zona donde se produjo el tornado

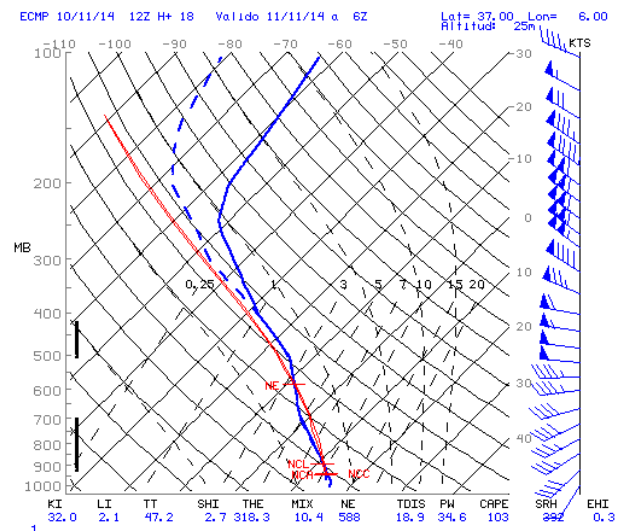
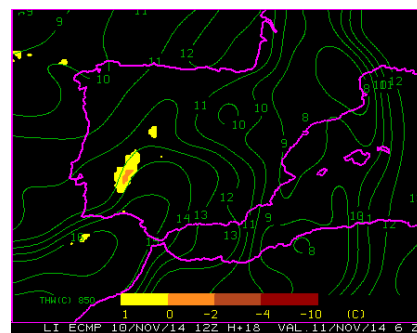


Figura 3. Modelo IFS del ECMWF. Pasada día 10 a las 12Z. HH+18. Perfil vertical previsto en el punto 37°N 6°W

Del mismo modo se concreta en los mapas siguientes, donde se observa, coincidiendo con la posición de la entrada cálida de niveles bajos, claramente visible en el gráfico de THW en 850 hPa, un CAPE hasta 3 km cercano a 100 J/Kg, LI700 ligeramente negativo, cizalladura entre 15 y 20 m/s en el primer Km y valores de helicidad relativa a la tormenta en torno a 400 m²/s² también en los primeros 1000 m.



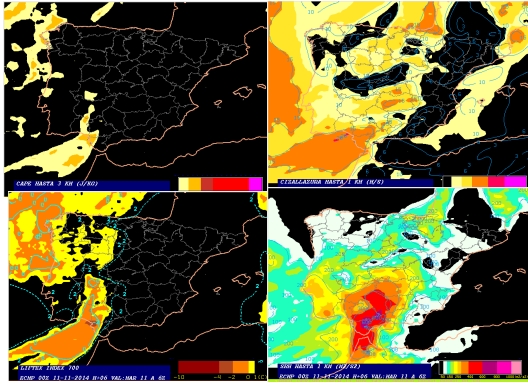


Figura 4. Modelo IFS del ECMWF. Diversos índices para diagnóstico convectivo. Pronósticos válidos para las 06 UTC del día 11

Datos de observación y estudio de campo

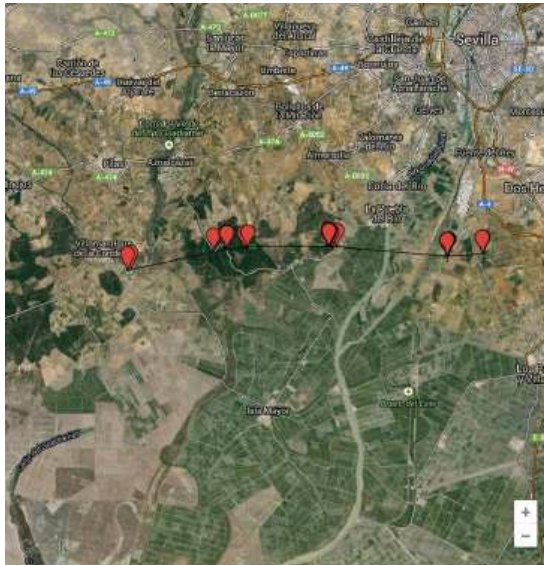


Figura 5. Trayectoria estimada del tornado

Los daños observados siguen una línea estrecha aproximadamente W-E de unos 25 km, afectando de forma variable a campos de cultivo, pinos, encinas, eucaliptos, olivos, tendido eléctrico y explotaciones agrícolas. Hay escasos testimonios de la ocurrencia del fenómeno, probablemente por la hora (7 AM hora oficial, de noche) y por no haber pasado sobre núcleos habitados. En varias poblaciones un poco al norte del paso del tornado se produjeron inundaciones debido a lluvias muy intensas, del orden de 70 mm en dos horas en algunos pluviómetros ajenos a AEMET, probablemente debidas a la misma célula convectiva. Los daños más importantes se observaron en una nave agrícola construida con bloques de hormigón rellenos y reforzados y bien cimentados, que quedó parcialmente destruida. Estos daños estarían en la franja alta de la intensidad EF2, incluso podrían catalogarse como EF3 en la escala mejorada de Fujita. Puede consultarse el estudio de campo completo en

http://sinobas.aemet.es/subidos/pdfs/436_estudio_campo.pdf



Figura 6. Imágenes de algunos daños observados

No se dispone de datos de estaciones meteorológicas en la franja de paso del tornado ni de la célula responsable del mismo. Los registros de la cercana estación de Tablada (Sevilla) muestran el paso de una banda de precipitación de carácter cálido (ascenso continuado de T y Td durante la noche, mientras dura la precipitación), con marcada cizalladura horizontal (giro brusco de viento) al final, precisamente cuando se forma la célula responsable del tornado.

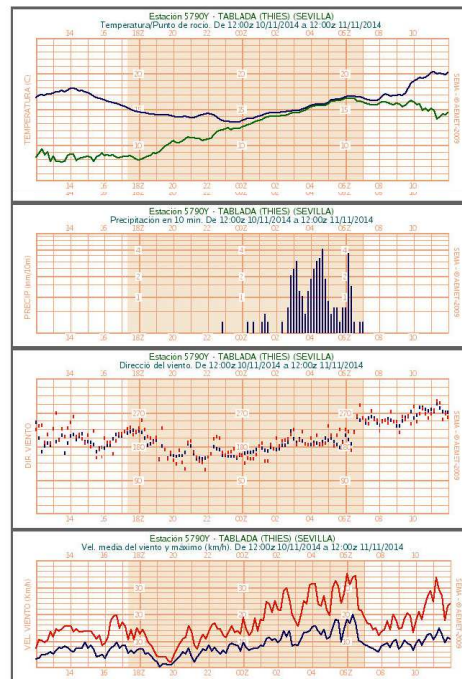


Figura 7. Registros de la estación automática de Tablada

Teledetección

La imagen IR realizada muestra la célula asociada al tornado embebida en la banda nubosa principal, aunque con cierta independencia de la misma, destacando en la parte trasera de dicha banda. Se observa el efecto de la cizalladura, con el desplazamiento de los cirros en dirección NW - SE

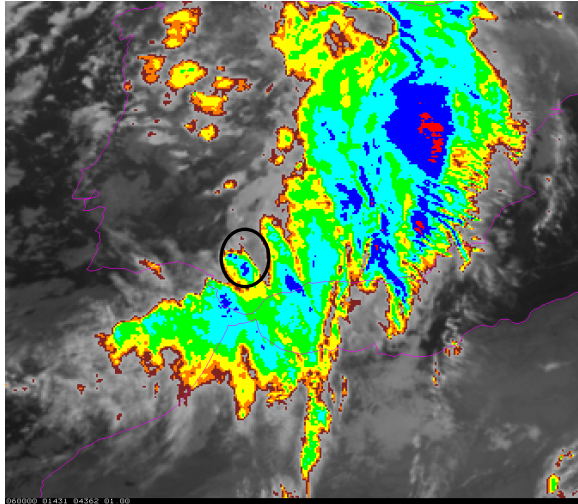


Figura 8. Imagen del canal 10.8 de Meteosat 10, a las 6:00 UTC, realizada. Se señala la célula convectiva asociada al tornado

Destaca la escasa actividad eléctrica de la célula convectiva. Tan sólo se detectan dos rayos nube – tierra en la zona, en el intervalo entre las 0610 y las 0630 UTC, cuando el tornado está ya en fase de disipación.

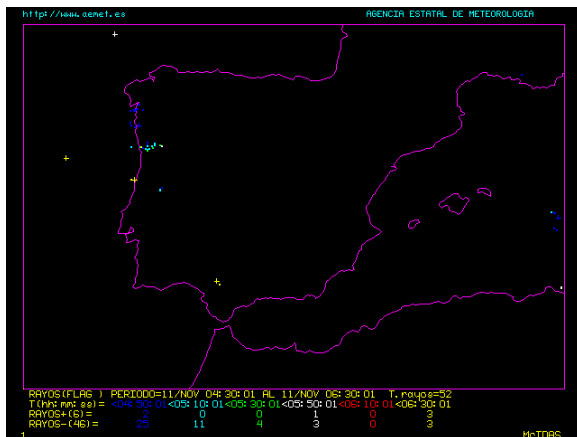


Figura 9. Descargas eléctricas nube-tierra detectadas en la red de AEMET entre las 0430 y las 0630 UTC

El análisis de las imágenes de reflectividad del radar de Sevilla muestra a las 0610 UTC una célula organizada con escasa extensión vertical (ECHOTOP de 12 dBz ligeramente superior a 8 km, el tope de la corriente ascendente principal a escasos 3 km de altura), pero que presenta algunos elementos característicos de las supercélulas: eco en gancho en la horizontal, región de eco débil en

niveles bajos, patrones en forma de V en la zona del gancho (*inflow notch*) y en la zona de salida hacia el este (*V-notch*), e incluso una línea de convergencia de entrada por el oeste hacia la posición de la columna ascendente principal (*flanking line*). El máximo de reflectividad apenas alcanza los 50 dBz. Asimismo, en las imágenes de velocidad radial se observan indicios de rotación persistente desde aproximadamente una hora antes de la ocurrencia del tornado, lo que sugiere la presencia de un mesovórtice, que se extiende al menos desde 1000m a 1800m de altura (en la figura se muestra solo el CAPPI a 1500 m), límites de la exploración Doppler en la zona, lo que dada la escasa extensión vertical de la tormenta parece representativo de un auténtico mesociclón propiamente dicho. Estaríamos por tanto ante una tormenta con características supercelulares, pero de dimensiones reducidas, similar a las descritas a veces en la bibliografía como *minisupercélulas* o *low topped supercells*.

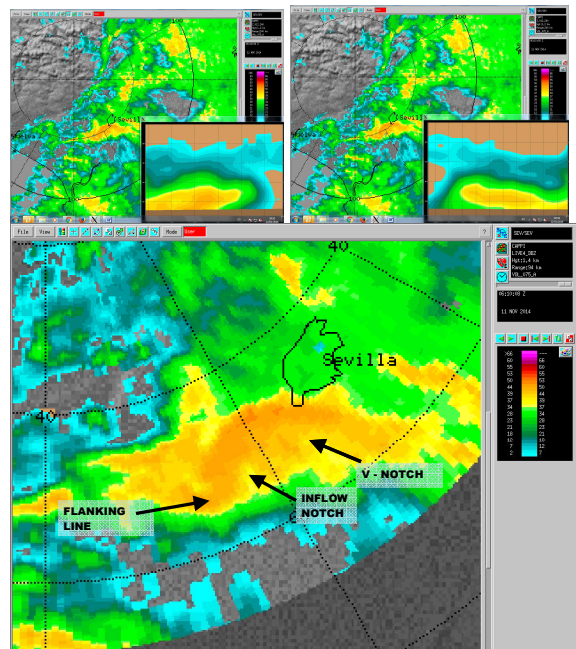
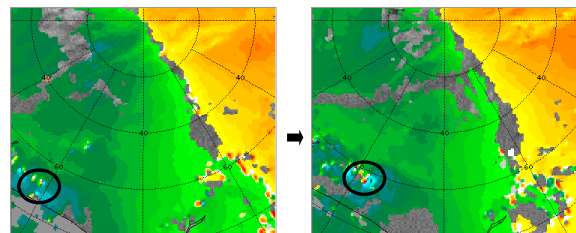


Figura 10. Radar de Sevilla. CAPPI de reflectividad a 1500 m a las 6:10 UTC. Arriba cortes verticales en dos líneas perpendiculares sobre la ubicación probable de la columna ascendente principal de la célula. Abajo, imagen ampliada. Se señalan algunas estructuras típicamente supercelulares.



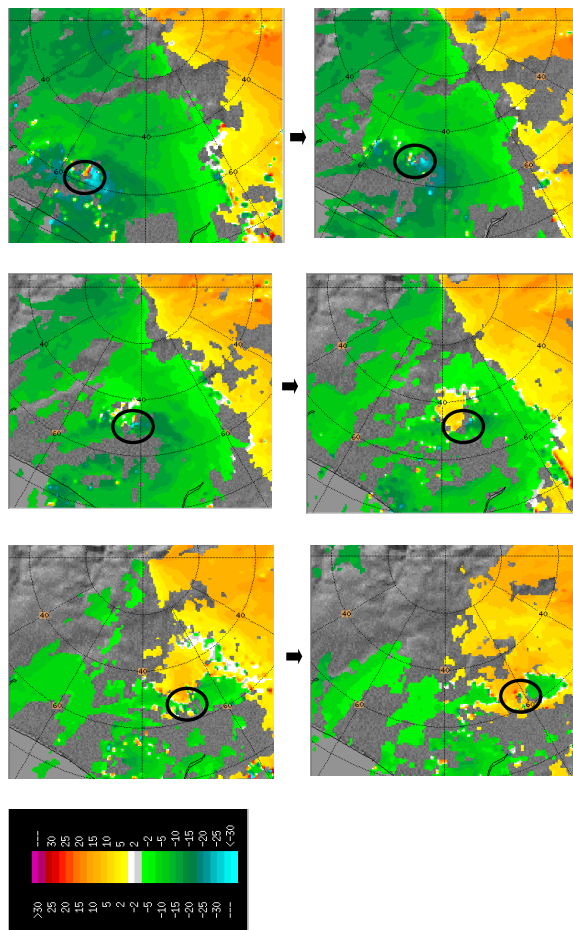


Figura 11. Radar de Sevilla. De izquierda a derecha y de arriba abajo, serie de imágenes de velocidad radial relativa al radar (CAPPi a 1500 m, ligeramente suavizado para reducir el ruido), a las 5:03, 5:13, 5:23, 5:33, 5:43, 5:53, 6:03 y 6:13. Todas las horas UTC. Se marca con un círculo la zona con indicios de rotación correspondiente a la célula generadora del tornado

Conclusiones

- El tornado objeto de estudio recorrió unos 25 km con diferentes grados de afectación. Alcanzó una intensidad máxima de EF2, cercana a EF3.
- Se produjo al paso de una banda frontal de carácter cálido en un entorno sinóptico de bajo CAPE concentrado en niveles bajos y muy elevada cizalladura vertical de viento, también en niveles bajos. A ello se sumaba una muy alta humedad y marcada convergencia / cizalladura horizontal de viento.
- La célula asociada mostraba signos de rotación desde más de 1 hora antes de tocar tierra el tornado. La imagen de reflectividad mostraba patrones típicos de las supercélulas (gancho, región de eco débil, *inflow notch*, *V-notch*, mesovórtice persistente) aunque de dimensiones relativamente pequeñas. El echotop de 12 dBz no superó los 8 km, y los máximos de reflectividad apenas superaron los 50 dBz y no se situaron más allá de los 3 km de altura en la corriente ascendente principal. Apenas se

registraron descargas eléctricas al paso de la célula asociada al tornado.

- Estas características son similares a las estudiadas para otros tornados ocurridos en distintas zonas del mundo en entornos parecidos, de bajo CAPE y alta cizalladura en niveles bajos. Como en esos casos, la célula asociada al tornado tendría características supercelulares, aunque las dimensiones serían mucho más reducidas que en las supercélulas típicas, y los elementos distintivos visibles en las imágenes radar serían más sutiles que en aquellas. El tornado iría asociado a un mesociclón de dimensiones asimismo más reducidas que en las supercélulas típicas. Asimismo, como en otros casos de estudio con tornados similares y células parecidas (similares asimismo a las a veces denominadas minisupercélulas), el único efecto severo en superficie es el tornado, no registrándose vientos lineales intensos, ni granizo, y la actividad eléctrica puede ser escasa o nula.

Referencias

- Burgess, D. W., Lee, R. R., Parker, S. S., & Floyd, D. L. (1995). A study of mini supercells observed by WSR-88 D radars. In *Conference on Radar Meteorology, 27 th, Vail, CO* (pp. 4-6).
- Hanstrum, B. N., Mills, G. A., Watson, A., Monteverdi, J. P., & Doswell III, C. A. (2002). The cool-season tornadoes of California and southern Australia. *Weather & Forecasting*, 17(4).
- Markowski, P. M., & Straka, J. M. (2000). Some observations of rotating updrafts in a low-buoyancy, highly sheared environment. *Monthly weather review*, 128(2), 449-461.
- McCarthy, P. J., Massey, S., & Patrick, D. (2006, November). Tornadic mini-supercells in northern Canada. In *Preprints, 23rd Conf. on Severe Local Storms, St. Louis, MO, Amer. Meteor. Soc* (Vol. 10).
- McCaul Jr, E. W., & Weisman, M. L. (1996). Simulations of shallow supercell storms in landfalling hurricane environments. *Monthly weather review*, 124(3), 408-429.
- Riesco, J., Polvorinos, F. Nuñez, J., Soriano, J., Jiménez, C. (2015). Climatología de tornados en España peninsular y Baleares. Publicación electrónica www.aemet.es
- Wicker, L. J., & Cantrell, L. (1996). The role of vertical buoyancy distributions in miniature supercells. In *Preprints, 18th Conf. on Severe Local Storms, San Francisco, CA, Amer. Meteor. Soc* (pp. 225-229).

Agradecimientos

A Tomás Álvarez y Ernesto Torrado, de la Junta de Andalucía, por el material gráfico suministrado, incluyendo fotografías aéreas, y la guía en la visita de campo realizada.