

RESCATE DE DATOS Y OBSERVACIONES DE VIENTO EN ALTURA EN EXTREMADURA

Pablo BENÍTEZ LÓPEZ¹, Manuel LARA JAÉN¹

¹*Delegación en Extremadura. Agencia Estatal de Meteorología.*

pbenitezl@aemet.es, mlaraj@aemet.es

RESUMEN

Los datos históricos son imprescindibles para comprender el clima y su evolución, y son utilizados, o pueden serlo, en reanálisis y en la validación de modelos climáticos. Sin embargo en muchos casos el acceso a estos datos es difícil al estar muchos en soporte papel, con riesgo además de rápido deterioro e incluso pérdida. Por ello las tareas de recuperación de datos y la creación de repositorios están reconocidas por la OMM como fundamentales.

En esta ponencia se resumen las tareas de rescate de datos emprendidas en la Delegación Territorial de AEMET en Extremadura de cuadernos de observación de viento en altura por seguimiento de globos piloto en Badajoz. Estas últimas observaciones comenzaron en 1924 y están registradas en 26 cuadernos, con un total de 2262 globos hasta 1954, si bien se tiene conocimiento de que se siguieron realizando observaciones hasta 1970 aunque los cuadernos correspondientes aún no están localizados.

El escaneado se ha realizado utilizando una cámara fotográfica Canon EOS con disparador por control remoto, conectada a un ordenador. Las imágenes resultantes se procesaron y se subieron al repositorio ARCIMIS de AEMET para quedar disponibles para la comunidad científica y el público en general. La colección de datos se completa con dos documentos: el primero de ellos es un inventario detallado de los globos con fecha/hora de lanzamiento y altura máxima alcanzada y el segundo una explicación del método de observación y del significado de las variables que figuran en el cuaderno.

Por último se ofrecerá, a modo de ejemplo, una comparativa entre algunos perfiles de viento obtenidos del reanálisis ERA-20C para Badajoz y los obtenidos mediante observación por globos piloto en el año 1924. De estos ejemplos se desprende el valor añadido que estos podrían añadir a nuevos reanálisis.

Palabras clave: rescate de datos, viento en altura, globos piloto, ERA-20C

ABSTRACT

Historical data are essential to understand the climate and its evolution, and are used, or could be, in reanalysis and validation of climate models. However, in many cases, access to these data is difficult because many are on paper, with the risk of rapid deterioration and even loss. For this reason, the tasks of data recovery and the creation of repositories are recognized by the WMO as fundamental. This paper summarizes the data rescue tasks undertaken in the Territorial Delegation of AEMET in Extremadura, paying special attention to the digitization of the logbooks

of wind observation in height by tracking pilot balloons in Badajoz. These last observations began in 1924 and are recorded in 26 notebooks, with a total of 2,262 balloons up to 1954, although it is known that observations continued until 1970, however the corresponding notebooks have not yet been located. Scanning was done using a Canon EOS camera with remote shutter release, connected to a computer. The resulting images were processed and uploaded to the AEMET ARCIMIS repository to be available to the scientific community and the general public. The data collection is completed with two documents: the first one is a detailed inventory of the balloons with date/time of launch and maximum height reached and the second one an explanation of the observation method and the meaning of the variables that appear in the notebook. Finally, a sample comparison will be offered between some wind profiles obtained from the ERA-20C reanalysis for Badajoz and those obtained by observation with pilot balloons in the year 1924. From these examples the contribution that these observations could add to future reanalyses is shown.

Key words: data rescue, upper-air wind, pilot balloons, ERA-20C

1. INTRODUCCIÓN

En esta ponencia se resumen las tareas de rescate de datos emprendidas en la Delegación Territorial de AEMET en Extremadura poniendo especial detalle en la digitalización de documentos del Observatorio de Cáceres y de cuadernos de observación de viento en altura por seguimiento de globos piloto en Badajoz. Estas últimas observaciones comenzaron en 1924 y están registradas en 26 cuadernos, con un total de 2707 globos hasta 1953.

Las imágenes escaneadas de los cuadernos de observación, una descripción de los mismos, y un resumen del método de observación se han subido al repositorio ARCIMIS de AEMET para ponerlas a disposición de la comunidad científica <https://hdl.handle.net/20.500.11765/11134> .

Cuaderno	Inicio	Fin	N.º globos
	YYYYMMDD		
1	19240202	19240402	92
2	19240403	19240726	96
3	19240727	19240923	99
4	19240923	19241126	100
5	19241126	19250204	100
6	19250204	19250411	100
7	19250412	19260515	100

8	19260515	19272819	99
9	19270819	19271017	100
10	19271018	19280107	100
11	19280116	19280421	100
12	19280809	19280819	100
13	19280818	19290109	100
14	19290110	19290504	100
15	19290507	19290830	100
16	19290831	19300213	100
17	19300214	19300621	98
18	19300623	19300911	100
19	19301013	19310514	100
20	19310515	19321012	100
21	19321026	19350608	99
22	19350608	19480229	92
23	19480102	19480529	96
24	19480530	19490411	99
25	19490412	19501020	139
26	19501021	19530530	198
TOTAL			2707

Tabla 1. Inventario de globos lanzados desde el Observatorio de Badajoz, contenidos en los 26 cuadernos de observación escaneados.

2. RED AEROLÓGICA Y OBSERVACIONES HISTÓRICAS DE VIENTO EN ALTURA EN EL OBSERVATORIO DE BADAJOZ

El 25 de mayo de 1912 se creó dentro del Observatorio Central Meteorológico (OCM, nombre del servicio meteorológico español en esa fecha) la Sección de Aerología y el Observatorio Aerológico de Tenerife, con el objetivo de establecer una red de observación que por un lado atendiera las necesidades de la ciencia meteorológica y por otro lado de la aviación, ambas en pleno auge y con intereses comunes.

La observación del viento en altura era una actividad tecnológicamente puntera para la época, y encargada de ella se encontraban personalidades como las de J. Galbis (OCM) y E. Fontseré (Servei, el Servicio Meteorológico de Cataluña), en coordinación con la Comisión Internacional para la Aerostación Científica (CIAC) dirigida por el profesor H. E. Hergesell. Otros grandes nombres de la meteorología española como Doporto, Meseguer, Pita y Morán también trabajaron en este campo. Anteriormente a esas fechas, el ejército español (Ingeniero Militar P. Vives Vich) ya efectuaba, también con alguna coordinación con Hergesell, observaciones de viento en altura desde 1903. La CIAC, a cuya 2ª reunión en 1902 asistió Vives, establecía los denominados "días internacionales", en los que se realizan exploraciones simultáneas de manera coordinada (Anduaga, 2000).

Tras las dificultades causadas por la Primera Guerra Mundial (el caucho usado para la fabricación de los globos era un material estratégico que se destinó prioritariamente a fines militares) la red nacional se regulariza. Así, en 1925, la red nacional estaba formada por 15 observatorios que lanzaron un total de 3335 globos según publica el Servicio Meteorológico Español en 1932. Al ser este tipo de observación totalmente dependiente de elementos fungibles, globos e hidrógeno, las lagunas debido a la falta de material son abundantes.

A día de hoy se encuentran publicados los sondeos realizados en Barcelona y, para algunos pocos años, resúmenes de la red del OCM y su sucesor el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), desconociéndose si el resto de los cuadernos originales se encuentran digitalizados y ni siquiera si se encuentran localizados.

Se estima que la información proporcionada por esta red, a pesar de las lagunas, es de muy alta calidad, que no hay alternativa para ella en esas fechas y que el esfuerzo para recuperarla está justificado.

El 2 de febrero de 1924 comenzaron en el Observatorio de Badajoz las observaciones de viento en altura por seguimiento de globos piloto. Se han localizado 26 cuadernos conteniendo un total de 2707 de estas observaciones hasta el 30 de mayo de 1953. Está documentado que las observaciones continuaron hasta mucho después de esa fecha, realizándose posteriormente en la Base Aérea de Talavera la Real, inaugurada en 1955. Lamentablemente, no se han podido localizar los cuadernos de observación posteriores a 1953.

2.1. Método de observación

A partir de la información recabada de diversas fuentes (Subsecretaría del aire, 1937; Miquel, 1927), se ha podido reconstruir el método de observación.

2.1.1. Pesaje del globo

Mediante balanza. Los valores más comunes encontrados oscilan alrededor de 100 g, pero en algunos periodos encontramos pesos muy inferiores, hasta 10 g, que parece que llevaban aparejada mala calidad de los mismos, lo que conducía a un elevado número de globos que estallaban en el proceso de inflado o bien de forma prematura en vuelo. El caso más extremo encontrado es el del 9 de diciembre de 1937 en el que estallaron 10 globos antes del lanzamiento; el que finalmente se utilizó ese día pesó 17 g.

2.1.2. Determinación del empuje

Se utilizaba el denominado ábaco de Hergesell (Miquel, 1927) con el que, a partir del peso del globo y la velocidad de ascenso deseada, habitualmente 200 m/min, se obtenía el empuje necesario.

En la figura 1 se muestra, por ejemplo, como un globo de 90 g para el que buscamos una velocidad de 200 m/min necesitará una “fuerza ascendente de 200 gramos”; este es el caso del globo número 2 de 2 febrero de 1924, figura 2. En publicaciones posteriores aparecen tablas más precisas como la mostrada en la figura 3.

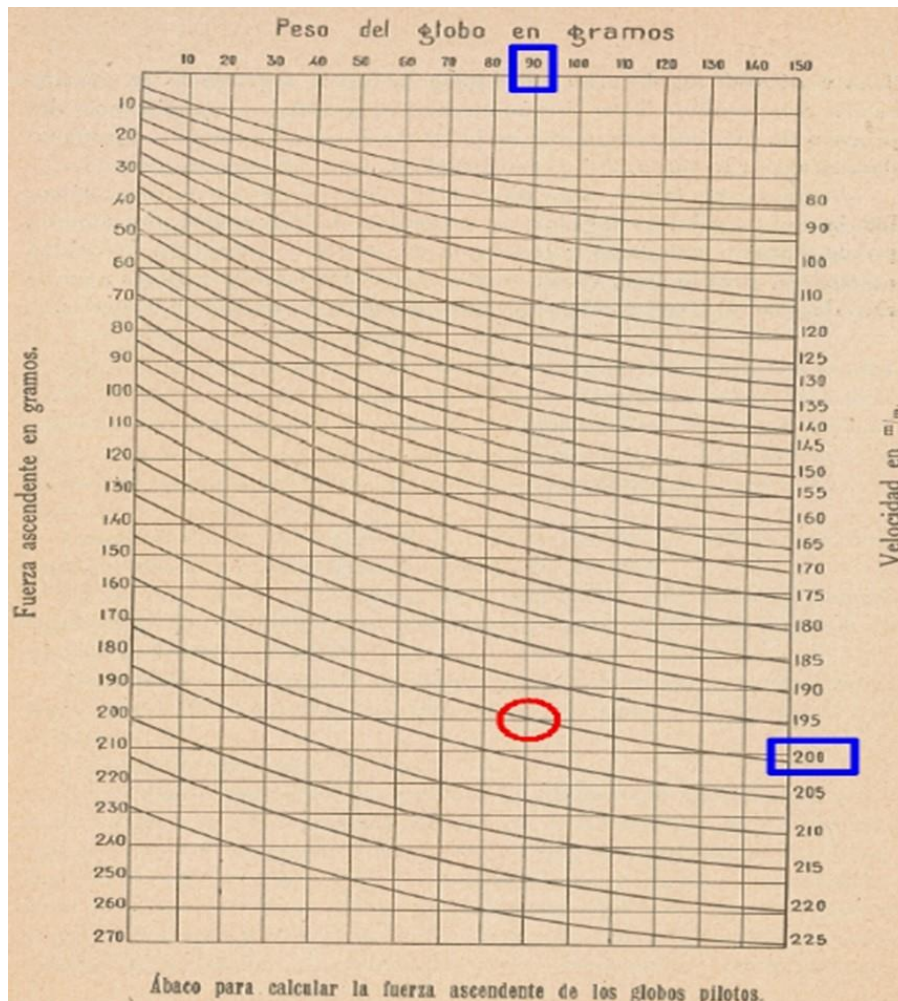


Fig. 1: Ábaco de Hergesell. (Miquel, 1927)

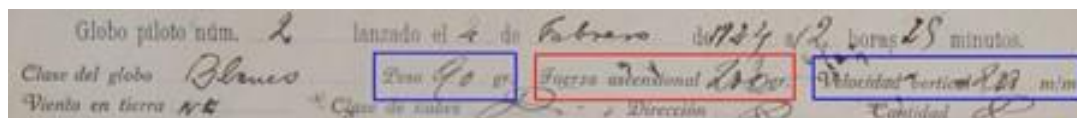


Fig. 2: Cabecero de la hoja de observación del globo 2 de 2 de febrero de 1924 (cuaderno 1, p. 4). Los valores de peso (90g) y velocidad vertical (200 m/min) conducen a una fuerza ascensional de 200 g siguiendo el ábaco de Hergesell, y a 201 g según la tabla

Velocidad ascensional A. (en gramos) para pilotes de peso G. (en gramos) y Velocidad vertical V. en metros por minuto.

Velocidad vertical en mts. por minuto	PESO DEL GLOBO VACÍO															
	10 gr.	20 gr.	30 gr.	40 gr.	50 gr.	60 gr.	70 gr.	80 gr.	90 gr.	100 gr.	110 gr.	120 gr.	130 gr.	140 gr.	150 gr.	
	FUERZA ASCENSIONAL EN GRAMOS															
80	12	17	20	25	28	27	29	31	32	34	35	37	38	39	40	
90	16	21	25	29	32	34	36	38	40	42	43	45	46	47	48	
100	21	27	31	35	38	42	44	47	49	51	52	55	56	57	58	
110	27	33	38	43	47	50	53	56	58	60	62	64	66	67	69	
120	34	42	48	52	56	60	64	66	69	72	74	76	77	79	81	
130	45	55	60	65	69	72	76	79	82	85	87	89	91	92	94	
140	57	65	72	78	82	86	90	95	97	100	102	104	106	107	109	
150	71	79	85	91	96	101	105	108	111	114	116	118	120	122	124	
160	85	92	99	105	110	115	119	122	125	127	130	132	134	136	138	
170	99	106	115	120	124	128	132	135	139	142	144	146	149	151	152	
180	118	125	132	138	143	147	151	154	157	160	163	166	168	169	171	
190	140	148	154	160	164	168	171	175	178	180	183	185	187	189	190	
200	165	172	177	183	187	191	195	198	201	205	206	207	209	211	215	
210	195	198	204	208	213	217	220	225	225	228	229	231	233	234	236	
220	221	226	230	234	238	241	244	247	250	251	253	255	256	257	258	
230	245	250	254	259	262	265	268	270	272	275	275	277	278	279	281	
240	274	277	281	284	287	290	292	294	296	297	299	301	—	—	—	
250	301	305	308	310	312	315	317	319	321	322	—	—	—	—	—	

Fig. 3: Tabla extraída del ábaco de Hergesell (Subsecretaría del aire. 1937)

2.1.3. Inflado del globo

Fijado a la báscula se inflaba el globo hasta conseguir el empuje necesario determinado en el paso anterior. Para los globos de escaso peso solían utilizarse velocidades de ascenso menores (100m/min) para poder usar empujes menores e intentar evitar, suponemos, los estallidos durante el inflado.

2.1.4. Suelta del globo y comienzo de los registros

Con el teodolito correctamente orientado, se liberaba el globo y se le hacía el seguimiento anotando los ángulos de elevación (β) y azimutal (ρ), primero cada 30 s hasta el minuto 5 y luego cada minuto. Con la velocidad de ascenso más habitual de 200 m/min eso supone observaciones cada 100 m hasta los 1000 m y cada 200 m por encima de los 1000 m.

La operación requería el trabajo de dos personas, una siguiendo el globo y la otra atendiendo al cronómetro y haciendo la lectura y anotación de ángulos.



Fig. 4: Antonio Chorot, con el teodolito y un globo a punto de ser lanzado. Foto cortesía de Cándido Chorot.

2.1.5. Cálculo de velocidades y direcciones

A partir de los ángulos observados con el teodolito y de las alturas del globo estimadas en función del tiempo y de la velocidad de ascenso establecida, es posible el cálculo de la velocidad y dirección del viento medio entre dos niveles o tiempos. Utilizando la notación usada en los cuadernos de observación, la figura 5 muestra los ángulos, segmentos y ecuaciones implicadas. B_1 y B_2 son las posiciones inicial y final del globo, definidas por sus respectivos ángulos de elevación β y azimutal ρ . El dato adicional necesario para el cálculo son las alturas Z , que se determinan a partir del tiempo t en función de la velocidad de ascenso que es conocida y se supone constante.

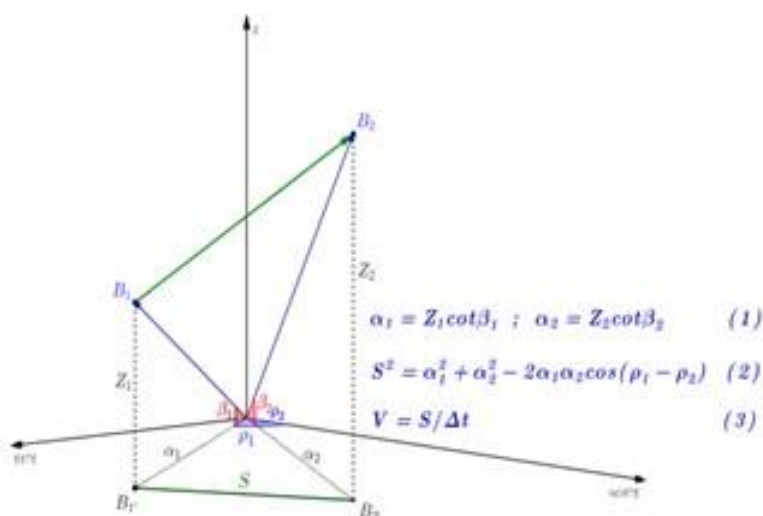


Fig. 5: Cálculo del módulo de la velocidad media

Conocidos entonces los tiempos t_1 y t_2 , las alturas Z_1 y Z_2 y los ángulos β_1 , β_2 , ρ_1 y ρ_2 hallaríamos directamente el módulo de la velocidad del estrato aplicando sucesivamente las ecuaciones (1), (2) y (3):

- (1) $\alpha_1 = Z_1 \cot \beta_1 ; \alpha_2 = Z_2 \cot \beta_2$
- (2) $S^2 = \alpha_1^2 + \alpha_2^2 - 2\alpha_1\alpha_2 \cos(\rho_1 - \rho_2)$
- (3) $V = S/\Delta t$

Veamos un ejemplo de aplicación de las ecuaciones utilizando datos originales mostrados en la figura 5 correspondientes al globo 3, de 3 de febrero de 1924 (cuaderno 1, p. 5)

Minutos	β	ρ	α	Z	D	Velocidad en m/s
3 1/2	18'8"	263'7"	2026	700	220 6-8 S	4'3
4	19'0"	264'9"	2312	700	280 6-3 S	19'3

Fig. 6: Extractos del globo 3, de 3 de febrero de 1924 (cuaderno 1, p. 5)

Las proyecciones horizontales α de los radios vectores del globo las calculamos a partir de los ángulos de elevación β mediante (1), que aplicada a los ángulos β_1 (18.8°) y β_2 (19.0°) para las alturas de Z de 700 m y 800 m obtenemos:

$$\alpha_1 = 700 \cot 18.8 = 2056.2m$$

$$\alpha_2 = 800 \cot 19.0 = 2323.4m$$

Con estos α determinados, el desplazamiento horizontal S se calcula por el teorema del coseno (2) utilizando los ángulos azimutales ρ , que en este caso son 263.7° y 264.9°:

$$S^2 = 2056.2^2 + 2323.4^2 - 2 * 2056.2 * 2323.4 * \cos (263.7 - 264.9) ; S = 279.5m$$

Finalmente calculamos la velocidad del viento V mediante (3), dividiendo el desplazamiento horizontal S entre el intervalo de tiempo que en este caso son 30 s:

$$V = \frac{279.5}{30} = 9.3ms^{-1}$$

Este valor obtenido mediante cálculo teórico (VCalc) coincide con el valor anotado en el cuaderno (VLog). Dada la relativa complejidad de los cálculos y la necesidad de repetirlos múltiples veces, y aunque había tablas que lo facilitaban como las publicadas por E. Miquel (Miquel, 1927), es seguro que se utilizaba un método gráfico con reglas y hojas impresas *ad hoc*, como el llamado disco Moltchanoff.

Se han realizado algunas comparaciones entre Vcalc y VLog y, si bien la coincidencia no es exacta, las diferencias suelen ser del orden de décimas de ms^{-1} (excepcionalmente de hasta el ms^{-1}). Por otro lado se ha comprobado que el método gráfico compensa los posibles errores en la determinación de la velocidad en un nivel con los siguientes, de modo que las velocidades medias obtenidas analíticamente coinciden con las obtenidas gráficamente, no encontrándose sesgo alguno en la muestra analizada.

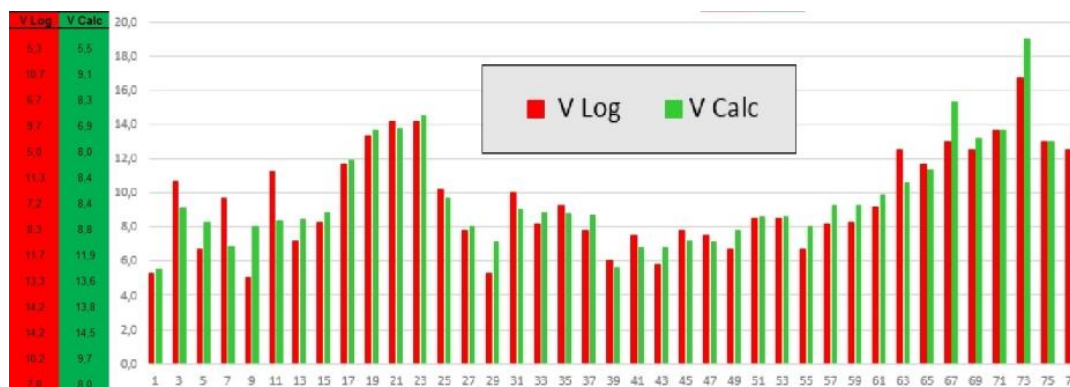


Fig. 7: Comparación de velocidad en cuaderno (VLog) frente a calculadas (VCalc) para el globo N°2 lanzado en Badajoz el 2 de febrero de 1924 (Cuaderno 1, p.4)

Obtener la dirección sería, en principio, notablemente más sencillo ya que debería coincidir con la media de los ángulos azimutales ρ obtenidos con el teodolito, mas/menos 180° para obtener la dirección de donde viene el viento, no hacia donde va. En nuestro ejemplo:

$$D = \frac{263.7+264.9}{2} - 180 = 264.3^\circ - 180^\circ = 84.3^\circ$$

Es decir, correspondería con el este. Observamos sin embargo que en la columna D (figura 6) figura el texto “280 E-3-S”. Se ha podido deducir que la primera cifra, 280, no se corresponde con la dirección sino con la longitud del segmento horizontal de este tramo, y que “E-3-S” era una manera de codificar la dirección que sería E más 3° hacia el S, es decir 93°. Este valor no coincide de manera exacta con el arriba obtenido, lo cual con casi toda seguridad es debido a que el valor anotado era obtenido del mismo método gráfico con el que se calculaba el módulo de la velocidad.

3. COMPARACIÓN DE PERFILES OBSERVADOS FRENTE A PERFILES MODELIZADOS POR EL REANÁLISIS ERA20-C

ERA20-C es el primer reanálisis del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (CEPMPM, o ECMWF por sus siglas en inglés European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) diseñado específicamente para aplicaciones climáticas (Poli y otros, 2016, pp. 4083-4097). Cubre desde 1900 hasta 2010 y está forzado por análisis de temperatura de agua del mar, cubierta de hielo, composición atmosférica y radiación solar y asimila observaciones de presión en superficie y viento marino.

Sin ánimo de hacer una comparativa exhaustiva, la cual en este momento no es posible dado que las observaciones no están digitalizadas ni, por tanto, han sido objeto de ningún control de calidad, se han realizado algunas comparaciones entre los perfiles de viento observados en Badajoz y los obtenidos del modelo ERA20-C. Sería ingenuo pensar que ERA20-C dado que, entre otras cosas, su resolución es de aproximadamente sólo 125 km (T159), pudiera resolver bien el viento en niveles bajos que suele estar muy afectado por fenómenos de escalas inferiores a la sinóptica. Sin embargo es razonable pensar que el modelo deba ser capaz de reproducir características de escala sinóptica como puede ser vientos en niveles medios y altos.

Sin embargo la figura 8 izquierda muestra el globo n.º 136 (cuaderno 3, página 45) lanzado el 5 de julio de 1924 a las 12 h que alcanzó los 7200 m y que muestra velocidades muy elevadas, más de 30 m/s, por encima de los 5000 m y que contrastan con las velocidades muy bajas que ERA20-C para ese día y hora sobre Badajoz. Es evidente que ERA20-C no ha simulado bien la circulación sinóptica ese día sobre la Península.

En cambio, la figura de la derecha sí muestra perfiles parecidos, al menos en velocidad, para otro día de ese mismo mes.

4. CONCLUSIONES

La red aerológica española establecida en la segunda década del siglo XX generó una enorme cantidad de información que a día de hoy no está disponible, en forma de dato, para la comunidad científica, y que corre el riesgo de perderse. La enorme valía del personal dedicado a estas tareas, y el hecho de que la actividad de la red estuviera coordinada a nivel europeo asegura su calidad.

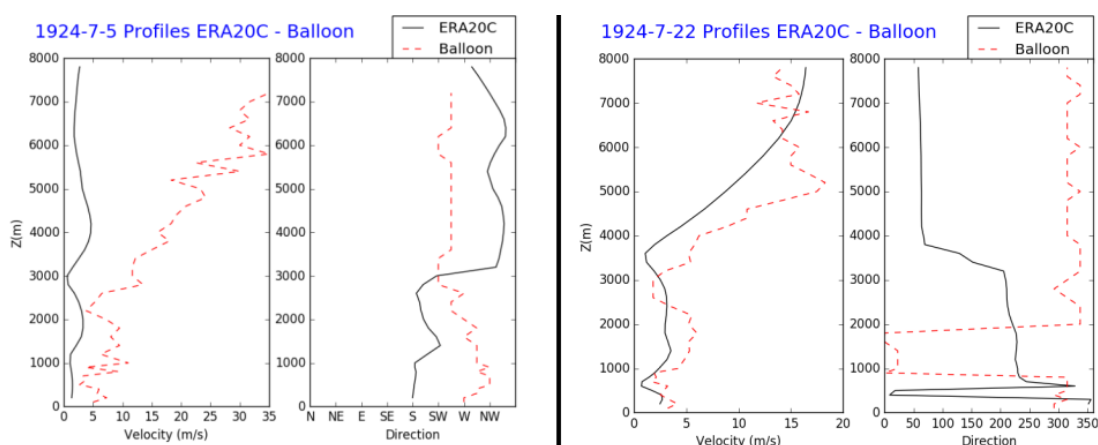


Fig. 8: Dos comparativas globos pilotos frente a ERA20-C.

Se ha revisado el método de observación y se ha comprobado la idoneidad del método gráfico utilizado en el observatorio de Badajoz cuyos cuadernos de Observación se han subido al repositorio Arcimis.

Se estima que los datos de esta red pueden servir para evaluar modelos climáticos y como entrada a futuros reanálisis.

El gran esfuerzo dedicado por nuestros antecesores a esta tarea (solo el seguimiento de un globo que alcanzase los 8000m de altura ya podía suponer la dedicación de dos personas durante más de 40 minutos) hace que sea de justicia que nosotros le dediquemos el necesario para la recuperación de sus observaciones.

REFERENCIAS

- Agencia Estatal de Meteorología. (2020-2022). Cuadernos de observación de globos piloto de Badajoz. <https://hdl.handle.net/20.500.11765/11134>
- Anduaga, A. (2000). La Aerología o el estudio de las altas capas de la atmósfera en España en el primer tercio del Siglo XX. España: Ministerio de Medio Ambiente
- Miquel, E. (1927). Tablas para el cálculo de las observaciones con globos pilotos. España: Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral.
- Poli, P., y otros. (2016). ERA-20C: An Atmospheric Reanalysis of the Twentieth Century, *Journal of Climate*, 29(11), 4083-4097. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/jcli-d-15-0556.1>
- Servicio Meteorológico Español. (1932). Resumen de las Observaciones Aerológicas efectuadas en España durante el año 1925. España: Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral.
- Servei Meteorologic de Catalunya (1923-1931). Notas D'estudi del Servei Meteorologic de Catalunya. Vol I,II,III. Diputació Provincial de Barcelona y Generalitat de Catalunya.
- Grupo de protección del vuelo. (1937). Instrucciones para sondeos aerológicos con globos pilotos. República Española. Subsecretaría del aire.