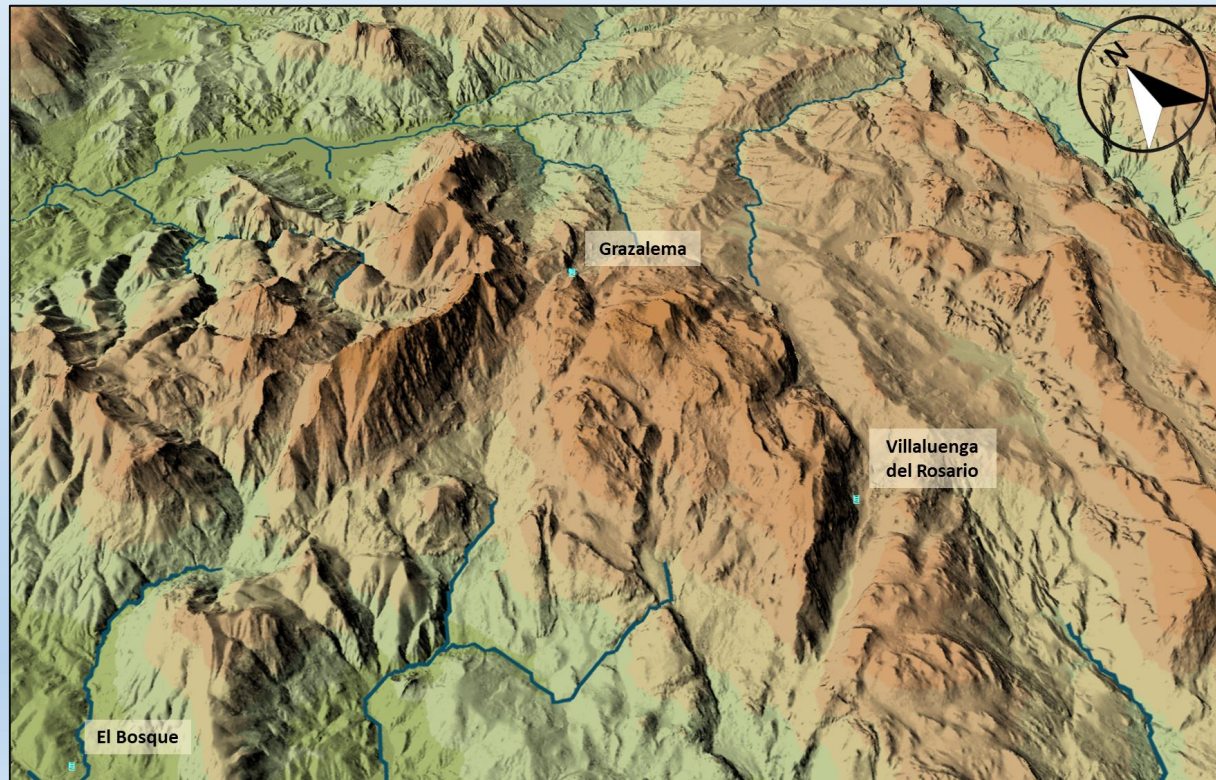


Singularidad pluviométrica de Grazalema

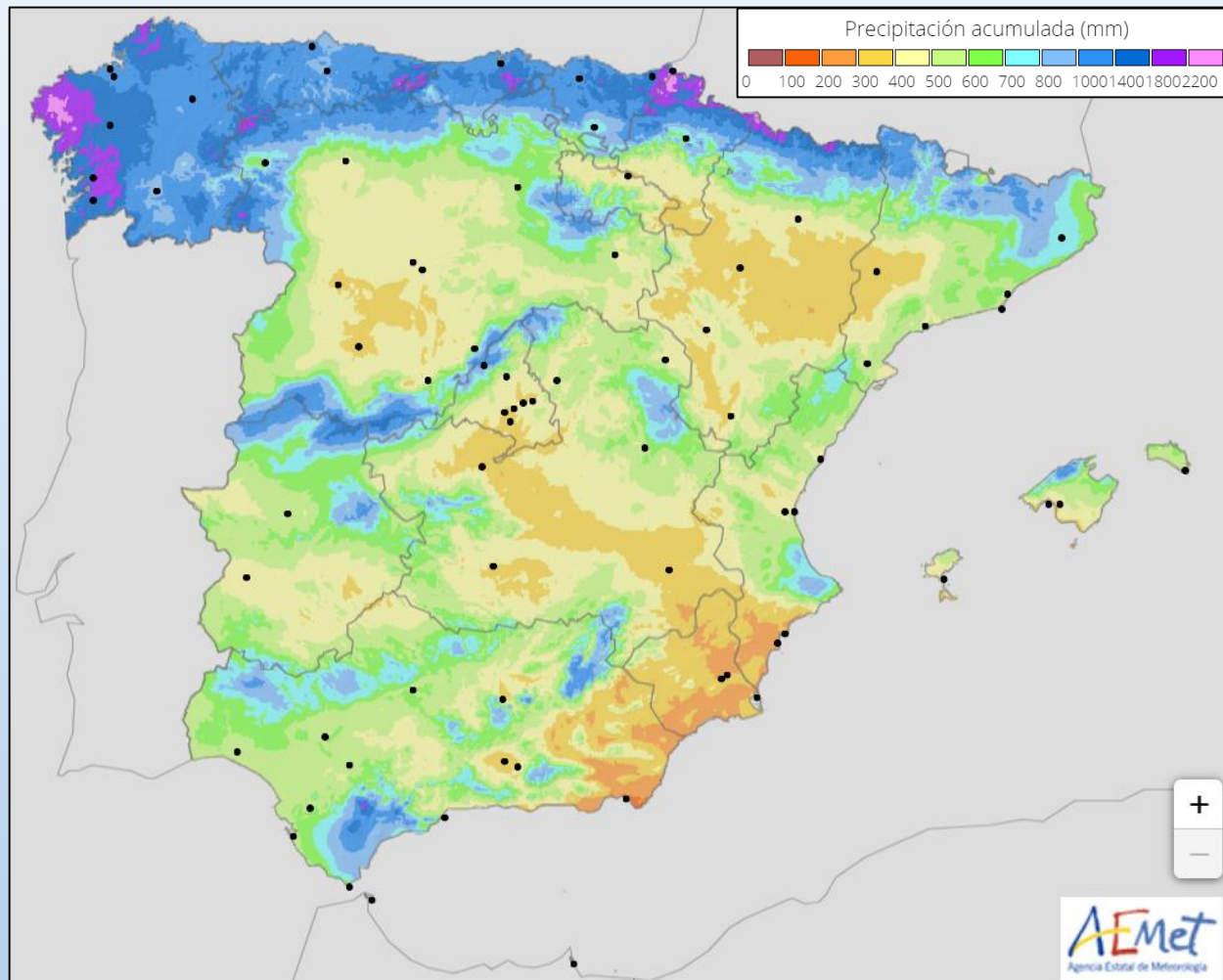
***XXXVI Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española
Cádiz – Marzo de 2024***

C. Manuel Jiménez Cavero - cjimenezc@aemet.es
David Momblona Montiel - dmomblonam@aemet.es

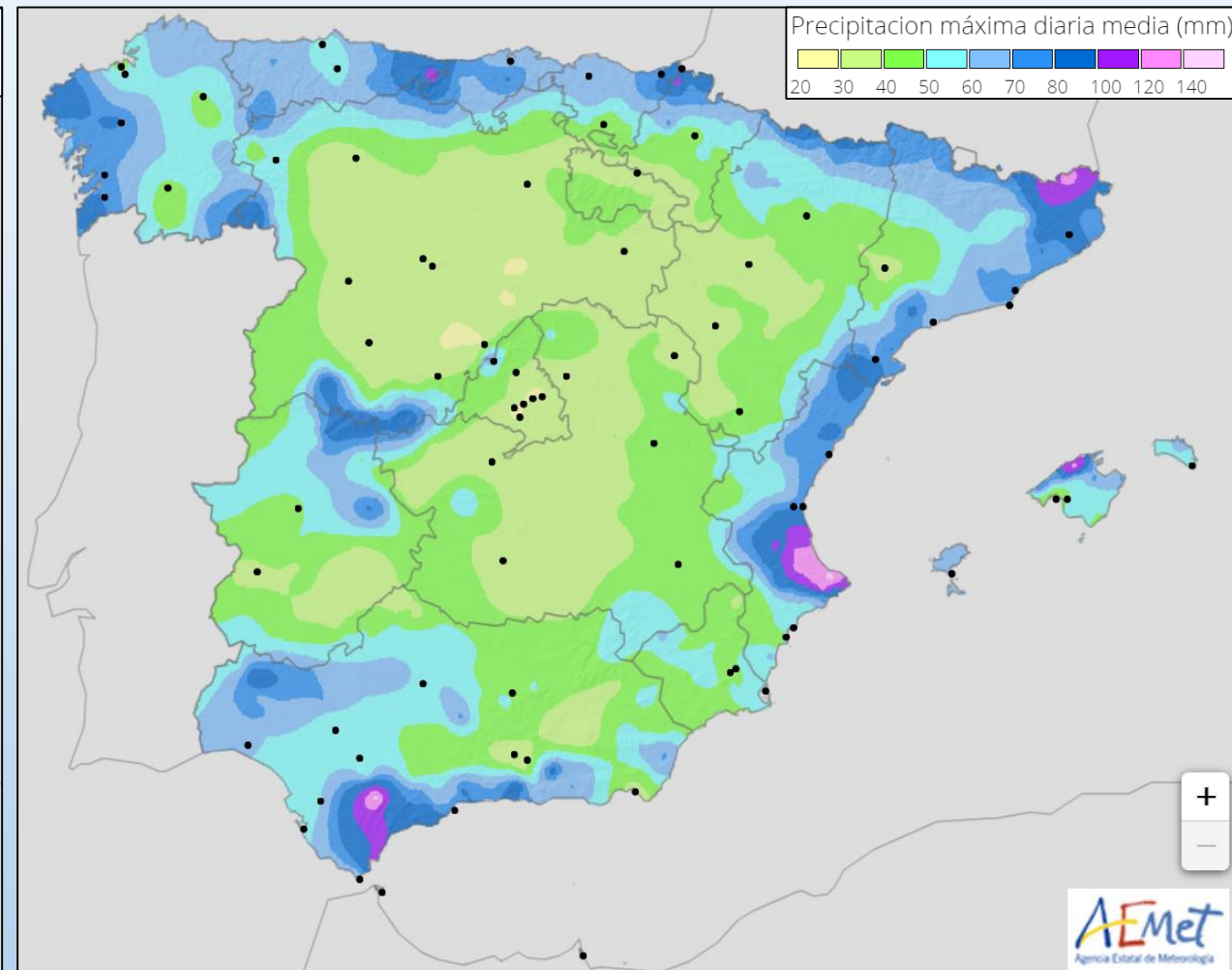
1. Introducción. Contexto climatológico.
2. Sinóptica, mesoescala y microescala en episodios pluviométricos destacados.
3. Comportamiento de los modelos.
4. Conclusiones y retos de futuro.



Introducción. Contexto climatológico.

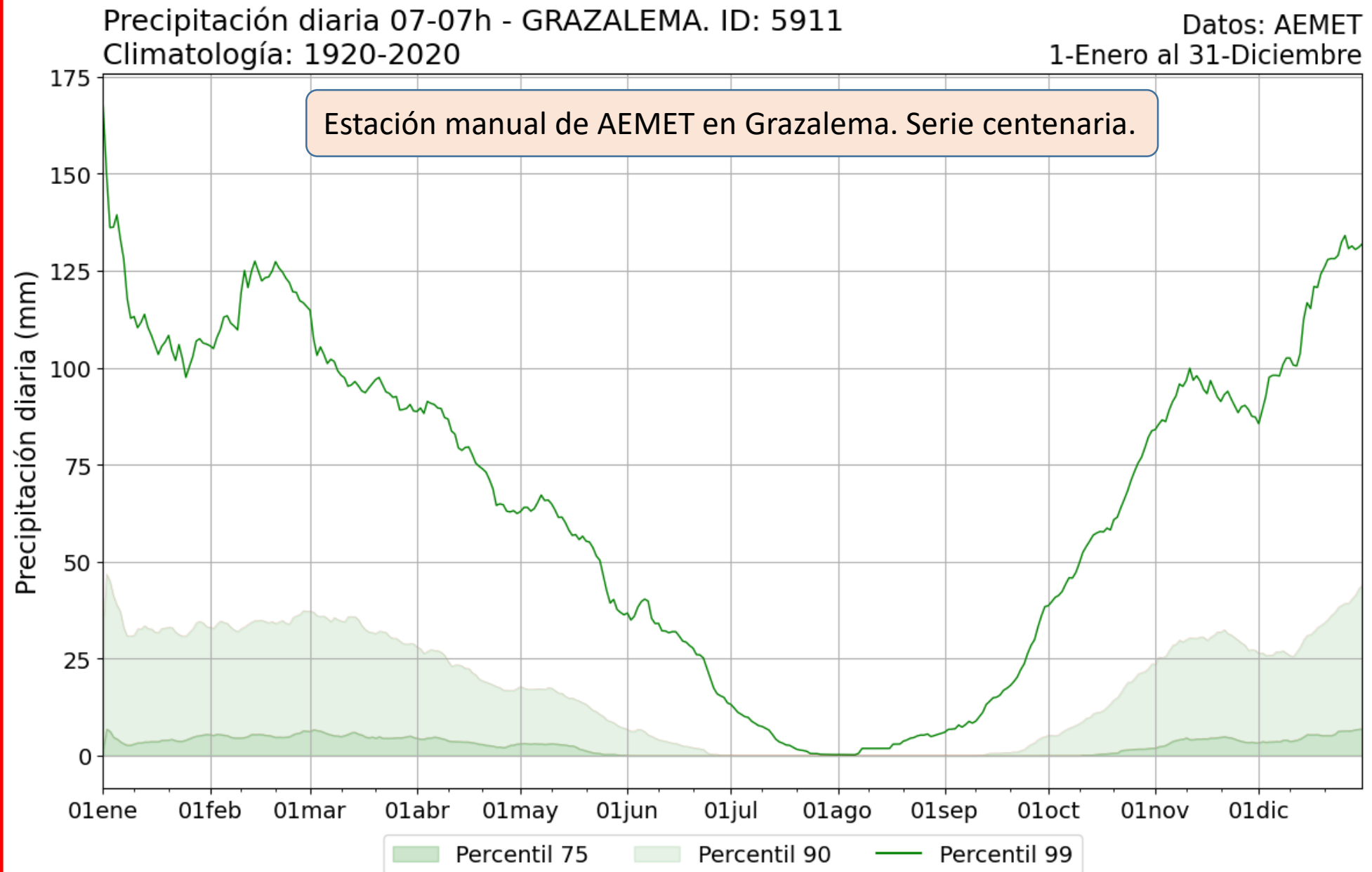


Precipitación media anual del periodo 1981-2010.

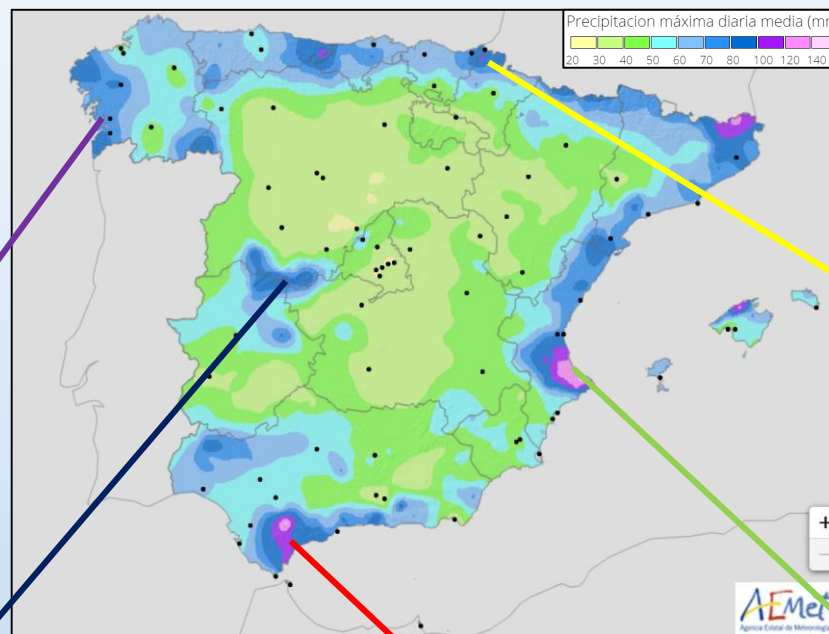


Media de la precipitación máxima diaria anual del periodo 1981-2010.

Introducción. Contexto climatológico.

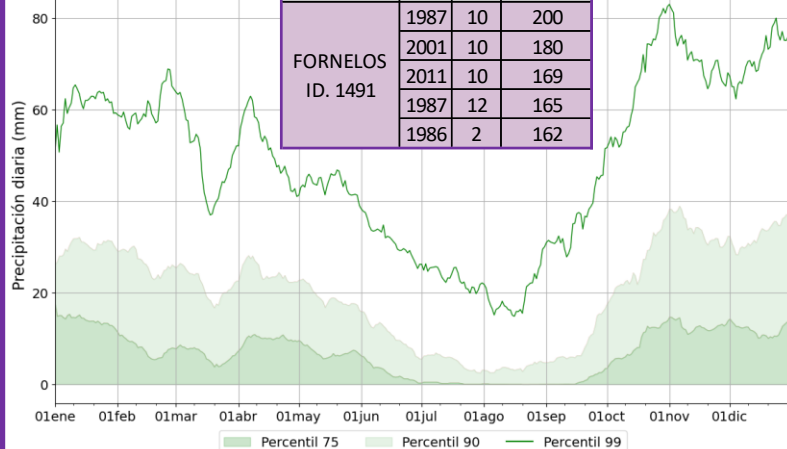


Introducción. Contexto climatológico.



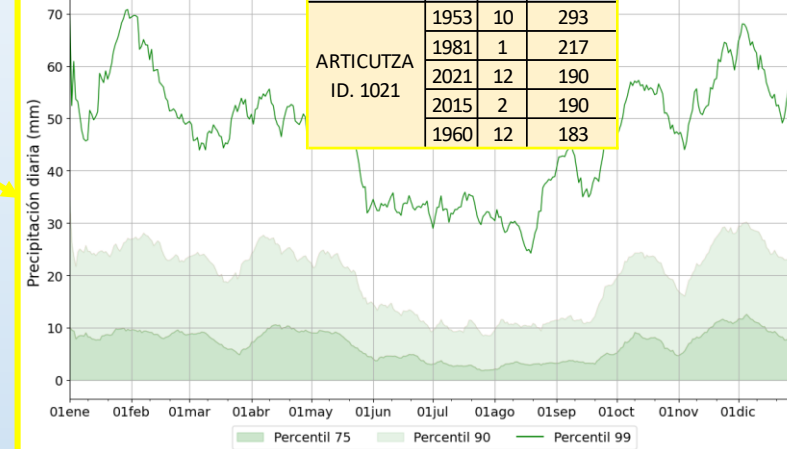
Precipitación diaria 07-07h - FORNELOS DE MONTES G.C.: ID: 1491 Datos: AEMET Climatología: 1981-2010 1-Enero al 31-Diciembre

ID	AÑO	MES	P_DIARIA
FORNELOS ID. 1491	1987	10	200
	2001	10	180
	2011	10	169
	1987	12	165
	1986	2	162



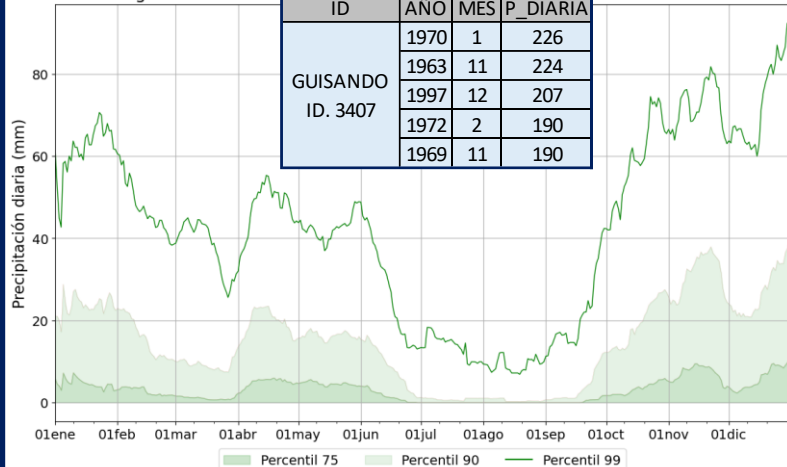
Precipitación diaria 07-07h - ARTICUTZA: ID: 1021 Datos: AEMET Climatología: 1981-2010 1-Enero al 31-Diciembre

ID	AÑO	MES	P_DIARIA
ARTICUTZA ID. 1021	1953	10	293
	1981	1	217
	2021	12	190
	2015	2	190
	1960	12	183



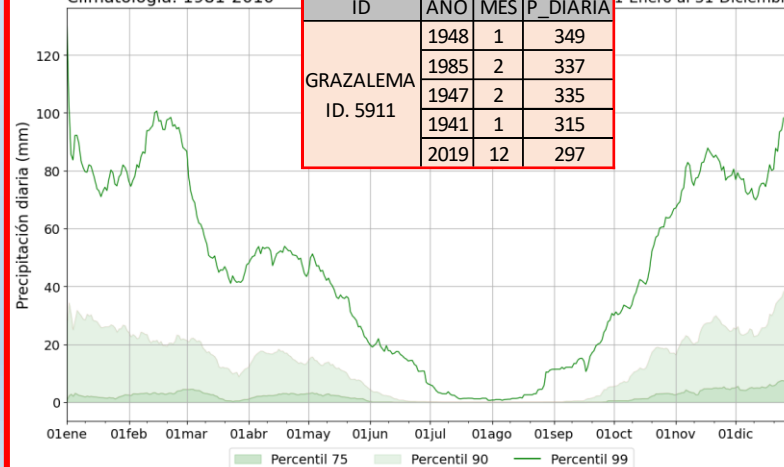
Precipitación diaria 07-07h - GUISANDO EL RISQUILLO: ID: 3407 Datos: AEMET Climatología: 1981-2010 1-Enero al 31-Diciembre

ID	AÑO	MES	P_DIARIA
GUISANDO ID. 3407	1970	1	226
	1963	11	224
	1997	12	207
	1972	2	190
	1969	11	190



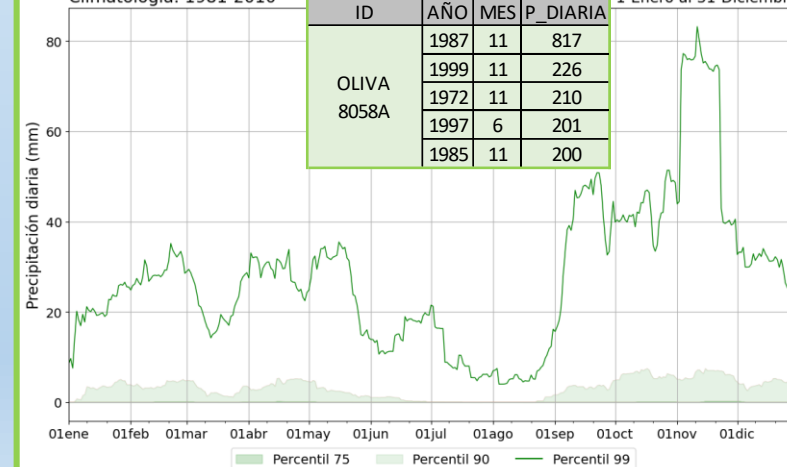
Precipitación diaria 07-07h - GRAZALEMA: ID: 5911 Datos: AEMET Climatología: 1981-2010 1-Enero al 31-Diciembre

ID	AÑO	MES	P_DIARIA
GRAZALEMA ID. 5911	1948	1	349
	1985	2	337
	1947	2	335
	1941	1	315
	2019	12	297



Precipitación diaria 07-07h - OLIVA S E AGRARIA: ID: 8058A Datos: AEMET Climatología: 1981-2010 1-Enero al 31-Diciembre

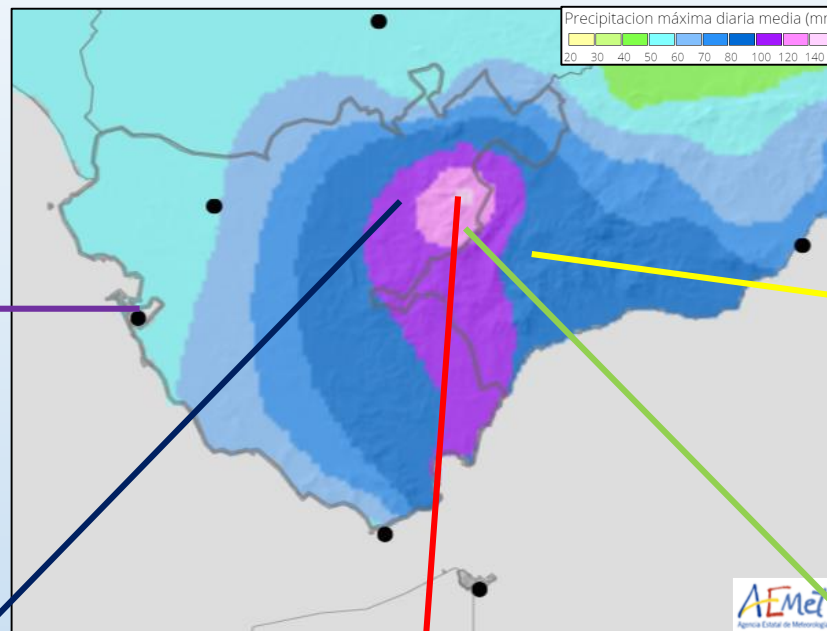
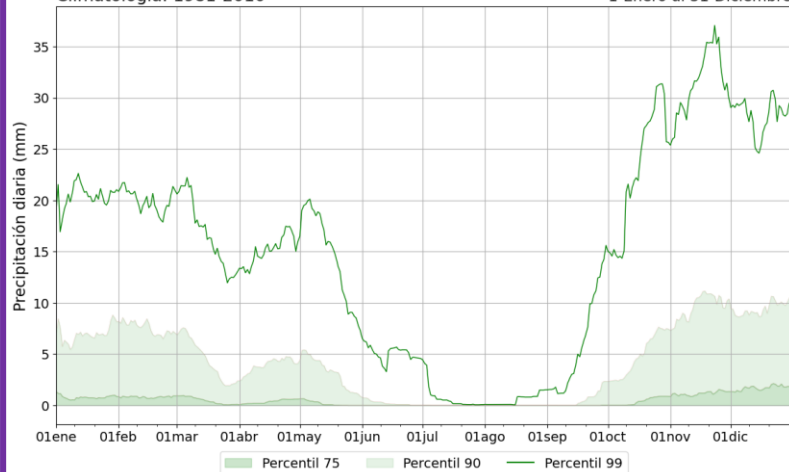
ID	AÑO	MES	P_DIARIA
OLIVA 8058A	1987	11	817
	1999	11	226
	1972	11	210
	1997	6	201
	1985	11	200



Introducción. Contexto climatológico.

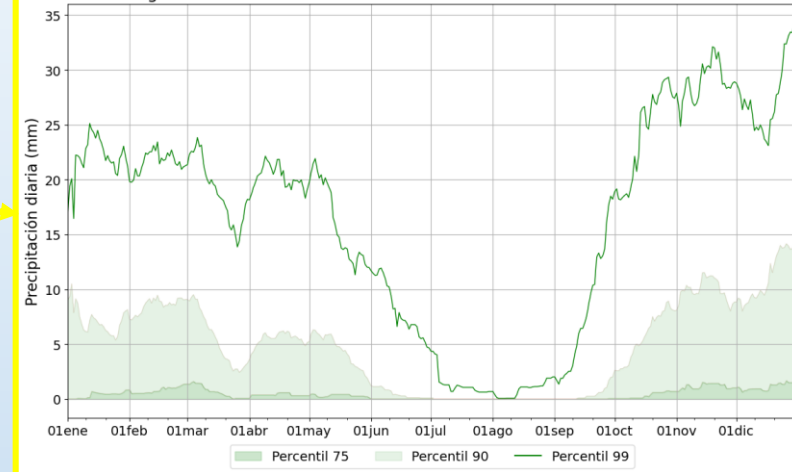
Precipitación diaria 07-07h - CÁDIZ, OBS.. ID: 5973
Climatología: 1981-2010

Datos: AEMET
1-Enero al 31-Diciembre



Precipitación diaria 07-07h - PARCHITE (CMA). ID: 6033
Climatología: 1981-2010

Datos: AEMET
1-Enero al 31-Diciembre



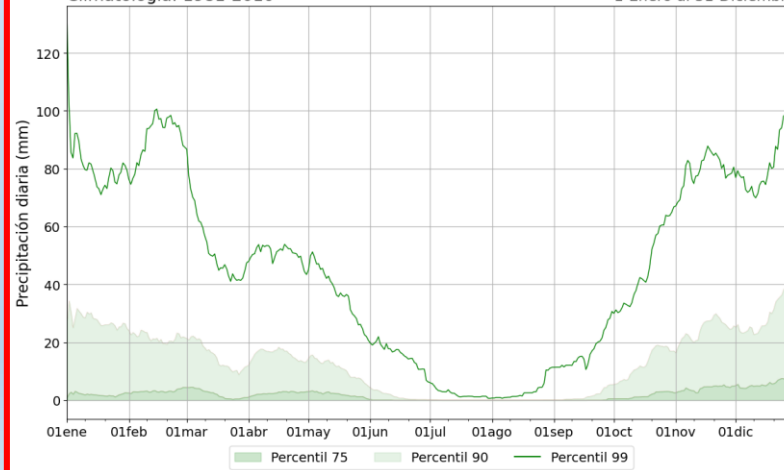
Precipitación diaria 07-07h - EL BOSQUE. ID: 5940
Climatología: 1985-2010

Datos: AEMET
1-Enero al 31-Diciembre



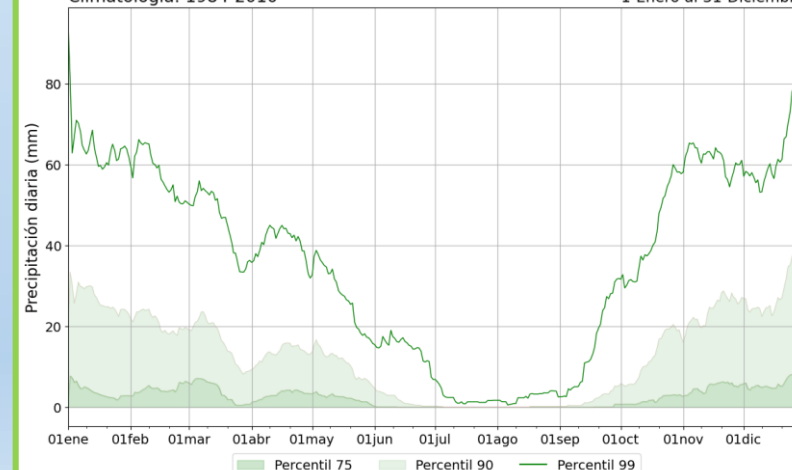
Precipitación diaria 07-07h - GRAZALEMA. ID: 5911
Climatología: 1981-2010

Datos: AEMET
1-Enero al 31-Diciembre



Precipitación diaria 07-07h - VILLALUENGA DEL ROS.(ICONA). ID: 5943B
Climatología: 1984-2010

Datos: AEMET
1-Enero al 31-Diciembre



Introducción. Contexto climatológico.

GRAZALEMA

Precipitación mensual [mm] - ID 5911A - Serie 200

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000	0											
2001	793	129	223	21	92	7	0	0	93	205	11	
2002	144	40	307	230	56	22	0	1	27	104	45	
2003	209	255	189	173	24	0	0	1	53	497	26	
2004	174	208	149	127	182	0	0	13	1	290	21	
2005	0	111	154	24	52	0	0	1	24	65	81	
2006	47	217	104	83	35	8	2	31	68	220	14	
2007	104	422	82	65	125	46	0	5	33	14	10	
2008	263	80	79	560	147	0	1	0	82	274	20	
2009	713	252	171	161	24	19	1	8	40	143	8	
2010	440	659	184	52	56	151	0	4	56	228	32	
2011	158	124	105	217	75	17	0	0	52	233	26	
2012	69	10	8	278	128	0	0	0	41	236	36	
2013	178	269	1035	38	75	4	0	3	26	32	29	
2014	479	604	98	234	34	26	0	0	97	102	50	
2015	289	105	112	90	4	54	0	3	95	179	97	
2016	434	486	104	286	132	0	1	0	27	162	36	
2017	39	213	184	53	104	0	1	10	4	177	11	
2018	178	208	1091	263	40	2	0	22	40	198	34	
2019	343	31	69	247	0	0	0	0	29	66	48	
2020	204	21	168	143	141	64	0	0	3	136	11	
2021	426	405	58	51	25	25	0	0	20	352	15	
2022	30	6	368	153	30	0	0	6	29	9	305	107
2023	275	22	168	12	52	5	0	0	79	316	117	0
2024	192	626										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

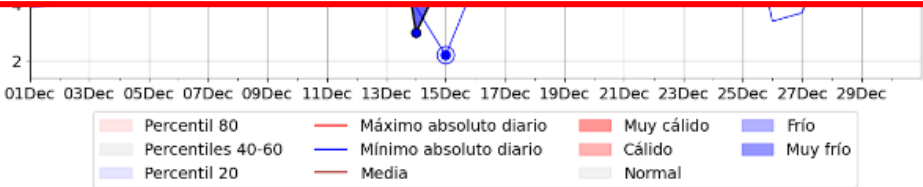
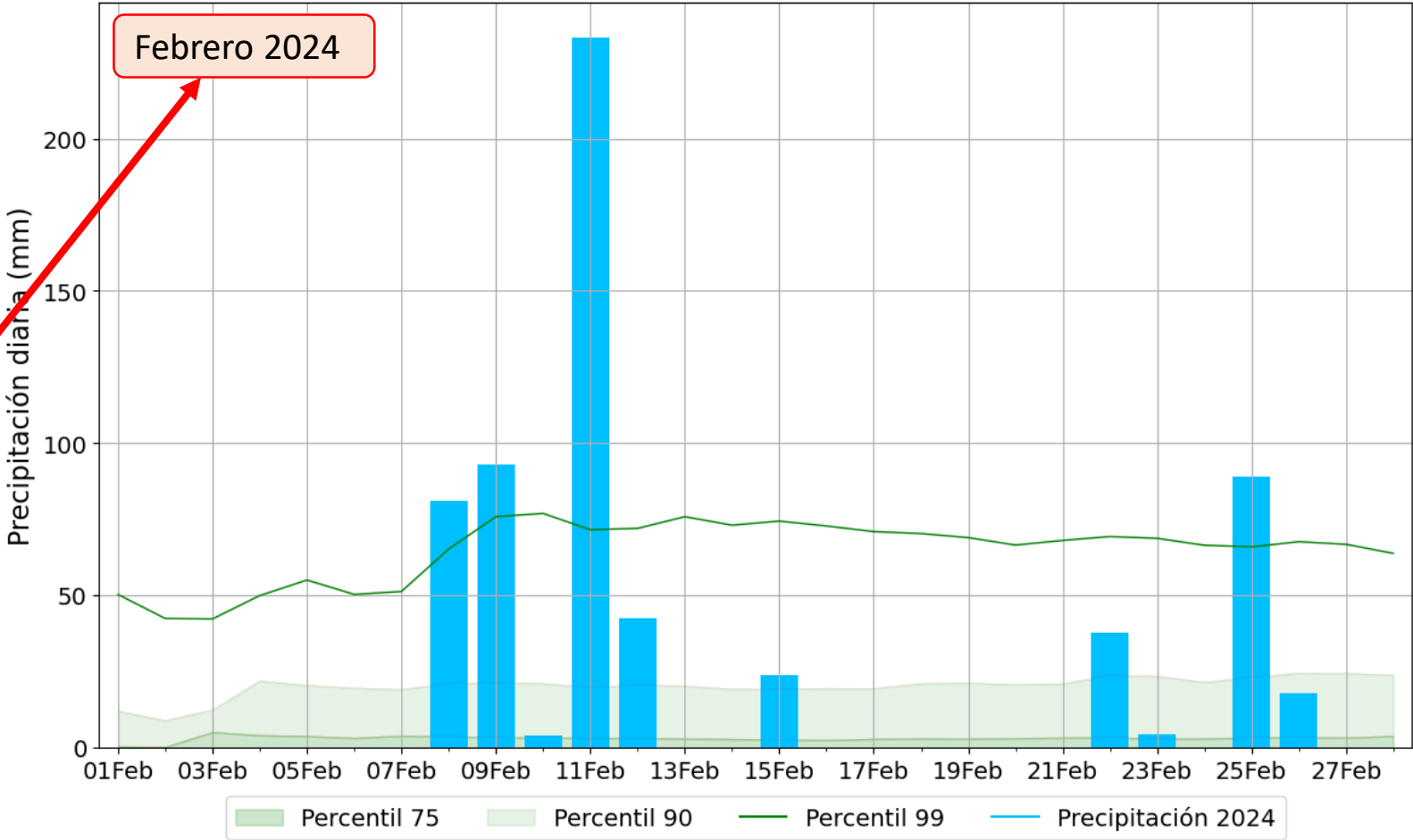
Fuente de datos: AEMET

Precipitación diaria 07-07h - GRAZALEMA (EMA). ID: 5911A
Climatología: 2000-2020

Datos: AEMET
1-Diciembre al 31-Diciembre de 2009

Precipitación diaria 07-07h - GRAZALEMA (EMA). ID: 5911A
Climatología: 2000-2020

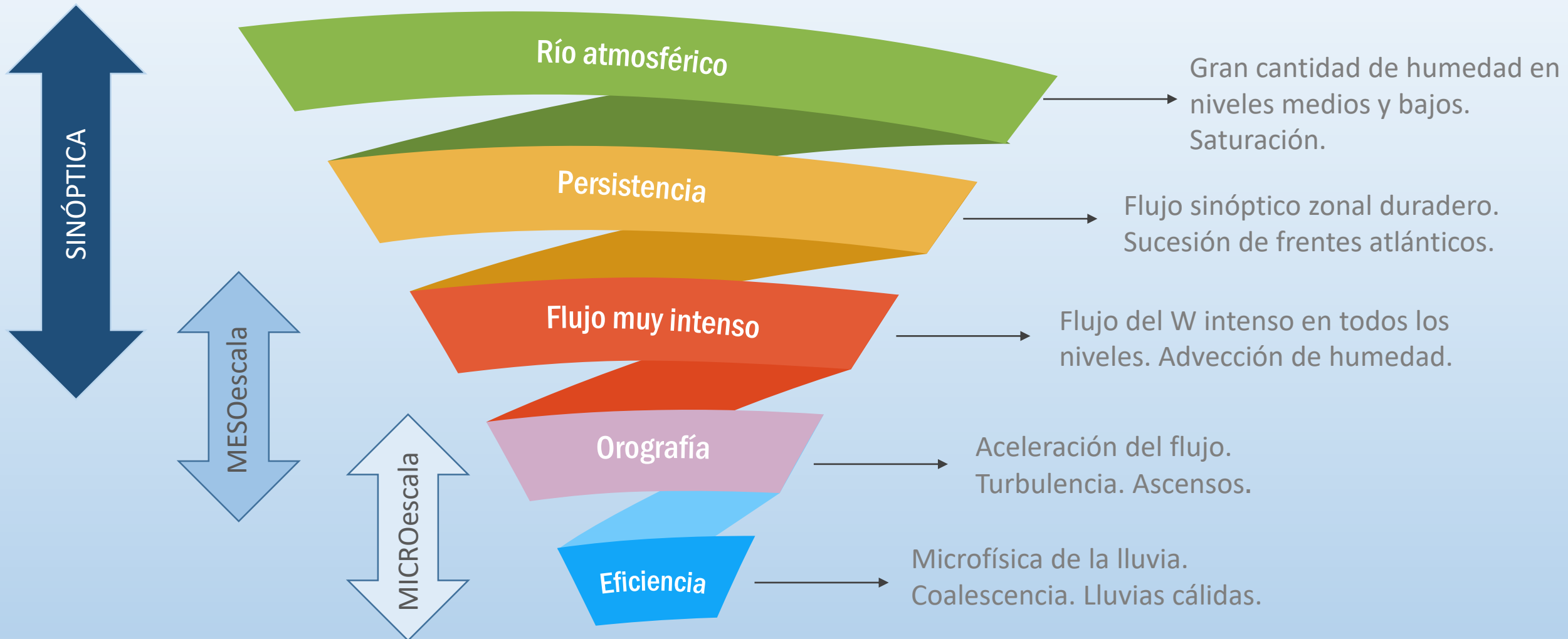
Datos: AEMET
1-Feb al 28-Feb de 2024



Sinóptica, mesoescala y microescala.

$$P = R \cdot t$$

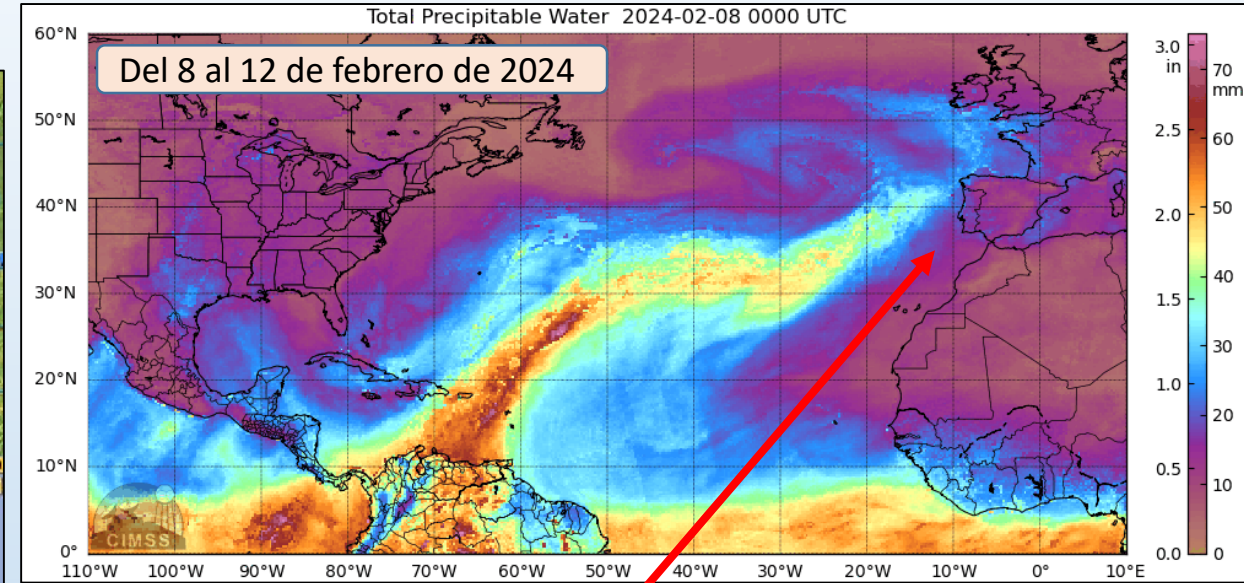
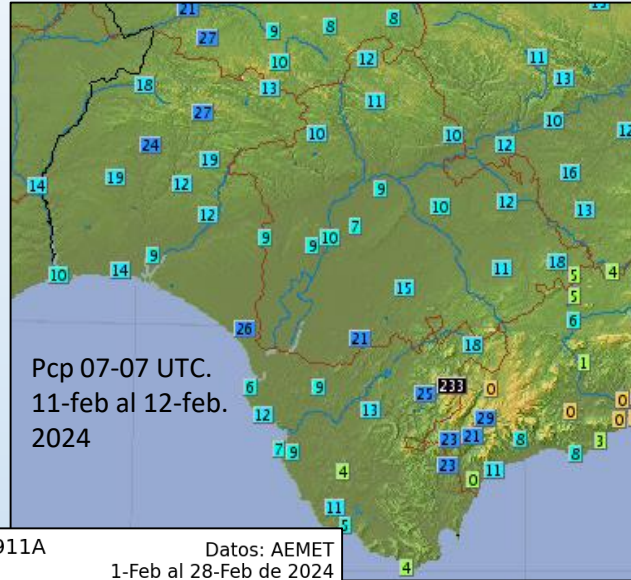
$$P = \epsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



Sinóptica, mesoescala y microescala.

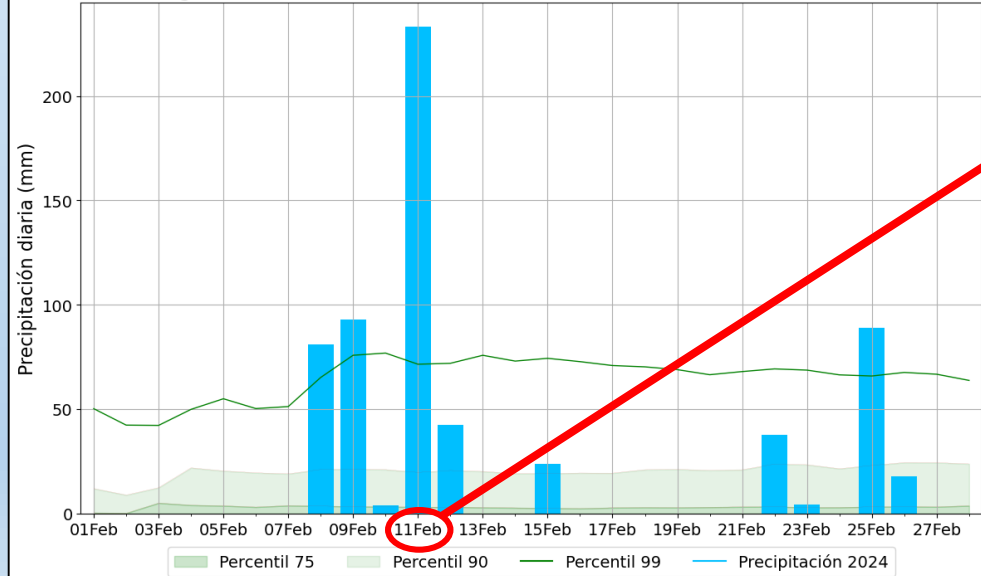
$$P = R \cdot t$$

$$P = \varepsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



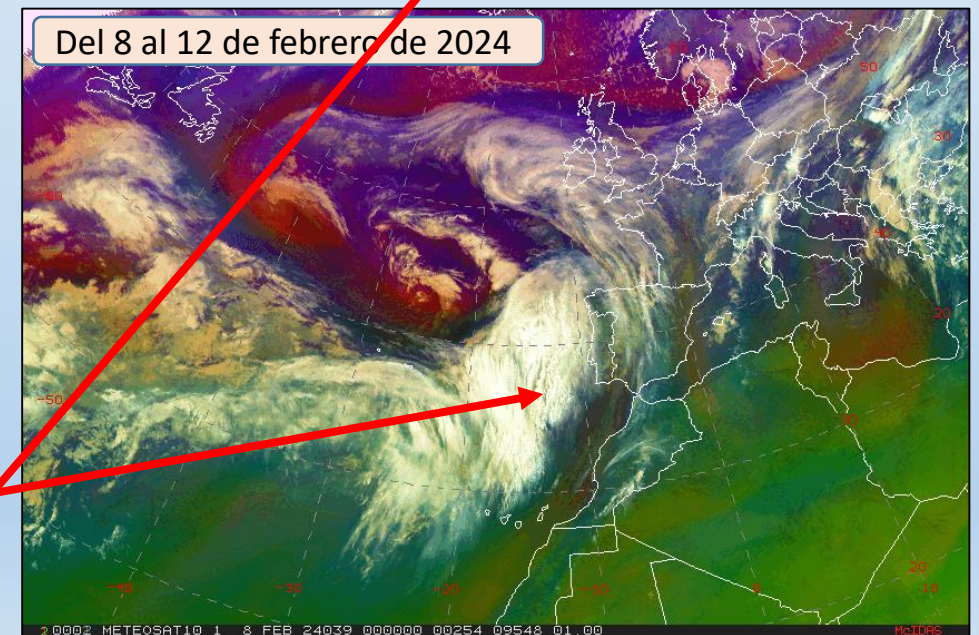
Precipitación diaria 07-07h - GRAZALEMA (EMA). ID: 5911A
Climatología: 2000-2020

Datos: AEMET
1-Feb al 28-Feb de 2024



Episodio más destacado
el 11 de febrero.

Menos señal en satélite en
comparación con el 8-9-feb.
¿?



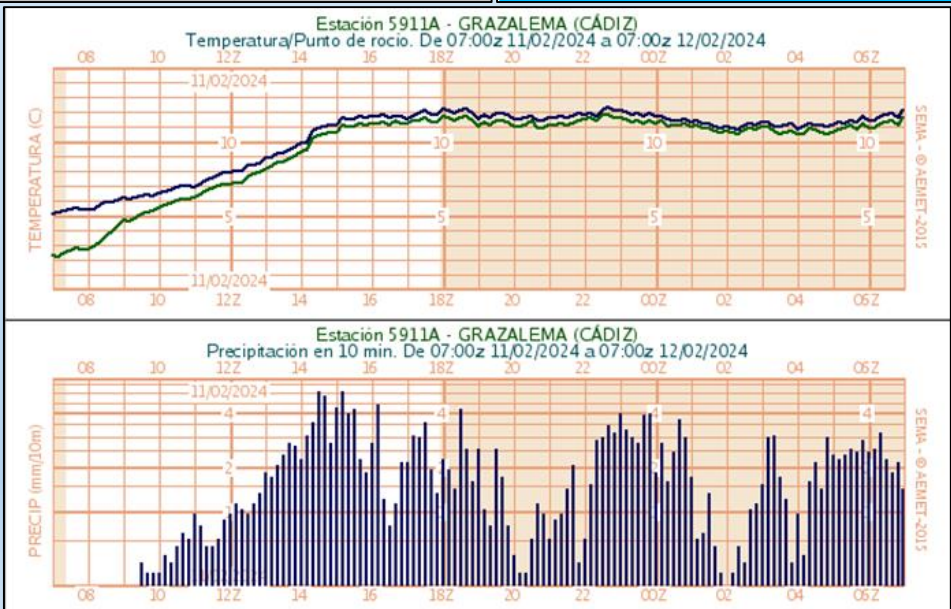
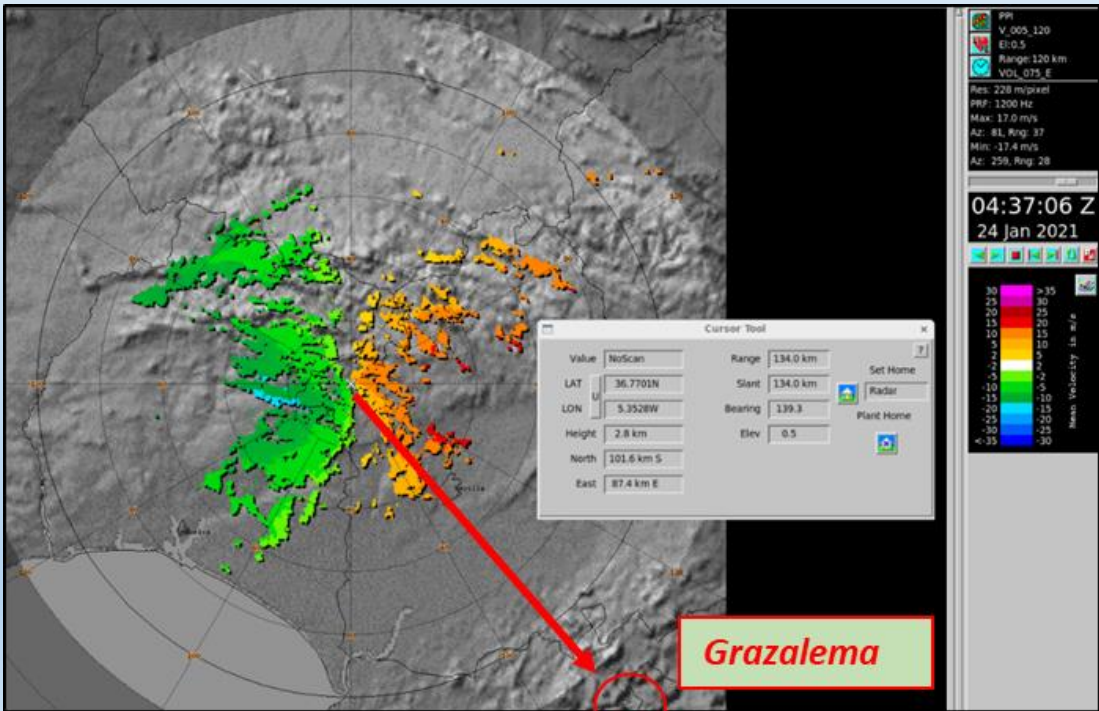
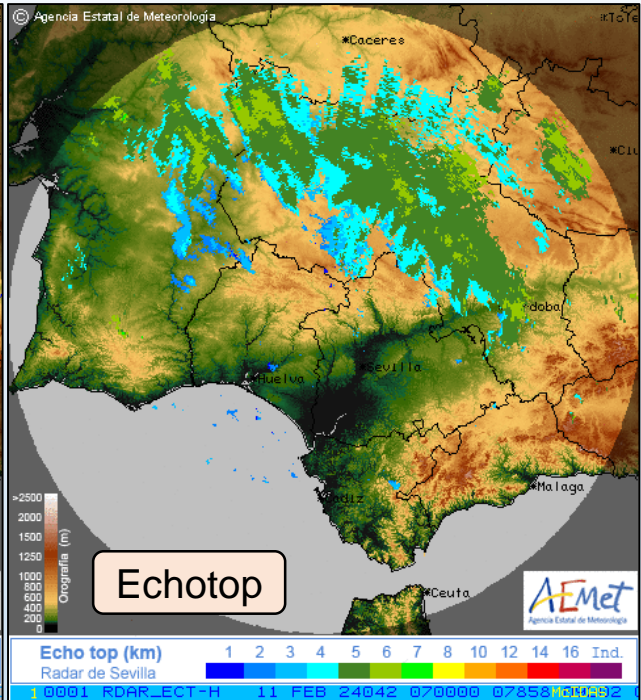
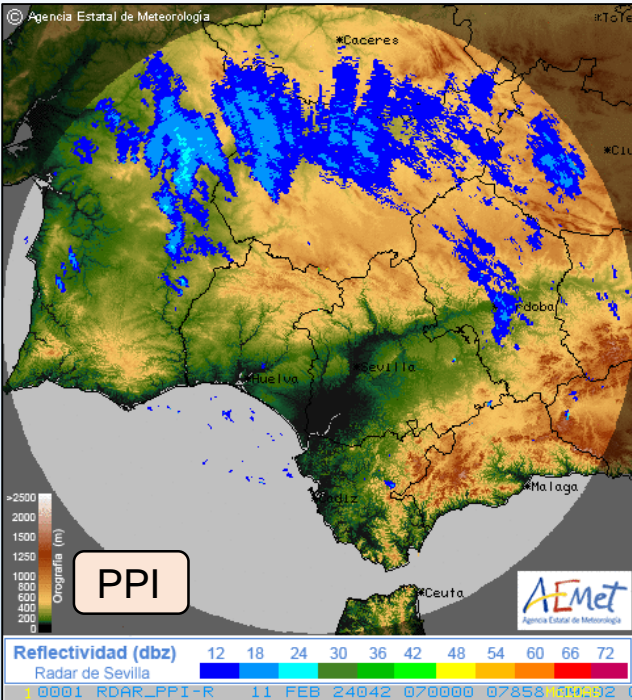
Sinóptica, mesoescala y microescala.

$$P = R \cdot t$$

$$P = \varepsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



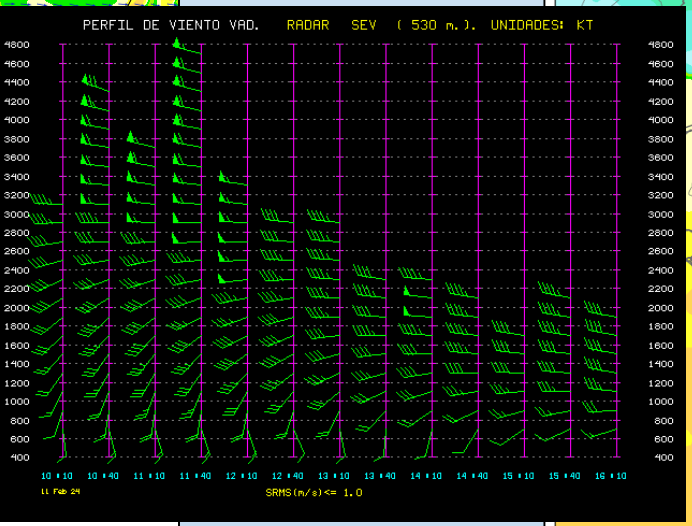
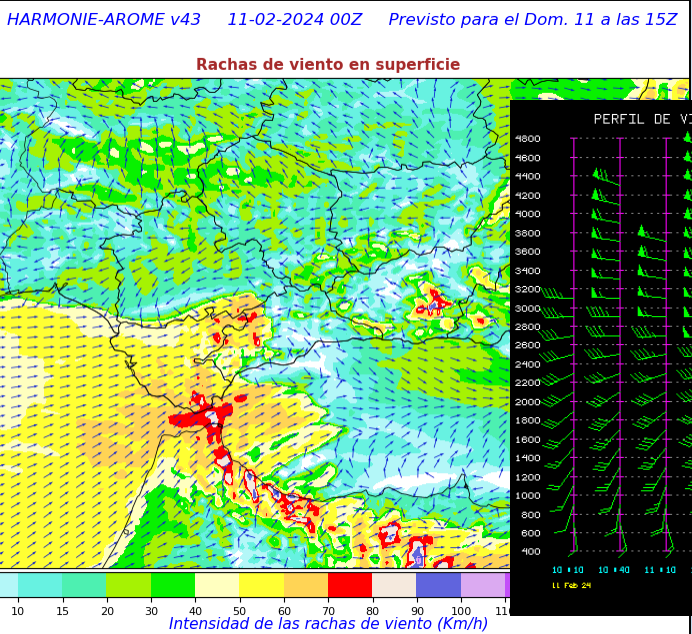
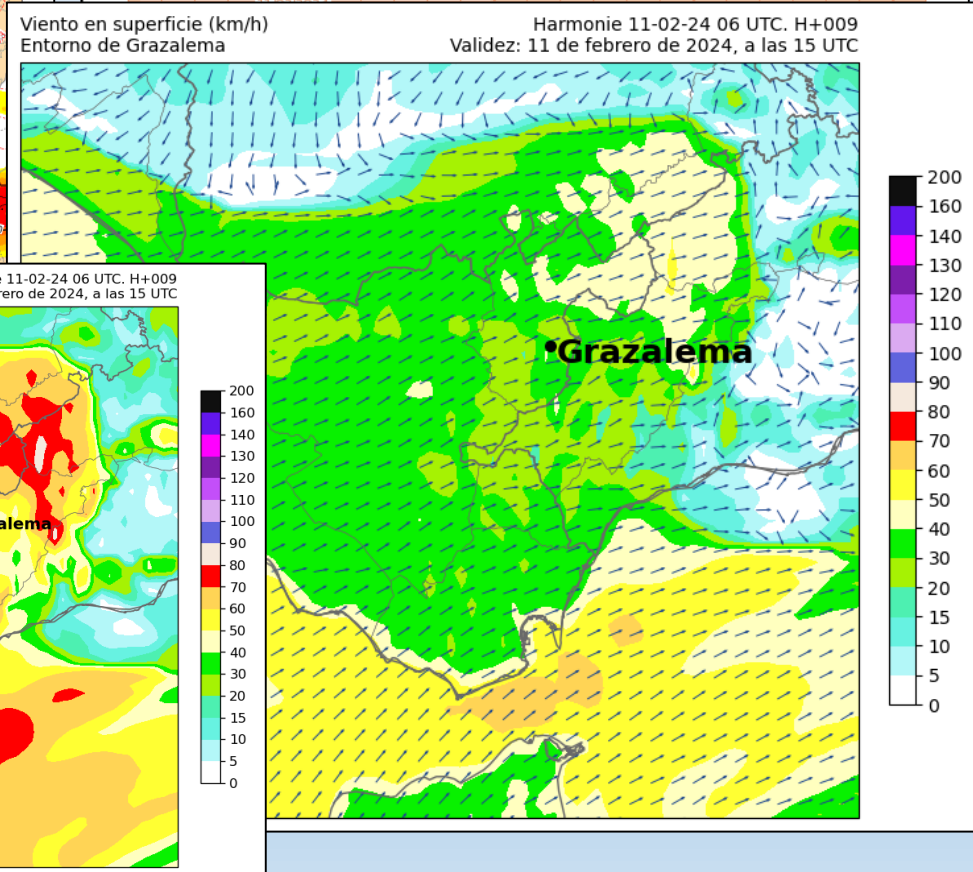
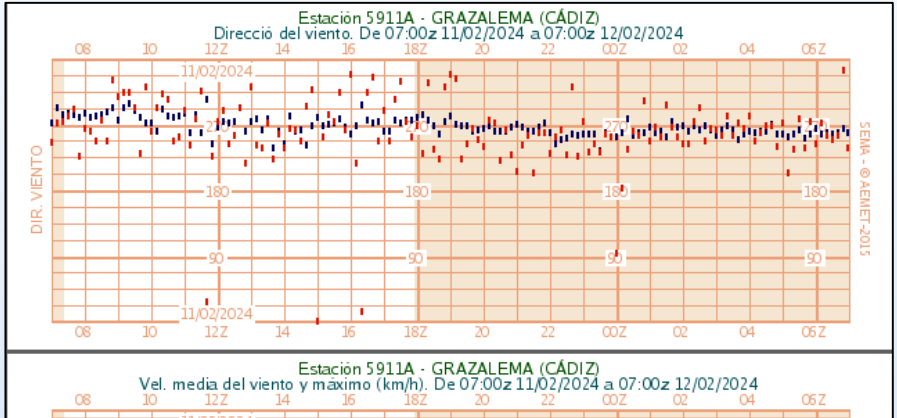
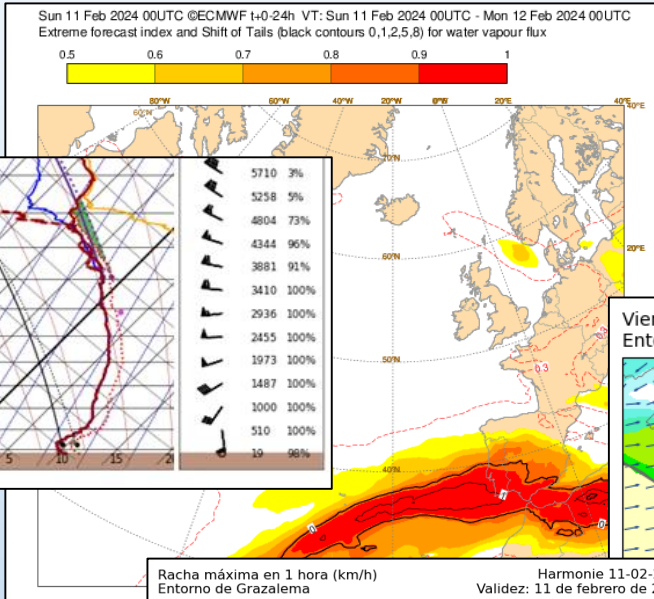
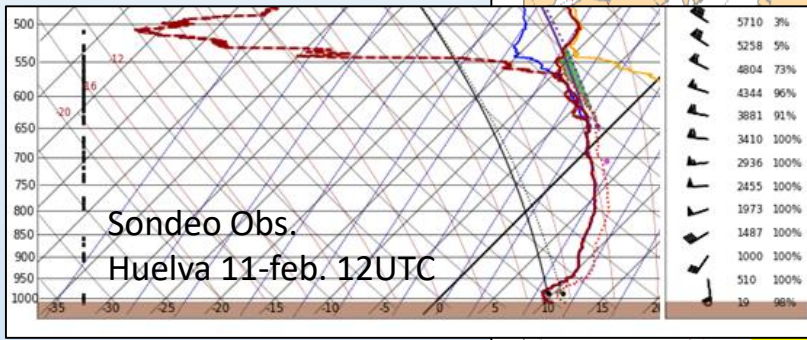
El radar de **Sevilla** se halla a unos 500 m. Grazalema está a unos 135 km en línea recta. El haz del PPI más bajo pasa a unos 2800 m. sobre la vertical de Grazalema.



Sinóptica, mesoescala y microescala.

$$P = R \cdot t$$

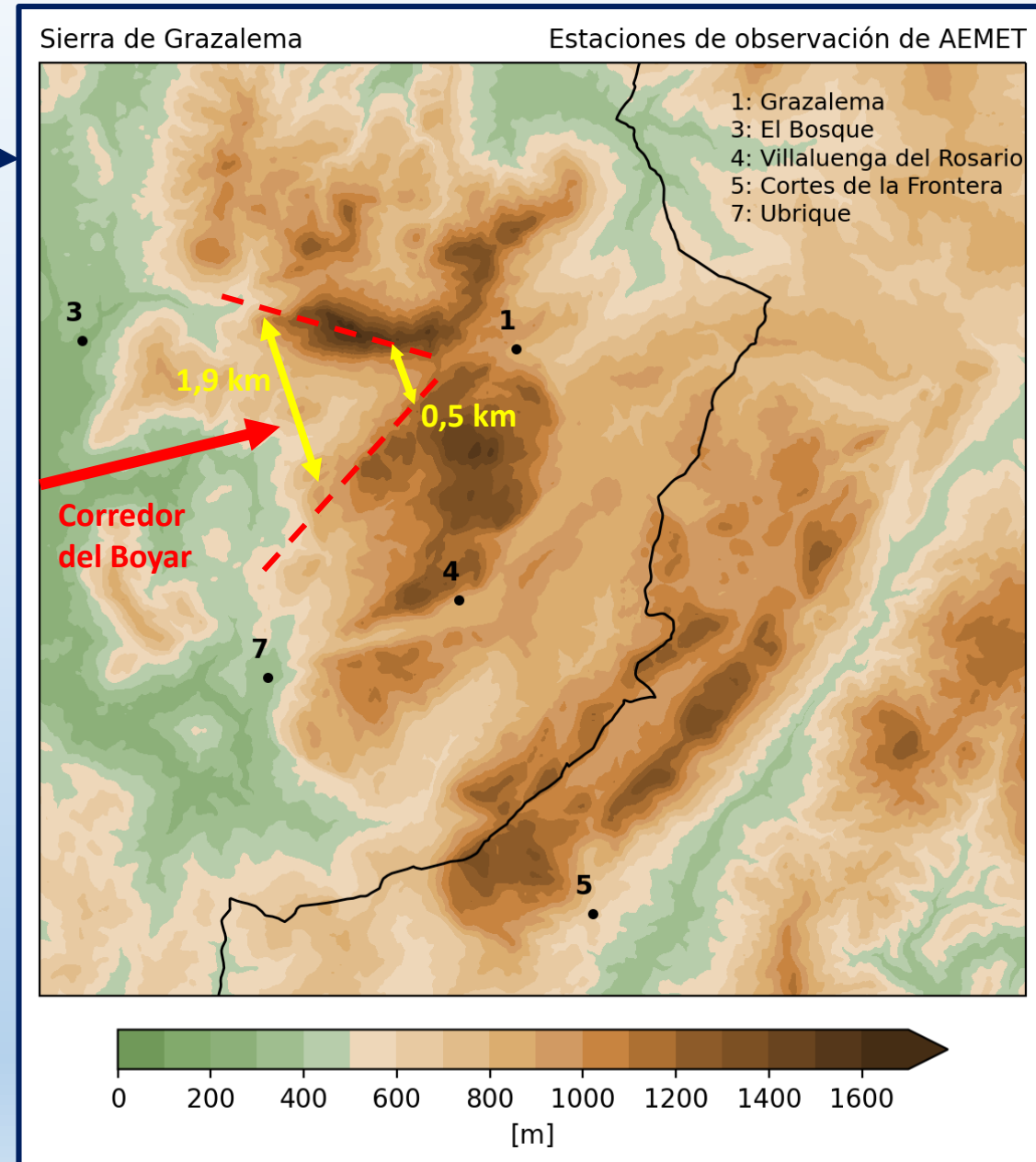
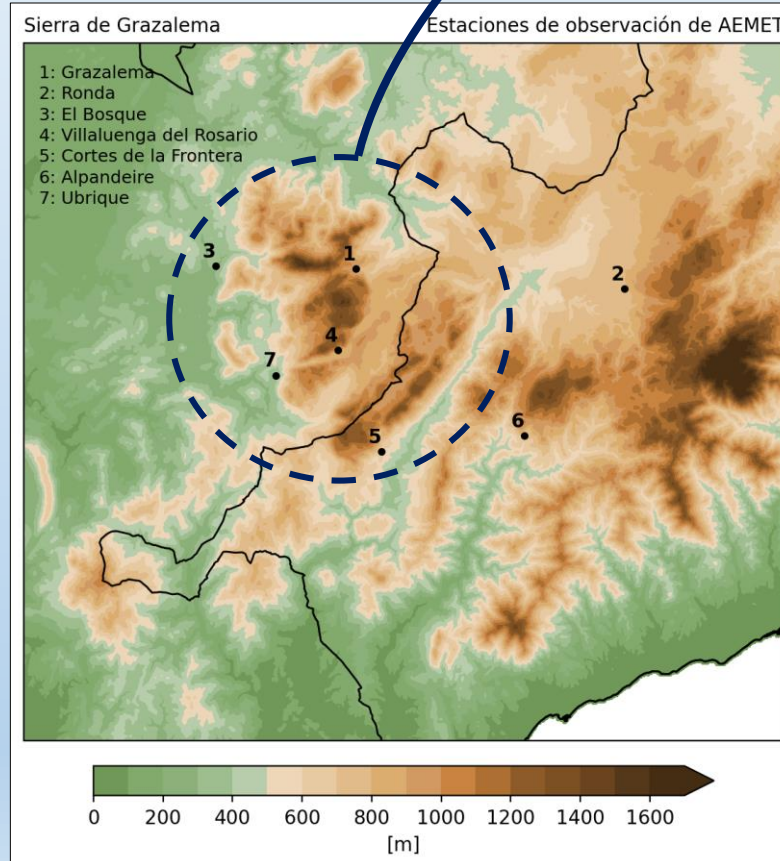
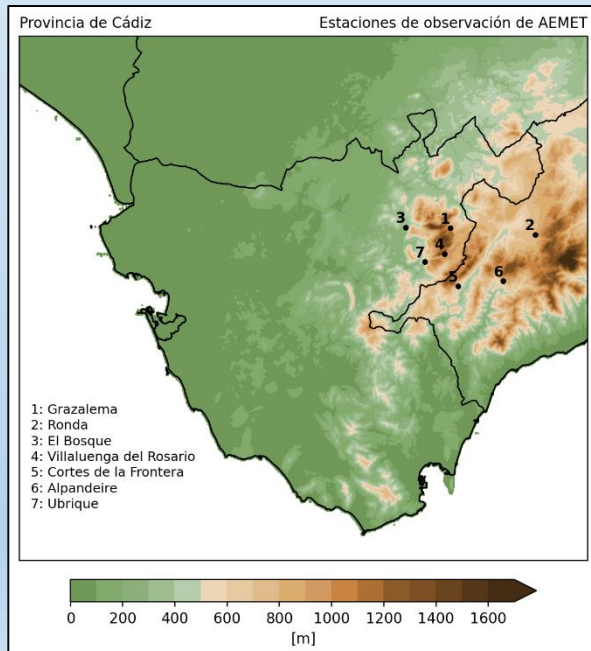
$$P = \varepsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



Sinóptica, mesoescala y microescala.

$$P = R \cdot t$$

$$P = \varepsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



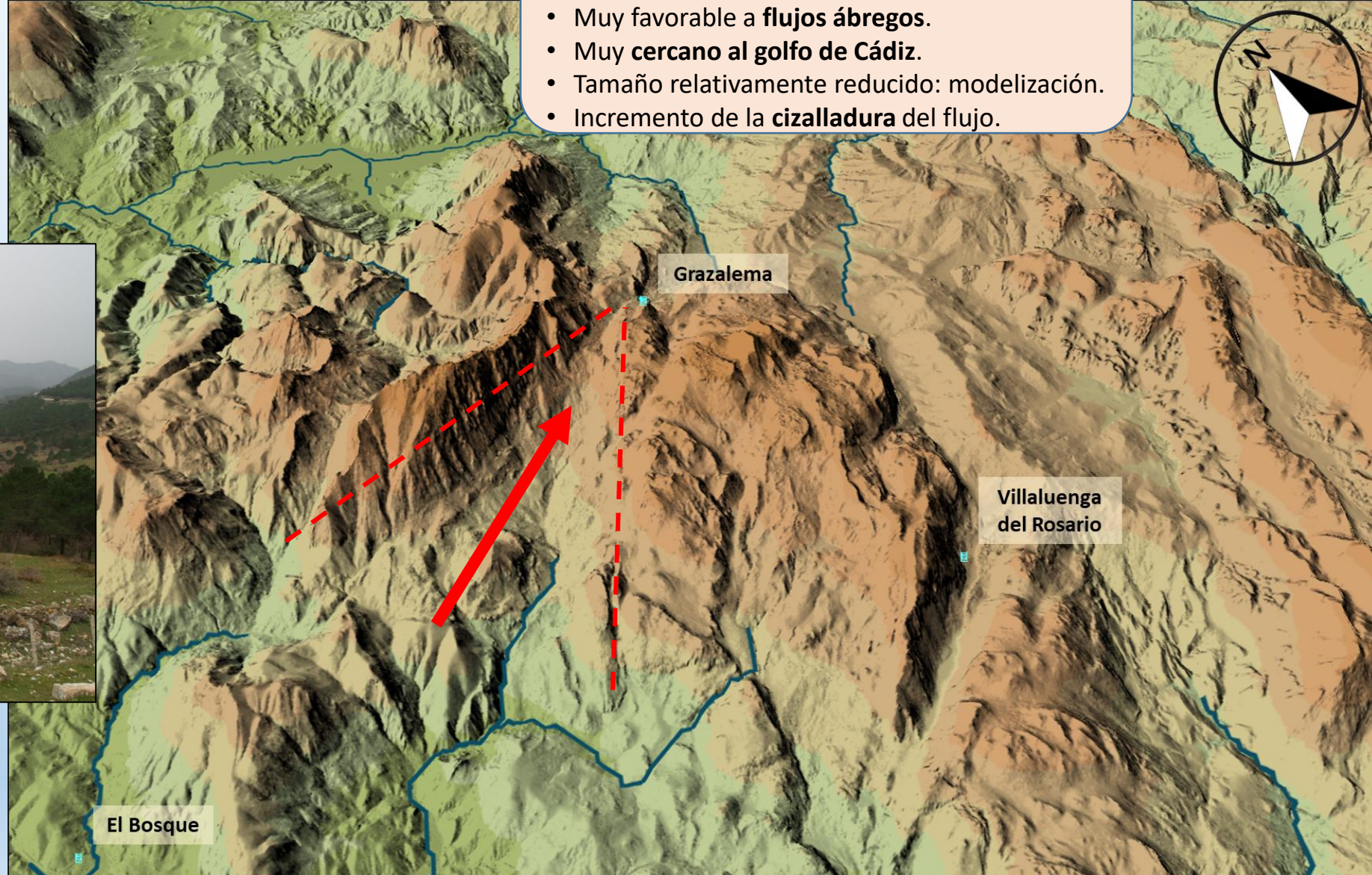
Sinóptica, mesoescala y microescala.

$$P = R \cdot t$$

$$P = \varepsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



David Momblona.
Desde el puerto del Boyar, mirando hacia el W-SW.



Características orográficas:

- Valle con **forma de V** abierto al W-SW.
- Valle encajonado con **mucha pendiente**.
- Muy favorable a **flujos ábregos**.
- Muy **cercano al golfo de Cádiz**.
- Tamaño relativamente reducido: modelización.
- Incremento de la **cizalladura** del flujo.

Sinóptica, mesoescala y microescala.

$$P = R \cdot t$$

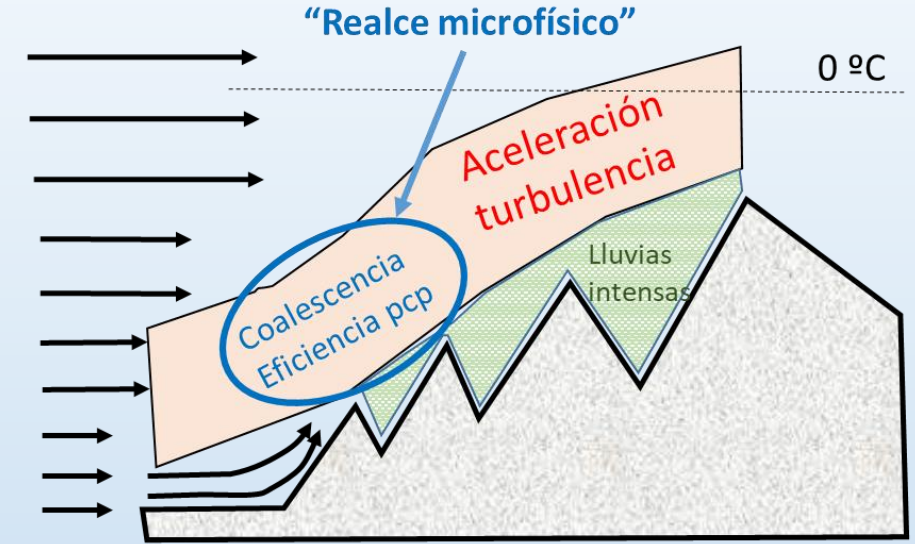
$$P = \epsilon (V_H \nabla h + w_{env}) q (Ls/cs)$$



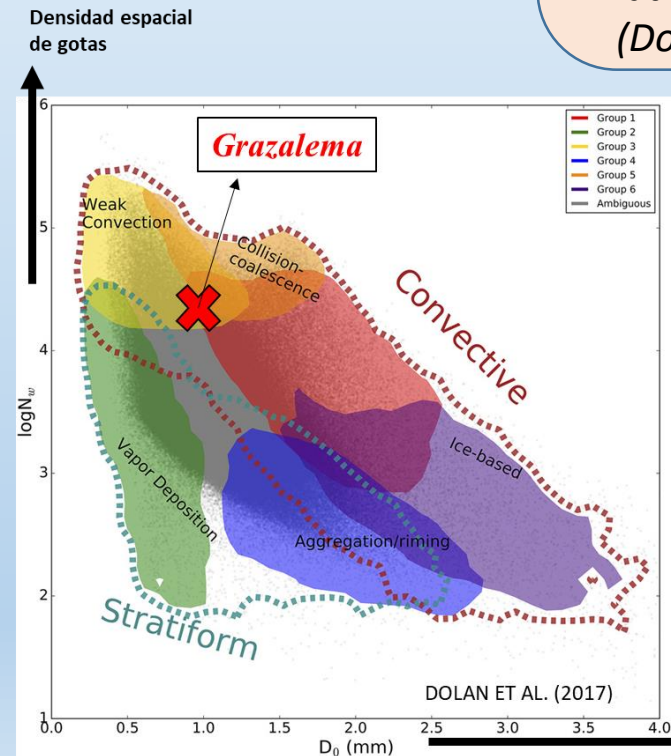
Características asociadas a **lluvias cálidas**:

- Echotop bajos y reflectividades débiles.
- Numerosas gotas pequeñas.
- Capa cálida ($T > 0^\circ\text{C}$) bastante profunda, isocero alta.
- Procesos de colisión **coalescencia** dominantes.
- En los trópicos: se asocia a movimientos convectivos débiles. En orografía compleja de latitudes medias: señal de **forzamiento orográfico**.

(Dolan 2017)



Modelo conceptual de realce orográfico de precipitación en un entorno con flujo intenso con fuerte cizalladura vertical. Adaptado de Houze



Entorno cálido



Flujo intenso

Turbulencia

Coalescencia

Eficiencia pcp

Orografía y cizalladura

Lluvias cálidas

Lluvias intensas

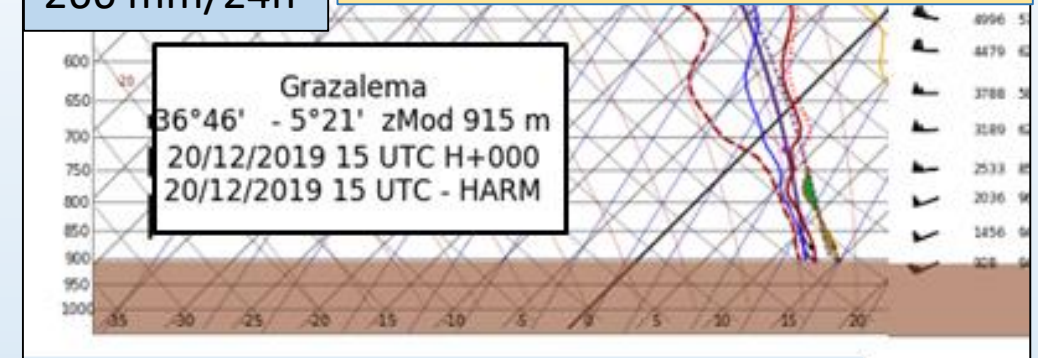
Sinóptica, mesoescala y microescala.

Para que se produzcan gotitas de precipitación que caen rápidamente es necesario que se den procesos de crecimiento por **coalescencia**, favorecidos por **turbulencia** a nivel de microescala. Situaciones que favorecen la turbulencia y el crecimiento por coalescencia:

- Entorno **estable**: flujo intenso con fuerte cizalladura.
- Entorno **ligeramente inestable**: convección poco profunda.

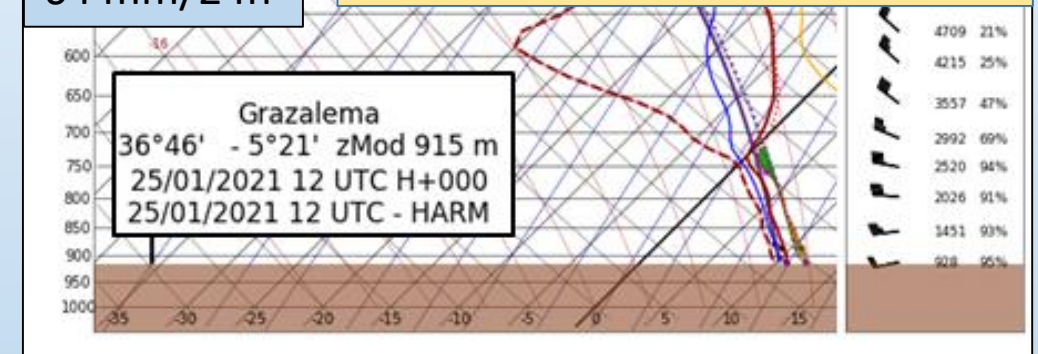
266 mm/24h

Capa saturada **ligeramente inestable**

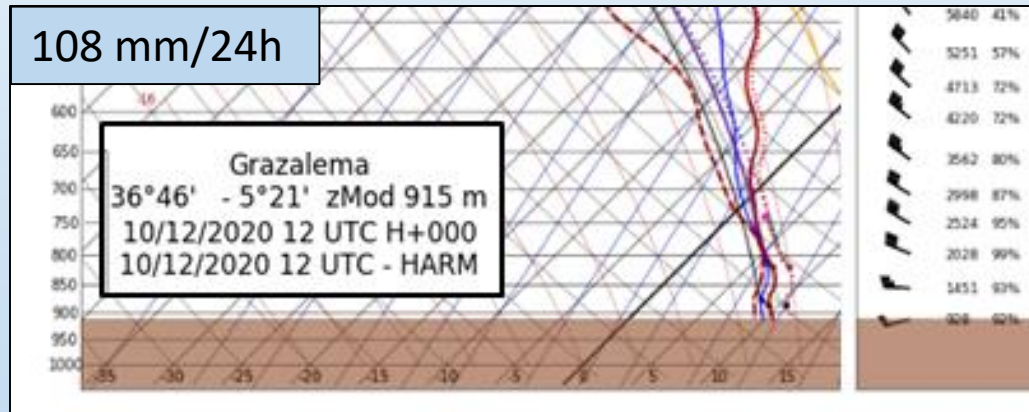


64 mm/24h

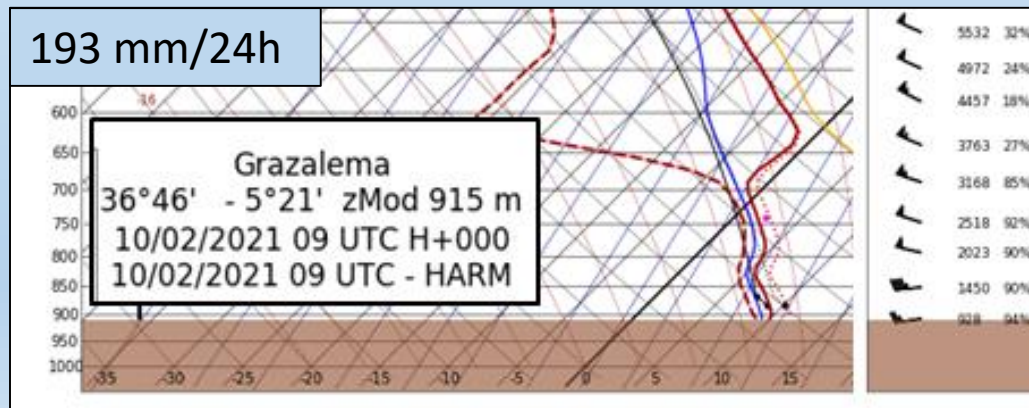
Capa saturada **ligeramente inestable**



108 mm/24h

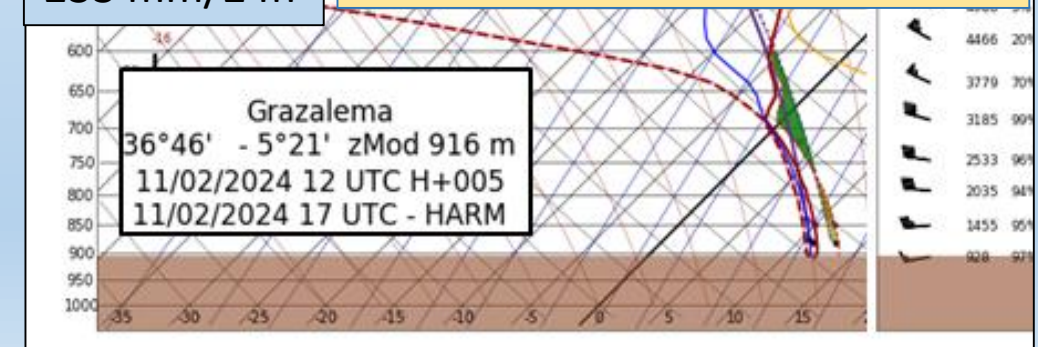


193 mm/24h

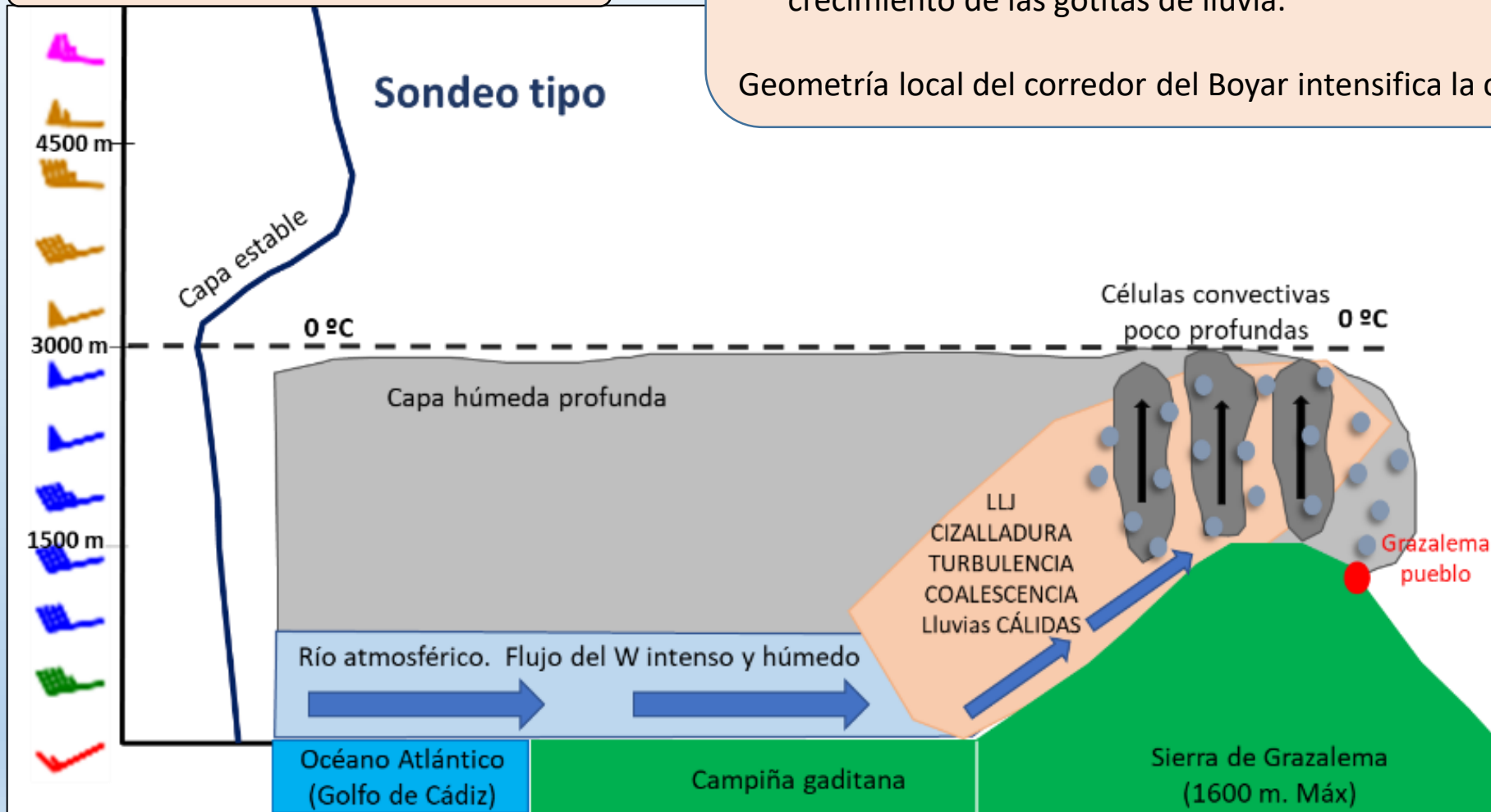


233 mm/24h

Capa saturada **ligeramente inestable**



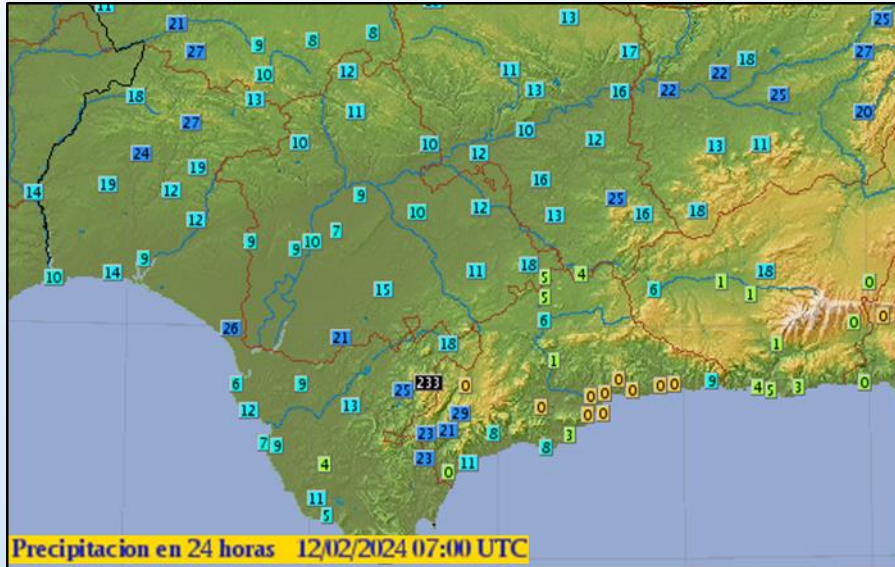
Modelo conceptual propuesto



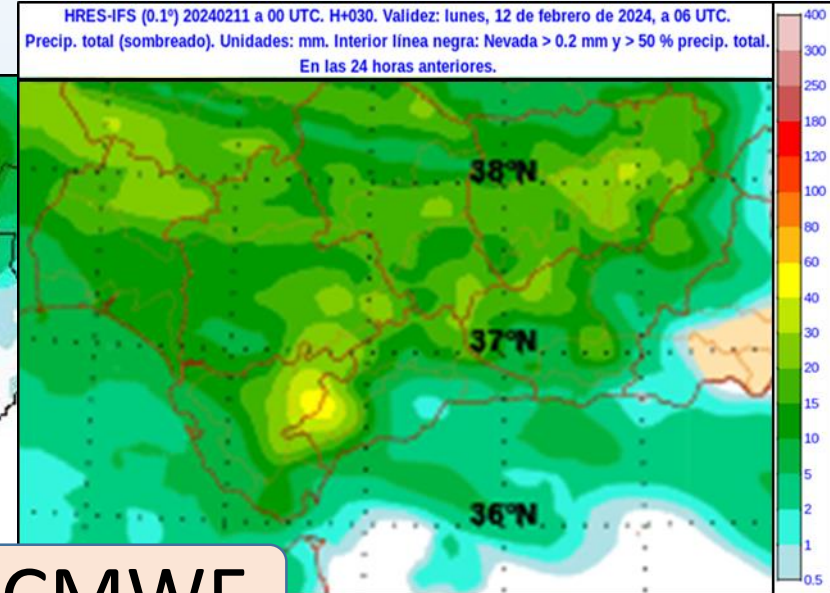
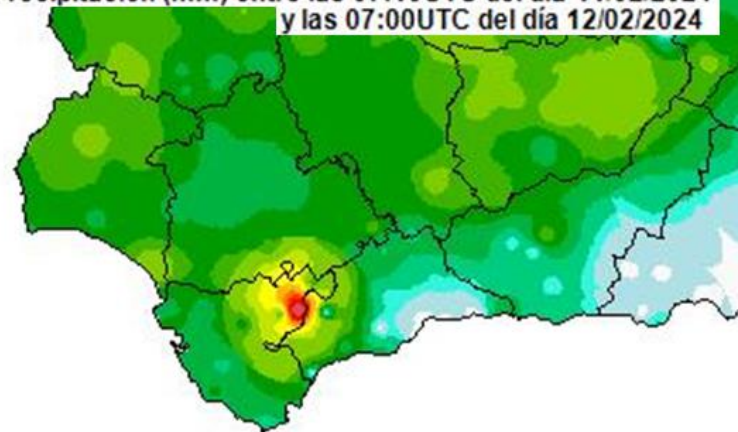
- **Entorno ligeramente inestable:** células convectivas “intermitentes” a barlovento, embebidas en la capa húmeda, propician un rápido crecimiento de partículas precipitables mediante coalescencia, por debajo de la isocero. (*Houze 2012*)
- **Entorno estable:** turbulencia asociada a la cizalladura promueve la coalescencia y el crecimiento de las gotitas de lluvia.

Geometría local del corredor del Boyar intensifica la cizalladura y la turbulencia asociada.

Comportamiento de los modelos

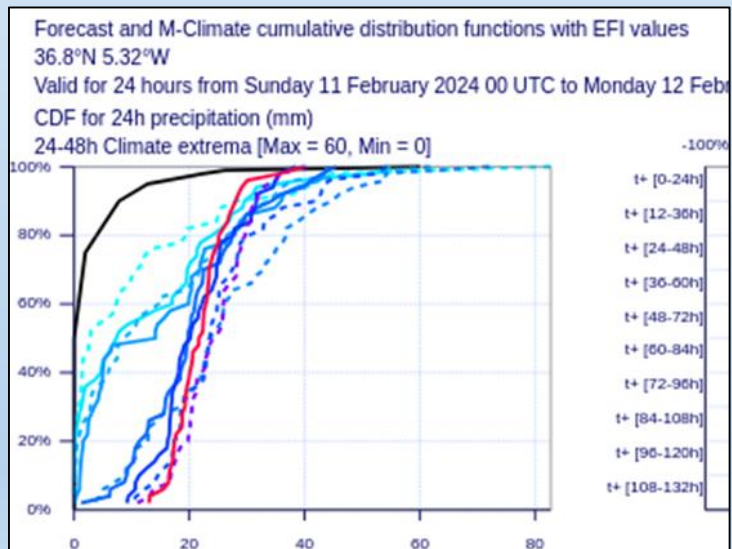
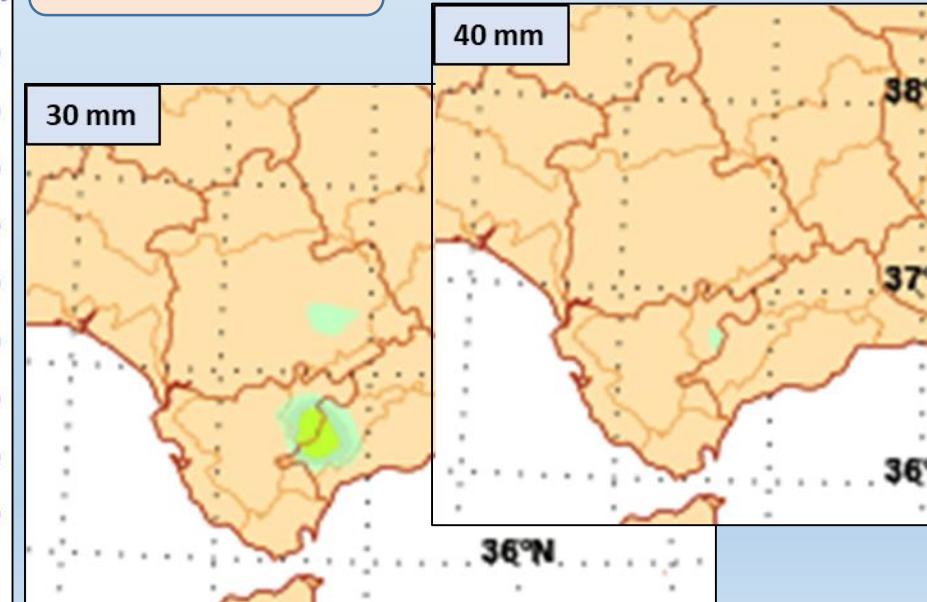
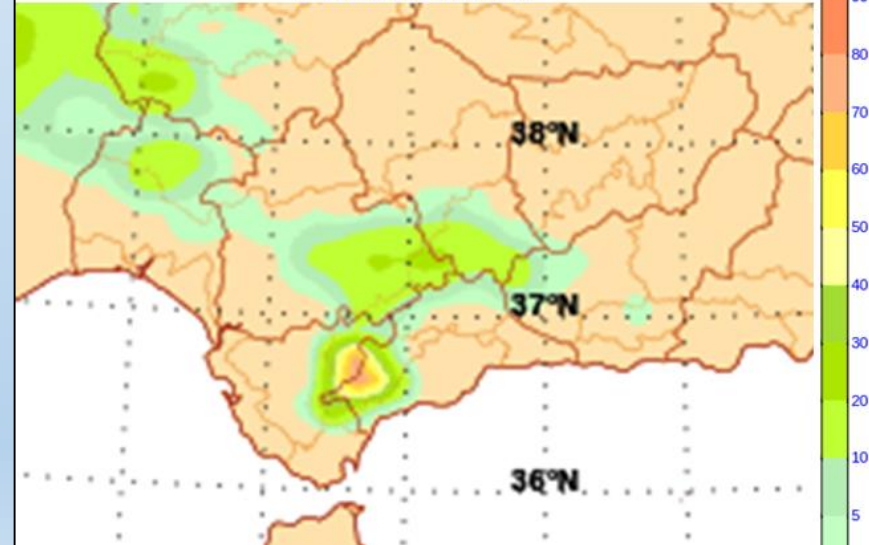


Precipitación (mm) entre las 07:10UTC del día 11/02/2024 y las 07:00UTC del día 12/02/2024

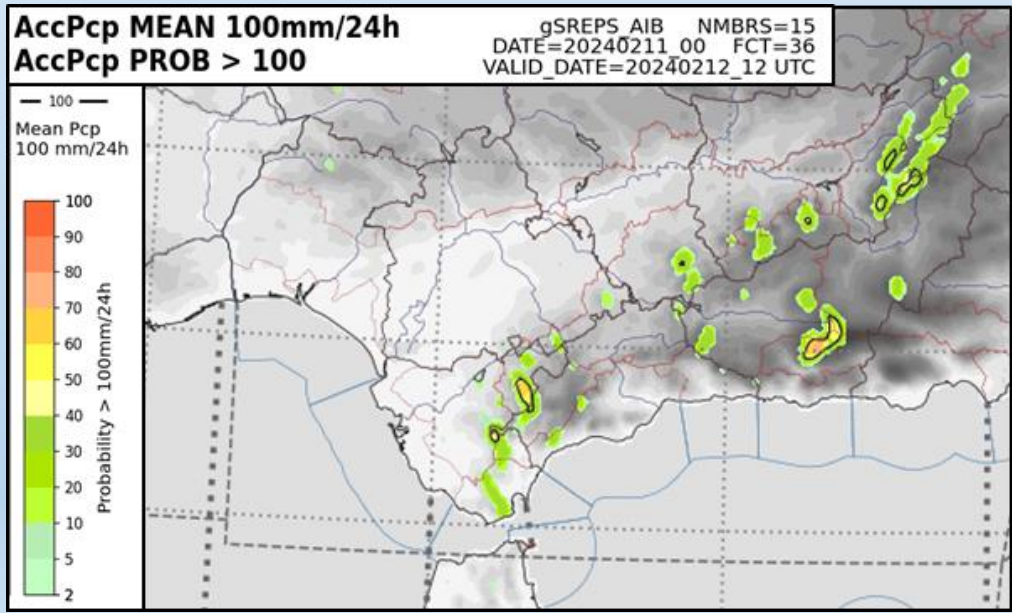
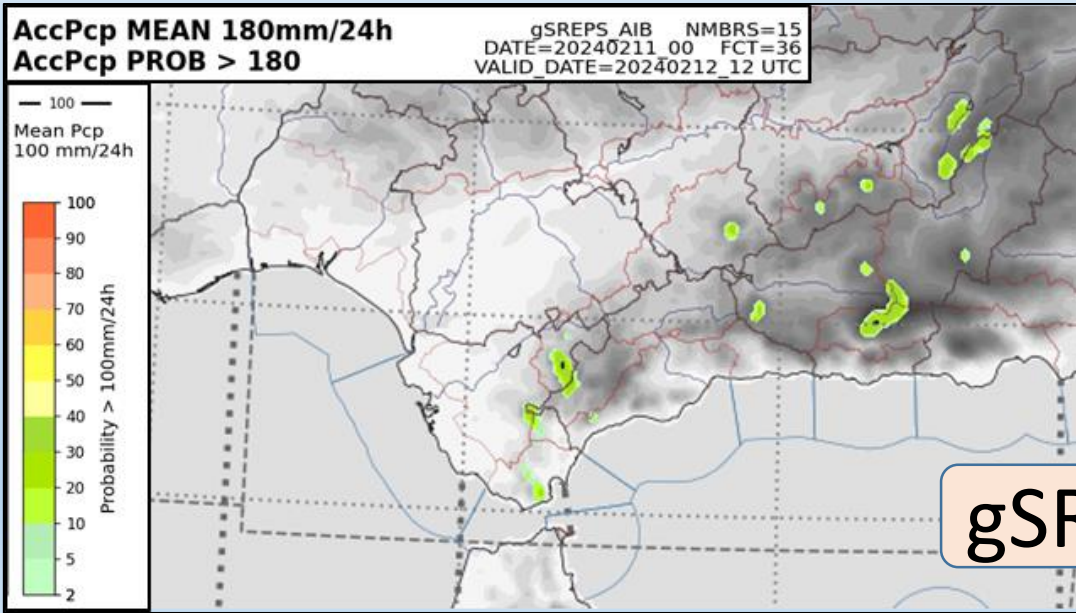
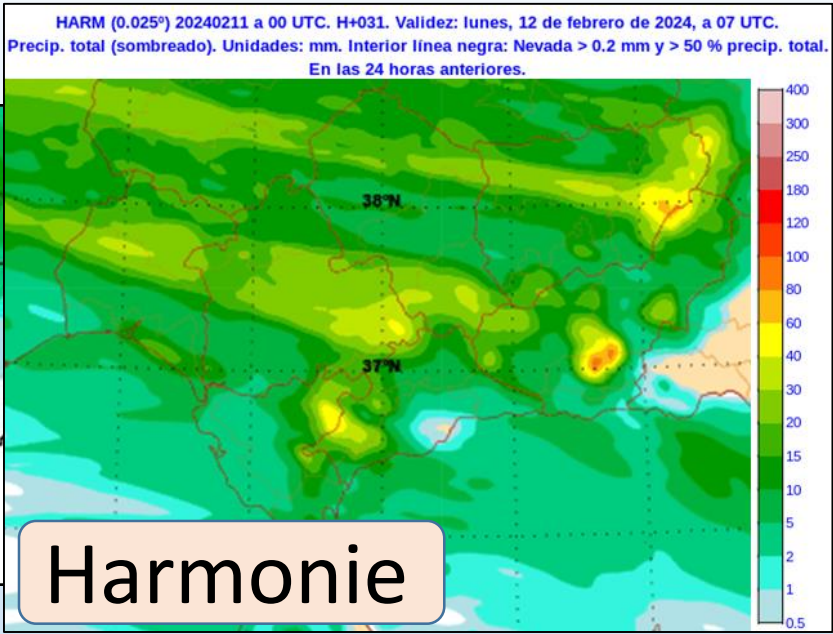
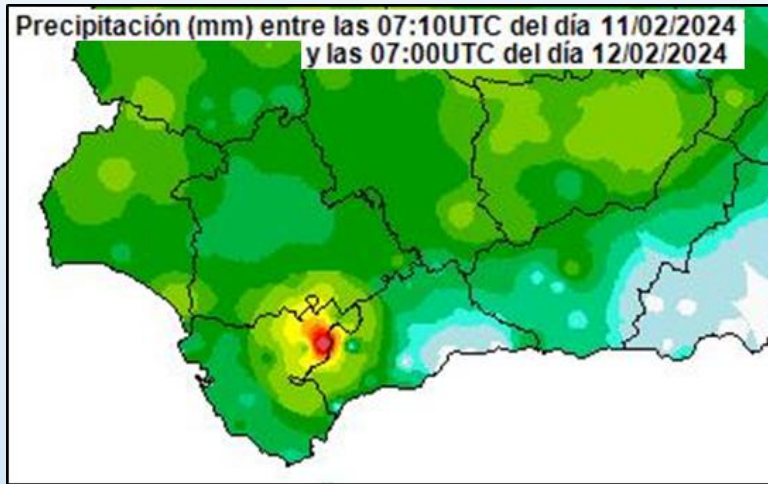
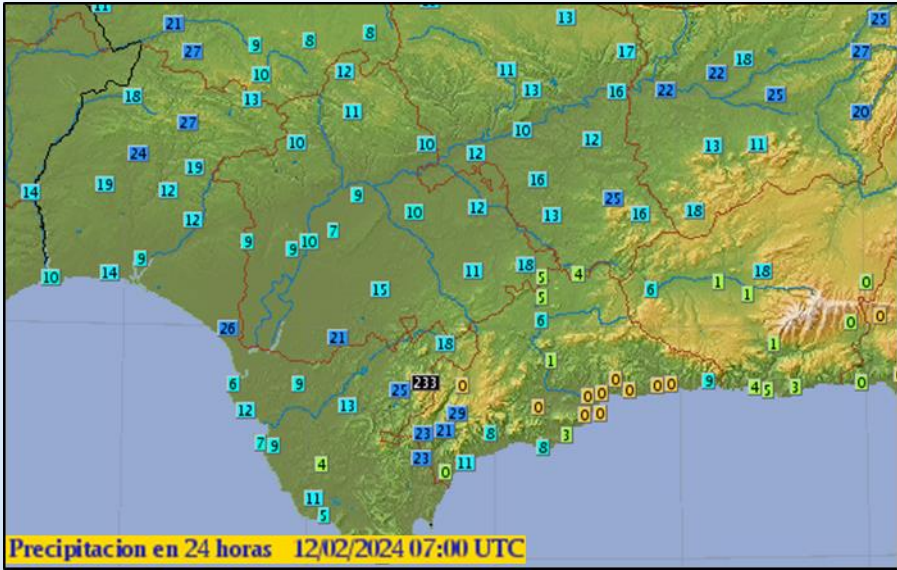


ECMWF

ENS-IFS (0.1°) 20240211 a 00 UTC. H+024. Validez: lunes, 12 de febrero de 2024, a 00 UTC.
Probabilidad de precipitación total superior a 20 mm.
En las 24 horas anteriores.



Comportamiento de los modelos



gSREPS

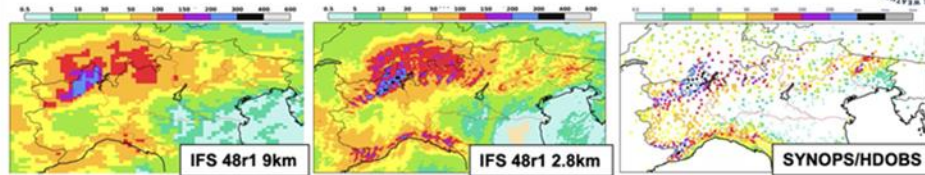
ECMWF – DestinationE Project Digital Twins of the Earth system

First insights from the Continuous extremes DT case studies

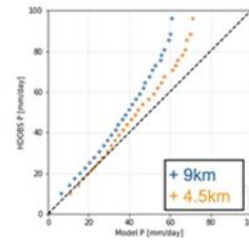
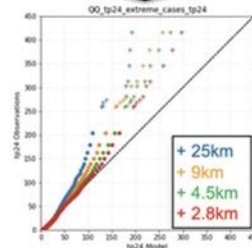
- The high-resolution global model tests of 4.5 and 2.8 km in DestinE show significant promise in enhancing the prediction of extreme weather events. Substantial improvements have been observed in predicting precipitation in complex orographic areas, medicanes, and TCs.

Improvement of orographic precipitation in the Alps

Storm Alex (Oct 2020) 24h precipitation (mm). Base time 01/10/2020 00 UTC (T+36h-T+60h)



4 Extreme cases



DestinE daily
forecasts
Jan-Feb 2022

Incluso si aceptamos la idea de que el forzamiento orográfico a gran escala puede realzar las precipitaciones, es sorprendente aceptar que existen valores de **eficiencia de precipitación** de entre el 70% y 100 %, a pesar de la dificultad intrínseca de alcanzar tamaños de gotitas de lluvia que puedan llegar al suelo.

¿Es posible convertir una fracción tan importante de agua condensada en precipitación?

Ron Smith, 1979.

Objetivos deseables en las nuevas versiones de los modelos numéricos:

- Resolver mejor la **orografía** y, en consecuencia, el flujo en superficie. Intensidad y turbulencia.
- Comprender y modelizar mejor los procesos de la **microfísica de la lluvia** que favorecen un rápido y eficiente realce de la precipitación orográfica. Parametrizaciones.

- R. A. Houze (2012). *Orographic effects on precipitation clouds*.
- C. A. Doswell et al. (1996). *Flash Flood Forecasting: An Ingredients-Based Methodology*.
- B. Dolan et al (2017). *Primary Modes of Global Drop Size Distributions*.
- R. B. Smith (2002). *Orographic precipitation and air mass transformation: An Alpine example*.
- R. B. Smith (1979). *The Influence of Mountains on the Atmosphere*.
- S. González (2017). *Extreme point rainfall temporal scaling: a long term (1805-2014) regional and seasonal analysis in Spain*.
- L. López, et al (1989). *Estudio de una situación atmosférica con intensa circulación zonal en la sierra de Grazalema (Cádiz). Primer Simposio Nacional de Predictores del INM*.
- A.J. Naranjo (2016). *Estudio climático y bioclimático del parque natural sierra de Grazalema*.
- M. Doporto (1927). *Las lluvias orográficas. Aplicación a la sierra de Grazalema*.
- A. Jansá (1971). *Investigación del máximo pluviométrico de España peninsular. Revista de Geofísica*.
- A. Chazarra et al. AEMET. *Mapas climáticos de España (1981-2010) y Eto (1996-2016)*.

Agradecimientos:

- M^a José Martín por la generación de imágenes GIS 3D de la Sierra de Grazalema.
- Francisco J. Bello Millán por la revisión concienzuda.

Muchas gracias por vuestra atención



C. Manuel Jiménez Cavero - cjimenezc@aemet.es
David Momblona Montiel - dmomblonam@aemet.es