

UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL AGUA Y DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA

Francisco Javier Flores Montoya

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del Estado (jubilado)

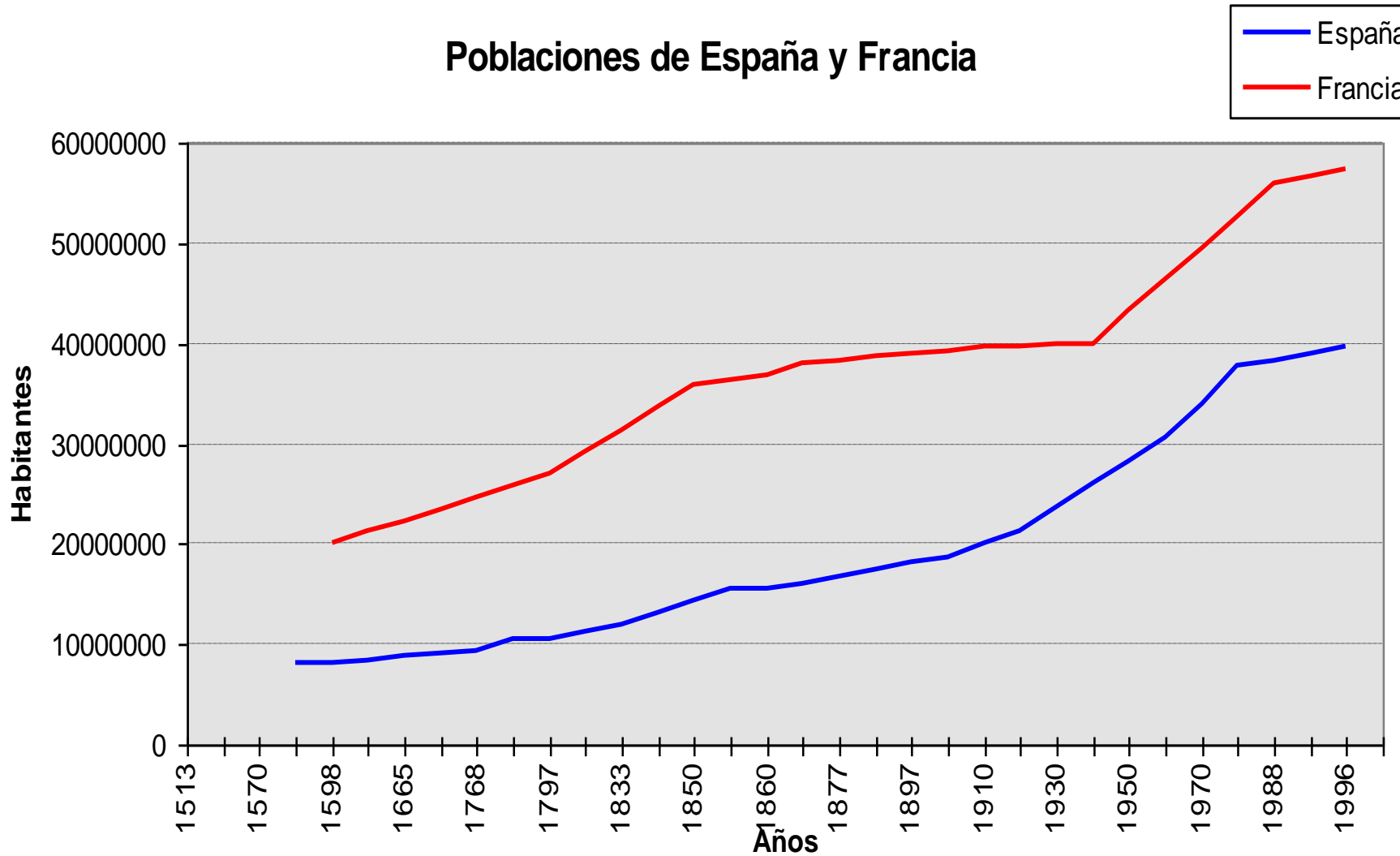
Sociedad española de presas y embalses (SEPREM)

UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL AGUA Y DE LA ENERGÍA EN ESPAÑA

- La disponibilidad de energía y de agua han sido y son dos de los mayores problemas de la humanidad.
- En el caso de España, el agua ha sido un limitante del desarrollo.
- La energía ha sido y sigue siendo un factor desestabilizante de la economía.
- Nuestra dependencia de terceros países, muchas veces de zonas con conflictos, nos ha provocado crisis, inflación, paro, desabastecimiento y actualmente, incluso, existe la amenaza de escasez de alimentos.

En España, el agua ha sido un factor limitante del desarrollo

Poblaciones de España y Francia



Superficies de:
Francia 543.940 km²
España 505.990 km²

8 %

El Atazar



Condición previa:

El territorio de España tiene unas características geomorfológicas y de clima que ha hecho que los ríos sean muy irregulares.

La solución para conseguir la soberanía energética en la red eléctrica y el incremento del agua disponible y su garantía, exige planificar conjuntamente el agua y la energía

.

Preses de Llauset que forma el embalse superior de la central reversible de Moralets en 1982

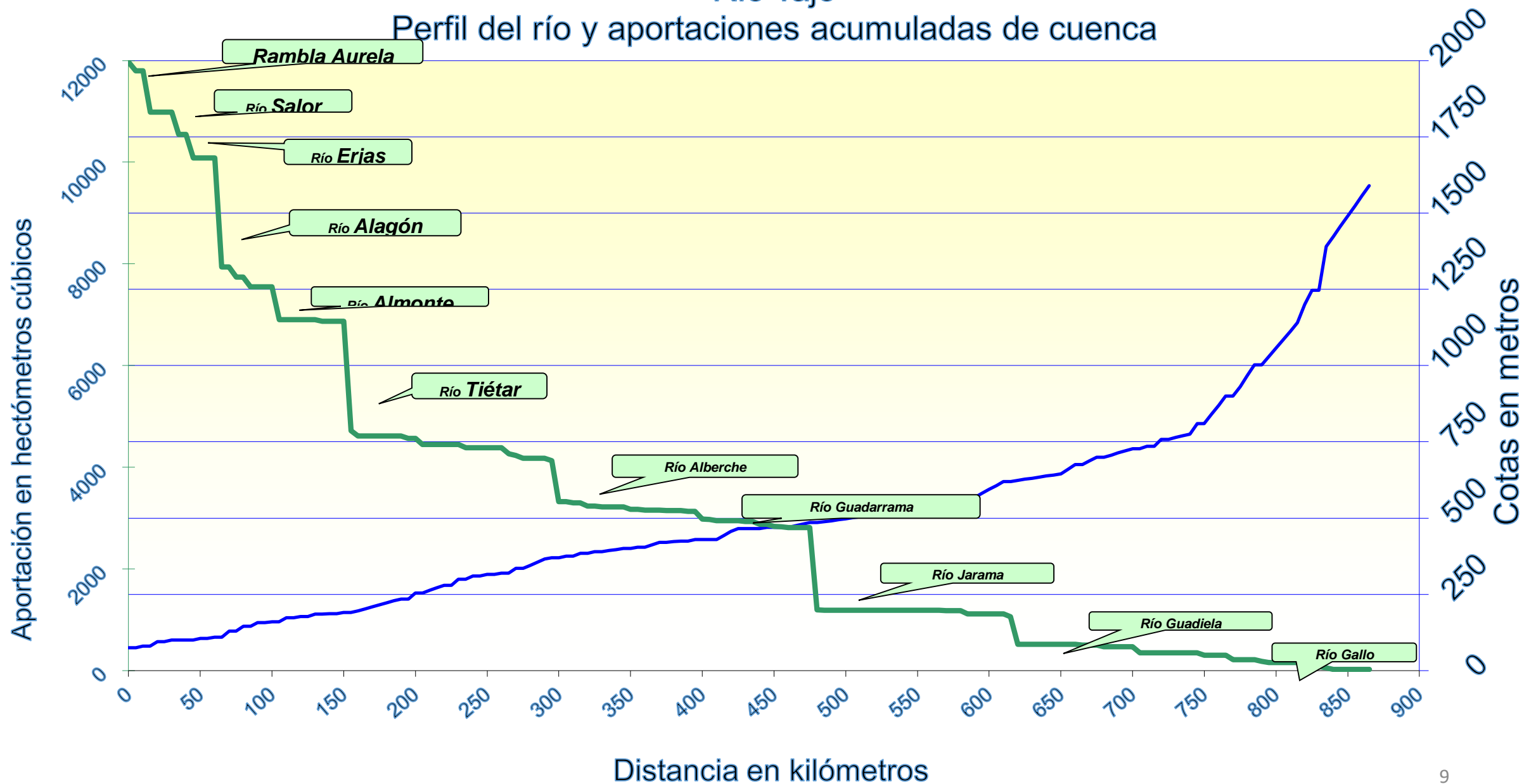


Embalse de Llauset



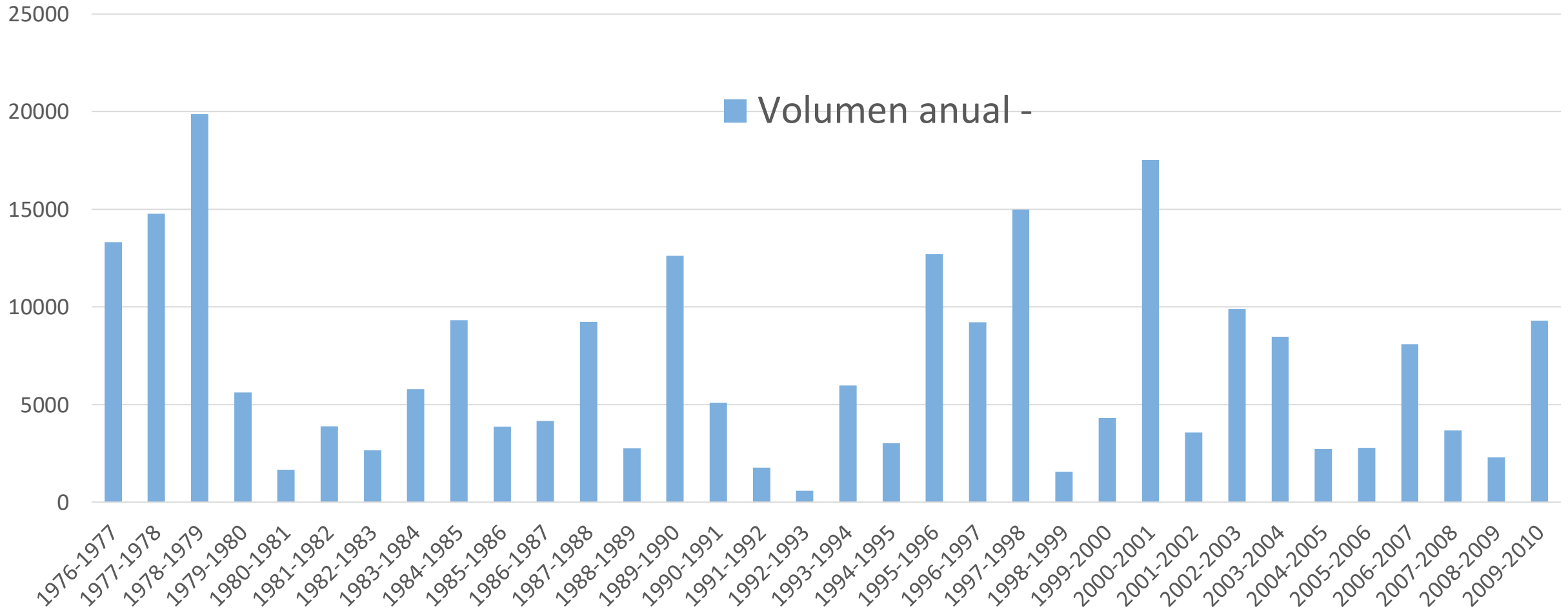
Río Tajo

Perfil del río y aportaciones acumuladas de cuenca

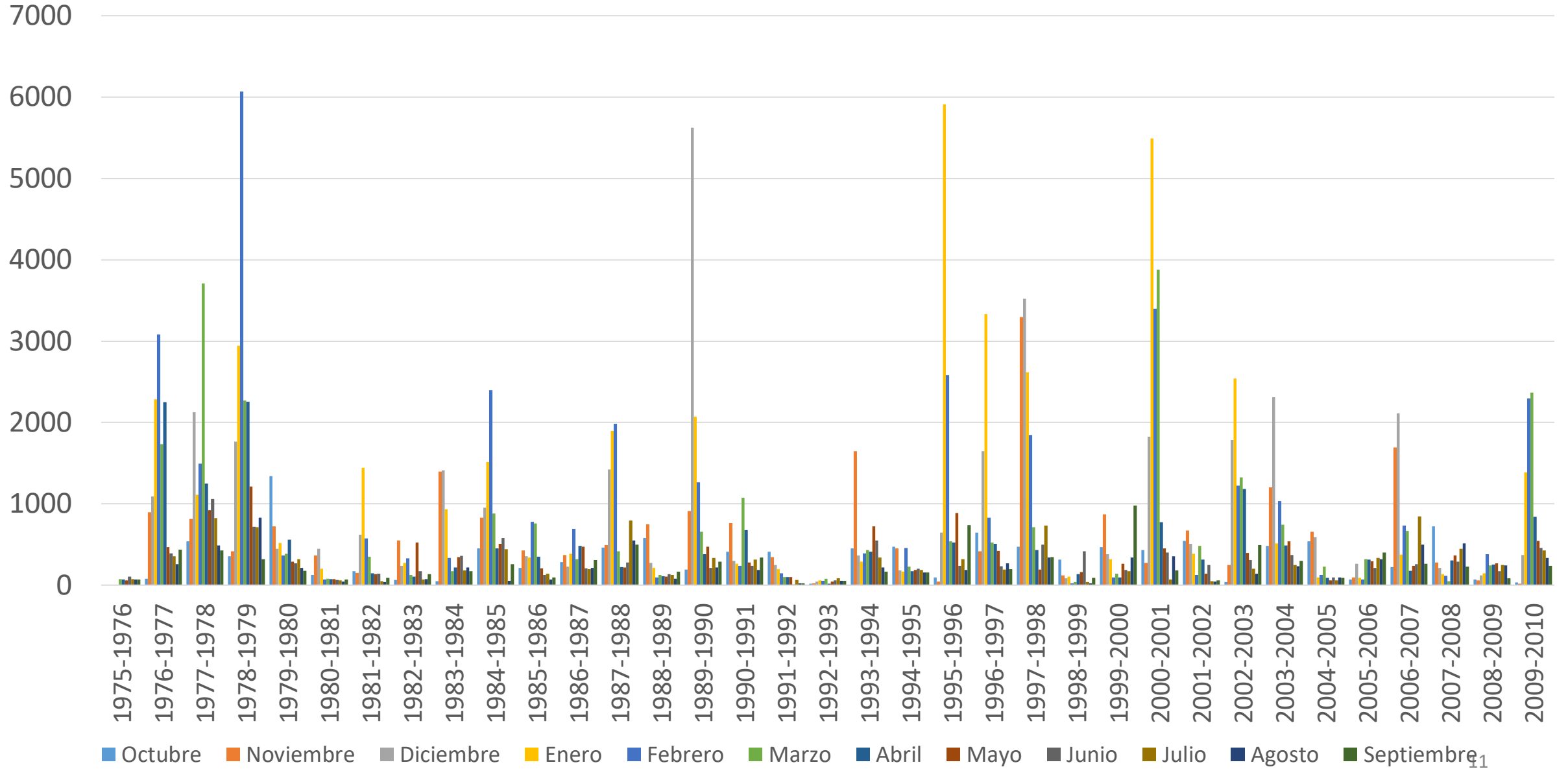


Cómo es la irregularidad interanual de nuestros ríos

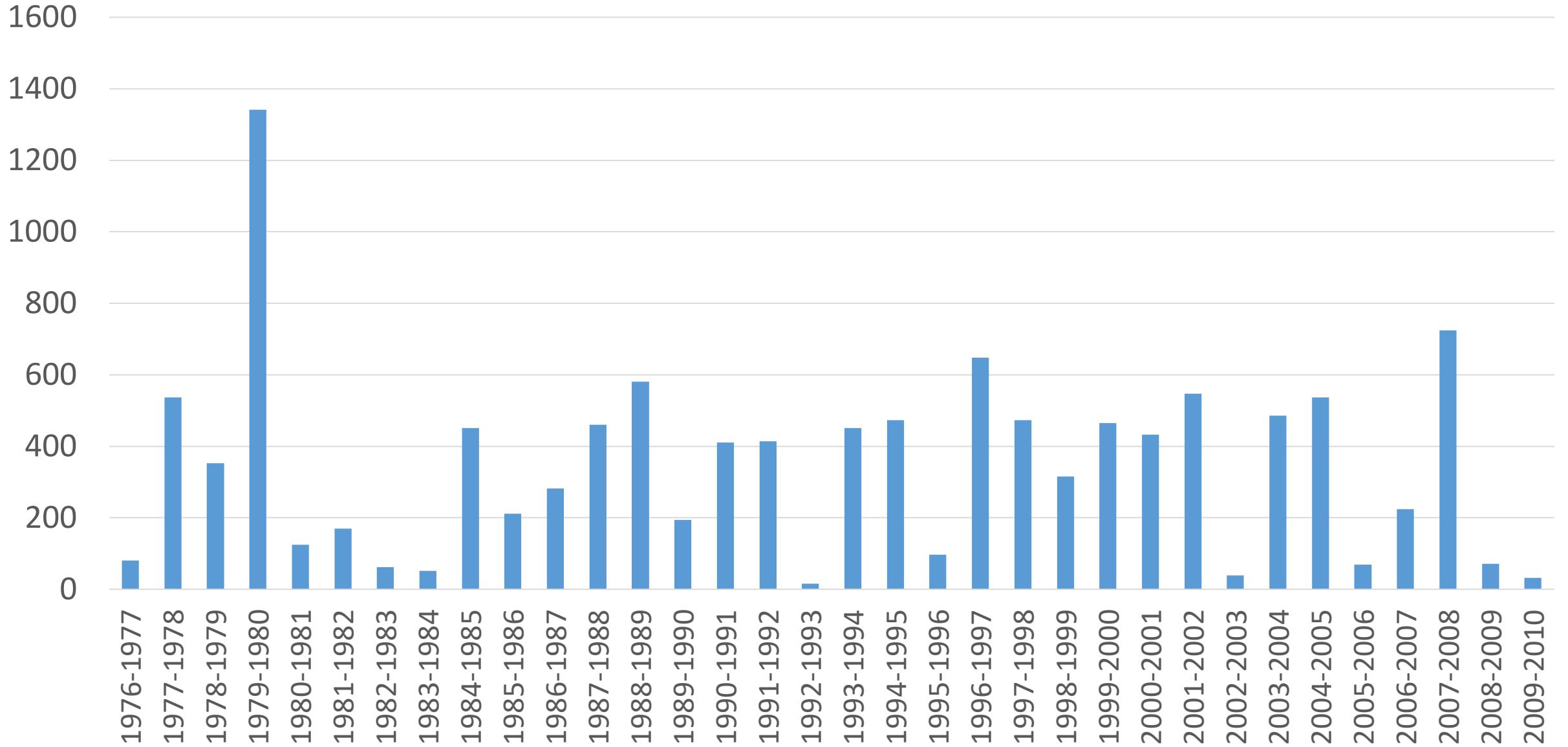
Salidas anuales desde Cedillo en hm³



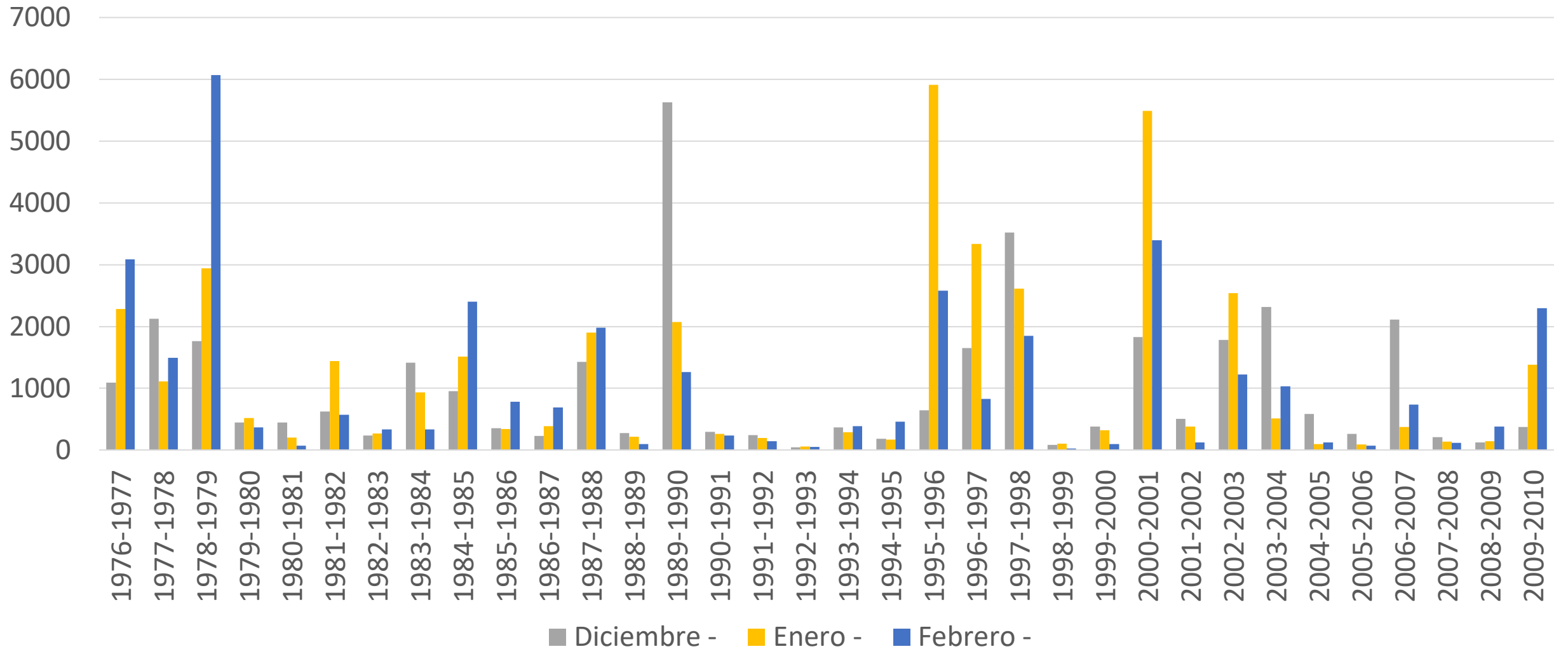
Salidas mensuales desde Cedillo en hm³



Salidas de Cedillo en Octubre en hm³ -

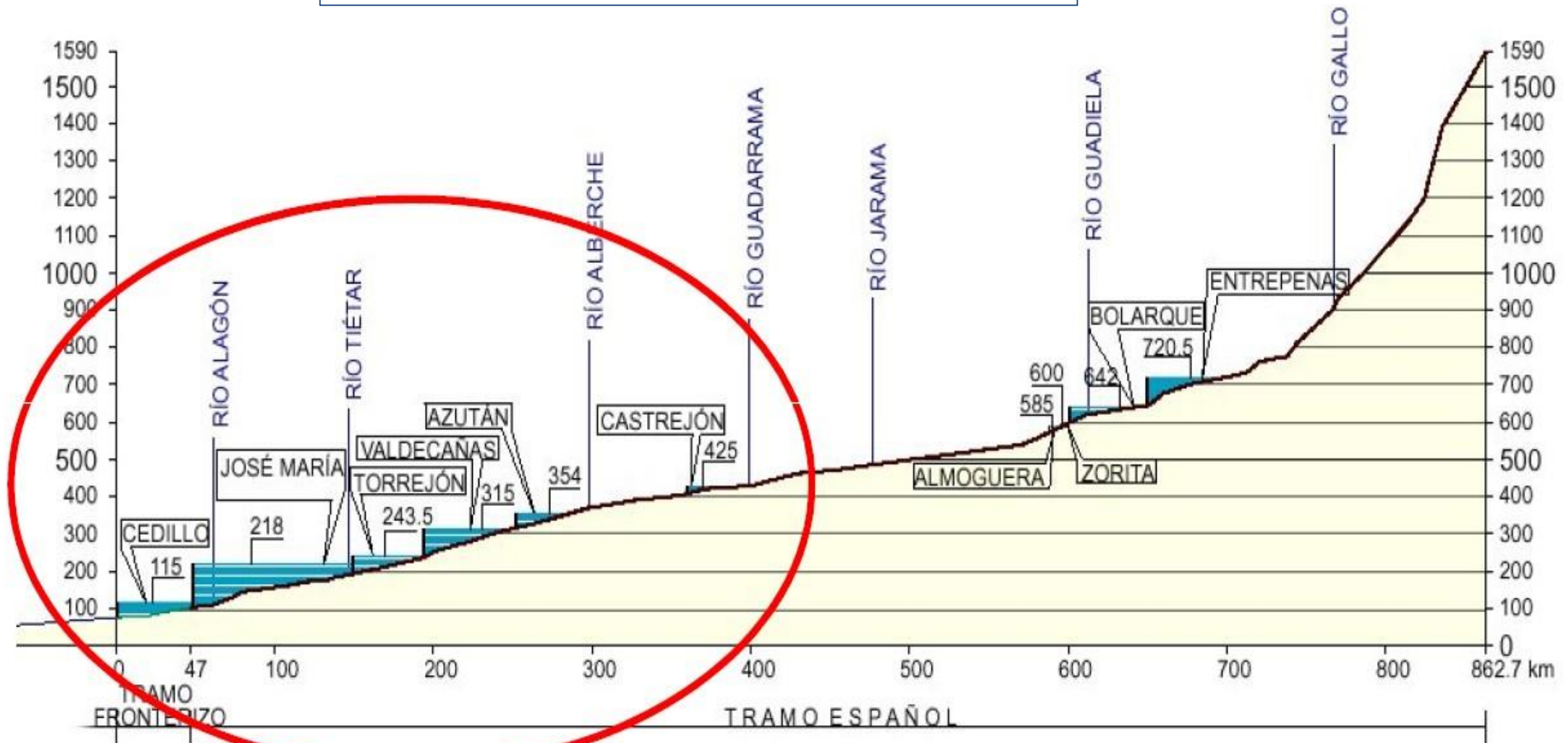


Series Salidas de Cedillo en los meses de diciembre, enero y febrero de 1976 a 2010

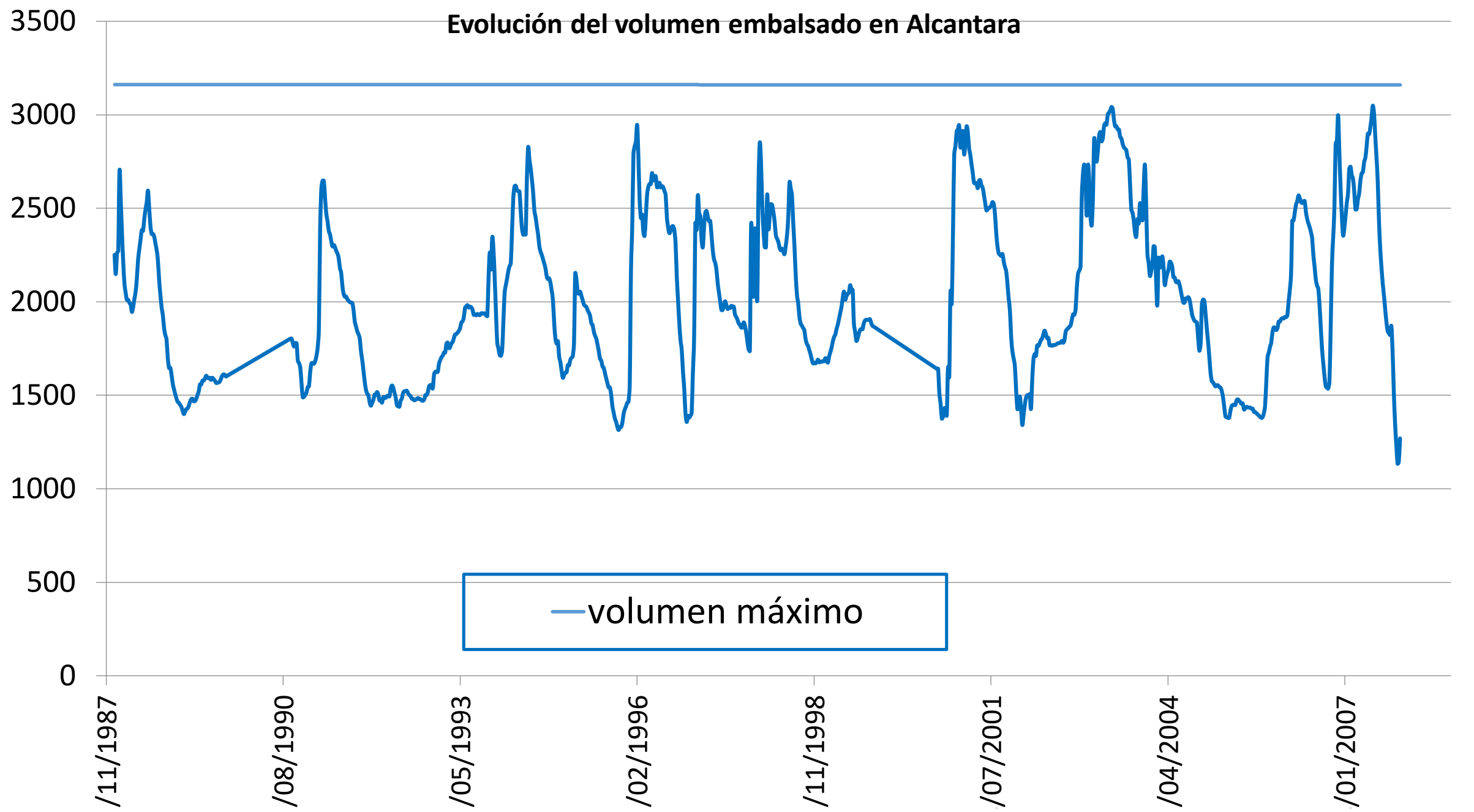


EMBALSES HIDROELÉCTRICOS EN EL EJE DEL TAJO

5.145 hm³ capacidad conjunta en el Bajo Tajo
Cadena de embalses durante casi 300 kms



Evolución del volumen embalsado en Alcantara





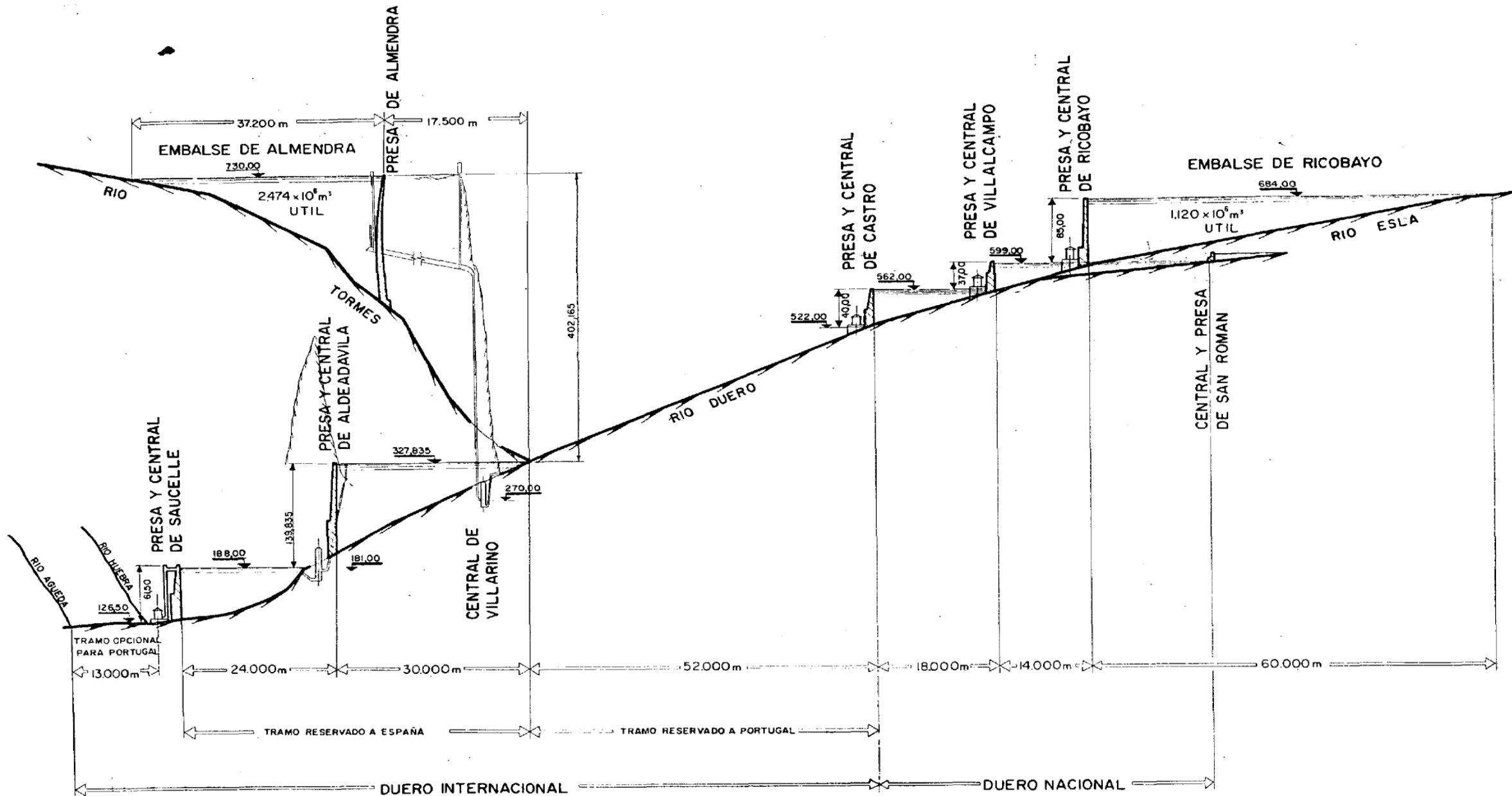


Fig. 3.^a — Perfi' longitudinal del sistema hidroeléctrico del Duero Inferior.

(Longitudinal profile of the hydroelectric system of the lower Duero.)



UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL AGUA Y DE LA ENERGÍA EN ESPAÑA

- **Se presenta una solución para que España pueda alcanzar su soberanía energética, hidráulica y, con ambas, la alimentaria.**
- La solución se apoya en los embalses que utilizados para guardar el agua y servir de recurso para abastecimientos, regadíos, industria etc, y defender las tierras frente a las inundaciones, pueden proporcionar otras nuevas funciones como:
 - **Almacén para guardar la energía renovable producida**
 - **Ser soporte de las placas fotovoltaicas que pueden colocarse flotando sobre su superficie evitando utilizar tierras que pueden tener otros usos también necesarios.**

UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL AGUA Y DE LA ENERGÍA EN ESPAÑA

- La solución consiste en bombear y devolver al embalse el agua turbinada en su central de pie de presa.
- También se pueden bombear otros caudales adicionales aportados al embalse inferior desde sus afluentes (Por ejemplo, Tiétar, Alagón y Almonte a Alcántara).
- La capacidad de bombeo en las horas de sol con la energía fotovoltaica producida debería tener capacidad para devolver al embalse superior el volumen turbinado más una parte de las aportaciones adicionales al embalse de agua abajo que se producen desde los afluentes.
- Teniendo en cuenta que actualmente las horas de utilización de las centrales es **menor de 2.000 horas, con la misma potencia de energía fotovoltaica que la instalada en las centrales existentes y 2.500 horas de sol sería suficiente para bombear todo el agua turbinada.**
- **Para bombear caudales adicionales habría que disponer más potencia.**

UNA SOLUCIÓN AL PROBLEMA DEL AGUA Y DE LA ENERGÍA EN ESPAÑA

- La soberanía hidráulica y, en consecuencia, la alimentaria se producen porque:
 - Al bombear todo el agua turbinada se puede hacer compatible el uso hidroeléctrico con los otros usos del agua lo que permite modificar del art. 60.3 del TRLA.
 - Permite aumentar la capacidad de regulación de los embalses existentes al poder recuperar recursos de agua abajo y de afluentes y llevarlos a embalses de agua arriba.

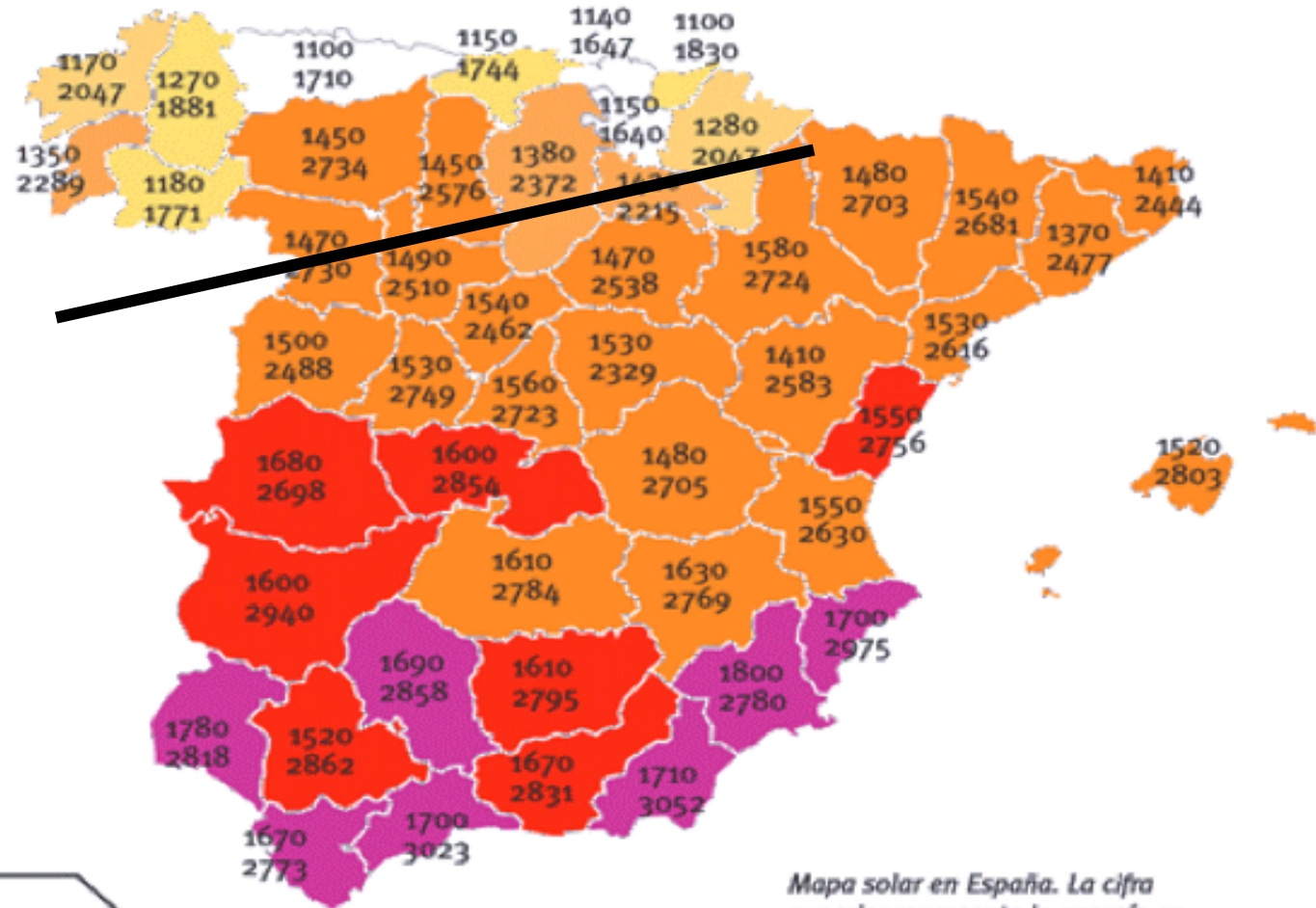
¿Cuáles son nuestras ventajas?

El Sol y los Embalses.

Ventaja nº 1. El Sol

Mapa radiación solar en España

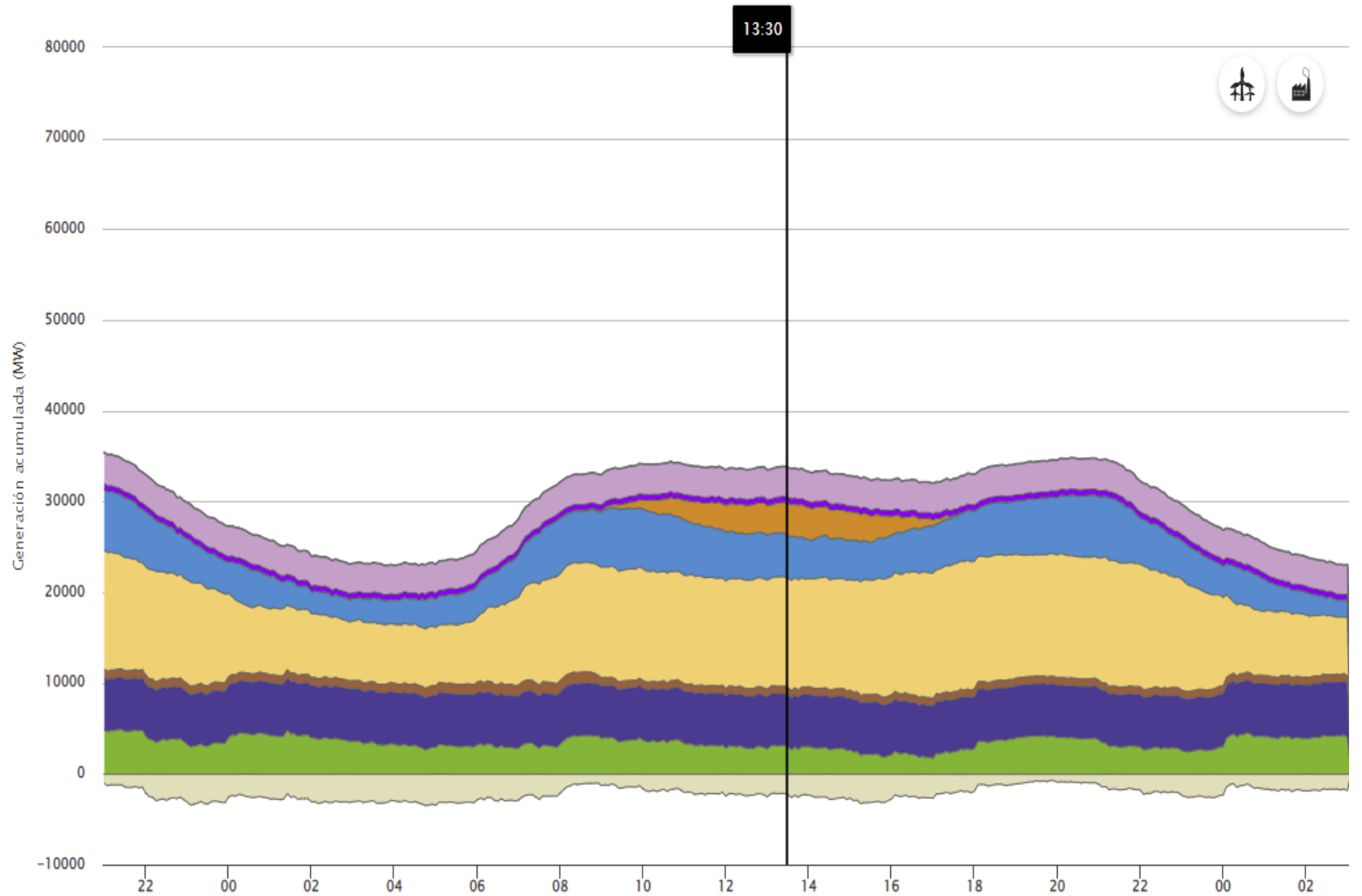
2500 horas de sol



Mapa solar en España. La cifra superior representa la energía en KWh que incide por m². En la inferior el número de horas de sol al año

Estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 13:30 - 21/12/2021

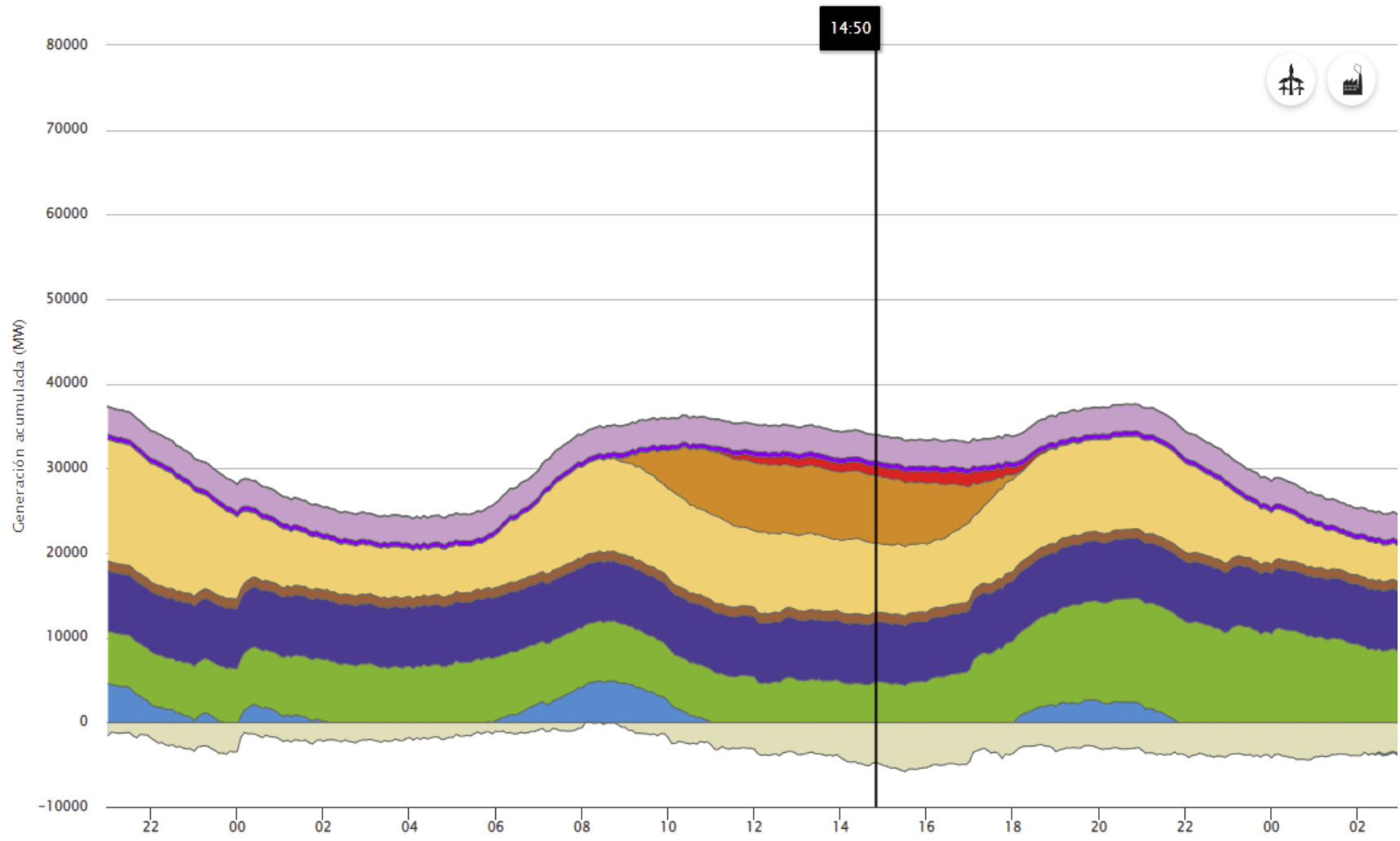
Cogeneración y residuos	3277	9,1(%)
Térmica renovable	651	1,81(%)
Solar térmica		(%)
Solar fotovoltaica	3555	9,87(%)
Hidráulica	4668	12,97(%)
Ciclo combinado	12057	33,49(%)
Carbón	771	2,14(%)
Nuclear	5772	16,03(%)
Eólica	5252	14,59(%)
Intercambios int	-2260	0(%)
Enlace balear	-42	0(%)



< 20/01/2022 >
📅
📈
📊
📡
🇪🇸

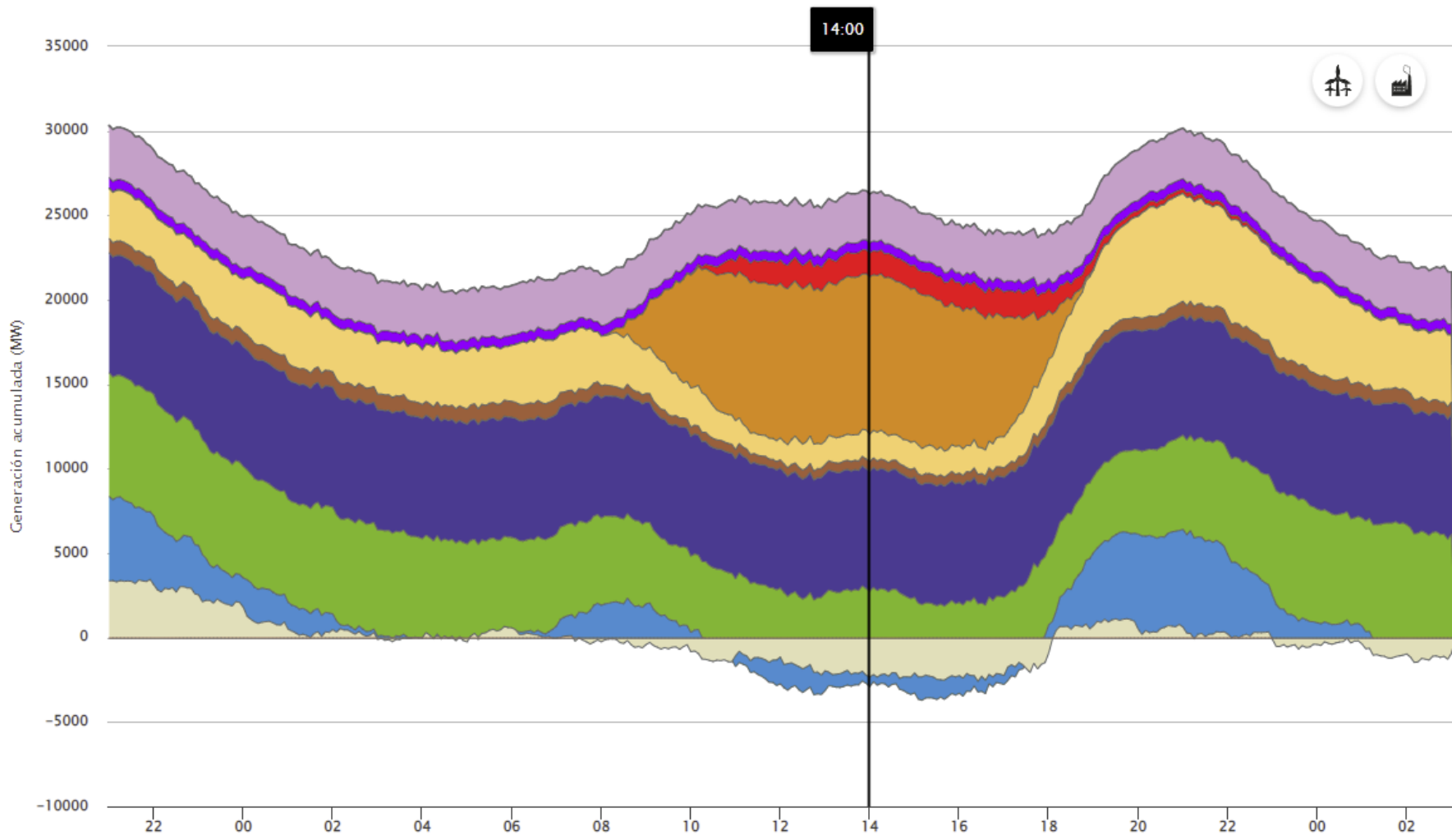
Estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 14:50 - 20/01/2022

Cogeneración y residuos	3093	7,97(%)
Térmica renovable	573	1,48(%)
Solar térmica	1133	2,92(%)
Solar fotovoltaica	8001	20,63(%)
Ciclo combinado	8169	21,06(%)
Carbón	1113	2,87(%)
Nuclear	7096	18,3(%)
Eólica	8151	21,02(%)
Hidráulica	1455	3,75(%)
Intercambios int	-4765	0(%)
Enlace balear	-42	0(%)



Estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 14:00 - 20/02/2022

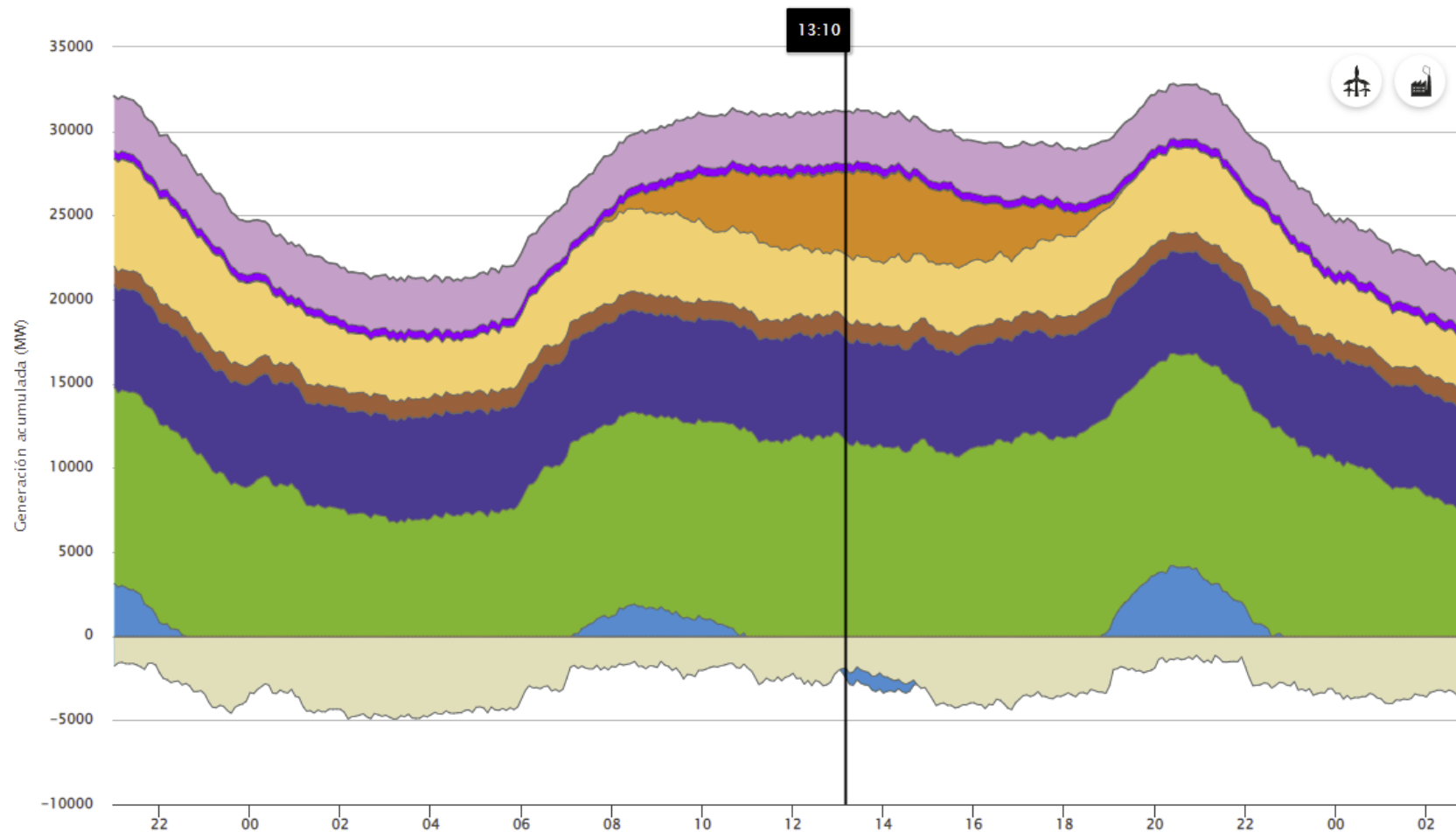
Cogeneración y residuos	2876	9,87(%)
Térmica renovable	588	2,02(%)
Solar térmica	1423	4,88(%)
Solar fotovoltaica	9315	31,95(%)
Ciclo combinado	1621	5,56(%)
Carbón	571	1,96(%)
Nuclear	7103	24,37(%)
Eólica	5654	19,4(%)
Hidráulica	-571	0(%)
Intercambios int	-2290	0(%)
Enlace balear	-42	0(%)



< 22/03/2022 >
📅
📈
📊
📉
🇪🇸

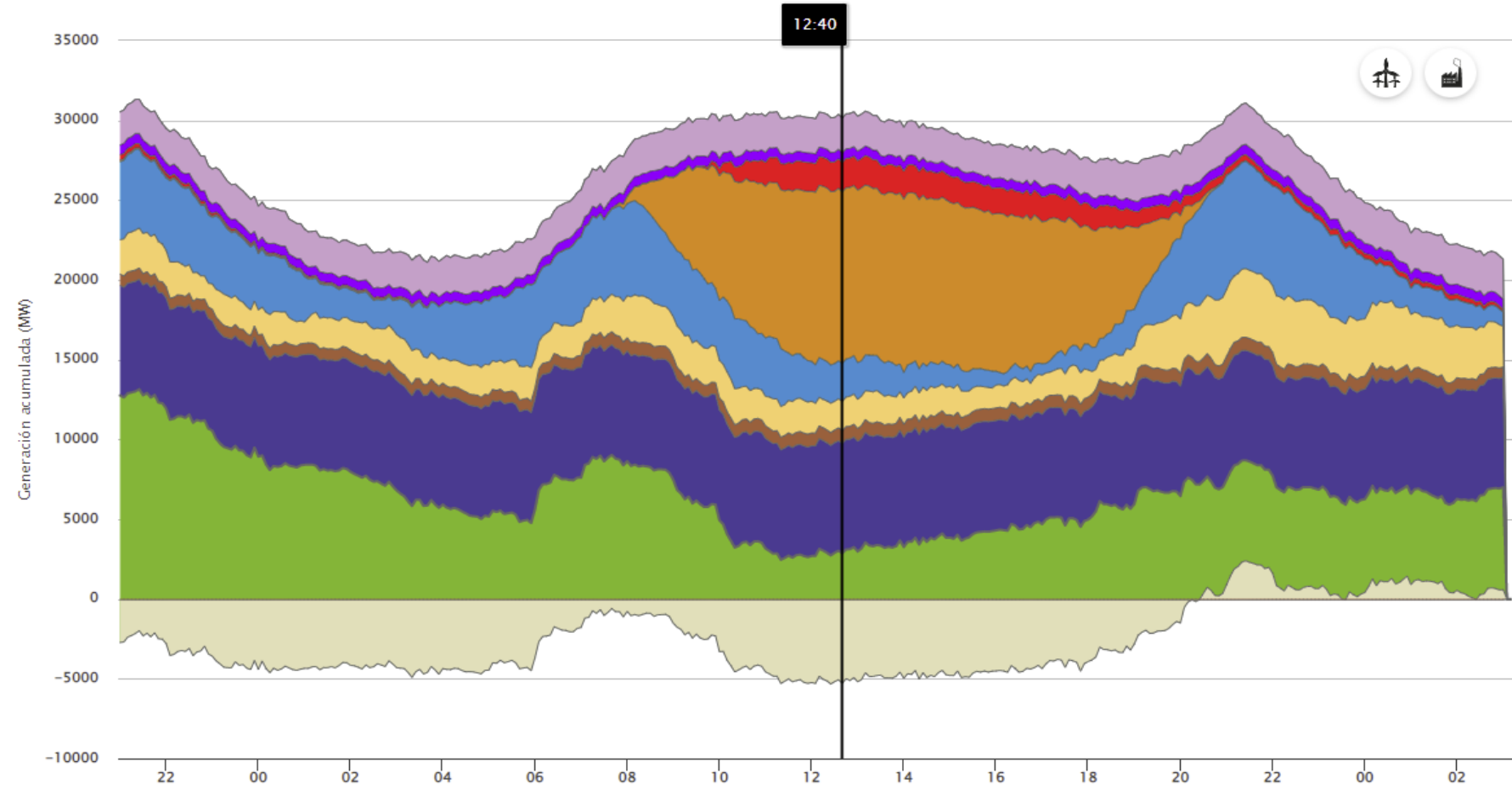
estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 13:10 - 22/03/2022

Cogeneración y residuos	3064	9,11(%)
Térmica renovable	494	1,47(%)
Solar térmica	53	0,16(%)
Solar fotovoltaica	4848	14,42(%)
Ciclo combinado	3884	11,55(%)
Carbón	1103	3,28(%)
Nuclear	6073	18,06(%)
Eólica	14109	41,96(%)
Hidráulica	-574	0(%)
Intercambios int	-1863	0(%)
Enlace balear	-42	0(%)



Estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 12:40 - 21/04/2022

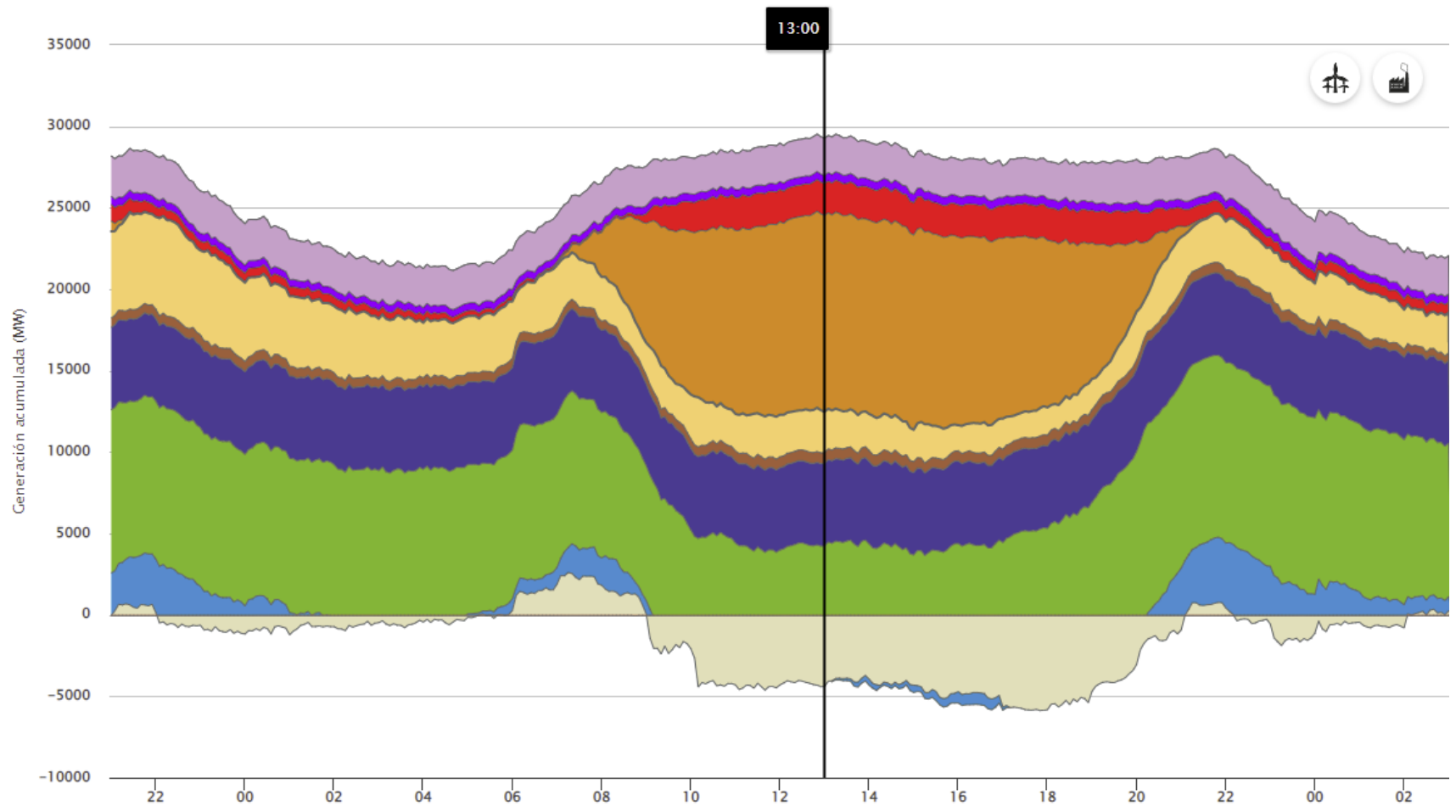
Cogeneración y residuos	2179	6,15(%)
Térmica renovable	603	1,7(%)
Solar térmica	1844	5,2(%)
Solar fotovoltaica	10751	30,35(%)
Hidráulica	2376	6,71(%)
Ciclo combinado	1832	5,17(%)
Carbón	808	2,28(%)
Nuclear	6887	19,44(%)
Eólica	8149	23(%)
Intercambios int	-5240	0(%)
Enlace balear	-41	0(%)



< 26/05/2022 >

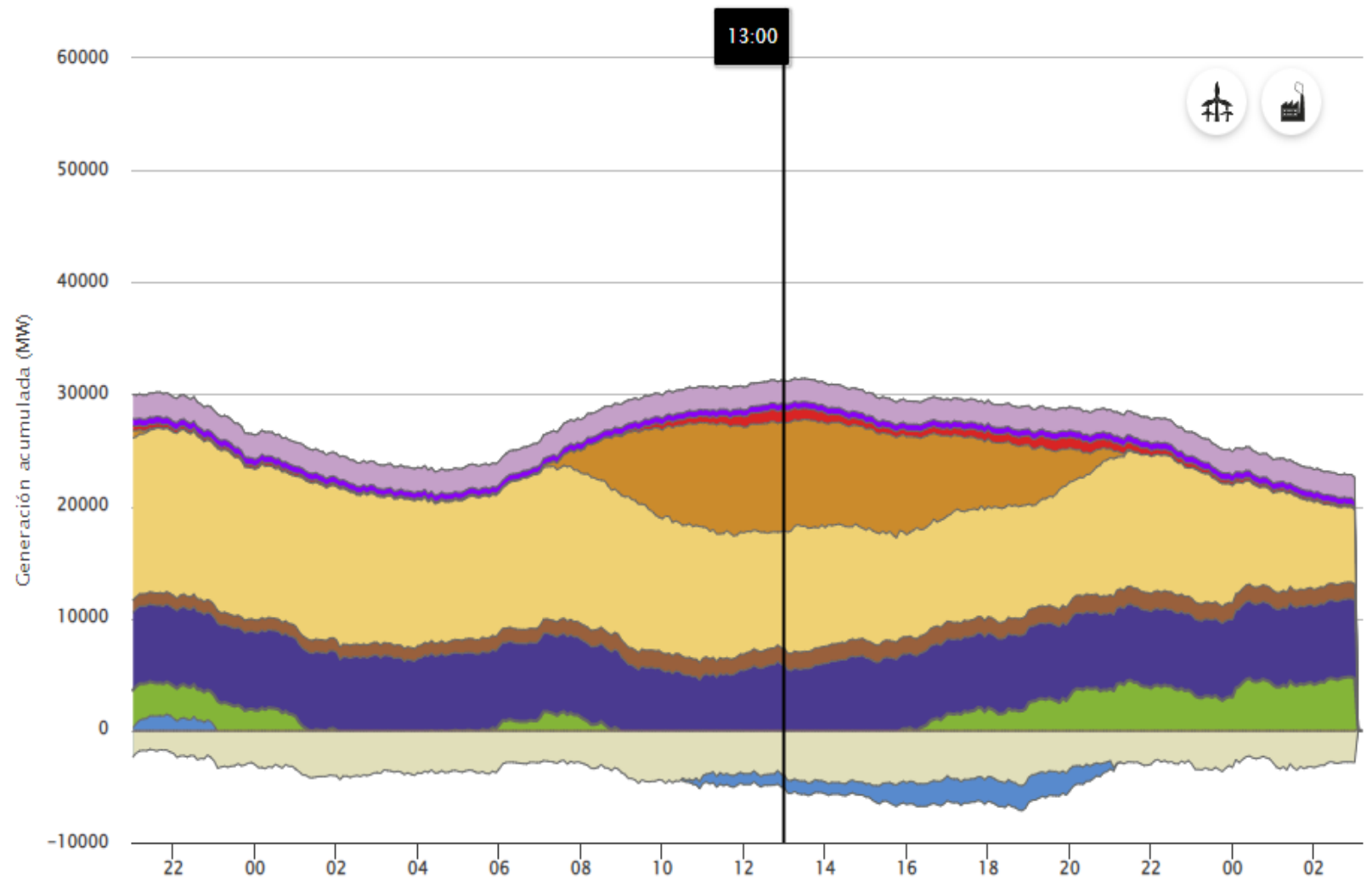
Estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 13:00 - 26/05/2022

Cogeneración y residuos	2288	6,8(%)
Térmica renovable	484	1,44(%)
Solar térmica	1958	5,82(%)
Solar fotovoltaica	12058	35,82(%)
Ciclo combinado	2509	7,45(%)
Carbón	665	1,98(%)
Nuclear	5060	15,03(%)
Eólica	8449	25,1(%)
Hidráulica	196	0,58(%)
Intercambios int	-4366	0(%)
Enlace balear	-42	0(%)



Estructura de generación acumulado progresivo (MW) a las 13:00 - 23/06/2022

Cogeneración y residuos	2037	5,6(%)
Térmica renovable	619	1,7(%)
Solar térmica	1070	2,94(%)
Solar fotovoltaica	9672	26,6(%)
Ciclo combinado	10505	28,89(%)
Carbón	1489	4,1(%)
Nuclear	6926	19,05(%)
Eólica	4042	11,12(%)
Hidráulica	-1127	0(%)
Intercambios int	-3973	0(%)
Enlace balear	-42	0(%)



Ventaja nº 2. Los Embalses

Para alcanzar: **la soberanía energética en la red eléctrica y el incremento y la garantía de disponibilidad de agua**, en España contamos con:

- Más de 1.300 embalses con una superficie de embalse de más de 342.042,27 has.
- En los embalses mayores de 100 hm³ el número de hectáreas es de 239.912 has.
- Más de 1.000 embalses con centrales hidroeléctricas funcionando.
- Más de 200 centrales hidroeléctricas con potencia >10 MW

¿Por qué son ventajas?

Porque la solución que se propone se apoya en los embalses que ya tenemos y consiste en:

- Colocar placas flotantes fotovoltaicas para producir energía sobre la superficie de los embalses disponibles.
- Utilizar dicha energía para impulsar el agua turbinada y devolverla al embalse del que ha salido o a otro superior **que cuente con aprovechamiento hidroeléctrico** en el que se pueda volver a turbinar.
- Aprovechar las centrales y **líneas eléctricas ya conectadas a la red**.
- Se puede llegar a **sustituir con esta energía a la que actualmente se genera con combustibles de importación que producen gases de efecto invernadero**.

¿Por qué energía fotovoltaica y por qué instalaciones flotantes frente a convencionales?

1. Energía fotovoltaica porque es renovable y predecible.
2. Instalaciones flotantes porque:
 - **No se ocupan nuevos terrenos** al ser el embalse D.P.H.*
 - **Reducción de pérdidas por evaporación** en el embalse o balsa.
 - Al reducirse la evaporación **se reducen las nieblas** en su entorno.
 - **Al calentarse menos el agua se mejora su calidad y se reduce la formación de algas.***
 - **Mayor eficiencia de las placas fotovoltaicas.**
 - Generación de **energía renovable más cerca del consumo.**
 - Ya cuentan con punto de acceso y **conexión a la red eléctrica.**
 - Otras ventajas menores como mayor seguridad frente a hurtos, incendios, etc.
 - la horizontalidad de los embalses también simplifica el replanteo.

Problemas a resolver: no todo son ventajas

- La instalación de las placas sobre la superficie de los embalses **podría resultar incompatibles con los usos recreativos***.
- Esta solución puede implicar una inversión inicial mayor respecto a materiales, tanto del panel como del cableado, ya que deben soportar la corrosión, y que su mantenimiento podría ser más costoso si no se resuelve bien el problema de la accesibilidad que los paneles en tierra. Su desarrollo a gran escala podrá solucionarse o minorarse esos inconvenientes que pueden resolverse con soluciones técnicas bien pensadas y diseños que tengan en cuenta esas condiciones, pero **la horizontalidad de los embalses también simplifica y abarata el replanteo**.
- En caso de instalarse en **lagunas naturales**, **podrían llegar a interferir con la vida acuática si afectase al nivel de oxigenación del agua, lo que es determinante para los seres vivos que habitan ese ecosistema**. Sin embargo, **este caso no debía darse ya que no se plantea colocar placas sobre lagos naturales**.

Problemas a resolver en cada caso

- Hay que hacer frente a los problemas de la corrosión durante el mantenimiento.
- La ocupación de grandes superficies de los embalses **requiere tener resuelta la accesibilidad a todos los puntos donde haya instaladas placas**
- **Adaptabilidad a la oscilación de los niveles en los embalses.**
- **Resolver los problemas de seguridad en caso de grandes avenidas y el sistema de anclaje de las plataformas** donde van colocadas las placas y **seleccionar bien** las zonas del embalse a emplear.

¿Dónde están las Centrales hidroeléctricas de P > 10 MW

Cuenca Hidrográfica	Potencia Instalada Total MW	Nº Centrales Potencia > 10MW	Potencia Instalada >10MW
Ebro	3.935,622	72	3.880,91
Duero	3.616,586	20	3.381,64
Miño-Sil	3.069,718	40	2.967,58
Tajo	2.825,392	18	2.692,60
Júcar	1.383,599	13	1.304,84
Cantábrico Occidental	1.207,553	16	1.067,44
Guadalquivir	678,032	14	527,78
Guadiana	249,458	6	229,68
Cantábrico Oriental	157,603	1	84,05
Segura	124,775	3	55,08
TOTAL	17.248,338	203	16.191,60 ³⁶

¿Cómo es la producción hidroeléctrica en España ?

Muy variable

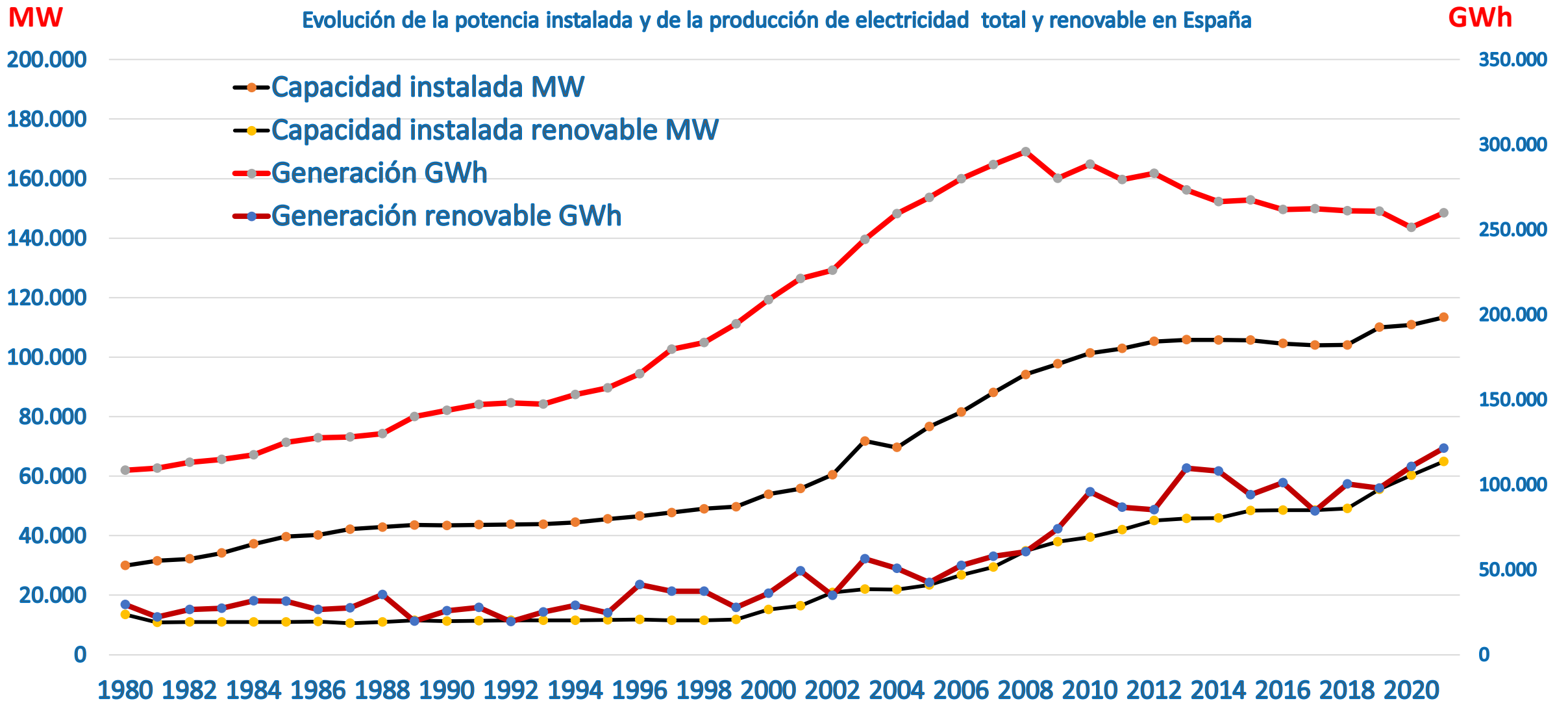
Años muy húmedos 40.000 GWh,

Años secos no llega a 20.000 GWh (un 17% de la producción anual).

Las horas de utilización media son muy bajas con años que no alcanzan las 1.000 horas.

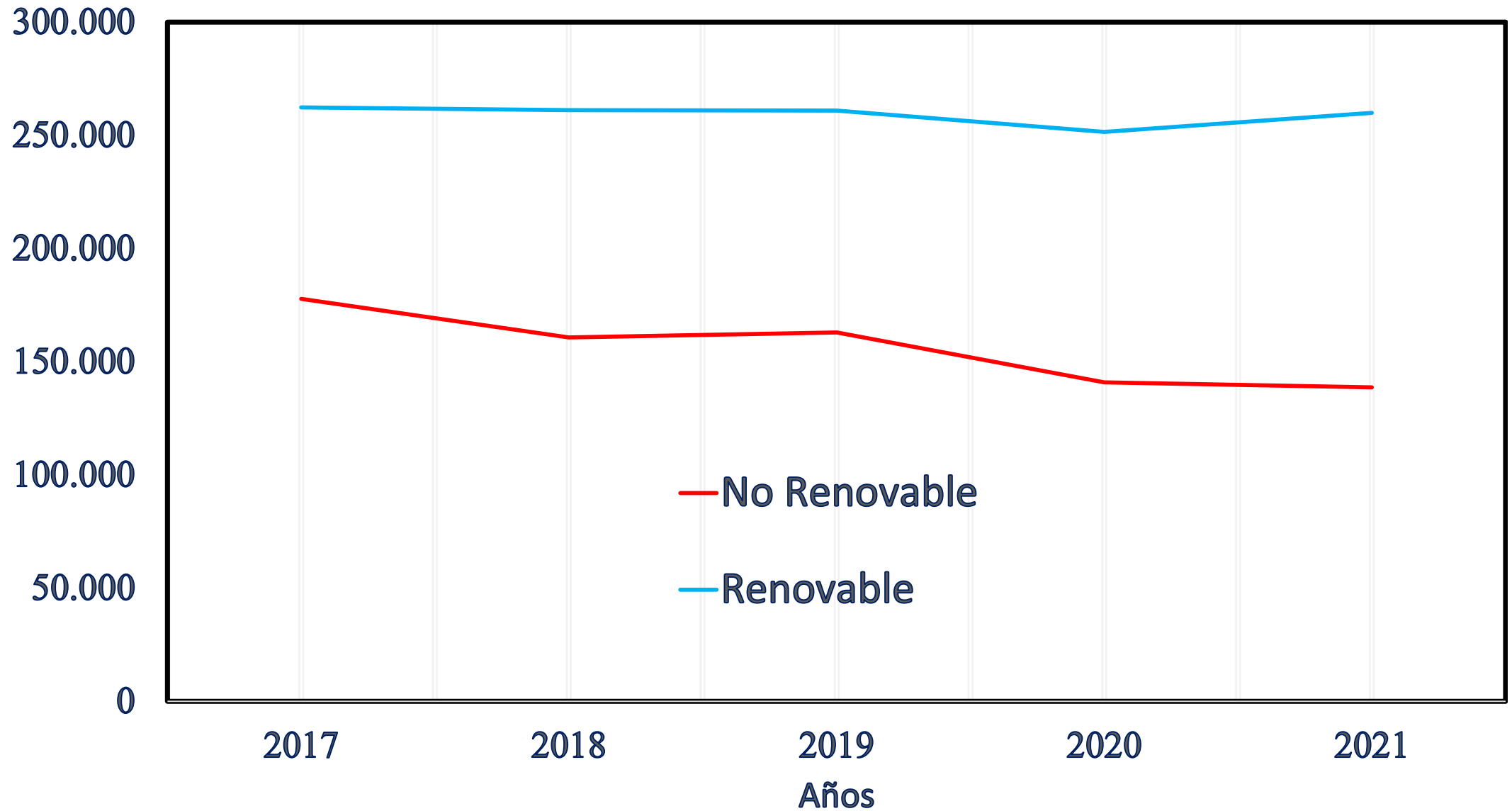
Año	GWh	Horas de utilización media	Probabilidad de ser superada (%)	% horas anuales
2017	15.972	926	99,3	10,57
2018	37.403	2.168	17,2	24,75
2019	25.995	1.507	63,7	17,20
2020	30.595	1.774	43,8	20,25
2021	26.839	1.556	60,1	17,76

¿Cómo ha sido la evolución de la potencia y producción de electricidad (total y renovable) en España?

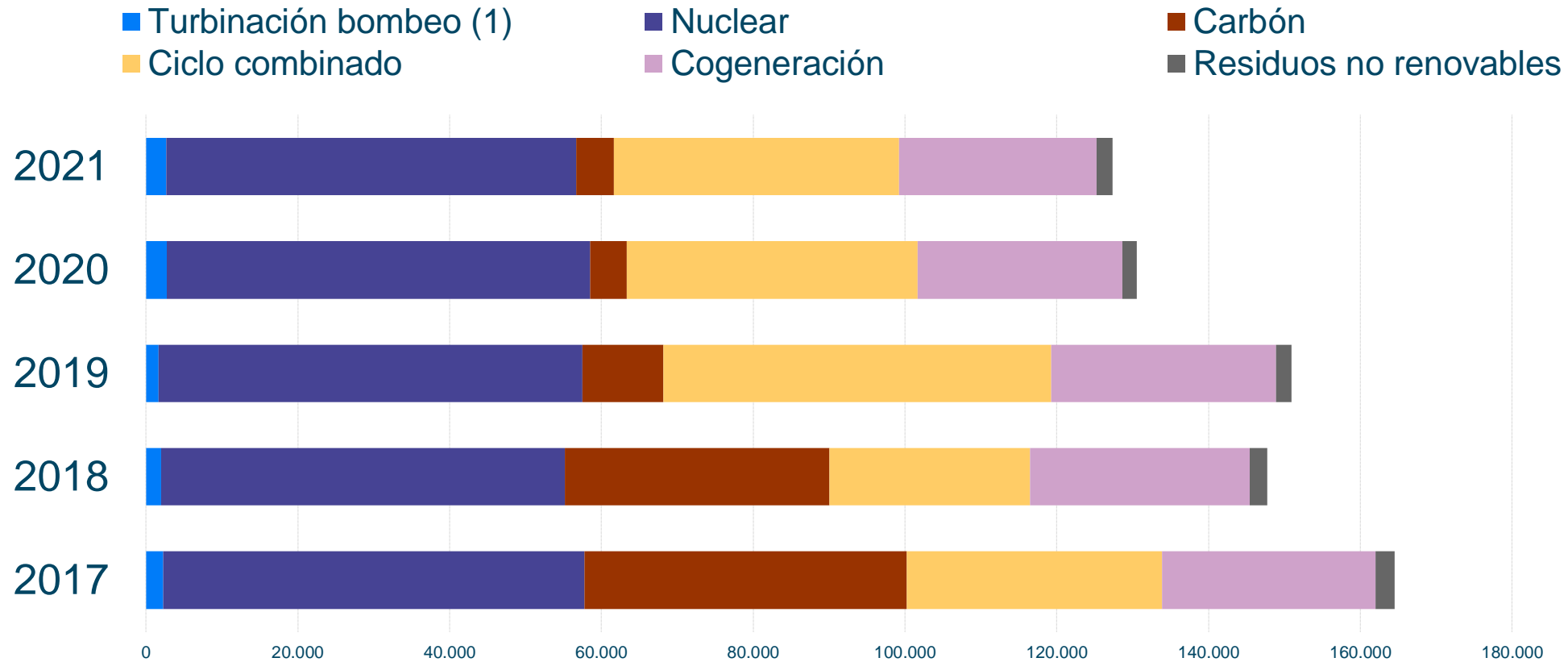


Evolución de la generación eléctrica renovable y no renovable

GWh

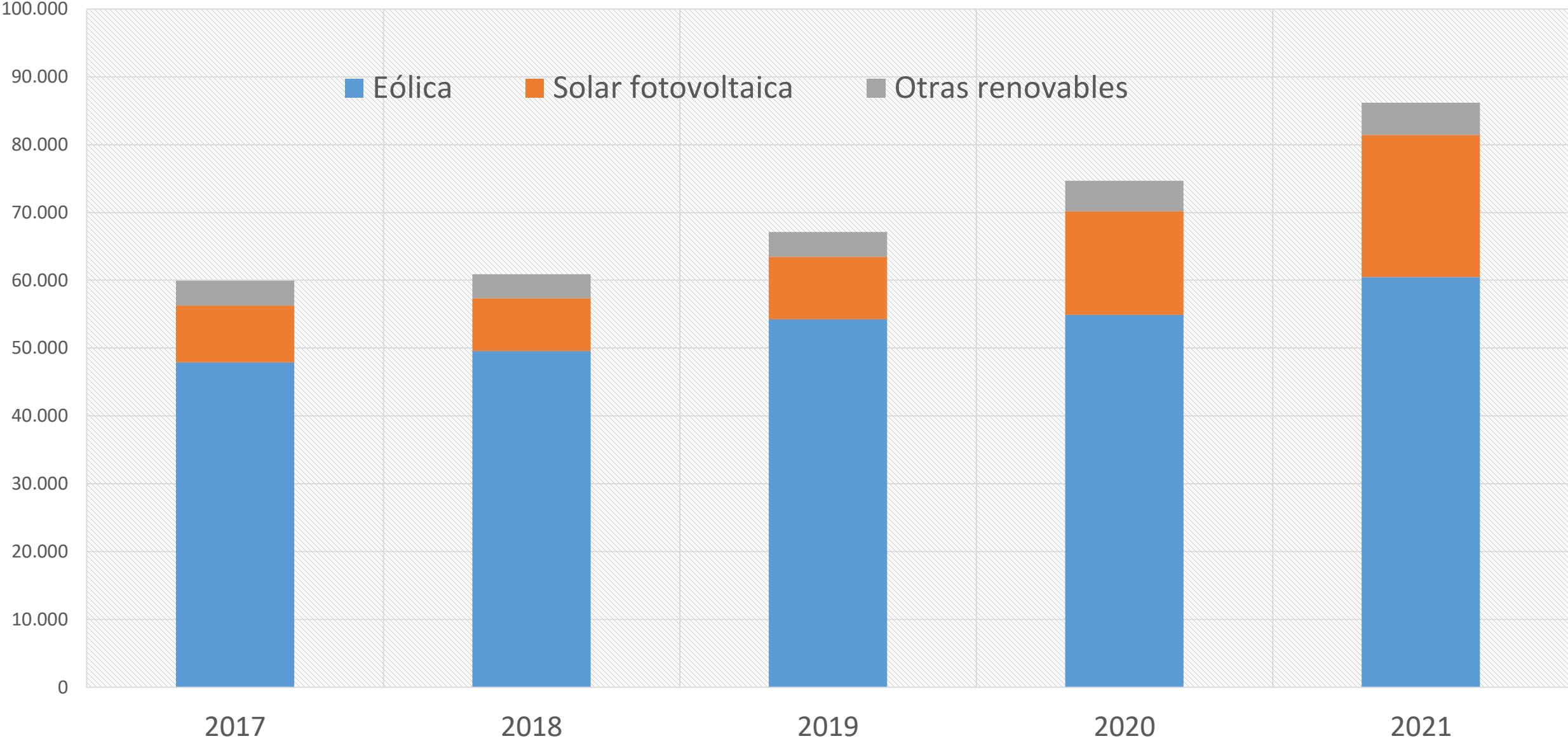


Evolución de la generación eléctrica peninsular no renovable en GWh



Puede observarse como se ha reducido la producción con carbón y como el resto han variado muy poco

Evolución creciente de la generación con energías renovables



¿Qué energía queremos sustituir? La que quema productos de importación que producen gases de efecto invernadero

Potencia instalada producción y horas de utilización a **31.12.2021**, en el Sistema eléctrico peninsular

Tipo	MW	%	Cobertura de la demanda anual GWh	%	Horas utilización
Nuclear	7.117	6,6	54.040	21,8	7.593
Carbón	3.523	3,3	4.942	2,0	1.403
Fuel/gas	8	0,0			
Ciclo combinado	24.562	22,8	37.581	15,2	1.530
Cogeneración	5.589	5,2	26.050	10,5	4.661
Residuos no renovables	402	0,4	2.108	0,9	5.240
Turbinación bombeo	3.331	3,1	2.649	1,1	795
Residuos renovables	132	0,1	751	0,3	5.704
Eólica	27.636	25,7	59.175	23,9	2.141
Hidráulica	17.093	15,9	29.579	11,9	1.731
Solar fotovoltaica	14.721	13,7	20.465	8,3	1.390
Solar térmica	2.304	2,1	4.705	1,9	2.042
Otras renovables	1.087	1,0	4.708	1,9	4.331
Saldo importador intercambios internacionales			884	0,4	
Total	107.505	100,0	247.637	100,0	42

¿Qué energía habría que sustituir? Según la Planificación a 2026:

Tipo de tecnología	MW	%	GWh	%
Nuclear	7.117	5 %	49.839,00	18%
Carbón	0	0 %	0,00	0%
Ciclo combinado	24.560	19 %	14.634,00	5%
Hidráulica	21.260	16 %	30.214,47	11%
Eólica	41.051	32 %	96.671,00	35%
Solar fotovoltaica	24.532	19 %	41.995,00	15%
Termosolar	5.300	4 %	13.022,00	5%
Resto RES	1.220	1 %	5.839,00	2%
Cogeneración y otros	4.660	4 %	23.491,00	9%
Baterías	500	0,4 %		
TOTAL	130.200	100 %	274.677,00	100%

Ciclo combinado + cogeneración = 38.125 GWh/año

Eólica, fotovoltaica y termosolar : 151.688 GWh/año

¿Qué energía queremos sustituir?

- **Con base en los datos de generación oficial de 2021**, la cantidad de energía a sustituir a día de hoy por energía renovable sería de **68.573** GWh/año.
- Con la potencia hidráulica instalada en 2021, para producir esos **68.573** GWh a sustituir, se necesitaría incrementar las horas de utilización en otras **4.012** horas y conseguir un total de horas de utilización de **5.742** horas al año que representa el 66% de las horas del año.
- Estos porcentajes pueden ser altos en embalses de los que dependan usos consuntivos.
- ¿Y en los que los embalses cuyo uso principal y casi exclusivo es la generación de energía hidroeléctrica?

¿CUÁL SERÍA UN OBJETIVO RAZONABLE ENTRE SUSTITUIR 68.000 GWh ACTUALES Y 38.125 GWh?

- Objetivo generar una cantidad intermedia:
- **50.000 GWh/año** de energía hidráulica, adicionales a los **29.622,90 GWh/año** que se producen ahora.
- Resultarían unas 4.680 horas de utilización conjunta.

Ese objetivo ¿nos deja del lado de la seguridad?

¿CUÁL SERÍA LA POTENCIA DE BOMBEO A INSTALAR?

- De la superficie ocupada por las explotaciones fotovoltaicas existentes, se deduce que es razonable suponer que una hectárea de superficie actualmente ya es suficiente para producir **1 Mw (1ha/Mw) con placas fotovoltaicas.**
- El parque solar flotante de Alqueva en una plataforma de 4 has ha instalado una potencia de **4 MW** para producir **7 GWh.**
- Suponiendo :
 - una media de **2.500** horas de utilización de las placas.
 - que una hectárea de superficie de placas fotovoltaicas actualmente es suficiente para producir **1 Mw (1ha/Mw).**
 - un rendimiento del 75 % de los bombeos.

VIABILIDAD DE LA SOLUCIÓN

- Acumular en los embalses mediante bombeo 50.000 GWh .
- El objetivo exige:
 - Instalar una potencia adicional fotovoltaica de **26.000 MW**.
 - Ocupar una superficie de embalse de **26.000 has**.(Esta superficie debería reducirse mejorando la eficacia de las placas)
- Para hacernos una idea de lo que eso significa:
 - Inferior al 8% de las 342.042,27 has de superficie total de embalses que hay en España
 - Inferior al 11 % de 239.912 has de la superficie de los embalses superiores a 100 hm³
 - Sólo Alcántara y Almendra suman 19.000 has

Tipo 1: Aprovechamientos hidroeléctricos reversibles que constan de dos embalses, y una central reversible.

- La energía producida por las placas fotovoltaicas se puede utilizar a voluntad en los bombeos o introducirla en la red.
- Se aumentan las horas de utilización de estas centrales y la producción de electricidad.
- Casos:
 - La Muela I (Valencia) 630 MW (825 GWh/año) / 555 MW en bombeo.
 - La Muela II (Valencia) 850 MW (800 GWh/año) / 740 MW en bombeo.
 - **Central** de Villarino (Zamora / Salamanca) Presa de Almendra 810 MW.
 - Moralets (Aragón y Cataluña) 600MW (357 GWh/año) / 279 GWh/año en bombeo
 - Guillena (Sevilla) 210 MW, etc

Tipo 2.- Aprovechamientos hidroeléctricos convencionales con embalse, central de pie de presa y otro embalse agua abajo con volumen suficiente para regular y desde donde se puede crear un bombeo

- Colocación de placas fotovoltaicas en cualquiera de los dos embalses (Preferentemente en el superior por la cercanía al bombeo).
- Construcción de instalaciones de bombeo con la toma en el embalse de abajo.
- Grupos de embalses escalonados como en el Miño, Duero, Tajo o Ebro

Cuenca del Duero

Río	Aprovechamiento	Potencia instalada MW	Producción GWh con 1700 horas	Producible GWh con 4.500 horas
Esla	Ricobayo I	133,2	226,44	599
Esla	Ricobayo II	158	268,6	711
Duero	Villalcampo I	96	163,2	432
Duero	Villalcampo II	110	187	495
Duero	Castro I	80	136	360
Duero	Castro II	110	187	495
Tormes	Villarino	810	1.377	3.645
Duero	Aldeadavila I	718	1.220,6	3.231
Duero	Aldeadavila II	421	715,7	1.895
Duero	Saucelle I	240	408	1.080
Duero	Saucelle II	285	484,5	1.283
	TOTAL	3.161	5.374	14.225

Cuenca del Tajo

Embalses	Superficie embalses	Altura m	Potencia central existente MW	Aportación turbinable actual con caudales medios	Producción GWh actual	horas utilización	Producibile GWh con 4.500 horas
Azutan	1250	31,6	180	3.000	199	1106	810
Valdecañas	7300	75	239	3.500	551	2.306	1.076
Torrejón Tiétar	219	15	136	2.155	68	499	612
Torrejón Tajo	1041	46	132	3.500	338	2.561	594
Alcantará	10400	108	915	6.568	1.490	1.628	4.118
Cedillo	1400	34	440	6.973	498	1.132	1.980
	21610		2041		3.144	1.540	9.189

Grupo de embalses	Superficie embalse has	Superficie placas en has	Potencia central existente MW	Producibles actual	Potencia producir con energía fotovoltaica MW	Producibles GWh con 4.500 horas
Gabriel y Galán	4.682	150	110	111,81	150	375
Guijo de Granadilla	124	50	54	47,55	50	125
Valdeobispo	357	150	40	41,92	150	375
Total	5.163	350	204	201,29	350	875

Sólo los finales del Duero y Tajo podrían proporcionar 24.289 GWh que es aproximadamente el 50% del objetivo

Embalse asuso	Potencia central MW	Embalse ayuso	Potencia central MW	Río	Superficie Placas E. asuso	Superficie Placas E. ayuso
Canelles	108	Santa Ana	15,20	Noguera Ribagorzana, Ebro	200	108
Escales	36	Puente Montañana	44,8	Noguera Ribagorzana, Ebro	100	36
Camarasa	60	San Lorenzo	10	Noguera Pallaresa y Segre	100	60
Lanuzá	49,8	Búbal		Gállego (Ebro)	100	49,8
Alarcón		El Picazo		Júcar		
Mediano	66,4	El Grado	27,2			
Belesar		Peares		Miño		
Oliana	37,89	Rialb	24,77+5,9			
Talarn	35,2	Camarasa	60	Noguera Pallaresa		
Jándula	18,75	El Encinarejo		Jándula, Guadalquivir	100	
Embalse de Guadalén	5,12	Presa de Molino De Guadalen (Contraembalse)		Guadalén	50	
Giribaile	20	Mengíbar	4,20			
Guillena	210	El Gérgal contraembalse				
Alarcón	16	El Picazo		Júcar	40	15,89
Cijara	102,1	García Sola- Puerto Peña	55,59	Guadiana	200	84,93+17,17
García Sola- Puerto Peña	55,59	Orellana	25	Guadiana	200	55,59
Serena	25,1	Zújar Pie de Presa	28,36	Zújar	100	25,10

Otros posibles aprovechamientos

Noguera Ribagorzana	<u>BASERCA</u>
	<u>CANELLES</u>
	<u>ESCALES</u>
	<u>SANTA ANA</u>
	<u>SOPEIRA</u>
Noguera Pallaresa	<u>CAMARASA</u>
	<u>TALARN O TROUP</u>
	<u>TERRADETS</u>

Río Sil	<u>BARCENA</u>
	<u>FUENTE DEL AZUFRE</u> <u>(CONTRAEMBALSE)</u>
	<u>ONDINAS, LAS</u>
	<u>PEÑADRADA</u>
	<u>PEÑARRUBIA</u>
	<u>PUMARES</u>
	<u>ROZAS, LAS</u>
	<u>SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)</u>
	<u>SAN MARTIN (LUGO)</u>
	<u>SAN PEDRO (NORTE)</u>
	<u>SANTIAGO</u>
	<u>SEQUEIROS</u>
	<u>VILLASECA</u>
Río Miño	<u>CASTRELO / MIÑO</u>
	<u>FRIEIRA</u>
	<u>VELLE</u>
	<u>BELESAR</u>
	<u>PEARES, LOS</u>

Tipo 3. Aprovechamientos hidroeléctricos convencionales sin contraembalse

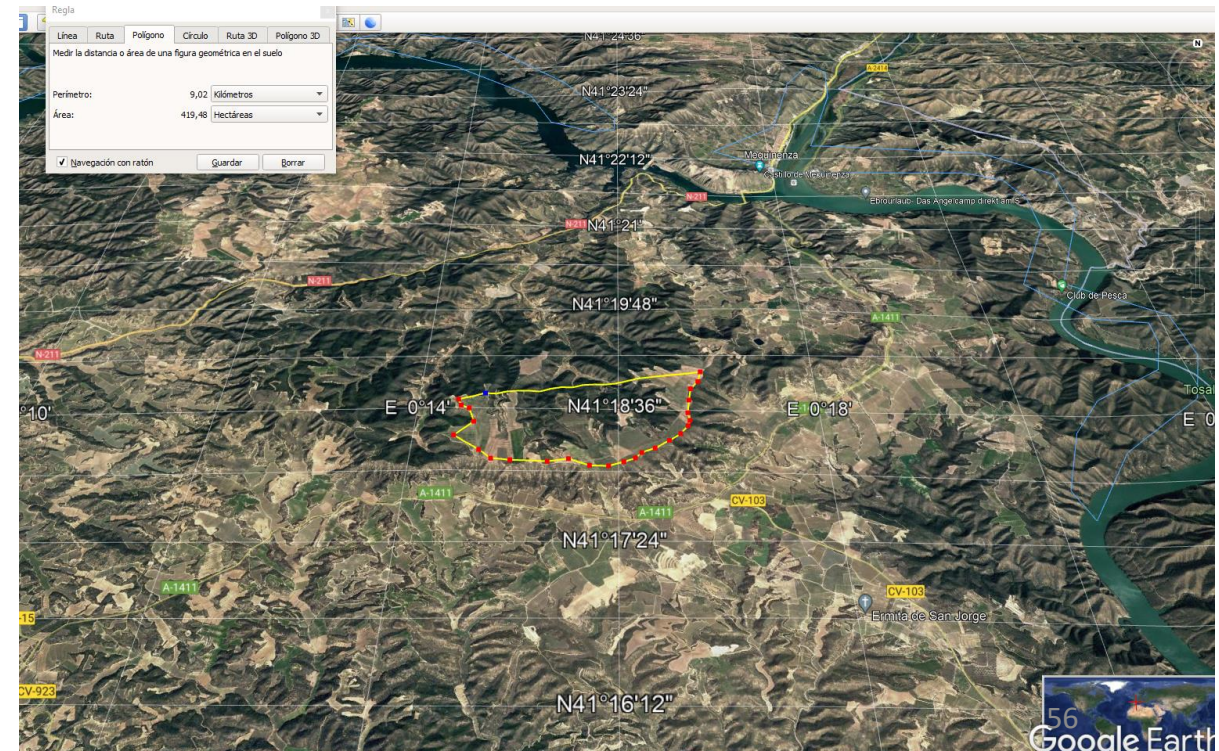
- **Tipo 3.-** Es una variante del tipo 2 cuando no hay un embalse agua abajo y **es preciso construir un contraembalse**. Desde la salida de las turbinas de la central el agua debe conducirse a un contraembalse que servirá de cámara de carga desde donde debe ser aspirada por las bombas que la devuelven al embalse de asuso para ser de nuevo turbinadas.
- Esta solución tiene las dificultades de que exista lugar idóneo para el contraembalse.
- Margen derecha del Guadalquivir, como La Fernandina (4,5 MW), Guadalmena (15,2 MW), Guadalmellato (5,12 MW), Puente Nuevo (2,7 MW), etc., y otros varios en el Guadiana, Ebro, Miño Sil y en las cuencas internas de Andalucía

- **Tipo 4.- Es otra variante del tipo 2 aplicable cuando las alturas de los saltos existentes son pequeñas y los caudales a movilizar son muy grandes**, como el caso de los saltos de Mequinenza y Ribarroja en el río Ebro. En estos casos, procedería construir instalaciones de bombeo en los embalses de agua abajo que impulsen el agua a balsas a construir fuera de los cauces en lugares lo suficientemente elevados para obtener saltos que con la misma potencia bombeen caudales más pequeños.

El caudal de turbinado en Mequinenza, cuando la aportación media es de $9.190 \text{ hm}^3/\text{año}$ y su caudal medio de $290 \text{ m}^3/\text{s}$, es en la actualidad de $333,1 \text{ m}^3/\text{s}$, casi el caudal medio.

En Ribarroja las aportaciones del Ebro con el Segre superan los $14.000 \text{ hm}^3/\text{año}$, lo que equivale a $38 \text{ hm}^3/\text{diarios}$ ($439 \text{ m}^3/\text{s}$).

Balsa con una capacidad de unos 60 hm^3 que permita embalsar las aportaciones medias de casi 2 días



Tipo 5.- Hay dos embalses y no hay centrales hidroeléctricas

- **Tipo 5.-** Habría que construir las líneas eléctricas, las instalaciones para turbinar y para bombear en el embalse de abajo, incluyendo en estas últimas la colocación de placas fotovoltaicas en cualquiera de los dos embalses.
- Como ejemplo, sería aplicable al grupo de los embalses de las cuencas internas del Sur de Andalucía formado por las presas de Béznar y Rules de 54 y 117 hm³ de capacidad respectivamente y entre los que hay un desnivel de $485 - 243 = 242$ metros y menos de 5 km de distancia entre la presa de Béznar y la cola del embalse de Rules.
- Si se turbinara agua abajo de Rules y agua arriba del azud de Vélez, el salto podría ser de unos 335 metros y bombearse a Rules.

Tipo 6.- Solución a aplicar en casos con embalses y/o balsas y desaladoras

- **Tipo 6.-** Otro tipo de solución a desarrollar consiste en actuar sobre la demanda para evitar que ciertas actividades como la desalación de agua del mar, con grandes consumos energéticos, se haga con energía de la red que es cara, en vez de utilizar energía fotovoltaica producida con placas colocadas sobre la superficie de embalses o balsas cercanos a la costa y a ser posible utilizar el propio embalse o balsa para guardar el agua desalada.
- Ejemplo existente: La desaladora de agua del mar de Mazarrón
- Otros posibles el embalse del Almanzora y la desaladora del bajo Almanzora:
- Superficie embalse 523 ha, cota coronación 183, cauce 105, distancia a la costa a 14,8 km, desaladora en la cota 10 y a 13,2 km de la presa

Ventajas de la solución

1. Se evitan expropiaciones al colocar las placas sobre el D.P.H.
2. Se aprovechan las líneas eléctricas existentes
3. Se aprovechan y no se modifican las centrales existentes.
4. Se hace un mayor aprovechamiento de las centrales al aumentar sus horas de utilización.
5. Al mantener los embalses más llenos, se consigue una potencia real mayor y se aumenta la producción.
6. Al cubrir parte de los embalses con placas, se reduce: la evaporación, las nieblas inducidas por el embalse y la proliferación de algas.

Ventajas de la solución

7. Al turbinar y bombear se oxigena más el agua de los embalses.
8. La producción de electricidad se puede hacer compatible con los restantes usos.
9. Se reduce la dependencia energética de terceros países.
10. Aumentan los recursos hídricos disponibles y un mayor aprovechamiento de los embalses existentes al aumentar su capacidad de regulación porque pueden bombearse recursos aportados al embalse de abajo por afluentes que llegan a él.
11. Al poder aumentar la disponibilidad de agua, se podrían satisfacer otras demandas del sistema o **de otros sistemas**.

Ventajas de la solución

12. Aumenta la **seguridad de la red eléctrica** y mejora la respuesta a las oscilaciones de la demanda al aumentar la cantidad de la energía de más rápida respuesta de las almacenadas en el sistema.
13. Aumenta el valor de los embalses existentes.
14. La obtención de autorizaciones administrativas que requiere la puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones de producción se simplifica (*).
15. Mejorará nuestra economía (*)

Ventajas de la solución

14. La obtención de autorizaciones administrativas que requiere la puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones de producción se simplifica (*).

La puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones de producción requiere **la obtención de un conjunto de autorizaciones administrativas que se simplifican**. dado que las soluciones que aquí se proponen, en general, se plantean donde **ya hay un acceso a redes y donde las necesidades de expropiación serían mínimas**. La Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico reconoce la libre iniciativa empresarial para el ejercicio de la actividad de producción de energía eléctrica.

Por otro lado, **la separación de competencia sobre instalaciones por potencia debería eliminarse** dado que tanto las líneas de transporte como las instalaciones de generación deben ser tratadas con criterios homogéneos.

Ventajas de la solución

15. Mejorará nuestra economía (*).

1. Al reducir la compra de productos energéticos y alimentarios en el extranjero
2. Aumentarán nuestras posibilidades de exportación al aumentar nuestra disponibilidad de agua y de producción,
3. Se rebajará la deuda´.
4. Podremos llegar a hacer favorable nuestra balanza de pagos.

CONSIDERACIONES FINALES

- En España, en la actualidad, los continuos cambios normativos en el sector eléctrico (*) han complicado **el funcionamiento del sistema eléctrico** suponiendo una importante distorsión, que **debería corregirse**.
- **Es necesario conseguir la seguridad regulatoria** acometiendo las reformas necesarias para conseguir la soberanía energética y la sostenibilidad del sistema a largo plazo.
- Por todo ello, los cambios que se está produciendo y los que se proponen aconsejan la aprobación de **una reforma global del sector**, basada en un nuevo régimen de ingresos y gastos del sistema eléctrico, que trate de **dar al sistema una sostenibilidad financiera**.
- Los cambios que aquí se proponen exigen también la **reforma legal del sector** en lo que afecta a **las concesiones hidroeléctricas**.

CONSIDERACIONES FINALES

- La solución que aquí se plantea **vuelve a revalorizar la importancia a los embalses** al darles la función de **almacén para guardar la energía fotovoltaica** empleada en bombear el agua turbinada en las centrales hidroeléctricas hasta su posición anterior (su almacenaje) y transformando la energía fotovoltaica en energía potencial que podrá ser de nuevo utilizada cuando lo demande el sistema eléctrico.
- Con ello se puede **aumentar hasta maximizar las horas de utilización de las centrales hidroeléctricas**, y reducir al mínimo el consumo de agua hasta el punto de **hacer que la producción de energía hidroeléctrica sea compatible con los otros usos del agua**.
- A la vista de los usos y características de los distintos embalses y centrales hidroeléctricas, españolas **se han propuesto 6 tipos de soluciones** a aplicar.

Gracias por su interés y su atención