

LOS PANTANOS DE ENTREPEÑAS Y BUENDIA, Y SU TUNEL DE ENLACE

Por BENITO JIMÉNEZ APARICIO, Ingeniero de Caminos.

El autor del proyecto de las importantes obras que sirven de título al presente trabajo, se propone dar a conocer a nuestros lectores, en varios artículos, sus características principales y el estado en que actualmente se encuentra su construcción, y para la mejor comprensión de ese trabajo dedica este primer artículo a exponer el papel que estas obras representan en relación con las demás que integran el Plan de la Cuenca del Tajo.

Los Pantanos de Entrepeñas, sobre el río Tajo, y Buendía, sobre el Guadiela, con sus presas próximas a la confluencia de estos ríos y unidos por un túnel de transvase de caudales del primero al segundo, son prácticamente, por esta circunstancia, una sola obra reguladora de la cabecera de la cuenca en cuanto a su funcionamiento, tanto para el aprovechamiento en riegos como en la producción de energía de los caudales regulados. Por la capacidad del vaso, el de Buendía solo, con sus 1 500 millones de metros cúbicos, será el más importante de España, y entre ambos superarán, con mucho, el mayor de Europa.

Por la importancia de estas obras, ya en construcción, y habernos correspondido tener que proyectarlas en su totalidad, incluso sus múltiples obras complementarias, algunas también de características muy importantes en su género, nos creemos en el deber de dar a los lectores de nuestra REVISTA una reseña de las mismas: su génesis, su objeto, sus características y su aprovechamiento previsto.

Más como el objeto que perseguimos con estos artículos es sólo cumplir un deber de documentación a nuestros compañeros interesados en el conocimiento de lo que se hace en España por el Ministerio de Obras Públicas en el desarrollo del Plan de Obras Hidráulicas, y de este Plan es pieza fundamental, en lo referente a la cuenca del Tajo, esta regulación de cabecera, resultará más completo el informe si, previamente a su estudio, enlazamos estas obras en una ligera visión de conjunto con las demás que integrarán el aprovechamiento de este río.

Esquema del plan en la cuenca del Tajo.

Del examen del plano de conjunto de la cuenca, que se acompaña, resalta en primer lugar la característica disimetría del valle del Tajo, señalando la tendencia del río a alejarse de la Cordillera Central y acercarse al límite meridional de la fosa o depresión rellena de materiales terciarios por la que discurre, especialmente en su tramo segundo, que es el de los riegos; y como esto se refuerza con análoga disimetría en cuanto a condiciones topográficas y pluviométricas

de las dos zonas en que longitudinalmente queda dividida la cuenca, resulta que, prácticamente, por debajo de la confluencia del Guadiela, final de la cabecera, ni existen aportaciones aprovechables ni regadíos de importancia en la margen izquierda. Claro es que hablamos en términos generales de posibilidades técnicas y económicas fácilmente realizables y sin forzar soluciones, como ocurriría con los riegos por elevación de las zonas de Ocaña y Tembleque, para los cuales, además, faltaría agua; y prescindimos también de los riegos de Aranjuez dominados por el Canal de las Aves, de poca importancia relativa y con caudales derivados del río principal.

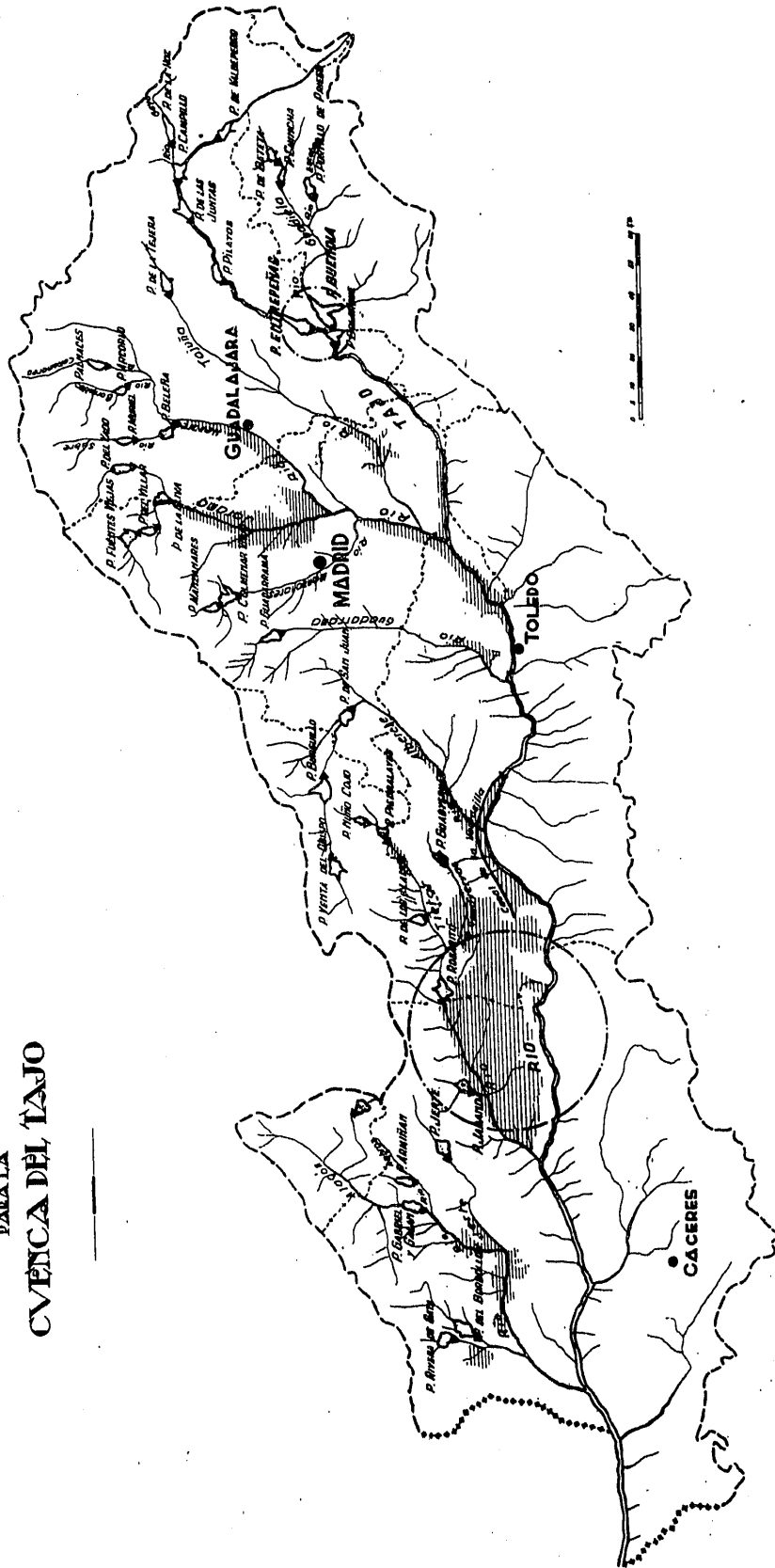
Y lo mismo ocurre con los aprovechamientos hidroeléctricos, también en los afluentes de la margen derecha o en el propio río principal de este segundo tramo, además de la cabecera o tramo primero, que con el tercero constituyen la parte fundamentalmente industrial de los cuatro tramos en que, de acuerdo con el Profesor Sáenz, puede considerarse dividido el río. Y hablamos de aprovechamientos hidroeléctricos en esta ligera visión del Plan oficial, porque si bien en los lejanos tiempos de promulgación de la Ley de Aguas se daba una primacía absoluta a los riegos, y con ésta como base única se formuló dicho Plan, parece llegada la hora en que se equiparen para estudiar en cada caso la conveniencia de dar la primacía a unos u otros, según convenga, o al menos procurar su compatibilidad, afortunadamente fácil en la mayoría de los casos, como aquí se ha hecho, y por ello se han estudiado en los proyectos de estos pantanos los saltos de pie de presa como uno de los dos aspectos fundamentales de su aprovechamiento.

Si se examinan las zonas regables y la posible precedencia de los caudales que las alimenten, cuestión ya estudiada en líneas generales y reflejada en el Plan, se pueden destacar los siguientes conjuntos:

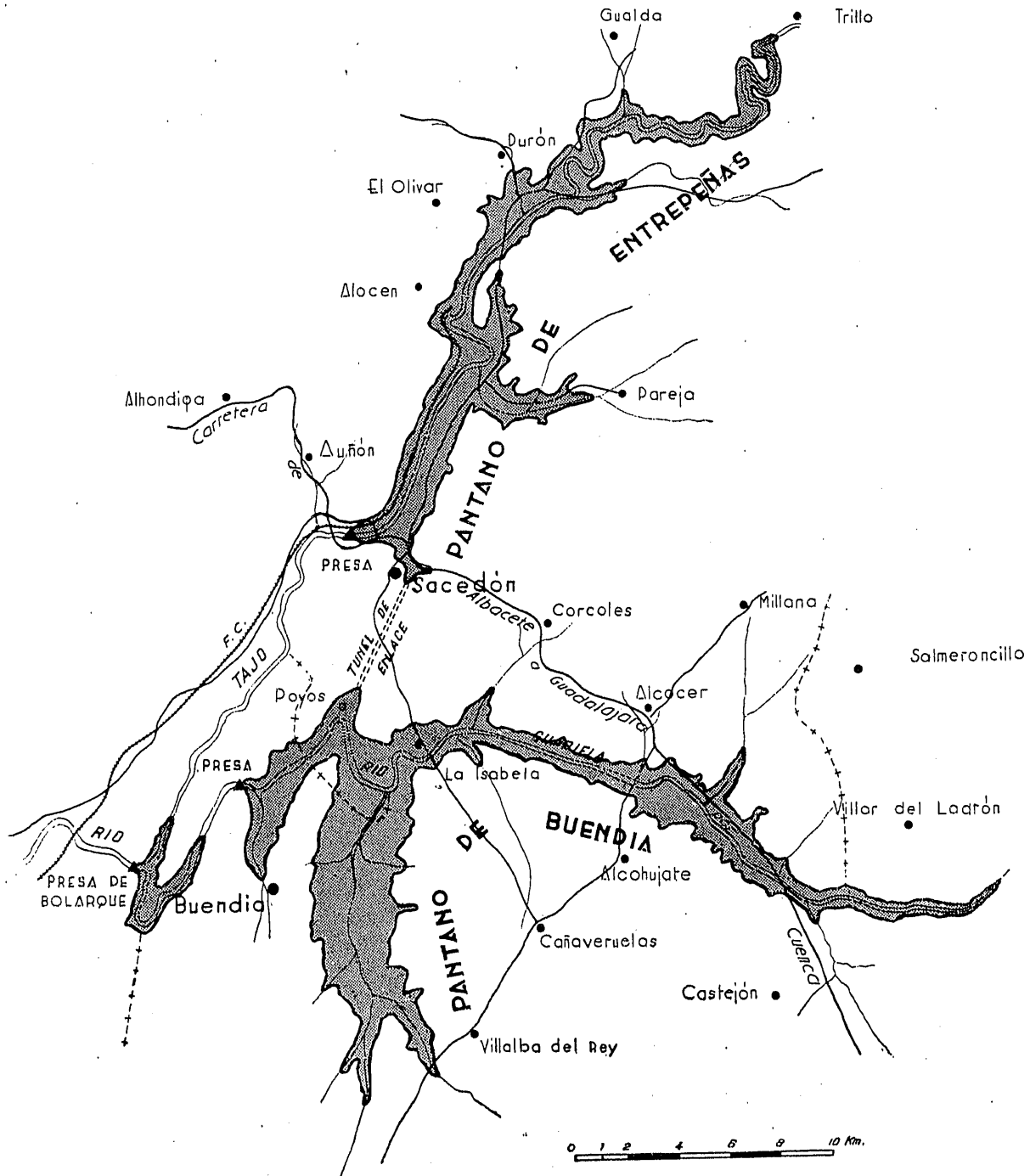
Al principio, las zonas de Henares-Jarama, alimentadas con recursos propios, inferiores a las necesidades y regulados por los pantanos de Palmaces, Vado y Bonabal; segregándose los que se regulan para el abastecimiento de Madrid.

Al final, las zonas del Alagón y su afluente Arrago, con los pantanos de Gabriel y Galán y Borbollón, cuyo

PLAN DE OBRAS
PARA LA
CIVILIZACIÓN DEL TÁJO



PLANO DE CONJUNTO



exceso de disponibilidades es imposible aprovechar en otras zonas anteriores.

Y en el centro, la gran zona de más de 160 000 hectáreas comprendida entre los ríos Alberche, Tajo y Tiétar, incluidas las vegas de Talavera, que se alimentará con los caudales regulados en estos tres ríos y conducidos por los canales de la Ventosilla, del Alberche y derivado de Rosarito por la margen izquierda del Tiétar.

Coincide esta zona media de riego con otra de máximas lluvias en la cuenca, la de la Sierra de Gredos, que la limita por el Norte; pero las grandes aportaciones que esta zona lluviosa proporciona no pueden utilizarse a este objeto en su mayor parte: unas, por pertenecer a la cuenca del Alagón antes indicada, situada al final de la cuenca, en el tramo tercero del río; y las del Tiétar, por quedar en el límite de aguas abajo de la zona y no disponerse de vasos adecuados en su cauce para la debida regulación. Entre el Tiétar y Alberche suministrarán a esa gran zona regable unos 15 metros cúbicos por segundo de caudal medio, regulado por el pantano de Rosarito, en el primero, y por los de Saltos del Alberche (Burguillo, San Juan, etc.), en el segundo.

Resulta, en consecuencia, que de las dos zonas lluviosas de la cuenca sólo es plenamente aprovechable la de cabecera, de la cual deberán sacarse unos 1 200 millones de metros cúbicos para agotar las zonas de posible puesta en riego, y ello exige regular al máximo sus aportaciones, cuyos caudales se conducirán por el gran caudal de la Ventosilla, que arrancará del río principal unos 25 Km. aguas abajo de Toledo, con capacidad de conducción de más de 80 m.³/s., desarrollándose por la margen derecha, y al cruzar el Alberche recogerá otros 20 m.³/s. de máximo de los regulados en este río. Pantanos de cabecera y Canal de la Ventosilla son, pues, el conjunto fundamental de esta cuenca, sin olvidar el tramo del río principal, de unos 150 Km. de longitud, que los enlaza, en el cual se obtendrá una gran cantidad de energía en los saltos ya establecidos, que en su mayoría se ampliarán, y en los nuevos que se instalen al calor de esta amplia regulación con inversión de régimen que exigen los riegos, entre los que se cuentan los importantísimos de pie de presa ya adjudicados en concurso.

La regulación de cabecera.

Destacado así el problema principal de la cuenca del Tajo, y vista la necesidad, para resolverlo, de sacar de la cabecera la mayor cantidad posible de agua, se comprende que en la Propuesta de Plan formulado en 1934, en relación con el Plan Nacional, por la Delegación de los Servicios Hidráulicos del Tajo, se incluyesen para esta regulación hasta diez pantanos:

cinco, en el Tajo; uno, en el Gallo; tres, en el Guadiela, y uno, en el Escabas, que se les suponía con una capacidad total de vasos de unos 2 000 millones de metros cúbicos, siendo los primeros desde aguas abajo, y los más importantes, Entrepeñas, sobre el Tajo, con 380 millones y presa de 60 m., y Buendía, sobre el Guadiela, con 600 millones y presa de 50 m. de altura. Es decir, se aprovechaban todos o casi todos los vasos posibles con buenas cerradas, previo reconocimiento de esta parte del río principal y sus afluentes por una Comisión formada a este objeto, en la que figuraban el Geólogo Sr. Hernández Pacheco y el Ingeniero de Caminos, hoy Inspector, D. Francisco Benavides.

Inmediatamente se procedió a estudiar estos pantanos, empezando por los del Tajo: un primer proyecto de Entrepeñas, por los Ingenieros Sres. Luengo y Ureña, después totalmente reformado por el que suscribe con la solución de presa que actualmente se construye; otro, del Balcón de Pilatos o Trillo, redactado por el Sr. Bellido, y cuya aprobación por la Superioridad quedó en suspenso, en vista del resultado de nuestro estudio sobre el conjunto Entrepeñas-Buendía, y, por último, el de la Virgen de la Hoz, sobre el Gallo, que, por la razón antes indicada, ni siquiera se ha sometido a la aprobación superior. Ya en el primer proyecto de Entrepeñas se apuraba en altura para la presa todo lo que el pueblo de Sacedón, situado en el punto más bajo de la divisoria del Tajo y Guadiela, permitía para no inundarlo, y resultaba esa altura de 73 m. en vez de los 60 previstos, y vaso de 750 millones de metros cúbicos en vez de los 380 supuestos.

Encargados nosotros de estudiar, además del reformado de Entrepeñas, el proyecto del Pantano de Buendía, de magnífica cerrada y mejor vaso, el estudio previo de regulación de las aportaciones del Guadiela y de las condiciones y capacidad del vaso de Buendía, nos llevó inmediatamente a la conclusión de que este embalse podía resolver de manera completa y económica todo lo referente a la regulación de este importante afluente del Tajo, y podía, por consiguiente, prescindirse, a estos efectos, de los otros tres pantanos previstos en dicho río y su afluente Escabas.

Pero quedaban aún muy lejos de agotarse las posibilidades del magnífico vaso de Buendía, que resultaría tanto más económico por unidad de volumen cuanto más se elevase su presa, desde luego mucho más, del orden de la tercera parte, que los estudiados del Balcón de Pilatos y de la Virgen de la Hoz, aguas arriba de Entrepeñas; y de aquí surgió la idea de utilizar aquel pantano también para el Tajo, por medio del transvase, que las condiciones de la divisoria y proximidad de los embalses en las inmediaciones de Sacedón va a permitir convertir en realidad, con gran economía, a pesar del peso económico muerto del túnel de enlace.

Orientados ya por este camino, estudiamos la regulación conjunta de los dos ríos, considerados como uno solo con vistas a su enlace, para deducir el volumen total de vaso necesario, e independientemente la de cada uno de ellos, para deducir los volúmenes sobrantes del Tajo, en Entrepeñas, que convendría transvasar a Buendía, volumen total resultante para éste y posibilidad económica del transvase, previo estudio de su posibilidad técnica y deducción del coste aproximado del túnel que debía unirlos a través de la divisoria. Ya veremos que el resultado del estudio económico ha permitido elevar el embalse de Buendía hasta las proximidades del pueblo de su nombre, que limita la capacidad posible de este pantano, como el pueblo de Sacedón limita el de Entrepeñas; pero estas limitaciones se aproximan, por afortunada circunstancia, a los topes económicos y resultan capacidades suficientes para que pueda considerarse hecha en su totalidad la regulación de cabecera.

Para estos estudios de regulación se ha empezado por fijar, como es natural, aportaciones y consumos en cada una de las hipótesis estudiadas:

Para las aportaciones nos han servido los datos proporcionados por el Servicio de Aforos de la Delegación, cotejados, para más seguridad, con los datos pluviométricos de la cuenca y con los caudales estimados en Bolarque por la Sociedad propietaria de este Salto en la confluencia de ambos ríos; éstos, de valores más altos que aquéllos, cosa lógica por la menor perfección con que hasta hace relativamente pocos años

se ha llevado este Servicio oficial, reducido generalmente a escalas limnimétricas léidas una vez al día, en el mejor de los casos, por el correspondiente escalero. Por esta razón se partió de los datos oficiales, más reducidos, para fijar el volumen de vasos necesarios, lo que supone una garantía de aprovechamiento de los mismos, mientras que para el estudio del rendimiento de los saltos de pie de presa y de los canales de riego se ha partido de los datos de Bolarque, porque aquí las garantías conviene que queden del lado contrario, tanto para asegurar la alimentación de la totalidad de los posibles riegos por los canales, como la máxima participación de los adjudicatarios de los saltos de pie de presa en el coste de las obras; si bien la modalidad con que han sido adjudicados estos saltos ha sido la de canon por Kw./hora producido en Central, como después veremos.

El período de estudio ha comprendido los años 1912 a 1935, para los pantanos, y algo más largo, 1912-1940, para establecer el rendimiento de los saltos al preparar el concurso para su adjudicación con fecha posterior. Y el fundamento del método seguido ha consistido, como es corriente hasta ahora, en buscar el resultado más conveniente en este período, como si

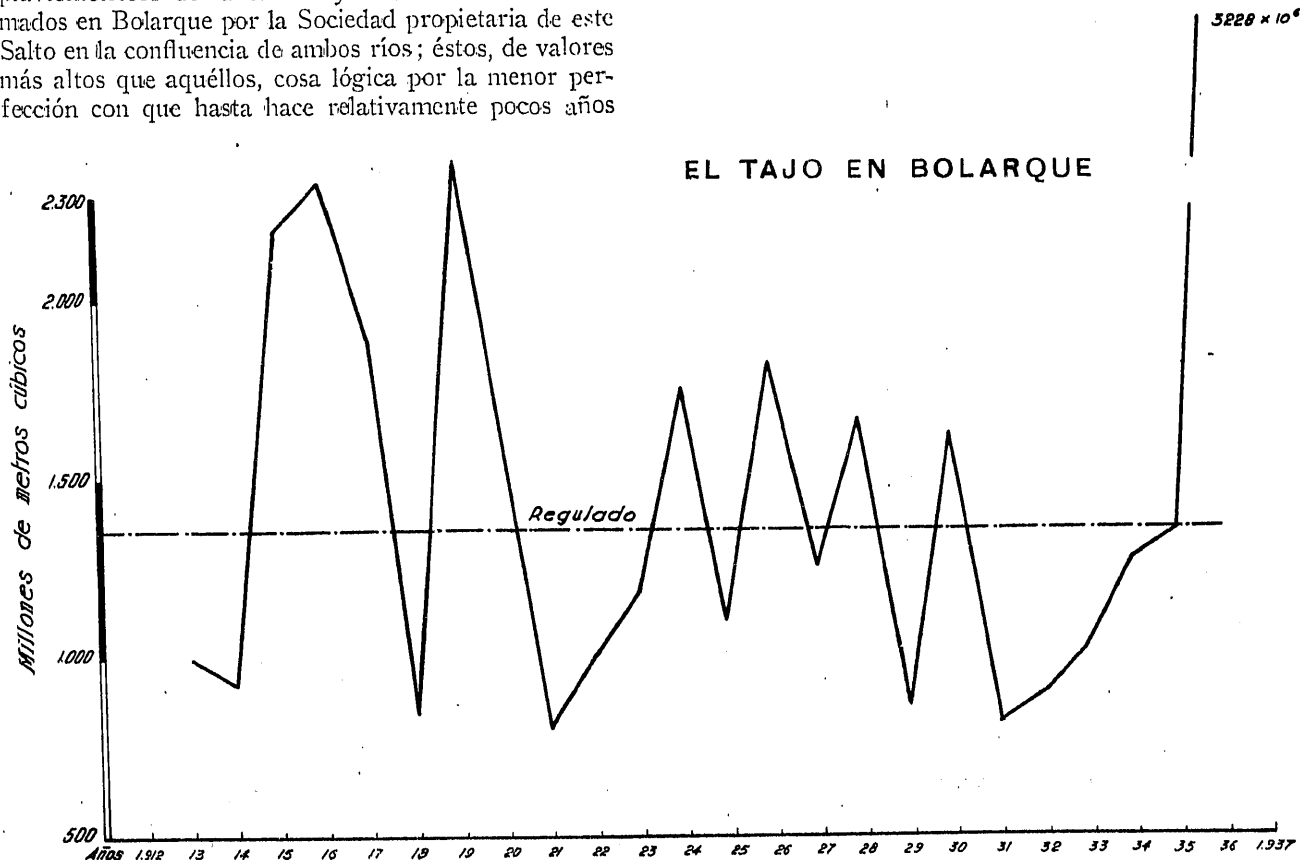


Figura 1.ª

hubiera de repetirse, lo que no ocurrirá, porque la historia nunca se repite, a pesar de los ciclos que se pretende descubrir en cuanto al régimen de precipitaciones, y por ello no tenemos otro medio de aumentar la garantía que aumentar la duración de las observaciones que nos sirven de base, mientras los modernos

a ese régimen estricto de compatibilidad que hemos fijado, y al final de ese período, los términos del problema que suscita la preferencia de unos u otros pueden haber variado totalmente, o quedar éste resuelto con la existencia de una red nacional de distribución de energía que permita un buen aprovechamiento

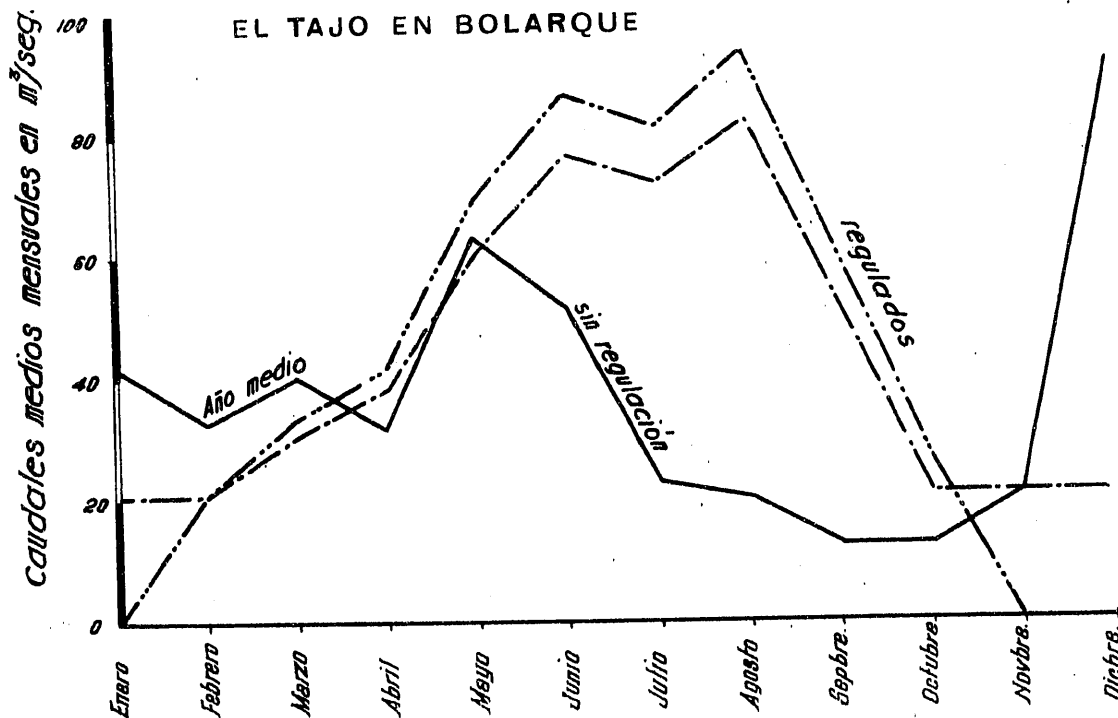


Figura 2.ª

estudios de Estadística matemática no resuelven más satisfactoriamente la cuestión. En este período, las aportaciones reales medidas dan los siguientes valores: máx., $3\ 200 \times 10^6$ m.³; media, $1\ 500 \times 10^6$ m.³, y mín., 800×10^6 m.³. La superficie total de la cuenca aportadora es de $7\ 500$ Km.², y la variación de aportaciones anuales, la que se indica en la figura 1.ª.

Para el consumo se han establecido dos hipótesis generales: régimen absoluto de riegos y régimen de riegos con respecto de las concesiones hidroeléctricas de aguas abajo; cuestión ésta interesante, como antes apuntamos ya, por la importancia de la producción eléctrica que aquí pueda obtenerse y precisamente en la región centro de España, en donde actualmente escasea, y el crecimiento del consumo normal es rápido, más los extraordinarios que se prevén por electrificación de ferrocarriles e implantación de nuevas industrias. Por añadidura, el poner en riego una superficie de más de $160\ 000$ Ha. exige un período muy largo de tiempo, durante el cual los saltos no sólo serán compatibles con los riegos, sino que, realmente, tendrán más libertad de la correspondiente

total de los saltos con regímenes variables. Para la determinación del volumen necesario de vasos, ya veremos que ambos regímenes son, prácticamente, idénticos, aunque en la explotación sean marcadamente distintos por lo que hace a las extensiones regables.

El consumo en riegos se ha evaluado a razón de $8\ 000$ metros cúbicos por hectárea, y se ha distribuido a lo largo del año tomando por base los resultados de los informes agronómicos de las zonas a regar, que dan las siguientes fracciones, por mes, del consumo anual:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
0,0	0,04	0,065	0,081	0,135	0,169	0,159
Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL	
0,183	0,116	0,052	0,0	0,0	1	

PANTANO DE BUENDIA. - CURVAS DE REGULACIÓN

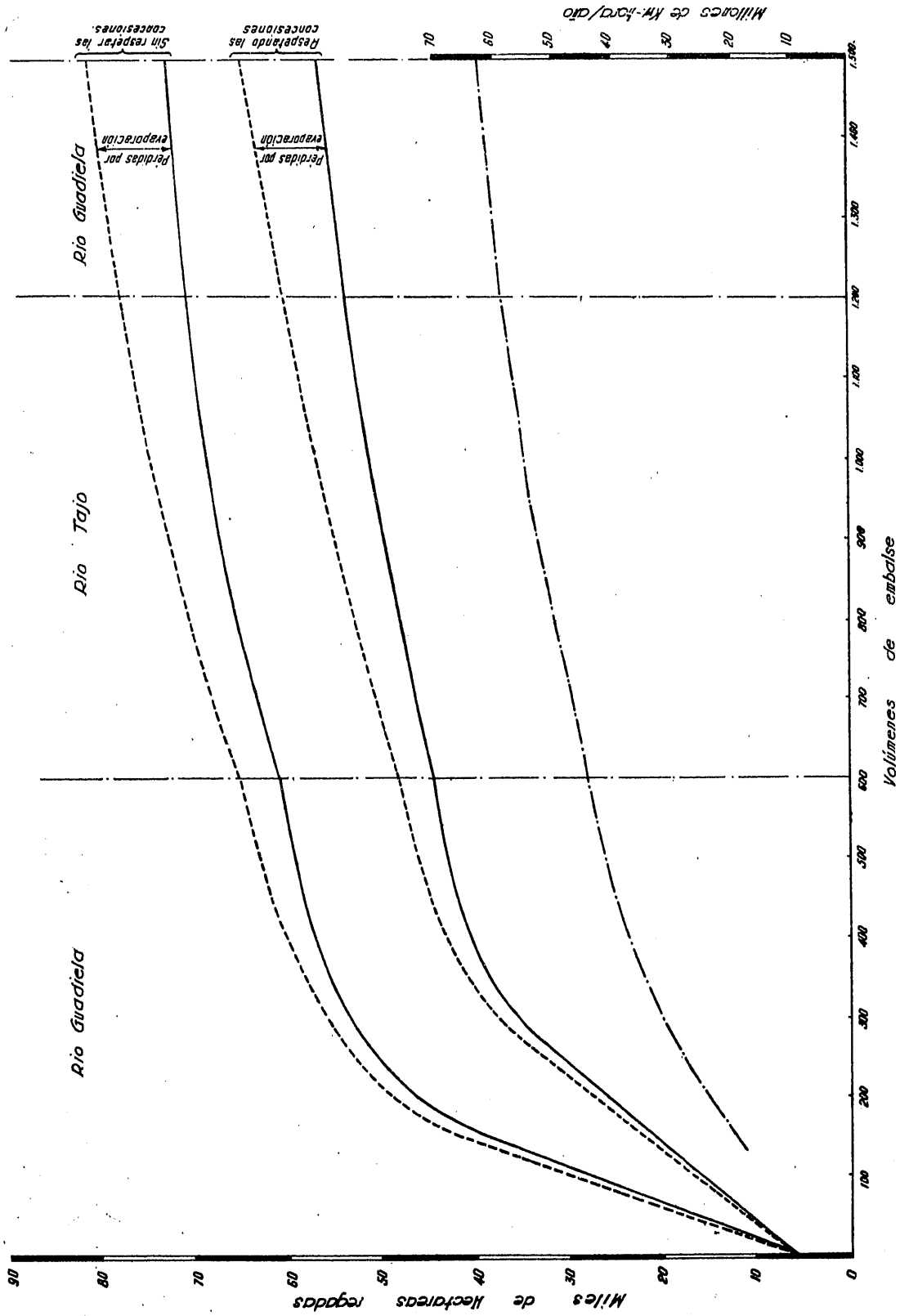


Figura 3.^a

El consumo de los saltos de aguas abajo, para respetarlos, se ha fijado previo estudio de las concesiones existentes a lo largo del río hasta la derivación de La Ventosilla y de las aportaciones que tiene ese tramo, llegando a la conclusión de que con mantener en él un caudal mínimo de 22 m.³/seg., cuando los riegos lo exijan menor, quedan perfectamente atendidos y aun favorecidos en cuanto a volúmenes,

tar gráficamente la ley de variación de los embalses necesarios, extensiones regables y costes para el estudio económico; buscando no la capacidad más económica, sino la máxima admisible bajo este aspecto, porque el Estado no debe proceder como lo haría una Empresa propietaria de esta sola obra, sino como rector del conjunto de la Economía nacional, cuyo máximo desarrollo debe procurar.

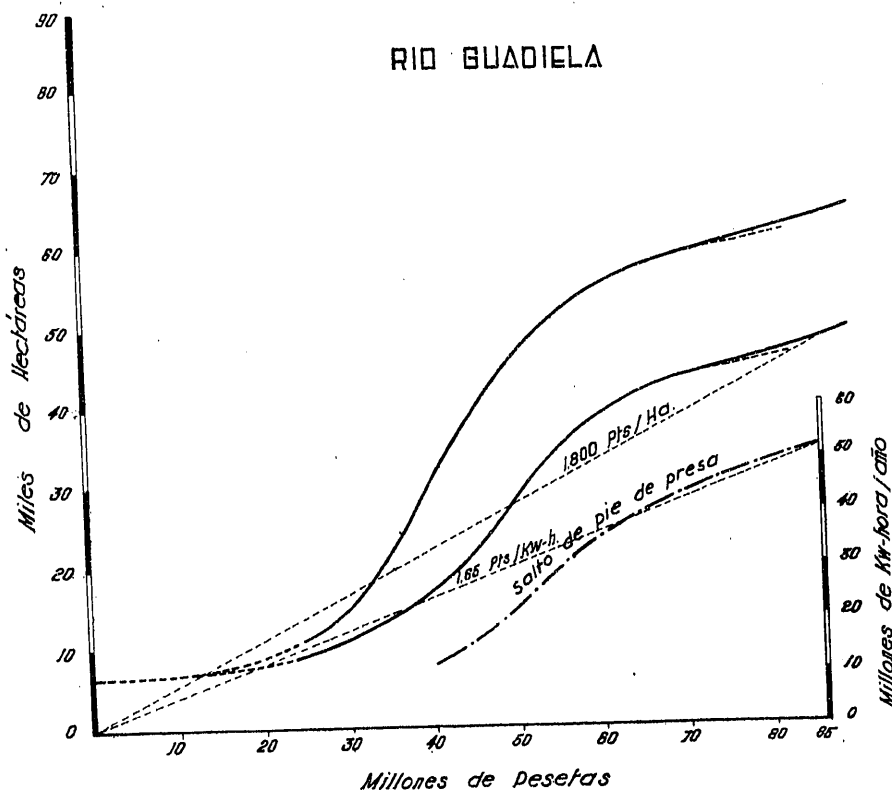


Figura 4.^a

aparte los beneficios de supresión de crecidas y la inversión de régimen que exigen los riegos. En la figura 2.^a se comparan las aportaciones actuales en un año medio con las reguladas por los pantanos en las dos hipótesis a que nos venimos refiriendo.

Si S es el consumo mensual de los saltos con esos 22 m.³/seg., y N el consumido en el año por los riegos, el total V_a aprovechado del río será $V_a = f(S) + N$, en donde $f(S) = S + (S-0,040 N) + (S-0,065 N) + \dots + 2S$; o $V_a = \sum S + \sum \mu N$, tomando de los términos de S ó N para cada mes el mayor. Haciendo $S = 0$, estamos en el caso de sólo riegos.

Fijado el valor de S y dando diversos valores a N , se han estudiado varios casos en ambas hipótesis del régimen de regulación para poder represen-

Hemos empezado por estudiar la regulación conjunta de ambos ríos considerados como uno solo, como hemos dicho, y a ello se refiere la figura 6.^a; pero para el estudio económico resultaba más conveniente estudiar con independencía la de cada uno de ellos: la del Tajo, para deducir el suplemento de embalse que se le podría dar en Buendía si el transvase resultaba aceptable económicamente cargándole el coste del túnel de enlace, y la del Guadiela, para deducir también su tope económico y fijar el vaso total de Buendía por suma del propio del Guadiela y el suplementario del Tajo; y como este tope daba un embalse algo escaso si se tomaba todo lo del Guadiela en la parte baja, que es la más cara, se ha dividido el embalse de Buendía idealmente en tres rebanadas: la intermedia, para el Tajo, y las dos extremas, para el

Guadiela; llegándose al encaje final, previos tanteos.

Divididos los 22 m.³/seg. de consumo mínimo de los saltos en partes proporcionales a las aportaciones del Tajo y Guadiela, se ha podido aplicar la fórmula antes indicada, independientemente, para cada río; y dibujadas las correspondientes curvas de caudales acumulados y las de consumo para distintos valores de N , y llevadas éstas a la tangencia con aquéllas, se han obtenido los volúmenes de vaso necesarios en cada caso en la forma conocida, y se han podido dibujar las curvas de regulación de ambos ríos, que al dar los volúmenes N y V_a permiten deducir las hectáreas regadas y aun la energía producida en los saltos de pie de presa. De estos valores N se ha deducido la evaporación, valorada en 1 m. de altura sobre la superficie libre.

De las curvas de regulación de los ríos así obtenidas, se han deducido las de los pantanos, teniendo en cuenta la distribución de vasos antes indicada, y en la figura 3.^a puede verse la de Buendía; del estudio topográfico, las curvas de embalse, que resultan muy aproximadamente de la forma $V = 1,965 h^{2,997}$ para Entrepeñas, y $V = 1,303 h^{3,288}$ para Buendía, con la fórmula de Sutherland; y hemos deducido también las curvas de coste valorando en cada perfil de emplazamiento distintas alturas de presa y sumándoles expropiaciones y obra complementarias, con resultados de forma general parabólica, como es sabido.

Con estas tres curvas para cada pantano hemos podido dibujar las que relacionan en cada río los costes de las obras necesarias con su rendimiento en riegos y energía, traducción gráfica del estudio económico, que se representan en las figuras 4.^a y 5.^a para Guadiela y Tajo, respectivamente, incluyéndose en esta última el túnel de enlace, y todo ya adaptado a los presupuestos totales vigentes en la fecha de adjudicación de la contrata de las presas.

Del examen de estas últimas curvas resulta que a los regantes, por el 50 por 100 del coste de los pantanos, les corresponde una carga por hectárea inferior a 1 000 pesetas; y aun cargando el otro 50 por 100 sólo a los saltos de pie de presa, que producirán unos 140×10^6 Kw./hora, suponen menos de 0,85 pesetas por Kw./hora anual producido, siendo así que esta carga se repartirá sobre todos los saltos establecidos y que se establezcan en el tramo de río hasta la derivación del canal de la Ventosilla. Por este favorable resultado económico hemos podido llegar con los embalses hasta los topes que marcan los pueblos de Sacedón y Buendía, como antes se ha dicho, y como así se obtienen unos 2 100 millones de metros cúbicos útiles, queda prácticamente hecha la regulación total de ambos ríos, porque aunque ésta exige (fig. 6.^a) unos 2 600 millones, ya se ve por las curvas de regulación que el rendimiento, tanto en riego como en energía, de esos últimos 500 millones, es insignificante y antieconómico.

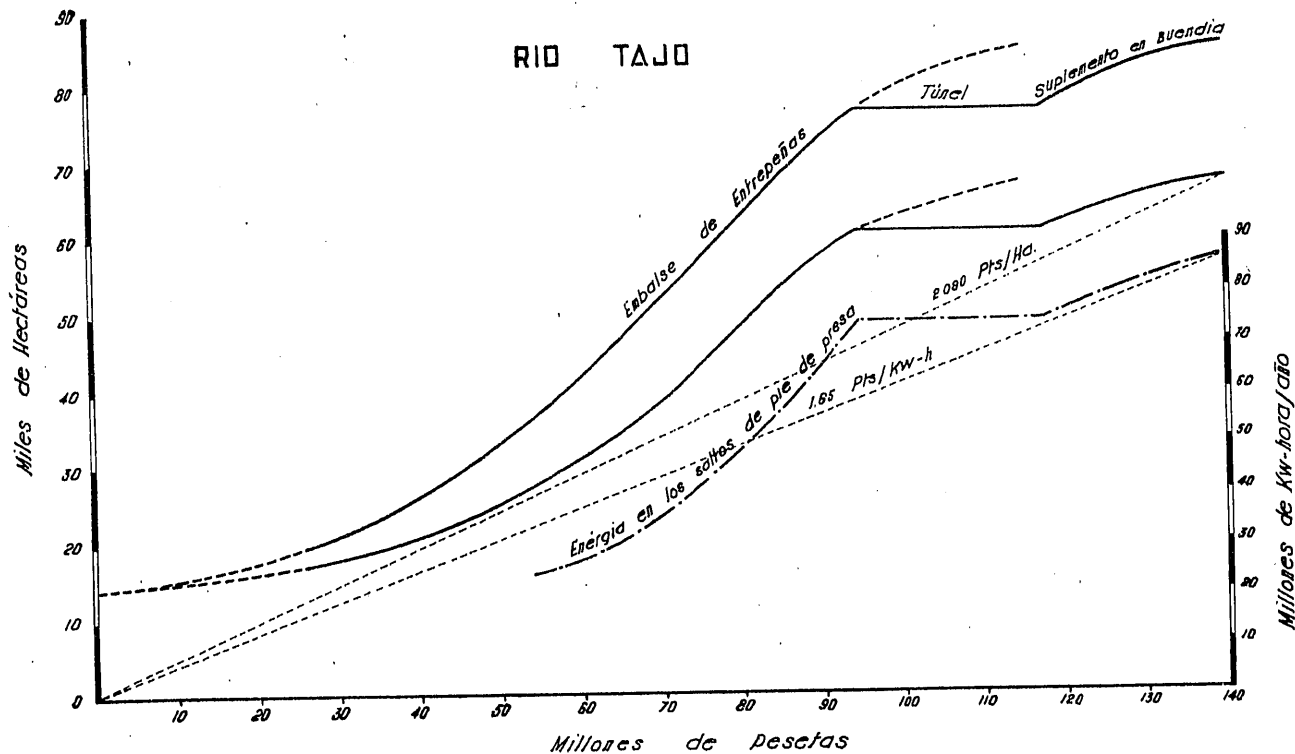


Figura 5.ª

REGULACION CONJUNTA DEL TAJO Y GUADIELA

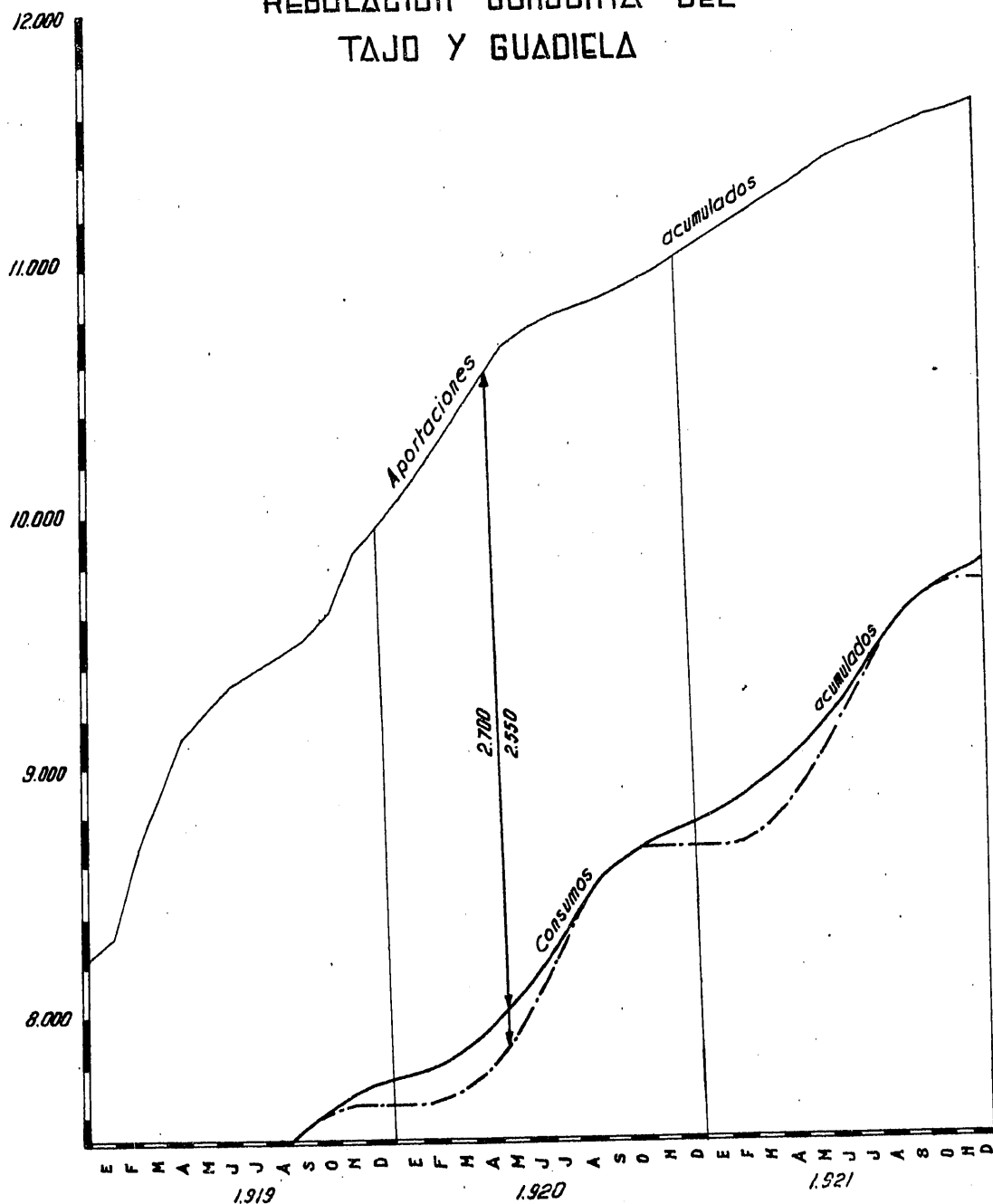


Figura 6.^a

Del estudio de la regulación en la forma indicada, se deducen las siguientes consecuencias:

1.^a En cuanto al volumen de vaso necesario es sensiblemente igual que se respeten o no los saltos con ese caudal mínimo de 22 m.³/seg. cuando los riegos no lo exijan, porque la diferencia en los volúme-

nes resultantes para ambos casos con total aprovechamiento de las aportaciones del río es inferior al 8 por 100, marcando una precisión que no puede pretenderse en estos estudios.

2.^a En cambio, es sensible la diferencia en extensiones regables de una a otra hipótesis con el mismo

caudal aprovechado, del orden del 20 por 100. lo que indica que es problema de explotación y no de regulación el respetar o no los saltos.

3.^a Para la regulación total se precisan 2 700 ó 2 550 millones de metros cúbicos de vasos, casi el doble de la aportación media, por la gran irregularidad de las aportaciones, con sucesiones de varios años secos o abundantes; y de estas últimas es buen ejemplo el período 1915-1919, en que la media es de unos 2 000 millones. En el período total estudiado, los embalses se llenarían, como término medio, cada seis o siete años, con un régimen de desagüe de unos $1\ 200 \times 16^6$ de metros cúbicos, aportación media regulada deducida la evaporación.

4.^a El embalse de Entrepeñas puede suplementarse hasta con 600 millones de metros cúbicos de vaso en Buendía para regular el Tajo, y resultan así los embalses con volúmenes de 750 millones. Entrepeñas, y 1 500, Buendía, o en total 2 250 millones, que se reducen a unos 2 100 millones útiles por encima de las tomas para atender a los aterramientos inevitables y por conveniencia del funcionamiento de los saltos de pie de presa, elevando el desnivel mínimo de funcionamiento. Las cotas de máximo embalse son: la 717, para Entrepeñas, y la 712, para Buendía, con calados de 73 m. y 71 m., respectivamente.

5.^a Puesto que el gran embalse de Buendía sustituye a varios pequeños que podrían construirse en ambos ríos escalonadamente con arreglo a las necesidades de los riegos, se ha estudiado también la influencia de los intereses intercalarios del pantano grande, superiores a los de construcción sucesiva de

los pequeños con arreglo a la curva de puesta en riego fijada por el Sr. Lorenzo Pardo en el Plan Nacional de 1934; y, como el coste de los pequeños a igualdad de volumen es casi triple, resulta mucho más conveniente, aun con vistas sólo a los riegos, la construcción del pantano grande. Y téngase en cuenta que, en cuanto a los saltos, dada la situación actual del mercado, el aprovechamiento total sería inmediato, y que el pantano grande, en cuyo coste se ha incluido el del túnel de enlace, podría también escalonarse en su construcción y en lo que se refiere a este túnel y a los cierres del aliviadero.

El transvase.

Comprobada por el estudio anterior la posibilidad económica del transvase, y por estudios topográficos y geológicos la posibilidad técnica de establecer a través de la divisoria el correspondiente conducto, se ha proyectado a este fin un canal de 4 045 m de longitud, de ellos, 3 444 m. en túnel, con capacidad para transvasar las mayores crecidas ordinarias del Tajo, cuyo caudal máximo es de unos 300 m.³/seg.

Sin embargo, la capacidad necesaria en el canal ha resultado de sólo 140 m.³/seg., porque su solera queda del lado de Entrepeñas 5,80 m. más baja que el máximo embalse, y ese volumen de vaso, que normalmente estará vacío, se aprovecha como regulador para el transvase, en la forma que indicaremos al hablar del proyecto del túnel de enlace.