

REGIMEN HIDRAULICO DE LOS EMBALSES DE CABECERA DEL RIO SEGURA DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LA PUESTA EN EXPLOTACION DEL EMBALSE DEL CENAJO Y EL AÑO HIDROLOGICO 1977-78

Joaquín Ezcurra Cartagena

1. Introducción

1.1. Antecedentes:

Los embalses reguladores de los recursos hidráulicos superficiales del río Segura son:

—El de la Fuensanta, con una presa de 70,00 m. de altura y una capacidad actual de 205 Hm³., ubicado en el río Segura a 75 kms. de su nacimiento, en el T.M. de Yeste (Albacete).

—El del Cenajo, con una presa de 80,00 m. de altura, capacidad actual de 456 Hm³. y emplazado también en el río Segura, a 132 kms. del origen del río, a caballo entre los TT.MM. de Moratalla (Murcia) y Hellín (Albacete).

—El de Talave, con una presa de 38,54 m. de altura, capacidad, hoy, de 34 Hm³., y situado en el río Mundo (afluente del Segura por su m.i.), a 74 kms. del nacimiento, en el T.M. de Liétor (Albacete).

—El de Camarillas, que tiene una capacidad de 37 Hm³., con una presa de 37,52 m., y se encuentra, también en el río Mundo, a 114 kms. del origen, en el T.M. de Hellín (Albacete).

—El de Alfonso XIII, situado en el río Quípar (afluente del Segura por

su m.d.), en el T.M. de Calasparra (Murcia), que con una presa de 41,00 m. embalsa un volumen máximo de agua de 22 Hm³.

1.2. Ordenación de los aprovechamientos hidráulicos del río Segura:

Mediante el Decreto de 25 de Abril de 1953, y una Orden Ministerial de la misma fecha, se ordenaron los recursos hidráulicos superficiales en la cuenca del río Segura.

En el artículo primero del Decreto se dice:

«Se autoriza al Ministerio de Obras Públicas para ordenar los aprovechamientos de riego en la cuenca del río Segura con las aguas reguladas por los pantanos construídos y en construcción por el Estado, procedentes de este río y de sus afluentes, a partir del comienzo de la explotación de los embalses de Camarillas y de Cenajo, pudiendo implantar nuevas zonas de regadío para el mejor aprovechamiento de las aguas reguladas».

Y en la Orden Ministerial precitada se dispone:

«Una vez completadas las obras de regulación de la cuenca del río Segura y afluentes, y en explotación los aprovechamientos hidroeléctricos de sus pantanos, con el adecuado régimen de desembalses para riegos, que modulará el contraembalse general de Cañaverosa, comprendido en el concurso de los saltos de pie de presa y tramos intermedios de la cuenca, **el caudal medio anual aprovechable** aguas abajo de dicho paraje, excluídas las aportaciones del río Taibilla y descontadas las concesiones para riegos aguas arriba, **se calcula será 533 millones de metros cúbicos, que significará un aumento de 223 millones de metros cúbicos que por media anual modulan en la actualidad los pantanos de Fuensanta y Talave».**

La ordenación de los riegos del Segura dada por el Decreto de 1953, fue elevado al rango de Ley por la de 12 de Mayo de 1956.

La Orden de Abril de 1953, fue complementada con posterioridad, por Orden de 27 de Diciembre de 1966.

Actualmente, Noviembre de 1986, no está construído el contraembalse general de Cañaverosa, pero tampoco se encuentran construídos los aprovechamientos hidroeléctricos de los embalses de cabecera, por lo que la no existencia de aquél no condiciona la ordenación de los aprovechamientos, ya que la demanda de los caudales de agua regulados por los embalses es prácticamente la derivada, casi en exclusiva, por las necesidades de los regadíos de las Vegas del río Segura.

2. Método

En este artículo se intenta analizar (de forma somera por razones de espacio) el régimen hidráulico en los embalses de cabecera, desde la fecha de puesta en explotación del embalse del Cenajo, 31 de Diciembre de 1960, hasta el año 1977-78.

No obstante el estudio principia a comienzos del año hidrológico 1959-60, ya que existen datos de los volúmenes aportados, evaporados, embalsados y desaguados al embalse del Cenajo desde el mes de Octubre de 1959. Los datos sobre el régimen hidráulico del embalse de Camarillas parten del año hidrológico 1960-61. De los otros tres embalses, que se encontraban en explotación con bastante anterioridad al Decreto de 1953, existen datos de su régimen, también desde 1959-60.

Se ha considerado conveniente que el período estudiado abarque sólo hasta el año hidrológico 1977-78, ya que en Marzo de 1979, se iniciaron envíos de agua procedente de la cuenca del río Tajo al embalse de Talave (comenzando propiamente en Junio de 1979 las pruebas de gestión del Trasvase Tajo-Segura) con lo que las entradas de agua al embalse ya no son exclusivamente las debidas a la aportación propia de su cuenca receptora, por lo que en aras a una mayor exactitud en el conocimiento sobre el comportamiento de los recursos hidráulicos propios del río Segura, se ha limitado el período hasta la fecha indicada.

Los datos utilizados han sido obtenidos de los libros de movimientos diarios de los embalses existentes en la Confederación Hidrográfica del Segura. Se han tomado las aportaciones de caudales de agua, las evaporaciones (incluidas las pérdidas), los desembalses y los volúmenes embalsados en cada uno de los 5 embalses, para cada mes de los 19 años hidrológicos estudiados.

Al estar situados los embalses de Cenajo y Camarillas respectivamente aguas abajo de los de la Fuensanta y Talave, para obtener los valores de las aportaciones propias de sus cuencas receptoras, se han restado a las entradas de agua a aquéllos los desagües efectuados por éstos, tomando estas diferencias como las aportaciones. Esto implica considerar que el consumo de agua de los aprovechamientos entre cada par de embalses es nulo. En realidad hay pequeñas zonas de riego, pero que son insignificantes dentro del cómputo total del consumo de agua de las hectáreas de las zonas de regadío de las Vegas Alta, Media y Baja del río Segura.

Una vez conocidas las aportaciones de agua a cada uno de los cinco embalses procedentes de sus cuencas, se han sumado obteniendo así la Aportación suma, mes a mes, a los embalses de cabecera durante el período de estudio.

Se han tomado, a su vez, los datos de las medidas de las evaporaciones de agua producidas en los embalses, también mes a mes, obteniendo la Evaporación suma de los embalses. Esta es una pérdida inevitable de los recursos hidráulicos regulados por los embalses que disminuye el caudal disponible.

Para obtener los volúmenes o caudales desaguados se han sumado los desembalses correspondientes a los embalses del Cenajo, Camarillas y Alfonso XIII, que son los que en última instancia proporcionan los caudales de agua demandados por los aprovechamientos, agrícolas principalmente, con derecho a aguas en el río Segura.

3. Aportaciones de agua a los embalses de cabecera.

Una vez obtenidas las Aportaciones mensuales se han calculado sus valores medios para cada uno de los 12 meses del año, obteniendo el año hidrológico medio de Aportaciones —cuadro n.º 1—. El volumen medio anual es de 576,1 Hm³., que es equivalente a un caudal continuo de 18,3 m³/seg.

En el año hidrológico 1959-60 la Aportación ha sido la correspondiente a las sumas de las aportaciones a los embalses, excepto al de Camarillas que seguía un régimen de entradas por salidas y que no comenzó a embalsar hasta el año hidrológico 1960-61.

En el gráfico n.º 1 está dibujado el diagrama de los volúmenes y caudales aportados medios mensuales a lo largo del año hidrológico.

A fin de conocer con más precisión los volúmenes de agua disponibles para satisfacer las necesidades de la demanda de los distintos aprovechamientos existentes en el río Segura, utilizamos el concepto de **Aportación neta**, entendiendo como tal aportación de agua a los 5 embalses menos la que se ha evaporado en ellos.

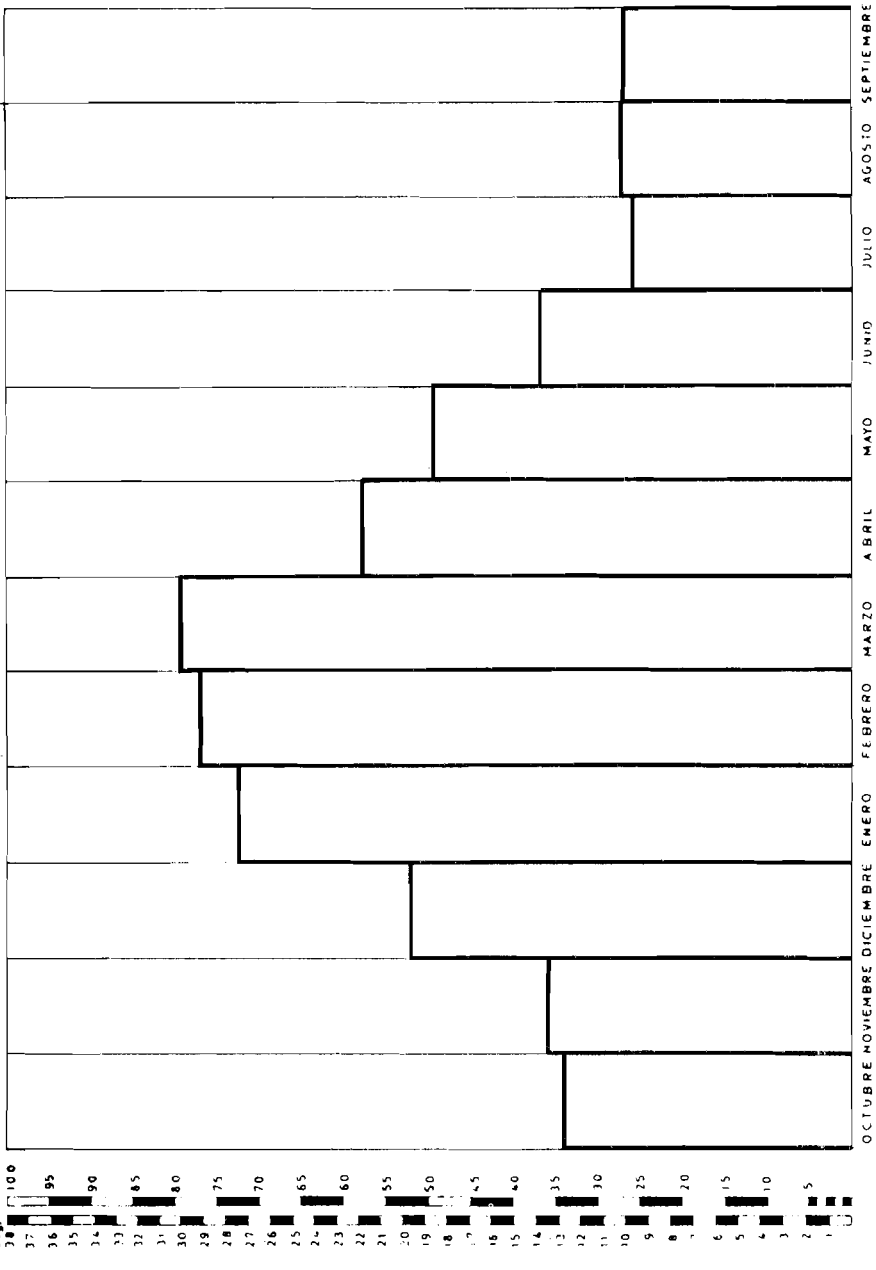
CUADRO N.º 1
Aportaciones medias del período 1959-60 al 1977-78 (19 años)

	VOLUMENES (Vm). Hm3.	CAUDALES EQUIVALENTES m3/s.	TANTO POR CIENTO DEL VOLUMEN TOTAL ANUAL	CAUDALES ESPECIFICOS Vm. $Q_e = \frac{V_m}{V_t/12}$
Octubre	34,2	12,77	5,93	0,71
Noviembre	35,8	13,82	6,21	0,75
Diciembre	52,4	19,59	9,10	1,09
Enero	72,5	27,11	12,59	1,51
Febrero	76,8	31,75	13,32	1,60
Marzo	79,1	29,57	13,74	1,65
Abril	57,8	22,30	10,03	1,20
Mayo	49,6	18,54	8,61	1,03
Junio	36,9	14,36	6,46	0,77
Julio	26,3	9,82	4,56	0,55
Agosto	27,5	10,27	4,77	0,57
Septiembre	27,2	10,54	4,74	0,57

RESUMEN DEL AÑO

VOLUMEN TOTAL Vt.-Hm/3.	VOLUMEN MEDIA MENSUAL (Hm3).	CAUDAL EQUIVALENTE (m3/s).
576,1	48,0	18,3

GRAFICO Nº 1
APORTACIONES.
AÑO HIDROLOGICO MEDIO CORRESPONDIENTE AL PERIODO 1959-60 al 1977-78



De esta forma se ha obtenido las aportaciones netas para cada año hidrológico:

Año	Aportaciones en Hm3.	Evaporaciones en Hm3.	Aportaciones Netas en Hm3.
1959-60	936,7	43,4	893,3
1960-61	466,0	47,1	418,9
1961-62	493,4	31,1	462,3
1962-63	836,8	44,4	792,4
1963-64	549,2	48,5	501,1
1964-65	386,9	34,8	352,1
1965-66	769,4	33,9	735,5
1966-67	377,8	28,7	349,1
1967-68	302,1	15,8	286,3
1968-69	726,4	31,6	694,8
1969-70	524,4	50,3	474,1
1970-71	577,6	38,7	538,9
1971-72	629,1	42,3	586,8
1972-73	505,1	43,6	461,5
1973-74	507,8	44,3	463,5
1974-75	450,1	37,6	412,5
1975-76	392,4	29,8	362,6
1976-77	788,6	40,5	748,1
1977-78	730,9	49,1	681,8
M E D I A S:	576,1 Hm3.	38,5 Hm3.	537,6 Hm3.

La Aportación neta media anual es de 537,6 hectómetros cúbicos (Hm3.), que equivalen a un caudal continuo de 17,0 m³/seg. **Observamos que la Aportación neta media es casi coincidente con los 533 Hm3. que el Decreto de 1953 establece como caudal medio anual aprovechable.** Lo que nos viene a decir que los cálculos que se hicieron para determinar la ordenación de los riesgos del río Segura son plenamente válidos al cabo de 19 años desde la puesta en explotación de los embalses de Cenajo y Camarillas.

La distribución de las **Aportaciones netas** anuales con respecto a la media nos da el siguiente resultado:

- 3 años tienen una variación en más o menos entre 0%-10% con respecto a la media (1963-64; 1970-71; 1971-72).
- 4 años tienen una variación en más o menos entre 10%-20% con respecto a la media (1961-62; 1969-70; 1972-73; 1973-74).
- 4 años tienen una variación en más o menos entre el 20%-30% con respecto a la media (1960-61; 1968-69; 1974-75; 1977-78).
- 5 años tienen una variación en más o menos entre el 30%-40% con

- respecto a la media (1964-65; 1965-66; 1966-67; 1975-76; 1976-77).
- 2 años tienen una variación en más o menos entre el 40%-50% con respecto a la media (1962-63; 1967-68).
 - 1 año tiene una variación en más o menos entre el 60%-70% con respecto a la media (1959-60).

La distribución de las aportaciones netas en intervalos:

Intervalos en Hm3.	N.º de veces que aparece en el período estudiado
250-300	1
300-350	1
350-400	3
400-450	2
450-500	3
500-550	2
550-600	1
600-650	0
650-700	2
700-750	2
750-800	1
800-850	0
850-900	1

Como se ve las **Aportaciones netas** anuales más frecuentes están entre 350 Hm3. y 550 Hm3., que se ha presentado 10 veces.

La **Aportación neta** anual más baja fue la del año 1967-68 con 286,3 Hm3., que como fue precedido por otro año también extraordinariamente seco, 1966-67, con 349,1 Hm3., obligó a reducir el agua embalsada a mínimos para poder satisfacer la demanda, de tal forma que el primero de Octubre de 1968 el volumen de agua almacenado en los 5 embalses era sólo de 30,2 Hm3. (gráfico n.º 6). (En esta fecha ya se había realizado la corrección de fangos en el embalse de la Fuensanta, que se indica más adelante).

A lo largo del período se presentaron 3 meses en los que la aportación mensual íntegra superó los doscientos hectómetros cúbicos:

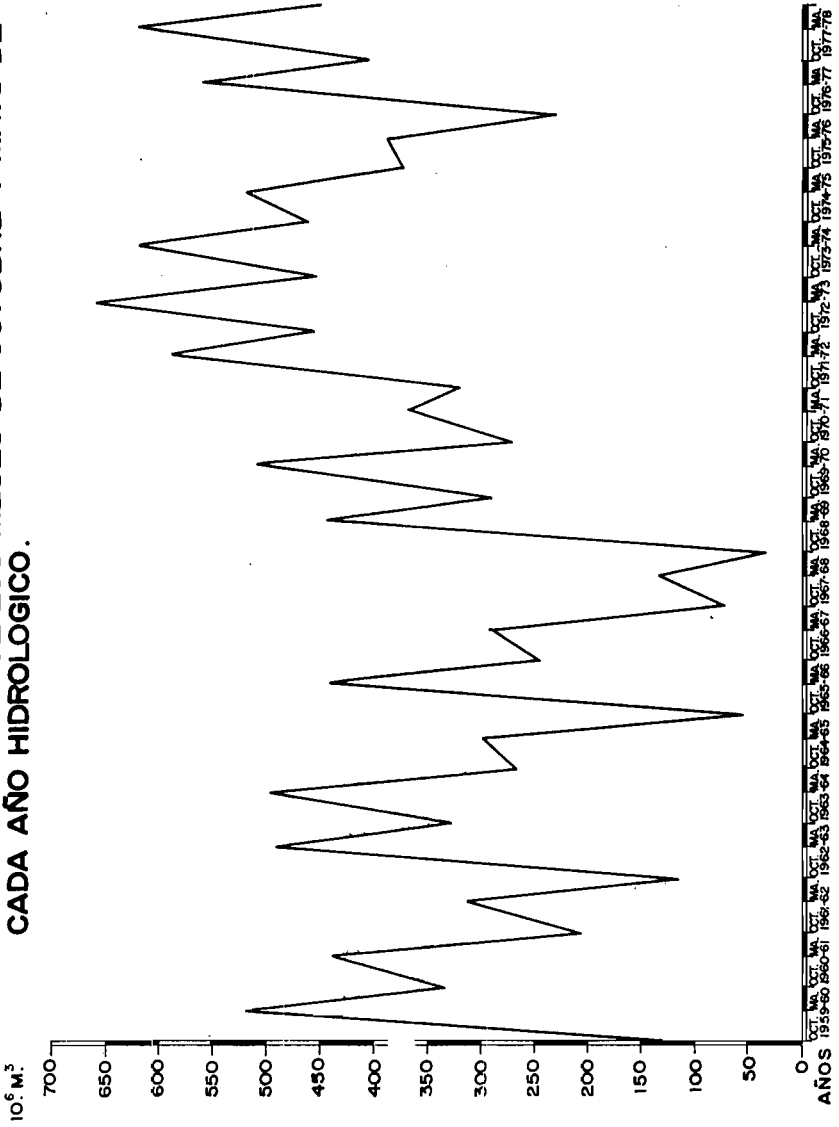
Febrero de	1963 con 238,9 Hm ³ .
Marzo de	1969 con 212,4 Hm ³ .
Enero de	1966 con 203,4 Hm ³ .

que suponen, respectivamente, con respecto a la media del correspondiente mes un aumento, en tanto por uno, de:

$$\frac{238,9}{76,8} = 3,1; \quad \frac{212,4}{79,1} = 2,7; \quad \frac{203,4}{72,5} = 2,8$$

GRAFICO N°6

**VOLUMEN EMBALSADO EN LOS EMBALSOS DE CABECERA
EL DIA PRIMERO DE LOS MESES DE OCTUBRE Y MAYO DE
CADA AÑO HIDROLOGICO.**



Por contra la aportación mensual íntegra llegó a ser inferior a catorce hectómetros cúbicos en:

Octubre de 1968 con 12,9 Hm³.
 Septiembre de 1968 con 10,3 Hm³.
 Agosto de 1968 con 13,3 Hm³.

que corresponden a su vez, una disminución con respecto a sus medias de:

$$\frac{12,9}{34,2} = 0,38; \quad \frac{10,3}{27,2} = 0,38; \quad \frac{13,3}{27,5} = 0,48$$

Por otra parte las aportaciones anuales íntegras oscilaron con respecto a la media entre los extremos de:

$$\text{Año 1959-60: } \frac{936,7}{576,1} = 1,63$$

$$\text{Año 1967-68: } \frac{302,1}{576,1} = 0,52$$

La relación entre las aportaciones anuales íntegras máxima y mínima fue de:

$$\frac{936,7}{302,1} = 3,1$$

Pasamos ahora a obtener las **Aportaciones netas** mensuales de cada uno de los 19 años hidrológicos, y hallamos la media del periodo para cada uno de los 12 meses del año, obteniendo el año hidrológico medio.

El año hidrológico medio del período 1959-60 al 1977-78, es en cuanto a **Aportaciones netas**, el siguiente:

M E S	VOLUMEN
Octubre	32,3 Hm ³ .
Noviembre	34,4 Hm ³ .
Diciembre	51,2 Hm ³ .
Enero	71,2 Hm ³ .
Febrero	75,0 Hm ³ .
Marzo	76,4 Hm ³ .
Abril	54,2 Hm ³ .
Mayo	45,0 Hm ³ .
Junio	31,8 Hm ³ .
Julio	19,7 Hm ³ .
Agosto	22,4 Hm ³ .
Septiembre	24,0 Hm ³ .
Suma	537,6 Hm ³ .

En consecuencia obtenemos como media que el mes de mayor **Aportación neta**, en el período de 19 años, a los cinco embalses es el mes de Marzo con 76,4 Hm³., seguido muy de cerca por el mes de Febrero con 75,0 Hm³. y el de Enero con 71,2 Hm³. **Estos tres meses del año aportan un volumen neto de agua superior al 41% del total anual.**

Distribución de las Aportaciones netas por subcuencas:

Para conocer la contribución de cada una de las tres subcuencas receptoras a la aportación anual (río Segura, río Mundo y río Quipar), se han sumado independientemente las **aportaciones netas** de los embalses de la Fuente Santa y el Cenajo, que corresponden al río Segura; las de Talave y Camarillas, que corresponden al río Mundo; y la del embalse de Alfonso XIII, que corresponden al río Quipar, para cada año hidrológico, obteniendo el siguiente cuadro:

AÑO HIDROLOGICO	RIO SEGURA (Hm3.)	RIO MUNDO (Hm3.)	RIO QUIPAR (Hm3.)
1959-60	591,5	294,3	7,5
1960-61	294,9	122,5	1,9
1961-62	324,2	132,1	6,4
1962-63	546,3	239,6	5,7
1963-64	329,9	167,6	3,7
1964-65	260,7	84,7	6,6
1965-66	536,4	194,3	3,8
1966-67	255,1	88,9	5,6
1967-68	201,0	82,1	3,0
1968-69	512,5	179,5	2,6
1969-70	349,8	117,5	6,5
1970-71	414,5	123,6	1,1
1971-72	420,7	157,5	9,0
1972-73	311,5	137,2	22,5
1973-74	320,6	122,1	20,8
1974-75	293,9	103,6	15,0
1975-76	259,6	95,2	7,8
1976-77	535,0	207,9	6,7
1977-78	478,2	199,2	4,5
SUMAS	7.236,3	2.839,4	140,7
MEDIAS	380,9	149,4	7,4

El río Segura contribuye, pues, con el 70,8% de los volúmenes de **aportación netos** anuales, como media; el río Mundo con el 27,8%; y el río Quipar con sólo el 1,4%.

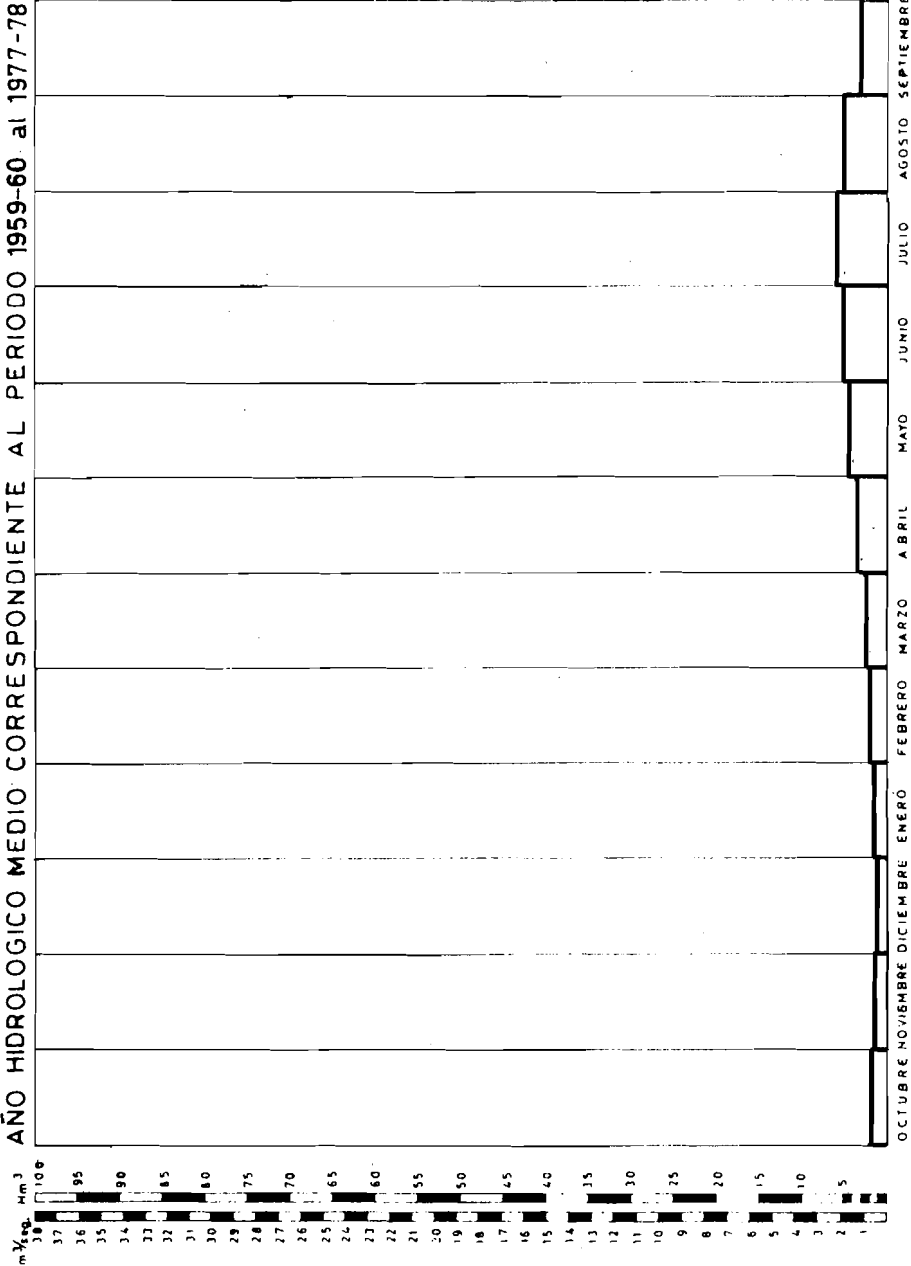
4. Evaporaciones

Análogamente al apartado anterior para obtener la evaporación de los embalses, se han sumado las evaporaciones mensuales en cada uno de ellos (cuadro n.º 2).

Así se ha obtenido un volumen total medio anual de evaporación de 38,5 Hm³., equivalente a un caudal continuo de 1,2 m³/seg.

GRAFICO Nº2

EVAPORACIONES
AÑO HIDROLOGICO MEDIO CORRESPONDIENTE AL PERIODO 1959-60 al 1977-78



En el gráfico n.º 2 se ha dibujado el diagrama de los volúmenes o caudales evaporados durante el año hidrológico medio.

Como es lógico, la evaporación producida en los embalses está directamente relacionada con el mes del año a que corresponde, ya que es consecuencia principalmente de la temperatura y del volumen de agua existente en los embalses, ya que para mayor volumen embalsado corresponde una mayor superficie de agua en contacto con la atmósfera, por la forma general de «V» de los vasos receptores.

La evaporación media anual supone un 6,7% de la aportación media anual.

CUADRO N.º 2
Evaporaciones medias del período 1959-60 al 1977-78 (19 años)

	VOLUMENES (Vm). Hm3.	CAUDALES EQUIVALENTES m3/s.	TANTO POR CIENTO DEL VOLUMEN TOTAL ANUAL	CAUDALES ESPECIFICOS Vm. Qe = VT/12
Octubre	1,9	0,67	4,67	0,56
Noviembre	1,4	0,51	3,42	0,41
Diciembre	1,2	0,45	3,11	0,37
Enero	1,3	0,50	3,45	0,41
Febrero	1,8	0,80	4,99	0,60
Marzo	79,1	29,57	13,74	1,65
Abril	2,7	1,00	6,92	0,83
Mayo	4,6	1,75	12,23	1,46
Junio	5,1	2,00	13,42	1,61
Julio	6,6	2,48	17,19	2,06
Agosto	5,1	1,90	13,19	1,58
Septiembre	3,2	1,24	8,26	0,99

RESUMEN DEL AÑO

VOLUMEN TOTAL Vt.-Hm/3.	VOLUMEN MEDIA MENSUAL (Hm3).	CAUDAL EQUIVALENTE (m3/s).
38,5	3,2	1,2

Durante el período de 19 años la evaporación ha oscilado entre un 9,6% de la aportación anual, en el año hidrológico 1969-70, a un 4'3% en el año 1968-69.

En los 4 meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto se produce como media el 56% de la evaporación total anual.

5. Desembalses

En el cuadro n.º 3 se detallan, mes a mes, los desembalses medios del período. Se observa que el volumen medio anual desembalsado es de 519,7 Hm³, lo que equivale a un caudal continuo de 16,5 m³/seg.

Tratándose de unos volúmenes de agua demandados a lo largo del año casi con una preponderancia absoluta por regadíos de las Vegas Alta, Media y Baja, los consumos máximos de agua corresponden a los meses de Mayo a Agosto, ambos inclusive. **Estos 4 meses consumen un volumen de agua que representa el 51% del volumen medio anual.**

El mes de Julio es el mes de máximo volumen medio de agua desembalsada por los embalses de Cenajo, Camarillas y Alfonso XIII, dando los tres un caudal suma de 29,59 m³/seg., que corresponde a un volumen mensual de 79,3 Hm³.

El volumen desembalsado durante el mes de Julio es como media un 82% superior a la media anual, que es de 43,3 Hm³.

CUADRO N.º 3
Desembalses medios del período 1959-60 al 1977-78 (19 años)

	VOLUMENES (Vm). Hm ³ .	CAUDALES EQUIVALENTES m ³ /s.	TANTO POR CIENTO DEL VOLUMEN TOTAL ANUAL	CAUDALES ESPECIFICOS Vm. Qe = VT/12
Octubre	28,6	10,70	5,52	0,66
Noviembre	19,4	7,46	3,74	0,44
Diciembre	18,7	7,02	3,63	0,43
Enero	20,5	7,59	3,98	0,47
Febrero	29,7	12,27	5,71	0,68
Marzo	37,0	13,77	7,09	0,85
Abril	48,7	18,77	9,37	1,12
Mayo	59,0	22,05	11,36	1,36
Junio	56,6	21,87	10,89	1,30
Julio	79,3	29,59	15,26	1,82
Agosto	70,6	26,31	13,55	1,62
Septiembre	51,6	19,91	9,90	1,18

RESUMEN DEL AÑO

VOLUMEN TOTAL Vt.-Hm ³ .	VOLUMEN MEDIA MENSUAL (Hm ³).	CAUDAL EQUIVALENTE (m ³ /s).
519,7	43,3	16,5

En el gráfico n.º 3 tenemos la representación del diagrama de los volúmenes o caudales desaguados por los 5 embalses durante el año hidrológico medio.

Lógicamente los porcentajes medios de desembalse de cada uno de los tres embalses están en correspondencia con las aportaciones habidas, aguas arriba, en sus ríos respectivos. Así el embalse del Cenajo ha desembalsado el 69,8% del total; el del Camarillas, el 28,8%, y el de Alfonso XIII, el 1,4%.

Durante el período estudiado, en los 19 años, entró en el embalse de Alfonso XIII una **aportación total neta** de 140,7 Hm³. de agua, el mismo volumen que fue desaguado por el embalse durante el período. La aportación neta media anual al embalse fue de 7,4 Hm³.

Por tanto la **aportación neta** anual media a los embalses de Fuensanta, Talave, Cenajo y Camarillas, es, pues:

$$537,6 \text{ Hm}^3. - 7,4 \text{ Hm}^3. = \mathbf{530,2 \text{ Hm}^3.}$$

que son casi exactamente los 533 Hm³. que el Decreto de 1953 establecía que modularían los embalses de la Fuensanta, Talave, Cenajo y Camarillas, una vez estuvieran estos en explotación.

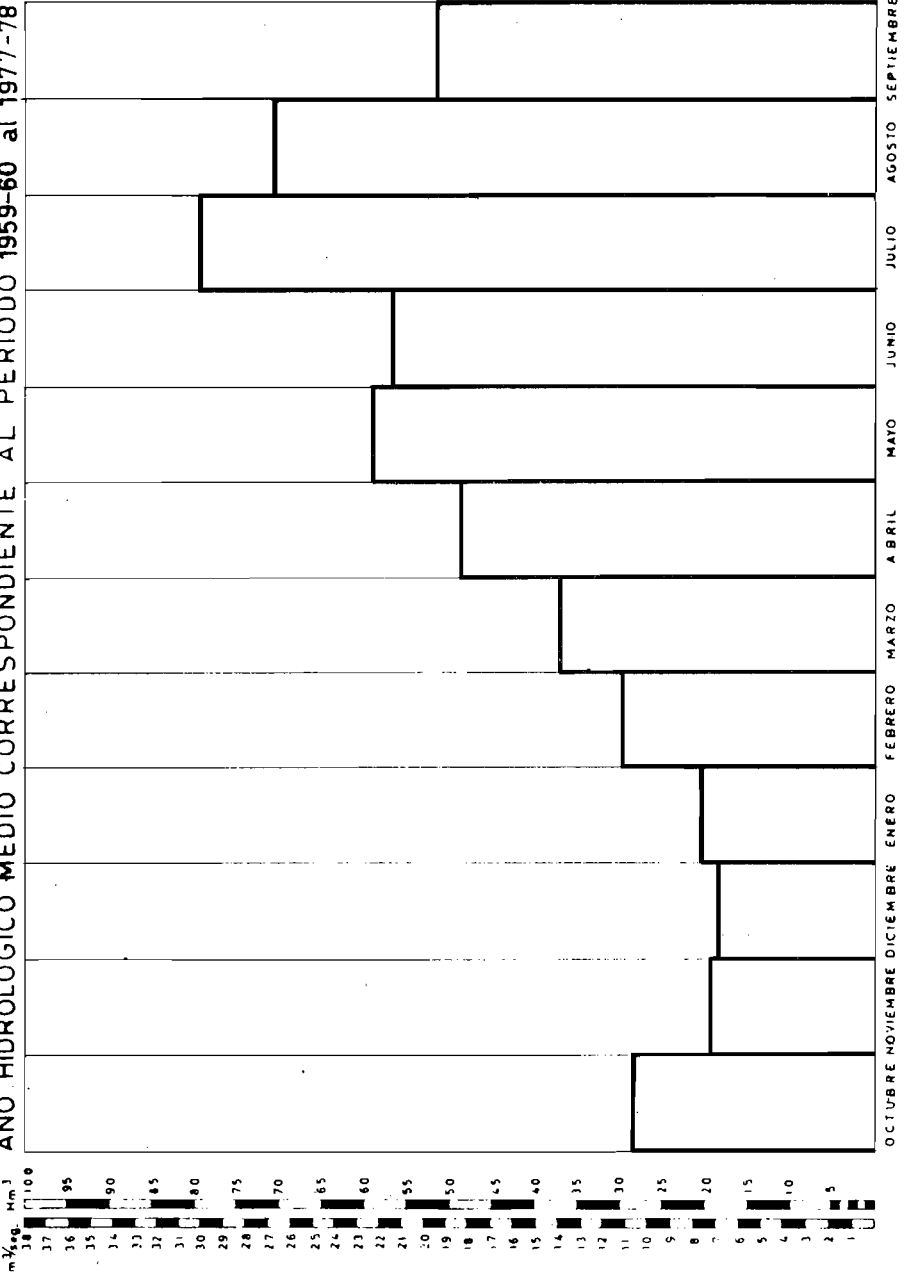
Indicamos a continuación, como datos comparativos con el cuadro n.º 3, el consumo de agua de los riego existentes en el río Segura en el año 1933, aguas abajo del futuro emplazamiento del embalse del Cenajo:

Río Segura: Consumo medio de agua de los riego existentes en el año 1933:

M E S E S	CONSUMO Hm ³ .	TANTO POR CIENTO
Octubre	26,2	8,3
Noviembre	16,4	5,2
Diciembre	13,2	4,2
Enero	12,6	4,0
Febrero	16,5	5,2
Marzo	17,8	5,6
Abril	30,8	9,8
Mayo	34,2	10,8
Junio	39,2	12,4
Julio	40,2	12,8
Agosto	38,3	12,1
Septiembre	29,6	9,4

GRAFICO N.º 3

DESAGÜES
AÑO HIDROLOGICO MEDIO CORRESPONDIENTE AL PERIODO 1959-60 al 1977-78



6. Regulación

Conocida la curva de **aportaciones netas** medias y la curva de desembalses medios podemos obtener la capacidad de los embalses que se pone en juego en el año hidrológico medio.

Así vemos, cuadro n.º 4, que para poder satisfacer la curva de la demanda se necesita como media almacenar un volumen mínimo de 174,2 Hm³., que es la cantidad de agua que se necesita entre Mayo y Septiembre, ambos inclusive, para complementar las **aportaciones netas** a los embalses en esos 5 meses.

La diferencia de ordenadas, en el gráfico n.º 4, nos representa el superavit o déficit de agua mensual medio. Así el máximo superavit se produce en el mes de Enero con una excedente de 50,7 Hm³., y el máximo déficit se produce en el mes de Julio con un defecto de agua para el consumo de 59,6 Hm³.

Como vemos el mes de Julio es precisamente el mes de mayor consumo medio y, también, el mes de menor aportación neta a los embalses.

El volumen de los embalses puesto en juego para la regulación hiperal anual la obtenemos del gráfico n.º 5, en el que están dibujadas las curvas de **aportaciones netas** acumuladas y de desagües acumulados. Vemos que la máxima diferencia es de 550,5 Hm³., en Abril de 1973.

El máximo volumen puesto en juego en el período de 19 años corresponde a esa diferencia más el volumen de agua embalsada que existía en los embalses al comienzo del año hidrológico 1959-60. Este volumen era de 126,8 Hm³.

Gracias a la existencia de ese volumen inicial se pudo satisfacer la demanda en los puntos de corte de las dos curvas; puntos en los que los caudales naturales, entiéndase las **aportaciones netas**, de los ríos Segura y Mundo, a la altura de Cañaverosa, no fueron suficientes para satisfacer las demandas de agua para consumo que se habían producido hasta las fechas indicadas.

Así en Septiembre de 1962, la curva acumulada de consumo sobrepasó a la de aportaciones acumuladas en 10,6 Hm³.

En Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre, de 1965 se sobrepasaron en 38 Hm³., 69,7 Hm³., 59,6 Hm³. y 30,2 Hm³. respectivamente.

En Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, de 1967 se sobrepasaron, respectivamente, en 17,4 Hm³., 34 Hm³., 25,6 Hm³. y 30,0 Hm³.

En el año 1968 (ver gráfico n.º 5) la curva de desagües acumulados, sobrepasó a la de aportaciones acumuladas en 9 meses del año, llegando a producirse un déficit acumulado, el día 1 de Octubre de 1968 de 78,4 Hm³. Este déficit motivó, como ya se indicó en otro apartado, a que en esta fecha sólo quedase una reserva de agua en los embalses de 30,2 Hm³.

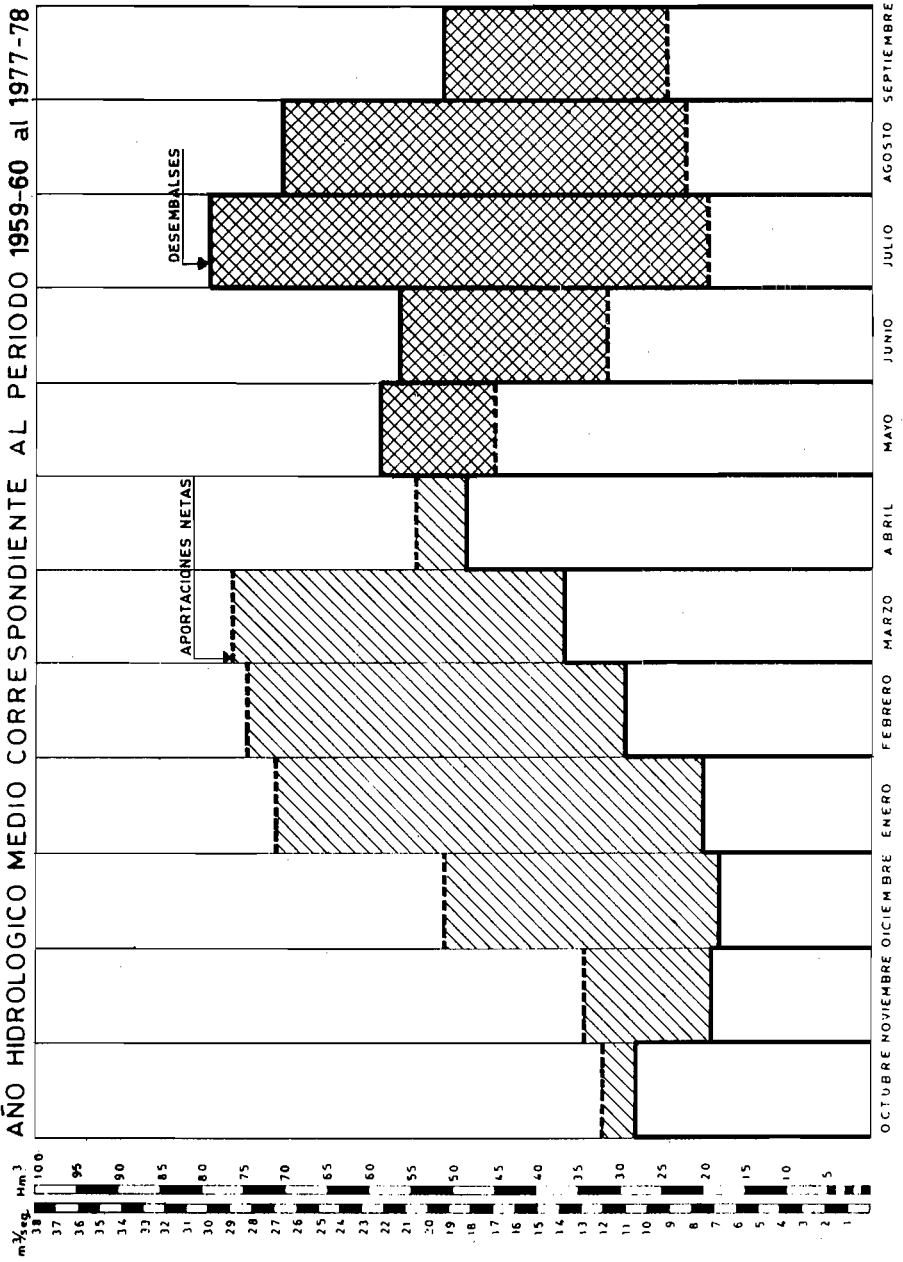
Prácticamente la regulación de los recursos hidráulicos que se ha producido en los embalses ha sido casi total en el período.

La **aportación neta** acumulada a 30 de Septiembre de 1978 era de 10.213,5 Hm³. De esa **aportación neta**, tomada de los libros de movimiento

CUADRO N.º 4
Año Hidrológico medio del período 1959-60 al 1977-78 (19 años)

	APORTACION	EVAPORACION	APORTACION NETA	DESAGUE	VARIACION DEL VO-
	Hm3.	Hm3.	DE SU CUENCA PROPIA	Hm3.	LUMEN EMBALSADO
			Hm3.		Hm3.
Octubre	34,2	1,9	32,3	28,6	+ 3,7
Noviembre	35,8	1,4	34,4	19,4	+ 15,0
Diciembre	52,4	1,2	51,2	18,7	+ 32,5
Enero	72,5	1,3	71,2	20,5	+ 50,7
Febrero	76,8	1,8	75,0	29,7	+ 45,2
Marzo	79,1	2,7	76,4	37,0	+ 39,4
Abril	57,8	3,6	54,2	48,7	+ 5,5
Mayo	49,6	4,6	45	59,0	- 14,0
Junio	36,9	5,1	31,8	56,6	- 24,8
Julio	26,3	6,6	19,7	79,3	- 59,6
Agosto	27,5	5,1	22,4	70,6	- 48,2
Septiembre	27,2	3,2	24,0	51,6	- 27,6
RESUMEN DEL AÑO MEDIO					
	APORTACION	EVAPORACION	APORTACION NETA	DESAGUE	VARIACION VO-
	Hm3	Hm3	Hm3	Hm3	LUMEN EMBALSADO
Volumen Anual (Hm3)	576,1	38,5	537,6	519,7	+ 17,8
Volumen media mensual (Hm3)	48,0	3,2	44,8	43,3	+ 1,5
Caudal equivalente (m3/s.)	18,3	1,2	17,1	16,5	+ 0,56

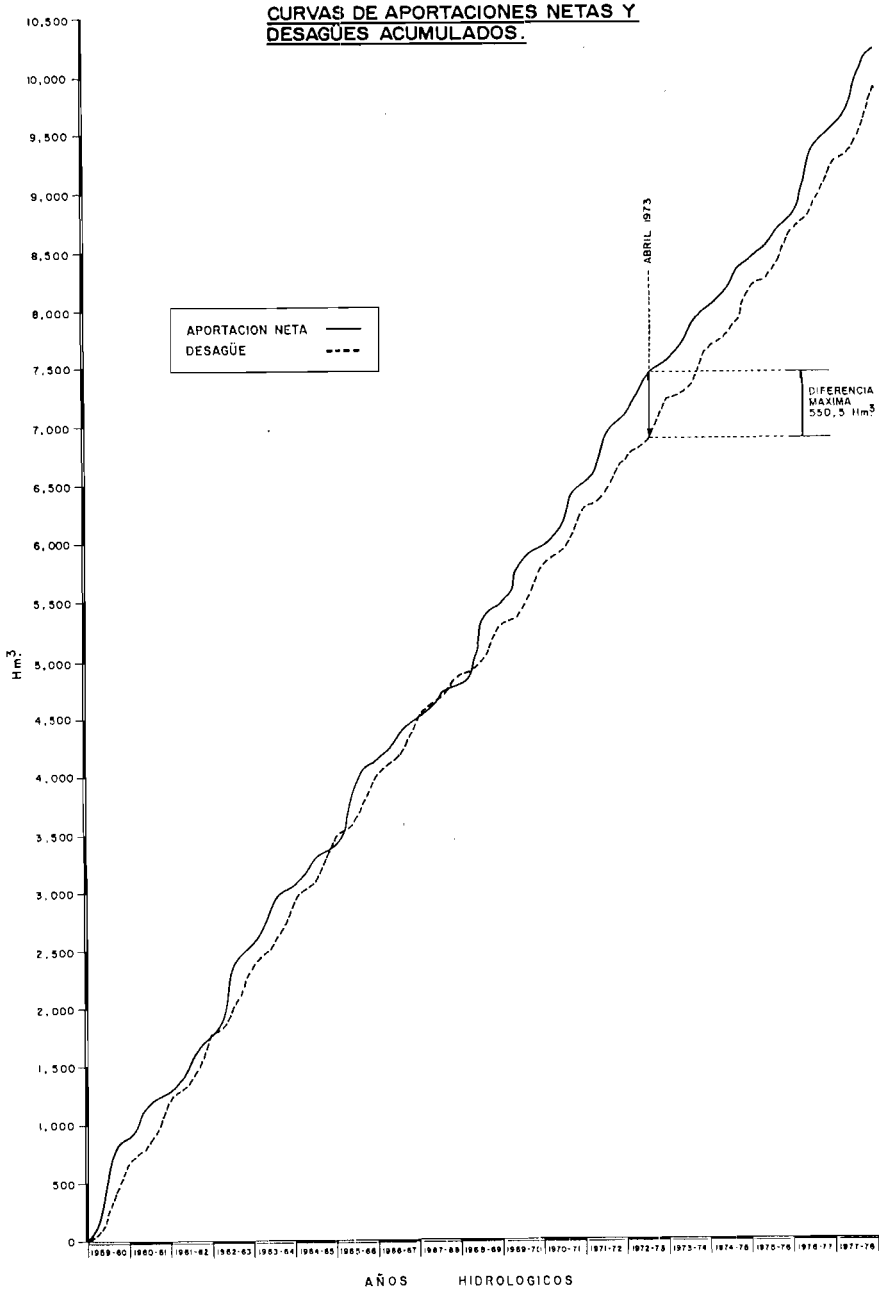
GRAFICO N°4



de los embalses, hay que descontar una corrección de fangos de 11 Hm³. que se realizó en el embalse de la Fuensanta en el año 1966.

A su vez otras pequeñas correcciones acumuladas no sobrepasaron 2,5 Hm³.

GRAFICO N°5



La diferencia entre las curvas de **aportaciones netas** y desagües acumulados al final del período es de 340,5 Hm³.

El día primero de Octubre de 1959 el volumen total embalsado era de 126,8 Hm³., y el día primero de Octubre de 1978, era de 450,1 Hm³.

El aliviadero del embalse de Camarillas vertió los días y meses siguientes: 29 de Marzo de 1969; 19 de Enero de 1970; y Febrero de 1979.

El volumen vertido fue del orden de:

$V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}} = \text{Diferencia curvas acumuladas} - \text{corrección} - \text{fangos} - \text{desagües aliviadero Camarillas.}$

$$450,1 - 126,8 = 340,5 - 11 - 2,5 - \text{desagües aliviadero Camarillas.}$$

$$\text{Desagües aliviadero Camarillas} = 3,2 \text{ Hm}^3.$$

Que representa: $\frac{3,2}{10.200} = 0,0004$ de la Aportación Neta.

6.1. Mejora de la garantía.

La construcción de los embalses de cabecera ha supuesto una mejora de la garantía de los recursos de agua necesarios para los cultivos, gracias a la regulación.

Podemos estimar un valor de esa garantía para el caso de los llamados Regadíos Tradicionales preexistentes al año 1933, apartado a) del artículo 2.º del Decreto de 1953, que les asigna un volumen anual de consumo de 310 Hm³. Para conocer la distribución mensual del volumen anual le aplicamos los porcentajes respecto al volumen total que por media se han desembalsado en el período (cuadro n.º 3), y así obtenemos:

Consumo de regadíos tradicionales del decreto de 1953

M E S	CONSUMO EN Hm3.
Octubre	17,1
Noviembre	11,6
Diciembre	11,3
Enero	12,3
Febrero	17,7
Marzo	22,0
Abril	29,1
Mayo	35,2
Junio	33,8
Julio	47,3
Agosto	42,0
Septiembre	30,7

Suma 310,0 Hm3.

Definimos el criterio de garantía como la relación entre el número de meses que no falla el caudal necesario para los cultivos y el total del número de meses.

Damos por supuesto que los regadíos tradicionales han dispuesto de los caudales necesarios para sus riegos durante el período del estudio. Por tanto su garantía ha sido la unidad:

$$\frac{228}{228} = 1$$

De no haber estado contruidos los embalses reguladores de cabecera, los regadíos sólo habrían podido utilizar los caudales naturales que hubiese transportado el río, esto es la serie natural de volúmenes mensuales que se hubiesen presentado año tras año, y que coincidiría con la serie de **aportaciones netas** a los embalses (considerando que la evaporación producida en los embalses es equivalente a la evaporación que se produciría a lo largo del cauce del río, hasta llegar el agua a los últimos riegos de la Vega Baja).

Pues bien, en este último caso, la serie natural de los caudales no habría podido satisfacer los consumos para los regadíos obtenidos como necesarios anteriormente, fallando en 77 meses de los 228 meses totales. (Hubiesen fallado, entre otros, todos los meses de Julio y Agosto, y 17 meses de Septiembre).

La garantía de los riegos hubiese sido pues:

$$\frac{228 - 77}{228} = 0,66$$

Por tanto al pasar la garantía de 0,66 a 1 ha mejorado en un 0,34. Es decir que la construcción de los embalses ha mejorado la garantía de los Regadíos Tradicionales en un 34%.

Notas

- 1.— Decreto de 25 de Abril de 1953 por el que se autoriza para ordenar los aprovechamientos de riegos en la cuenca del río Segura.
 - B.O.E., n.º 126, de 6 de Mayo de 1953. Págs. 2.593 y 2.594.
- 2.— Orden de 25 de Abril de 1953 por la que se reglamenta la ordenación de los aprovechamientos hidráulicos en la cuenca del río Segura, en virtud de lo dispuesto en el Decreto de 25 de Abril de 1953.
 - B.O.E. n.º 128, de 8 de Mayo de 1953. Págs. 2.654 y 2.655.
 - Reconocimiento batimétrico del embalse de Alfonso XIII. Centro de Estudios Hidrográficos 1976.
 - Reconocimiento batimétrico del embalse de Talave. Centro de Estudios Hidrográficos. MADRID. Julio 1976.
 - Reconocimiento batimétrico del embalse de la Fuensanta. Centro de Estudios Hidrográficos. MADRID. Enero 1977.
 - Reconocimiento batimétrico del embalse del Cenajo (Avance). Centro de Estudios Hidrográficos. MADRID. 1985.
 - Reconocimiento batimétrico del embalse de Camarillas. Centro de Estudios Hidrográficos. MADRID. Enero 1977.
 - PPlan Nacional de Obras Hidráulicas. Emilio Arévalo. Septiembre de 1933. Archivo Confederación Hidrográfica del Segura.
- 3.— Ley de 12 de Mayo de 1956 sobre inclusión en el Plan General de Obras Públicas de las obras del Canal Alto de la margen derecha del Segura y del Pantano de Santomera.
 - B.O.E. n.º 134, de 13 de Mayo de 1956. Págs. 3.079 y 3.080.
- 4.— Orden del Ministerio de Obras Públicas de 27 de Diciembre de 1966, complementaria del Decreto del 25 de Abril de 1953 y de la Orden de igual fecha, relativos a la ordenación de riegos de la cuenca del Segura.
 - B.O.E. n.º 13 de 16 de Enero de 1967.
 - Comparación de dos métodos probabilísticos de cálculo de garantías de servicio y de normas anuales de explotación de un embalse. J. Cuenca Bartolomé. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Gabinete de Cálculo. MADRID. 1959.
 - Libros de movimiento diario de los embalses de la cuenca del Segura. Confederación Hidrográfica del Segura.