

Para ver esta película, debe  
disponer de QuickTime™ y de  
un descompresor .

# Captaciones superficiales Las aguas superficiales en el abastecimiento

Ingeniería Medioambiental y Gestión  
del Agua

Año 2015-2016

**PROFESOR**

Francisco Blázquez Prieto

Para ver esta película, debe  
disponer de QuickTime™ y de  
un descompresor .

Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, Nocomercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

## Índice

1. Introducción. Obtención de los datos .....	3
2. El consumo urbano de agua en España .....	4
3. Distribución del consumo urbano por usos del agua.....	7
4. Personal al servicio del consumo urbano del agua .....	7
5. El origen del agua de consumo humano.....	8
6. La influencia económica en el consumo humano .....	10
7. El consumo humano en el futuro .....	12
8. Costes y tarifas.....	15
9. Captación de aguas de lluvia .....	16
10. Captación en manantiales.....	18
11. Captación en arroyos y ríos.....	21
12. Captación en grandes ríos, lagos y embalses .....	23
13. Proceso de contaminación en los embalses .....	24
14. Efectos físicos de los embalses.....	25
15. Evaporación en embalses .....	26

## 1. Introducción. Obtención de los datos

El consumo urbano de agua de agua en España es actualmente conocido debido a la realización cada dos años de la “Encuesta Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento”. Los resultados de la última edición publicada, correspondiente al año 2008 (XI encuesta) fueron editados a finales de 2009 y en ellos nos basaremos para determinar la influencia de las aguas superficiales en el abastecimiento.

En este sentido hay que agradecer el esfuerzo de los municipios y servicios que han facilitado sus datos, así como el trabajo desinteresado de los integrantes de las diferentes Comisiones y Grupos de Trabajo constituidos dentro de la “Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento” (AEAS) y de la “Asociación Española de Empresas Gestoras de los Servicios de Agua a Poblaciones” (AGA).

Esta XI encuesta ha sido contestada por un total de 994 municipios que representan una población de 27,6 millones de habitantes.

Si se considera una población total en España de 46 millones de habitantes en 2009, resulta que se dispone de datos de primera mano sobre el 60% del total de la población española.

En cuanto a distribución territorial, en 10 de las 17 comunidades se ha obtenido una representación superior al 50% de la población censada. Entre las comunidades con mayor representación destaca Madrid con el 99,9% de la población representada (sólo faltan datos de pequeños núcleos). El resto de las comunidades se sitúa entre el 40 y el 50%.

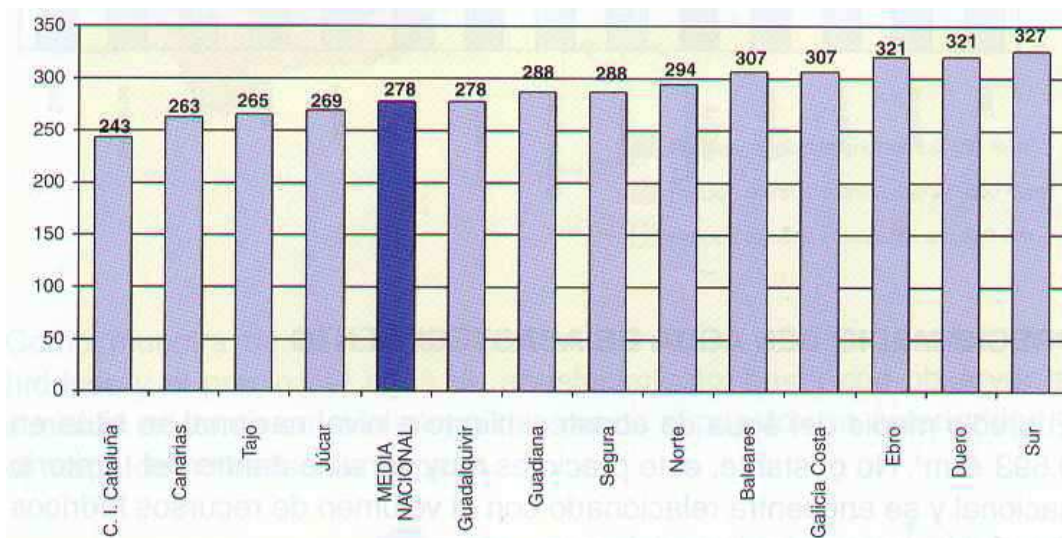
Las respuestas representan casi el 90% de la población censada en capitales de provincia y en municipios de más de 100.000 habitantes, y 100% en el caso de las grandes ciudades de las comunidades de Navarra, Murcia, Madrid, Cantabria, Baleares, Asturias, Cataluña, País Vasco y Canarias.

El 43% de la población es abastecida de agua por empresas públicas, el 33% por empresas privadas, el 13% por empresas mixtas y el 7% directamente a través de las propias corporaciones locales. Estos porcentajes varían poco respecto a la encuesta anterior, excepto en que ha crecido la población abastecida en régimen de empresa mixta, que ha pasado del 8% al 13%, frente al descenso de la que es abastecida por empresas públicas o privadas. En poblaciones de menos de 50.000 habitantes domina la gestión privada, en las de más habitantes conviven los regímenes públicos, privados y mixtos.

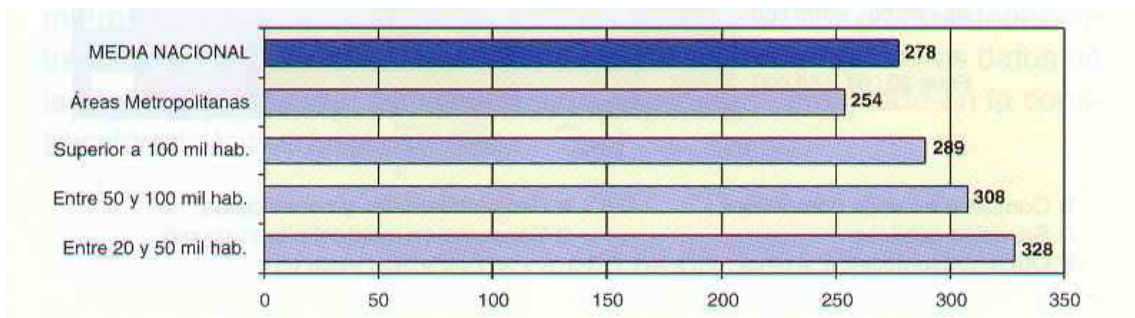
## 2. El consumo urbano de agua en España

Los sistemas de abastecimiento urbano suministran anualmente 4.300 millones de m<sup>3</sup>. La dotación de agua es de 250 litros por habitantes y día, un 6% inferior a la cifra que arrojaba la encuesta de 2006. Se observa como los valores medios marcan una tendencia claramente descendente durante los últimos años, fiel reflejo de las actuaciones realizadas por los operadores, así como la labor de concienciación hacia los ciudadanos para un uso más racional del agua. y la mayor eficiencia de los aparatos domésticos de consumo.

Con datos de 2002, el primer resultado es que el total de agua suministrada a red en el conjunto de las poblaciones encuestadas fue de 2.337 hm<sup>3</sup> de los cuales se facturaron 1.788 hm<sup>3</sup>, esto supone un coeficiente global de agua no registrada del 22,3%. Extrapolando esta cantidad de modo ponderado a la población total española se obtiene que el consumo medio (en agua puesta en red) en España es de 278 litros por habitante y día. En la tabla siguiente se aprecia la distribución de este consumo en las diferentes cuencas hidrográficas, con valores que oscilan entre 243 y 327 litros por habitante y día.



Si se analiza el consumo en función del tamaño de la población, se aprecia que, frente a lo cabría esperar, existe una relación inversa como se puede observar en el cuadro siguiente.



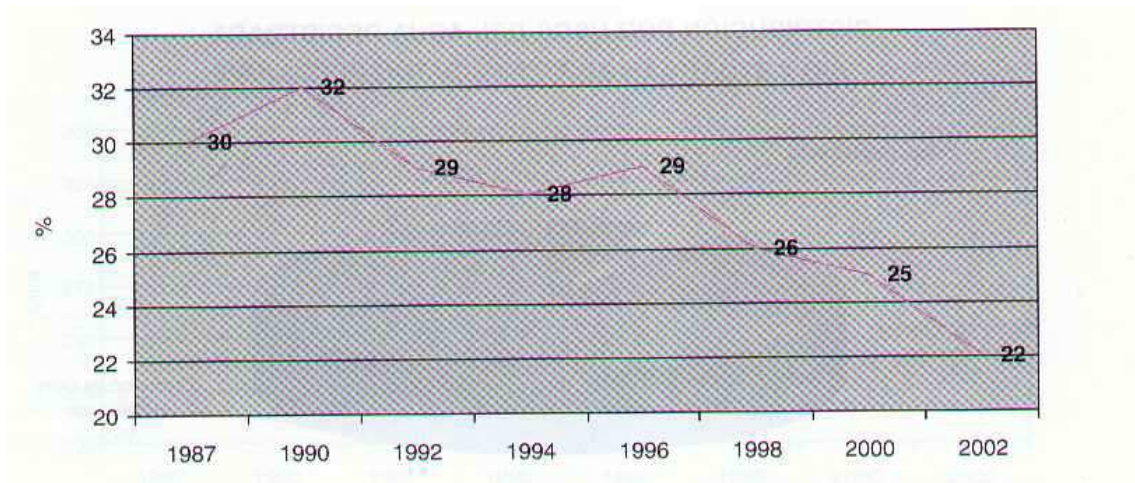
Este dato precisa una aclaración, debemos recordar que este consumo es “agua salida de depósito” o “agua puesta en red” y en él se incluyen las fugas en la red, fraudes, averías y consumos no registrados. Por ello el consumo facturado o registrado es significativamente inferior (en algunas cuencas hasta un 30%) como se comentará más adelante.

Por último, observando la evolución del agua salida de depósitos a lo largo de los años, se aprecia cierta tendencia al descenso.

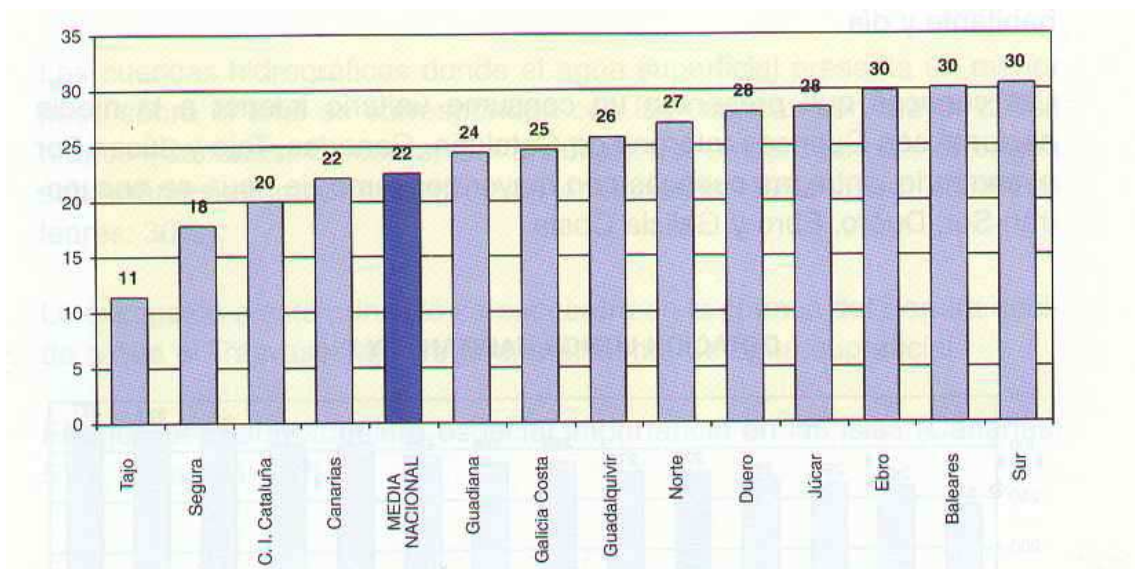


Se vuelve a recordar que este descenso no es en el agua realmente facturada sino en el “agua puesta en red”. En este sentido hay que destacar el fuerte descenso del agua no facturada, consecuencia del esfuerzo en mejora en la red de distribución, tal como se señala en el cuadro siguiente, que refleja la evolución del porcentaje del agua no facturada.





La distribución espacial del agua no facturada pone de manifiesto unos valores por cuencas que oscilan entre el 11 y el 30% como se aprecia en el gráfico a continuación.



Se destaca el valor muy bajo de la cuenca del Tajo debido a la calidad de la red y la buena gestión del abastecimiento a Madrid. Esta misma situación sucede en las cuencas internas de Cataluña con el abastecimiento a Barcelona y su entorno. Por otra parte, el elevado precio del agua en la cuenca del Júcar y en Canarias es causa de una explotación y gestión cuidadosa que se refleja en los bajos porcentajes de agua no registrada.

En el caso opuesto, con porcentajes elevados de agua no facturada, nos encontramos con las cuencas del Ebro, Sur y Baleares, donde el agua no registrada alcanza un valor medio del 30%. En el caso extremo de la Cuenca del Sur resulta que, con un consumo en red de 327 litros por habitante y día, 100 litros de estos no llegan a ser facturados por las causas antes citadas.

Se puede así concluir que aún queda bastante esfuerzo que realizar, sobre todo en las poblaciones de tipo medio, en las cuales los consumos no registrados representan tantos por ciento elevados respecto al total.

El valor medio resultante para el consumo doméstico (el que paga directamente la familia) resulta en 2008 de 130 litros por habitante y día (frente a los 170 de 2002). Un consumo más que razonable, en línea con los consumos de nuestros vecinos europeos.

### 3. Distribución del consumo urbano por usos del agua

La mayor parte del consumo registrado en la muestra (el 71% frente al 69% de 2002) está catalogado como de uso doméstico. El consumo industrial y comercial supone el 22% (frente al 20% de 2002) y los consumos públicos y otros suponen el 7% restante (frente al 11% de 2002). Debemos destacar que esta distribución es muy estable a lo largo de las diferentes encuestas y presenta una notable similitud en todos los tamaños de población estudiados.

A escala local se observan una serie de aspectos que pueden resultar determinantes en el consumo, entre estos se destacan: el consumo generado por el ganado estabulado (que en algunos casos supera al propio consumo humano), el consumo estacional causado por el turismo en las zonas costeras y el consumo cíclico (de fin de semana) en algunas zonas cercanas a las grandes ciudades; en relación con este factor, cabe señalar que existen alrededor de 3 millones de “segundas viviendas” frente a 11,7 millones de primera vivienda.

Al analizar la relación entre los consumos diarios máximo y mínimo respecto al consumo medio anual resultan los coeficientes punta y valle siguientes en función del tamaño de la población:

<u>Tamaño de la población</u>	<u>Coef. Punta</u>	<u>Coef. Valle</u>
- Población superior a 500.000 habitantes	1,344	0,735
- Población de 100.000 a 500.000 habitantes	1,255	0,769
- Población de 50.000 a 100.000 habitantes	1,427	0,794
- Población de 20.000 a 50.000 habitantes	1,373	0,825

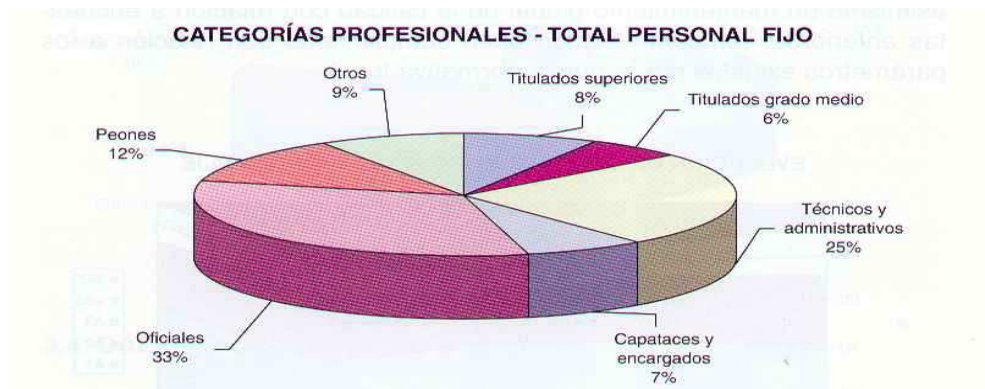
Como detalle anecdótico, podemos comentar que, en Madrid, el día de menor consumo anual suele ser el Viernes Santo.

## 4. Personal al servicio del consumo urbano del agua

El sector, en el que trabajan más de 45.000 personas, tiene un empleo fijo de 20.261 personas. La curva creciente de empleo que se apreciaba en encuestas anteriores se quiebra y las plantillas se minoran un 4%. Además, el sector presenta un elevado grado de profesionalización, ya que se reduce el peso relativo del personal no cualificado y aumenta considerablemente el cualificado.

En 2002 trabajaban 12.645 empleados de los que 11.596 eran fijos. El número de empleados por 100.000 habitantes oscila entre 39 personas para las poblaciones mayores de 500.000 habitantes y 59 para el resto.

Analizando la agrupación del personal por categorías, resulta la distribución en 2002 que se refleja en la figura siguiente, en la cual debe comentarse la elevada proporción de personal titulado, consecuencia de la especialización cada vez mayor que requieren las labores de este sector.



## 5. El origen del agua de consumo humano

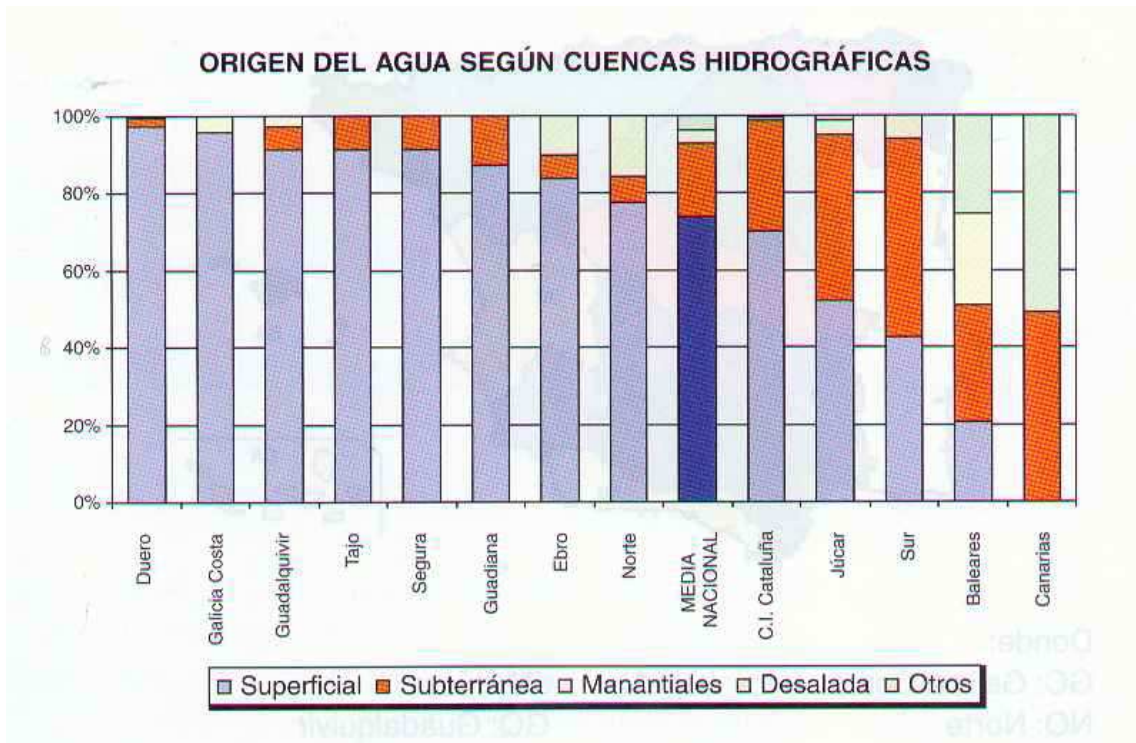
El agua para consumo urbano presenta cuatro grandes grupos de origen, tal como se representa en el gráfico siguiente. Estos son:

- 1.- El origen superficial, que supone el 73% del total del agua dispuesta.
- 2.- El origen subterráneo, es el segundo a cierta distancia, supone el 20%
- 3 y 4.- El agua procedente de desalación y de manantiales, sólo representa el 7% del total.

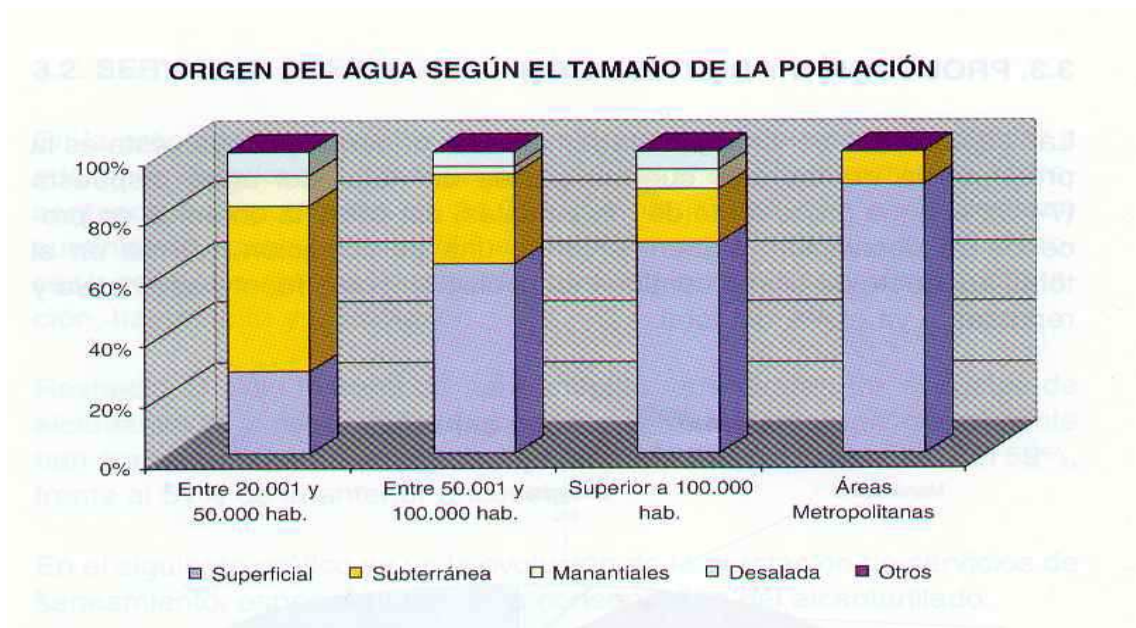
Vemos que la situación es muy estable respecto a 2002 (en la que los porcentajes eran de 74, 19 y 7%) respectivamente.



Las cuencas hidrográficas donde el agua de origen superficial presenta mayor proporción sobre el total se corresponden con las de mayor superávit hídrico. La excepción se encuentra en la cuenca del Segura debido a que el transvase Tajo-Segura la alimenta de agua superficial. También se destaca la prácticamente nula aportación del agua de origen superficial en Canarias.



Al analizar la importancia del agua superficial en función del tamaño de la población, se aprecia que las poblaciones menores de 50.000 habitantes se abastecen principalmente de agua subterránea (el 54%) y solo un 27% de agua superficial, si bien la proporción de este origen aumenta conforme se incrementa el tamaño de la población. Así en las grandes poblaciones el agua superficial supone el 89% del consumo total.



Un último aspecto a señalar se refiere a que un 84% del agua procede de captaciones propias de los servicios de abastecimiento, mientras que en el 16% restante el agua es adquirida a otras entidades. Se observa que los abastecimientos de las grandes áreas metropolitanas tienden a proveerse en exclusiva de captaciones propias.

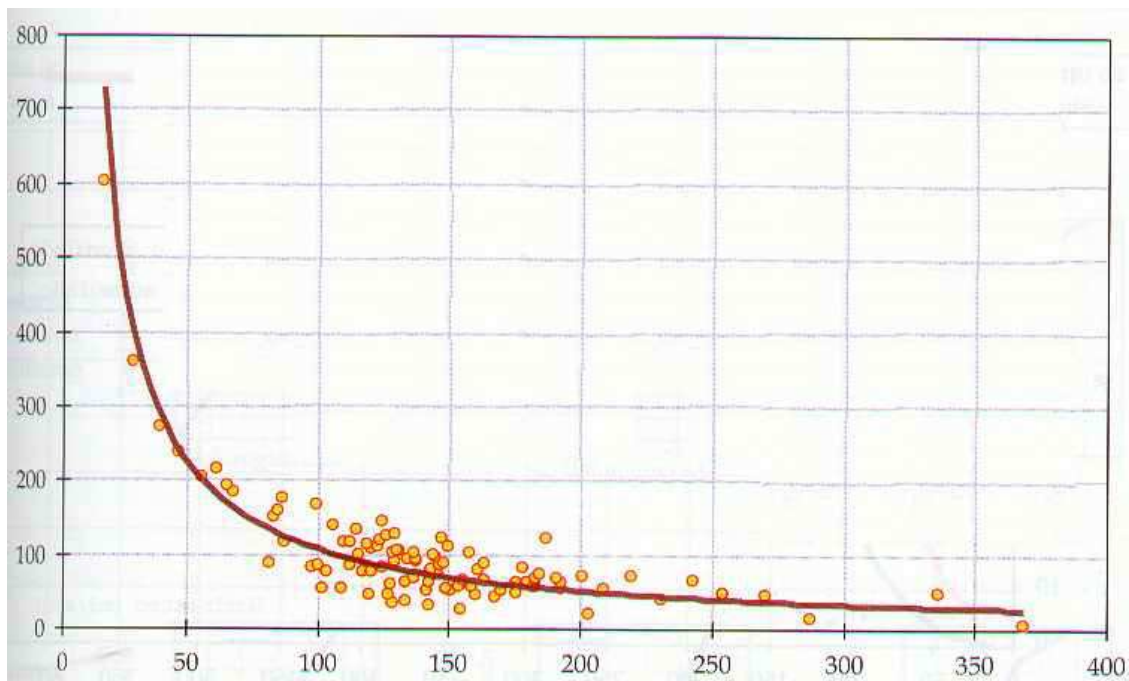
En la encuesta de 1996, el agua procedente de captaciones superficiales supuso el 79% del total, proporción que ha bajado al 74% en 2002 y al 73% en 2008. Si se analiza esta tendencia, así como los planteamientos sociales, en general contrarios a la construcción de nuevos embalses, se puede estimar que la proporción del agua procedente de captaciones superficiales en el año 2012 estará alrededor del 70%. Todo ello con la premisa de que no se produzca un incremento en el consumo, en cuyo caso esta proporción sería menor.

## 6. La influencia económica en el consumo humano

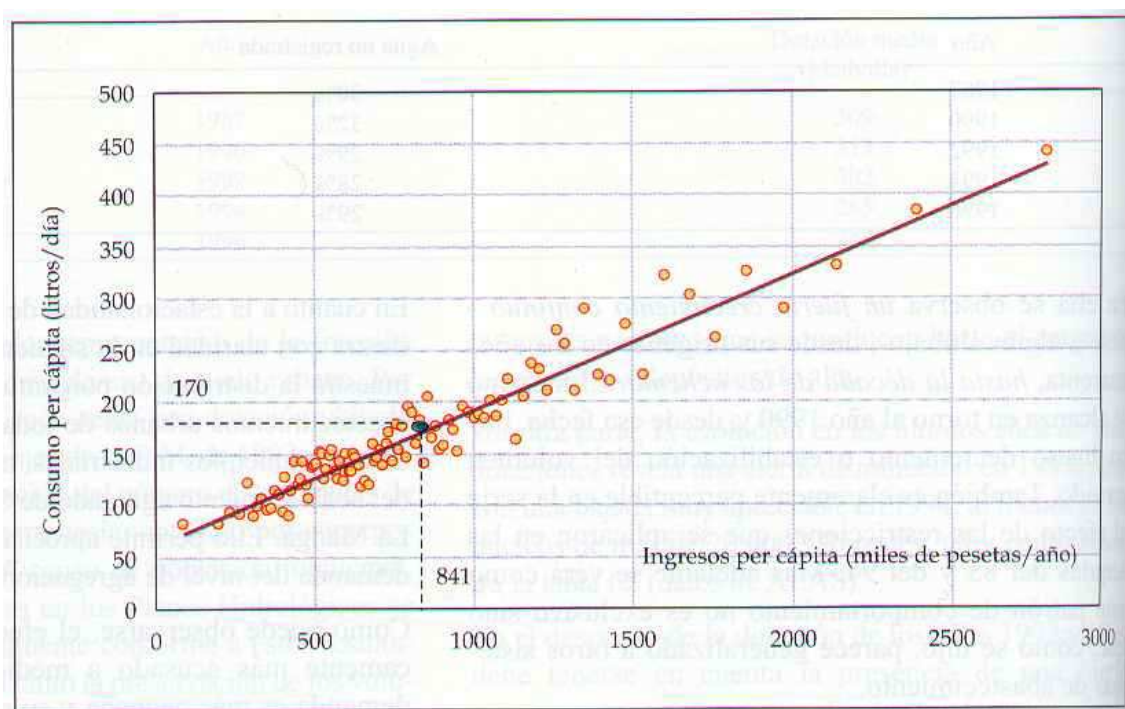
En el “Libro blanco del agua en España”, documento editado en el año 2000 por la D.G. de Calidad de las Aguas (Ministerio de Medio Ambiente), cuyos datos precisaron un detallado trabajo de investigación y recopilación y sirvieron de base para el Plan Hidrológico, se efectúa un estudio a partir de los datos recogidos en la Encuesta de Presupuestos Familiares 1990-91 (sobre una muestra de 21.155 hogares distribuidos por todo el territorio nacional).

Si se correlacionan los datos de consumo con los del coste, dando como resultado el gráfico siguiente en el que se representa la curva de demanda agregada. Debe destacarse el valor obtenido

para la elasticidad: -0,57, que es prácticamente igual al observado en las ciudades del sur de California.



El otro factor económico que influye en el consumo es el ingreso familiar. Por ello se ha correlacionado este dato con el de consumo obteniéndose el resultado que se muestra en el gráfico siguiente.



En primer lugar se debe comentar que existe una apreciable correlación entre ambas variables, a pesar del bajo gasto que supone el agua en el presupuesto familiar (en ningún caso alcanza el 1%).

En segundo lugar se observa que la elasticidad del consumo de agua respecto a los ingresos familiares tiene un valor medio de 0,61 con mayor rigidez ( $e = 0,51$ ) para las familias con ingresos inferiores a la media y mayor elasticidad ( $e = 0,81$ ) para las de ingresos superiores.

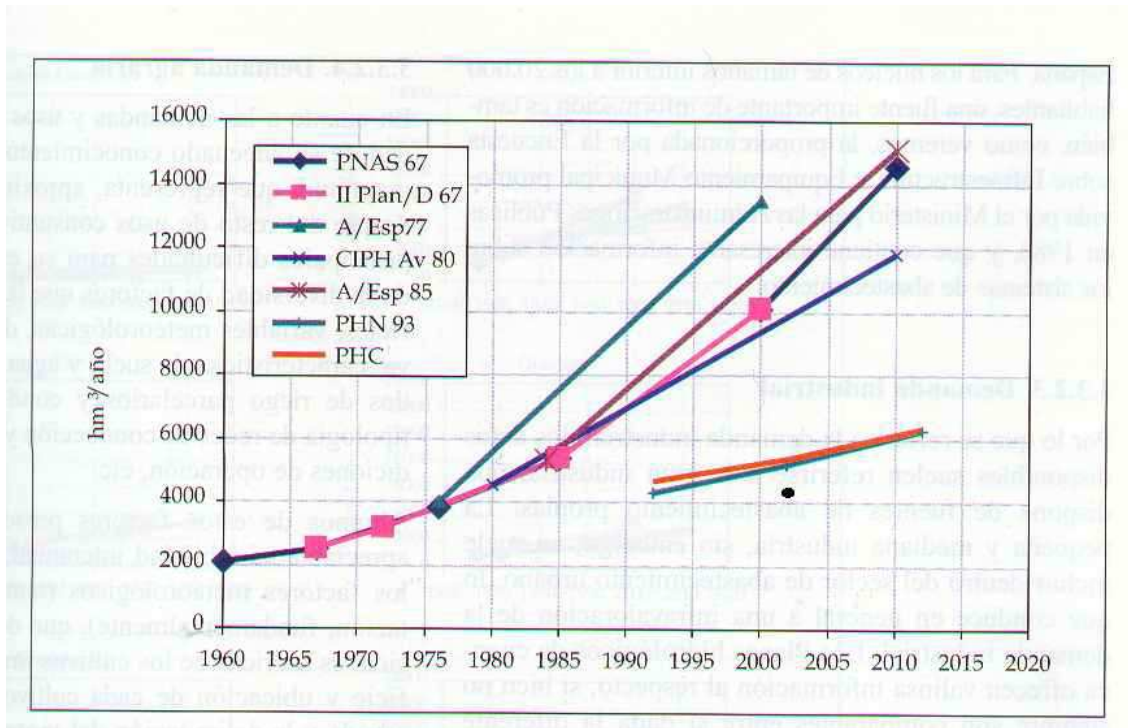
## 7. El consumo urbano en el futuro

El conocimiento de esta incógnita es básico para la planificación, proyecto y construcción de las infraestructuras necesarias para poder satisfacerlo en el momento en que se produzca. Como veremos a continuación, en el citado documento “Libro blanco del agua en España”, se ha efectuado una recopilación de las previsiones previas de consumo urbano que se resume en el gráfico siguiente.

Las curvas de estimación de consumo futuro corresponden a:

- PNAS 67 - Plan Nacional de Abastecimiento y saneamiento (año 1967)
- II Plan/D 67 - II Plan de Desarrollo Económico y Social (año 1967)
- A/Esp77 - El Agua en España (año 1977)
- CIPH Av 80 - Comisión Interministerial de Planificación Hidrológica (1980)
- A/Esp85 - El Agua en España (año 1985)
- PHN 93 - Anteproyecto de Plan Hidrológico Nacional, MOPT (1993)
- PHC - Planes Hidrológicos de Cuenca (1993)



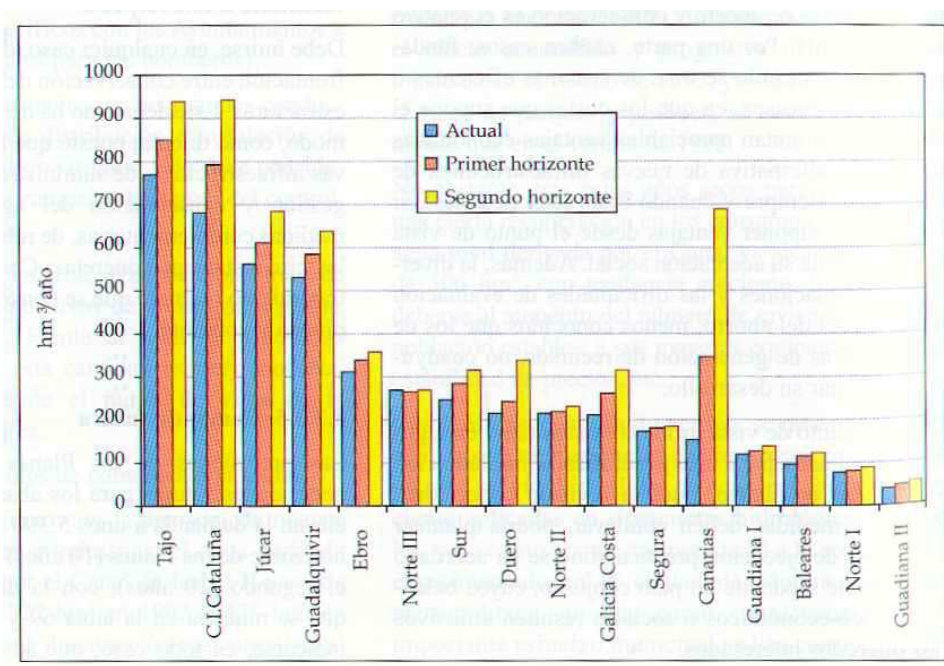


Como podemos apreciar, las previsiones más moderadas son, con diferencia, las de los Planes Hidrológicos de Cuenca, aprobados en 1999. Las previsiones anteriores en general partían de unas tasas de crecimiento muy elevadas (que realmente se produjeron en ciertos momentos) difíciles de mantener a lo largo de un periodo largo de tiempo.

Para contrastar con la realidad, se ha incluido un punto que corresponde a la demanda bruta de 2002 (4.140 hm<sup>3</sup>). Se observa así que el incremento real de la demanda entre 1997 y 2002 ha sido prácticamente nulo. La explicación se debe a una suma de factores contrapuestos, unos que tienden a incrementar el consumo (mayor población, mayor renta) y otros que tienden a disminuirlo (mejora de las redes de abastecimiento, mayor conciencia social). Recordemos que el consumo en 2008 ha sido de 4.300 hm<sup>3</sup>.

Al analizar las previsiones de los planes hidrológicos de cuenca, base del PHN, resultaba una demanda total en 2005 de 5.347 hm<sup>3</sup> y en 2015 de 6.313 hm<sup>3</sup>. Esto representa unos incrementos del 15% y el 36% respecto a los 4.667 hm<sup>3</sup> consumidos en 1995. Se esperaba que estos incrementos que tuvieran la distribución territorial por cuencas de la figura siguiente.





Realmente esto no ha sido así, como podemos comprobar comparando los consumos reales por cuencas en 2002 con los esperados para 2005. En el cuadro siguiente se hace esta comparación con datos en litros por habitante y día.

	Dotación 2005	Consumo 2002	Relación
Norte	357	294	0,82
<b>Duero</b>	313	321	<b>1,03</b>
Tajo	376	265	0,70
Guadiana	299	288	0,96
Guadalquivir	323	278	0,86
Sur	370	327	0,88
Segura	337	288	0,85
Júcar	402	269	0,67
Ebro	337	321	0,95
<b>C.I. Cataluña</b>	393	243	<b>0,62</b>
Galicia costa	366	307	0,84
Baleares	408	307	0,75
<b>Canarias</b>	564	263	<b>0,47</b>
<b>Total España</b>	370	278	0,75

El análisis del cuadro anterior nos permite concluir que las previsiones de los Planes Hidrológicos de Cuenca eran en algunos casos (particularmente en Canarias y las Cuencas Internas de Cataluña) muy

optimistas, aun suponiendo que entre 2002 y 2005 se produzca un incremento del consumo. En cambio, en la cuenca del Duero, en 2002 ya se habían superado las previsiones para 2005.

A la vista de todos estos datos, ya se puede dar una opinión sobre la evolución del consumo, aunque viendo los resultados de las estimaciones anteriores parezca un poco osado. En este sentido, después de hacer una correlación con la mejora de las redes de abastecimiento y con el incremento del nivel económico, se concluye que el consumo en 2020 estará alrededor de 240 litros por habitante y día. Esto supone un consumo anual, para 50 millones de habitantes, de 4.380 hm<sup>3</sup>, cifra muy similar a la actual.

Este valor depende de tantas variables que puede desviarse en ambos sentidos con mucha facilidad. No obstante, se cabe considerar que la citada mejora de las redes y la conciencia de que el agua es un bien escaso, contribuirán a que el incremento del consumo sea muy bajo.

## 8. Costes y tarifas

En los costes el 26% corresponde a consumos de explotación en los que se incluye el coste de la energía utilizada para realizar los procesos y servicios. Los gastos de personal suponen el 25%. Se destaca que, en referencia a los datos de 2006, el peso de las amortizaciones crece dos puntos, reflejo del mayor nivel de inversiones que está realizando el sector.

El precio de los servicios guarda relación directa con el tamaño de la población. A nivel geográfico, el precio medio más elevado del abastecimiento coincide con las cuencas hidrográficas que registran menores niveles de pluviosidad.

El importe total facturado en España, extrapolarlo los datos a la población total, asciende a 4.631 millones de euros. De la factura total que pagamos los españoles por el servicio del agua, un 63% corresponde a abastecimiento de agua, un 11% a alcantarillado, un 19% a depuración y el 7% restante a la conservación, acometidas y contadores.

La factura del servicio se calcula sobre los metros cúbicos consumidos, pero bajo ese concepto el ciudadano abona toda una serie de procesos que hacen posible que el servicio se preste con garantía de cantidad y calidad. La energía consumida para el transporte, las mejoras en los complejos procesos tecnológicos de tratamiento, depuración o desalación, son componentes poco visibles para la ciudadanía que se han incorporado paulatinamente conforme a las exigencias crecientes de las normativas legales.

De la encuesta se desprende que el precio medio que se aplica al servicio sitúa el metro cúbico en 1,46€, de los que 0,91€ corresponden al servicio de abastecimiento, 0,25€ a alcantarillado y 0,30€ a depuración. El precio de 1,46€ supone un ligero aumento del 2,5% anual en referencia al encuestado en 2006, debido fundamentalmente a los aumentos de coste de los procesos tecnológicos que el servicio ha ido paulatinamente incorporando en respuesta a las necesidades medioambientales y a las exigencias de calidad de las aguas del nuevo entorno legal.

El sistema de tarifas que predomina es el de cuota fija de servicio más cuota variable articulada en tramos de consumo. Las tarifas vienen aprobadas por los Ayuntamientos y/o las Comisiones de Precios, que dependen de las comunidades autónomas. Además de la cuota fija, la cuota variable es creciente en función del consumo. Por tamaño de población, los precios medios más altos se aplican en áreas metropolitanas, mientras que los más bajos están en poblaciones de más de 100.000 habitantes. Se observa que los precios medios según tamaño de la población acortan distancias.

## 9. Captación de aguas de lluvia

Esta solución no se emplea para abastecimientos de cierta importancia. Pero cuando no hay más remedio que acudir a ella se utilizan las cisternas o aljibes, conocidos desde la más remota antigüedad, especialmente en las regiones de escasas y desiguales lluvias de las costas del Mediterráneo y del Adriático. Estas obras pueden prestar interesantes servicios como reserva de estiaje en caseríos y pequeños poblados de zonas esteparias que tanto abundan en España. Existen muchas regiones en que los enormes estiajes, unidos a la intensa evaporación, agotan las disponibilidades de aguas, superficiales y profundas; y es en ellas donde la recogida y el almacenaje de las aguas de lluvia puede ayudar en dichos estiajes.

El agua puede recogerse en los tejados o en eras especiales debidamente dispuestas. El problema es que este agua arrastra las impurezas de dichas superficies, por lo que para hacerla potable es preciso filtrarla. La solución se consigue mediante la instalación de un filtro en la misma cisterna.

Estos son los tipos principales de aljibes:

- a) El llamado veneciano (por ser el que existía en los patios de aquella ciudad) o de masa arenosa filtrante (fig. 1), que queda embebida en el agua recogida, desde la cual pasa a un pozo central de donde se toma. Su capacidad ha de ser de 2,5 a 3,5 veces el caudal a acopiar ya que el volumen de huecos de la arena es del 30 al 40%.

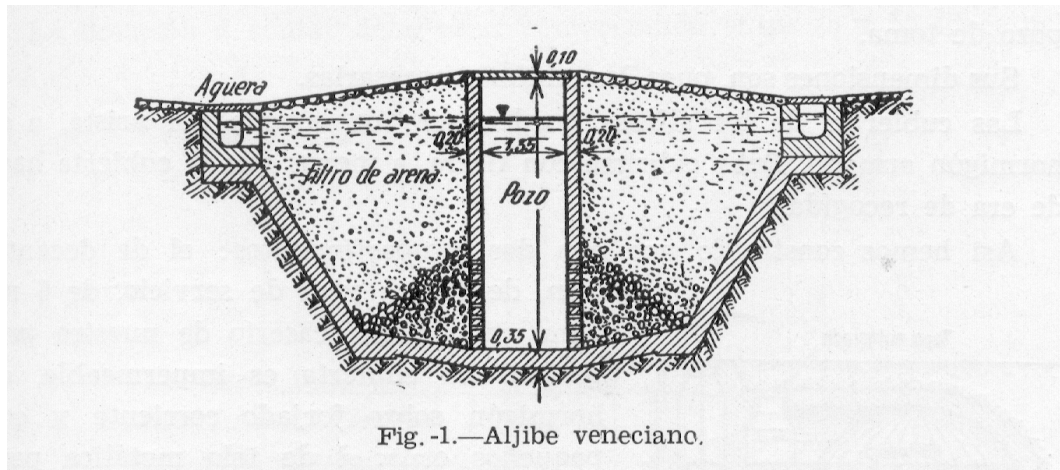


Fig. -1.—Aljibe veneciano.

- b) El de filtro superior (fig. 2), en el que la entrada de agua se efectúa superiormente, previo paso por el filtro, sin permanecer en él más que el tiempo preciso para la filtración. Es adecuado para recogida de aguas de tejados poco sucias.

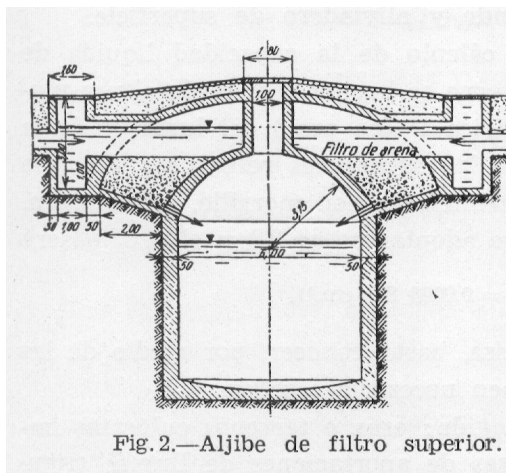


Fig. 2.—Aljibe de filtro superior.

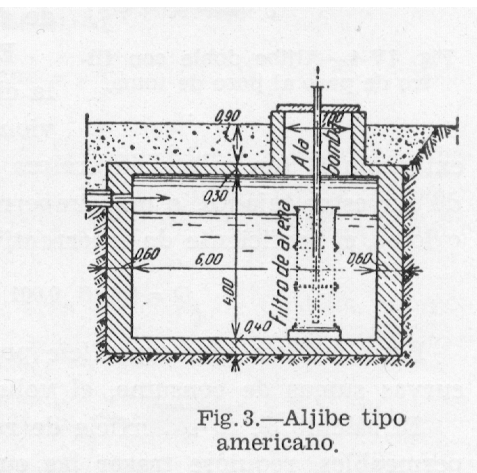
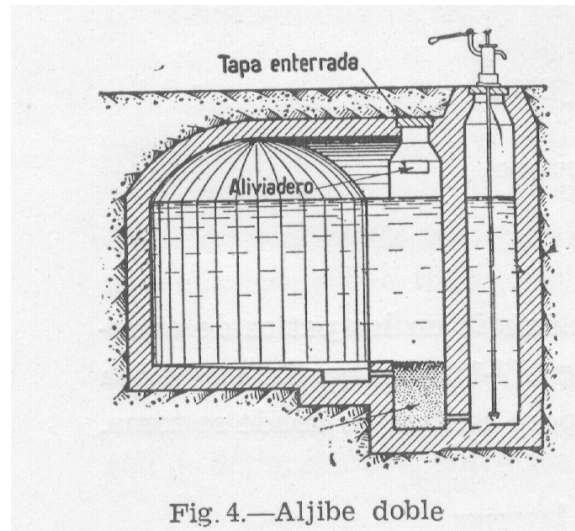


Fig. 3.—Aljibe tipo americano.

- c) El americano (fig. 3), en que el agua se recoge directamente y pasa por un filtro de arena de grano creciente hacia el tubo de aspiración. Este filtro se constituye con anillos superpuestos colocados por la boca de registro.

Hay otro tipo (fig. 4) con doble compartimento y filtro de paso al pozo de toma de modo que sus dimensiones son las mínimas necesarias. La cubierta puede ser de fábrica o de hormigón armado. Debe cubrirse con tierra, a menos que la cubierta haga de era de recogida.



Todos los aljibes deben tener desagüe de fondo y aliviadero de superficie.

El cálculo de la capacidad de la cisterna se hace partiendo de la precipitación  $P$  (en mm) del lugar, de la extensión  $S$  de la superficie receptora (en  $m^2$ ) y de su naturaleza. En caso de ser tejado, era impermeabilizada o losas, el coeficiente de escorrentía a adoptar es de 0,8 y la capacidad será, pasando a metros cúbicos:

$$Q(m^3) = 0,0008 \cdot S (m^2) \cdot P (mm)$$

La dotación de cálculo suele estar comprendida entre 25 y 50 litros por habitante y día.

Las eras de recogida ser terrenos revestidos de empedrado, hormigón, o asfalto. Conviene que estén cercadas para evitar penetración de personas o animales y que se arrojen basuras. Se construyen con cunetas de desagüe que converjan en las entradas de la cisterna.

Entre la era y el aljibe debe conducirse el agua por tubería; pero con una válvula y un desagüe previo para poder echar fuera las primeras aguas de lluvia después de épocas de sequía. Ello ha de tenerse en cuenta en las capacidades de eras y aljibes. A veces se recoge el agua de lluvia empleando como era de recogida una rambla seca con almacenamiento en depósito.

## 10. Captación en manantiales

Las principales condiciones que han de reunir las obras de captación de manantiales, sean de poca o gran importancia, son:



1. No alterar la calidad y cantidad del agua: ni por las disposiciones constructivas, ni por los materiales empleados.
2. Impedir la penetración de las aguas exteriores al manantial, así como de cualquier organismo extraño: insectos, animales, etc.
3. Conservar las condiciones físicas del agua captada, especialmente en cuanto a temperatura y gases.
4. Permitir la regulación del caudal a conducir.
5. Conseguir la eliminación de arenas.

Para cumplir estas condiciones, cuyo cumplimiento riguroso es más necesario en el caso en que por la pureza de las aguas sólo se prevea una cloración, es preciso que las tomas o arquetas se hagan de materiales inertes, que no se desagreguen y que no produzcan obstrucciones en la vena líquida; que se impermeabilicen las cubiertas; que se hormigonen los paramentos exteriores; que los muros sean de 25 cm de espesor como mínimo; que sobre la obra exista, al menos, una capa de 0,50 m de tierra que proteja de los cambios de temperatura; que el cierre impida actos de vandalismo; que se coloquen dispositivos de ventilación, con protección de rejillas o tabiques encontrados para cerrar el paso a los insectos y que se disponga de un arenero, de un aliviadero y de válvulas de aislamiento de la conducción para caso de necesidad.

La arqueta de toma ha de amoldarse a la manera de aflorar el manantial. Si se trata de un manantial de pie o de filón, el tipo de arqueta más sencillo consiste en un arca sin fondo sobre el lugar de afloramiento, previamente limpio de obstáculos, con paredes de mampostería u hormigón, cubiertas con techo plano armado sobre el que exista una capa de tierra. En la misma arqueta van los dispositivos de toma (con alcachofa), de desagüe, y de aliviadero en comunicación libre con el tubo de desagüe. La toma debe estar a suficiente altura sobre el fondo para permitir el depósito de arenillas, que se eliminan periódicamente por el desagüe, pero más bajo que el nivel de la superficie del nivel superior del agua. Aconsejable para caudales no muy pequeños y en venas extendidas, es la arqueta de la figura 5, con una cámara de acceso, distinta de la de afloración del agua, en la que pueden maniobrarse con toda independencia las llaves. La conducción arranca directamente de la arqueta.

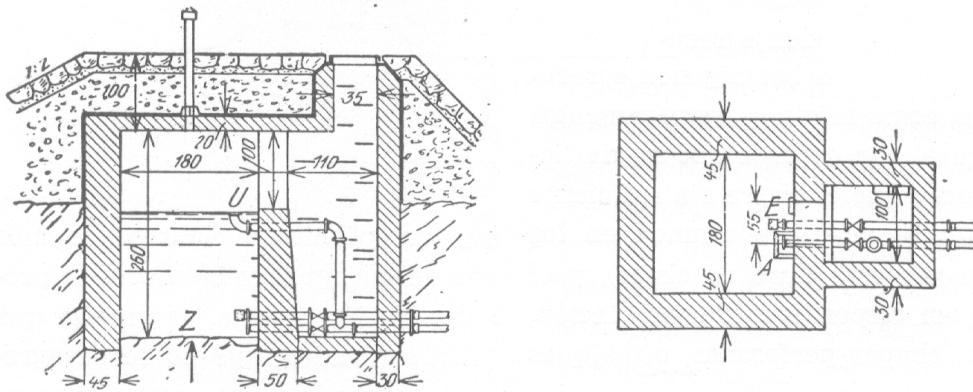


Fig. 5.-Captación con cámara independiente.

Si el manantial es de ladera, la arqueta se coloca cortando la vena líquida en la forma indicada en la figura 6, disponiendo un relleno de grava antes de los orificios de entrada a la cámara para producir una ligera filtración.

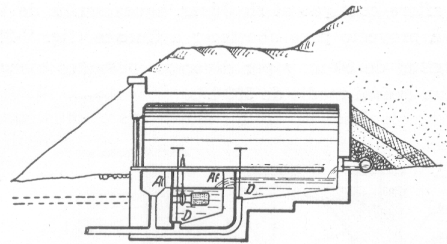


Fig. 6.-Captación de manantiales en ladera.

A veces la vena líquida está muy extendida y hay que recurrir a concentrarla: bien mediante muros laterales que corten la capa impermeable (fig. 7), o bien (si la dispersión es grande) recurriendo a zanjas de avenamiento en prolongación de los muros que conduzcan el agua a la arqueta. Estas zanjas deben ser sencillas y su disposición ha de ser adecuada para cortar la vena líquida.

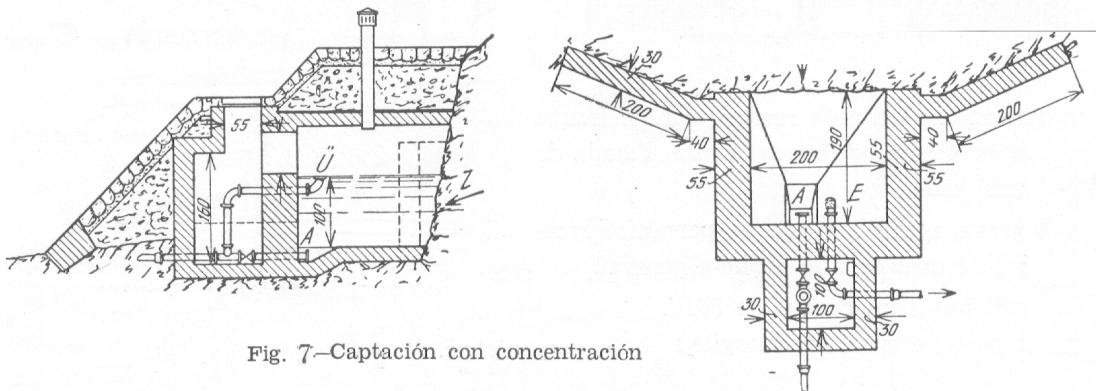


Fig. 7.-Captación con concentración

Si los caudales que afloran en la ladera son de importancia, es preferible construir zanjas de avenamiento de cualquiera de los tipos de la figura 8. Son aptas para manantiales poco profundos en los que pueden disponerse cada trecho registros de acceso para limpieza.

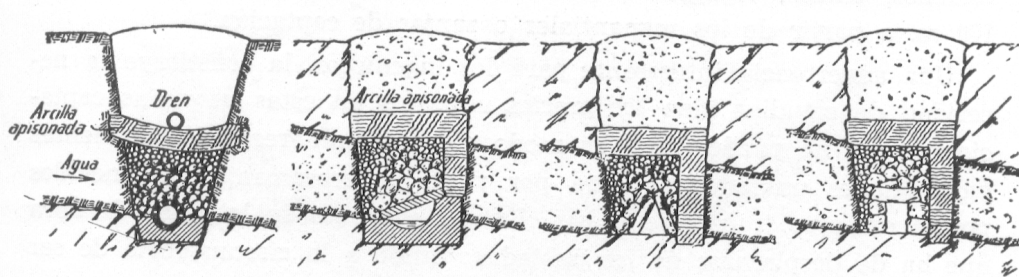


Fig. 8 —Tipos de zanjas de avenamiento.

Las zanjas con ovoides convienen más para manantiales profundos; y especialmente si el terreno es en roca pues permiten la visitabilidad. En todos los tipos de arquetas es preciso la ventilación, pero evitando la entrada de polvo.

Una advertencia interesante, la constituye la necesidad de estudiar los precios unitarios en estas pequeñas captaciones, que no pueden ser similares a los corrientes para iguales unidades en obras grandes por venir influenciados por el transporte y por el encarecimiento de la mano de obra que ha de desplazarse.

Cuando los manantiales proceden de terrenos fisurados y cavernosos, conviene hacer galerías sin revestir, o revestidas parcialmente, que sacan por gravedad el agua al exterior.

## 11. Captación en arroyos y ríos

El primer paso será cuantificar si (sobre todo los primeros) nos pueden bastar como fuente de abastecimiento. Para ello hace falta conocer:

1. Magnitud de las precipitaciones en la cuenca.
2. Superficie de la misma.
3. Coeficiente de escorrentía.

Para lo primero nos puede servir de orientación el mapa pluviométrico. Pero requiere consultar datos más exactos de los puntos, con pluviómetros o los deducidos por medidas directas hechas por organismos próximos a la cuenca del curso de agua.

Si es  $P$  el caudal caído según los datos pluviométricos y  $P'$  el que circula por el terreno, o sea deducidas la evaporación y las filtraciones, el coeficiente de escorrentía será:  $C = P'/P$

Este valor de  $P'$  se puede calcular, aproximadamente, por la fórmula:

$$P' = k \cdot P^{1,5} \text{ en mm de altura de agua.}$$

Teniendo  $k$  los valores

- 0,007 para regiones muy secas, tipo de La Mancha
- 0,010 para regiones pobres o parameras.
- 0,012 a 0,014 para regiones medias (cordillera central).
- 0,013 a 0,016 para regiones abundantes de agua (Cantábricas y Galicia).

No basta conocer la escorrentía total de una cuenca. Se precisa conocer su distribución en el año, que es lo que se refleja en los caudales del arroyo o río. Y esto es generalmente muy difícil y obliga a proceder por deducciones a base de datos de aforos (si existen).

Para la captación, si el nivel de la corriente es apreciable, basta hacer un pozo en la margen, dándole acceso por encima del nivel de máximas avenidas (figura 5) bien por una simple tapa o bien por caseta debidamente protegida.

Se debe situar la entrada por encima de la cota de máximas avenidas, de lo contrario, el agua se metería en la obra y la destrozaría total o parcialmente. Conviene poner rejilla en el canal de enlace con el río para evitar entrada de sólidos. En el pozo se ubica el tubo de toma con su alcachofa, o (si el terreno lo permite) el de salida a la conducción por gravedad con llave de paso para aislamiento en caso necesario. En caso de impulsión, puede ir la central de elevación, con sus grupos, inmediatamente encima del pozo o arqueta de toma.

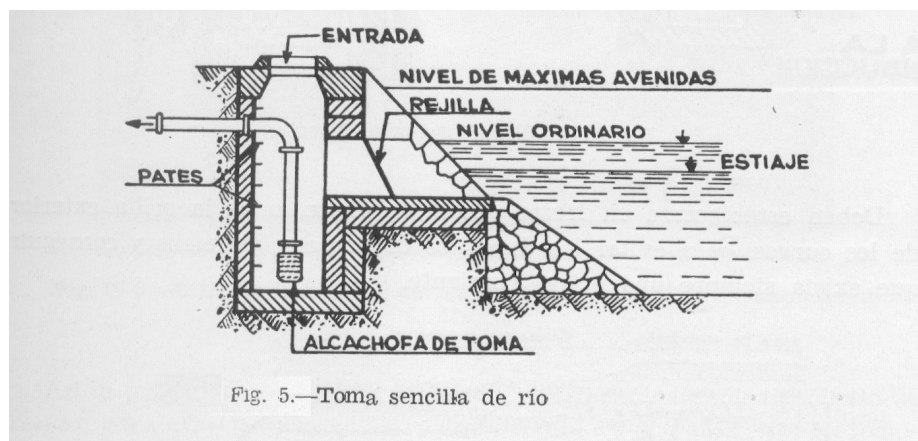


Fig. 5.—Toma sencilla de río



La toma debe establecerse en trozos rectos de cauce, o en la orilla exterior de los curvos, para evitar los depósitos y mantener una corriente activa. Si la altura de agua en el arroyo es pequeña, como suele ocurrir en nuestro país, será conveniente recurrir a pequeños azudes.

Las tomas directas en ríos cuyas aguas sufran turbiedades (figura 6), deben ir seguidas de unos estanques de predecantación, antes de entrar las aguas en la conducción o antes de ser elevadas para evitar los inconvenientes de los fangos.

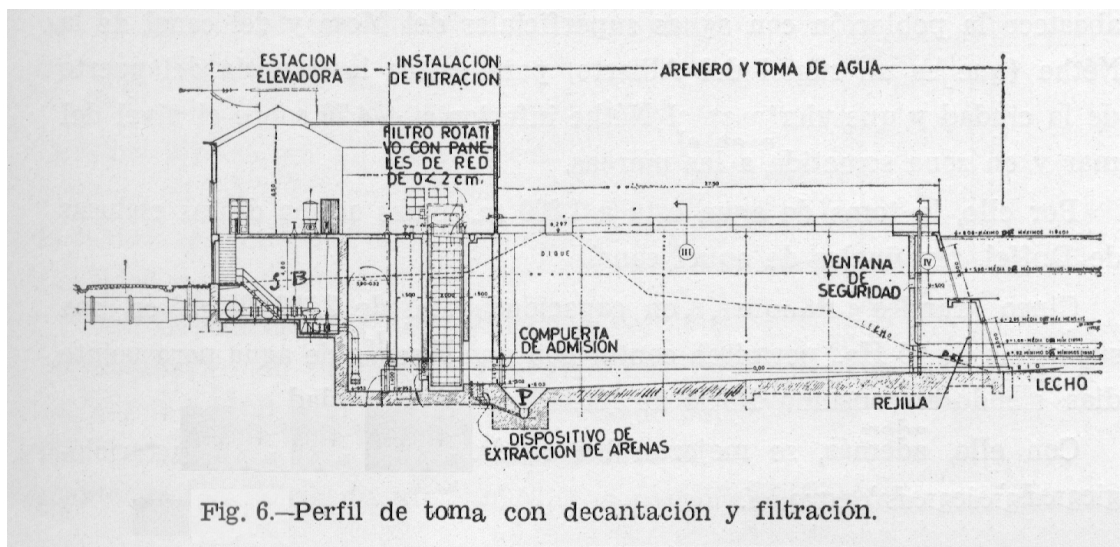


Fig. 6.—Perfil de toma con decantación y filtración.

Así la toma de aguas de dicha figura consta de unas rejillas de entrada, un compartimento de sedimentación de arenas y fangos con pocillo de extracción de los mismos P; una instalación de filtración primaria F separada del sedimentador por una compuerta de admisión; un compartimento de toma para elevación de las aguas y una sala de bombas que permiten elevar el agua clarificada a la conducción general.

## 12. Captación en grandes ríos, lagos y embalses

En ríos de gran caudal o en lagos, se construyen torres de toma a suficiente distancia de la orilla para asegurar las mejores condiciones al agua. Estas torres tienen orificios de entrada a diferente profundidad y un tubo de toma protegido por rejillas. Las tomas en canales son más sencillas pero exigen disponer de unos depósitos anejos que puedan servir como decantación previa.

En los lagos de cierta profundidad es conveniente hacer la toma a profundidad de 20 a 40 metros y a distancias de algunos centenares de metros de la orilla en beneficio de la calidad y temperatura del agua. Este tipo de tomas no es usual en España, por lo que sólo se señalan los casos de Zurich (toma



a 500 m de la orilla y 32 m de profundidad) y Ginebra, en el lago Lemán, (toma a 3 km y profundidad de 40 m).

Como la irregularidad de los caudales en nuestro país no permite contar con caudales fluyentes suficientes para los abastecimientos a poblaciones, se recurre cada vez más al aprovechamiento de aguas superficiales mediante embalses, bien sea construídos sólo para este fin o bien para otros fines conjuntos, como son riegos y energía eléctrica.

Es difícil disponer de cuencas muy aisladas y poco pobladas de personas y animales, en las que la alteración física de las aguas y la contaminación no presenten problemas. Lo normal es tener que utilizar aguas más expuestas a alteraciones físicas con núcleos habitados por encima de la presa y abundantes cultivos y ganadería, ello obliga a construir estaciones de tratamiento previas a la red de distribución.

En este sentido, cabe señalar que el abastecimiento debe asumir los costes de construcción y los de explotación de dichas estaciones, lo que puede ser un factor importante para decidir la solución a adoptar. Por ello, a continuación se describe someramente cómo se contaminan las aguas superficiales y como se desarrolla el proceso de autodepuración en los ríos y en los embalses.

### 13. Proceso de contaminación en los embalses

Tanto en los embalses como en los ríos, al disminuir la velocidad del agua contaminada inmediatamente después de su vertido, se produce un depósito de la materia sedimentable que aquellas aguas llevan en suspensión. Estos bancos de sólidos tienen gran cantidad de materia orgánica que entra en putrefacción, consume el oxígeno y desprende gases nauseabundos, aparte del enturbiamiento del río o embalse. La superficie próxima se llena de burbujas de gases malolientes que se desprenden e incluso suelen formarse espumas.

Las bacterias anaerobias son casi las únicas que existen el fondo de las aguas, aunque también puede haber gusanos y larvas de insectos que respiran en la superficie. Si el caudal de aguas sucias es grande la vida de los peces se perturba y hasta llega a desaparecer.

De los gases que se forman, sólo el anhídrido carbónico puede ser beneficioso porque aguas abajo del vertido contribuirá a la vida de las plantas acuáticas. El sulfuro de hidrógeno y metano (que se producen cuando la fermentación dura ya bastante, tiempo y se ha transformado de ácida en alcalina) son francamente perjudiciales. No obstante, por la superficie del embalse va penetrando el oxígeno, que las aguas van disolviendo, y el sol. La vida aerobia se estimula y empiezan a aparecer los nitritos y nitratos.

Con estos nitratos, el anhídrido carbónico y el sol, las algas azules que resisten más que las verdes a la contaminación se desarrollan rápidamente, seguidas por las algas verdes, cuya función clorofílica determina un gran desprendimiento de oxígeno. Alcanzado este punto, la autodepuración es muy rápida y los peces proliferan al encontrar alimento abundante.

A veces la cantidad de algas es muy grande y el agua puede seguir turbia, exigiendo entonces un tratamiento antialgicida fácil de realizar en los embalses.

Las bacterias patógenas, al no tener alimento adecuado, ni temperatura favorable, ni pH propicio, son atacadas por los protozoos y mueren casi todas, si bien sobreviven algunas especies más resistentes que pueden ser repartidas por todo el embalse, arrastradas corriente abajo, e incluso recogidas en las tuberías de conducción.

En los embalses, al no existir corrientes rápidas que produzcan agitación, la absorción y la sedimentación se ven favorecidas; en cambio, los grandes volúmenes de los embalses en relación con los de los afluentes, influyen favorablemente en esta rapidez de depuración. Además, la temperatura constante y más bien baja, favorece la disolución del oxígeno en el agua y retarda las fermentaciones, determinando así al mismo tiempo una menor posibilidad de olores. En cambio los microbios patógenos pueden ser menos atacados que en un río de corriente rápida y aireada.

## 14. Efectos físicos de los embalses

Sedimentación, con el consiguiente arrastre de gran número de bacterias.

Igualación, unificando la composición de las aguas que lo alimentan, diluyendo las crecidas microbianas que los lavados de los terrenos pueden aportar por los distintos cursos de agua recogidos y rebajando por tanto los valores máximos de contaminación que las aguas residuales puedan aportar.

Reducción del número de gérmenes de todas clases y disminución de su vitalidad, en especial de los capaces de desarrollarse a la temperatura del cuerpo humano (bacterias intestinales, especialmente las del grupo coli y bacilo tífico). No obstante, el crecimiento excesivo de algas puede tener algún inconveniente pues al morir aquéllas caen al fondo del embalse en el que su descomposición determina un régimen anaerobio que llega a hacer no potable el agua en el fondo.

Se debe impedir que esas algas sean arrastradas por las tomas hacia la red de distribución, pues pueden morir en los depósitos cubiertos y dentro de las tuberías, en ausencia de luz, y entonces se descomponen y sirven de alimento a otros organismos que hacen desagradable el sabor del agua.

## 15. Evaporación en embalses

Para determinar la reserva disponible real en un embalse habrá que tener en cuenta la evaporación, sobre todo si su superficie de agua es grande, la región es seca y es de altas temperaturas.

La evaporación es más intensa

- Cuanto más alta es la temperatura del agua.
- Cuanto más baja es la presión del aire.
- Cuanto más fuerte es el viento.
- Cuanto mayor es el déficit de saturación del aire.

Para la medición de la evaporación en la superficie del agua, suelen emplearse los evaporímetros con superficie libre. Las alturas que dan dependen de la naturaleza del vaso y de la del agua que lo llena. En los vasos de fondo oscuro es mayor que en los de fondo claro. En aguas turbias, o sucias, la evaporación es mayor porque se calientan más.

Las fórmulas en las que la evaporación se relaciona con la velocidad del viento, el déficit de saturación y la temperatura del aire son poco exactas y no muy empleadas. Como valores medios de la evaporación pueden tomarse entre 600 y 1.200 mm al año, sobre la superficie total máxima inundada por el embalse.