

SALINIDAD Y ALPECHINES EN UN COMIENZO MUY SECO DE LA EXPLOTACION DEL EMBALSE DEL GUADALHORCE

COLEGIO INGENIEROS DE CAMINOS
BIBLIOTECA

Por LUIS DE COSSIO
Doctor Ingeniero de C., C. y P.

3

INTRODUCCION

Las aguas del río Guadalhorce, en la provincia de Málaga, se han utilizado desde hace siglos para regar la vega baja del río. La fuerte irregularidad de caudales de éste hacía necesario el empleo de pozos de bombeo en muchas de las explotaciones agrícolas. La puesta en servicio en el año 1921 de la presa del Conde de Guadalhorce en el río Turón, afluente del Guadalhorce, aseguró el riego de 4.000 Has. La terminación en 1973 de la presa de Guadalhorce-Guadalteba, situada inmediatamente aguas arriba

de la confluencia de los ríos Guadalhorce y Guadalteba permitirá ampliar la superficie regable hasta 22.000 Has, y a su vez el garantizar un suministro de un caudal continuo de 1.500 litros por segundo para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Málaga, utilizando las aguas de los tres ríos citados que se mezclan en el cauce y discurren por éste y por canal al aire libre en un recorrido de unos 50 kilómetros, desde las presas hasta Málaga. El abastecimiento de agua a la ciudad se efectuó durante muchos años con agua procedente de los manantiales de Torremolinos, pero el gran incremento de población en los dos

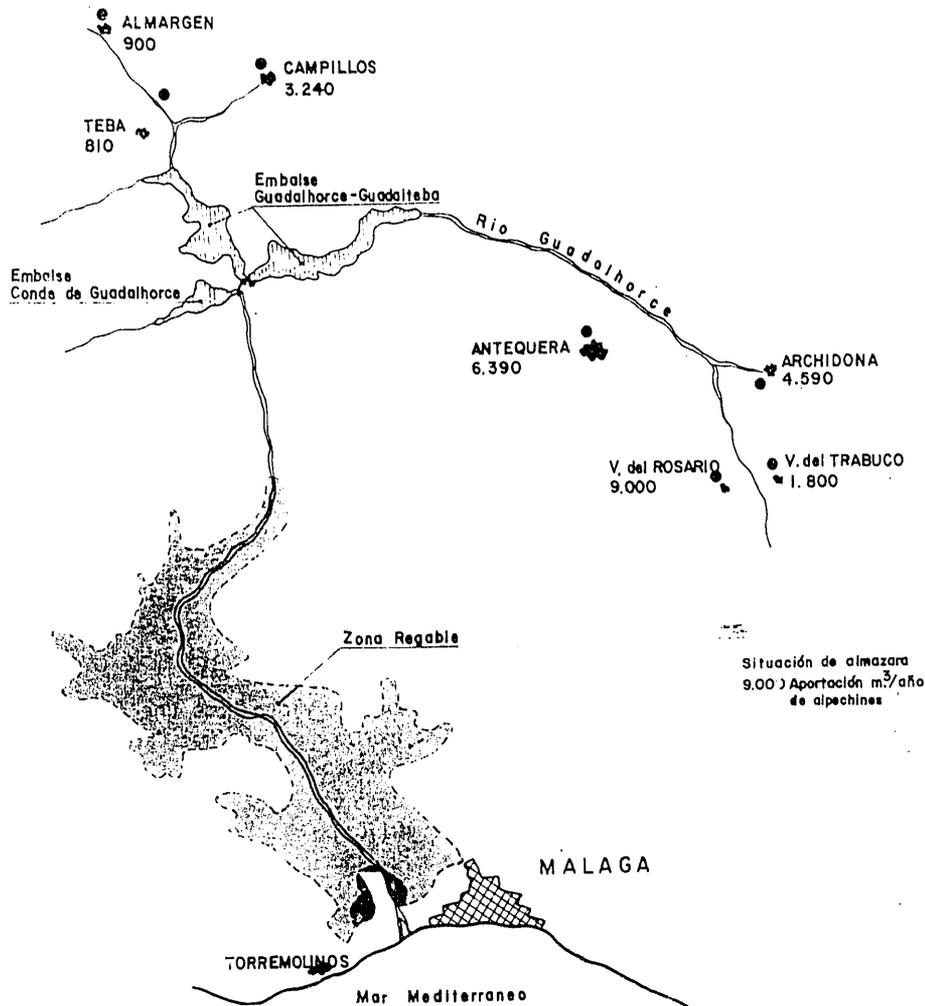


Fig. 1.—Plano de situación.

núcleos urbanos obligó a tener que complementar el suministro a partir de los años 60 con agua extraída de pozos de captación profunda y subálvea en la desembocadura del Guadalhorce. Desde 1969 al empezar a funcionar la estación depuradora y ante el constante aumento de la demanda se ha utilizado ya el agua del Guadalhorce, en unas proporciones del orden de los 2/3 del total del suministro a la ciudad.

La presa sobre el río Guadalteba empezó a embalsar a finales de 1971 y la del Guadalhorce en junio de 1973, coincidiendo los dos primeros años de la explotación de este embalse con dos años de fuerte sequía que han agudizado los problemas planteados por la calidad de las aguas del río en su doble aspecto de salinidad y de aportación de materia orgánica producida por el vertido de alpechines. Hemos creído interesante a la vista del tema planteado en la cuestión 47 "Efectos de algunos factores del entorno sobre las presas y los embalses" del XII Congreso de Grandes Presas de Méjico, el comentar la experiencia obtenida (ver en figura 1 plano de situación.)

CARACTERISTICAS DE LA PRESA Y DEL EMBALSE

La presa de Guadalhorce-Guadalteba es una presa de escollera, con núcleo central de arcilla. Está compuesta de dos presas —una en cada uno de los ríos— con un aliviadero común, formando un embalse único de 328 Hm³ de capacidad, si bien por debajo de la cota 355 cada presa forma un embalse independiente. La altura de la presa sobre cimientos es de 84 m, la longitud de coronación es de 890 m, y el volumen total de los materiales constitutivos del cuerpo de la presa es de tres millones de metros cúbicos.

El aliviadero tiene una capacidad de desagüe de 2.100 metros cúbicos por segundo por medio de cuatro compuertas Taintor de 11 × 8 m. Las tomas y desagües de fondo están constituidos por dos sistemas esquemáticamente igua-

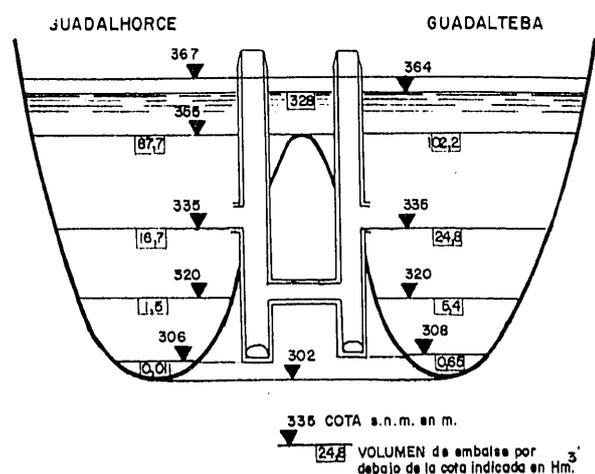


Fig. 2.—Croquis transversal del embalse y del sistema de tomas.

les, uno para cada embalse, constando cada uno de ellos de una torre de toma, una conducción revestida de hormigón armado, y una tubería metálica que se bifurca en dos, atravesando la totalidad del túnel que sirvió para desviar el río. En cada una de las tuberías hay instaladas una válvula de seguridad de tipo mariposa y una válvula de regulación de tipo Howell-Bunger por las que pueden desagüarse caudales de hasta 60 m³/s, controlándose un desagüe total de 240 m³/s. Las torres de toma son estructuras cilíndricas verticales de hormigón armado comunicadas entre sí mediante un túnel de trasvase. En cada torre existen tres compuertas vagón de cierre de las tomas, túnel de trasvase y desagüe de fondo. En la figura 2 se representa un croquis transversal del embalse y del sistema de tomas en que se ha reflejado el esquema de funcionamiento y se han representado las cotas más importantes y los volúmenes de embalse por debajo de ellas.

CALIDAD DE LAS AGUAS

Las aguas de los tres ríos, Guadalhorce, Guadalteba y Turón tienen unas bien diferenciadas características de calidad en sus aspectos de salinidad y materia orgánica, únicos a que nos referiremos en este escrito. La cuenca del Turón es de 270 Km², montañosa, y constituida por terrenos paleozoicos, mesozoicos sin triás y terciarios. La del Guadalteba de 486 Km² es menos accidentada y constituida por los mismos terrenos sin el paleozoico. La del Guadalhorce de 945 Km² es más plana y constituida por terrenos mesozoicos, terciarios con triás y cuaternarios, siendo importante en ella la mancha triásica. En las cuencas del Guadalteba y del Guadalhorce existen una serie de instalaciones de extracción del aceite de oliva (almazaras) en las que se muele la aceituna en el período noviembre-febrero produciendo un líquido residual de la molienda llamado alpechín, con un elevadísimo contenido de materia orgánica, que vierten al río con un caudal diario del orden de los 250.000 litros, disminuyendo apreciablemente el oxígeno contenido en las aguas.

De los análisis efectuados durante los años 1973, 1974 y 1975 se pueden resumir las características de las aguas en el cuadro 1. Hay que hacer notar que en él la estación de toma de datos del Guadalhorce se encuentra aguas arriba del manantial de Meliones, del que después hablaremos, y que hace una considerable aportación salina, por lo que las cifras dadas para el Guadalhorce hay que considerarlas por defecto.

Puede verse que tanto las aguas del Guadalteba como las del Turón están por debajo de la concentración máxima aceptable dada para los cloruros (200 p.p.m.) por la Organización Mundial de la Salud, mientras que las del Guadalhorce dan una media en el año 1974 superior en un 42 por 100 a la máxima tolerable según dicha Organización (600 p.p.m.).

En definitiva, las aguas del río Guadalhorce presentan un serio problema por su elevada concentración salina y

CUADRO 1.—CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS

Río	Determinaciones	1973	1974	1975	
Turón	Cloruros (Cl en p.p.m.)	Máx.	43	43	64
		Med.	27	22	32
		Min.	14	7	14
	Dureza (en °F)	Máx.	30,2	27,2	33,2
		Med.	23,8	22,4	24,0
		Min.	16,1	16,1	19,1
Guadalteba	Cloruros (Cl en p.p.m.)	Máx.	142	128	149
		Med.	111	86	96
		Min.	36	50	50
	Dureza (en °F)	Máx.	57,6	54,4	91,3
		Med.	38,6	34,5	37,9
		Min.	12,8	26,2	28,2
Guadalhorce	Cloruros (Cl en p.p.m.)	Máx.	1.448	4.610	1.711
		Med.	575	857	468
		Min.	71	114	64
	Dureza (en °F)	Máx.	118,9	110,8	95,7
		Med.	77,7	75,6	77,5
		Min.	41,3	42,3	5,4

a su vez las aguas de los ríos Guadalhorce y Guadalteba presentan un importante problema por su contenido en materia orgánica durante los meses de molienda de la aceituna. Analizaremos por separado estos problemas.

SALINIDAD

Criterios del proyecto en relación con la salinidad.

Durante la fase de proyecto de la presa la consideración prevalente era la de la imperiosa necesidad de aprovechar al máximo las aguas del río —el más importante de la provincia de Málaga— aun a sabiendas de las deficiencias de su calidad y de las dificultades que planteaba el reducir la concentración salina de las aguas de una cuenca con una amplia zona en terrenos triásicos del Keuper.

Por ello, se dio una gran importancia al proyecto de las tomas y desagües de fondo, adoptando las siguientes disposiciones: a) un desagüe de fondo profundo en el Guadalhorce por debajo del cual sólo queda un volumen de 10.000 m³, siendo por ello posible el poder vaciar en su totalidad el embalse y el poder extraer el agua por dicho desagüe; b) un túnel de trasvase entre dos embalses a cota 320, que sólo deja 1,5 Hm³ de embalse bajo él, y que

confiere una gran elasticidad a la explotación, facilitando un juego de trasvases por fondo o toma como puede deducirse de la figura 2, y c) unas válvulas de regulación que permiten extracciones de pequeños caudales, hasta 250 litros por segundo, para aun con concentraciones salinas altas, no interrumpir la extracción.

Método operativo de explotación.

Los problemas planteados por la salinidad se han visto agudizados por los dos años extremadamente secos en que se ha desarrollado el comienzo de la explotación, con el consiguiente aumento de las concentraciones salinas. La aportación mínima del Guadalhorce en el período 1912-1913 y 1970-1971 de que disponemos registros ha sido de 31,5 Hm³ en 1949-1950. Las aportaciones en los años hidráulicos 1973-1974 y 1974-1975 han sido de 33 y 27,7 hectómetros cúbicos, respectivamente.

El criterio operativo que se ha seguido en la explotación ha sido el de tratar de utilizar al máximo todas las aguas disponibles, extrayendo del Guadalhorce toda el agua posible que, una vez mezclada con las del Guadalteba y Turón, estuviese cercana en cloruros al máximo tolerable por la Organización Mundial de la Salud, controlándose diariamente este extremo por medio de análisis efectuados en las muestras tomadas en el río después de la mezcla. De hecho, y pese a las bajísimas aportaciones ya indicadas habidas en los dos años de explotación ha sido posible el terminar el año hidráulico 1974-1975 habiendo vaciado el embalse del Guadalhorce, y habiéndonos movido en valores reales de cloruros (Cl) en la red de distribución de la ciudad inferiores a 500 p.p.m., salvo el 25 de septiembre de 1973, cuando se estaba todavía en las operaciones de puesta a punto de las instalaciones, dentro a su vez de la fase de transmisión de funciones de los equipos de construcción y montaje a los de explotación, en que se produjo por necesidades de dichas operaciones una accidental maniobra en la explotación, que provocó una primera extracción de agua del embalse de Guadalhorce que llegó a la ciudad con una concentración de 4.000 partes por millón de Cl Na. Había en dicho momento embalsados 5,5 Hm³, constituidos por aguas de estiaje —se había empezado a embalsar el 1 de junio— con alta concentración salina. Este hecho fortuito, pero alarmante, sirvió para que a partir de él se extremaran las medidas de control.

Experiencia obtenida.

Era realmente interesante el estudiar cómo se ha comportado el embalse en relación con este problema de la salinidad.

Para ello se han efectuado a lo largo del tiempo tomas de muestras a distintas profundidades para determinar la concentración en Cl Na.

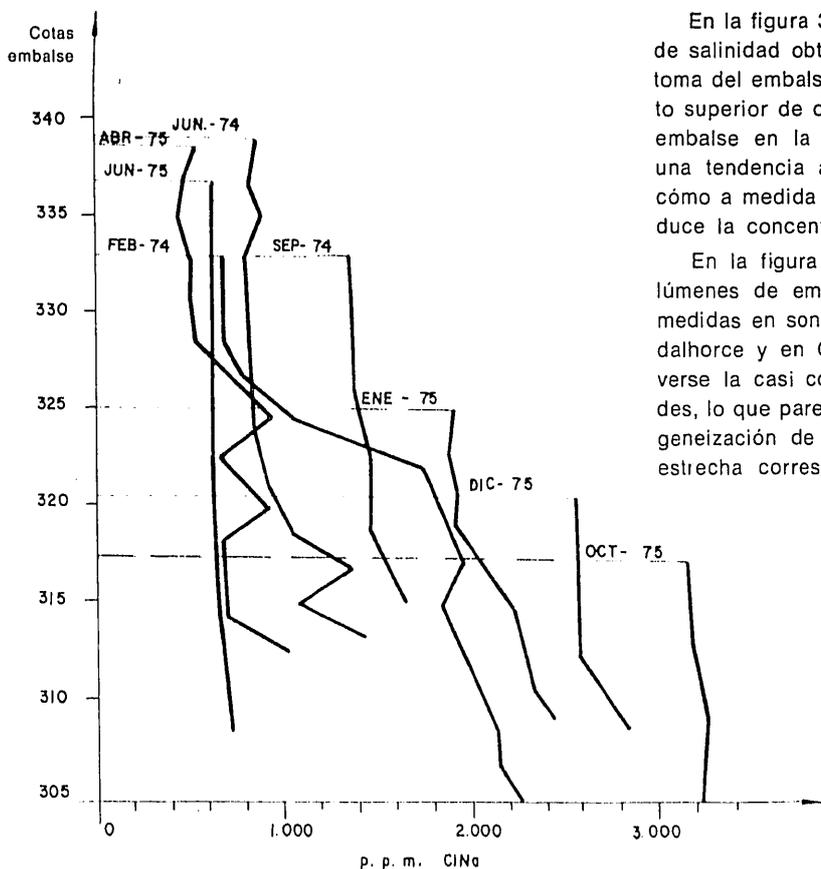


Fig. 3. — Curvas de salinidad en sondeos cercanos a la torre de toma de Guadalhorce.

En la figura 3 se han representado varias de las curvas de salinidad obtenidas en sondeos cercanos a la torre de toma del embalse del Guadalhorce, reflejándose en el punto superior de cada curva el nivel a que se encontraba el embalse en la fecha correspondiente. Puede observarse una tendencia a aumentar la salinidad hacia el fondo y cómo a medida que aumenta el volumen embalsado se reduce la concentración salina de forma bastante uniforme.

En la figura 4 se han representado las curvas de volúmenes de embalse y las de salinidades a la cota 320 medidas en sondeos cercanos a la torre de toma del Guadalhorce y en Gobantes, unos 3 Km aguas arriba. Puede verse la casi coincidencia de las dos curvas de salinidades, lo que parece demostrar el que se produce una homogeneización de la salinidad a lo largo del embalse, y la estrecha correspondencia existente entre ambas y la de

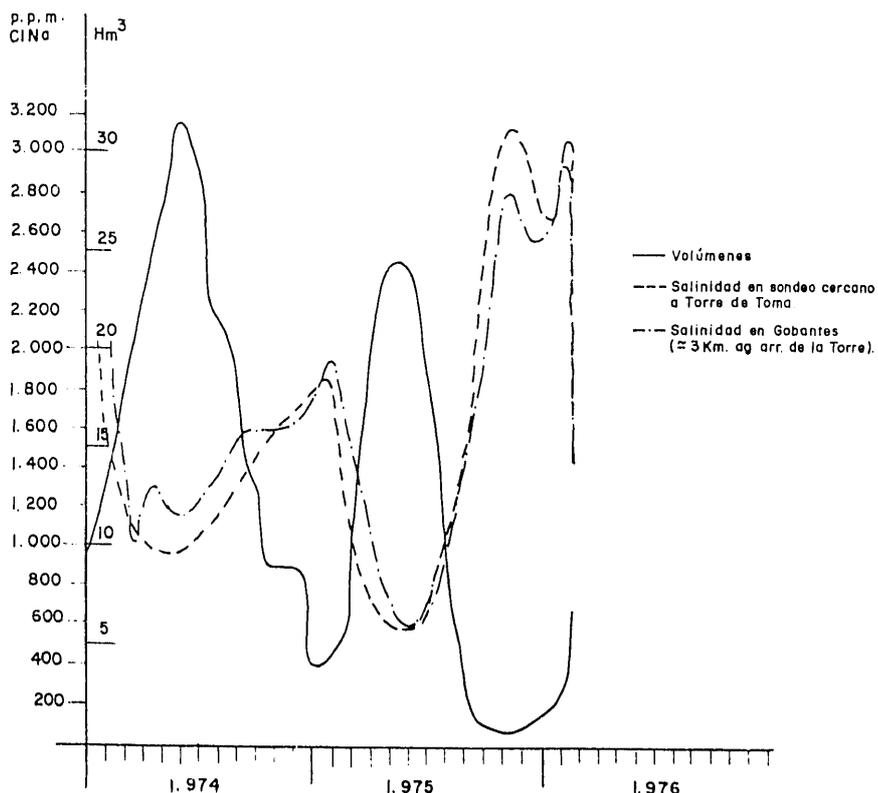


Fig. 4. — Curvas de volúmenes de embalse y de salinidad a la cota 320.

volúmenes de embalse con una clara reducción de la salinidad al aumentar el volumen y viceversa.

En la figura 5 se han representado las aportaciones medias diarias de sal en distintos periodos en función de las aportaciones medias diarias de agua en los mismos periodos. Puede observarse el relativamente pequeño in-

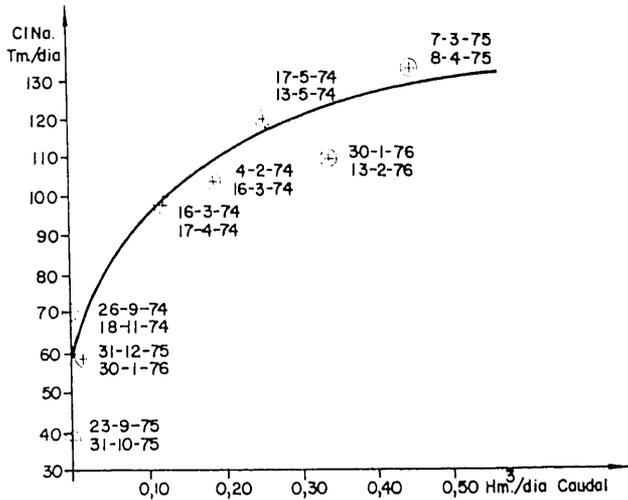


Fig. 5.—Aportaciones medias diarias de sal en función de las de agua en distintos periodos.

cremento que se produce en la aportación de sal al incrementarse el caudal. Ello hace prever el que en años hidráulicos normales se reducirá de forma apreciable la concentración de sal.

Possibilidades de mejora de la calidad de las aguas.

El descubrimiento en 1969 del manantial salino del Cañaveralejo surgiendo en un arroyo a cota superior a la de máximo embalse y, posteriormente, en 1974, el del manantial de Meliones situado en el propio cauce del río y a unos 10 m por debajo de dicha cota, con unas aportaciones salinas conjuntas que representan entre el 40 y el 80 por 100 de la salinidad total del río Guadalhorce, han hecho concebir esperanzas —por su localización y sus caudales relativamente pequeños— de que pueda reducirse muy sensiblemente la salinidad de las aguas.

Las características fundamentales de dichos manantiales en los años 1974 y 1975 han sido:

	Caudal (litros/seg.)			p.p.m. de Cl Na
	Máximo	Mínimo	Medio	
Cañaveralejo.	2,5	0,5	1,5	100.000
Meliones	20	6	12	55.000

Se ha redactado un proyecto para evaporar las aguas del Cañaveralejo, consistente en construir unas balsas de evaporación mediante dos pequeñas presas con una superficie de embalse global de 115.000 m², suficiente para que en el transcurso del año se produzca la evaporación total de la aportación anual, estimada en 94.000 m³, explotándose a partir del quinto año la salina formada. Meliones presenta mayor dificultades para poder aplicarle una solución parecida por encontrarse dentro del embalse y no disponerse a una distancia económicamente aceptable de la superficie necesaria para la evaporación, bastante mayor que en Cañaveralejo. Se está estudiando actualmente este manantial, tratando en primer lugar por medio de isótopos radiactivos de determinar la procedencia y recorrido del agua salina, que parece debe drenar la montaña triásica llena de simas y cavernas por la que hemos perforado un túnel de 1,7 Km de la variante del ferrocarril Madrid-Málaga afectado por el embalse.

ALPECHINES

El alpechín es un líquido de color oscuro y olor fétido característico, que se obtiene en el prensado de las aceitunas para la obtención del aceite, del que se separa por centrifugación o decantación. Constituye aproximadamente el 50 por 100 en peso de la aceituna. La composición y características del alpechín son muy variables dependiendo de una serie de factores tales como la clase de aceitunas, las condiciones climatológicas, la tierra de cultivo, los abonos empleados, la época de la recolección, etcétera. Su composición media es la siguiente:

Agua	83 %
Materia orgánica	15 %
Sustancia mineral	2 %

La materia orgánica está constituida principalmente por azúcares, aceite, ácidos orgánicos, alcoholes y proteínas. La sustancia mineral por una serie de sales de las cuales las potásicas constituyen el 60 por 100 de la totalidad.

Su densidad varía entre 1,01 y 1,08.

Se puede considerar que la media de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.) para el alpechín procedente de la aceituna fresca es de unos 80.000 mg/l. Esta cifra se reduce cuando el alpechín se mezcla con el agua procedente del lavado de la aceituna, siendo normal que el valor del D.B.O. del conjunto de aguas residuales de las almazaras conteniendo el alpechín sea del orden de 30.000 mg/l.

Las almazaras de la cuenca del Guadalhorce (ver fig. 1) han vertido habitualmente sus aguas residuales directamente al río. Las determinaciones del D.B.O. hechas en el Guadalhorce antes de llegar al embalse dan valores entre 13 y 18 mg/l. La presencia del alpechín, incrementando extraordinariamente el color, olor y materia orgánica de las aguas, ha obligado a reducir el caudal de agua depurada

en la Estación Depuradora de Málaga, a pesar de lo cual la planta ha tenido que funcionar en condiciones difíciles, habiendo sido necesario el tener que desembalsar agua del Turón sin alpechines, en algunos períodos, para aumentar la dilución. El problema se ha solucionado en la Depuradora con una precloración intensa del agua bruta antes de llegar a la estación.

En el embalse no ha habido realmente oportunidad de poder estudiar los efectos de una posible estratificación del alpechín al haberse vaciado a final del estiaje de 1975 con la consiguiente purga total.

Se han efectuado por parte de los Organismos interesados del Ministerio de Obras Públicas gestiones con los responsables de las alcazaras con objeto de buscar una solución al problema. En este sentido se han realizado experiencias de riego con el propio alpechín en fincas cercanas a las alcazaras, y de vertido de éste en unas albercas hechas en el terreno adyacente a las alcazaras donde se consiga la desecación de las aguas residuales. No es posible todavía el obtener conclusiones al respecto, pero sí se puede constatar el que en el presente año hidráulico de 1975-1976 y, como consecuencia de dichas experiencias, ha descendido en forma notable el vertido del alpechín.

Parece, sin embargo, debería intensificarse la investigación y puesta a punto de un proceso industrial rentable que permitiera alguno de los varios aprovechamientos posibles del alpechín para la obtención de piensos, abonos, levaduras-piensos, alcohol, carbonato potásico, etc. En este sentido la Confederación Hidrográfica del Sur ha realizado una serie de ensayos en una alcazara de Antequera mediante el desarrollo de la *Torula utilis*, que es una levadura aclimatable con facilidad en el alpechín, que reduce la mayoría de los azúcares existentes en éste, y que había sido experimentada por el Instituto de la Grasa y sus Derivados de Sevilla. La ejecución del ensayo exige personal muy especializado y se ha confirmado la necesidad antes apuntada de profundizar más en la cuestión. Dentro de estos ensayos ha sido positivo el comprobar la importante reducción en el D.B.O. que se obtiene por aireación mediante turbina.

CONCLUSION

La experiencia obtenida en los dos primeros años de la explotación del embalse del Guadalhorce, coincidentes con dos años extremadamente secos —el pasado año hidráulico ha sido el más seco de los cincuenta y ocho

años de que se tienen registro, y el anterior sólo superior en 1,5 Hm³ al más seco del período— estimamos ha sido satisfactoria y alentadora en relación con los dos problemas fundamentales planteados por las aguas del Guadalhorce en su doble aspecto de salinidad y de alta aportación de materia orgánica durante el período noviembre-febrero de molienda de la aceituna.

Se ha logrado utilizar en su totalidad el agua del Guadalhorce, con límites altos de concentración salina, pero con más de un 17 por 100 por debajo de la máxima tolerable por la Organización Mundial de la Salud. De los estudios comentados parece deducirse el que las concentraciones se reducirán apreciablemente con años más húmedos. La evaporación del manantial salino del Cañaveralejo mejorará la calidad de las aguas reduciendo su salinidad del orden de un 10 por 100, como media, y la localización del manantial de Meliones, cuya influencia en la aportación total de sal al embalse puede oscilar entre un 30 y un 70 por 100, hace concebir esperanzas de encontrar su corrección futura.

En cuanto al alpechín las experiencias realizadas utilizándolo para riegos y desecándolo en albercas parecen positivas, aunque, sin duda, será preciso el profundizar más en sus varias posibilidades de aprovechamiento.

BIBLIOGRAFIA

- "Guadalhorce-Guadaleba". Folleto editado por la Dirección General de Obras Hidráulicas para el XI Congreso de Grandes Presas. Madrid, 1973.
- "Presa de Guadalhorce-Guadaleba". Folleto editado por la Confederación Hidrográfica del Sur. 1974.
- DE COSSIO, L., et PEIRONCELY, J. M.: "Barrage en enrochements fondé sur des grès hétérogènes avec des zones non cimentées". R. 27. Q. 37. X Congreso de Grandes Presas. Montreal, 1970.
- DE COSSIO, L.: "Waterproofing at the Guadalhorce-Guadaleba dam". C. 9 XI Congreso de Grandes Presas. Madrid, 1973 .
- FIESTAS ROS DE URSINOS, J. A.: "Estudio del alpechín para su aprovechamiento industrial". Artículos publicados en la revista *Grasas y Aceites*, del Instituto de la Grasa y sus Derivados, de mayo de 1953, junio de 1958, mayo-junio de 1960, julio-agosto de 1961 y marzo-abril de 1966.