

La profundidad del disco de Sechi y la geología del vaso del embalse (*)

Por JOSE LUIS SANCHEZ LOPEZ

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

La profundidad del disco de Sechi puede verse afectada sustancialmente en determinados embalses con alto contenido en sales cálcicas en disolución. En el presente trabajo se analiza este hecho tratando de cuantificarlo en primera aproximación y valorando los diferentes factores que intervienen.

INTRODUCCION

Las interesantes relaciones existentes entre la profundidad del disco de Sechi y los parámetros que definen el grado trófico de un embalse hacen que, dentro de lo posible, la simple medición de dicha profundidad (inmediata de obtener) signifique una buena aproximación al estado de salud del embalse en cuestión. Al menos aparentemente. Dado que el disco de Sechi no mide sino la transparencia de las aguas, cabe imaginar que todos aquellos factores que puedan influir en la misma sin estar relacionados, o al menos no manifiestamente relacionados, con el grado trófico de un agua representan influencias distorsionantes en la clasificación del agua embalsada. Uno de estos factores es la geología del vaso en que se encuentra el embalse.

El autor del presente escrito realizó en el año hidráulico 1982-83 un estudio acerca del comportamiento, desde un punto de vista limnológico, del embalse del Taibilla y de su posible grado de eutrofización. Todos los parámetros analizados

presentaron un comportamiento conforme al tipo de embalse, todos menos el disco de Sechi. En el estudio mencionado se recogía: "El valor máximo alcanzado ha sido de 1,80 m. en el mes de agosto, mientras que el mínimo (octubre) quedó reducido a 0,75 m. Estas cifras corresponden a embalses fuertemente eutróficos, con notables eclosiones de fitoplancton, sobresaturaciones en superficie de oxígeno, etc. Con la información disponible en este momento resulta difícil dar explicación a valores tan bajos para la profundidad del disco de Sechi".

El presente trabajo pretende analizar la relación entre la geología del vaso y la transparencia del agua y, por tanto, la profundidad del disco de Sechi. Concretamente se estudia la repercusión que un vaso calizo puede representar sobre dicha profundidad. Cuantas pruebas y resultados se recogen después responden a los análisis y ensayos efectuados sobre las aguas del embalse del Taibilla en el año 1989 y parte de los años 88 y 90. La finalidad primera que se perseguía se centraba en aceptar o eliminar la turbidez cálcica como causa primordial de los reducidos valores de la profundidad del disco de Sechi medido en el embalse del Taibilla.

GEOLOGIA DEL VASO

Parece imprescindible exponer, aunque sea muy sucintamente, la geología del vaso en que se asienta el embalse del Taibilla.

La ubicación de la presa y embalse del Taibilla afecta principalmente al Terciario y Cuaternario. En la mayor parte los terrenos están constituidos por calizas, margas y lentejones arcillo-arenosos de color rojizo.

El Eoceno Superior, constituido por margas y calizas, conforma una gran parte de la margen derecha del vaso. El resto de dicha margen está formado por un conjunto arenarcilloso del Oligoceno, que, en parte, llega a ocupar algo de la margen izquierda. La rambla de la Rogativa, extensa cuenca vertiente al embalse por su margen derecha, se integra en el Mioceno con calizas arenosas, a veces cementando cantos silíceos.

La ladera izquierda se forma principalmente por conglomerados y arcillas ya citadas, así como calizas y molasas del Mioceno marino, con lentejones intercalados del Eoceno.

Así como de las arcillas, procedentes del Oligoceno, se extrajeron los materiales para el nú-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de noviembre de 1990.

cleo impermeable de la presa, de la margen izquierda, zona de contacto entre Eoceno y Mioceno marino, se extrajeron las calizas empleadas en la esollera de protección de ambos paramentos.

Según se acaba de señalar, un elevado porcentaje del lecho del río y del vaso es calizo, lo que explica la naturaleza de las sales disueltas con predominio total de bicarbonato cálcico, con una dureza de 26° F de las aguas del río, inalterable desde los primeros análisis realizados (principio de siglo) hasta los más recientes.

LA TURBIDEZ Y LA TURBIDEZ CALCICA

En las aguas naturales, el equilibrio del carbónico representa la posibilidad de que dichas aguas presenten comportamientos agresivos o incrustantes. Mientras en el primer caso se producirá un auténtico ataque a los materiales en contacto con el agua, en el segundo tendrá lugar una precipitación de carbonato cálcico. Uno y otro fenómeno suelen originar problemas en los abastecimientos de agua potable. Nos interesa ahora, de forma especial, el segundo.

La cantidad de carbónico presente en el agua, en disolución, puede verse afectada, entre otros, por dos fenómenos naturales: el aumento de temperaturas (cambio) y la fotosíntesis del fitoplancton suspendido en el epilimnion del embalse. La extracción de una molécula de carbónico va a representar inmediatamente la formación de un ion carbonato. Si las aguas en cuestión son duras, con altos contenidos en iones calcio, el

exceso de iones carbonato al que nos acabamos de referir puede precipitar en forma de carbonato cálcico. La formación de estos cristales puede dar lugar a una ligera lactescencia en el agua o, lo que es lo mismo, una alteración más o menos importante de la transparencia de las aguas en que ocurre el fenómeno. Esta precipitación podría explicar un incremento en la turbidez de las aguas embalsadas, siendo necesario verificarlo y medirlo.

En el equilibrio del carbónico a que nos hemos referido la solubilidad de las sales poco solubles (como el carbonato cálcico) está determinada por el pH de la solución, de forma que se podrá conseguir la disolución total de los carbonatos en una muestra saturada con la presencia de un exceso de ácido. Este exceso de ácido se corresponde con la valoración de la alcalinidad total, llegando a un pH cercano a 4. Esto que se acaba de señalar surge inmediatamente, como instrumento primero en la determinación de aquella parte de la turbidez producida única y exclusivamente por cristales de carbonato cálcico en suspensión. Bastará llevar el agua en estudio, mediante la adición correspondiente de un ácido, a valores del pH próximos a 4: la turbidez remanente será la no cálcica, ya que el carbonato cálcico habrá sido disuelto completamente.

LA TURBIDEZ CALCICA EN EL AGUA DEL EMBALSE DEL TAIBILLA, DE VASO EMINENTEMENTE CALIZO

A continuación se recogería, en síntesis, los resultados de

los diferentes ensayos realizados a fin de determinar la influencia o no influencia de la turbidez cálcica (existencia o no de carbonatos en suspensión) en la turbidez total y, en el primer caso, su cuantificación y relación con otros factores. El objetivo primero consistía en poder explicar o no mediante esta turbidez el reducido valor de la profundidad del disco de Sechi. Los diferentes puntos que se han estudiado han sido la variación en el tiempo de la profundidad del disco de Sechi y de la turbidez, la relación entre ambos parámetros y la relación entre la turbidez total y la calcárea a fin de determinar la repercusión de la primera sobre la segunda, acabando con unas conclusiones en las que se pretendía resumir todos los aspectos estudiados.

Todas las determinaciones se refieren a un período de quince meses, desde enero de 1989 a marzo de 1990.

a) Variación de la profundidad del disco de Sechi con el tiempo

En el período estudiado, la variación de la profundidad ha sido mínima. El valor máximo fue de 2,90 m., en enero de 1990, y el mínimo de 0,80 m. en diciembre de 1989. En la figura 1 se ha recogido la variación del disco de Sechi a lo largo del período. Puede observarse que aparece casi como una línea horizontal, paralela a la superficie del agua, con unas máximas profundidades en octubre de 1989 y enero de 1990, separadas ambas por dos mínimas en noviembre y diciembre de 1989. Se considera que un período de 15 meses es sufi-

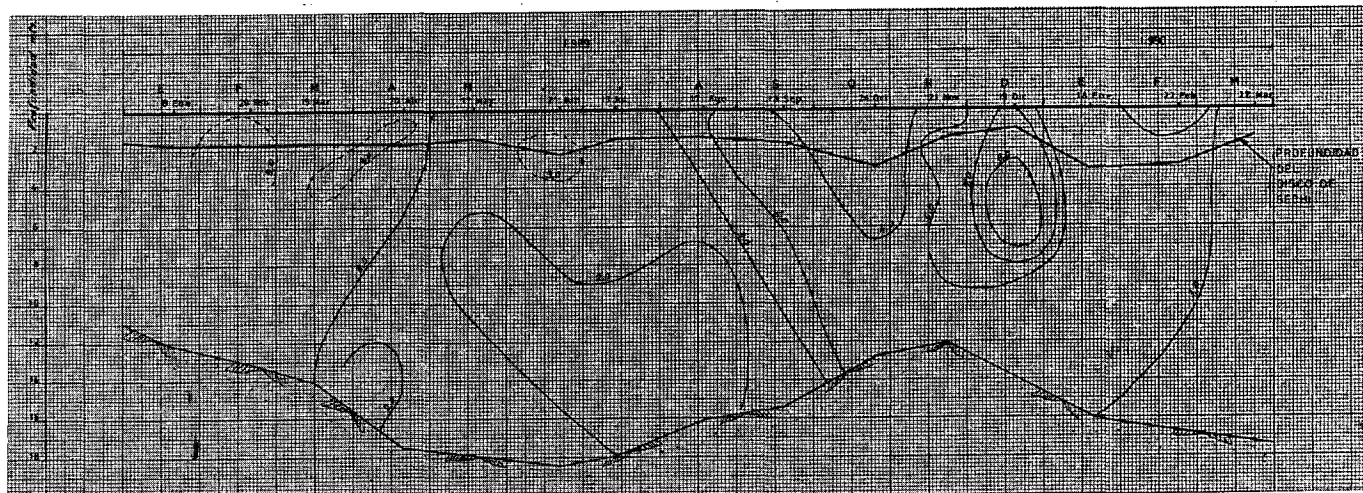


Figura 1.—Profundidad del disco de Sechi y turbiedades del agua en el tiempo.

cientemente representativo y, por tanto, que la escasa profundidad del disco de Sechi medida representa la realidad del agua del embalse del Taibilla. Cabe añadir otro dato interesante. En las determinaciones realizadas durante la campaña 1982-83 la profundidad máxima del embalse no sobrepasó los 7 m., por el contrario en la actualmente efectuada se han sobrepasado los 18 m. de lámina de agua, teniendo presente que el punto del embalse en que se ha efectuado la toma de muestras ha sido prácticamente el mismo que en aquella ocasión.

b) Variación de la turbidez de la masa de agua con el tiempo

Lógicamente la turbidez de la vertical de la masa de agua en que se efectuó la toma de muestras fue cambiando con el tiempo, considerándose que el primer factor a influir sobre este cambio debía de ser la turbidez transportada por el río, y en segundo lugar la ocurrencia o no de lluvias en la cuenca vertiente al vaso. Dado que el punto de muestreo se

encontraba cerca de la presa, las variaciones de turbidez en el río han influido poco tras la acción sedimentadora del embalse. Las turbias originadas por lluvias podían haber tenido una mayor influencia pero se tuvo siempre la precaución de no efectuar la toma de muestras en días próximos a otros lluviosos, con lo cual la influencia de este factor también se ha minimizado. Es preciso aclarar que las fuertes turbiedades que se determinaron cerca del fondo en algunas de las determinaciones podrían explicarse por la agitación que el tomamuestras pudo producir en los sedimentos del embalse, aunque el estudio de la figura 1 no exige en absoluto la explicación anterior. En efecto, los valores reseñados en todas las profundidades a lo largo del tiempo muestran un comportamiento muy homogéneo con escasas variaciones en los valores de la turbidez. De esta uniformidad sólo hay que excluir las cifras recogidas en el fondo durante los meses de octubre, noviembre, diciembre de 1989 y enero de 1990. Consecuentes estas cifras con el hecho de que en los

meses mencionados se produjeron precipitaciones en el vaso del embalse de 32,4; 54,8; 125,0 y 42,5 mm./mes, lo que representa unas cifras muy por encima de las habidas en los últimos años.

En definitiva, han tenido lugar unas aportaciones anormalmente altas (y con ellas también turbideces) que pueden explicar, al menos parcialmente, estos valores.

c) Relación entre la turbidez superficial y el disco de Sechi

Se ha verificado la necesaria relación inversa entre la turbidez y la profundidad del disco de Sechi. Dicha relación queda representada en la figura 2, en la que, sin intención de cuantificar en absoluto, aparece el mencionado comportamiento de uno y otro parámetro.

Cabe preguntarse si para cada embalse o grupo de embalses podría plantearse una ecuación relacionando unos y otros valores, y que sería del tipo

$$P = \frac{K}{T^{\alpha}}$$

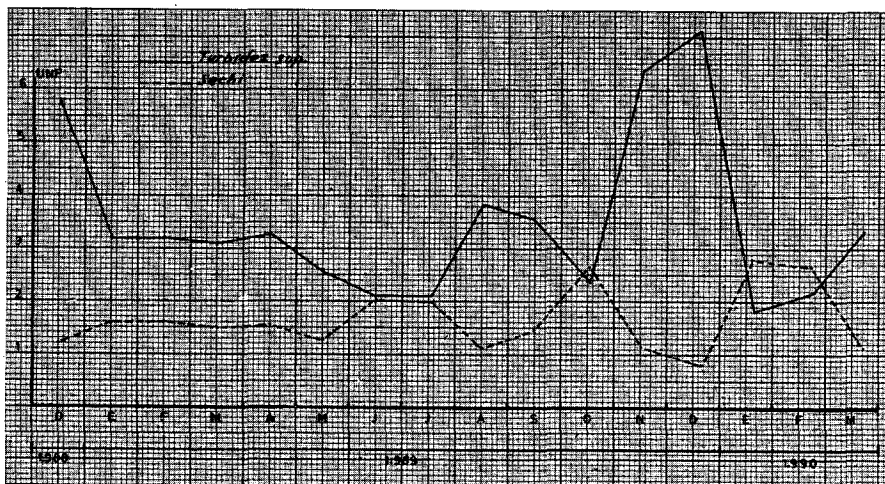


Figura 2.—Turbidez-disco de Sechi. Es manifiesta la relación inversa entre ambas magnitudes.

con valores de α próximos a la unidad y un K función, quizá, de la geología de la cuenca, de la luminosidad del día de la determinación, etc. Esta posible relación no se ha tratado de estudiar en absoluto, aunque en unas primeras y rapidísimas reflexiones sobre el tema parece que sería necesario considerar la turbidez (T) como una función de la existente a diferentes profundidades comprendidas entre la del disco de Sechi y la superficial. En el supuesto más simple de una igual influencia de todas ellas bastaría obtener el valor medio de varias determinaciones, sin embargo creo que esta solución no es la correcta.

d) Relación entre la temperatura superficial y la profundidad del disco de Sechi

Podría haberse esperado una cierta relación entre las variaciones de temperaturas del agua y la turbidez total. La razón podría haber sido el incremento en turbidez cálcica en determinadas épocas del año y la dis-

minución en otras como consecuencia de la mayor o menor precipitación de carbonatos según el esquema que ya se comentó antes. Esta presunta relación, como puede observarse en la figura 3, no ha existido. No debe por ello eliminarse la relación entre cambio de temperatura y precipitación de carbonato. Por el contrario, basta observar que cuando el agua llega al punto de toma de muestra ha recorrido todo el embalse y por tanto hace semanas que ha ido experimentando la variación térmica al pasar del río al

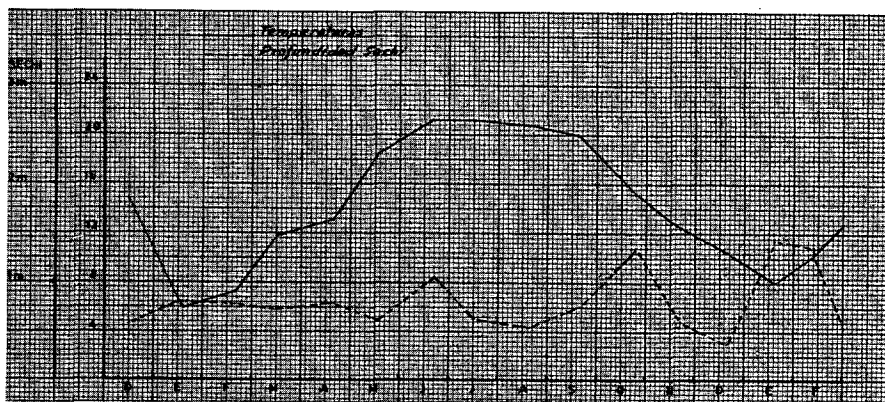


Figura 3.—Temperatura y profundidad disco de Sechi. No parece deducirse relación entre estas dos variables.

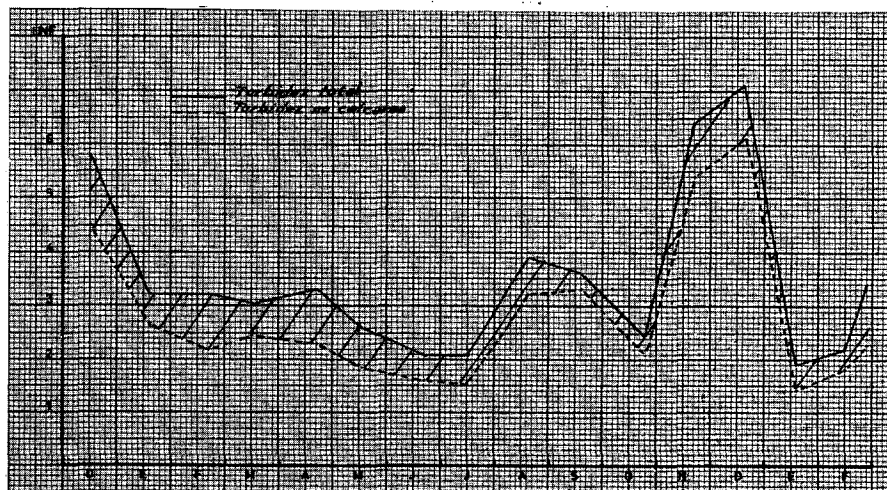


Figura 4.—Turbidez y reducción de superficie. Es manifiesta la relación entre turbidez total y turbidez cálcica.

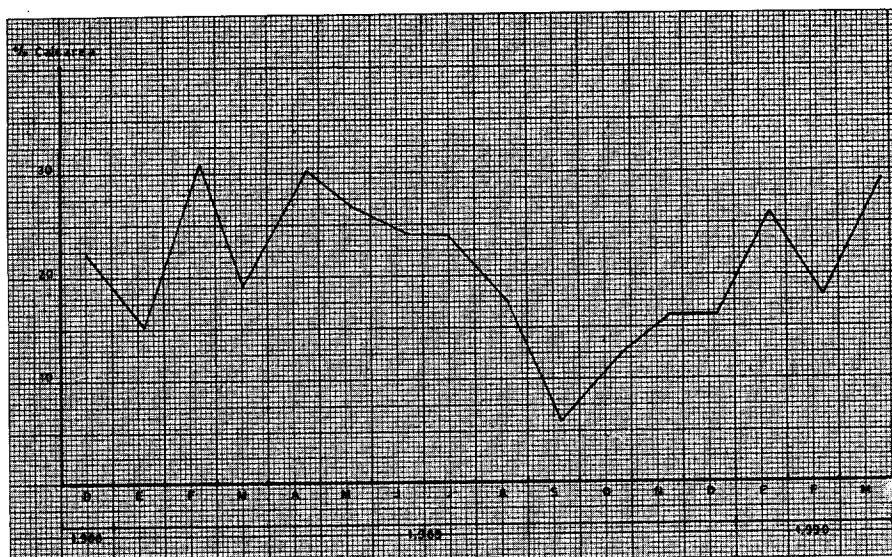


Figura 5.—Variación en el tiempo de % de la turbidez calcárea.

embalse. Basta recordar que el tiempo de retención durante estos meses fue del orden de 2,5 meses.

e) Relación entre la turbidez total y la cálcica

En este punto queda condensado el objetivo primero de este trabajo, aunque las conclusiones a las que luego se llegará van a ser distintas de las que, supuestamente, fueron origen de cuanto antecede. En la figura 4 se ha recogido la evolución a lo largo del tiempo de la turbidez superficial total y de la turbidez no cálcica, habiéndose obtenido esta última restando a la total la cálcica. La zona sombreada en la figura recoge, por tanto, la turbidez cálcica. Su determinación como ya se señaló antes, se ha efectuado mediante reducción del pH del agua a valores próximos a 4.

La primera deducción es que existe una manifiesta relación entre la turbidez total y la cálcica. De cualquier forma, dado el reducido porcentaje de la cal-

cárea (como luego se señalará), este punto se presta a diferentes interpretaciones y juicios.

Como se acaba de señalar el porcentaje de la turbidez total que representa la cálcica es muy reducido. Aunque experimenta variaciones entre el 5 y el 31 por 100, tomando el valor medio de todas las muestras analizadas se llega a la cifra del 20 por 100 que, aunque no sea despreciable, tampoco puede sobrevalorarse en el momento de explicar determinados fenómenos. En la figura 5 se ha recogido la variación del porcentaje de turbidez calcárea en el tiempo. Es manifiesta la aparente inexistencia de relación con las temperaturas. Algo similar puede decirse en relación al ciclo de fitoplancton dado el escaso desarrollo que las algas microscópicas alcanzan.

Según lo que se acaba de señalar no resulta explicable la escasa profundidad del disco de Sechi en el embalse del Taibilla mediante la existencia de una fuerte turbidez calcárea que se sumaría a la natural de las

aguas. Lógicamente los fenómenos naturales y sus causas no son tan simples como la frase que se acaba de escribir.

Cabe imaginar que la turbidez originada por diferentes causas (sustancias orgánicas, inorgánicas en general, calcáreas, etc.) produzca diferentes variaciones en la profundidad del disco de Sechi o, al menos, que algunas de ellas influyan de una manera especial. En este sentido no se ha realizado ensayo ninguno, aunque quizá podrían obtenerse resultados interesantes si se comparara la profundidad del disco de Sechi en dos aguas con idéntica turbidez (unidades nefelométricas) con predominio de sustancias orgánicas en un agua y de carbonatos en la otra, o, en casos extremos, producidos íntegramente una y otra turbidez por sustancias orgánicas o calcáreas.

No es la que se acaba de exponer la única causa que puede poner en ligera duda la anterior afirmación de no ser la escasa profundidad del disco de Sechi debido a la turbidez calcárea. Cabe imaginar una relación no lineal entre turbidez y profundidad, sino con escalones o saltos bruscos, pudiendo en algunos de estos saltos influir especialmente la cálcica.

Igualmente puede haber una función continua no lineal, apreciando la turbidez calcárea para valores de la profundidad de máxima repercusión.

ALGUNAS CONSIDERACIONES DE LAS POSIBLES CONSECUENCIAS DE LAS CONCLUSIONES QUE SIGUEN

Si bien la finalidad del pre-

sente trabajo ya se ha indicado reiteradas veces, parece necesario señalar sucintamente algunos puntos de interés en relación al mismo.

La profundidad del disco de Sechi se ha relacionado en la literatura sobre el tema con las concentraciones de nutrientes (P y N, principalmente) y, por tanto, con el grado trófico de un agua.

Cabe, pues, señalar ahora que esta dependencia será muy distinta si el embalse en estudio se encuentra en una cuenca caliza, o, por ejemplo, en una silíceo. No serán totalmente válidas las relaciones obtenidas en unas para otras.

Algo similar cabe decir en relación a las determinaciones por remote sensing o teledetección. Deberán considerarse unos factores correctores función de la naturaleza geológica de la cuenca del embalse, e incluso, podría ser, de la cuenca vertiente bastante aguas arriba de la ubicación del embalse.

CONCLUSIONES

Como resumen de cuanto antecede cabe deducir las siguientes conclusiones:

— Existe, lógicamente, una clara relación entre la turbidez superficial del agua embalsada y la profundidad del disco de Sechi.

— Hay, igualmente, una dependencia entre la turbidez total y la calcárea.

— La repercusión de la turbidez calcárea en la total no es elevada, del orden del 20 por 100, pero pudiendo llegar a valores del 35 por 100.

— No es aceptable tomar la turbidez calcárea como causa de la reducida profundidad del disco de Sechi en el embalse del Taibilla.

— Queda abierta la puerta de una influencia variable de los diferentes componentes de la turbidez según su naturaleza en la profundidad del disco de Sechi.

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento a Gonzalo Albaladejo, Licenciado en Farmacia y Jefe del Laboratorio Central de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla, por su colaboración al realizar los ensayos de determinación de turbiedades en laboratorio antes y después de la reducción del

pH. Igualmente a Silverio Bane-gas, Jefe de la Primera Zona de la Mancomunidad por la toma de muestras y determinación de la profundidad del disco de Sechi en el Embalse del Taibilla.

BIBLIOGRAFIA

— GOLDMANN, CHARLES: "Limnology", Edit. Mc Graw-Hill, 1983.

— Mancomunidad de los Canales del Taibilla: "Proyecto de presa del Taibilla", año 1968.

— MARGALEF, R.: "Limnología", Edit. Omega, 1983.

— SANCHEZ LOPEZ, JOSE L.: "Clasificación limnológica y grado de eutrofización del embalse del Taibilla en el décimo aniversario de su puesta en servicio", ROP, 1985.

— STEVEN W. EFFLER: "The importance of whiting as a component of raw water turbidity, American Water Works Association Journal", 1987.

— VALLENTYNE, J.: "Introducción a la limnología", Edit. Omega, 1978.

José Luis Sánchez López

Ingeniero de Caminos: 1966. Doctor Ingeniero: 1973. Ingreso en el cuerpo Ingenieros de Caminos del MOPU: 1977. Proyectos en Sexta Jefatura Regional de Carreteras: 1967. Proyectos en AUXIESA: 1968-1971. Mancomunidad de los Canales del Taibilla: desde 1972. Actualmente Jefe del Area de Explotación y Conservación de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla. Profesor Titular de EUIT, excedente voluntario. Profesor Asociado de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Cartagena de la Universidad de Murcia.
