

## EL PROCESO DE CONTAMINACION DE LA ALBUFERA DE VALENCIA: CARGA DE NUTRIENTES Y MATERIA ORGANICA

Maria Rosa Miracle y Eduardo Vicente  
Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia.  
46100 Burjassot (Valencia)

### 1.- INTRODUCCION

La Albufera de Valencia es una laguna costera de tipo somero situada 12 Km al Norte de la ciudad de Valencia (UTM 30S YJ 2857). Este sistema lacustre, Parque Natural desde 1986, se originó por el cierre de una bahía detrás de una barra costera de 30 Km de longitud. El cierre total de esta laguna costera ocurrió hace unos 6000 años (ROSELLO, 1972; SANJAUME, 1985).

En tiempos romanos la laguna, según descripciones coetáneas (Rufo Festo Avieno), cubría un área de 300 Km<sup>2</sup>. Desde entonces su regresión ha sido importante, si bien fue en la segunda mitad del S. XIX cuando su reducción fue más drástica, aterrándose el 60% de la superficie lagunar existente entonces para ganar tierras que dedicar al cultivo del arroz (Fig. 1). Hoy en día la laguna ocupa un área de 23,2 ± 0,1 Km<sup>2</sup> (Landsat-5), rodeada por 223 Km<sup>2</sup> de arrozales y algunas insignificantes áreas de marjal (CAVANILLES, 1795; ROSELLO, 1976).

La Albufera, originalmente una laguna de aguas salobres, sufrió un proceso de desalinización, que se vio acentuado a mediados del S. XVIII, cuando las obras hidráulicas asociadas al creciente desarrolló agrícola en la zona, incrementaron el flujo de agua fluvial que entraba en la laguna y también el flujo de salida a través de un canal abierto artificialmente entre el lago y el mar (Pujol Vell). Este canal, construido en 1762 y reconstruido varias veces después de 1862, quedó definitivamente inoperante al final del S. XIX (MOMBLANCH, 1960). Por otra parte, la creciente conversión de la antigua Albufera en arrozales dejó algunos de los canales naturales de salida, localizados al Sur de la laguna, fuera de servicio; por ello, se abrieron otros dos nuevos canales durante la primera mitad del S. XX (Pujol Nou y Perellonet). Así, la laguna salobre existente hasta el S. XVIII fue progresivamente transformada en la actual oligohalina Albufera de Valencia. Estos cambios de salinidad se han puesto de manifiesto en los estudios de las diatomeas del sedimento (MARGALEF y MIR, 1975) y la fauna de moluscos (ROBLES *et al.*, 1985).

En el momento presente los flujos de agua que entran en la laguna lo hacen por varios barrancos y una serie de canales practicados para el riego de los arrozales. La laguna también se alimenta del agua dulce procedente de surgencias localizadas tanto en su fondo como en la marjal circundante. Los flujos de salida del lago son principalmente a través de tres canales que comunican la Albufera con el mar (Pujol Nou, Perellonet y Perelló), estando el flujo de agua controlado por un sistema de compuertas, ya que toda la laguna actúa como embalse regulador en concordancia con el ciclo de cultivo del arrozal. Esta manipulación influye en el ciclo anual de los organismos y el nivel de agua de la laguna (Fig.2).

Tradicionalmente tanto el lago como la marjal de la Albufera han sido utilizados para el cultivo del arroz, la pesca y la caza, y solo en tiempos recientes la calidad del agua en el lago ha experimentado drásticos cambios. En los años sesenta el agua de la laguna aún era perfectamente transparente y desde la superficie podía verse una exuberante pradera subacuática. La población en su cuenca hidrográfica era entonces de unos 200.000 habitantes y el número de industrias rondaba las 500. Sin embargo, en tan solo una década la población prácticamente se duplicó y el número de industrias quedó multiplicado por diez. La Albufera se convirtió en la gran depuradora de todos los residuos de su cuenca hidrográfica, situación en la que continúa hoy en día. El agua entra en la Albufera cargada de nutrientes y materia orgánica y abandona el lago, principalmente con dirección hacia el mar, libre de nutrientes pero altamente cargada de biomasa fitoplanctónica, constituida casi exclusivamente por cianobacterias filamentosas.

La pradera de macrófitos que tapizaba el fondo de la Albufera ha desaparecido totalmente como consecuencia del extraordinario crecimiento del plancton, el cual impide la llegada de la luz necesaria para la fotosíntesis de dichos macrófitos. La laguna presenta ahora permanentes "blooms" de cianobacterias y una importante cantidad de bacterias heterótrofas acuáticas (Lámina 1). Asociada a la pradera de macrófitos, vivía una interesante fauna de invertebrados bentónicos, que incluía algunos endemismos, los cuales obviamente también han desaparecido. Respecto a los peces, el pequeño ciprinodonte endémico *Valencia hispánica* y la lubina *Dicentrarchus labrax*, tan apreciada comercialmente, se han desvanecido y las anguilas comienzan a escasear. Solo *Mugil cephalus* (llisa) y *Cyprinus carpio* (carpa) son abundantes hoy en día. El importante paraíso de las aves acuáticas que este ecosistema fue antaño, hoy es solo historia. Hace tan solo 15 años, sus aguas transparentes albergaban una comunidad planctónica diversa, con baja densidad de individuos y característicamente integrada por

diatomeas, si bien las clorofíceas también eran importantes durante el verano (BLANCO, 1974). Los primeros datos de la concentración de clorofila a en el agua indicaban una media anual de 13  $\mu\text{g/l}$  en 1972, 25  $\mu\text{g/l}$  en 1973 y 54  $\mu\text{g/l}$  en 1974 (DAFAUCE, 1975), que se ha incrementado recientemente hasta niveles superiores a los 400  $\mu\text{g/l}$  (MIRACLE *et al.*, 1984a, 1984b; SORIA *et al.*, 1987). El fitoplancton ha sufrido los cambios generales descritos como típicos en el deterioro de la calidad de las aguas, esto es, la sustitución de las diatomeas y algas verdes por las cianobacterias típicas de los lagos eutróficos.

Toda la cuenca hidrográfica de la Albufera está hoy en día fuertemente contaminada; en ella se incluyen más de treinta ciudades con un total superior a los 400.000 habitantes y alberga más de 4.000 industrias de todo tipo. El agua residual tanto urbana como industrial va directamente a los barrancos y canales de riego y por ellos a la laguna, en la cual provoca altos niveles de eutrofización y daña seriamente el sistema.

## 2.- ESTADO ACTUAL DE LA ALBUFERA

### 2. 1. Características hidroquímicas del sistema.

Considerando la tipología obtenida a partir de un estudio global de las zonas húmedas mediterráneas de España (LOPEZ y TOMAS, 1989), la Albufera de Valencia correspondería al rango más extremo del tipo oligohalino y eutrófico. Sus proporciones iónicas (en equivalentes químicos) corresponden a características más cercanas al agua dulce que a la marina. Así, la concentración de sulfatos es bastante similar a la de cloruros y en muchos casos incluso superior. El calcio está presente en proporciones que pueden en ocasiones llegar a igualar a las de sodio. Las concentraciones de calcio y magnesio son generalmente bastante similares, aunque el calcio presenta valores ligeramente superiores en la mayoría de los casos. Las aguas de la Albufera corresponderían a las siguientes relaciones:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Alcalinidad} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ .

La conductividad (Fig. 2) presenta un ciclo anual asociado a la manipulación humana de la laguna de acuerdo con el ciclo de cultivo del arroz. En la Albufera hay dos períodos de baja conductividad, que corresponden a la apertura de compuertas y al flujo de agua que ello genera. Estos periodos suceden en los meses de marzo-abril y septiembre, dedicados respectivamente al laboreo de los campos y siembra del arroz y al tiempo de cosecha. En verano y en invierno la conductividad alcanza los valores más altos, cuando las compuertas

están cerradas y el flujo de agua es bajo. El flujo es menor en invierno que en verano porque los arrozales en cultivo requieren un ligero y permanente flujo de agua.

Por otra parte, los valores encontrados para el resto de los parámetros fisico-químicos están condicionados por la alta producción primaria de la laguna. Así, se presenta: 1) muy baja reserva alcalina ( $1-3 \text{ meq l}^{-1}$ ), 2) un pH extraordinariamente alto ( $8.5-10.5$ ) con un acusado ciclo diario y anual y 3) niveles de oxígeno disuelto fluctuantes pero normalmente sobresaturados, si bien, el potencial de oxidoreducción es siempre bajo ( $350-390 \text{ mV}$ ) como consecuencia de las elevadas cantidades de compuestos orgánicos presentes en el agua (SORIA *et al.*, 1987).

## 2. 2. Concentración de nutrientes

La concentración de nutrientes en la Albufera se equilibra como resultado entre su aporte a las aguas y el consumo por el plancton. Así, la concentración media de nitrato es superior a  $30 \mu\text{M}$  en invierno, disminuyendo a lo largo del verano para ser menor de  $1 \mu\text{M}$  en septiembre. Esta variación se atribuye a las proliferaciones algales de primavera que consumen el nitrato disponible. En cuanto a su distribución espacial, los valores más altos de nitrato se producen en la zona de influencia de los canales agrícolas del sector Sur como consecuencia de la lixiviación de los fertilizantes.

El nitrito presenta siempre valores moderados ya que es un compuesto de tránsito en la transformación de las especies químicas del nitrógeno.

El ión amonio se encuentra en forma abundante en toda la zona de influencia de los barrancos y acequias del sector Norte, fuertemente contaminados por aguas residuales. Un aumento de la concentración de amonio en las aguas ha podido observarse a lo largo de los años, llegándose a valores de  $2200 \mu\text{M}$  en el periodo invierno-primavera de los años 1985 - 1988.

El fósforo presenta sus valores máximos en los mismos lugares que el amonio, esto es, en la zona de influencia de los canales contaminados del sector Norte. Así, concentraciones de fósforo soluble con máximos de  $185 \mu\text{M}$  y  $212 \mu\text{M}$  se han registrado en la zona de influencia directa del Barranc de Massanassa en enero de 1985 y 1988 respectivamente. Sin embargo, a pesar de estos importantísimos aportes, en el agua de la Albufera, la concentración de fósforo soluble es mínima ya que este elemento es rápidamente incorporado para formar parte de la extraordinaria biomasa algal.

## 2. 3. La contaminación de la Albufera por aguas residuales.

Dadas las importantes deficiencias de la infraestructura sanitaria en las zonas circundantes a la Albufera, el lago se convierte en el receptor natural de las aguas residuales de los municipios y polígonos industriales ubicados en su cuenca hidrográfica.

El contenido de agua residual en los diferentes cauces se ha evaluado en base a su comparación con el contenido en fósforo soluble y total de un agua residual tipificada. Para obtener el contenido medio de fósforo en el agua residual tipificada de la zona en estudio, se han efectuado cuatro medidas en distintos meses y horas del día, de las concentraciones de este elemento en dos efluentes urbanos (Silla y Alfafar) representativos de la zona. El valor medio de las 8 determinaciones de cada una de las formas de fósforo fue de 175  $\mu\text{M}$  de P soluble y de 315  $\mu\text{M}$  de P total.

Por medio de la relación entre estos valores y sus correspondientes en las aguas de las acequias se establece el porcentaje teórico de agua residual tipificada que contienen. Los valores superiores al 100% hay que relacionarlos con las aguas residuales de origen marcadamente industrial, cuyo contenido en P es superior al de los efluentes urbanos. Presentan en ocasiones esta característica el Barranc de Massanassa y las acequias de Rabisanxo, Nova d'Alfatar, Nova de Silla, Fus y Oliveral.

Con estos datos (MIRACLE *et al.*, 1989) se ha estimado el aporte anual de aguas residuales por las diferentes acequias y el global para el lago, cifrado en 78,6  $\text{Hm}^3$  de agua residual tipificada, que corresponde al 28% del ingreso total de agua al lago (Tabla 1). Es de notar, que el contenido medio de agua residual en algunos cauces es superior al 75%, concretamente en el Barranc de Massanassa, Rabisanxo y Nova de Silla. Contenidos superiores al 35% se encontraron en Nova d'Alfatar, Fus, Port de Catarroja, el Senyoret, el Derramador del Ale (matadero de la Ribera) y el Barranc de Beniparrell. Esto contrasta con los cauces agrícolas de la mitad Sur en los que el fósforo está más diluido.

La tabla 2, nos muestra la distribución de las aguas residuales aportadas a las diferentes zonas del lago, destacando por su mayor contaminación el sector Norte de la Albufera, al que se vierten 40,3  $\text{Hm}^3/\text{año}$  de agua residual, ó sea más del 51% del total residual (Tabla 3). Considerando las cantidades de agua residual aportadas al lago por las diferentes acequias, la principal contribución (35,8%) corresponde a la acequia de Overa, debido a su gran caudal, seguida del Barranc de Massanassa (13,5%) y con una contribución superior al 5% las del Fus, Nova d'Alfatar, Port de Catarroja, Barranc de Beniparrell y Nova de Silla (Tabla 3).

#### 2. 4. Carga de nutrientes y eutrofización.

El aporte de compuestos inorgánicos de nitrógeno y fósforo a las aguas conduce al crecimiento de las poblaciones algales, que pueden llegar a producir floraciones masivas o "blooms" fitoplanctónicos. La tabla 1 recoge los aportes anuales de los principales nutrientes en el sistema de acequias de la Albufera, basado en cálculos de la concentración de estos elementos en el agua y del correspondiente caudal aportado al lago (MIRACLE *et al.*, 1989). Así, relacionando los datos de concentración y caudal, observamos que acequias no excesivamente contaminadas pero de gran caudal, suponen un aporte real de nutrientes al lago mayor que otras muy cargadas pero de bajo caudal.

De los nutrientes más importantes, se aportan a la Albufera anualmente (Tabla 1): nitrógeno inorgánico 3985 Tm (la mitad en sus formas oxidadas, nitrito y nitrato, y la otra mitad en la forma reducida,  $\text{NH}_4^+$ ). El fósforo soluble está en una proporción algo más de 10 veces menor que el nitrógeno, proporción no muy lejana a la que presentan estos elementos en la materia orgánica, llegando a la Albufera 372 Tm de P soluble al año. Estos nutrientes favorecerán el desarrollo algal que no se encontrará limitado "a priori" por ninguno de estos dos elementos fundamentales. El fósforo total que llega a la Albufera anualmente es del orden de 1000 Tm. En la misma tabla se evalúan los nutrientes que retirará el colector y el porcentaje de carga de nutrientes remanente, una vez entre en funcionamiento. El colector elimina aproximadamente una tercera parte de la contaminación por nutrientes, tanto del nitrógeno inorgánico total (34%) como del fósforo (27%). En el caso del nitrógeno, elimina en mayor proporción la forma reducida (46%) que la oxidada (24%), debido a que está destinado a recoger las aguas residuales de la zona Norte, ricas en amonio. Con respecto al fósforo, no hay diferencia entre el soluble y el total, estando ambos disminuidos a la tercera parte. Cuando funcione el colector habrá aún una carga de nutrientes del orden de 2600 Tm/año de N (7 Tm/día), 238 Tm/año de P soluble (0,65 Tm/día) y 714 Tm/año de P total (2 Tm/día).

Los aportes anuales medios por unidad de superficie del lago (Tabla 4) son muy grandes, del orden de 155 g/m<sup>2</sup> de nitrógeno inorgánico y 14,5 g/m<sup>2</sup> de fósforo soluble. El fósforo total es del orden de 38,6 g/m<sup>2</sup> año. Todo ello supone aportes diarios/m<sup>2</sup> de las formas solubles de nitrógeno inorgánico y fósforo superiores respectivamente a los 400 y 40 mg, que es mucho si consideran los valores que normalmente se utilizan en la fertilización de los acuacultivos. A esto hay que unir, como ya se ha dicho, los aportes

de N y P orgánicos, solubles y particulados, que a más largo plazo son también asequibles a las algas y que en el caso del fósforo adicionan 60 mg más en forma particulada. La entrada en servicio del colector supondría la disminución de estas cargas por  $m^2$  aproximadamente en una tercera parte, por lo que los  $2/3$  aproximados de carga remanente serían todavía 280 mg de N soluble/ $m^2$  día y 80 mg/ $m^2$  día de P total.

Las acequias con mayor carga son las más caudalosas (tablas 1, 3 y Fig.3). Las acequias del Sur son las responsables de la mayor parte de los aportes de nitratos (Overa 719 Tm/año, o sea el 34,6% del total) que tienen su origen principalmente en la lixiviación de los campos de cultivo y la mineralización de los aportes residuales de larga distancia. En cambio, los aportes de amonio son importantes en la zona Norte, fundamentalmente los del Barranc de Massanassa que transporta 538,7 Tm/año (28% del total). En la zona Sur, donde esta contaminación no es característica, destaca el cauce del Senyoret, que a pesar de su poco caudal, transporta 96 Tm/año de amonio (5% del total) que proceden en su mayor parte del vertido sin depuración del matadero de la Ribera. Los aportes de P se concentran en la zona Norte por varios cauces, especialmente por el Barranc de Massanassa que vierte 68 Tm/año de P soluble (18,4% del total) y 132 Tm/año de P total (13,3% del total). Sin embargo, Overa en la zona Sur destaca también por su contribución, debido a su comparativamente gran caudal, de manera que aporta 107 Tm/año de P soluble (28,8%) y 438 Tm/año de P total (44,2%). Hay que considerar sin embargo que las concentraciones en Overa son bajas y existe por ello un efecto de dilución. Es decir, existe un gran flujo de agua poco concentrada en P que no se acumula, sino que sale de la Albufera de manera relativamente rápida por la Sequiota. Es evidente que junto a la carga de nutrientes hay que considerar el tiempo de residencia del agua en el lago (Fig.3), pues en las zonas con mayor renovación, la utilización de los nutrientes para la construcción de biomasa algal es menor porque depende no sólo de la cantidad global, sino también de su concentración en el agua (efecto de dilución) y del tiempo para el desarrollo del cultivo algal (tiempo de residencia).

## 2. 5. Modelo de funcionamiento de la Albufera de Valencia, basado en el flujo y balance de fósforo.

Un estudio del flujo y balance de nutrientes realizado en 1988, basado en medidas periódicas del flujo y concentración de nutrientes en los principales 36 cauces afluentes, y los tres canales de salida, así como en el agua de la Albufera (MIRACLE *et al.*, 1989),

ha sido utilizado para elaborar un modelo de funcionamiento de este ecosistema.

Los aportes anuales de nutrientes a la Albufera son extremadamente elevados, ya que los canales que llegan al lago reciben a lo largo de su curso aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento. Por el contrario, la concentración de nutrientes en el agua de la Albufera y en los canales de salida es siempre baja. Los valores que se alcanzan para la concentración de nitrógeno y fósforo en el lago son respectivamente 10 y 50 veces más bajos que sus correspondientes en la desembocadura de los cauces afluentes.

La figura 4 nos muestra un modelo de funcionamiento de la Albufera de Valencia basado en el flujo y balance de fósforo. El fósforo entra al lago en forma inorgánica soluble o como partículas de materia orgánica con una baja proporción de células algales y abandona el sistema principalmente en forma de biomasa fitoplanctónica. La cantidad de biomasa que sale del sistema es 100 veces mayor que la que entra en él. Esto es así porque la laguna actúa como un cultivo continuo. La producción primaria se desarrolla a partes iguales a partir de fuentes externas de nutrientes y del reciclaje de éstos procedente de la descomposición de producción fitoplanctónica anterior. Asumiendo esto y teniendo en cuenta una relación fósforo/biomasa = 1/500, se estima que el fitoplancton utiliza aproximadamente la mitad de los aportes totales de fósforo (los cuales se cifran en alrededor de 1000 Tm año<sup>-1</sup>). Si el fósforo inorgánico soluble aportado por los aguas influentes permanece en el agua, alrededor de 500 Tm de fósforo particulado alóctono deberían sedimentar anualmente, junto a 300 Tm de fósforo particulado procedente de la producción primaria autóctona, (150000 Tm de biomasa algal que según se ha postulado pasarían al sedimento sin posibilidad de reciclaje a corto plazo). Resumiendo, la mitad de la producción primaria es reciclada y reincorporada al sistema estimulando nueva producción, mientras que la otra mitad es exportada: el 20% al mar y el 30% al sedimento.

Según este modelo, la producción media teórica anual de la Albufera sería de 4 g C m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, cifra muy parecida al valor real obtenido en experimentos de producción primaria por el método del <sup>14</sup>C. Esta producción primaria está limitada por la luz, es decir restringida a la capa de agua más superficial, siendo despreciable a partir de unos 30-40 cm de profundidad (VICENTE y MIRACLE, 1992).

En conclusión, la Albufera funciona al mismo tiempo como un quimiostato y una planta depuradora de agua residual. Grandes cantidades de nutrientes y materia orgánica entran en la laguna, mientras que el agua que abandona el lago se encuentra

prácticamente libre de nutrientes. Esto se explica porque en el interior de la laguna los nutrientes y la materia orgánica son convertidos en biomasa, la cual abandona progresivamente el sistema por sedimentación, siendo una fracción menor, exportada al mar a través de las "golas" de salida.

## 2. 6. Conclusiones acerca del estado actual de la Albufera de Valencia.

La Albufera ha resultado ser uno de los ecosistemas acuáticos más hipertróficos del mundo. Su funcionamiento se asemeja, como ya hemos dicho, al de un gran quimiostato, el colector final de más de 40 acequias importantes con una carga de nutrientes y materia orgánica muy elevada. Estas elevadas cantidades de nutrientes, se reducen muchísimo durante el paso de las aguas por el lago, de manera que su concentración en la Albufera y las golas de salida es respecto a la existente en los aportes más contaminados varios órdenes de magnitud menor, pasándose desde los contenidos típicos en las aguas residuales a las concentraciones en aguas no excesivamente contaminadas. Debido a este proceso de bioconversión se generan "blooms" de cianobacterias, con proliferaciones continuadas durante todo el año, cuya biomasa se exporta al mar o al sedimento del propio lago. Esto contrasta con los ciclos anuales de los lagos menos eutróficos que la Albufera, en los que los "blooms" algales suceden sólo en verano.

El carácter somero de la Albufera, la turbulencia y la bioturbidez favorecen el metabolismo heterotrófico en el agua. El sistema se encuentra tan estresado que los nutrientes y la materia orgánica disueltos liberados por las células a su muerte, al igual que los compuestos orgánicos solubles de carbono (DOC), excretados como consecuencia del metabolismo fotosintético, pueden utilizar cortocircuitos de los ciclos biogeoquímicos para ser inmediatamente reincorporadas por el permanente "bloom" de organismos autótrofos, mixótrofos y heterótrofos (Lámina 1).

Más de la cuarta parte de la biomasa algal existente en el agua no puede ser reciclada por el sistema cuando se produce la muerte natural de las algas y por ello se deposita como sedimentos, mientras que otra cuarta parte será transferida al mar. Las cadenas tróficas del plancton se han visto muy reducidas y las comunidades litoral-bentónicas fuertemente simplificadas. La biodiversidad, por tanto, se ha reducido fuertemente, lo cual es fácilmente visible al observar los organismos superiores tales como macrófitos y vertebrados.

Después de años sin cambios aparentes, en los sistemas sometidos a eutrofización pueden producirse modificaciones

calificables de catastróficas. Así ha sucedido en la Albufera; hacia el final de los años 60 y principios de los 70 la pradera sumergida de macrófitos desapareció y las comunidades planctónicas cambiaron drásticamente. Desde entonces, el sistema funciona en base a las cianobacterias autótrofas y mixótrofas y a las abundantes poblaciones de bacterias heterótrofas (Lámina 1). Cambios en la intensidad luminosa, la temperatura u otros factores, pueden fácilmente causar la muerte masiva de las poblaciones algales y con ello, el delicado balance entre producción y respiración puede invertirse, produciéndose una crisis distrófica. La contaminación de la Albufera es pues un proceso muy grave, que está hipotecando la recuperación de este lago en un plazo razonable.

### 3.- ¿ ES POSIBLE LA REGENERACION DE LA ALBUFERA ?

La regeneración de cualquier sistema lacustre precisa la reducción de las entradas de al menos un nutriente, preferiblemente aquel que sea un factor limitante o esté más próximo a serlo, comparado con los restantes elementos. Por lo general, la elección en sistemas de agua dulce es reducir los aportes de fósforo, ya que existen medios técnicos disponibles para conseguir una reducción sustancial de este elemento a precios razonables. Además, en la práctica, otros agentes contaminantes se verán reducidos simultáneamente. Por ejemplo, la desviación de vertidos eliminará tanto la entrada de nutrientes como los componentes tóxicos de los efluentes, al tiempo que la precipitación de fosfato en el tratamiento de aguas residuales reducirá también los niveles de materia orgánica y metales. Este punto es importante en la valoración del éxito de los métodos de regeneración, pero el diseño de todo programa de restauración debe basarse fundamentalmente en un único nutriente clave, por ejemplo el fósforo.

En nuestra opinión, una postura pragmática consistiría en evaluar el problema con los datos que poseemos, que son suficientes para determinar la contaminación urbano-industrial y también la producida por las actividades agrícolas y ganaderas, y enfrentar estos datos con el nivel de regeneración que pretendemos conseguir, que, en nuestro caso, debe cifrarse en volver a una Albufera de los años 1950 como objetivo mínimo a corto plazo.

La magnitud de la reducción de los aportes requerida para restaurar un lago eutrofizado ha de ser muy considerable, de tal manera que el contenido en fósforo de sus aguas ha de decrecer hasta valores muy bajos antes de que se aprecien mejoras visibles. Según datos basados en el plan de regeneración de lagos en Suecia,

para tan solo detener el proceso de eutrofización es necesario eliminar al menos el 40% del fósforo aportado al lago, o un 50-60% si se trata de lagos someros con sedimentos saturados de fósforo, como es el caso de la Albufera. Para obtener una mejora sustancial del lago se precisan reducciones mínimas del 70%, que se elevan hasta el 90% en los sistemas hipertróficos con sedimentos cargados de nutrientes (GOLTERMAN y OUDE, 1990).

En el caso de la Albufera, las obras previstas del colector Oeste sólo reducen en un 24-30% los aportes de fósforo, por lo que son claramente insuficientes para conseguir la detención del proceso de degradación. Por ello, es de la máxima urgencia la puesta en servicio de nuevos proyectos que retiren al menos otro 30% de la contaminación. Entre ellos, podríamos destacar por su carácter prioritario la desviación de las aguas del Barranc de Massanassa (uno de los cauces más contaminantes del Parque) y la depuración del Barranc de Beniparrell y de los vertidos afluentes a la acequia de Overa, ya que se trata de caudales muy importantes que producen un fuerte impacto en el lago.

Pero recordemos que la Albufera sólo iniciará una recuperación cuando seamos capaces de retirar del sistema al menos el 70% de las entradas de fósforo. Si recordamos nuestros datos, las actuales 991 Tm/año de P que se aportan a la Albufera, se verán disminuidas en 277 Tm/año cuando entre en servicio el colector, pero seguirán aportándose 714 Tm/año. La recuperación de la Albufera solo podría iniciarse dejando entrar al lago un máximo de 297 Tm/año de P (reducción del 70%), pero si queremos garantizar la regeneración de un sistema, que por su interés ecológico ha merecido la calificación de Parque Natural, solo sería permisible la entrada de 100 Tm/año de fósforo (reducción de cerca del 90%).

Pero no debemos olvidar que el proceso de mejoría nunca será instantáneo en un lago cuyos sedimentos acumulan un patrimonio de 1000 Tm de fósforo tan sólo en sus primeros 10 cm de espesor y 2000 Tm más en los 50 cm siguientes (VICENTE y MIRACLE, 1990). Esto significa que al ritmo de salida de fósforo hacia el mar estimado en la actualidad, que es de unas 200 Tm/año, y admitiendo la entrada permisible de 100 Tm/año de P, se precisarán al menos 10 años para eliminar este nutriente del estrato superficial, que es el más activo desde el punto de vista del intercambio agua-sedimento. Sin embargo, este proceso de eliminación es frenado progresivamente por la mejoría del sistema, lo que dilata la recuperación final. Por tanto, no debe extrañarnos que cualquier mejoría estable y duradera en el lago se haga esperar al menos 10-15 años; pero este tiempo, que pudiera parecer largo, será menor cuanto antes decidamos cortar los vertidos contaminantes.

El aporte de fósforo de unas 100 Tm/año, que anteriormente se ha recomendado como admisible para la Albufera (23 Km<sup>2</sup> de superficie), corresponde a unos 4 g de P/m<sup>2</sup> año. Este valor es superior al límite normal de aporte de fósforo a los lagos no eutróficos, cifrado en 1 g de P/m<sup>2</sup> año, que es equivalente a los aportes de 1000 habitantes por Km<sup>2</sup> de superficie de un lago, sin contar los aportes por los detergentes o los derivados de la actividad industrial (VALLENTYNE, 1978). Esto supondría para la Albufera una población ribereña admisible de unas 25.000 personas. Sin duda, este era el estado que afectaba a la Albufera hasta tiempos recientes y por ello el lago se había conservado en buen estado. Sin embargo, las cosas han cambiado desde los años 1940-50 y la población en la zona se ha incrementado 10 ó 15 veces, además de la contaminación ligada al nivel de vida moderno y a la actividad industrial, lo que ha generado como consecuencia unas entradas de fósforo al lago cercanas a los 40 g/m<sup>2</sup> año. La eutrofización de la Albufera responde a éste aumento del fósforo aportado y nos demuestra que no es posible seguir una política que no contemple inversiones para la depuración de las aguas residuales y el tratamiento de los residuos en general

Las cifras de reducción ya las tenemos y las principales dianas a donde dirigir nuestras medidas correctoras son fáciles de seleccionar a corto plazo, solo nos falta actuar con rapidez y proveer fondos suficientes para que los proyectos de saneamiento sean hechos de manera inteligente y eficaz.

En resumen, creemos imprescindible aplicar durante los próximos años una política de inversiones encaminada a conseguir la más amplia depuración de los efluentes residuales, a minimizar los impactos de la agricultura y favorecer la compra de los terrenos que conserven valores naturales, como son los ullales, o que puedan contribuir a la depuración natural o controlada (fitodepuración) del exceso de nutrientes en las aguas, pues sólo así se logrará rebajar los aportes de fósforo que posibilitarán la descontaminación de la Albufera. Inversiones adicionales podrían dirigirse a compras de una zona de arrozales circundante a la Albufera, lo que proporcionaría refugio a la flora y fauna del Parque y facilitaría la gestión del lago y la protección de sus especies, constituyendo además una franja ecotonal, idónea para la instalación de estaciones de lagunaje y fitodepuración de las aguas previamente tratadas, pero todavía demasiado ricas en nutrientes para ser vertidas directamente al lago. Hay que tender a que todas las plantas de tratamiento de aguas residuales estén dotadas de procesos terciarios para la precipitación del fósforo, y si la concentración de este elemento en las aguas lo hiciere necesario, se recurrirá a un proceso

de lagunaje de maduración y/o fitodepuración en origen, de tal manera que los efluentes lleguen a la Albufera con contenidos muy bajos en fósforo. Sólo cuando hayan sido cubiertos estos objetivos prioritarios, podremos pensar en otras obras de ingeniería encaminadas a solucionar problemas menores, si se comparan con el que supone la "contaminación".

Es precisamente por los graves problemas de contaminación mencionados y cuya solución pasa en parte por la desviación de caudales fuera del lago, que hemos de insistir en la necesidad de no restar ni una sola gota de agua de buena calidad al sistema, considerando como tal no sólo la Albufera sino también la marjal. Al lago deben llegar al menos los 300 Hm<sup>3</sup>/año actuales pero reemplazando el agua residual por aportes no contaminados y ello nunca será posible si se permite la reducción de los módulos aportados por la Confederación Hidrográfica del Júcar, justificando la merma en base a una mejor gestión.

Por último, podemos mencionar la potencialidad que suponen los ullales y la marjal en general como reserva de especies, lo que posibilitaría la recolonización y regeneración del lago, pero después de suprimidas las causas que han provocado su degradación.

#### BIBLIOGRAFIA

- BLANCO, C. 1974. Estudio de la contaminación de la Albufera de Valencia y de los efectos de dicha contaminación sobre la fauna y la flora del lago. Tesis Doctoral. Universitat de València, València (España). 193 pp.
- CAVANILLES, A.J. 1775. Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y frutos del Reyno de Valencia. Volúmenes I y II. Imprenta Real. Madrid.
- DAFAUCE, C. 1975. La Albufera de Valencia. Un estudio piloto. Monografías 4. ICONA, Madrid. 127 pp.
- GOLTERMAN, H.L. y N.T. OUDE. 1990. Eutrophication of Lakes, Rivers and Coastal Seas. In: Hutzinger, O. (Ed.). The Handbook of Environmental Chemistry. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- LOPEZ, P. y X. TOMAS. 1989. Chemical composition of the small coastal lagoons of the Mediterranean Spanish littoral. In: Topics in marine biology. ROS, J.D. (Ed.). Scient. Mar. 53(2-3):591-599.
- MARGALEF, R. y M. MIR. 1973. Indicadors de canvis de salinitat en els sediments de l'Albufera de València. Treb. Soc. Cat. Biol. 32:111-117.

- MIRACLE, M.R., M.P. GARCIA y E. VICENTE. 1984 a. Heterogeneidad espacial de las comunidades fitoplanctónicas de la Albufera de Valencia. *Limnetica* 1:20-31.
- MIRACLE, M.R., E. VICENTE y E. GARAY. 1984 b. L'Albufera de València i la problemàtica de la contaminació de les aigües continentals costaneres. En: XII Congrés de Metges i Biòlegs de llengua catalana. Llibre de Ponències: 153-166.
- MIRACLE, M.R., J.M. SORIA, E. VICENTE y S. ROMO. 1987. Relaciones entre la luz, los pigmentos fotosintéticos y el fitoplancton en la Albufera de Valencia, laguna litoral hipertrófica. *Limnetica* 3:25-34.
- MIRACLE, M.R., E. VICENTE y J.M. SORIA. 1989. Plan de saneamiento integral del Parque Natural de la Albufera. Informe Técnico. COPUT - Generalitat Valenciana. Valencia (España).
- MOMBLANCH, F.P. 1960. Historia de la Albufera de Valencia. Exmo. Ayuntamiento de Valencia.
- ROBLES, F., M.A. COLLADO y V. BORREDA. 1985. Variaciones de la fauna de moluscos en la Albufera de Valencia: implicaciones paleogeográficas. En: Geomorfología litoral y cuaternario. Homenaje a Juan Cuerda. Universidad de Valencia: 123-133.
- ROSELLO, V.M. 1972. Los ríos Júcar y Turia en la génesis de la Albufera de Valencia. *Cuad. de Geogr.* 11: 7-25.
- ROSSELLO, V.M. 1976. Evolution recente de l'Albufera de Valencia et ses environs. *Mediterranéé* 4:19-30.
- SANJAUME, E. 1985. Las costas valencianas. Sedimentología y morfología. Sección de Geografía. Universidad de Valencia. 505 pp.
- SORIA, J.M., M.R. MIRACLE y E. VICENTE. 1987. Aporte de nutrientes y eutrofización de la Albufera de Valencia. *Limnetica* 3:227-242.
- VALLENTYNE, J.R. 1978. Introducción a la Limnología. Los lagos y el hombre. Omega, Barcelona. 169 pp.
- VICENTE, E. y M.R. MIRACLE. 1990. Niveles de contaminación en la Albufera de Valencia y recomendaciones para su restauración. En: Tecnología y Medio-Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia: 97-120.
- VICENTE, E. Y M.R. MIRACLE. 1992. The coastal lagoon Albufera de Valencia: An ecosystem under stress. *Limnetica* 8: 87-100

## LEYENDAS PARA LAS FIGURAS.

FIGURA 1.- Grabado de la Albufera de Valencia de finales del siglo XVIII, tomado de CAVANILLES (1795) (Izquierda). Mapa de los arrozales en 1761 y de la laguna de la Albufera en 1761 y en el presente (1947, 1970), tomado de ROSELLO (1972) (derecha).

FIGURA 2.- Nivel y conductividad del agua en la Albufera de Valencia durante el ciclo anual de 1988. El momento de las principales labores de cultivo del arroz están indicadas. El ciclo está condicionado por las precipitaciones (que fueron importantes este año en enero, abril, junio, septiembre y noviembre) y la regulación del nivel mediante la posición de las compuertas en concordancia con las necesidades de cultivo del arroz. Las franjas sombreadas (arriba de la figura) indican los periodos de inundación del arrozal.

FIGURA 3.- Heterogeneidad zonal de la Albufera debida a diferencias en el tiempo de renovación del agua en sus diferentes sectores. Se indica para cada zona: tiempo de residencia del agua (Tr), entradas de agua (Ea), carga de fósforo total (P-t), carga de materia orgánica particulada (OM), y material mineral en suspensión (IM). Abajo se resume mediante dos diagramas la contribución porcentual de las principales acequias del norte (sombreadas) y del sur (en blanco) al aporte total de agua y al aporte de agua residual que ingresa en la Albufera.

FIGURA 4.- Modelo de funcionamiento de la Albufera de Valencia basado en el flujo y balance de fósforo (explicación en el texto).

LAMINA 1.- Microfotografía mostrando diferentes organismos planctónicos en muestras de agua de la Albufera (primavera-verano 1985-86). A) *Anabaenopsis circularis* (cianobacteria vacuolada con heterocistes terminales); B) *Pseudanabaena galeata* y *Planktothrix agardhii*; C) *Haliscomenobacter* sp.; D) *Planktothrix agardhii*, E) *Merismopedia* sp., *P. galeata* y *Blastocaulis-Planctomyces*; F) *A. circularis* con un acineto (centro) y heterocistes terminales, *P. agardhii* y *Aphanothece clathrata*; G) *Microcycclus* sp., *P. galeata*, *Blastocaulis-Planctomyces*; H) *Ancalomicrobium* sp., *Haliscomenobacter* sp. y *P. galeata*.

TABLA 1. Valor medio de los aportes de agua residual tipificada y carga de nutrientes.  
Efecto corrector de la contaminación tras la entrada en servicio del Colector Oeste.  
( Se señalan con \$ los cauces interceptados por el Colector)

ACEQUIA	Agua residual media, Hm3/año	% agua residual	N.OX Tm/año	AMONIO Tm/año	N.INORG Tm/año	P.SOL Tm/año	P.TOT Tm/año
VINYA (P39)	\$ 1,26	37,31	26,05	11,92	37,97	7,46	14,63
OLIVERAL (P40)	\$ 0,11	17,49	3,68	1,65	5,32	0,34	1,87
PAS NOU (P12)	\$ 0,99	29,65	22,26	39,91	62,17	6,31	13,07
ANOMIA 1 (P54)	\$ 0,06	26,50	3,61	2,21	5,82	0,55	0,87
ORO NORTE (P53)	1,11	32,50	17,94	11,51	29,45	6,86	9,51
NOVA D'ALFAFAR (P6,2)	\$ 5,58	69,27	11,68	297,96	309,64	31,51	61,51
RABISANXO (P3)	\$ 2,54	84,53	2,74	92,65	95,38	15,90	21,96
FUS (P7)	\$ 6,33	43,75	52,48	170,68	223,17	29,83	51,95
BARRANC MASSANASSA (P8)	10,57	88,25	14,60	538,70	553,31	68,30	131,69
PORT CATARROJA (P11)	\$ 4,32	49,51	65,97	90,43	156,39	17,87	34,18
ALBAL (P13)	\$ 0,72	7,20	93,37	41,77	135,14	1,33	14,02
FONT DE MARIANO (P14)	\$ 0,96	10,47	85,33	32,33	117,66	4,76	11,77
BARRANC BENIPARRELL (P15)	5,65	37,17	179,64	186,28	365,92	35,48	51,85
POL.IND. BENIPARRELL (P16)	\$ 0,07	4,05	22,51	6,44	28,95	0,03	1,52
ALAPONT (P17+18)	\$ 0,00	0,12	22,76	0,71	23,47	0,01	0,06
CAMINAS -VERTEDERO (P22)	\$ 0,00	0,50	9,55	0,05	9,60	0,00	0,07
PORT DE SILLA (P55)	\$ 0,01	1,00	9,89	0,05	9,93	0,00	0,13
NOVA DE SILLA (P21)	\$ 4,01	75,33	71,26	88,83	160,09	17,44	49,36
ORO DE SILLA (P23)	0,97	22,43	32,58	1,53	34,11	2,02	7,74
S. DEL ULLAL -M.LLUENT (P25)	0,00	0,03	58,17	5,23	63,40	0,00	0,09
ULLAL AUTOPISTA (P51)	0,00	0,50	0,61	0,02	0,63	0,00	0,01
FEMMAR (P26)	0,02	0,61	40,03	1,26	41,29	0,06	0,53
LA FOIA (P27)	0,07	1,09	74,17	2,83	77,00	0,18	0,94
EL CALESERO (P29)	0,00	0,03	0,70	0,00	0,71	0,00	0,01
EL SENYORET (P30)	1,02	41,64	3,64	96,26	99,90	6,47	9,51
DERRAMADOR -S.DEL ALE (P32)	0,58	40,40	8,60	51,46	60,05	1,95	9,59
S. DEL DESAIGUE (P33)	0,12	2,65	10,50	0,67	11,17	0,08	0,39
L'ALQUERESIA -AZARBE (P35)	1,16	6,01	123,38	26,27	149,65	4,12	16,75
LA CAMPANA (P36)	0,15	4,11	9,82	1,56	11,38	0,61	1,77
FISCAL -CAMPETS (P38)	0,46	6,88	41,80	8,90	50,70	2,71	5,01
NOVA -PAS PODRIT (P41)	0,11	3,56	2,97	0,09	3,06	0,07	2,59
OVERA (P42)	28,13	32,78	719,35	90,97	810,33	107,13	438,12
DRETA (P43)	1,48	4,45	235,29	6,80	242,09	2,40	28,06
<b>TOTAL</b>	<b>78,58</b>	<b>28,04</b>	<b>2076,94</b>	<b>1907,92</b>	<b>3984,85</b>	<b>371,80</b>	<b>991,13</b>
Aportes diarios medios, Hm3/día	0,22		5,69	5,23	10,92	1,02	2,72
Total interceptado por Colector	26,96		503,13	877,58	1380,71	133,34	276,95
% eliminado por colector (eficacia)	34,31		24,22	46,00	34,65	35,86	27,94
Contaminación restante	51,62		1573,81	1030,34	2604,14	238,46	714,18
% no eliminado	65,69		75,78	54,00	65,35	64,14	72,06
Aporte diario medio restante, Hm3/día	0,14		4,31	2,82	7,13	0,65	1,96
Aporte agua residual persistente, %			18,5 % del caudal de entrada				

TABLA 2. Distribución zonal de la contaminación en los cinco sectores del lago que se indican.

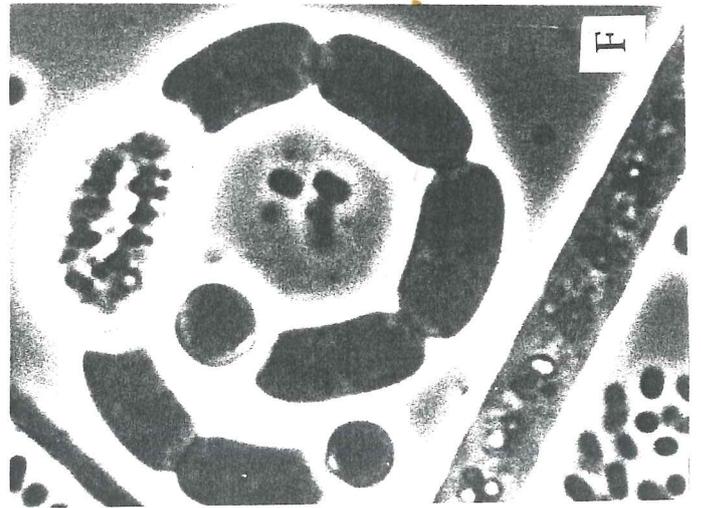
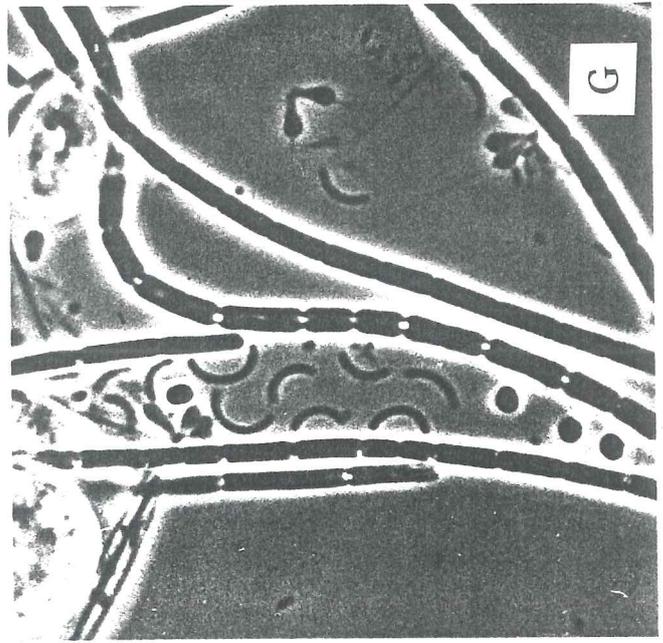
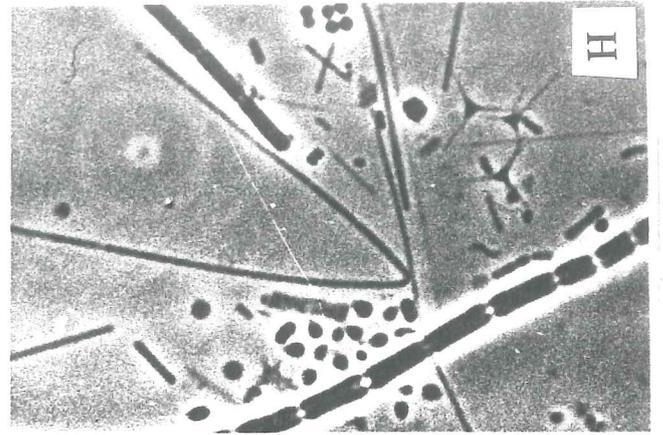
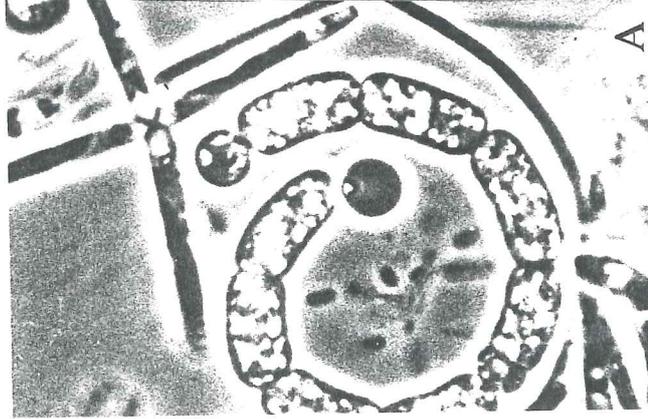
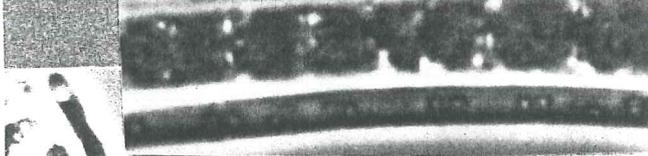
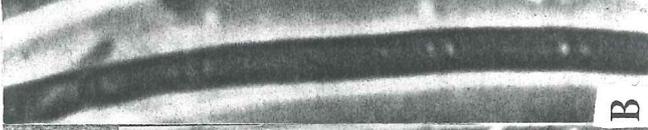
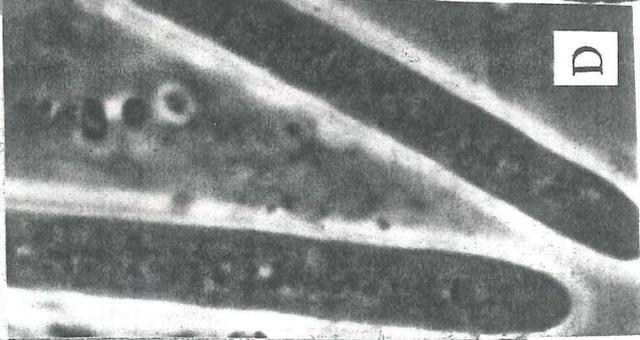
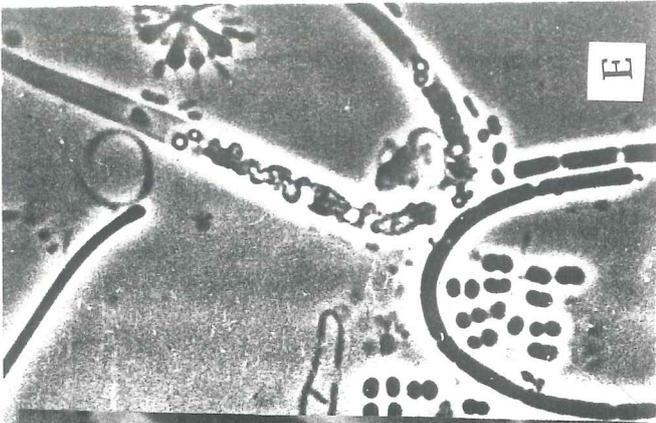
SECTORES	Agua residual media, Hm3/año	N.OX Tm/año	AMONIO Tm/año	N.INORG Tm/año	P.SOL Tm/año	P.TOT Tm/año
SECTOR NORTE	40,28	634,17	1525,19	2159,36	226,54	420,51
SECTOR NOROESTE	4,02	81,15	88,88	170,02	17,44	49,49
SECTOR OESTE	1,07	206,26	10,88	217,14	2,27	9,33
SECTOR SUROESTE	3,60	200,72	185,20	385,92	16,02	45,62
SECTOR SUR	29,61	954,64	97,77	1052,42	109,53	466,18
TOTAL	78,58	2076,94	1907,92	3984,85	371,80	991,13

TABLA 3. Contribución porcentual de las diferentes acequias a la contaminación de la Albufera por aguas residuales y nutrientes. Se señalan con [1] los cauces confluentes en el Carreró del Saler y con [2] los de Barranc de Beniparrell.

ACEQUIA		Agua resid. %	N.OX %	AMONIO %	N.INORG %	P.SOL %	P.TOT %
VINYA (P39)	1	1,6	1,3	0,6	1,0	2,0	1,5
OLIVERAL (P40)	1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
PAS NOU (P12)	1	1,3	1,1	2,1	1,6	1,7	1,3
ANOMIA 1 (P54)	1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
ORO NORTE (P53)	1	1,4	0,9	0,6	0,7	1,8	1,0
NOVA D'ALFAFAR-INIC (P6)	1	7,1	0,6	15,6	7,8	8,5	6,2
RABISANXO (P3)		3,2	0,1	4,9	2,4	4,3	2,2
FUS (P7)		8,1	2,5	8,9	5,6	8,0	5,2
BARRANC MASSANASSA (P8)		13,5	0,7	28,2	13,9	18,4	13,3
PORT CATARROJA (P11)		5,5	3,2	4,7	3,9	4,8	3,4
ALBAL (P13)		0,9	4,5	2,2	3,4	0,4	1,4
FONT DE MARIANO (P14)		1,2	4,1	1,7	3,0	1,3	1,2
BARRANC BENIPARRELL (P15)	2	7,2	8,6	9,8	9,2	9,5	5,2
POL.IND.BENIPARRELL (P16)	2	0,1	1,1	0,3	0,7	0,0	0,2
ALAPONT (P17+18)		0,0	1,1	0,0	0,6	0,0	0,0
CAMINAS -VERTEDERO (P22)		0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0
PORT DE SILLA (P55)		0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0
NOVA DE SILLA (P21)		5,1	3,4	4,7	4,0	4,7	5,0
ORO DE SILLA (P23)		1,2	1,6	0,1	0,9	0,5	0,8
S. DEL ULLAL -M.LLUENT (P25)		0,0	2,8	0,3	1,6	0,0	0,0
ULLAL AUTOPISTA (P51)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FEMMAR (P26)		0,0	1,9	0,1	1,0	0,0	0,1
LA FOIA (P27)		0,1	3,6	0,1	1,9	0,0	0,1
EL CALESERO (P29)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EL SENYORET (P30)		1,3	0,2	5,0	2,5	1,7	1,0
DERRAMADOR -S.DEL ALE (P32)		0,7	0,4	2,7	1,5	0,5	1,0
S. DEL DESAIGUE (P33)		0,2	0,5	0,0	0,3	0,0	0,0
L'ALQUERESIA -AZARBE (P35)		1,5	5,9	1,4	3,8	1,1	1,7
LA CAMPANA (P36)		0,2	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2
FISCAL -CAMPETS (P38)		0,6	2,0	0,5	1,3	0,7	0,5
NOVA -PAS PODRIT (P41)		0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3
OVERA (P42)		35,8	34,6	4,8	20,3	28,8	44,2
DRETA (P43)		1,9	11,3	0,4	6,1	0,6	2,8
-----							
CAUCES CONFLUENTES							
-----							
CARRERO DEL SALER (1)		11,60	4,10	19,14	11,30	14,26	10,24
BARRANC BENIPARRELL (2)		7,28	9,73	10,10	9,91	9,55	5,38
CONTAMINACION SECTORIAL							
-----							
SECTOR NORTE		51,25	30,53	79,94	54,19	60,93	42,43
SECTOR NOROESTE		5,12	3,91	4,66	4,27	4,69	4,99
SECTOR OESTE		1,36	9,93	0,57	5,45	0,61	0,94
SECTOR SUROESTE		4,58	9,66	9,71	9,68	4,31	4,60
SECTOR SUR		37,68	45,96	5,12	26,41	29,46	47,04

TABLA 4. Distribución de la contaminación por unidad de superficie del lago de la Albufera (aportes/m<sup>2</sup>).

	Agua residual	N.OX	AMONIO	N.INORG	P.SOL	P.TOT
	=====	=====	=====	=====	=====	=====
Actualmente:						
	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .año	g/m <sup>2</sup> .año				
Total	3,06	80,84	74,26	155,10	14,47	38,58
	l/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día
Aporte diario medio	8,38	0,22	0,20	0,42	0,04	0,11
Tras la entrada en servicio del colector:						
	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .año	g/m <sup>2</sup> .año				
Contaminación restante	2,01	61,25	40,10	101,36	9,28	27,80
	l/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día	g/m <sup>2</sup> .día
Aporte diario medio	5,45	0,17	0,11	0,28	0,03	0,08



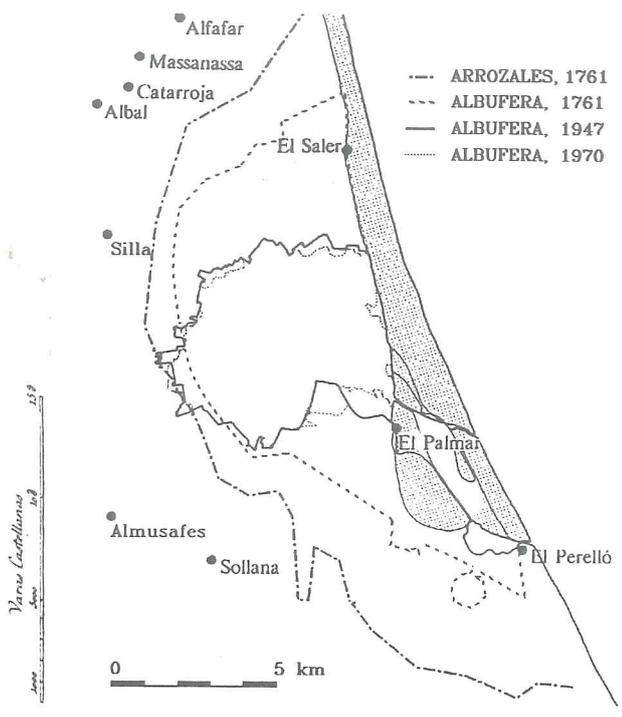
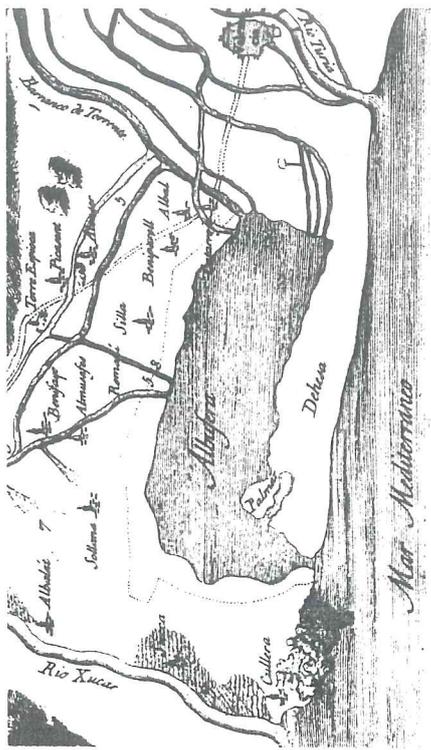


Fig. 1  
Micaela y Vicente

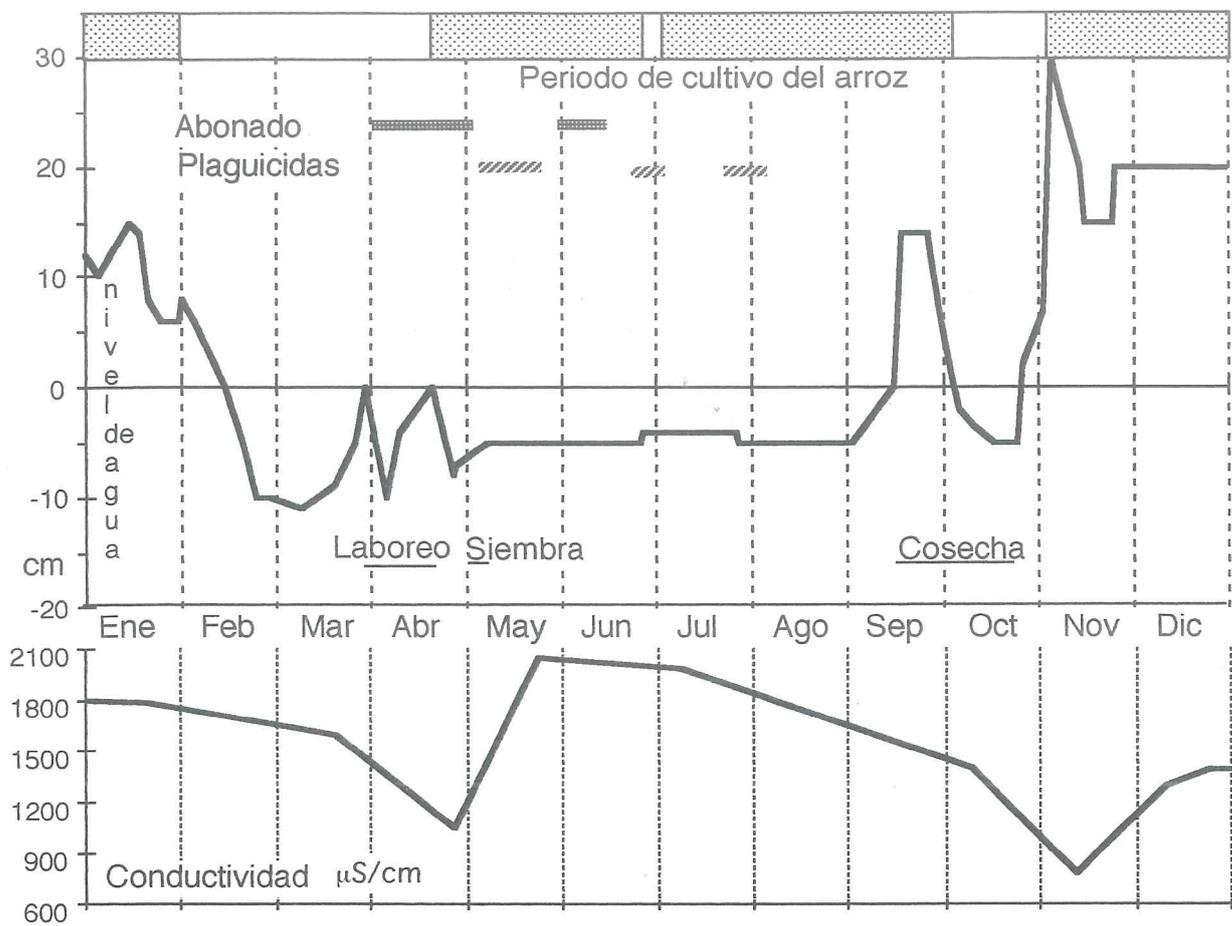
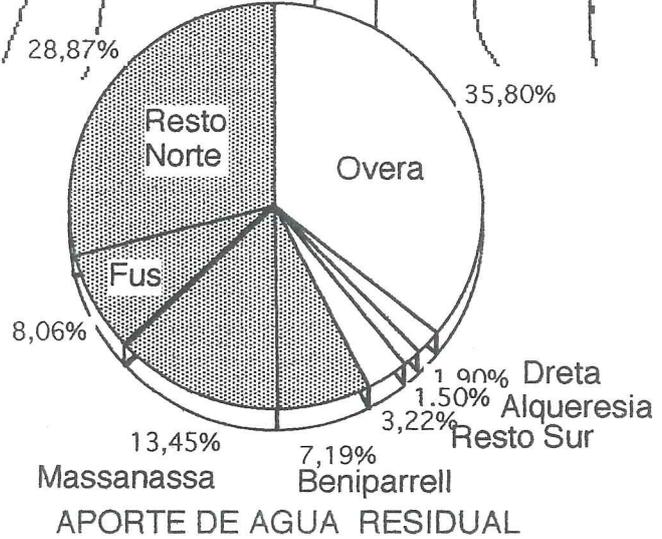
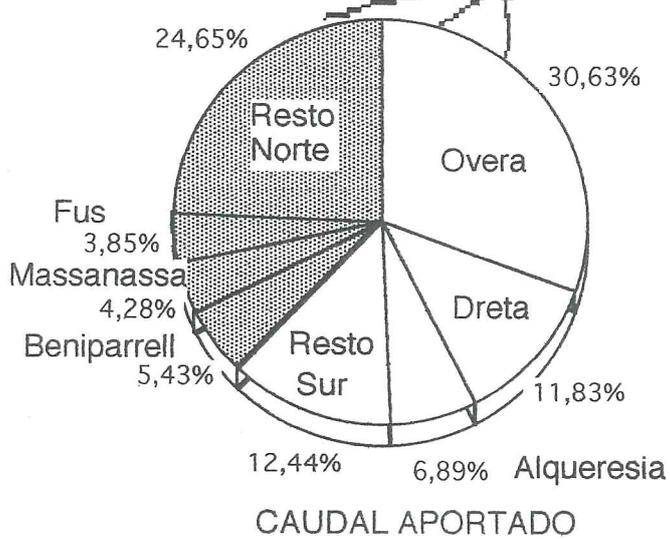
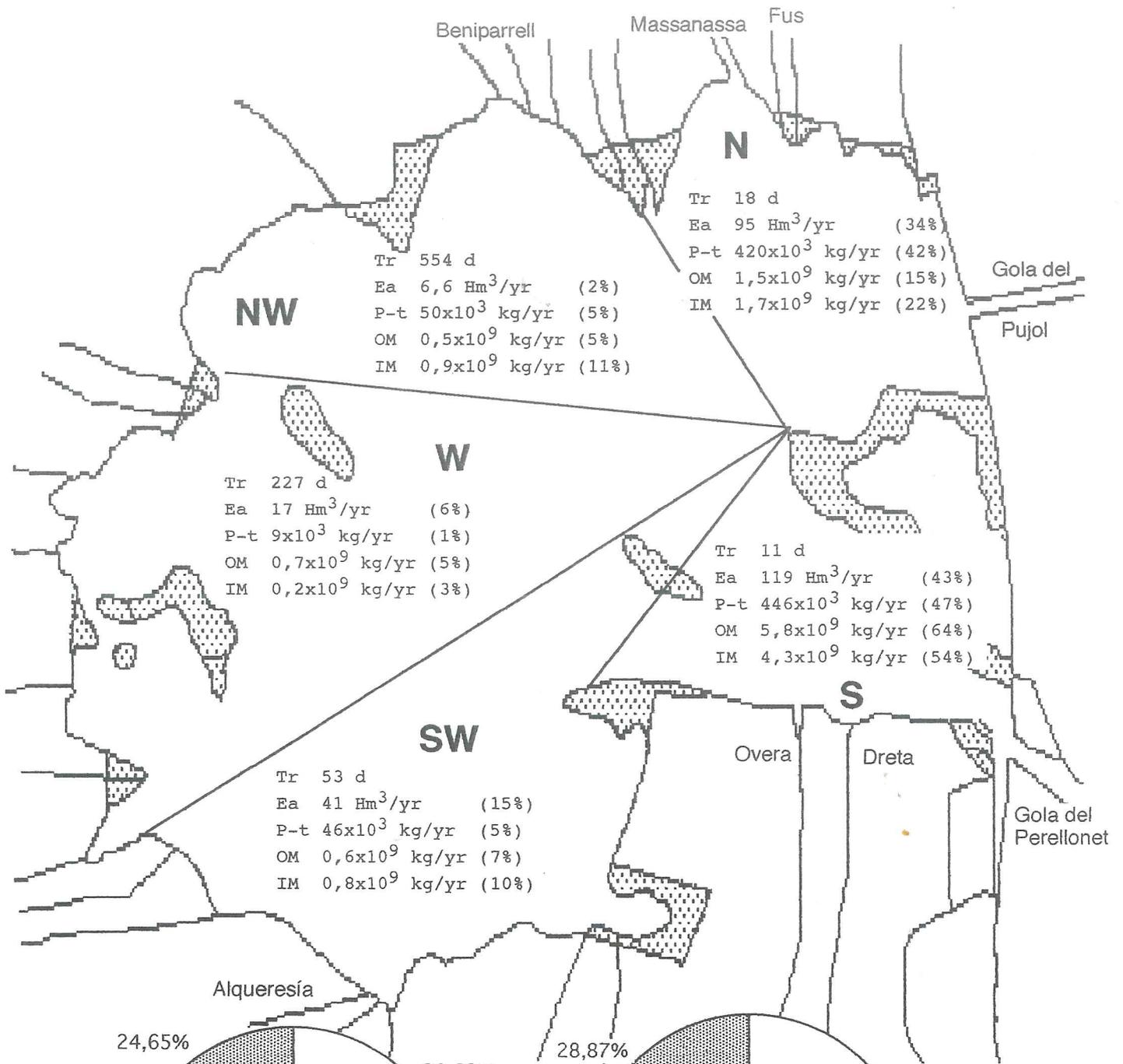
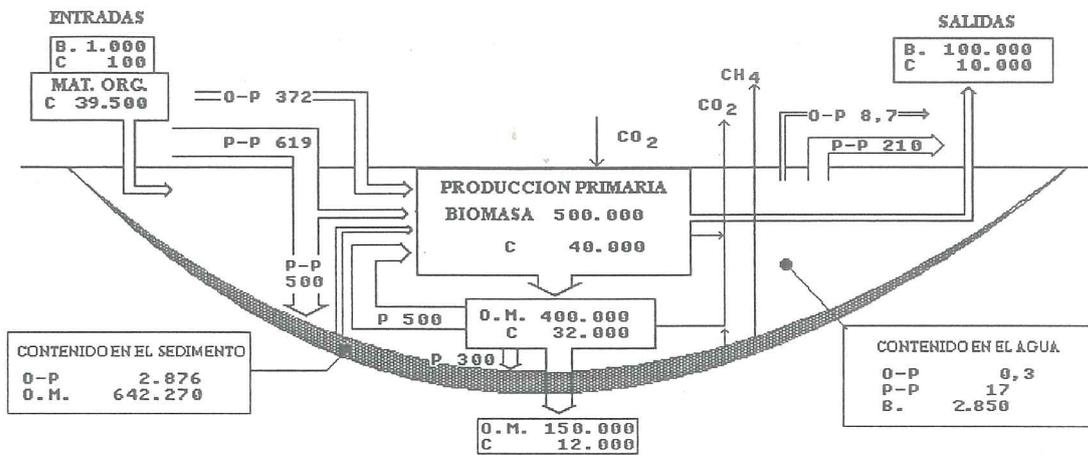


Fig. 2  
 Miracle Vicente





- B. Biomasa, peso fresco
- O.M. Materia orgánica, peso fresco
- O-P Fósforo soluble
- P-P Fósforo particulado
- C Carbono orgánico

Volumen del lago 27 Hm<sup>3</sup>  
 Superficie del lago 23 Km<sup>2</sup>

Contenidos en el agua y sedimento en Tm.  
 Resto de valores como tasas en Tm/año.

Fig. 4  
 Miracle y vicente