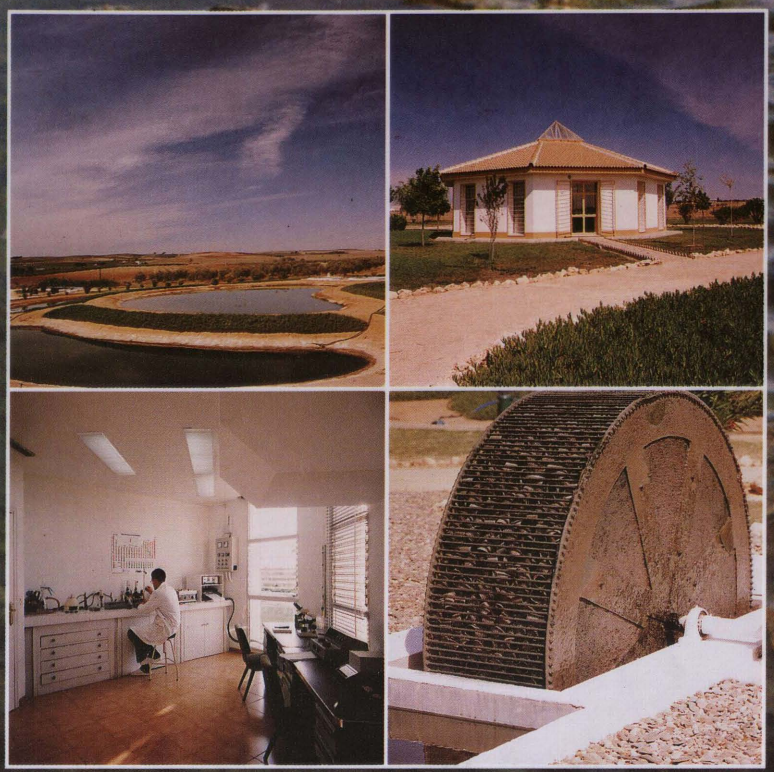


SEGUIMIENTO DEL PLAN I + D TECNOLOGIAS DE BAJO COSTE PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

Memoria del tercer año de experimentación. Junio 92-Junio 93

JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Obras Públicas y Transportes

Es una publicación de la

JUNTA DE ANDALUCIA

Consejería de Obras Públicas y Transportes

PLANTA EXPERIMENTAL DE CARRION DE LOS CESPEDES

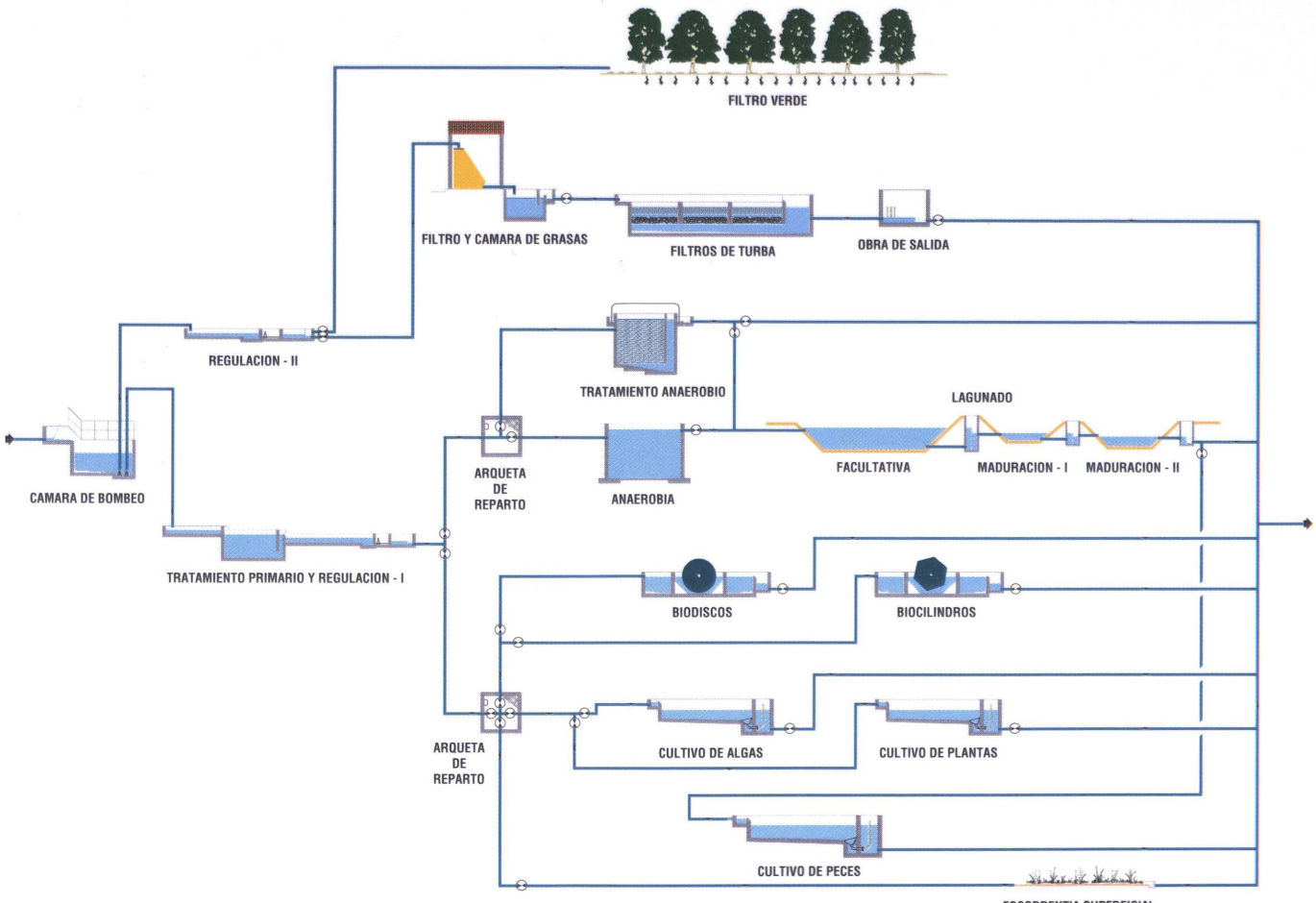
La Planta Experimental, inaugurada el 16 de marzo de 1990, está ubicada en Carrión de los Céspedes, junto a la autovía A-49, en las proximidades de Sevilla, ocupando una superficie de 21.000 m^2. El municipio cuenta con una población aproximada de 2.500 habitantes.

Actualmente en la Planta Experimental se están investigando sistemas de depuración de bajo coste que han alcanzado un cierto grado de maduración en el mundo (lagunado, filtros de turba, filtro verde y contactores biológicos rotativos), así como otras tecnologías en pleno desarrollo (tanques anaerobios de lecho fijo, escorrentía superficial, cultivos de macrofitas acuáticas, de algas y peces), complementándose la instalación con unas pequeñas parcelas de experimentación agrícola.

Se dispone de un completo laboratorio donde se llevan a cabo las determinaciones analíticas necesarias para el correcto seguimiento de todos los sistemas existentes.

Esta Planta Experimental está concebida también como centro de demostración para los responsables de saneamiento de los distintos municipios en que se implanten este tipo de depuradoras.

PLANTA EXPERIMENTAL. Diagrama de Flujo



SEGUIMIENTO DEL PLAN I + D TECNOLOGIAS DE BAJO COSTE PARA LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

Consejería de Obras Públicas y Transportes
Dirección General de Obras Hidráulicas

El Plan I + D de Tecnologías de Bajo Coste para la Depuración de Aguas Residuales que viene desarrollando la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, a través de su Dirección General de Obras Hidráulicas, en colaboración con la Empresa Nacional de Ingeniería y Tecnología, se articula en varias fases.

Primera Fase

Definición de las Tecnologías de Bajo Coste, aplicables en función de las características climatológicas, geomorfológicas, etc., que condicionen su empleo, así como la implantación de una Planta Experimental donde se ensayen la mayor variedad posible de tecnologías a escala reducida.

Segunda Fase

Consiste en el desarrollo en paralelo de unas *plantas pilotos*, a escala real, en municipios tipo donde se aplicarán las líneas más adecuadas estudiadas en la Planta Experimental, y a la vez, en la tipificación del vertido de las poblaciones basada en el muestreo de un número de núcleos suficientemente representativo.

Tercera Fase

Redacción de un Plan Director que junto a la definición de las soluciones para cada población indicará las posibilidades de financiación, los costes de explotación y tarifas subsiguientes, así como una planificación para la puesta en práctica de las distintas actuaciones.

© JUNTA DE ANDALUCIA. Consejería de Obras Públicas y Transportes • COORDINA LA EDICION: Departamento de Publicaciones • DISEÑO GRAFICO: María Victoria Ruiz • FOTOCOMPOSICION: Textos y Formas • FOTOMECANICA: Punto Color • IMPRESION: Ingrasa (Cádiz) • N.º DE REGISTRO: JAOP/PN - 016 - 94 • ISBN: 84-8095-038-2 • D.L.: CA-253/94

PLANTA PILOTO DE ALCALA DEL VALLE (CADIZ)

PLAN PILOTO

Uno de los puntos básicos en los que se centra el programa de investigación es la construcción de una serie de Plantas Piloto repartidas por toda la geografía andaluza, donde se aplicarán los distintos sistemas de depuración no convencionales.

Para la construcción de estas Plantas Piloto se ha requerido previamente la firma de convenios entre la Consejería de Obras Públicas y Transportes y cada uno de los municipios afectados.

La investigación que se llevará a cabo en estas Plantas Piloto, una vez puestas en marcha, obedece a un Plan de Seguimiento que permitirá conocer las características típicas de estas instalaciones (control de rendimientos, costes, parámetros característicos de influentes y efluentes...).

OBJETIVOS FUTUROS

Optimización de los parámetros de diseño adaptándolos a las condiciones que imperan en cada zona.

Simplificación de las tareas de explotación y mantenimiento, mediante la introducción de mejoras de diseño.

Desarrollo y experimentación de nuevas tecnologías de depuración de aguas residuales.

Estudios agronómicos sobre las posibilidades de reutilización de las aguas depuradas.

Formación teórica y práctica de las personas encargadas de la explotación de este tipo de depuradoras.

Divulgación de los resultados obtenidos.

P R E S E N T A C I O N

En esta publicación, la cuarta que se realiza sobre la Planta Experimental, se recogen los resultados obtenidos en el tercer año de investigación, seguimiento y explotación.

En este período se han iniciado los ensayos de interconexión de tecnologías, estudiándose el comportamiento de los Filtros de Turba cuando se alimentan con efluentes de las Lagunas Anaerobias, y la posibilidad del uso de una Laguna de Maduración para el afino y desinfección de los efluentes de los Filtros de Turba, que permita su reutilización en riego agrícola.

Igualmente, se ha determinado el volumen de lodos acumulados en las Lagunas Anaerobias, tras cuatro años de funcionamiento ininterrumpido. A los lodos extraídos se les determinó su contenido en metales pesados. En este informe se indican estos contenidos, comparándose con los límites establecidos por la Directiva de la Comunidad Europea que regula la utilización de lodos de depuradoras en agricultura.

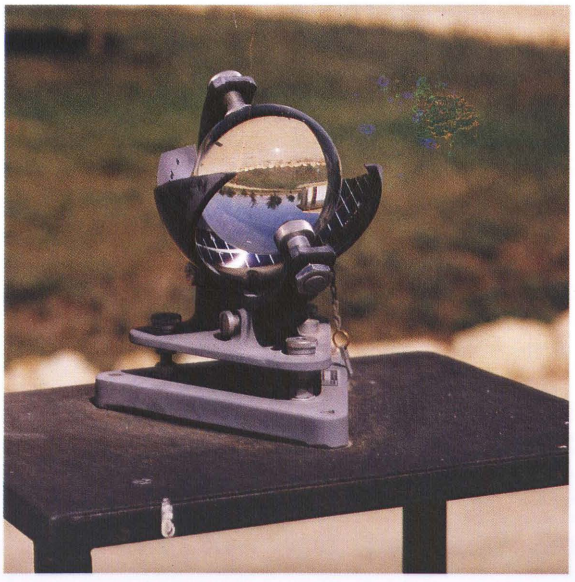
Con objeto de conocer la evolución de las características fisicoquímicas del terreno donde se ubica el Filtro Verde, y de la turba de los Filtros, tras varios años de operación, se efectuó en ambos un muestreo y los resultados analíticos obtenidos se comparan con los valores iniciales de ambos sustratos.

El informe se completa con el resumen de los datos meteorológicos registrados en el período de estudio, las características medias de caudal y composición del agua residual tratada y la descripción de los ensayos que comienzan a realizarse para el estudio de la reutilización del agua depurada.

En el siguiente período de investigación a desarrollar se han marcado dos objetivos prioritarios que consistirán en ampliar la línea de investigación, ya abierta, dedicada a la reutiliza-

ción de las aguas depuradas, así como en abrir otra nueva que nos lleve a un mayor conocimiento de los organismos asociados a estos sistemas de depuración, puesto que es evidente que contribuyen a mejorar su funcionamiento y eficacia.

Por último, destacar que en este período de tiempo se han recibido numerosas visitas procedentes de distintos organismos e instituciones (SAS, AMA, Universidades, Diputaciones, etc.), a las que agradecemos el interés que sin excepción han mostrado por el trabajo de investigación hasta ahora desarrollado.

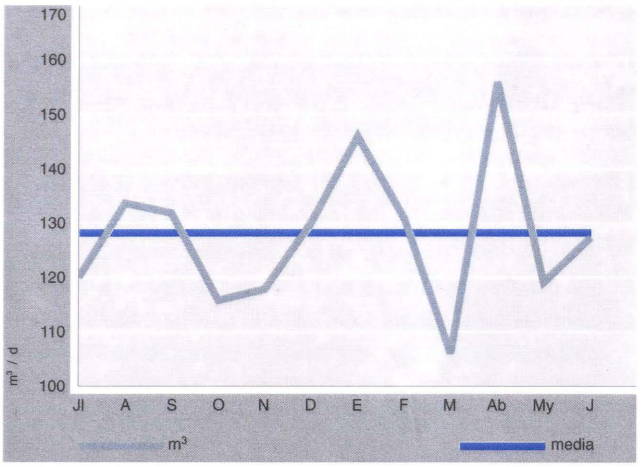


CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL

Durante el año objeto de este informe, se ha tratado en la Planta Experimental un volumen total de Agua Residual de 47.000 m^3.

La variación mensual del caudal medio diario que se ha sometido a depuración se muestra en el gráfico adjunto.

EVOLUCION DEL CAUDAL TRATADO



En lo referente al reparto del caudal a lo largo del día, se han observado los siguientes porcentajes medios:

Período	% del caudal total
De 8 a 14 horas	32
De 14 a 19 horas	30
De 19 a 22 horas	18
De 22 a 8 horas	20

El 80% del caudal total se genera en el espacio de tiempo comprendido entre las 8 y las 22 horas.

Las características medias del Agua Residual, junto con la desviación estandard, en el transcurso del período de estudio han sido las que se expresan en la tabla de la derecha.

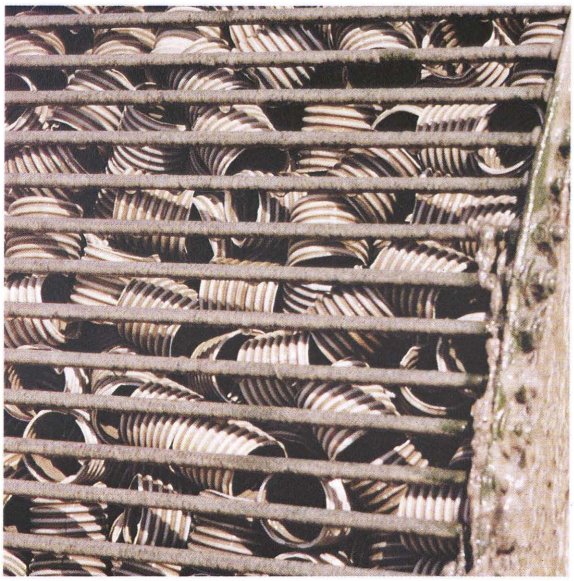
	Media	Desviación
pH	7,5	0,3
Conductividad (uS/cm)	1690	282
Sólidos suspensión (mg/l)	397	99
DQO (mg/l)	1117	223
DBO_5 (mg/l)	493	121
NH_4^+ (mg/l)	89	27
NO_3^- (mg/l)	4	1
PO_4^{3-} (mg/l)	51	10
Cloruros (mg/l)	200	32
Dureza (ºTH)	34	3
Colifomes totales (/100 ml)	$2,1.10^7$	
Coliformes fecales (/100 ml)	$4,8.10^6$	

DATOS METEOROLOGICOS

La estación meteorológica se ha ampliado con la instalación, en noviembre, de un Heliógrafo, para la determinación de las horas de insolación.

Los valores registrados de temperaturas máximas y mínimas, media de las máximas y de las mínimas, media de las medias, precipitación, evaporación y horas de insolación, se recogen en la tabla reproducida bajo estas líneas.

	Jl.	A.	S.	O.	N.	D.	E.	F.	M.	A.	M.	J.	Año
Temperatura máxima	39,3	40,8	37,9	31,7	24,8	19,2	20,2	21,2	26,0	28,6	29,8	35,8	40,8
Temperatura mínima	11,3	10,4	8,2	4,9	3,0	0,0	-4,0	0,6	-4,7	1,3	5,0	7,4	-4,7
Media de la máximas	34,9	34,7	31,2	22,3	21,1	15,9	15,9	17,8	20,8	21,8	23,3	29,6	24,1
Media de las mínimas	15,3	15,0	12,7	9,5	5,8	5,5	0,1	4,1	5,5	5,0	9,1	12,3	8,3
Media de las medias	25,1	24,8	21,9	15,9	13,4	10,7	8,0	11,0	13,2	13,4	16,2	21,0	16,2
Precipitación (mm)	0,0	4,2	19,3	68,1	2,9	23,0	25,9	17,8	37,4	47,3	73,8	3,8	323,5
Evaporación (mm)	206,7	143,8	99,6	70,4	45,5	41,2	35,9	64,8	35,8	84,4	73,6	138,2	1039,9
Horas de sol (h)					189,7	106,4	188,3	197,8	207,4	227,0	224,4	308,8	



En este período ha sido necesaria la sustitución del material de relleno empleado en el Biocilindro. Los trozos de tubo coarrugado, utilizados en un principio, han mostrado una deficiente resistencia mecánica, a consecuencia de la cual, y por el efecto de rozamiento entre las piezas durante el giro, el relleno se ha ido fragmentando, escapando de su confinamiento. Este hecho aumentaba el volumen hueco, potenciando el efecto de choque de las piezas y, por tanto, su degradación.

Después de proceder a varias reposiciones del relleno, se decidió su sustitución por otro material, diseñado específicamente para su empleo como soporte en Filtros Biológicos. Este material presenta las siguientes características: longitud 50 mm, diámetro 50 mm.

Transcurrido un año de funcionamiento, no se ha observado degradación alguna en el nuevo material soporte.

Con objeto de comparar las características de funcionamiento del Biodisco y Biocilindro, se han alimentado ambos sistemas con un mismo caudal de Agua Residual, midiéndose el contenido en Oxígeno Disuelto y en Sólidos en Suspensión, en la cuba de los reactores biológicos, y el rendimiento global de eliminación de DQO soluble.

Los resultados medios obtenidos fueron los que se muestran en esta tabla:

	Biodisco	Biocilindro
Oxígeno disuelto (ppm)	0,4	1,5
Sólidos en suspensión (ppm)	300	410
% Eliminación DQO soluble	70	80

La mayor concentración de Oxígeno Disuelto y de biomasa en la zona del rotor del Biocilindro conlleva a que en este sistema se consigan mayores rendimientos de eliminación de DQO soluble.

La biomasa que se desarrolla sobre el material soporte en ambos sistemas presenta una morfología diferente, siendo la del Biodisco de aspecto filamentoso.

La colonización del soporte del Biocilindro es desigual, presentando una mayor densidad bacteriana el interior de los tubos, al hallarse más resguardada esta zona de los esfuerzos cortantes provocados por el giro del rotor en la masa líquida, y al no verse afectada por el rozamiento entre las piezas que constituyen el soporte.

Rendimientos

Los rendimientos medios de depuración obtenidos en los Contactores Biológicos Rotativos han sido los siguientes:

	% eliminación	
	Biodisco	**Biocilindro**
Sólidos en suspensión	55-65	55-65
DBO_5	75-80	80-85
DQO soluble	70-75	80-85
N amoniacal	25-35	25-35
Fosfatos	15-20	15-20

En el mes de marzo, y antes de iniciarse el período vegetativo, se procedió a la determinación de la altura y diámetro de los chopos plantados. La evolución de estos dos parámetros desde junio de 1991 es la siguiente:

	06-91	01-92	06-92	03-93	Incremento global
Altura (cm)	760	865	1040	1130	48,7%
Diámetro (cm)	9,7	12,1	14,9	16,9	74,2%

En cuanto a los rendimientos medios obtenidos, se mantienen prácticamente semejantes a los reflejados en informes anteriores:

	Rendimientos
Sólidos en suspensión	90-95%
DBO_5	90-95%
DQO	90-95%
N amoniacal	65-95%
Fosfatos	65-80%

Las labores de mantenimiento de este sistema se han reducido a un pase trimestral de grada, para reairear el terreno, romper costras y eliminar malezas, y a una labor de poda, efectuada en el mes de febrero, con el fin de conseguir que los árboles presenten el fuste lo más recto y libre de nudosidades posible.

Las marras existentes se repusieron con plantones R2T1 (dos años de raíz y uno de tallo), procedentes del vivero de chopos, implantado, a tal efecto, en la propia Planta experimental.

El período vegetativo de los árboles se ha extendido desde el mes de marzo hasta finales del mes de noviembre.

Con el fin de conocer la evolución de las características del suelo donde se asienta el Filtro Verde, tras haber recibido el aporte de Agua Residual durante cuatro años, se procedió a efectuar una toma de muestras del terreno.

En la siguiente tabla se comparan los valores medios de los análisis efectuados, con referencia a los que inicialmente presentaba la parcela, antes de su conversión en Filtro Verde.

	Original	Actual (zona lisímetro 30 cm)	Actual (zona lisímetro 60 cm)
pH	7,1	7,6	7,0
Conductividad (dS/cm)	1,39	2,10	1,77
Materia orgánica (%)	0,45	1,39	1,67
C orgánico (%)	0,26	0,80	0,97
N Kjeldhal (%)	0,03	0,08	0,09
C/N	8,6	10,6	10,6
P asimilable (ppm)	2	28	65
K asimilable (ppm)	166	445	390
Hierro (ppm)	17,2	67,7	71,2
Cobre (ppm)	8,0	18,1	19,2
Manganeso (ppm)	24,6	43,0	57,2
Zinc (ppm)	4,36	3,24	12,62
Cobalto (ppm)	0,60	0,94	1,42
Níquel (ppm)	0,46	0,39	0,64
Cadmio (ppm)	0,04	0,01	0,04
Cromo (ppm)	–	–	–
Plomo (ppm)	1,92	3,30	4,36

Se ha modificado el esquema de funcionamiento del Sistema de Lagunaje, que en la actualidad queda como sigue:

Agua Residual – Desarenado – Desengrasado – 2 Lagunas Anaerobias (en paralelo) – Laguna Facultativa – Laguna de Maduración II

El paso de la Laguna Facultativa a la de Maduración se efectúa por sifón, desde una zona próxima a su superficie, en lugar de desde el fondo, como se hacía hasta entonces. Operando de esta forma se consigue un efluente de la Laguna Facultativa de mejor calidad, disminuyendo la carga aplicada a la siguiente laguna.

La Laguna de Maduración I ha quedado fuera del esquema original del Lagunaje, empleándose como sistema de almacenamiento y afino de los efluentes procedentes del Sistema de Filtros de Turba.

En el período de estudio, el comportamiento de las diferentes lagunas ha sido el siguiente:

Lagunas Anaerobias

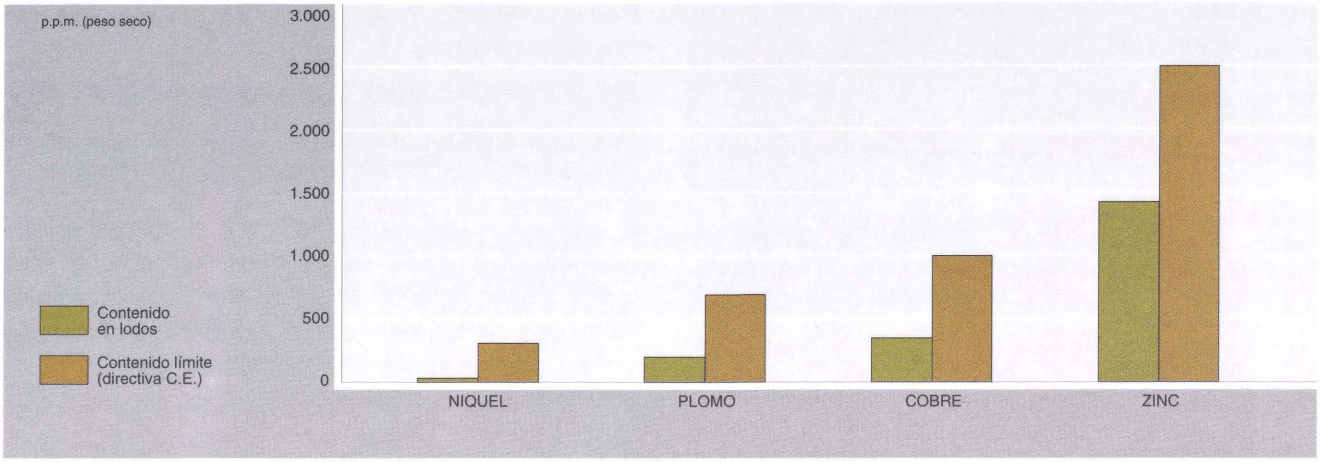
Hacia el mes de junio del 93 se observó en la superficie de las lagunas la formación de costras persistentes, a la vez que se registraban descensos en los rendimientos de eliminación de Sólidos en Suspensión, DBO_5 y DQO. Ante estos hechos se decidió proceder a la purga de los fangos acumulados.

El espesor medio de los lodos acumulados era en ese momento de 45 cm, y su composición: 42% materia volátil, 58% materia mineral.

Los lodos extraídos, dados los elevados tiempos de residencia con los que se opera, se encuentran totalmente estabilizados, lo que facilita enormemente su manipulación y evacuación.

A los lodos se les efectuó una analítica para determinar su contenido en metales.

CONTENIDO EN METALES DE LOS LODOS



Este gráfico muestra el contenido en metales de los lodos en comparación con los valores límites establecidos por la Directiva del Consejo de 12 de junio de 1986 (86/278), de la Comunidad Económica Europea, que regula la utilización de los lodos de depuradoras en agricultura.

En el transcurso de este año, los rendimientos medios de depuración conseguidos en las Lagunas Anaerobias han sido los siguientes:

	% eliminación
Sólidos en suspensión	50-65
DBO_5	50-55
DQO	45-50
N amoniacal	0-15
Fosfatos	0-5

Laguna Facultativa

Los rendimientos medios de depuración a la salida de la Laguna Facultativa, en relación con el Agua Residual, han sido los siguientes:

	% eliminación
Sólidos en suspensión	0-70
DBO_5	60-80
DQO	55-75
N amoniacal	30-60
Fosfatos	0-30

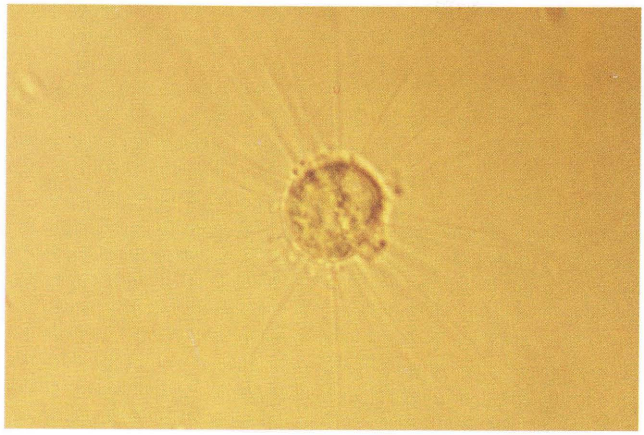
Laguna de Maduración II

En esta laguna los rendimientos medios de depuración, con relación al Agua Residual que entra en el sistema de Lagunaje, han sido los siguientes:

	% eliminación
Sólidos en suspensión	40-80
DBO_5	75-85
DQO	70-80
N amoniacal	35-80
Fosfatos	10-60

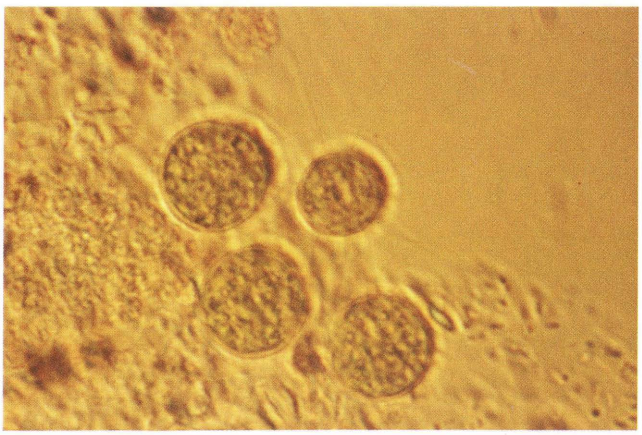
A continuación aparecen imágenes de distintos organismos, obtenidas de muestras recogidas en el Sistema de Lagunaje (lagunas facultativas y de maduración), así como en las piscinas destinadas al cultivo de macrofitas y peces*.

En esta fotografía se muestra un individuo de Coleps hirtus junto a una célula de Chilomona sp., criptofícea incolora con la que se ha alimentado al primero.



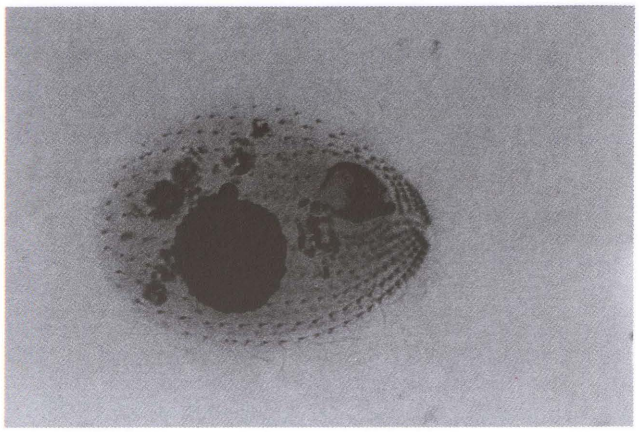
Heliozoo, en el que se observa de modo difuso los axópodos que salen radialmente del cuerpo.

Típicos componentes fitoplanctónicos observados en el estanque destinado al cultivo de Lemna.

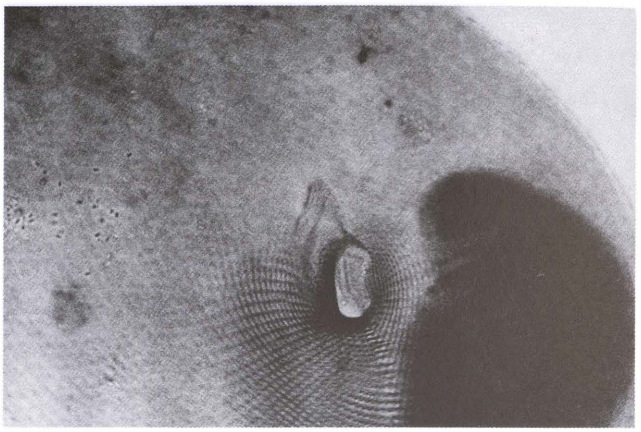


Agrupación de Heliozoos.

* Son imágenes cedidas por la Escuela Universitaria Politécnica de Sevilla y realizadas por alumnos del Programa de Formación de Técnicas en Aguas (Grupo I + D TAR).



Individuo de Tetrahymena sp. tras tinción argéntica, mostrando claramente su zona bucal, el macro y micronúcleo y las hileras que componen su infraciliación corporal.



Detalles de infraciliación bucal de Paramecium caudatum.

FILTROS DE TURBA

En este período, además de continuar las experiencias con el sistema clásico de depuración de Filtros de Turba, según el cual el Agua Residual tras un desbaste, tamizado y desengrasado, se aplica a los lechos de turba, se han iniciado una serie de nuevos ensayos basados en la interconexión de diferentes tecnologías.

Entre las nuevas experiencias se han iniciado dos que tendrán continuación en el próximo año:

- utilización como alimentación a los lechos de turba de parte de los efluentes del Lagunaje Anaerobio.
- tratamiento de los efluentes de los lechos de turba tradicionales, mediante un Lagunaje de Maduración.

Asimismo, se han estudiado diferentes sistemas de distribución del influente sobre la turba, al objeto de reducir los costes de inversión y de facilitar las tareas de mantenimiento (retirada de la costra y laboreo de la turba).

CARACTERISTICAS OPERATIVAS

a) Experiencias con el sistema clásico, utilizando Agua Residual como influente.

Operando según el esquema clásico de un proceso de filtración sobre turba:

Agua Residual – Tamizado – Desengrasado – Filtros de Turba

se han conseguido los siguientes rendimientos de depuración:

	% eliminación
Sólidos en suspensión	85-90
DBO_5	80-85
DQO	75-80
N amoniacal	30-40
Fosfatos	10-20

A lo largo de un ciclo operativo los parámetros controlados muestran la evolución siguiente:

- En los primeros días del ciclo existe una mayor diferencia entre los valores de pH del influente y efluente. Progresivamente, se van compensando esas diferencias.

  Los valores más bajos de pH en el efluente del sistema se registran en los comienzos.

- Los primeros efluentes, tras el arranque, presentan una conductividad mayor que la del Agua Residual, consecuencia del arrastre de las sales retenidas en el filtro. La duración de este efecto es breve, y al poco tiempo se asemejan las conductividades a la entrada y salida del filtro.

- Los efluentes iniciales arrastran una elevada concentración de nitratos, procedentes de la oxidación de las formas nitrogenadas durante el período de regeneración del lecho. A las pocas horas de funcionamiento, la concentración de nitratos en el efluente es nula.

- El rendimiento en la eliminación de Sólidos en Suspensión mejora a lo largo del ciclo, al irse colmatando los poros de la superficie del filtro.

- Los rendimientos de eliminación de materia orgánica, medida como DBO_5 y DQO, presentan los valores más bajos al inicio del ciclo, para aumentar posteriormente y mantenerse relativamente constantes hasta el final del ciclo.

- La capacidad de eliminación de N amoniacal disminuye a lo largo del tiempo.

- Los rendimientos de eliminación de fosfatos decaen de forma mucho más rápida que los del N amoniacal.

En los últimos días del ciclo se registran mayores concentraciones de fosfatos en el efluente que en la alimentación, al producirse la movilización de los fosfatos retenidos por la turba.

b) Experiencias con el efluente de las Lagunas Anaerobias.

Para poder estudiar el comportamiento de un Sistema de Filtros de Turba, cuando se emplea como influente el agua de salida de un Lagunaje Anaerobio, se instaló una conducción que, partiendo de la arqueta de recogida de efluentes de las dos Lagunas Anaerobias existentes en la Planta Experimental, permite alimentar con estas aguas uno de los Filtros de Turba.

En estos ensayos el esquema global de funcionamiento es el siguiente:

Agua Residual – Desarenado – Desengrasado – Lagunaje Anaerobio – Filtros de Turba

Las condiciones operativas se mantuvieron iguales a las descritas en el ensayo anterior, si bien la maduración del ciclo se elevó a 21 días.

Los rendimientos medios conseguidos tras la etapa de Lagunaje Anaerobio, y tras el Filtro de Turba, se recogen en la siguiente tabla.

	Salida Lagunas Anaerobias	Salida Filtro de Turba
Sólidos en suspensión	58%	89%
DQO	51%	81%
N amoniacal	8%	34%
Fosfatos	-15%	-10%

Se tiene previsto continuar las experiencias empleando como alimentación a los filtros el efluente de las Lagunas Anaerobias, con objeto de comprobar si los rendimientos observados se mantienen a lo largo del tiempo.

En primera aproximación, y en comparación con los resultados obtenidos cuando el filtro opera con Agua Residual bruta, destacan:

- La mayor duración del ciclo operativo, que llega a duplicarse. La causa de esta prolongada duración radica en la menor concentración de Sólidos en Suspensión presentes en el efluente anaerobio, con relación a los que se encuentran en el Agua Residual tamizada, lo que retarda el efecto de colmatación de la superficie del filtro.

  La costra que se forma tras el secado de filtro, con estas condiciones operativas, es de mucho menor consistencia.

- Los rendimientos globales de eliminación son similares a los que se consiguen con el Agua Residual, salvo en lo referente a la eliminación de Fosfatos, que es mucho menor, a consecuencia de las condiciones totalmente anaerobias de operación.

c) Tratamiento de los efluentes de los Filtros de Turba en una Laguna de Maduración.

Los efluentes procedentes de los Filtros de Turba se han conducido a la Laguna de Maduración I para su almacenamiento y afino.

Los rendimientos medios conseguidos en la depuración del Agua Residual tras su paso por el sistema de Filtros de Turba, y a la salida de la Laguna de Maduración, se recogen en la siguiente tabla.

	Filtros de Turba	L. Maduración I
DBO_5	85%	88%
DQO	80%	82%
N amoniacal	40%	72%
Fosfatos	15%	50%

El efluente de la Laguna de Maduración se ha empleado para el riego por goteo de una finca de naranjos, en las proximidades de la Planta Experimental. El riego se efectúa sin someter al efluente a ningún tratamiento previo para la eliminación de las algas en suspensión, no registrándose, hasta el momento, ningún problema de obturación en los goteros.

EVOLUCION DE LA TURBA

Los resultados de los análisis efectuados a muestras de turba tomadas en los filtros 1 y 2, se comparan con los valores que presentaba originalmente la turba, en la tabla siguiente.

	Turba original	Turba Filtro I	Turba Filtro II
pH (extracto 1:5)	7,1	6,6	6,5
Conductividad (ext. 1:5) (dS/cm)	4,47	1,69	2,13
Humedad (%)	57,3	59,2	57,6
Cenizas (%)	43,3	45,7	49,6
Materia orgánica por calcinación (%)	56,7	54,3	50,4
Extracto húmico total (%)	24,0	13,5	12,1
Acidos húmicos (%)	15,1	8,1	8,3
C.I.C. (meq/100 g)	125	114	104
Relación C/N	22,8	20,1	18,7
N Kjeldhal (% N)	1,44	1,57	1,56
P total (% P_2O_5)	0,11	1,05	0,96
K total (% K_20)	0,14	1,48	1,97
Ca total (% Ca)	6,16	4,27	5,27
Mg total (% Mg)	1,15	0,78	1,13
Hierro (ppm)	9100	6000	9750
Cobre (ppm)	7	40	98
Manganeso (ppm)	46	45	44
Zinc (ppm)	215	314	458
Sodio (% Na)	0,05	1,13	2,10

ESCORRENTIA SUPERFICIAL

Como se mencionaba en la Memoria del pasado año, los juncos plantados en la cabecera del canal presentaban un desarrollo deficiente, sufriendo un deterioro progresivo. Este hecho, y la buena aclimatación observada por el carrizo plantado el año anterior, aconsejó eliminar por completo el cultivo de juncos y poner en su lugar esta especie vegetal.

Para ello, y tras acondicionar el fondo del canal con arena, se procedió a la plantación de rizomas. Dicha plantación se efectuó en noviembre, observándose los primeros brotes transcurrido un mes. Se espera conseguir el adecuado grado de colonización hacia finales del otoño del 93.

El carrizo *(Phragmites sp.)* es una especie vegetal muy apta para los sistemas de depuración de Aguas Residuales mediante plantas emergentes. Ello se debe, fundamentalmente, a que con el tiempo los rizomas de estas plantas van originando una profusa red de canales subterráneos, incrementando la conductividad hidráulica horizontal del terreno, lo que facilita que el Agua Residual a depurar discurra en capas profundas, permitiendo su contacto con la rizosfera, aumentando por consiguiente el rendimiento depurador.

Otro factor a favor del carrizo estriba en la mayor duración de su ciclo vegetativo, permaneciendo activo durante un período de tiempo superior al de las aneas.

En el transcurso del período de estudio los rendimientos medios de depuración han sido los que se expresan a continuación:

	% eliminación
Sólidos en Suspensión	60-70
DBO_5	65-80
DQO	55-70
N amoniacal	25-45
Fosfatos	20-30

CULTIVOS

Cultivo de Peces

El pasado verano se detectó en el estanque de Cultivo de Peces un brote infeccioso de origen bacteriano, originado por una deficiente limpieza de los sedimentos acumulados en el fondo, y favorecido por las elevadas temperaturas reinantes en esas fechas.

Se hizo necesario trasvasar los peces a un estanque vecino, para poder efectuar una limpieza y desinfección a fondo. Desde ese momento, trimestralmente, y como medida preventiva, se procede a la eliminación de los sedimentos depositados.

La operación de trasvase de los peces se aprovecha para determinar su número, características cromáticas, longitud y peso.

Los datos recogidos en el último trasvase, efectuado en el mes de mayo, se recogen en la tabla que se muestra al pie de esta página.

En el mes de junio, y por vez primera desde la implantación del Cultivo de Peces, ha tenido lugar con éxito la reproducción de los mismos.

Cultivo de Lenteja Acuática

En el transcurso de este período se ha procedido a la progresiva eliminación de las balsas dedicadas al cultivo de Lenteja Acuática. En la actualidad se ha abandonado por completo esta tecnología.

Si bien se conseguía una notable reducción de la concentración de las algas presentes en el efluente del Sistema de Lagunaje, como contrapartida la salida de las balsas presentaban condiciones anaerobias y un deterioro progresivo de su calidad.

El problema se agravaba en los períodos de máximo crecimiento vegetativo (primavera-verano), en los que si no se procedía a la continua retirada del excedente de biomasa vegetal, las lentejas situadas en las capas inferiores morían, y se depositaban en el fondo de la balsa, iniciándose fenómenos de putrefacción, que deterioraban, aún más, la calidad del efluente.

		Longitud (cm)			Peso (gr)		
Peces	**Número**	**Máximo**	**Mínimo**	**Media**	**Máximo**	**Mínimo**	**Media**
Negros	107	18,0	13,0	15,0			
Rojos	16	17,5	14,5	15,6	80	49	56
Rojinegros	12	17,5	14,0	16,0			

Por otro lado, el cultivo fue muy afectado por las temperaturas inferiores a 0 °C, registradas en los meses de enero y marzo.

Otro inconveniente estriba en que el tapiz vegetal creado por las plantas sirve de soporte para el desarrollo de gran variedad de larvas, originándose un fuerte impacto visual negativo.

El conjunto de inconvenientes mencionados, que presumiblemente se incrementarán en balsas de mayor tamaño, superan el beneficio conseguido con la eliminación de las algas del efluente del lagunaje, aconsejando la eliminación de las balsas dedicadas al cultivo de Lentejas Acuáticas.

REUTILIZACION DE LOS EFLUENTES

En esta fase de estudio, la parcela dedicada a Experiencias Agrícolas, se ha destinado el monocultivo de la alfalfa (variedad MOAPA).

Se ha reservado una pequeña superficie como parcela testigo, que se riega con agua de pozo, mientras que el resto de la plantación recibe el efluente del Sistema de Lagunaje mediante aspersores.

Antes de la siembra se procedió a efectuar un muestreo para la caracterización del terreno en superficie y profundidad. Los resultados de los análisis efectuados se muestran en las tablas.

Los objetivos que se persiguen con este ensayo son:

- determinar las posibles variaciones que se produzcan entre la parcela testigo y la de experimentación en cuanto a productividad, incidencia de enfermedades, etc.
- determinar periódicamente las variaciones que tengan lugar en el terreno por el aporte continuo del efluente del Lagunaje (salinidad, capacidad de cambio, acumulación de metales, etc.).

ANALISIS DEL SUELO DE LA PARCELA DE CULTIVOS

Muestra	Profundidad (cm)	pH	C orgánico (%)	Mat. org. (%)	C/N	N-Kjeld. (%)	P Olsen (ppm)	K asim. (ppm)
I	30	7,4	1,1	1,9	12,0	0,09	30,0	457
II	30	7,6	0,6	1,0	7,0	0,08	28,5	457
III	30	7,7	0,8	1,3	12,8	0,06	25,0	423
IV	70	7,9	0,3	0,4	8,3	0,03	6,5	158
V	100	8,0	0,2	0,3	8,0	0,02	2,5	125

ANALISIS DE EXTRACTOS DE PASTA SATURADA

Muestra	Profundidad (cm)	Saturación (%)	C.E. dS/cm	Na meq/100 g	K meq/100 g	Ca meq/100 g	Mg meq/100 g	Cl meq/100 g	RAS	$N\text{-}NO_3$ mg/kg
I	30	40,0	1,09	0,14	0,046	0,17	0,026	0,08	2,32	22,4
II	30	40,0	1,60	0,22	0,041	0,26	0,046	0,16	2,85	45,2
III	30	37,5	1,30	0,34	0,029	0,17	0,026	0,13	5,65	21,0
IV	70	34,5	0,82	0,08	0,006	0,12	0,043	0,09	1,43	0,8
V	100	49,0	0,86	0,22	0,002	0,14	0,013	0,15	3,59	0,0

CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONICO (meq/100 g)

Muestra	Profundidad (cm)	C.I.C.	Na camb.	K camb.	Ca camb.	Mg camb.
I	30	6,52	0,22	1,24	5,63	0,93
II	30	9,36	0,34	1,63	7,54	1,53
III	30	8,42	0,11	1,21	7,13	1,41

La alfalfa se siega periódicamente, y tras una etapa de ensilado, para eliminar cualquier riesgo de transmisión de agentes patógenos, se dedica a alimentación animal.

En otra línea de investigación, se está utilizando el efluente de la Laguna de Maduración I para el riego por goteo de una finca de naranjos colindante con la Planta Experimental. El efluente del Lagunaje se emplea sin ningún tratamiento previo para la eliminación de las algas en suspensión.

Desde el pasado verano, se tiene operativa una línea piloto de riego por goteo, de unos 50 m. de longitud, que recibe el efluente de la Laguna de Maduración II sin pretratamiento, sin que, hasta el momento, se hayan originado problemas de obturación en los goteros.