

CASTILLO, A.; CRUZ, L. y CARRILLO, P. (1986)

"Propuesta de instalación de una planta experimental de lagunaje, con aprovechamientos acuícolas, en Padul (Granada)"

El Agua en Andalucía, II: 83-92

EL AGUA EN ANDALUCÍA

PROPUESTA DE INSTALACION DE UNA PLANTA EXPERIMENTAL DE "LAGUNAJE", CON APROVECHAMIENTOS ACUICOLAS, EN PADUL (GRANADA)

Antonio CASTILLO MARTIN *	Dr. Cc. Geológicas
Luis CRUZ PIZARRO **	Dr. Cc. Biológicas
Presentación CARRILLO LECHUGA**	Leda. Cc. Biológicas

* Dpto. Hidrogeología y Dpto. Investigaciones Geológicas del C.S.I.C., Univ. Granada.

** Cat. de Ecología, Univ. Granada.

RESUMEN

En línea con el creciente interés científico-técnico de la depuración de aguas residuales urbanas por el sistema de lagunaje, y con la grave deficiencia de instalaciones de experimentación propias, se expone y justifica la especial idoneidad de la Depresión de Padul (Granada) como enclave de ubicación de una estación experimental de investigación y desarrollo.

A título orientativo se apunta el área de localización más favorable para tal fin, al tiempo que se exponen los condicionamientos positivos existentes y se señalan las principales actuaciones que, en acuicultura, podrían experimentarse con mayores ventajas.

RESUME

Suivant la ligne d'intérêt científico-technique de l'épuration d'eaux usées urbaines par le système de lagunage, et devant la grave absence d'installations d'expérimentation, on expose et on justifie l'aptitude spéciale de la Dépression de Padul (Grenade) en tant qu'emplacement d'une station expérimentale de recherche et de développement.

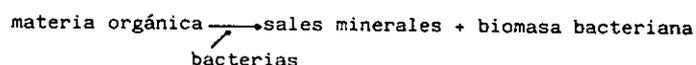
A titre d'orientation on signale le point de localisation le plus favorable pour cela, et l'on expose les conditionnants positifs qui existent; on signale également les principales expériences que l'on pourrait y réaliser, en aquaculture, dans les conditions les plus favorables.

INTRODUCCION

El sistema de depuración por lagunaje (también lagunas de oxidación, lagunas de estabilización aerobias...) se basa, fundamentalmente, en una autodepuración aerobia natural, favorecida y acelerada en lagunas de poca profundidad. Para el modelo más general, el agua residual bruta, una vez desbastada y desarenada, entra en un sistema lagunar compuesto por tres elementos, bien diferenciados, conectados en serie. En ellos se produce, de forma natural, una degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua.

Esta degradación se produce paulatina y escalonadamente, respondiendo, de forma general, a los siguientes procesos:

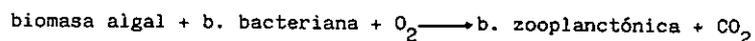
- 1ª laguna



- 2ª laguna



- 3ª laguna



Como puede observarse, la degradación de la materia orgánica da lugar, en su estadio final, a la producción de biomasa zooplanctónica, de gran poder nutritivo, y por tanto de alto interés, sobre todo, en piscicultura y astacicultura. El agua saliente del proceso completo, después de unos 60 días, se halla sustancialmente depurada, con reducciones de la DBO, sobre muestras filtradas, del orden del 85%; una característica común del efluente final es su relativo contenido en "materias" en suspensión, debidas, fundamentalmente, al alto aporte del agua en biomasa algal y zooplanctónica.

Más información sobre este interesante sistema de depuración puede obtenerse de la consulta de algunas referencias básicas, como son las de BENJES (1970), C.E.M.A.G.R.E.F. (1981), BAILLY (1985) y METCALF-EDDY (1985).

A pesar de que se ha dado un fortísimo impulso en los últimos años a la investigación de los procesos que afectan al lagunaje y a las aplicaciones acuícolas ulteriores, la realidad es que con ello sólo se ha conseguido abrir "brecha" en un impresionante campo de experimentación y estudio. Por otra parte, las variables "localistas" que afectan a los procesos de bio depuración, entre las que se hallan la temperatura ambiente, la pluviosidad y el nivel de insolación, aconsejan y hacen siempre recomendable la experimentación e investigación propias, en contra de la simple asimilación de los resultados y conclusiones obtenidas en sistemas ubicados en otras latitudes.

La experimentación y estudio de este sistema natural de depuración de bajo coste, parece haber captado el interés, en Andalucía, de la Agencia de Medio Ambiente, así como de algunas empresas de tratamientos de aguas. En apoyo de esta línea de actuación se enmarca la presente comunicación, cuyo principal objetivo es difundir y hacer ver a los Organismos competentes la especial idoneidad para la instalación de una estación experimental de lagunaje de la Depresión de Padul. La existencia de una zona húmeda natural en el sector quizás pueda actuar como "pantalla" a cualquier actuación en el ecosistema, sin embargo, pensamos que dicho carácter es precisamente el que aporta mayor interés a la experimentación e investigación propuesta, la cual, además, reforzaría, muy posiblemente, el interés ecológico de la reducida y degradada zona húmeda existente (ver punto 8ª del epígrafe siguiente).

EXPOSICION DE CONDICIONANTES FAVORABLES

1º El sistema de depuración por lagunaje es, muy posiblemente, el que podría aplicarse con mayores ventajas en el tratamiento de las aguas residuales de la población de Padul.- La instalación de un sistema de depuración por lagunaje requiere del cumplimiento de una serie de condicionantes, cuya dificultad en reunir conjuntamente hace que en la práctica sea un sistema poco aplicable a la realidad de la mayoría de los núcleos urbanos andaluces. Sin embargo, su menor coste de instalación y de mantenimiento, con respecto al resto de los sistemas de depuración conocidos, unido a los posibles aprovechamientos comerciales de la biomasa producida, hace que este sistema sea el más recomendable siempre que se cumplan, como ya se ha dicho, los requisitos mínimos exigidos para su instalación y correcto funcionamiento.

El núcleo urbano de Padul reúne, con ciertas ventajas, los requerimientos mínimos exigidos, hecho por el cual la estación experimental que se plantearía instalar, responde, además de a motivos de investigación, a la más idónea de las soluciones que podrían adoptarse para depuración de las aguas residuales urbanas de la población de Padul (otras experimentaciones, como las basadas en lechos de turba y filtros verdes, serían también de interés).

Para concluir este primer punto, quizás convenga aclarar que, en la actualidad, la mayor parte de las aguas "negras" de esta población son vertidas directamente a una extensa red de canales de riego, produciéndose con ello una importante contaminación de las aguas circulantes, así como una eutrofización de las mismas que favorece el desarrollo algal y obliga a periódicas tareas de limpieza. Por otra parte, la existencia de pozos negros y de fugas en la actual red de saneamiento son responsables de la contaminación detectada en las aguas subterráneas de la vega Alta de Padul (CASTILLO MARTIN et al., 1983).

2º El volumen y contenido orgánico y mineral de las aguas residuales urbanas de Padul se adapta muy bien, desde los puntos de vista técnico, experimental y de explotación, a un sistema de depuración por lagunaje.- El valor medio de carga orgánica que es adsorbido por una instalación clásica de lagunaje es de unos 75 Kg de DBO₅ por Ha (de lámina de agua se entiende) y día, carga que corresponde aproximadamente a la originada por una población standard de 1.000 habitantes; dicho valor teórico suele ser la base del dimensionamiento real de una estación de lagunaje; por tal motivo, la población actual de Padul (6.400 hab.) requeriría para la depuración de sus vertidos líquidos de un sistema de lagunaje de unas 7 Ha de superficie. Esta superficie, que podría parecer excesiva para una estación "piloto", es sensiblemente similar a la que posee una de las mejores estaciones de experimentación de lagunaje de Europa, como es la de Méze, en Francia, donde existe un gran centro de investigaciones pluridisciplinarias dirigido por científicos de la Universidad de Languedoc. Desde el punto de vista técnico, la estación propuesta se catalogaría, por su extensión, como de tipo medio, en base a que, de forma general, el sistema de depuración propuesto deja de ser funcional para poblaciones > a 15.000 habitantes. Por último, el dimensionamiento previsto correspondería al inferior exigido para instalaciones con positivos rendimientos de explotación de la biomasa producida, aspecto al que, si es posible, no debería de renunciar ninguna estación de lagunaje.

3º Existen terrenos que cumplen las principales condiciones exigidas para la instalación del lagunaje.— El principal obstáculo que plantea la Depresión de Padul para localizar áreas factibles de instalación es la alta rentabilidad agrícola y de explotación minera (turba) de los terrenos existentes. Desde un punto de vista exclusivamente hidrogeológico, conviene aclarar, sin embargo, que no existen graves dificultades para la localización de enclaves idóneos, ya que la mayor parte de los materiales presentes son prácticamente impermeables, de morfología llana y no plantean problemas de inundación ni de posibles afecciones a sistemas acuíferos. Ambos considerandos se han intentado combinar en la elección del enclave que se presenta en el mapa litológico de la figura 1. El área señalada, conocida en el lugar como de El Junco, se sitúa muy cerca de la "madre" Blanca, a 1 Km del puente antiguo de Cozviñar y a 3,5 Km del núcleo urbano de Padul. Dicho sector puede considerarse como de marjalería, aunque de forma estacional es acondicionado para el cultivo. Los materiales geológicos presentes en el mismo corresponden, básicamente, a arcillas turbosas del Cuaternario, localizadas muy próximas al contacto con los conglomerados arcillosos de la Formación de Pinos Genil (Plioceno). Como condición favorable adicional quizás convenga señalar que dicho emplazamiento quedaría fuera del perímetro de protección que fue adoptado para la conservación de la zona húmeda de Padul en el Plan Especial de protección del medio físico de la provincia de Granada (a falta de aprobar).

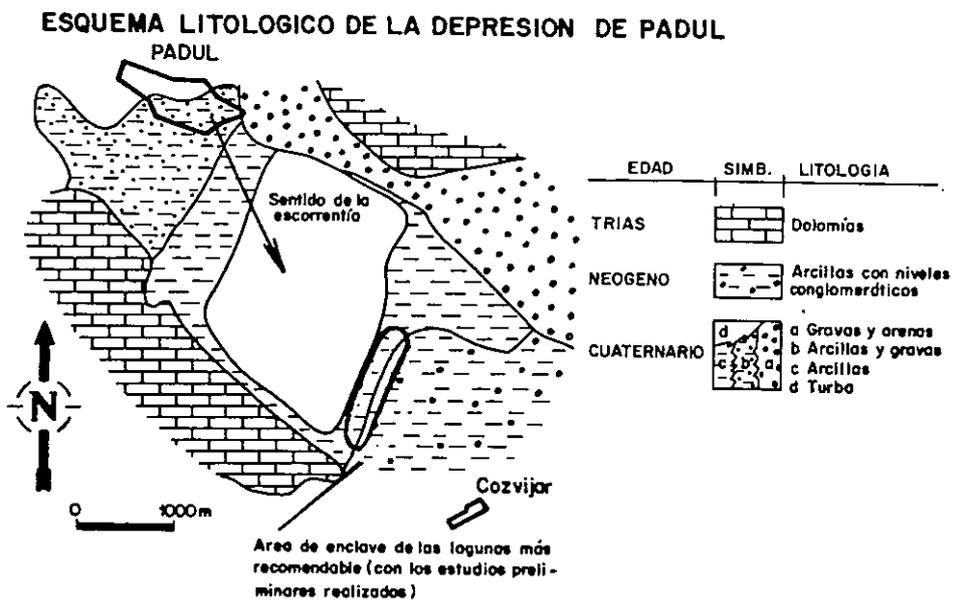


Figura 1

4º Las variables climatológicas no presentan condiciones críticas que pudieran interferir gravemente en el adecuado funcionamiento de los procesos de depuración por lagunaje.- La Depresión de Padul cuenta con dos condicionantes climáticos favorables para el correcto funcionamiento de los procesos de depuración por lagunaje; estos son un alto grado de insolación, básica para la mejor realización de los fundamentales procesos fotosintéticos, y un régimen de temperaturas moderadas y fuertemente amortiguadas en sus valores por una cierta influencia mediterránea. Según BENAVENTE (1982), la temperatura media anual es de 16°C, con valores máximos medios de 25°C en los meses de Julio-Agosto y mínimos medios de 9°C en Enero. Este régimen de temperaturas se adapta muy bien a las condiciones exigidas por el lagunaje, que ofrece sus peores rendimientos en los meses de invierno, en los que las bajas temperaturas dificultan la actividad biológica, básica para los procesos de autodepuración que tienen lugar en las lagunas de oxidación. En general se acepta como intervalo de temperaturas medias mensuales apto para el lagunaje el comprendido entre 0 y 30°C, y como valor óptimo el de 20°C (METCALF-EDDY, 1985).

5º Se dispone de importantes fuentes de aporte de aguas subterráneas de posible interés en piscicultura.- Los aportes de aguas subterráneas no contaminadas y de bajo contenido salino, generalmente estables en cantidad y calidad, constituyen un elemento positivo a la hora de calibrar la viabilidad de cualquier instalación de lagunaje. En primer lugar pueden jugar un papel diluyente, para optimizar el funcionamiento de las lagunas en épocas o periodos de alta carga orgánica, y en segundo lugar, y como factor más importante, pueden sustentar o favorecer la instalación de sistemas de piscicultura y astacicultura que utilicen la biomasa zooplanctónica producida y doten de rentabilidad a las estaciones de lagunaje. Son numerosas las experiencias realizadas y los trabajos de investigación publicados sobre la piscicultura y astacicultura como explotaciones paralelas de estaciones de lagunaje; a este respecto merecen citarse los trabajos de HEPHER y SCHROEDER (1977), BAILLY (1979), BARNABE (1979), GUERRIN (1982) Y GUERRIN y LEDOUX (1982), entre otros muchos.

En la figura 2 se localizan las cinco áreas principales de aporte de aguas subterráneas de la Depresión de Padul. De forma preliminar, y basándose en el caudal de descarga, calidad de las aguas, localización y tipología de las áreas de aporte señaladas en dicha figura (aspectos todos ellos contenidos en CASTILLO MARTIN, 1982), las más recomendables para la instalación de sistemas de piscicultura de especies "nobles" con alimentación asistida, serían la nº2, correspondiente a las descargas del borde Sur, y la nº4, debida al manantial de Alcázar (en la rambla baja de Cijancos). Las especies a introducir serían la trucha arco iris (Salmo gairdneri) y la trucha común (Salmo trutta), y el sistema de cultivo el de cría de alevines para la repoblación. El área nº3, correspondiente al tramo del río de la Laguna comprendido entre el puente antiguo de Cozvíjar y el río Dúrcal, podría reservarse para la experimentación con especies menos exigentes, como la carpa común (Cyprinus carpio), carpa royal (Cyprinus sp.), tilapia (Tilapia sp.), pez gato (Silurus glanis) y pez de estanques (Carassius auratus); el efluente final de las lagunas de oxidación iría a desembocar directamente a dicho tramo. Conviene hacer resaltar que estos aprovechamientos piscícolas deben suplementarse y no interferir con los tradicionales usos agrícolas de las aguas aflorantes.

**AREAS DE APOORTE DE AGUAS SUBTERRANEAS
A LA DEPRESION DE PADUL**

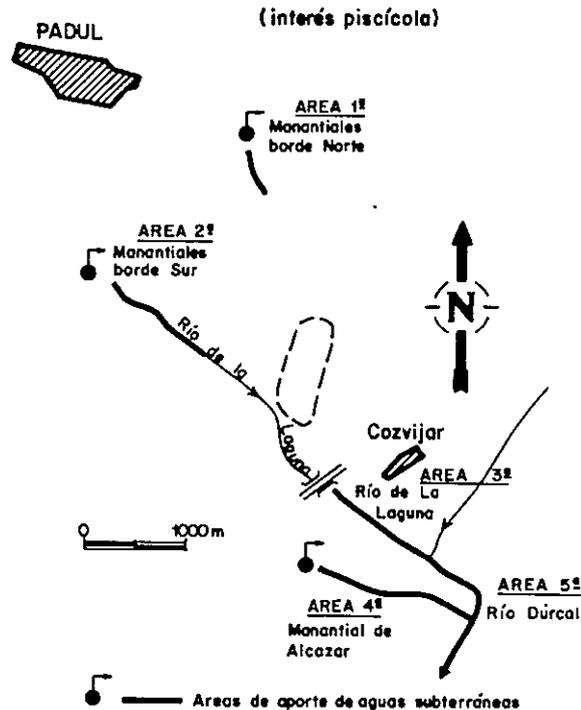


Figura 2

6º Se dispone de una extensa red de canales y acequias de drenaje ("madres") que podría ser de interés, a nivel experimental, para la instalación de astaciculturas. - El carácter endorréico de la Depresión de Padul, que fue en tiempos pasados un gran lago, motivó su drenaje artificial, a finales del siglo XVIII, por causas fundamentalmente agrícolas y sanitarias. Las obras realizadas, consistentes en la excavación de una extensa red de canales de desagüe, constituyen un medio muy favorable para el cangrejo autóctono (*Astacus pallipes*), abundante hasta hace unos pocos años, cuando se redujo drásticamente su población por una epidemia de *Aphanomyces astaci*, epidemia generalizada en toda Europa, cuya afección a España había sido reconocida por SPITZY en el año 1971.

En la figura 3 se muestra la red principal de madres y acequias de drenaje de la Depresión de Padul. Como puede observarse, dicha red confluye finalmente en el río de La Laguna, el cual "evacúa" un caudal medio, relativamente estable, de 600 l/s. Los aportes básicos provienen de las emergencias subterráneas del borde Norte (área nº1) y del borde Sur (área nº2).

RED DE "MADRES" Y ACEQUIAS DE LA DEPRESION DE PADUL
(interés astacicultura, event. piscicultura)

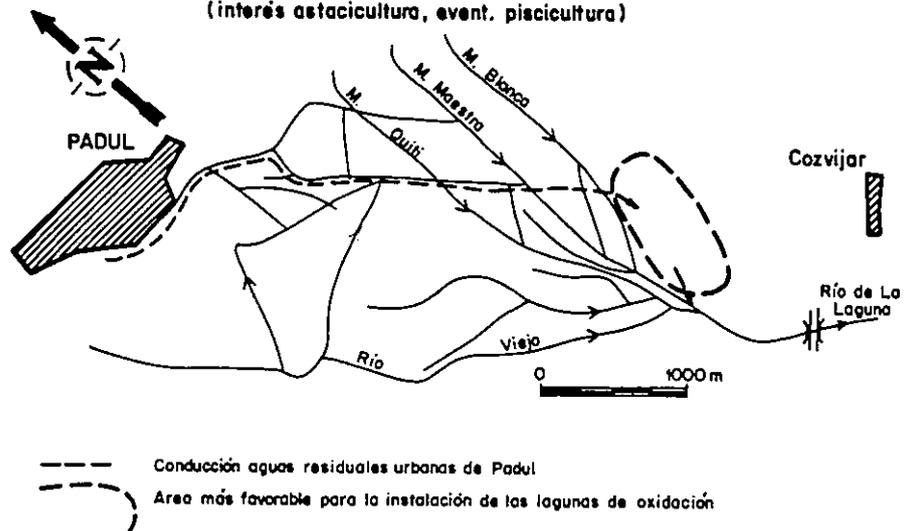


Figura 3

La composición y calidad de las aguas de las "madres" (CASTILLO MARTIN, 1983) unida a la gran longitud y extensión de los canales existentes, estimada en 25 Km y 35.000 m², respectivamente, configuran un habitat potencial especialmente válido para la instalación de astaciculturas, que eventualmente podrían ser asistidas alimentariamente con parte de la biomasa zooplanctónica producida en las lagunas de oxidación.

Un aspecto discutible sería el de la elección de especies con las que realizar las experimentaciones, sobre todo conociendo el estado de total regresión del cangrejo autóctono (*Astacus pallipes*). En esta línea, debería de procederse a la experimentación controlada del controvertido *Pacifastacus leniusculus* (cangrejo del Pacífico, cangrejo señal...), resistente a la epidemia que azota a nuestro cangrejo autóctono y dotado de un rápido crecimiento y alto poder reproductivo. En Europa ha sido introducido en casi todos los países; en España parece ser que los primeros ejemplares fueron traídos en el año 1974; desde entonces existen algunas astacifactorias comerciales y se han repoblado importantes cursos fluviales.

7º La Depresión de Padul se halla muy bien comunicada con áreas de alta densidad demográfica; además de ello, cuenta, desde el punto de vista de la asistencia científica, con una importante Universidad, como es la de Granada, a muy pocos kilómetros de distancia.- La favorable ubicación de la Depresión de Padul, a caballo entre las comarcas de la Vega de Granada y de la Costa del Sol granadina, suplementada por la corta distancia y buena comunicación existentes, a través de la C.N. 323, dotaría de mayor rentabilidad a las explotaciones acuícolas que pudieran derivarse de la instalación

del lagunaje. Otro hecho muy a tener en cuenta si se pretendiera seguir el modelo de las principales estaciones experimentales de lagunaje del mundo, sería el de la gran proximidad de la Universidad de Granada, que podría prestar asistencia científica en el desarrollo de casi todos los procesos que afectan al lagunaje.

8ª Existencia de una zona húmeda natural. Interés ecológico.-
 Por último, a los condicionantes favorables hasta ahora expuestos, se añade uno de gran importancia y que por su naturaleza se superpone (y engloba) a los anteriores. Nos referimos a la existencia de una zona húmeda natural. De hecho, en la Depresión de Padul existe en la actualidad una reducida zona húmeda, materializada en los enclaves freatófiticos de Aguadero, al Norte, y de Agia, al Sur (ver figura 4), con una superficie aproximada de 8 Ha, de las que 1.5 Ha pueden considerarse permanentemente inundadas mientras que el resto se ve sometido a importantes fluctuaciones estacionales y a periódicas "quemadas" y roturaciones que hacen reducir su superficie considerablemente.

MAPA DE ZONAS HUMEDAS DE LA DEPRESION DE PADUL (interés ecológico)

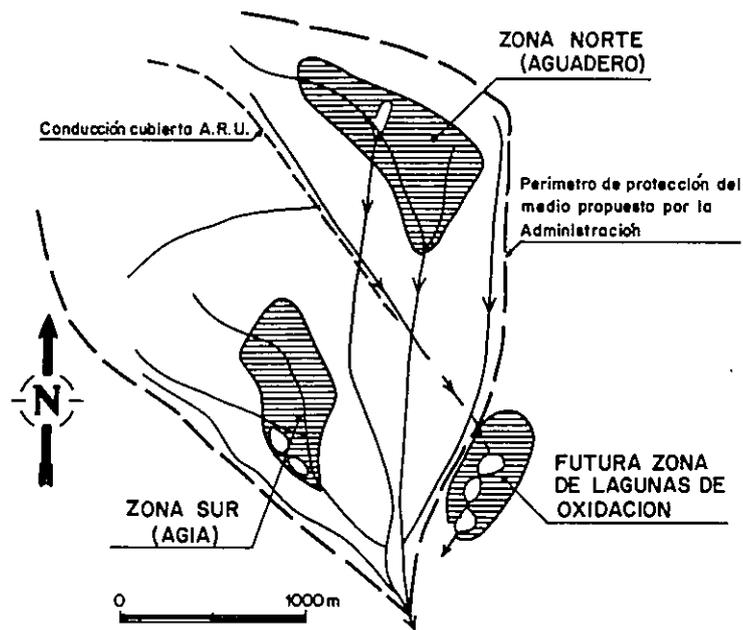


Figura 4

La importancia ecológica de tales zonas es de sobra conocida y va más allá de ser, como dice RIVERA (1984), "un simple pasatiempo de científicos raros y ecologistas diletantes" y, en términos globales, se refiere al mantenimiento y regulación del ciclo hidrológico y a su contribución al reciclado de los materiales en la biosfera.

Aspectos más concretos como los de constituir rosarios de siste-

mas acuáticos relacionados en el itinerario de aves migratorias, el de mantener una flora y fauna características, resultado de un proceso coevolutivo ó el de ser testimonio de una historia geológica y climática del territorio en que se localizan, son otros tantos argumentos que inciden en la necesidad de conservación de este tipo singular de ecosistemas, fácilmente vulnerables y seriamente amenazados.

El el momento actual, y como consecuencia de una serie de continuas agresiones y aprovechamientos "irracionales" (algunos ya comentados), la zona húmeda de la Depresión se encuentra en serio estado de degradación y recesión.

En este contexto, la realización del sistema de lagunaje con las características de tamaño y localización propuestas, creemos que, con independencia de su finalidad primera, no solamente no afectará a la zona húmeda desde el punto de vista físico ni modificará el régimen hidrológico existente, sino que incrementará el "interés" ecológico del área y contribuirá a reforzar su conservación "activa".

Desde otra perspectiva, este sistema de experimentación permitirá profundizar en los estudios hasta ahora realizados (CASTILLO MARTIN et al., 1984; CRUZ-PIZARRO et al., 1985; CARRILLO et al., 1986 a,b, entre otros) y, sobre todo, abrirá una nueva línea de investigación pluridisciplinar de gran interés científico y actualidad.

BIBLIOGRAFIA

- BAILLY, J.M. (1979). Essais d'aquaculture en effluent de lagunage. Aquaculture experiments in rewwage effluents. 187-409. Hamburg.
- BAILLY, F. (1985). Lagunaje natural. Depuración y utilización posterior. Coloquio sobre tratamientos de efluentes urbanos e industriales. 148-160. Madrid.
- BARNABE, G. (1979). Utilization des chaînes alimentaires naturelles et du recyclage des eaux usées dans la production à grande échelle de juvéniles pour l'aquaculture. Publ. Sci. Tech. CNEXO, 221-238.
- BENAVENTE, J. (1982). Contribución al conocimiento hidrogeológico de los acuíferos costeros de la provincia de Granada. Tesis Doct. Univ. Granada. 571p.
- BENJES, H. (1970). Theory of Aerated Lagoons. II International Symposium for Waste Treatment Lagoons. Kansas.
- CARRILLO, P., CRUZ-PIZARRO, L. y R. MORALES. (1986). Limnología de la laguna del Agia (Depresión de Padul. Granada). I. Características físico-químicas. Ciclo anual. II Simposio sobre el agua en Andalucía.
- CARRILLO, P., CRUZ-PIZARRO, L. y R. MORALES. (1986). Limnología de la laguna del Agia (Depresión de Padul. Granada). II. Comunidad zooplanctónica. II Simposio sobre el agua en Andalucía.
- CASTILLO-MARTIN, A. (1982). Estudio hidroquímico de la Depresión de Padul (Granada). Tesis Lic. Univ. Granada. 227p.
- CASTILLO-MARTIN, A., CAÑADA, P. y V. SANCHEZ FRESNEDA. (1983). Un ejemplo de contaminación urbana y agrícola en la vega Alta de Padul (Granada). III Simposio de Hidrogeología. 457-467. Madrid.

- CASTILLO-MARTIN, A., BENAVENTE, J., FERNANDEZ-RUBIO, R. y A. PULIDO-BOSCH. (1984). Evolución y ámbito hidrogeológico de la Laguna de Padul (Granada). Mem. D.G.M.A. Las zonas húmedas en Andalucía. 87-100.
- CASTILLO-MARTIN, A. (1984). Evolución higroquímica en los canales de drenaje de la turbera de Padul (Granada). I. Congreso Español de Geología. 87-97. Segovia.
- C.E.M.A.G.R.E.F. (1981). Etude au fonctionnement des installations de lagunage naturel. Nature des investigations et état des connaissances acquises. Etude 51: 450p.
- CRUZ-PIZARRO, L., CANTERAS, J.C., MORALES, R., ROPERO, L. y A. VILCHEZ. (1985). Características físicas y químicas de dos lagunas de turbera de la Depresión de Padul (Granada). Limnetica, I. (en prensa).
- GUERRIN, F. (1982). Perspectives d'aquaculture associée au traitement des eaux usées domestiques en France. Interêt du lagunage naturel. Rapport bibliographique. CEMAGREF-ALA. 27p.
- GUERRIN, F. y O. LEDOUX. (1982). Pisciculture d'eau douce associée aux installations de lagunage naturel. L'épuration par lagunage: 60-69. Montpellier.
- HEPHER, B. y G. SCHROEDER. (1977) Wastewater utilization in Israel aquaculture in D'ITRI; Wastewater renovation and reuse. DEKKER Inc. 529-559.
- METCALF-EDDY (1985). Ingeniería sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Labor. 601-627.
- RIVERA, D. (1984). Legislación y Protección de zonas húmedas. En L. Ramirez y A. torres (eds). Aspectos legales de la Temática ecológica y ambiental: 75-84. Universidad de Murcia.