

Tratamiento de aguas residuales mediante sistemas integrados de lagunas artificiales: implicaciones en el paisaje

G. ANSOLA*, R. FOLGUERAL**, S. FOLGUERAL** y E. DE LUIS*

*Área de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Universidad de León.
24071 León. E-mail: deggag@unileon.es

**Fueros de León, 3 5ºB, 24400 Ponferrada, León. E-mail: rfolari@ciccp.es

Palabras clave: depuración, Estudio de Impacto Ambiental, macrófitos, paisaje.

INTRODUCCIÓN

El cumplimiento de la normativa europea en materia de depuración de aguas exige, en ambientes calificados como zonas sensibles, la aplicación de metodologías que cumplan también con el requisito fundamental de adecuación e integración en el paisaje.

El diseño de depuración por macrófitos, que se presenta como ejemplo práctico en este trabajo, para resolver el problema de las aguas residuales del núcleo de población de Cantejeira, verterá sus aguas a un arroyo, afluente del río Valcarce, subsidiario del Sil. Este arroyo y otros muchos de cabecera de la cuenca del Sil, en la comarca de El Bierzo, se mueven en paisajes de orografía complicada, con núcleos rurales de baja densidad y variable estacionalmente. Los sistemas de depuración más adecuados para el tratamiento integral del agua residual, en esas condiciones, son las lagunas artificiales con macrófitos. La eficacia en depuración supera de forma significativa los umbrales marcados en la norma, pero requieren un diseño especial para su acoplamiento topográfico.

El sistema de depuración elegido consta de un tratamiento primario formado por 4 tanques Imhoff seguido de una balsa de tranquilización, que da paso al tratamiento secundario formado por 8 cubetas artificiales donde se situará la vegetación macrofítica (*Typha* e *Iris*) con flujo hidráulico superficial y una última cubeta plantada con sauces (*Salix*) y con flujo subsuperficial ocupando una superficie total de 1000 m² (Figura 1).

El sistema está integrado en la ladera noroeste de la localidad de Cantejeira, con una pendiente del 30° y realizado en aterrazamientos dispuestos de forma paralela unos a otros. Los tres primeros corresponden a la plantación sobre 25 cm de grava inerte de *Typha latifolia* (caña, enea) con 20 cm de agua sobre ella y flujo superficial.

Los tres siguientes banales corresponden a la plantación con *Iris pseudacorus* (lirio amarillo) y el mismo tipo de flujo. Ambos sistemas constituyen el tratamiento secundario del proceso de depuración. Para el tratamiento terciario, se ha dispuesto un último aterrazamiento en el que se plantara sobre 60 cm de grava una leñosa propia de bosques

de ribera como es el *Salix atrocinerea* (sauce) sin nivel de agua superior y presentando un flujo hidráulico por percolación (Figura 1).

El objetivo principal del estudio es estimar los efectos que podrían producirse por la construcción y explotación de la depuradora sobre el medio perceptual, así como caracterizar el impacto sobre cada uno de los factores ambientales paisajísticos modificados y el impacto de cada una de las acciones que desarrollará el proyecto.

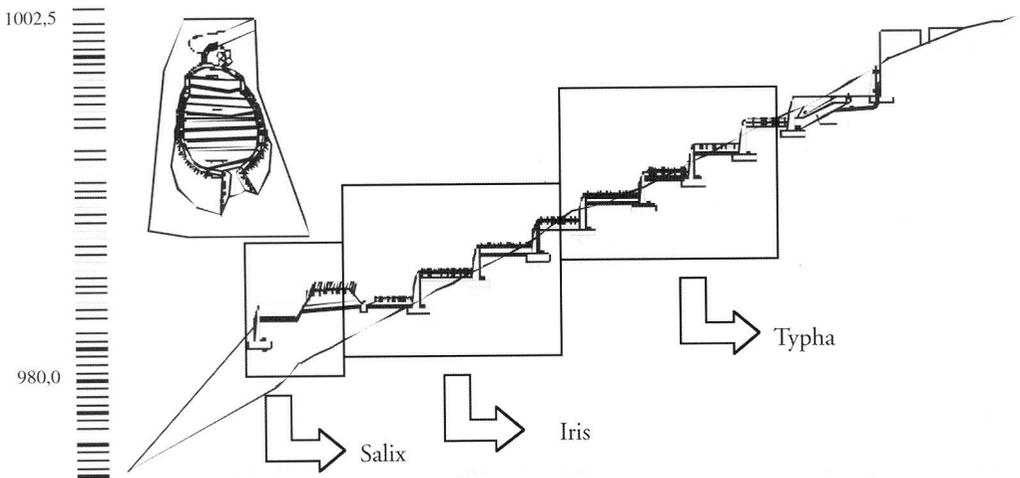


FIGURA 1. Esquema en planta y en sección longitudinal de la estación depuradora de Cantejeira

METODOLOGÍA UTILIZADA

Se han definido con carácter general las posibles acciones [1] que podrían llevarse a cabo en un proyecto con estas características y ser causa de impactos de cierta significación. El listado «genérico» se recoge en la Tabla 1 y su incidencia concreta sobre el medio perceptual se analiza después de identificar los factores ambientales susceptibles de alteración.

Para conseguir los objetivos pretendidos, una vez determinadas las acciones, se ha realizado un inventario ambiental para poder identificar aquellos valores y recursos presentes en el territorio, con anterioridad al inicio de la actuación, a fin de determinar las áreas o elementos de especial interés por su valor paisajístico.

Con objeto de conocer tanto la propia zona de acción como un ámbito geográfico algo más amplio, se han tenido en cuenta dos niveles de estudio. Uno de ámbito general, estudiado a escala 1: 40 000, basado fundamentalmente en estudios previos y referencias bibliográficas [2] que engloban toda la zona de la comarca de El Bierzo. La prospección de detalle se centra en la ubicación del proyecto de depuradora, soportado sobre una escala de 1: 25 000 y basado en trabajo de campo. En él se hace mayor hincapié en los elementos de carácter paisajístico.

En este sentido, las acciones del proyecto que pueden modificar las características del paisaje están relacionadas, en la fase de construcción, con las explanaciones y movimientos

de tierras, el cambio en el sistema de drenajes y las obras y servicios complementarios, mientras que durante la explotación el principal efecto de cambio estará producido por el tratamiento de la vegetación (ver Tabla 1).

El medio perceptual engloba tanto las características del paisaje, entendido como la expresión espacial y visual del medio. Se estructura como un sistema integrador del conjunto de valores geomorfológicos, biológicos y antrópicos del territorio. El análisis paisajístico del ámbito de estudio se realiza considerando tres parámetros. Por un lado el «paisaje intrínseco» que permite clasificar el paisaje en unidades perceptualmente homogéneas (unidades de paisaje) y valorarlas en términos de calidad paisajística. Por otro lado, la «singularidad», que se define a través de los componentes naturales y artificiales del medio y por último la «intervisibilidad», que se refiere a la visibilidad del territorio, fundamentalmente desde núcleos de población y vías de comunicación. Se tiene en cuenta como unidad fundamental la cuenca visual influenciada por el proyecto, subdividida en función de la distancia y de la posición relativa entre la altura a la que se encuentra el proyecto con el resto de la cuenca visual. Para cada uno de los sectores se considera un valor de ponderación, proporcional a su superficie y al posible grado de afección como consecuencia del proyecto.

La fase de análisis del entorno, se complementa con el análisis de factores del medio susceptibles de ser alterados por el proyecto, fundamentalmente aquellos que se consideran componentes estructurales de las unidades del paisaje (ver Tabla 2).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La zona presenta cuarcitas con areniscas y pizarras en relieves de laderas y vertientes con materiales paleozoicos de la Zona Astur-Occidental Leonesa y Zona Centro-Ibérica, pertenecientes a la Región Eurosiberiana, con estratos alternantes de litología heterogénea y fisuración elevada que puede provocar problemas geotécnicos adheridos a unas pendientes superiores a 30° y a la presencia de hundimientos y colapsos. Presenta un ombrotipo húmedo superior, con una precipitación de 1 400 a 1 600 mm. La aptitud constructiva puede definirse como media, teniendo una inestabilidad ocasional en los taludes, un bajo empuje del terreno natural, elevada aptitud para préstamos y explanaciones y una estabilidad del hueco subterráneo a medio-largo plazo, con un grado medio-bajo de conservación de los ecosistemas naturales. Presenta una baja erosionabilidad y por la presencia de una fisuración variable, una baja vulnerabilidad de los acuíferos.

Dentro del medio biótico, las unidades fisionómicas de vegetación predominante son los brezales, acompañados de otros matorrales y alternando con masas boscosas de poca extensión, pastizales seminaturales y, en el entorno de los núcleos de población, parcelas de cultivo, tanto más abandonadas cuanto más lejanas de los pueblos. La vegetación potencial se corresponde fundamentalmente con melojares, aunque también apuntan, dependiendo de la orientación y posición altitudinal, robledales albares, encinares, hayedos y abedulares. Cabe igualmente señalar que se trata de una zona truchera vedada, perteneciente a la subcuenca del río Sil y cuenca del Miño.

La cuenca visual del entorno inmediato de la depuradora de macrófitos objeto del proyecto, evaluada hasta los 2 000 metros de distancia, dado el carácter montañoso de la zona, tiene forma irregular con prolongaciones en estrella. Toda ella forma parte de una misma unidad de paisaje conformada por el valle de un pequeño arroyo, receptor de otros de menor orden que discurren en vallonadas cortas y de acusada pendiente.

La cuenca visual se ha dividido en tres sectores en relación con la distancia, considerando radios concéntricos de 500 m, 1 000 m y 2 000 m (ver Figura 2). Para tener en

cuenta la propiedad diferencial de la intervisibilidad en relación con la posición relativa de la actuación, y dado que ésta se realiza a una altitud de 1 000 m.s.n.m. se ha subdividido la cuenca en zonas de altitud superior e inferior a ese valor, con una faja entre ellas, de igual anchura que la depuradora. El ángulo de incidencia resulta igualmente determinante en el posible efecto visual, sobre todo para ángulos muy agudos, como los que se obtienen en cualquier posición de la misma ladera y orientación en la que se construye la depuradora, dada la elevada pendiente de la misma. La presencia de vegetación cerrada, formada por brezales y melojares, impide prácticamente la visión directa de la actuación. Los valores de ponderación considerados se recogen gráficamente en la Figura 3 como expresión bidimensional.

TABLA 1. Listado de acciones potenciales del proceso de construcción de una depuradora de aguas residuales por macrófitos susceptibles de causar efectos ambientales

FASES	ELEMENTOS	ACCIONES
Planificación	Explotación e investigación	Sondeos previos Vertidos y escombreras
	Localización	
	Concesión administrativa	
Construcción	Explanaciones y movimientos de tierras	Desbroce y despeje Recogida y acopio de tierra vegetal Desmontes Terraplenes Explanaciones Excavaciones
	Drenajes	Captación de aguas Desagües y drenajes
	Obras de fábrica	Muros y obras auxiliares Impermeabilización Vallado
	Servicios	Tuberías y conducciones
Explotación	Tratamiento de la vegetación	Emisión de partículas sólidas Almacenamiento
	Tráfico de maquinaria	Tráfico rodado Emisión de partículas sólidas Emisión de contaminantes atmosféricos
	Emisión de efluentes	

TABLA 2. Listado de los principales factores determinantes de la estructura del paisaje, susceptibles de ser alterados en el proceso de construcción y explotación de una depuradora de aguas residuales por macrófitos

SUBSISTEMA	MEDIO	FACTORES	SUBFACTORES
Subsistema físico-natural	Medio abiótico	Suelo	Relieve y topografía Calidad Capacidad agrológica
		Agua	Cantidad Régimen hídrico Calidad
	Medio biótico	Vegetación	Especies protegidas Praderas y pastizales
		Fauna	Especies protegidas Hábitats
		Procesos	Movilidad de especies
Subsistema perceptual	Medio perceptual	Paisaje intrínseco	Nº de unidades de paisaje Calidad
		Intervisibilidad	Potencial de vistas Incidencia visual
		Singularidad	Componentes naturales Componentes artificiales
Subsistema Cultural	Usos del suelo rural	Recreativo	Caza Senderismo Miradores
		Productivo	Agrícola Ganadero Forestal
		Viaro rural	Caminos
	Cultural	Características culturales	Aceptación social Salud y seguridad
	Infraestructuras	No viaria	Saneamiento y depuración

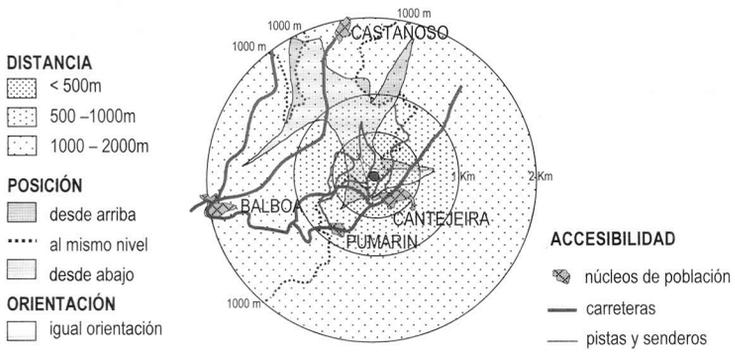


FIGURA 2. Cuenca visual del proyecto de estudio. Sectorización en función de la distancia, posición y orientación y definición de las vías de accesibilidad

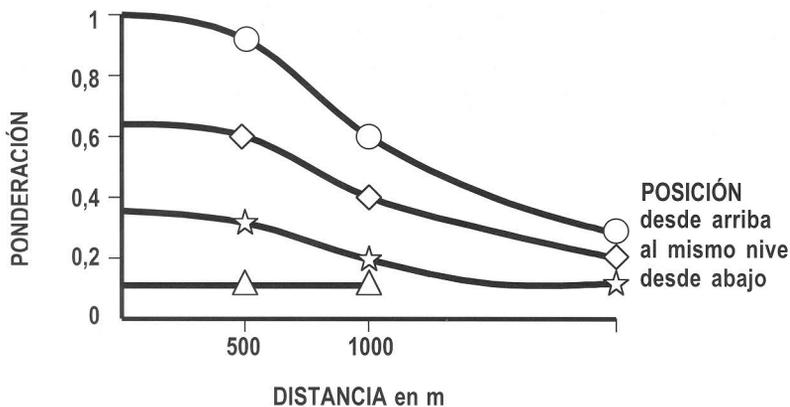


FIGURA 3. Expresión bidimensional de los coeficientes de ponderación del impacto visual en función de la distancia y de la posición relativa de la actuación en la cuenca visual

Para evaluar el impacto teórico simplemente hay que multiplicar la superficie ocupada por cada uno de los sectores por el coeficiente de ponderación [3]. Los resultados absolutos, los ponderados y los relativos, referidos al impacto total, se recogen en la Tabla 3. En esta tabla se expresan los valores sin la consideración de las medidas de adaptación y correctoras que son el objetivo fundamental de este proyecto para minimizar el impacto de la actuación.

La superficie total de la cuenca visual es tan solo de 1.8 km². La mayor parte de la superficie afectada se encuentra por debajo del nivel de la actuación, por lo que el impacto es relativamente menor. En función de la distancia la zona de mayor campo de visión está a una distancia superior a los 1 000 m. El mayor impacto absoluto se correspondería precisamente con el sector que comparte las dos características anteriormente mencionadas, que también coincide en tener la mayor longitud de vías de comunicación. Este mayor grado de accesibilidad aumentaría el efecto negativo, aunque no en gran medida ya que prácticamente todo el recorrido esta acompañado de árboles que actúan de filtro. Sin embargo sería mucho más importante el impacto desde la carretera próxima a la depuradora, que discurre en unos 130 m por la ladera contigua y ligeramente por encima del nivel.

TABLA 3. Resultados de la valoración del impacto visual por sectores. Los valores absolutos se expresan en km². Para los valores ponderados se aplican los coeficientes de la Figura 3

Valor absoluto	Valor ponderado	DISTANCIA							
		Valor relativo %		<500 m		500-1 000 m		1 000-2 000 m	
SITUACIÓN	Desde arriba	0.13	0.117	0.04	0.024	0.28	0.084	0.45	0.225
		26.2	5.4	18.8	50.4				
	Desde abajo	0.28	0.084	0.29	0.058	0.59	0.059	1.16	0.201
		18.8	13.0	13.2	45.1				
	Misma ladera	0.18	0.018	0.02	0.002			0.20	0.02
		4.0	0.5	4.5					
	TOTALES	0.59	0.219	0.35	0.084	0.87	0.143	1.81	0.446
		49.0	18.8	32.1	100.0				

El grado de afección en cada zona de la cuenca visual dependerá de los componentes mencionados, más el grado de accesibilidad, que viene determinando por la probabilidad de que la actuación sea vista. Los mayores niveles se consiguen desde las carreteras, caminos, pistas y senderos, ya que de forma directa no puede percibirse desde ninguno de los núcleos de población próximos.

Cuando se consideran en la valoración los niveles ponderales, la zonas de mayor riesgo de impacto, con el 26.2 % sobre el total, coinciden con posiciones localizadas por encima de la depuradora y a menos de 500 m, a lo habría que añadir en algunos casos el efecto de mayor accesibilidad.

Todos estos resultados se consideran estandarizados para una topografía sin cubierta vegetal, por lo que el impacto al considerar las masas de vegetación, que en muchos casos superan los dos metros disminuye considerablemente. Aun siendo relativamente pequeño el impacto total es necesario considerar el conjunto de medidas correctoras y compensadoras que permitan minimizar el posible efecto sobre el paisaje. La gran versatilidad de estos sistemas basados en tecnologías de información biológica (TIB) permite actuaciones para una mayor integración en el paisaje. La forma del sistema resulta determinante ya que la eliminación de líneas rectas en el diseño de volúmenes además coincide con las formas de las explotaciones agrícolas del entorno inmediato. Podría destacar el color de los terraplenes, pero está prevista la implantación de vegetación en los márgenes que actúe de camuflaje en estas zonas de mayor agresividad. El cemento, visible durante la construcción, quedará en su mayoría cubierto por la vegetación propia del sistema de depuración, que aunque diferente de la del entorno se puede asimilar a los campos cultivados que aún quedan en la parte superior de la ladera y próxima al pueblo. Solamente podrá detectarse, como forma alóctona, el circuito perimetral formado por la escalinata que da acceso a cada una de las piletas del sistema y que puede servir igualmente para acceder a la zona final, diseñada a modo de mirador sobre el valle, lo que puede potenciar el valor positivo de la intervisibilidad desde el punto y aumentar la calidad visual del fondo escénico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gómez Orea, D. y Pereira Jerez, D. (1999), Impro3-EIA Versión 3.02, Melissa, S.A., Madrid.
- [2] Alonso Herrero, E. y col. (1995), Atlas del Medio Natural de la Provincia de León, Instituto Geominero de España, Diputación Provincial de León.
- [3] Ramos, A. (1979), Planificación física y ecología. Modelos y Métodos, E.M.E.S.A.