

PROPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES DEGRADADOS SUSCEPTIBLES DE REGENERACIÓN HÍDRICA MEDIANTE OPERACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS

FERNÁNDEZ ESCALANTE, A. Enrique. TRAGSATEC, Madrid.
GARCIA RODRÍGUEZ, Manuel. Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid.

PALABRAS CLAVE

Humedales, regeneración hídrica, recarga artificial de acuíferos inducida, entorno preoperacional, condiciones de referencia, laguna de la Iglesia, laguna de las Eras, Villagonzalo de Coca, indicadores medioambientales de respuesta, ficha de chequeo.

RESUMEN

En este artículo se analiza la viabilidad para la regeneración hídrica de dos humedales cercanos al dispositivo de recarga artificial de la Cubeta de Santiuste: La laguna de las Eras y la de la Iglesia, en Villagonzalo de Coca. Estas han sido elegidas por haber una cierta presión social para ello, por ser viable técnica y legalmente y por ser humedales que pueden representar un “punto de partida” para que esta práctica se convierta en habitual. Para ello ha sido diseñada una ficha de control y definición del estado preoperacional de los humedales, que a su vez sirve de indicador medioambiental para el seguimiento de su evolución.

1. INTRODUCCIÓN

La recarga artificial de acuíferos se configura como una técnica de gestión hídrica de alta potencialidad que, hasta la fecha, ha sido escasamente empleada en nuestro país.

Además de los “usos tradicionales”, esta técnica se configura como una alternativa de primer orden para la regeneración de humedales degradados, siempre y cuando se cumplan los requisitos precisos para la recarga artificial. De este modo, dichos espacios podrían recuperar el valor ecológico y contingente que algún día tuvieron.

Estas actuaciones están en consonancia con actuaciones puntuales desarrolladas desde hace décadas, como por ejemplo la restauración hídrica de las Tablas de Daimiel mediante el empleo de aguas subterráneas de sondeos perforados para tal fin.

Un caso concreto ha sido la declaración de intenciones de la corporación municipal de Coca (Segovia) en su programa electoral de las elecciones municipales de 2002. En él manifestaron su intención de realizar acciones para la regeneración de la Laguna de las Eras, localizada en la pedanía de Villagonzalo de Coca, mediante la traída de aguas del río Voltoya. Para ello, proponían derivar aguas del dispositivo de recarga artificial de la Cubeta de Santiuste mediante una tubería hasta dicha laguna, que cuenta con una figura de protección autonómica (SG-2).

Esta actividad dejaba bastante que desear técnicamente, por la gran diferencia cualitativa que se generaría entre las aguas resultantes y las nativas (salvo que se aplicaran las técnicas pertinentes), con la subsiguiente alteración medioambiental. Además contaba con la oposición de los regantes. No obstante, este programa preelectoral demostró que la recarga artificial de acuíferos se encuentra cada vez más cerca de la población, que su uso para fines medioambientales cuenta ya con un marco legal y técnico para dar viabilidad a este tipo de operaciones y que cada vez más sectores de la población manifiestan su interés por la recuperación de zonas húmedas.

En este artículo se analiza la viabilidad de tal propuesta y se propone un sistema de caracterización y seguimiento del estado de los dos humedales que cuentan con una cierta presión social para su regeneración mediante la aplicación de la técnica de la recarga artificial inducida: La Laguna de las Eras (SG-2) y de la Iglesia (SG-3), ambas en Villagonzalo de Coca, Coca (Segovia).

2. OBJETIVOS

Los objetivos propuestos son básicamente:

- Recopilar los datos necesarios para la caracterización de dos humedales susceptibles de ser regenerados hídrica y ecológicamente mediante operaciones de recarga artificial de acuíferos.
- Caracterizar exhaustivamente dos humedales del Complejo de Humedales de Coca-Olmedo (Laguna de las Eras y de la Iglesia), mediante un sistema específico que integra, en una ficha de control de diseño propio, elementos descriptivos y parámetros artificiales.
- Proposición de una ficha de control que, además de definir las condiciones de referencia, permita llevar a cabo un seguimiento de su evolución tras la intervención humana en el medio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización de los humedales se ha realizado en varias etapas consecutivas. En primer lugar se ha analizando los antecedentes disponibles,

se han consultado fotografías aéreas para ver su evolución espacial y temporal, se han tomado medidas en campo de calidad de las aguas y salinidad, y medido parámetros morfométricos, tanto en campo como en gabinete sobre ortoimágenes georreferenciadas. La información relativa a usos e información adicional ha sido obtenida de encuestas y conversaciones con la población local.

4. ADQUISICIÓN Y ORGANIZACIÓN DE DATOS

Como ya se ha indicado, antes de acometer operaciones de recarga artificial para la restauración de este tipo de humedales, cabe destacar que es preciso disponer de una cierta información “*de partida*”, con objeto de definir el entorno preoperacional específico de cada zona húmeda previamente a las actuaciones. Para ello se ha diseñado una “ficha de control” o plantilla para la caracterización y seguimiento de los indicadores.

Los tres tipos de indicadores que distingue el sistema de Presión-Estado-Respuesta (PER) (*Friends & Raport, 1979*), están considerados en tal ficha, si bien predominan los de respuesta al tratarse de una variación del medio por intervención humana.

Además de su carácter definitorio, esta ficha constituye un listado de chequeo para la identificación de impactos.

La ficha de caracterización diseñada consta de varios parámetros agrupados en nueve apartados que se presentan a continuación.

Los datos incluidos en el apartado de **identificación** han sido recopilados en gabinete, empleando para ello una herramienta GIS sobre ortoimágenes georreferenciadas.

Las **características** han sido deducidas a partir del estudio de los antecedentes y visitas al campo. Una técnica útil para la detección de los impactos medioambientales que han operado en el medio ha sido el análisis de fotografías seriadas. En las figuras 1 y 2 se presentan los aerogramas de dos vuelos diferentes de 1957 y 1987 que abarca ambos humedales (Figs. 1 y 2). En ellas se percibe la progresiva implantación de regadíos en las márgenes de los humedales, interpretados por la presencia de teselas de color oscuro. De este modo, parece haber sido el regadío el desencadenante principal que ha conducido a la degradación de los humedales.

Los **parámetros morfométricos** han sido medidos sobre la ortoimagen del año 2000 los relativos a área, perímetro, etc. Los relativos a profundidad, etc. Han sido obtenidos en campo.

El grupo de parámetros designado “**espacios naturales protegidos**” comprende las distintas figuras de protección de ambos humedales. En este caso son “Zonas Húmedas Catalogadas”, figura de protección autonómica.

Las **actuaciones sobre el humedal** han sido deducidas en campo u obtenidas mediante encuestas. El hecho más destacable es que ambos han sido drenados, conservando todavía la laguna de la Iglesia su sistema de drenaje, pero no la de las Eras.

La **susceptibilidad ante los vertidos** engloba una serie de parámetros relacionados con los usos en las inmediaciones del humedal, mientras que los usos de la zona periférica son recopilados en el apartado posterior (**usos y aprovechamientos** del humedal) y el relativo a **uso público** en el medio.

Por último se define el **estado administrativo** del humedal, dejando cabida para cuanta información complementaria y hojas en blanco se desee agregar.

El aspecto de ambos humedales en agosto de 2003 se presenta en las figuras 3 y 4.



Fig. 1. Orientación en planta de los principales lineamientos y accidentes tectónicos sobre los fotogramas del "vuelo americano" de 1957, a escala 1:35.000. Escala aproximada de la figura 1:45.000.

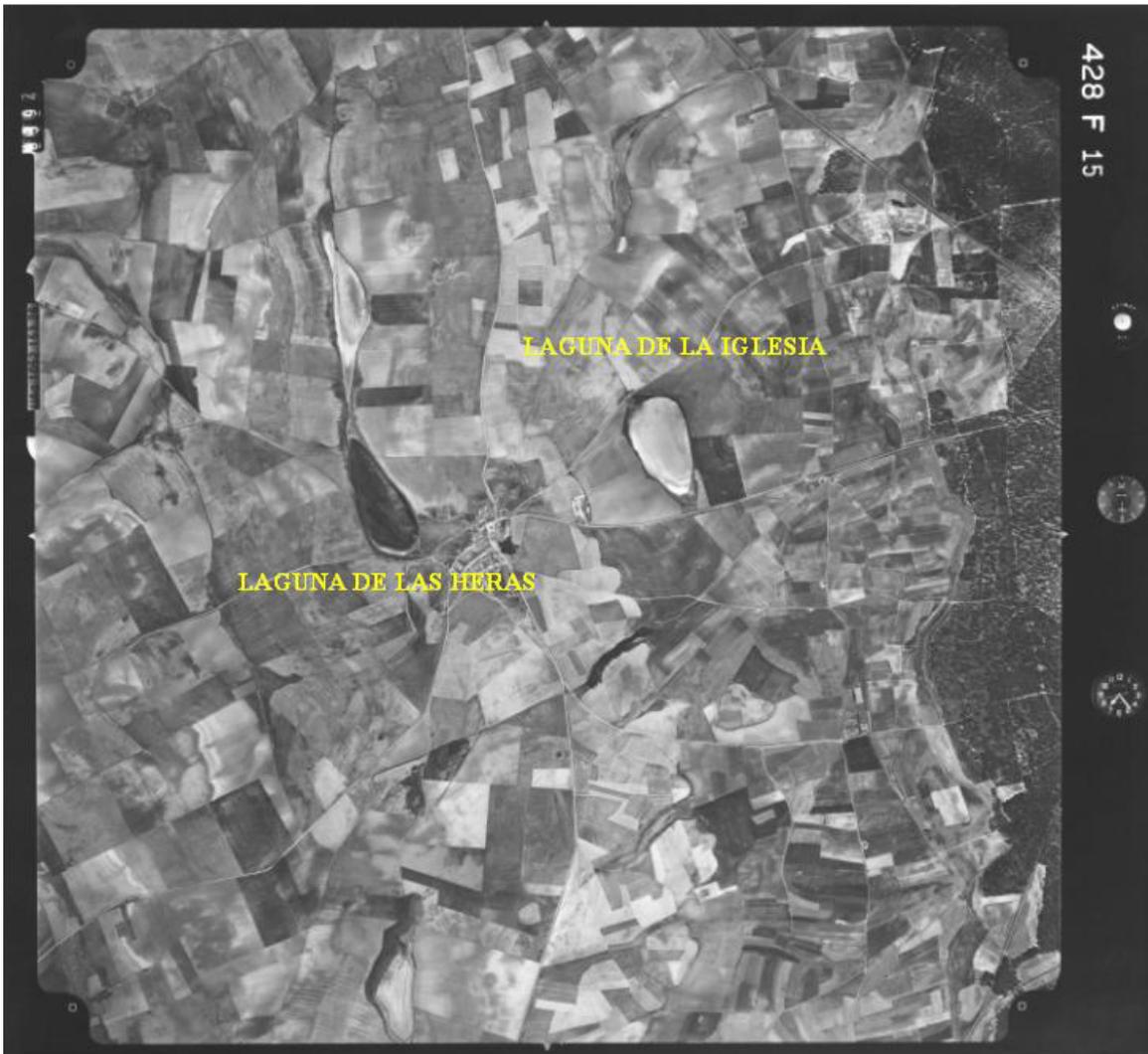


Fig. 2. Fotograma del vuelo el año 1977, que corresponde a la pasada A número de fotograma 18, de la hoja 455, del Servicio Geográfico del Ejército. Escala aproximada de la figura: 1: 30.000.

5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

La ficha de caracterización propuesta se presenta al final del apartado (Anexo 1). Los datos presentados corresponden al caso concreto de la Laguna de la Iglesia, humedal propuesto para su regeneración hídrica.

El sistema de caracterización propuesto resume y aglutina los tres tipos de caracterización diferentes definidos por Margalef (*en Margalef, 1983 y 1987*). Estos sistemas son complementarios entre sí, y permiten adquirir el grado de conocimiento suficiente de cada humedal.

Los tres criterios de caracterización tradicionales que han sido condensados en esta ficha han sido los morfométricos, hidrogequímicos y ecológicos.

Tras el análisis de los fotogramas, cabe destacar las siguientes observaciones:

Ambos corresponden a “*humedales con forma difusa*” (Alonso, 1986; Rey Benayas, 1991). En esta categoría son integrados los bodones, lavajos, lagunas y áreas encharcadizas, tipología constitutiva de la mayor parte de los humedales del Complejo de Coca-Olmedo.

Constan de una cubeta circular o elíptica deprimida que constituye el centro del humedal, y una pendiente muy suave que se eleva hasta la zona cultivada, presentando unas franjas de vegetación freatofítica halófila más o menos concéntricas, hasta el cinturón perimetral xerofítico más independizado del agua subterránea, con abundancia de juncos (*Scirpus holoschoenus*).

En vista de las características del humedal, no se advierte ningún parámetro descatalogante para poder realizar las acciones precisas para su regeneración, si bien es preciso corregir el sistema de drenaje que presenta el humedal.

Ambos humedales son susceptibles de regeneración hídrica, gracias a su actual estado de conservación, a contar con figuras de protección y por su cercanía a los dispositivos actuales de recarga artificial.



Figs. 3 y 4. Aspecto de la Laguna de las Eras y Laguna de la Iglesia, en Villagonzalo de Coca. Complejo de humedales de Coca-Olmedo. Estos humedales son susceptibles de regeneración hídrica empleando el dispositivo de recarga artificial de la Cubeta de Santiuste y creando dispositivos adicionales para dotar a las aguas de recarga de mayor salinidad. Fotos de agosto de 2003.

6. CONCLUSIONES

En este artículo se analiza la viabilidad de la recarga artificial en dos humedales del Complejo de Coca-Olmedo, como respuesta a una sugerencia propuesta por el alcalde de Coca en las últimas elecciones municipales.

La recarga artificial de acuíferos para usos medioambientales se encuentra cada vez más cerca de la población y dispone en la actualidad de un marco legal y técnico para dar viabilidad a este tipo de operaciones. Cada vez más sectores de la población manifiestan su interés por la recuperación de zonas húmedas, consecuentemente se advierte una incipiente demanda social.

Cualquier actuación de recarga artificial para la regeneración de humedales debe apoyarse en criterios técnicos que avalen su viabilidad. Estos criterios deben ir apoyados en argumentos científicos medioambientales, ecológicos, hidrogeológicos, geográficos y de ingeniería, con especial atención a la posible afección medioambiental derivada de la mezcla de aguas de calidades muy dispares.

La restauración de estos tipos de humedales parece inviable mediante operaciones de recarga artificial como la inicialmente planteada (derivación de aguas de baja salinidad que son conducidas por una tubería a humedales salinos). En estos casos, la recarga artificial inducida se perfila como el mecanismo más apropiado para regenerar este tipo de humedales, al permitir actuar sobre la calidad de las aguas, de modo que se parezcan a las aguas originarias (en especial en cuanto a salinidad y facies). Esto permitiría preservar las condiciones ecológicas originarias.

A pesar de haber sido diseñada una ficha de caracterización que aparece dissociada en distintos apartados, tal ficha debe ser interpretada como un “*todo*”, en la que todos los elementos están relacionados y forman una parte indisociable del sistema, si bien, por fines divulgativos, se presentan desglosados.

La ficha de caracterización inicial puede ser empleada como listado de chequeo para la detección de impactos ambientales y como indicador medioambiental para el seguimiento de su evolución, basándose en las variaciones de los principales parámetros.

Aquellos humedales que disponen de figuras de protección son más proclives para su regeneración hídrica, al contar con mayor presión social para su regeneración, si bien es preciso que dispongan de unas condiciones ecológicas suficientemente interesantes y dispositivos de recarga artificial de acuíferos en las inmediaciones.

Este tipo de operaciones adolecen se requerir, además de una componente técnica, otra socio-política que justifique su interés, la procedencia de la regeneración y sus coste económico.

ANEXO 1. Ficha de caracterización para la Laguna de la Iglesia

PARÁMETROS	CARACTERIZACIÓN
IDENTIFICACIÓN	
CODIGO DEL LAGO/HUMEDAL	Nº 57. SG-3
TOPONIMIA	LAGUNA DE LA IGLESIA
UNIDAD ADMINISTRATIVA	COCA
AUTONOMIA	CASTILLA-LEÓN
LOCALIDAD	VILLAGONZALO DE COCA (COCA)
HOJA 50.000	455 ARÉVALO
CUENCA	DUERO
SUBCUENCA	2229 CEDEX. Eresma Duero (Voltoya-Adaja)
HUSO:	30
COORDENADAS UTM X:	367434
Y:	4562545
Z:	798,1
TIPO	ENDORREICO Y SALINO
FIGURA DE PROTECCION	ZONA HÚMEDA CATALOGADA SG-3
FOTO AEREA	8726 (1957); 428F (1987)
ORTOIMAGEN	428 S-3 (JCL 2000).
IMAGEN SATÉLITE	Spot órbita 031, Spot 2 de órbita 032 y Landsat de órbita 202
FOTOGRAFÍA	Sg-02 y Sg-03
RESOLUCIÓN MDT DISPONIBLE	1 m
ACCESO	JUNTO A LA CARRETERA DE COCA A VILLAGONZALO
CARACTERÍSTICAS	
ORIGEN GENÉTICO	CUBETA TOPOGRÁFICA
HIDRODEPENDENCIA	NO
ACUÍFEROS RELACIONADOS	NO
SOBREEXPLOTADO SI/NO	SI
CONEXIÓN CON LA RED FLUVIAL	NO
EDAFOLOGÍA DEL ENTORNO	TERRENO ARCILLOSOS Y SALINO
FACIES HIDROQUÍMICA	SECO ENTRE 2002 Y 2004. PEQUEÑO CHARCO EN CUBETA OCASIONAL
ANÁLISIS QUÍMICOS	NO
PERÍMETRO DE PROTECCIÓN	NO
VULNERABILIDAD	ALTA
VALORACIÓN PAISAJÍSTICA CONTINGENTE	4
PRESENCIA DE VEGETACIÓN HIDRÓFILA	HALOFITAS
PRESENCIA DE VEGETACIÓN NITRÓFILA	SI. ORLA PERIMETRAL
MORFOMETRÍA	
EJE MAYOR	482.6 m
EJE MENOR	227.5 m

ESCALA DISPONIBLE	NO
COTA ESCALA	NO
PROFUNDIDAD MÁXIMA CUENCO	1,4 m
Profundidad máxima	0 (2004)
Perímetro máximo (m)	1209
Anchura máxima (m)	227.5
Longitud máxima (m)	482.6
Superficie máxima (km ²)	0,794
Bibliografía (antecedentes)	Rey Benayas, 1990.
ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS	
LIC (LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO)	NO
ELEMENTO CULTURAL (PATRIMONIO)	NO
ZEPa (ZONA ESPECIAL PROTECCIÓN)	NO
ZEPAS	NO
RAMSAR	NO
OTROS (AUTONÓMICO)	ZONA HÚMEDA CATALOGADA SG-3
ACTUACIONES EN EL HUMEDAL HUMEDAL	
AFFECTADO (TIPO DE AFECCIÓN)	Descenso nivel freático por incremento de las extracciones en su área de origen
RELLENADO (AÑO)	
DRENADO (AÑO)	SI/ NO DETERMINADO
CULTIVADO (ESPECIE)	NO
RODEADO POR	CEREALES. CEBADA.
REPRESADO (AÑO)	NO
EXCAVADO	NO
DRAGADO (AÑO)	NO
EXTRACCIONES ARIDOS	NO
REGULACION	SI. DREN EN EXTREMO SUR
EXTRACCIONES AGUA	NO
SUSCEPTIBILIDAD VERTIDOS	
URBANOS	NO
INDUSTRIALES	NO
AGRÍCOLAS	SI. INDICIOS CONTAMINACIÓN DIFUSA
TIPO AGROQUÍMICOS	SI.
PESTICIDAS	SI POR ARRASTRE
USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL MEDIO	
PASTOREO	OCASIONAL
ABREVADERO	NO
ABASTECIMIENTO	NO
EXTRACCIONES Y SALIDAS	NO
APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL	NO. SUSCEPTIBLE EMPLEO DADA SU
OTROS USOS	ESTÁTICO, PAISAJÍSTICO
USO PÚBLICO	
RECREEO	NO
ACUICULTURA	SI (IMPACTO NEGATIVO POR
URBANIZADO	NO

CAZA	SI
PESCA	NO
EDUCATIVO	NO
RECREATIVO	NO
MEDICINAL	NO EN LA ACTUALIDAD
APROVECHAMIENTO VEGETACIÓN	NO
OTROS	NO
OBSERVACIONES USOS	SUSTRATO SALINO DE INTERÉS
DATOS ADMINISTRATIVOS	
PROPIEDAD	AYTO. COCA
ADMINISTRACIÓN	JCL
GRADO DE CONSERVACIÓN	4/ AZUL*
INSTRUCTOR/FUENTE	EFE/TESIS DOCTORAL
OBSERVACIONES	SUSCEPTIBLE MEJORA MEDIANTE RECARGA ARTIFICIAL ESTIMULADA
FECHA DEFINICIÓN	AGOSTO DE 2003

Observaciones adicionales:

*El estado de conservación corresponde a la clasificación de humedales propuesta por su susceptibilidad para su regeneración hídrica mediante la recarga artificial de acuíferos. Distingue cinco tipos por su estado de conservación y cuatro tipos por su funcionamiento (*Fdez. Escalante, 2004*).

Estado de conservación:

- 5 agua- Presenta lámina de agua. Se puede mejorar.
- 4 sin agua. Se puede recuperar. Sin cultivos alrededor.
- 3 sin agua. Afectada. Con cultivos alrededor.
- 2 Sin agua. Afectada sustancialmente. Roturada, drenada, cultivada.
- 1 Sin agua. Afectada sustancialmente. Cambio de uso.

Funcionamiento:

- AZUL, humedal hidrodependiente.
- AMARILLO, humedal asociado a la red de escorrentía superficial NO HIDRODEPENDIENTE/endorreico.
- NARANJA, humedal fuertemente degradado de difícil recuperación.
- ROJO, humedal indicial desaparecido, conocido por encuestas, etc.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M. (1986). “*Clasificación de los complejos palustres españoles.*” En: “Seminario sobre Bases Científicas para la Gestión de los Humedales Españoles”: 65-78. Real Academia de Ciencias Exactas. Madrid.
- Fernández Escalante, A.E., (2002). “*La recarga artificial en la Cubeta de Santiuste (Segovia) Estudio de las condiciones de referencia, funcionamiento hidrogeológico y aspectos medioambientales relacionados.*” Trabajo de aspiración a la Diplomatura de Estudios Avanzados. Dpto de Geodinámica. Facultad de CC. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Trabajo no publicado.
- Fernández Escalante, A.E., y Cordero, R. (2002). “*Los espacios naturales protegidos frente a la Directiva Marco del agua. comentarios y proposiciones acerca de los estudios de impacto ambiental en los mismos.*” Jornadas técnicas sobre la gestión y el control del agua frente a la Directiva Marco. UAM.-CY-II.
- Fernández Escalante, A.E. (2004). “*Recarga artificial de acuíferos en cuencas fluviales. Aspectos cualitativos y medioambientales. La experiencia en la Cubeta de Santiuste, Segovia.*” Tesis Doctoral. Inscripción: septiembre de 2004. Defensa: enero de 2005. Universidad Complutense de Madrid.
- Friends, A. & Raport, D. (1979). “Towards a comprehensive framework for environment statistics: stress-response approach”. Ottawa, Canadá: Statistics Canada.
- Margalef, R. (1983). “*Limnología.*” Ediciones omega, S.A., Barcelona, 1010 pp.
- Margalef, R. (1987). “*Teoría y modelado de los sistemas fluctuantes.*” Bases científicas para la protección de los Humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 31-42.
- Rey Benayas, J. M. (1991). “*Aguas Subterráneas y Ecología. Ecosistemas de descarga de Acuíferos en Los Arenales.*” ICONA.-CSIC. Colección Técnica ICONA.- MAPA.
- <http://www.jcyl.es/jcyl-client>