

# Incidencia de la actividad humana y desarrollo de actuaciones de restauración sobre el complejo lagunar de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla (Segovia). Plan PIMA Adapta

López Argüeso, R.<sup>a</sup>, Fernández Benítez, M<sup>b</sup>, Pérez Álvarez, C.<sup>c</sup> y Díez de las Heras, A.<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Jefe del Área de Asistencia Técnica y Programación de la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD) (c/Muro nº 5 47004 Valladolid - [rla@chduero.es](mailto:rla@chduero.es))

<sup>b</sup>Jefe de Servicio Técnico de la CHD (c/Muro nº 5 47004 Valladolid - [mif@chduero.es](mailto:mif@chduero.es))

<sup>c</sup>Técnico de obra en TRAGSA (c/Cobalto 5 47012 Valladolid - [cperez1@tragsa.es](mailto:cperez1@tragsa.es))

<sup>d</sup>Ingeniero de Montes en TRAGSATEC (c/Cobalto 3 47012 Valladolid - [adiez1@tragsa.es](mailto:adiez1@tragsa.es))

Línea temática A | Dinámica fluvial, de embalses, estuarios y humedales

## RESUMEN

El Proyecto tiene como objeto determinar el estado actual de conservación del espacio natural de las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla, mediante el establecimiento y valoración de una amplia batería de bioindicadores.

Las conclusiones de los estudios realizados evidencian una continua reducción del espacio lagunar, que si bien fue más intensa en la segunda mitad del siglo pasado, durante el presente siglo continúa. Por otra parte, el estado ecológico del complejo lagunar mostró importantes diferencias en cuanto a su estado de conservación, ya que se comprobó que cada una de las dos láminas que la componen presentaba condiciones distintas.

Asimismo el estudio ha puesto de manifiesto una notable diversidad malacológica y entomológica, así como sorprendentes resultados en los inventarios de flora y fauna que confirman el enorme valor del humedal, enclavado en una zona mixta de pinar muy poco productiva y terreno agrícola explotado con intensidad.

**Palabras clave** | lagunas de Cantalejo; caracterización bioecológica;

## INTRODUCCIÓN

El Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (Plan PIMA Adapta), que promueve el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente desde el año 2015, tiene como objetivo desarrollar actuaciones que incrementen el conocimiento de los impactos del cambio climático, así como los riesgos y la vulnerabilidad del ecosistema para el diseño de proyectos. Ésta actuación, que tiene una clara vocación de continuidad, se enmarca dentro del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y contempla actuaciones en los ámbitos de las costas, el dominio público hidráulico y los Parques Nacionales.

El desarrollo de PIMA Adapta en materia de gestión del agua y del dominio público hidráulico asociado se conoce como PIMA Adapta-AGUA, y tiene como objetivo mejorar el conocimiento y el seguimiento de los impactos del cambio global y el cambio climático en este ámbito, minimizando sus riesgos y aumentando la resiliencia del sistema frente al cambio climático.

Su período de vigencia abarca hasta el año 2020, coincidiendo con el Tercer Programa de Trabajo del PNACC, de acuerdo con la Estrategia Europea de Adaptación.

Los proyectos y actuaciones de PIMA Adapta-AGUA se desarrollan en cuatro líneas estratégicas, que recogen todas las categorías de opciones de adaptación propuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático en su Quinto Informe de Evaluación (AR5):

- Medidas de gestión y adaptación de las reservas naturales fluviales (RNF).
- Adaptación a los fenómenos extremos.
- Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y desarrollo de estrategias de adaptación.
- Desarrollo de proyectos de adaptación al cambio climático en el dominio público hidráulico.

Una de las actuaciones incluidas en el citado Plan es el Proyecto de Restauración de las Lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla (Segovia), así como su posterior seguimiento.

## Antecedentes

Las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla (Segovia) forman parte del conjunto de humedales asociados al conjunto de dunas y depresiones húmedas interdunares situadas en el límite noreste del campo de dunas conocido como “*Dunas de Sanchonuño – Lastras de Cuellar*”, que cubre parte de la llamada Tierra de Pinares segoviana. En la actualidad se conservan tres lagunas, denominadas Laguna Tenca, Laguna del Carrizal (localizadas en el municipio de Lastras de Cuéllar) y Laguna Lucia (en el vecino término de Hontalbilla). Este conjunto goza de una notable singularidad geomorfológica.

La riqueza de la flora y fauna presentes en su entorno motivó que este espacio fuese catalogado como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y en la actualidad Zona de Especial Conservación (ZEC) propuesto con el nombre de “*Lagunas de Cantalejo*”. Dentro de los valores naturales destaca la presencia de varios tipos de hábitats de interés comunitario, tales como el 3150 - Lagos eutróficos naturales con vegetación *Magnopotamion* o *Hydrocharition*, o el 6420 - Prados mediterráneos de hierbas altas y juncos (*Molinion-Holoschoenion*). Asimismo, las tres lagunas forman parte del Catálogo de Zonas Húmedas de Interés Especial de Castilla y León (Decreto 194/1994, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Catálogo de Zonas Húmedas y se establece su régimen de protección).

Este conjunto de humedales ha sufrido de manera continua la incidencia de las actividades humanas bien sea como consecuencia del vertido de aguas residuales de núcleos urbanos próximos y explotaciones agropecuarias, actividades agrícolas colindantes e incluso explotación directa de los recursos de las lagunas. Además, la incidencia del cambio climático también ha modificado sustancialmente el entorno afectando al ecosistema lagunar que ha visto como las láminas de agua se iban reduciendo notablemente.

Por otra parte, al tratarse de un “satélite” del ya citado ZEC “*Lagunas de Cantalejo*” no se habían realizado estudios específicos sobre este espacio natural, de modo que se desconocían muchas cuestiones relativas a la biodiversidad existente y su interacción ecológica. La falta de información concreta impedía establecer el estado de referencia del conjunto lagunar y en consecuencia no era factible llevar a cabo una estrategia adecuada de conservación, recuperación y divulgación.

## Objeto

El objeto del Proyecto ha sido determinar el estado actual de conservación del espacio natural, mediante el establecimiento y valoración de bioindicadores, así como otros parámetros que permitieran definir actuaciones idóneas para la mejora del estado de conservación. Además, estaba previsto realizar una serie de actuaciones de cara a potenciar el uso público con carácter didáctico y sostenible.

## Ubicación

El complejo lagunar de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla se ubica al norte de la provincia de Segovia, formando parte del sistema forestal de la Tierra de Pinares de la provincia en el que tal y como ocurre también en el cercano municipio de Cantalejo, se alternan áreas bajas donde afloran pequeñas lagunas con los tramos ocupados por dunas.



**Figura 1** | Situación de las lagunas en la provincia de Segovia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para determinar adecuadamente el estado de conservación de una laguna o como en este caso un complejo lagunar es imprescindible llevar a cabo un profundo análisis de dos factores determinantes como son la calidad y cantidad del agua existente en las cubetas. Asimismo se deben establecer y analizar una serie de bioindicadores de referencia que permitan replicar el estudio en otras ocasiones, de modo que los resultados obtenidos permitan su comparación con el estado de referencia.

### Morfología e hidrología

Tal como señala el mapa geológico nacional del Instituto Geológico Minero de España, el complejo lagunar se encuentra situado íntegramente sobre un estrato de arenas silíceas, que no permiten el desarrollo de una red de drenaje y por tanto las láminas de agua se asocian al acuífero formado por materiales detríticos Cuaternarios que cubren el sustrato Terciario impermeable de margas y arcillas.

Tras conocer la geología que propicia la existencia del complejo lagunar de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla, se llevó a cabo una revisión de la cartografía y fotografía aérea disponibles obteniendo como resultado las imágenes que se muestran a continuación:



**Imagen 1** | Vuelo AMS-1946/47.

Ministerio de Defensa (CECAF).  
Imagen procedente de los  
archivos del Ejército del Aire.



**Imagen 2** | Vuelo AMS-1956.

Ministerio de Defensa (CEGET).



**Imagen 3** | Vuelo 1979.



**Imagen 4** | Ortofoto PNOA  
2013.

Además, en octubre de 2015 se realizó un completo levantamiento topográfico del perímetro de las lagunas, cubetas, zonas mojadas y asociadas al complejo lagunar (cultivos, eriales, etc.). También se llevó a cabo una batimetría de las 2 láminas que aún mantiene la laguna del Carrizal.

## Caracterización de la calidad del agua

Con objeto de caracterizar la calidad del agua se tomaron muestras de cada lámina existente. Al encontrarse la laguna Lucia completamente seca, únicamente se tomaron muestras en las dos láminas de la laguna del Carrizal. Las muestras de agua se tomaron siguiendo el procedimiento normalizado de trabajo del Laboratorio de Hidrobiología del IH Cantabria (IH LabBio en adelante) para la toma de muestras de aguas continentales y marinas para la determinación de parámetros microbiológicos y fisico-químicos (PNT-C-0002).

## Caracterización del sedimento

Para caracterizar las condiciones fisicoquímicas del sedimento de las lagunas del Carrizal y Lucia se tomaron dos muestras de suelo en ambas lagunas. La toma de muestras se realizó el 21 de octubre de 2015. En cada punto de muestreo se tomó una muestra con un core cilíndrico de 30 cm de profundidad y 10 cm de diámetro, con el objetivo de caracterizar el perfil del suelo. Además también se tomó una muestra de 20-30 cm de profundidad y una superficie de 0,05-0,07 m<sup>2</sup> para caracterizar, en el laboratorio, las condiciones fisicoquímicas del sedimento.

Las variables y los métodos empleados en el laboratorio para caracterizar las condiciones fisicoquímicas del sedimento fueron los siguientes:

- Textura: Se llevó a cabo mediante la determinación de las distintas fracciones del suelo según la clasificación USDA.
- Materia orgánica: Norma UNE-EN 12579 para la determinación del contenido en materia orgánica y de las cenizas.
- pH: Norma UNE-ISO1039 para la determinación del pH en suelo, utilizándose agua como medio para preparar la suspensión (1:5, masa/volumen).
- Conductividad: Norma UNE 77308.
- Materia seca: Norma UNE-ISO 11465.
- Fosforo: digestión según Norma UNE 77324 y determinación espectrofotométrica (Kit Hach LCK 350).
- Fosfatos: Determinación espectrofotométrica con Kit Hach (LCCCK 350)
- N-Kjeldhal: Norma UNE 77318, adaptada según manual del equipo PRO-NITRO S 4002851 (P SELECTA).
- Densidad aparente: Norma UNE 103301:1994.
- Porosidad: Calculada según Chapra (1997) y Thoman & Mueller (1987).
- Índice de Sellado: Calculado según FAO (1980).
- Concentración de metales pesados (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Hg): fue analizada por ICP-MS

## Análisis de bioindicadores – Comunidades fitoplanctónicas y clorofila A

Para caracterizar las comunidades fitoplanctónicas se tomaron 8 muestras, pero dado que la laguna Lucia estaba seca en el momento de la toma de muestras (21/10/2015), todas las muestras se tomaron en la Laguna del Carrizal.

Las muestras para la identificación y cuantificación de las comunidades fitoplanctónicas se fijaron con lugol al 0,5%, almacenándose posteriormente a <15°C y protegidas de la luz hasta su análisis en laboratorio. El recuento e identificación se realizó según la técnica descrita por Utermohl (1958), empleando un microscopio invertido. Las sub-muestras fueron sedimentadas en cubetas. Debido a la elevada concentración celular obtenida se realizaron diluciones para favorecer un recuento más preciso. El recuento se realizó por campos tras la visualización previa de la muestra.

En cuanto a la determinación de la clorofila A se aplicó el método tricromático de determinación espectrofotométrica (Método 10200H en APHA, 1995). Aplicando esta metodología, por cada punto de muestreo se filtraron 500 ml de agua a través de un filtro de fibra de vidrio Whatman GF/F (tamaño de poro de 0,4 a 0,6 µm), los filtros fueron introducidos en un vial con 10 ml de acetona al 90% y se mantuvieron en oscuridad a una temperatura de 0 - 4°C. Trascurridas 24 horas los filtros fueron triturados y la mezcla centrifugada (20 minutos a 3000 rpm). Tras la centrifugación se midió el volumen del extracto y la densidad óptica en un espectrofotómetro a 750, 664, 647, 630 nm. El cálculo de la clorofila a se realizó posteriormente atendiendo a la fórmula de Jeffrey & Humphrey (1975).

## Análisis de bioindicadores – Diatomeas

Las muestras de diatomeas se tomaron en los mismos 4 puntos donde se muestrearon las comunidades de invertebrados. Debido a que el fondo de esta laguna está compuesto por material fino y material vegetal en descomposición, las muestras se tomaron sobre tallos de helófitos, como recomienda el protocolo oficial de muestreo de comunidades fitobentónicas en estos casos (MAGRAMA, 2013E).

Para ello, en cada punto de muestreo se cortó la parte sumergida (aproximadamente 10 cm) de 3 tallos de helófitos (*Phragmites australis* y *Typha latifolia*). Estos se frotaron con un cepillo sobre una bandeja para extraer los organismos fitobentónicos adheridos (Fig. 5). La muestra resultante se conservó en formol 4% hasta su posterior identificación en laboratorio. El protocolo empleado en el laboratorio para el análisis de estas muestras y el posterior cálculo de métricas se ajustó al descrito en MAGRAMA (2013E). Finalmente, las cuatro muestras de diatomeas se identificaron en el Laboratorio de Diatomología y Grupo de investigación LIMNO, ubicado en IMARENABIO, León (Universidad de León).

En el caso de las diatomeas no se dispone de protocolos editados por el MAGRAMA donde se defina la métrica que se debe emplear para valorar estas comunidades en masas de agua correspondientes a lagos, como fue el caso de las comunidades de invertebrados y fitoplanctónicas, por lo que en este caso se han calculado varias métricas empleadas por los distintos organismos de cuenca para valorar las comunidades fitobentónicas en lagos (IPS, IBD, CEE, IDSE/5). Estas métricas se calcularon a partir del programa informático OMNIDIA.

## Análisis de bioindicadores – Macroinvertebrados

Para caracterizar las comunidades de invertebrados se tomaron 4 muestras. Debido a que la laguna Lucia estaba seca en el momento del muestreo (21/10/2015), las 4 muestras se tomaron en la laguna del Carrizal. Tres de ellas se tomaron en la lámina oeste y una en la lámina este (Fig. 4). Con el objetivo de caracterizar las comunidades presentes en los distintos tipos de hábitats que aparecen en el litoral de la laguna del Carrizal, 2 de estas 4 muestras fueron tomadas sobre comunidades de helófitos (P2 y P4) y otras 2 sobre el propio lecho de la laguna (P1 y P4), compuesto fundamentalmente por material fino (arenas y limos) y material vegetal en descomposición (restos de helófitos).

Las muestras de invertebrados se tomaron con redes de 100 y 250 µm. Posteriormente las muestras se conservaron en alcohol 70% hasta su posterior traslado al laboratorio, donde se determinaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible.

En el presente estudio se ha empleado la métrica denominada IBCAEL, la cual está reconocida tanto por el MAGRAMA como por la Confederación Hidrográfica del Duego (CHD) como métrica adecuada para valorar las comunidades de invertebrados en masas de agua correspondientes a lagos (ver MAGRAMA; 2013C).

## Análisis de bioindicadores - Macrófitos

Para caracterizar las comunidades de macrófitos se aplicó el protocolo definido en MAGRAMA (2013F) para lagos no vadeables. Más concretamente, se aplicó el protocolo definido para lagos no vadeables del tipo 16 pequeños (< 50 ha) y con profundidad máxima ≤ 2m. Sin embargo, debido a la pronunciada verticalidad de las orillas, los transectos tuvieron longitudes muy cortas (<2 m). Además, tan solo se pudieron realizar 5 transectos debido a la mala accesibilidad a la lámina de agua (Fig. 6A).

Con el objetivo de obtener una caracterización más adecuada de las comunidades de macrófitos, se realizó una nueva visita en noviembre 2015. En esta ocasión, dado que se caracterizó la batimetría de las 2 láminas de agua que forman la Laguna del Carrizal, se dispuso de una embarcación y un gancho para tomar muestras de hidrofitos en los transectos realizados para tomar las medidas batimétricas, con lo que se considera que ambas láminas se muestrearon de manera muy intensiva.

## Caracterización de la vegetación

La caracterización de las comunidades vegetales tiene como finalidad conocer los tipos de hábitats de interés comunitario que se asocian al entorno lagunar y cartografiarlos, para lo que se programó el trabajo en 3 etapas:

- Revisión bibliográfica: se consultó el Inventario Nacional de Hábitats (INH).
- Trabajo de gabinete: desarrollo de un teselado previo de las tipologías de vegetación que se puedan diferenciar por ortofotografía del PNOA.
- Trabajo de campo: A partir del teselado previo se realizaron transectos de campo para verificar los tipos de hábitats y vegetación predefinidos.

Aprovechando la misma metodología se elaboró un catálogo florístico para verificar la presencia de taxones de flora raros o amenazados, que pudieran ser propios de zonas húmedas de la Meseta.

## Caracterización de la fauna

Para llevar una completa caracterización de la fauna, se han estudiado en la zona las poblaciones de moluscos, insectos, anfibios, aves y mamíferos siguiendo las metodologías que se describen a continuación:

### Moluscos

En primer lugar se llevó a cabo una completa revisión bibliográfica, que aunque era escasa sí que fue muy útil al encontrar una monografía de M. Palacio (1993) denominada “Estudio de los humedales situados en el t.m. de Lastras de Cuéllar” (Obra social de Caja Segovia), donde recoge citas de moluscos encontrados en la laguna del Carrizal con anterioridad al estudio.

El trabajo de campo se organizó a partir de ubicar una serie de estaciones de muestreo repartidas por los diferentes hábitats que previamente se habían establecido, tal como muestra la imagen 5.



Imagen 5| Estaciones de muestreo



Imagen 6| Itinerarios

### Insectos

Tras una revisión bibliográfica en la que no se encontraron publicaciones específicas para el área de estudio, se realizaron prospecciones en las que realizaron capturas, ya que es imprescindible para poder determinar con precisión la especie de qué se trata. Asimismo se realizaron prospecciones fotográficas. Posteriormente se llevó a cabo un intenso trabajo de gabinete para la determinación de los individuos capturados, donde era necesario extender sus alas, colocar patas, etc.

### Anfibios

Inicialmente se elaboró un listado a partir de la bibliografía estudiada para el ámbito de estudio, que en este caso ha sido fundamentalmente el Servidor de Información de Anfibios y Reptiles de España (SIARE), así como el Atlas y Libro Rojo de los Anfibios Ibéricos.

El trabajo de campo se basó en un muestreo mediante la realización de recorridos nocturnos a pie sobre una traza definida con anterioridad en gabinete. En este caso la traza tenía una longitud de 1.980 m y discurría por el perímetro de las lagunas del Carrizal y Lucía. El recorrido, que llevaban a cabo dos muestreadores separados entre sí entre 5 y 10 m, se iniciaba tras la puesta de sol y se prolongaba durante 2 horas como máximo. Además, se determinaron 4 estaciones de escucha en las que se hacían paradas de 5 minutos y en un punto del recorrido se ubicó una grabadora digital para grabar cantos y coros, que se mantuvo mientras se llevaba a cabo el transecto a pie.

### Aves

Como para el resto de caracterizaciones se llevó a cabo una revisión bibliográfica en la que fundamentalmente se recogió información procedente del Atlas de las aves reproductoras de España, así como de la Base de datos de la Biodiversidad del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. El equipo investigador también se apoyó en el estudio realizado en el año 2009 por ESTUDIOS Y PROYECTOS LINEA, S.L. en las vecinas lagunas de Cantalejo, denominado “*Seguimiento del proyecto de restauración de las Lagunas de Cantalejo*”. Asimismo también tuvieron en cuenta el trabajo titulado “*Estudio de la situación poblacional de las aves coraciformes y piciformes dentro del ámbito del Proyecto LIFE11 NAT ES/699 MEDWETRIVERS*”, realizado por OIKOS CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y EL TERRITORIO S.L. en el año 2015. Por último, en este trabajo previo también se tuvo en cuenta el listado de aves que incluye el formulario normalizado de datos de la ZEPA “*Lagunas de Cantalejo*”.

Una vez analizada la información disponible se diseñó un transecto perimetral por las lagunas que se recorrió a pie hasta en 13 ocasiones entre octubre y noviembre de 2015. A lo largo de la traza se establecieron 4 estaciones fijas de escucha y observación, en las que el observador permanecía hasta 30 minutos.

### Fauna

Durante la revisión bibliográfica llevada a cabo se obtuvo información del “Atlas y libro Rojo de los mamíferos terrestres de España”, así como de la monografía de Fernández Gutiérrez, J. (2002) titulada “Los murciélagos de Castilla y León. Atlas de distribución y tamaño de las poblaciones”. A partir de esos datos se definió un listado de especies objetivo para la zona de actuación:

En cuanto al trabajo de campo realizado, éste se adaptó a los requerimientos de cada Orden a prospectar de modo que para los carnívoros se llevaron a cabo búsquedas intensivas de rastros y señales, complementada con fototrampeo durante el mes de octubre de 2015. En el caso de los quirópteros el estudio se basó en la escucha y grabación de ultrasonidos, con posterior trabajo de gabinete para determinar las especies.

La ubicación de las cámaras de fototrampeo se definió a partir de las primeras visitas al complejo lagunar, donde existían evidencias de paso frecuente o abundancia de presas potenciales. Tras ubicar las cámaras en el terreno, se decidió mantener una cámara fija en una de las ubicaciones. En cuanto a las cámaras empleadas eran de la marca Moultrie (modelos M-1100i y A-7i).



Imagen 7| Ubicación cámaras de fototrampeo

CÁMARA	UBICACIÓN	FECHA COLOCACIÓN	FECHA RECOGIDA
1	MAM01	13/10/2015	14/10/2015
	MAM02	02/10/2015	06/10/2015
	MAM03	14/10/2015	23/10/2015
	MAM04	07/10/2015	09/10/2015
2	MAM05	06/10/2015	30/10/2015

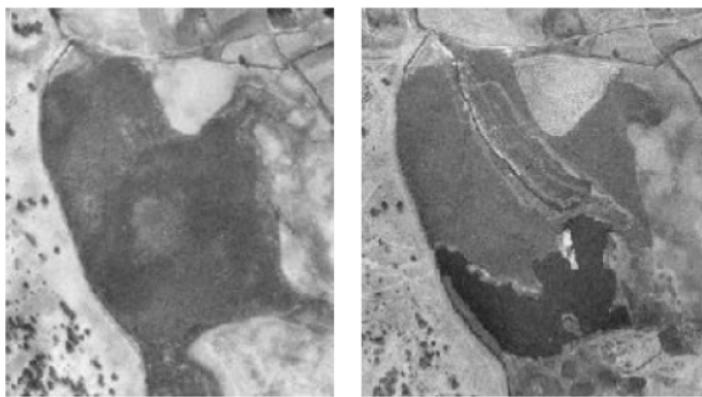
Tabla 1 | Resumen cámaras fototrampeo

## RESULTADOS

### Morfología e hidrología

Hay que señalar que el complejo lagunar objeto de estudio ha sufrido una reducción notable de su extensión durante los últimos 70 años, ya que las fotografías aéreas analizadas prueban que a mediados del siglo pasado las lagunas Tenca, Carrizal y Lucia disponían de láminas de agua extensas y conectadas entre sí. A medida que avanza la segunda mitad del siglo XX, se evidencia una cada vez menor disponibilidad de agua en los vasos, que llega a ocasionar la desconexión del flujo entre las lagunas Tenca y Carrizal.

Por otra parte, se evidencia que la laguna del Carrizal fue objeto de un importante aprovechamiento de turba entre los años 1979 y 1984, que supuso una modificación de su morfología que a día de hoy se ha constatado mediante el desarrollo de la batimetría. Concretamente se han medido calados de hasta 2,30 m en la lámina oeste de la laguna del Carrizal y de 1 m en la lámina este.



Imágenes 8 y 9| Imágenes aéreas correspondientes a los años 1979 (izquierda) y 1984 (derecha).

## Caracterización de la calidad del agua

No se han detectado diferencias reseñables en los datos obtenidos en cada campaña de muestras. Sin embargo, sí se han mostrado importantes variaciones en algunos índices para cada lámina de agua.

Los valores de pH obtenidos en ambas láminas de agua son habituales en lagunas donde se han producido actividades ligadas a la extracción de turba, como se ha citado que ocurrió en la laguna del Carrizal durante los años 80. Respecto a los valores de turbidez y oxígeno disuelto que son muy superiores en la lámina occidental, probablemente como consecuencia del mayor desarrollo de las comunidades fitoplanctónicas. Asimismo la conductividad se mostró en valores intermedios para ambas láminas, lo que puede ser consecuencia de la época de toma de las muestras.

Respecto al resto de variables caracterizadas, las mayores diferencias temporales se observaron en la concentración de sólidos en suspensión, que se redujo en torno al 50% de octubre a noviembre, en las dos láminas de agua, y en la concentración de magnesio, que subió en torno a 10 mg/l en noviembre, también en ambas láminas de agua.

Por su parte a partir de los resultados obtenidos para los compuestos nitrogenados, así como nitratos, nitritos, amonio y fósforo total, y teniendo en cuenta los criterios propuestos por la OCDE (1982) para valorar el grado de eutrofia que muestran las masas de agua lenticas, se puede afirmar que la lámina occidental se clasifica como hipertrófica y la oriental como eutrófica.

## Caracterización del sedimento

Según se puede observar en la tabla de resultados incluida a continuación existe una importante diferencia entre la concentración de las diferentes variables en la laguna del Carrizal y la laguna Lucia.

Tabla 2 | Resultados analíticas del sedimento.

	Laguna Carrizal		Laguna Lucia			Laguna Carrizal		Laguna Lucia	
	P1	P2	P3	P4		P1	P2	P3	P4
<b>pH</b>	6,3	6,6	6,5	6,7	<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,83	1,11	1,07	0,78
<b>Conductividad (μs/cm)</b>	368	234	1287	1641	<b>Fósforo (mg P/kg)</b>	17,4	7	48,4	53
<b>Arena (%)</b>	73	78	66	65	<b>Fosfatos (mg P/kg)</b>	17,4	6	35,2	38,4
<b>Limos (%)</b>	2	4	14	19	<b>Nitrógeno total (mg N/kg)</b>	469	2497	2398	9599
<b>Arcilla (%)</b>	25	17	20	17	<b>Cromo (mg/kg mat. seca)</b>	13	19,1	11,6	23,4
<b>Textura</b>	Franco	Franco	Franco	Franco	<b>Níquel (mg/kg mat. Seca)</b>	82,5	15,4	8,8	12,7
<b>Índice de sellado</b>	1,7	0,4	0,2	0,2	<b>Cobre (mg/kg mat. seca)</b>	18,1	30,2	13,5	12,5
<b>Materia orgánica (%)</b>	4,2	30,7	59,2	58,4	<b>Zinc (mg/kg mat. seca)</b>	30,5	19,6	33,7	27,8
<b>Materia seca (%)</b>	81,3	58,6	20,7	53,3	<b>Cadmio (mg/kg mat. seca)</b>	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
<b>Humedad (%)</b>	18,7	41,4	79,3	46,7	<b>Mercurio (mg/kg mat. seca)</b>	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
<b>Porosidad</b>	0,44	0,45	0,58	0,66	<b>Plomo (mg/kg mat. seca)</b>	6,3	11,2	32,2	13,8

A la vista de estos resultados y según las recomendaciones del CEDEX para la gestión de material dragado en los puertos españoles (2014), el sedimento de las muestras P2, P3 y P4 se clasifica dentro de la categoría A y por tanto es “no peligroso”, mientras que el de la muestra P1 se enmarca en la categoría C por la elevada concentración de níquel detectada.

## Análisis de bioindicadores – Comunidades fitoplanctónicas y clorofila A

Tras el correspondiente análisis taxonómico de las muestras de fitoplancton tomadas, se identificaron un total de 59 taxones a las que se les aplicaron diferentes métricas, propias de la caracterización de masas de agua “tipo embalses”, según recoge MAGRAMA (2013A), pero que también se emplean para agua de carácter lento.

## Análisis de bioindicadores – Diatomeas

En las 4 muestras de diatomeas que se tomaron en la Laguna del Carrizal se cuantificaron un total de 1.651 células, correspondientes a 45 taxones diferentes. Los valores de abundancia descritos en las 4 muestras de diatomeas fueron similares, mientras que el mayor número de taxones y la diversidad más alta se describieron en P1. En cuanto a los valores más altos de las métricas IPS, IBD y CEE se obtuvieron en P4, mientras que los más bajos se dieron en P2.

Tabla 3 | Resultados análisis diatomeas.

	Lámina occidental				Lámina oriental
	P1	P2	P4	Promedio	P3
<b>Abundancia</b>	437	406	408	417	400
<b>Nº taxones</b>	29	21	22	24	26
<b>Diversidad de Shannon</b>	2,43	2,27	1,87	2,19	2,22
<b>IPS</b>	11,9	9,9	15,3	12,4	14,1
<b>IBD</b>	12,6	11,4	15,8	13,3	14,6
<b>CEE</b>	11,1	10,7	11,3	11	10,7
<b>IDSE/5</b>	3,74	3,46	3,68	3,62	3,45

## Análisis de bioindicadores – Macroinvertebrados

En las 4 muestras de invertebrados que se tomaron en la Laguna del Carrizal se cuantificaron un total de 12.517 individuos, correspondientes a 39 taxones diferentes. Respecto a la estructura y composición taxonómica descrita en los 4 puntos de muestreo, se observaron diferencias importantes en las comunidades muestreadas sobre helófitos con respecto a las que se muestrearon sobre el fondo de la laguna. Las comunidades muestreadas sobre helófitos contaron con un mayor número de taxones y con valores más elevados de diversidad.

Tabla 4 | Resultados análisis macroinvertebrados.

	Lámina occidental				Lámina oriental
	P1	P2	P4	P3	
	sedimento	helófitos	sedimento	helófitos	
<b>Abundancia</b>	8.472	1.034	1.711	1.300	
<b>Nº taxones</b>	18	21	14	27	
<b>Diversidad de Shannon</b>	0,96	1,71	1,23	2,37	
<b>RIC</b>	15	25	11	25	
<b>ABCO</b>	5,67	8	8	7,38	
<b>IBCAEL</b>	<b>8,03</b>	<b>12,73</b>	<b>9,71</b>	<b>12,13</b>	

Por otra parte, las comunidades que se muestrearon sobre el lecho de la laguna contaron con abundancias más elevadas, principalmente debido al elevado número que alcanzaron los dípteros de la familia Chironomidae, los cuales dominaron las comunidades que se desarrollan en el fondo de la laguna.

El índice IBCAEL también reflejó las diferencias comentadas, siendo más elevado en las comunidades muestreadas sobre helófitos que en las muestreadas sobre sedimento.

## Análisis de bioindicadores – Macrófitos

A partir de los transectos realizados y muestras tomadas se constató la inexistencia de hidrófitos (plantas sumergidas) en ambas láminas de agua. Por otra parte, en cuanto a las comunidades de helófitos se elaboró cartografía específica en función de la distribución por especies en la laguna del Carrizal:

1. 80% *Scirpus lacustris* – 20% *Typha latiphobia*
2. *Phragmites australis*
3. 50% *Typha latiphobia* – 50% *Phragmites australis*
4. 50% *Scirpus lacustris* – 50% *Typha latiphobia*
5. *Phragmites australis*
6. *Scirpus lacustris*
7. *Typha latiphobia*
8. *Scirpus lacustris*



Figura 2 | Cartografía macrófitos en la laguna del Carrizal.

## Caracterización de la vegetación

Las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla se encuadran dentro de la Región Biogeográfica Mediterránea, caracterizada fundamentalmente por presentar un marcado periodo de sequía estival, en el que las tasas de evapotranspiración superan las cantidades de agua recibidas a partir de las precipitaciones, generándose un déficit hídrico que exige adaptaciones específicas a la vegetación.

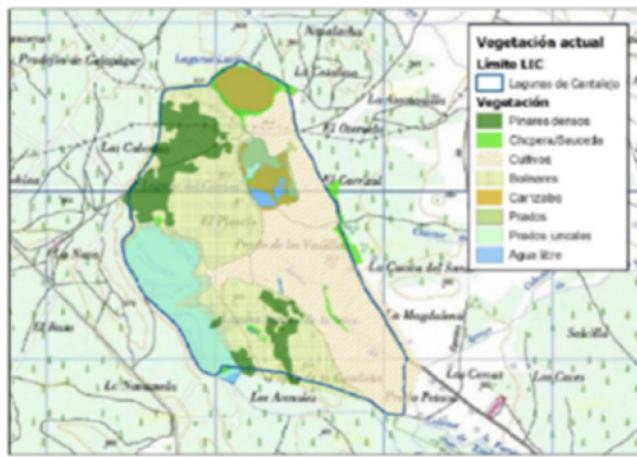
Dentro de la Región Mediterránea, las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla se localizan justo a caballo entre las Provincias Mediterráneo-Ibérica-Occidental, subprovincia Carpetano-Leonesa, sector Guadarrámico (15.4), y Mediterráneo-Ibérica-Central. Dentro de esta última, el área de estudio se encuadra en la subprovincia Castellana, en el límite entre los sectores Castellano-Duriense (18.1) y Celtibérico Alcarreño (18.2).

Según el Mapa de Series de Vegetación de España (Rivas-Martínez, 1987) en el área de estudio se identifican dos series de vegetación potencial, una edafófila y otra climatófila:

- Serie edafófila – Serie Ia: geomacroserie riparia siliifila mediterráneo – iberoatlántica (alisedas)

- Serie climatófila – Serie 24aa: supra-mesomediterránea guadarrámica, ibérico-soriana, celtibérico-alcarreña y leonesa silicícola de *Quercus rotundifolia* o encina (*Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum*).

Respecto a la vegetación existente que se ha reconocido durante los transectos en campo se ha plasmado en el mapa que se incluye a continuación:



**Figura 3 |** Mapa de vegetación existente en el complejo lagunar.

## Caracterización de la fauna

Para cada una de las tipologías caracterizadas (insectos, herpetos, aves y mamíferos) se ha elaborado un catálogo en el que se citan las especies censadas en el complejo lagunar. Dado que no es posible incluir el catálogo completo, a continuación se incluye un resumen de los resultados obtenidos:

**Tabla 5 |** Resultados muestreo insectos.

INSECTOS	
ORDEN	Nº ESPECIES
Odonata (libélulas)	14
Ephemeroptera (efémeras)	1
Lepidóptera (mariposas)	43
Coleóptera (escarabajos)	81
Neuroptera (hormigas león)	1
Hemíptera (chinches)	12
Dermaptera (tijeretas)	2
Diptera (moscas y mosquitos)	10
Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas)	7
Trichoptera (frigáneas)	1
<b>TOTAL</b>	<b>172</b>

Tabla 6 | Resultado muestreo anfibios.

ANFIBIOS				
CLASE AMPHIBIA	ORDEN CAUDATA	Familia Salamandridae	<i>Pleurodeles waltl</i>	Gallipato
			<i>Triturus marmoratus</i>	Tritón jaspeado
	ORDEN ANURA	Familia Alytidae	<i>Discoglossus galganoi</i>	Sapillo pintojo ibérico
		Familia Pelobatidae	<i>Pelobates cultripes</i>	Sapo de espuelas
		Familia Bufonidae	<i>Bufo bufo</i>	Sapo común
			<i>Bufo calamita</i>	Sapo corredor
		Familia Hylidae	<i>Hyla molleri</i>	Ranita de San Antonio
CLASE SAUROPSIDA	ORDEN SQUAMATA	Familia Ranidae	<i>Pelophylax perezi</i>	Rana común
		Familia Lacertidae	<i>Psammodromus algirus</i>	Lagartija colilarga
			<i>Psammodromus hispanicus</i>	Lagartija cenicienta
		Familia Natricidae	<i>Natrix natrix</i>	Culebra de collar

Tabla 7 | Resultado muestreo aves

AVES						
ESPECIE	DIRECTIVA AVES	BERNA	BONN	LESPE	LIBRO ROJO	
Milano real	I	II	II	ENP	EN	
Buitre leonado	I	II	II	LESPE	-	
Buitre negro	I	II	II	VU	VU	
Aguilucho lagunero	I	II	II	LESPE	-	
Aguilucho palido	I	II	II	LESPE	NE	
Azor común	I	II	II	LESPE	-	
Águila imperial	I	-	-	ENP	EN	
Esmerejón	I	II	II	LESPE	-	
Cogujada montesina	I	III	II	LESPE	-	
Totovía	I	III	-	LESPE	-	
Chochín	I	III	II	LESPE	-	
Pechiazul	I	II	II	LESPE	-	
Carricerín cejudo	I	II	I, II	LESPE	VU	
Curruca rabilarga	I	-	-	LESPE	-	
Carbonero garrapinos	I	-	-	LESPE	-	
Agateador común	I	II	-	LESPE	-	
Escribano palustre	-	-	-	LESPE	-	

. **Tabla 8** | Resultado muestreo mamíferos.

MAMÍFEROS			
ORDEN MAMMALIA	Familia Canidae	<i>Canis lupus</i>	Lobo
		<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro
	Familia Viverridae	<i>Genetta genetta</i>	Gineta
		<i>Lutra lutra</i>	Nutria
		<i>Mustela nivalis</i>	Comadreja
	Familia Mustelidae	<i>Martes foina</i>	Garduña
		<i>Meles meles</i>	Tejón
ORDEN CHIROPTERA	Familia Vespertilionidae	<i>Myotis daubentonii</i>	Murciélagos ribereño
		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Murciélagos enano
		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Murciélagos de cabrera
		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Murciélagos de borde claro
		<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastela

## CONCLUSIONES

La laguna del Carrizal se divide en dos láminas de agua que muestran diferencias significativas en cuanto a su estado de conservación, ya que si bien la lámina occidental presentó condiciones eutróficas-hipertróficas, la lámina oriental se pudo clasificar como mesotrófica. Asimismo, los índices IGA, Biovolumen algal e ISDE/5 señalaron que mientras la lámina oriental mostraba una leve degradación, que se corresponde con un estado ecológico “bueno”, la lámina occidental presentó claramente un estado ecológico “moderado malo”. No obstante, el índice IBCAEL para el conjunto lagunar revelaba un estado ecológico “bueno”.

. **Tabla 9** | Estado de conservación.

	Lámina occidental	Lámina oriental
<b>Fósforo total</b>	Hipertrófica	Eutrófica
<b>DQO</b>	Aguas contaminadas	Aguas contaminadas
<b>Sedimentos</b>	No peligrosos	No peligrosos
<b>Clorofila a</b>	Eutrófica	Mesotrófica
<b>Densidad algal</b>	Hipertrófica	Oligotrófica
<b>IGA</b>	Estado moderado	Estado bueno/moderado
<b>Biovolumen algal</b>	Estado malo	Estado bueno
<b>ISDE/5</b>	Baja degradación	Baja degradación
<b>IBCAEL</b>	Estado bueno	

Por otra parte se ha observado como la influencia antrópica ha incidido de manera directa sobre el complejo lagunar contribuyendo a la desecación del terreno para ampliar los espacios de cultivo, mediante el aprovechamiento directo de turbas y arenas en la laguna del Carrizal. Estos aprovechamientos han sido determinantes en la morfología actual de la citada laguna, así como en la minoración del espacio húmedo al formar cubetas más profundas de manera artificial. No obstante, se ha verificado que los vasos se van rellenando como consecuencia de un lento pero continuo depósito de arenas y otros materiales.

La reducción del humedal también se ve directamente afectada por el descenso del nivel freático, de manera que se confirma la pérdida tanto de las láminas de agua disponibles, como la disminución de comunidades terrestres edafófilas (prados y juncales) y en general hábitats asociados a este tipo de masas de agua.

Sin embargo, se ha constatado que el complejo lagunar alberga una notable diversidad biológica entre los que destacan algunas especies como el sapillo pintojo ibérico (*Discoglossus galganoi* - incluido en los Anexos II y IV de la Directiva 92/43/CC), águila imperial (*Aquila chrysaetos*) y milano real (*Milvus milvus*) ambos en peligro de extinción.

En definitiva, las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla tienen un valor estratégico y se han revelado como un punto de máximo interés para la fauna, al encontrarse enclavado entre masas de pinar poco productivo y escasa diversidad pero su continua reducción, como consecuencia de las actividades humanas, está forzando la pérdida de este ecosistema y todas las asociaciones beneficiosas que genera. Es por eso que el desarrollo de actuaciones en el medio natural, debe ir siempre acompañado de análisis integrales del ecosistema en el que se encuentran, que permitan decidir con mayor certeza si la solución planteada y la manera de llevarla a cabo son las idóneas.

---

## AGRADECIMIENTOS

La Confederación Hidrográfica del Duero ha sido la encargada de desarrollar esta actuación, promovida por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente a través del Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (Plan PIMA Adapta). El citado Plan, que se inició el año 2015, incluye entre las actuaciones a realizar durante el año 2017 el **“Seguimiento del Proyecto de Restauración de las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla (Segovia). Plan PIMA Adapta”**.

---

## REFERENCIAS

Pérez-Cecilia, P., Rosa, E. 2016. *Caracterización bioecológica de las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla (Segovia)*. Estudios y Proyectos LINEA, Valladolid, Spain.

Pérez-Cecilia, D., Rosa, E. 2015. Proyecto de Restauración de las lagunas de Lastras de Cuéllar y Hontalbilla (Segovia). Estudios y Proyectos LINEA, Valladolid, Spain.