



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Proyecto N° 489

Reforzando la Limnología en el aprendizaje en Ecología

Responsable del Proyecto:

María Mar Sánchez Montoya

Facultad de Ciencias Biológicas

Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

La Limnología es crucial en Ecología debido a su enfoque en el estudio de los ecosistemas de aguas continentales, como lagos, ríos y humedales. Dicha disciplina, proporciona información sobre la calidad del agua, los ciclos de nutrientes, la dinámica de las poblaciones acuáticas y los efectos de los contaminantes, ayudando a comprender cómo los usos antrópicos del agua y el cambio climático afectan a los ecosistemas acuáticos. Dichos ecosistemas albergan una fracción desproporcionadamente grande de la biodiversidad total del mundo en relación con la superficie que ocupan, además de proporcionar servicios ecosistémicos esenciales para el ser humano. La diversidad de dichos ecosistemas ha experimentado un declive mayor en comparación con la de los ecosistemas marinos y terrestres durante las últimas décadas, reflejando el deficiente estado de conservación actual.

En el contexto del cambio global, la Limnología adquiere una importancia aún mayor debido a los impactos significativos que el cambio climático y otros factores tienen en los ecosistemas acuáticos continentales. Esta disciplina, dentro de la Ecología, contribuyen al desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación para proteger y gestionar los recursos hídricos frente a los desafíos del cambio global. En resumen, la Limnología es fundamental para entender cómo los ecosistemas acuáticos continentales responden y se adaptan a las presiones globales, lo que es crucial para la conservación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la humanidad. De esta forma los/as biólogos/as con una formación esencial en Limnología son esenciales para comprender, proteger y gestionar los ecosistemas de aguas continentales, lo que influye directamente en la conservación de la biodiversidad, la salud humana y el bienestar ambiental, jugando un papel crucial en la monitorización y comprensión de estos cambios, así como en la predicción de sus efectos futuros.

La Unidad Docente de Ecología, dentro del Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid, imparte la asignatura de Ecología (troncal y anual), que consta de 12 créditos ECTS y se imparte en el tercer curso del Grado en Biología. La asignatura se compone de una parte teórica de 4,8 créditos y una parte práctica de 4,7 créditos, 2 créditos de seminarios y 0,5 de tutorías y evaluación. Dicha asignatura centrándose mayoritariamente en conceptos y conocimiento desarrollado desde y para la ecología terrestre, dada la larga e importante tradición de esta unidad docente en el estudio de dichos ecosistemas, se vería beneficiada de la incorporación de aspectos limnológicos que proporcionasen una base sólida al alumnado, tanto conceptual como metodológica, en el estudio de los ecosistemas acuáticos continentales en el contexto del cambio

global. Esta situación se ve propiciada por la incorporación en dicha unidad en los últimos años de nuevo PDI que desarrollan líneas de investigación relacionadas directa o indirectamente con la limnología, y que cuenta con una amplia experiencia docente en Limnología.

Por otro lado, en el curso académico 2021/2022 la asignatura de Ecología incorporó una práctica de 3 horas relacionada con el aprendizaje de conceptos aplicados de Limnología, gracias a un proyecto Innova-Docencia que se desarrolló en la Unidad Docente de Ecología en el que participaron numerosos docentes e investigadores de la unidad, y que participan en la presente memoria denominada "Renovación de las prácticas de Ecología: aprendiendo de ecología acuática". El éxito de la práctica, desde el punto de vista de la adquisición de conocimiento aplicados en Limnología por parte del alumnado, ha motivado la ampliación del enfoque limnológico en la asignatura de Ecología, que considere o solo aspectos prácticos relacionados directamente con los ecosistemas de aguas continentales sino también teórico.

El objetivo general del presente proyecto fue reforzar la docencia en Limnología en el marco de la asignatura de Ecología, proporcionando al estudiante una base sólida tanto conceptual como metodológica, en el estudio de los ecosistemas acuáticos continentales en el contexto cambio global.

Los objetivos específicos fueron:

- 1.- Adquisición de un cuerpo de conocimientos teóricos básicos sobre los principales ecosistemas acuáticos, su tipología, estructura, organización y funcionamiento.
- 2.- Toma de contacto con algunas de las principales actuaciones humanas y sus repercusiones en estos ecosistemas acuáticos continentales.
- 3.- Desarrollo de aptitudes profesionales, científicas y sociales en relación con los retos de conservación y gestión del agua.

2. Objetivos alcanzados

Todos los objetivos marcados al inicio del proyecto se han conseguido de manera satisfactoria.

En concreto respecto al objetivo 1, mediante el desarrollo de distintos materiales que comprende desde la selección de contenido teórico en Limnología para la inclusión en la asignatura de Ecología (ver Anexo I), el desarrollo de ocho de los temas teóricos previamente identificados mediante la elaboración de limno-fichas (Ver Anexo II), hasta

la realización de una práctica de campo donde se abordan las principales causas de degradación de este tipo de ecosistemas (ver Anexo III), se ha dotado en general al PDI de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y en otras universidades interesado en esta temática, de un cuerpo de conocimientos teóricos básicos sobre los principales ecosistemas acuáticos y sus principales características ecológicas, efectos del cambio global en dichos componentes, evaluación ecológica y restauración de dichos ecosistemas, que pueden ser utilizados en la asignatura de Ecología como en otras asignaturas afines impartidas en los Grados de Biología. La implementación de los mencionados materiales didácticos desarrollados en el presente proyecto permitirá la transmisión de conocimiento al alumnado de la UCM.

Respecto al objetivo 2, el desarrollo de todos los materiales didácticos (ver Anexos I, II y III) ha permitido al todo equipo de trabajo del presente proyecto INNOVA, tanto PDI como estudiantes, conocer más profundamente las principales actuaciones humanas y sus repercusiones en estos ecosistemas acuáticos continentales, mediante el análisis de la respuesta de la comunidad biológica y sus funciones ecológicas, lo que es crucial para la conservación de la biodiversidad y la provisión de múltiples servicios ecosistémicos. Dichos materiales aseguran una transferencia de calidad de conocimientos limnológicos desde el profesorado al alumnado.

Finalmente, el objetivo 3 ha sido alcanzado desde la próxima implementación de los materiales elaborados a través del PDI que imparte diversas asignaturas relacionadas con la Ecología, que permitirá el desarrollo de aptitudes profesionales, científicas y sociales en relación con los retos de conservación y gestión del agua por parte del alumnado, que se prevé ayudará a cubrir la creciente demanda de profesionales en el ámbito de la Limnología, en especial relacionado con la evaluación ecológica de los ecosistemas de aguas continentales y su restauración.

3. Metodología empleada en el proyecto

El proyecto se ha desarrollado mediante una metodología abierta y participativa entre todos los integrantes del mismo.

Por un lado, y de acuerdo con el calendario previstos, se desarrollaron tres reuniones online que facilitaron las mismas oportunidades de participación de todos los integrantes del equipo INNOVA con independencia de su centro de adscripción (es decir, UCM, Universidad de Murcia, Universidad Autónoma de Madrid y CEDEX-Madrid). En dichas reuniones se discutieron las metodologías a seguir para el desarrollo de las distintas actividades, así como el reparto de tareas en el equipo, teniendo en cuenta el campo de

especialización de los miembros del grupo. En todas las reuniones se ha redactado un acta por la responsable del proyecto que ha sido compartido junto al resto del material que se iban desarrollando tanto a través del correo electrónico como en una carpeta compartida en Google Drive.

Por otra parte, se procedió a trabajo autónomo por parte de todos los integrantes del equipo INNOVA para desarrollar las tareas que les fueron asignadas.

Finalmente, los PDI del equipo con formación específica en Limnología y con residencia en Madrid realizaron una salida de campo para desarrollar el contenido de la práctica de campo (ver Anexo III).

4. Recursos humanos

Este proyecto se ha llevado a cabo gracias al esfuerzo y compromiso de todos los integrantes incluidos en la propuesta original, excepto uno de los estudiantes que solicitó su baja voluntaria al inicio del proyecto.

El equipo de este trabajo ha estado conformado por personal PDI de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UCM (Felipe Morcillo Alonso, Belén Acosta Gallo, Enrique Andivia Muñoz, Ángeles García Mayor, Cristina Herrero de Jauregui, Antonio López-pintor Alcón, Ana Payo Payo y María Mar Sánchez Montoya (responsable del proyecto)), de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid (Pablo Rodríguez Lozano), de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Alcalá (Verónica Cruz Alonso) y de la Facultad de Biología de la Universidad de Murcia (María Isabel Arce Sánchez y Rubén del Campo González). Además, en el equipo se incluyeron estudiantes de grado (Gabriel De la Hucha Bossa y Cristian García Bravo) así como estudiantes predoctorales (Judit Sánchez Nogueras y Pedro Rebollo Orozco) ambos de la UCM. Finalmente, María Díaz Redondo (CEDEX) y José Vicente Rovira SanRoque (PDI retirado-UCM), como investigadores/as expertos/as en Limnología, completaron el equipo de trabajo.

5. Desarrollo de las actividades

El presente proyecto INNOVA se articuló mediante el desarrollo de cuatro actividades, que engloban distintas fases de implementación.

- Actividad 1. Selección de contenidos teóricos en el marco de una limnología básica y aplicada en el contexto del cambio global y su ajuste a la asignatura de Ecología y ERNA (Ecología de Recursos Naturales).

Esta actividad se desarrolló en dos fases:

i) Fase 1.1. Selección de contenidos teóricos sobre Limnología. El equipo se reunió en dos ocasiones para exponer y discutir los contenidos tanto básicos como aplicados más relevantes sobre limnología que deben ser considerados teniendo en cuenta el contexto actual de crisis ambiental que sufren los ecosistemas acuáticos continentales. En esta fase, el personal PDI especializado en Limnología tuvo un especial protagonismo dada su área de especialización. En sendas reuniones dichas personas presentaron propuestas a discutir por todo el equipo, y se llevó a cabo la selección de contenidos teóricos en Limnología de interés (ver Anexo I).

ii) Fase 1.2. Integración de los contenidos seleccionados en la teoría de la asignatura de Ecología y ERNA. Mediante trabajo autónomo el personal PDI con más experiencia en la docencia de dichas asignaturas, estableció la correspondencia entre las unidades docentes de dichas asignaturas y los contenidos limnológicos seleccionados.

- Actividad 2. Desarrollo de los contenidos teóricos de limnología en materiales de apoyo para los docentes de la asignatura de ecología. Esta actividad se implementó mediante trabajo autónomo por parte del equipo que elaboró un total de 8 LIMNO-FICHAS (ver Anexo II) donde se desarrollaron los siguientes temas: i) La limnología como disciplina de la Ecología, ii) Propiedades físico-químicas de las aguas continentales, iii) Hidrología e hidromorfología de ríos, iv) Conectividad e interfases agua-tierra, v) Adaptaciones a la vida acuática, vi) Gestión sostenible de las aguas continentales, conservación y protección, vii) Restauración de aguas continentales y viii) Contribuciones de la naturaleza para el bienestar humano (NCP) y socio-ecosistemas acuáticos.

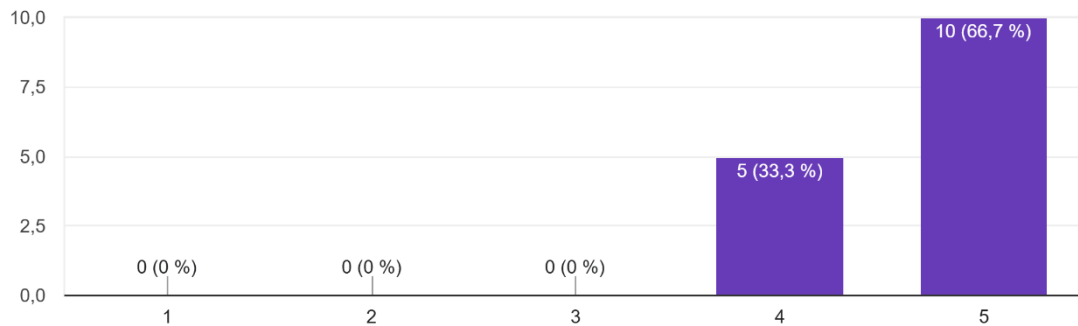
- Actividad 3. Selección y desarrollo de contenidos de una práctica/seminario en línea con los contenidos teóricos. Personal PDI de las instituciones madrileñas implicadas en el proyecto con especialización en Limnología desarrollaron una práctica de campo a realizar con el alumnado en el Sur de la Comunidad de Madrid centrada en identificar y evaluar los principales actividades humanas que afectan a las ecosistemas de aguas continentales (ver Anexo III).

- Actividad 4. Diseño y realización del cuestionario de evaluación de la implementación del proyecto.

La responsable elaboró un cuestionario a responder por todos los integrantes del proyecto INNOVA que abordó aspectos relacionados con la ejecución, metodología y desarrollo del proyecto (ver Anexo IV). Se aprecia, en general, un grado de satisfacción alto en la participación en el proyecto.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

15 respuestas



6. Anexos

ANEXO I: Selección de contenidos teóricos en el marco de una limnología básica y aplicada en el contexto del cambio global y su ajuste a la asignatura de Ecología y ERNA.

ANEXO II: LIMNO-FICHAS

ANEXO III: Práctica de campo: “Ecosistemas de aguas continentales de interés en el suereste de la Comunidad de Madrid: Parque Regional del Sureste”

ANEXO IV: Encuesta y respuestas “Evaluación de la implementación del proyecto INNOVA”

ANEXO I: Selección de contenidos teóricos en el marco de una limnología básica y aplicada en el contexto del cambio global y su ajuste a la asignatura de Ecología y ERNA.



PROPUESTA CONTENIDOS LIMNOLOGÍA

“Selección de contenidos teóricos en el marco de una limnología básica y aplicada en el contexto del cambio global y su ajuste a la asignatura de Ecología y ERNA”

Los contenidos seleccionados buscan presentar de manera concisa y organizada los conceptos, ideas y corrientes de pensamiento más relevantes en torno al estudio ecológico de los ecosistemas continentales de agua dulce. Se compone de dos secciones que abarcan un total de 14 temas, con un enfoque principal en el análisis de los sistemas de aguas lentas o lénticos (como lagos, humedales y embalses), que constituyen el objeto central de estudio de la Limnología.

Por otra parte, se muestra la relación que existe entre los temas limnológicos propuestos y los de las asignaturas de Ecología Y Ecología de los Recursos Naturales (ERNA), que se impartirán en el curso 2025/2026 por la Unidad Docente de Ecología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

- SECCIÓN I: LIMNOLOGÍA TEÓRICA

Tema 1. La limnología como disciplina de la Ecología

Definición de Limnología. Antecedentes y desarrollo histórico (el mundo y la península ibérica). Principales figuras y énfasis en las limnólogas.

Ajuste en Ecología: Tema 1 (Ecología y ciencia ecológica).

Ajuste en ERNA: No existe tema relacionado.

Tema 2. Tipologías de ecosistemas acuáticos continentales

Sistemas lóticos (ríos) y leníticos (lagos, embalses y humedales). Superficiales y subterráneas. Régimen hidrológico permanente y temporal. La cuenca hidrológica como unidad ecológica funcional y de gestión.

Ajuste en Ecología: Tema 5 (Funcionamiento esencial de la ecosfera, 1)

Ajuste en ERNA: Tema 12 (Recursos hídricos I) y 13 (Recursos hídricos II)

Tema 3. Propiedades físico-químicas de las aguas continentales

Estructura y propiedades de la columna del agua. Luz y temperatura. Gases disueltos. Composición y concentración iónica. Relación N:P.

Ajuste en Ecología: Tema 8: Factores ambientales

Ajuste en ERNA: Tema 12 (Recursos hídricos I) y 13 (Recursos hídricos II)

Tema 4. Hidrología e hidro-morfología

Tipos hidrológicos. Tipos de hábitats hidro-morfológicos. Principales impactos y sus efectos.

Ajuste en Ecología: Temas 26 (Gestión ambiental), 27 (Incidencia humana) y 29 (Gestión de poblaciones y comunidades).

Ajuste en ERNA: Tema 12 (Recursos hídricos I) y 13 (Recursos hídricos II)

Tema 5. Conectividad e interfases agua-tierra.

Ecotonos: riberas, hiporreos, llanuras de inundación. Flujos de materia y energía. Dispersión de organismos. Principales impactos y sus efectos.

Ajuste en Ecología: Temas 4 (Energía en la ecosfera y en los ecosistemas) y 6 (Funcionamiento esencial de la ecosfera, 2)

Ajuste en ERNA: No existe tema relacionado.

Tema 6. Organismos acuáticos y diversidad

Adaptaciones a la vida acuática. Taxonomía y diversidad: i) Organismos unicelulares y coloniales: Procariotas, protistas y hongos; ii) Invertebrados: Rotíferos, anélidos, branquiópodos, copépodos, malacostráceos e insectos; iii) Grandes animales y plantas: Moluscos, peces, otros vertebrados y plantas o macrófitas acuática.

Ajuste en Ecología: Tema 18 (Diversidad biológica y biodiversidad).

Ajuste en ERNA: Tema 14 (Conocimiento y conservación de la diversidad).

Tema 7. Comunidades biológicas

Productores Primarios: fitoplancton, perifiton y macrófitos. Consumidores: zooplancton, bentos, necton, pleuston y neuston. Peces. Producción Primaria. Factores reguladores de la producción primaria. Productividad y factores que la determinan.

Ajuste en Ecología: Temas 10 (Producción primaria) y 18 (Diversidad biológica y biodiversidad).

Ajuste en ERNA: Tema 14 (Conocimiento y conservación de la diversidad).

Tema 8. Redes tróficas en ecosistemas acuáticos continentales

Las redes tróficas en sistemas lóticos y leníticos. Interacciones tróficas en cascada. El papel de los microorganismos en la estructura trófica: Descomponedores y bucle microbiano. Modelos de regulación trófica: HSS, Bottom-up and top-down theory.

Ajuste en Ecología: Temas 9 (Estructura trófica de los ecosistemas) y 12 (Producción secundaria).

Ajuste en ERNA: No existe tema relacionado.

Tema 9. Procesos funcionales en las aguas continentales

Metabolismo: producción y respiración de la comunidad. Descomposición y procesamiento de la materia orgánica: papel de los macroinvertebrados y microorganismos. Dinámica de nutrientes: transporte y retención (*Modelo espiral de nutrientes*)

Ajuste en Ecología: Temas 14 (Conocimiento y conservación de la diversidad) y 16 (Ciclos biogeoquímicos)

Ajuste en ERNA: No existe tema relacionado.

Tema 10. Perspectiva espacio-temporal

Metacomunidades y meta-ecosistemas.

Ajuste en Ecología: No existe tema relacionado.

Ajuste en ERNA: No existe tema relacionado.

SECCIÓN II: LIMNOLOGÍA APLICADA

Tema 11. Ecosistemas acuáticos y cambio global (climático)

Presiones antrópicas y pérdida de biodiversidad. Cambio climático y ecosistemas agua continentales: inundaciones y sequías. Implicaciones del cambio global sobre los ecosistemas acuáticos continentales.

Ajuste en Ecología: Temas 25 (Estabilidad y perturbación), 26 (Gestión ambiental) , 27 (Incidencia humana en fenómenos ecológicos específicos), 28 (Gestión de poblaciones y comunidades biológicas) y 29 (Administración de los recursos naturales).

Ajuste en ERNA: Tema 14 (Conocimiento y conservación de la diversidad).

Tema 12. Contribuciones Naturales para la Gente (NCP) y socio-ecosistemas

Tipos de NCP en aguas permanentes y temporales. Derechos humanos y acceso al agua. Sostenibilidad de los ecosistemas de aguas continentales: principios y elementos.

Ajuste en Ecología: No existe tema relacionado.

Ajuste en ERNA: Temas 1 (Origen y evolución de conceptos ecológicos y ambientales) y 9 (Los sistemas de uso como sistemas económicos).

Tema 13. Gestión sostenible de las aguas continentales, conservación y protección

Directiva Marco del Agua: planificación, estado ecológico, monitoreo ambiental, redes de seguimiento e impress. Directiva Hábitat y otras directivas.

Ajuste en Ecología: Temas 25 (Estabilidad y perturbación), 26 (Gestión ambiental) , 27 (Incidencia humana en fenómenos ecológicos específicos), 28 (Gestión de poblaciones y comunidades biológicas) y 29 (Administración de los recursos naturales).

Ajuste en ERNA: Tema 12 (Recursos Hídricos I)

Tema 14. Restauración de aguas continentales.

Directiva europea de Restauración de la Naturaleza: objetivos ambientales, restauración de hábitats degradados. Restauración de ríos y llanuras aluviales: eliminación de barreras artificiales obsoletas.

Ajuste en Ecología: Temas 25 (Estabilidad y perturbación), 26 (Gestión ambiental) , 27 (Incidencia humana en fenómenos ecológicos específicos), 28 (Gestión de poblaciones y comunidades biológicas) y 29 (Administración de los recursos naturales).

Ajuste en ERNA: Tema 12 (Recursos Hídricos I)



ANEXO II: LIMNO-FICHAS



LIMNO-FICHA 1

“LA LIMNOLOGÍA COMO DISCIPLINA DE LA ECOLOGÍA”

Definición de Limnología. Antecedentes y desarrollo histórico (el mundo y la península ibérica). Principales figuras, énfasis en las limnólogas.

1. DEFINICIÓN DE LIMNOLOGÍA

La Limnología, como parte de la Ecología, es una ciencia de síntesis y relativamente reciente en términos históricos: “estudia las aguas continentales, lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales como sistemas, es multidisciplinar porque involucra a todas las ciencias que intervienen en el entendimiento de las aguas naturales (física, química, geología, ciencias biológicas y matemáticas) y a través de integrar hechos y conceptos procedentes de distintos ángulos de la ciencia, genera un cuerpo teórico rico y con suficiente entidad.

2. ANTECEDENTES Y DESARROLLO HISTÓRICO

La historia del desarrollo de la ciencia de las aguas continentales puede dividirse en tres períodos: antes de 1930, de 1930 a 1970, y después de 1970 (Talling, 2008). Inicialmente, se centraba en describir y comprender los aspectos físicos y biológicos de cuerpos de agua individuales. Posteriormente, el campo se amplió para abarcar conceptos más amplios como la dinámica de los ecosistemas, la contaminación y la interconexión de las aguas continentales con el entorno que las rodea. Finalmente, en tiempos más recientes, ha habido un mayor énfasis en la modelización, la teledetección y la aplicación de tecnologías para abordar desafíos globales como la calidad del agua, el cambio climático y la gestión de los recursos hídricos. Son considerados como padres de la limnología moderna: François Forel por sus estudios en el lago Lemán; Einar Naumann, por sus investigaciones sobre lagos oligotróficos en Suecia; y G.E. Hutchinson, por su tratado de limnología y la formación de limnólogos/as estadounidenses

La limnología en la Península Ibérica tuvo un desarrollo tardío, pero notable, con figuras clave como Celso Arévalo (Casado de Otaola, 2018) y Luis Pardo (Vidal-Abarca, 2005), quienes sentaron las bases de la hidrobiología en España en las décadas de los 10s y 20s del siglo XX. Más tarde, Ramón Margalef impulsó la disciplina, destacando en la ecología acuática y siendo reconocido internacionalmente (Armengol, 2006). La Asociación Ibérica de Limnología (AIL) surgió como una plataforma para los interesados en la limnología en la Península Ibérica, evolucionando desde la Asociación Española de Hidrobiología, fundada en 1981.

Existen números hitos a lo largo del desarrollo de esta disciplina. Entre ellos, los siguientes:

- En el siglo XIX, la publicación de "The Lake as a Microcosm" de Stephen A. Forbes (1887) y "Le Léman" de François-Alphonse Forel (1892) sentaron las bases de la limnología (Figura 1).

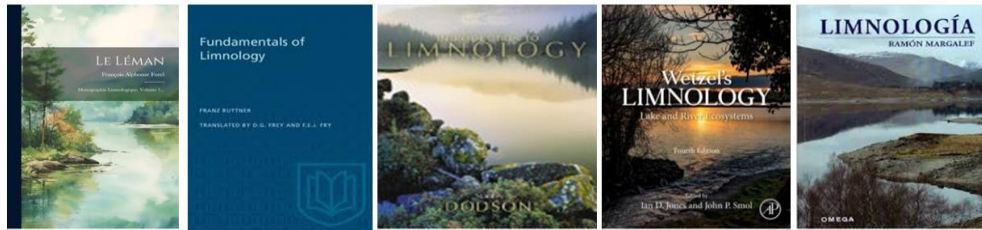


Figura 1. Principales libros sobre limnología.

- El Primer Congreso Internacional de Limnología realizado en Kiel (Alemania), en 1922 definió la limnología como “el estudio ecológico de todas las masas de aguas continentales”.
- La expedición de Birge y Juday (1911-1913) en el lago de Wisconsin (EE. UU.), donde hicieron estudios sobre la química, biología y física de los lagos, ayudó significativamente a consolidar la limnología como una disciplina científica, enfocándose en la importancia de los lagos como ecosistemas.
- Durante la década de 1950, hubo una serie de expediciones a diferentes lagos y ríos del mundo. Estos estudios marcaron una transición importante hacia la comprensión de la interacción entre los diferentes componentes ecológicos (flora, fauna, agua). Algunos de estos estudios implicaron visitas a lugares como el Lago Tanganyika y otros ecosistemas acuáticos en África y América del Sur (Figura 2).



Fig. 4. Members (with a visitor) of the German Sunda Expedition (1928–29) at Lake Lamongan in East Java. From right to left, the three main figures are Ruttner, Thienemann and Feuerborn. From Göltenboth (1996).

Figura 2. Expedición al lago Lamongan en la isla de Java por parte de la German Sunda Expedition (1928-1929). Extraído de Talling (2008).

- Un hito significativo fue la creación de sociedades internacionales, como la Sociedad Internacional de Limnología (SIL) en 1922, que facilitó la cooperación y el intercambio de conocimientos sobre las ciencias de las aguas continentales a nivel mundial.
- Los libros “Life in Inland Waters (1928) de Kathleen Carpenter, y Book of Ponds and Streams (1930) de Ann H. Morgan, contribuyeron significativamente al desarrollo de la limnología en sus inicios.
- En las últimas décadas, las mujeres han liderado avances metodológicos y conceptuales en la limnología (Figura 3 y 4). Por ejemplo, Karen G. Porter desarrolló técnicas innovadoras para el estudio del fitoplancton, y Kathleen Weathers cofundó la Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON). Además, se han propuesto teorías clave como la dinámica de parches y el concepto de puntos de control en ecosistemas acuáticos.

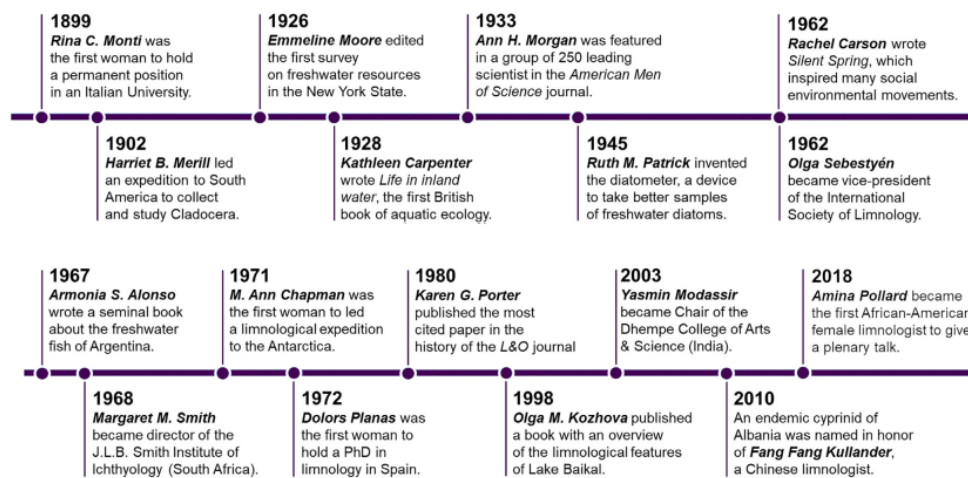


FIGURE 1 Timeline of the “Herstory” in limnology, where selected achievements of female limnologists are highlighted. The list of achievements and contributions of female limnologists is expanded in Annex 1.

Figure 3. Timeline de la historia de la limnología destacando las principales figuras femeninas. Extraído de Catalán et al. (2022a).

3. PRINCIPALES FIGURAS FEMENINAS

Las limnólogas han promovido y establecido las bases de nuestro conocimiento sobre las aguas continentales y han fomentado la necesidad de proteger los valores de esos ecosistemas. Sin embargo, en numerosas ocasiones, su contribución al avance de la limnología no ha sido debidamente reconocida (Catalán et al., 2022; Figura 3).

1900-1930: Las pioneras



De izquierda a derecha: Harriet Bell Merrill, R. Cesarina Monti, Kathleen Carpenter y Ann H. Morgan.

1930-1970: Desarrollo de áreas de estudio



De izquierda a derecha: Ruth M. Patrick, Amnonia S. Alonso, Rachel Carson, Margaret M. Smith y Olga M. Kozhova.

1970-ACTUALIDAD: Revolución tecnológica



De izquierda a derecha: Livia Tonolli-Pirocchi, Věra Straškrabová, Margaret B. Davis, Hilda Canter-Lund, Joy B. Zedler y en la barca, Dolores Planas, Rosa Miracle y Julia Toja. Modificado de Catalán et al. (2022b).

Figura 4. Limnólogas destacadas a lo largo de la historia de la limnología. Modificado de Catalán et al. (2022b).

Existen múltiples aspectos que fomentan la visibilidad de una persona científica, como su presencia en conferencias, premios o representación en juntas editoriales o sociales, que muestran una brecha significativa entre mujeres y hombres en la limnología (Catalán et al., 2022). Kathleen Carpenter, Ann H. Morgan, Emmeline Moore, Harriet B. Merrill, Rina C. Monti y Penelope M. Jenkin, contribuyeron significativamente al estudio de organismos acuáticos en el inicio de la disciplina y participaron en expediciones científicas. Actualmente, se mantiene el sesgo de género en la Limnología (Sánchez-Montoya et al., 2016) (Figura 5).

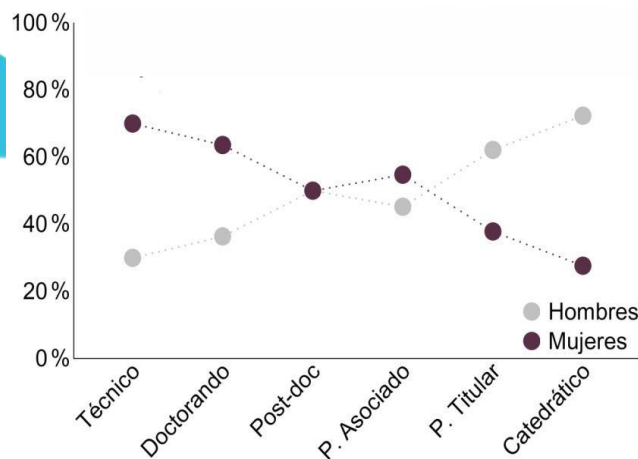


Figura 5. Porcentaje de hombres (gris) y mujeres (violeta) que ocupan plazas de técnico, doctorando, post-doc, profesor asociado, profesor titular y catedrático en el campo de la Limnología en la Península ibérica (análisis basado en la base de datos de socios de la Asociación Ibérica de Limnología (AIL) en 2014). Extraído de Sánchez-Montoya et al. (2016).

4. RECURSOS

- **Timeline: Historia de la limnología**

<https://www.timetoast.com/timelines/historia-de-la-limnologia-01f62fa1-d2f5-4b62-9f03-0b8687f32c29>

- **Exposición: Mujeres en la limnología.** 9 paneles explicativos

https://www.limnetica.com/documentos/generoAIL/PanelsWomenLimnology_2022.pdf

- **Exposición: Mujeres en la Limnología.** Página web del Museo de la Ciencia del Agua del Ayuntamiento de Murcia.

<https://cienciayagua.org/exposicion/mujeres-en-la-limnologia/>

- **Proyecto LimnoEdu:** recurso didáctico facilita la integración de limnólogas en los programas de enseñanza. Se proporcionan fichas que incluye una breve biografía de destacadas de limnólogas en distintas fichas de investigación, una lista de sus publicaciones más relevantes y algunos estudios liderados por ellas que ilustran conceptos clave en limnología, ecología o geociencias.

<https://www.genderlimno.org/limnoedu1.html>

- **Video “Mujeres en la Limnología”:** limnólogas de todo el mundo explicando su línea de investigación. Duración total de 10 minutos.

<https://www.youtube.com/watch?v=i4TQufiDf6A>

5. BIBLIOGRAFÍA

Armengol, J. (2006). Ramon Margalef (1919-2004): teacher and researcher. *Limnética*, 25: 1–7.

Casado de Otaola, S. (2018). Celso Arévalo, pionero de la ecología acuática. *Ambiociencias*, (3), 54–58. <https://doi.org/10.18002/ambioc.v0i3.4883>

Catalán, N., Anton-Pardo, M., Freixa, A., Rodríguez-Lozano, P., Bartrons, M., Bernal, S., ... & Lupon, A. (2022a). Women in limnology: From a historical perspective to a present-day evaluation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 10(1), e1616.

Catalán, N., Bartrons, M., Benito, X., Bernal, S., Cañedo-Argüelles, M., G. Bravo, A., Genua-Olmedo, A., Mendoza-Lera, C., Pastor, A., Sánchez-Montoya, M. M., & Lupon, A. (2022b). *Limnólogas: pasión por el estudio de las aguas continentales*. Mujer y agua. Universidad La Salle.

Elster, H. J. (1974). History of limnology. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen*, 20(1), 7–30.

Forbes, S. A. (1925). The lake as a microcosm. *Illinois Natural History Survey Bulletin*, 15(9).

Forel, F. A. (1892). *Lago de Ginebra: monografía limnológica* (Vol. 1). F. Rojo.

Sánchez-Montoya, M. M., Pastor, A., Aristi, I., del Arco, A. I., Antón-Pardo, M., Bartrons, M., ... & Catalan, N. (2016). Women in limnology in the Iberian Peninsula: biases, barriers and recommendations. *Limnetica*, 35(1), 61–72.

Talling, J. F. (2008). The developmental history of inland-water science. *Freshwater Reviews*, 1(2), 119–141.

Vidal-Abarca, R. (2005). *La limnología, una ciencia de síntesis. Conceptos y breve historia de la limnología*. Recuperado de <http://ocw.um.es/ciencias/ecologia/lectura-obligatoria-1/Vidal-Abarca%202005.pdf>

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: lake and river ecosystems*. gulf professional publishing.





LIMNO-FICHA 2

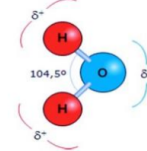
“PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS CONTINENTALES”

1. ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE LA COLUMNA DE AGUA

Las aguas continentales (ríos, lagos, embalses, humedales) constituyen sistemas dinámicos en los que los factores físico-químicos determinan su estructura ecológica y funcionamiento. La columna de agua presenta una organización vertical que varía según las condiciones ambientales y temporales, especialmente en ecosistemas lénticos (lagos y embalses), donde la estabilidad del cuerpo de agua permite el desarrollo de gradientes bien definidos.

CUADRO 1. Particularidades físicas y químicas de la molécula de agua

La molécula de agua (H_2O) presenta una serie de características físicas y químicas excepcionales que la convierten en una sustancia única en la naturaleza. Estas propiedades derivan de su estructura molecular, su polaridad, y la capacidad de formar puentes de hidrógeno.



1. Estructura molecular

La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno unidos mediante enlaces covalentes. Tiene una geometría angular lo que genera una distribución asimétrica de carga, que le otorga a la molécula un carácter polar.

2. Polaridad

Debido a la diferencia de electronegatividad entre el oxígeno y el hidrógeno, y a su geometría angular, el agua es una molécula polar. El oxígeno atrae con más fuerza los electrones compartidos, lo que provoca una acumulación de carga parcial negativa en él y carga parcial positiva en los hidrógenos. Esta polaridad permite que el agua interactúe fuertemente con otras moléculas polares y con iones.

3. Formación de puentes de hidrógeno

Las moléculas de agua forman entre sí enlaces de puentes de hidrógeno, que son interacciones débiles entre el hidrógeno de una molécula y el oxígeno de otra. Esta propiedad da lugar a la elevada cohesión, adhesión, tensión superficial, y a la elevada capacidad calorífica del agua. También explica fenómenos como la capilaridad y la formación de estructuras ordenadas en el hielo.



4. Propiedades térmicas

El agua tiene una alta capacidad calorífica específica, lo que significa que puede absorber o liberar grandes cantidades de calor con poca variación de temperatura. Presenta puntos de fusión ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) y ebullición ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$) elevados para una molécula tan pequeña, gracias a los puentes de hidrógeno que deben romperse para cambiar de estado.

5. Densidad y comportamiento anómalo

A diferencia de la mayoría de las sustancias, la densidad del agua es máxima a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al enfriarse más allá de este punto, las moléculas comienzan a organizarse en una estructura abierta y hexagonal característica del hielo, que ocupa más volumen y reduce la densidad. Esto explica por qué el hielo flota sobre el agua líquida, protegiendo los ecosistemas acuáticos del frío extremo.

6. Disolvente universal

El agua es conocida como el disolvente universal por su capacidad para disolver una gran variedad de sustancias. Gracias a su polaridad, interactúa fácilmente con iones (Na , Cl) y otras moléculas polares -con grupos OH -, rodeándolas y separándolas en solución. Esta propiedad es esencial para los procesos biológicos, como el transporte de nutrientes y la eliminación de desechos.

La profundidad de la masa de agua es la referencia para explicar la estructura y el funcionamiento en los sistemas acuáticos.

a) Estratificación térmica:

La estratificación térmica es un fenómeno fundamental en limnología, ocurre cuando la radiación solar calienta la superficie del agua, disminuyendo su densidad y evitando su mezcla con las capas inferiores más frías y densas. Este fenómeno es típico de estaciones cálidas y puede mantenerse durante semanas o meses, especialmente en lagos profundos.

CUADRO 2. Extinción de la radiación y flujo de calor

Con la profundidad decrece exponencialmente la intensidad de la radiación solar al tiempo que cambia su calidad espectral (ver Fig.1).

La atenuación de la radiación desde la superficie hacia las aguas más profundas se deduce de la Ley de Lambert-Beer donde:

$$\frac{I_1}{I_0} = e^{-\alpha c l}$$

- I_0 intensidad de la radiación incidente
- I_1 intensidad de la radiación una vez ha atravesado el medio
- l distancia que atraviesa la radiación por el cuerpo
- c concentración de la sustancia absorbente en el medio
- α coeficiente de absorción de la sustancia

La disminución exponencial de intensidad de la radiación solar con la profundidad origina **un flujo de calor a través del agua que se va atenuando desde la superficie hacia las aguas más profundas, siendo el agua progresivamente más fría y densa (termoclinas y pycnoclinas asociadas, Fig. 2).**

El flujo de calor de la superficie del agua hasta las zonas profundas se transmite por conducción, y se ve facilitado por las turbulencias provocadas por el viento de acuerdo con la expresión:

$$dQ/dt = - (A/\rho) cp (dT/dz)$$

- dQ/dt : transmisión de calor (Q) por unidad de tiempo (t)
- dT/dz : gradiente de disminución de la temperatura del agua (T) con la profundidad (z)
- ρ : densidad del agua
- cp : calor específico del agua
- A : coeficiente de difusión por turbulencia

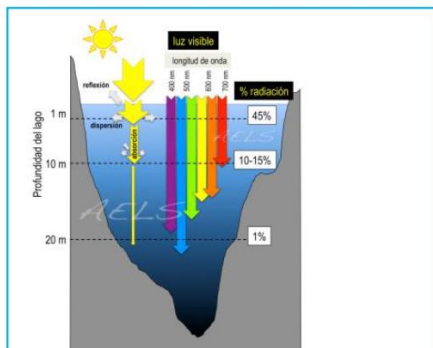


Figura 1. Atenuación de la radiación solar en un lago profundo al tiempo que cambia su calidad espectral.

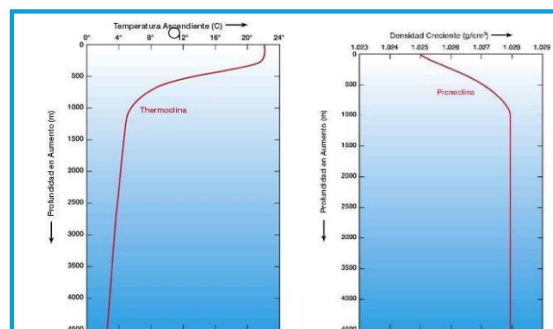
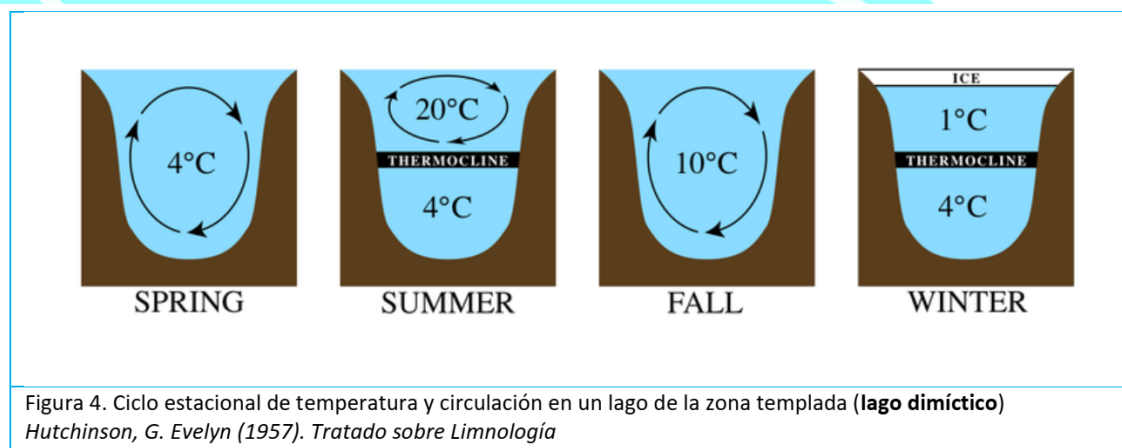
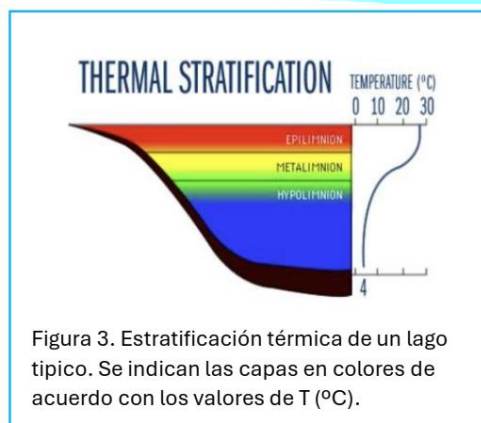


Figura 2. Termoclinas y pycnoclinas asociadas al flujo de calor en una masa de agua con la profundidad.

Las capas resultantes son (ver Fig.3):

- Epilimnion: la capa superior, expuesta a la atmósfera, suele estar bien oxigenada debido al contacto directo con el aire y la actividad fotosintética del fitoplancton. Tiene temperaturas relativamente altas y puede presentar variaciones térmicas diarias.
- Metalimnion o termoclina: capa intermedia donde se produce un cambio abrupto de temperatura con la profundidad. Representa una barrera física a la mezcla de aguas y también puede limitar el intercambio de oxígeno y nutrientes entre las capas superior e inferior.
- Hipolimnion: capa profunda, con temperaturas frías y baja o nula renovación de oxígeno durante la estratificación. En ecosistemas productivos, puede volverse anóxica debido al consumo de oxígeno por parte de los procesos de descomposición.



Durante el otoño e invierno, con el descenso de la temperatura atmosférica y el aumento del viento, se produce una mezcla vertical que homogeniza la temperatura, el oxígeno y los nutrientes a lo largo de toda la columna de agua. Este proceso se conoce como “circulación completa” y es vital para mantener la productividad del sistema.

b) Tipos de estratificación según el régimen térmico:

- Dimícticos: mezclan dos veces al año (primavera y otoño). Comunes en lagos templados (ver Fig.4).
- Monomícticos: mezclan una sola vez al año (invierno o verano).

- Polimícticos: mezclas frecuentes, típicas en cuerpos de agua poco profundos o en regiones ecuatoriales.
- Meromícticos: presentan una mezcla incompleta. El hipolimnion permanece aislado durante todo el año, favoreciendo procesos anaeróbicos y acumulación de compuestos como el sulfuro de hidrógeno.

La estratificación térmica tiene profundas implicaciones sobre los procesos ecológicos:

- La disponibilidad de oxígeno en las capas profundas puede limitar la presencia de organismos aeróbicos.
 - Los nutrientes liberados por la descomposición en el fondo pueden quedar atrapados en el hipolimnion, inaccesibles para el fitoplancton del epilimnion hasta que ocurra la mezcla.
 - Algunas especies de fitoplancton y zooplancton están adaptadas a vivir en capas específicas, desarrollando estrategias de migración vertical diaria o estacional.
- En los sistemas lóticos (ríos), debido al flujo constante del agua, la turbulencia generada por la corriente impide la estratificación térmica estable, aunque pueden darse gradientes longitudinales (aguas arriba vs aguas abajo), entre los márgenes y cauce principal, presentando microgradientes térmicos y de oxígeno en remansos, zonas con vegetación ribereña densa o estratos de sedimento.

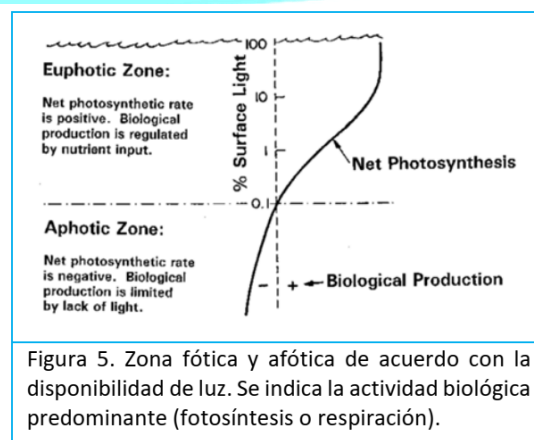
2. LUZ Y TEMPERATURA. Comunidades biológicas.

a) Distribución de la luz:

La luz es una variable clave para el desarrollo de la vida acuática. Su disponibilidad condiciona la distribución vertical de los organismos fotosintéticos y, por tanto, la productividad primaria del sistema dulceacuático.

La intensidad y calidad espectral de la luz decrecen exponencialmente con la profundidad debido a la absorción y dispersión por el agua y las partículas suspendidas (ver Cuadro 2).

Se definen distintas zonas según la intensidad lumínica (ver Fig. 5):



- Zona eufótica: se define como el estrato donde la luz disponible permite que la producción fotosintética neta sea positiva (>1% de la radiación fotosintética incidente).

- Zona afótica: ausencia total de luz solar de manera que predominan procesos heterotróficos.

Los factores que afectan la penetración de la luz son:

- Turbidez: originada por partículas inorgánicas y orgánicas suspendidas que dispersan y absorben la luz.
- Color: influido por la materia orgánica disuelta (ácidos húmicos o compuestos similares que reducen la claridad del agua.)
- Profundidad y ángulo solar: influyen en la intensidad y en la distribución espectral de la luz (ver Cuadro 2).

b) Temperatura del agua:

La temperatura regula la mayoría de los procesos físico-químicos y biológicos en los ecosistemas acuáticos:

- Controla la solubilidad de los gases: a mayor temperatura, menor capacidad del agua para disolver oxígeno.
- Afecta la densidad del agua: el agua alcanza su máxima densidad a 4°C, fenómeno que explica la circulación invernal en lagos templados, permite que lagos templados se congelen en superficie, pero mantengan agua líquida en el fondo.
- Influye en la actividad metabólica de los organismos, acelerando las tasas de crecimiento, respiración y reproducción a temperaturas más altas, hasta ciertos límites tolerables.

Los cambios térmicos pueden ser diurnos (superficiales) o estacionales (que afectan a toda la columna). Estos patrones influyen en la fenología de numerosas especies acuáticas.

3. GASES DISUELTOS

Los gases disueltos en el agua son componentes esenciales para la vida y se emplean como indicadores del estado ecológico del sistema (ver detalle en Limno-Ficha 6).

a) Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es crucial para los procesos de respiración aeróbica, su concentración varía con la profundidad. Es el resultado del equilibrio entre:

- Difusión atmosférica.
- Producción por fotosíntesis.
- Consumo por respiración y descomposición.

Las concentraciones de OD varían con:

- La temperatura (menos oxígeno disuelto a mayor temperatura).
- Momento del día/noche (más OD durante el día por fotosíntesis, menos por la noche, cuando disminuye su concentración a causa de la respiración de la biocenosis).
- La presencia de materia orgánica que estimula la actividad bacteriana y el consumo de oxígeno.

Un sistema acuático con OD < 2 mg/L se considera en hipoxia, mientras que valores cercanos a 0 indican anoxia, condiciones que afectan negativamente a peces e invertebrados.

b) Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono se genera principalmente por:

- La respiración de organismos.
- La descomposición bacteriana de materia orgánica.

El CO₂ se encuentra en equilibrio con otras especies químicas del sistema carbonato-bicarbonato, que regulan el pH del agua. Este equilibrio es sensible al pH, temperatura y concentración de CO₂:



- A pH bajo: predomina el CO₂ disuelto.
- A pH neutro: predomina el HCO₃⁻.
- A pH alto: predomina el CO₃²⁻.

La actividad fotosintética reduce la concentración de CO₂, elevando el pH, mientras que la respiración lo aumenta, acidificando el medio. Este ciclo diario genera oscilaciones de pH en aguas superficiales.

4. COMPOSICIÓN Y CONCENTRACIÓN IÓNICA

El contenido iónico del agua determina la conductividad, la dureza y la capacidad de intercambio iónico. Estas características influyen en la distribución de especies y la respuesta del ecosistema a determinados contaminantes.

a) Conductividad eléctrica:

La conductividad mide la capacidad del agua para conducir electricidad, directamente relacionada con la concentración total de iones disueltos (sales minerales). Se expresa en microsiemens por centímetro (µS/cm).

Valores típicos:

- < 100 µS/cm: aguas oligotróficas (baja mineralización).
- 100–500 µS/cm: aguas mesotróficas.
- 500 µS/cm: aguas eutróficas o impactadas.

Es un buen indicador indirecto de la calidad del agua y puede emplearse para detectar intrusiones salinas o vertidos agrícolas.

b) Dureza del agua:

La dureza se debe principalmente a la presencia de calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺). Se expresa habitualmente como mg/L de carbonato cálcico (CaCO₃).

- Aguas blandas: < 60 mg/L CaCO₃
- Aguas moderadamente duras: 60–120 mg/L

- Aguas duras: > 120 mg/L

La dureza afecta la toxicidad de metales pesados, la biodisponibilidad de nutrientes y la formación de incrustaciones en infraestructuras hidráulicas.

c) Principales iones

Los principales cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+

Los principales aniones: HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-

La composición iónica depende de factores geológicos (tipo de roca madre), hidrológicos (fuentes de recarga), y antrópicos (fertilizantes, vertidos industriales).

5. RELACIÓN N:P

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los principales macronutrientes limitantes en los ecosistemas acuáticos. Su disponibilidad y proporción afectan directamente la producción primaria y la composición de la comunidad del fitoplancton.

La relación atómica clásica entre nitrógeno y fósforo en el fitoplancton marino es de 16:1, conocida como Relación de Redfield. Aunque fue propuesta para sistemas marinos, se utiliza como referencia también en aguas continentales.

b) Interpretación ecológica

- $\text{N:P} < 10$ → indica limitación por nitrógeno. Frecuente en lagos eutróficos donde hay acumulación de fósforo por cargas externas.
- $\text{N:P} > 20$ → indica limitación por fósforo. Común en ecosistemas con entradas elevadas de nitrógeno (por vertidos agricultura, ganadería).
- $10 < \text{N:P} < 20$ → zona de transición sin limitación clara.

Esta relación determina no solo la cantidad de biomasa producida, sino qué grupos de organismos prosperan (las cianobacterias, por ejemplo, pueden fijar nitrógeno atmosférico y proliferan en condiciones de bajo N:P). Evaluar la relación N:P es clave para anticipar procesos ecológicos y orientar medidas de restauración en caso de que sea necesario (ver detalle en Limno-Ficha 7).

6. BIBLIOGRAFÍA

Dodds, W. K. & Whiles, M. R. (2010). *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications* (2ª ed.). Academic Press.

Margalef, R. (1998). *Ecología*. Omega.

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3.ª ed.). Academic Press.





LIMNO-FICHA 3

“HIDROLOGÍA E HIDROMORFOLOGÍA DE RÍOS”

Tipos hidrológicos. Tipos de hábitats hidromorfológicos. Principales impactos y sus efectos.

1. HIDROLOGÍA Y TIPOS HIDROLÓGICOS

La **hidrología** es la ciencia que estudia el agua en la Tierra: su distribución, circulación, propiedades físicas y químicas, y su interacción con el medio ambiente y los seres vivos.

Los **tipos de ríos según su hidrología** se clasifican según el régimen de caudales y la variabilidad estacional:

- **Régimen pluvial:** dominado por precipitaciones.
- **Régimen nival:** influenciado por el deshielo.
- **Régimen mixto:** combinación de lluvias y deshielo

2. HIDROMORFOLOGÍA Y TIPOS HIDROMORFOLÓGICOS

La **hidromorfología** es el estudio científico de la **geomorfología** que se debe al **agua** (hidrología). El agua es (junto con el viento) uno de los primeros factores de erosión, acumulación y transporte de materiales terrestres. La **hidromorfología fluvial** analiza las características físicas de los cuerpos de agua, como la forma de los cauces, el régimen de caudales y la conectividad longitudinal y lateral de los ríos. Es esencial para evaluar el estado ecológico de las masas de agua según la Directiva Marco del Agua.

Los hidromorfólogos analizan los vínculos entre el agua y las formas fluviales, buscan comprender su historia y evolución y predecir cambios futuros a través de una combinación de observaciones de campo, experimentos de laboratorio y modelos numéricos. En particular, se interesan por el régimen hidrológico (fluctuación de los caudales), la continuidad física, físico-química y ecológica del río, sus relaciones con el nivel freático (cuando existen), las condiciones morfológicas (profundidad, anchura, formas fluviales como barras e islas, etc.) y las condiciones de la vegetación de ribera.

Los ríos según su **hidromorfología** se clasifican:

- **Según su régimen de caudales:** **permanentes**, **temporales** (agua > 300 d/año), **intermitentes** (agua 100 – 300 d/año) y **efimeros** (agua < 100 d/año).
- **Según su morfología de valle:** **fondo de valle confinado** (que limita la inundabilidad) y **fondo de valle semi-confinado o no confinado** (que permite el desbordamiento y es una herramienta del río para autorregular su exceso de caudal y reducir su energía aguas abajo).
- **Según su trazado en planta:** **rectos**, **sinuosos**, **meandriiformes**, **divagantes**, **trenzados**, **anastomosados**, **ramblas** (Figura 1).

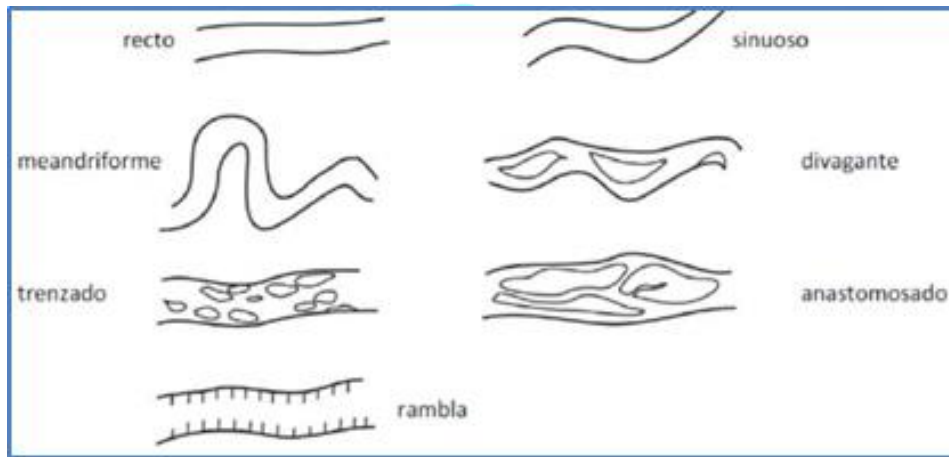


Figura 1. Principales trazados en planta. Extraído del Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos.

- **Según su estructura longitudinal:** es la **secuencia de elementos del fondo** del cauce en el sentido de la pendiente dominante (pozas, saltos, rápidos, rampa, tabla...).
- **Según el tipo de ribera:** **ríos con ribera definida**, si habitualmente tienen asociada una banda de vegetación a la dinámica fluvial, y **ríos sin ribera definida**, que incluyen los cauces en que, debido a las condiciones hidrometeorológicas e hidromorfológicas del sistema fluvial, no es posible el desarrollo de una ribera bien definida ni de un bosque de ribera estable.

3. DIMENSIONES Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FLUVIALES

- **Longitudinal:** representa el eje central que abarca todo el cauce, desde su nacimiento en los tramos altos de montaña hasta la desembocadura al mar, y engloba la **continuidad de los flujos** formados por el régimen de caudales, sedimentos, nutrientes, materia orgánica, organismos, etc. A lo largo de este eje se modifica la **energía potencial** desde las partes más altas a las más bajas, y se organizan las **comunidades biológicas** atendiendo a los factores físicos relacionados con ella. La continuidad longitudinal está afectada principalmente por la presencia de presas y azudes.
- **Lateral:** engloba tanto la **conectividad con las llanuras de inundación como con las riberas del río**. La **conectividad transversal** del cauce con sus llanuras de inundación es fundamental para tener una buena estructura de la zona ribereña y, además, cumple funciones importantes de reducción del riesgo de inundación aguas abajo durante eventos de avenidas. Cuando ocurre una avenida, el desbordamiento del cauce consigue que el caudal se lamine y por tanto disminuya su velocidad.
- **Vertical:** engloba la conexión con el sustrato situado por debajo del lecho del cauce, conocido como **medio hiporreico**. Incluye fenómenos de incisión (descenso de la cota) o acreción (elevación de la cota) de los ríos. También incluye las **relaciones río-acuífero**. Según la relación entre el agua que fluye en el cauce y el acuífero, el cauce puede ser: **efluente o ganador, influente o perdedor** y **cauce con relación variable**. La conectividad vertical es vital para uno de los elementos de calidad más importantes para el estado ecológico de los ríos, que es el de la **fauna bentónica de invertebrados**.

4. PRINCIPALES IMPACTOS Y EFECTOS SOBRE LA HIDROLOGÍA

Las actividades humanas generan impactos significativos en los sistemas fluviales:

- **Alteración del régimen de caudales por presas y derivaciones:** altera los procesos geomorfológicos derivados de los flujos de agua, sedimentos y nutrientes aguas arriba y abajo de presas y derivaciones. Esto implica modificaciones del cauce, a través de cambios en los regímenes de erosión y sedimentación, y las riberas que conllevan la alteración del hábitat de las especies acuáticas y ribereñas.
- **Vertidos y lixiviados provenientes de los usos de la cuenca:** provocan contaminación de aguas y sedimentos, lo que afecta la calidad del agua y la salud de los ecosistemas.
- **Presencia de presas, azudes y otras estructuras transversales:** impiden la conectividad longitudinal del río, lo que dificulta y puede interrumpir la migración de especies acuáticas y tiene efectos en la geomorfología del cauce y la creación de hábitats derivados de la retención de caudales de agua y sedimentos (y los procesos de erosión y sedimentación derivados).
- **Presencia de motas, carreteras u otras construcciones en las márgenes del río:** dificultan la conectividad lateral e impiden el desbordamiento del río, Esto altera las dinámicas naturales entre los cauces y sus llanuras de inundación con la consecuente afección en los hábitats de la ribera.
- **Canalizaciones con impermeabilización del fondo y las márgenes del cauce o entubaciones:** destruyen el medio hiporréico e impiden la recarga del acuífero (en ríos influentes) o la recarga del río (en ríos efluentes). También eliminan la vegetación de ribera y limitan la conectividad lateral.
- **Rectificación de cauces:** aunque no introduzcan elementos artificiales, los trazados rectilíneos que acortan la longitud natural de los cauces, a parte de destruir los hábitats en la zona modificada y limitar la conexión con la llanura de inundación, provocan la aceleración de los caudales, incrementando el riesgo de inundación aguas abajo.

Estos impactos pueden llevar a la degradación de los hábitats, pérdida de biodiversidad y disminución de los servicios ecosistémicos.

5. RECURSOS

- **Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos**

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/protocolo-caracterizacion-hmf-abril-2019_tcm30-496596.pdf

6. BIBLIOGRAFÍA

Belletti, B., Rinaldi, M., Buijse, A. D., Gurnell, A. M., & Mosselman, E. (2015). A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environmental Earth Sciences*, 73, 2079–2100.

Brooks, K. N., Ffolliott, P. F., & Magner, J. A. (2012). *Hydrology and the Management of Watersheds* (4^a ed.). John Wiley & Sons.

Knighton, D. (2014). *Fluvial forms and processes: a new perspective* (3^a ed.). Routledge.

Rinaldi, M., Gurnell, A. M., Del Tánago, M. G., Bussetini, M., & Hendriks, D. (2016). Classification of river morphology and hydrology to support management and restoration. *Aquatic sciences*, 78, 17–33.

Vaughan, I. P., Diamond, M., Gurnell, A. M., Hall, K. A., Jenkins, A., Milner, N. J., ... & Ormerod, S. J. (2009). Integrating ecology with hydromorphology: a priority for river science and management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19(1), 113–125.





LIMNO-FICHA 4

“CONECTIVIDAD E INTERFASES AGUA-TIERRA”

1. CONECTIVIDAD

La conectividad es un concepto muy amplio con una gran variedad de definiciones. En un contexto ecológico, la conectividad se define como el movimiento de organismos y sustancias (semillas, agua, sedimentos, nutrientes) por algún medio (viento, agua, animales) a través de una vía de transporte. Cuando el medio de transporte es el agua hablamos de conectividad hidrológica. Más específicamente, en ríos y arroyos, la conectividad hidrológica es la transferencia de materia, energía u organismos dentro y/o entre elementos del ciclo hidrológico mediada por el agua (Pringle, 2003). Esta conectividad hidrológica ocurre en tres dimensiones principales: longitudinal, lateral y vertical (Figura 1), que interactúan en una cuarta dimensión, la temporal. La *conectividad longitudinal* (aguas arriba - aguas abajo), representa el flujo continuo del agua, organismos y materiales desde las cabeceras hasta la desembocadura del río. La *conectividad lateral* (río – ribera - ladera). Se refiere al intercambio de agua, sedimentos y nutrientes entre el cauce, sus llanuras de inundación y la ladera. La conectividad vertical (superficie - subsuelo) involucra el intercambio entre el agua superficial y las aguas subterráneas a través de la zona hiporreica. Por último, estas tres conectividades hidrológicas espaciales interactúan en una dimensión temporal (a través del tiempo) dado que la conectividad hidrológica no es constante, sino que varía con las estaciones o con el régimen de precipitaciones más en general. La conectividad hidrológica es particularmente variable en el tiempo en los cauces intermitentes o efímeros, es decir, aquellos que no tienen agua durante todo el año, sino que fluyen de forma intermitente o solo en ocasiones especiales. Estos cauces suponen alrededor del 60% de la red fluvial global (Datry et al., 2017).



Figura 1. Dimensiones espaciales de la conectividad hidrológica (longitudinal, lateral y vertical) y su interrupción en los ríos temporales. Las líneas azules representan la dirección de los tres tipos de conectividad. Las flechas de dos puntas indican que muchos procesos operan en ambas direcciones, tanto aguas abajo como aguas arriba (por ejemplo, la migración de peces). La interrupción de la conectividad hidrológica en los cauces efímeros se indica con cruces rojas. Extraído de Datry et al. (2007).

Los siguientes apartados de esta ficha describen brevemente aspectos importantes de la conectividad hidrológica, como los ecotonos o interfases agua-tierra que conecta, alguno de los procesos clave que regula (e.g., flujos de materia y energía y dispersión de organismos), así como los principales impactos que la alteran y sus efectos.

2. INTERFASES AGUA-TIERRA Y FLUJOS DE MATERIA Y ENERGÍA

Los ecotonos son zonas de transición ecológica entre ecosistemas adyacentes, donde se mezclan comunidades biológicas y procesos físicos. En los sistemas acuáticos continentales, destacan las riberas, las llanuras de inundación y los hiporreos. Las riberas son las zonas de contacto entre cuerpos de agua y ecosistemas terrestres. El hiporreico es la zona bajo el lecho de los ríos donde el agua superficial y subterránea se mezclan. Las llanuras de inundación son áreas que se inundan periódicamente cuando los ríos sobrepasan su cauce.

Estas interfases agua-tierra funcionan como puntos clave para el intercambio de materia (nutrientes, sedimentos, materia orgánica) y energía (radiación solar, calor, energía química contenida en la biomasa) que la conectividad hidrológica regula (Fig. 1). En las riberas, la vegetación intercepta nutrientes y sedimentos, filtrando el agua que entra en el sistema acuático. Estas áreas son también fundamentales para la regulación térmica. En las zonas hiporreicas, los procesos microbianos transforman compuestos nitrogenados, modulando la calidad del agua. Este espacio es clave para procesos de transformación biogeoquímica. En las llanuras de inundación, la deposición de sedimentos fertiliza los suelos y la materia orgánica promueve cadenas tróficas complejas. Estas zonas facilitan la transferencia de nutrientes, la recarga de acuíferos y la reproducción de peces y anfibios. La dinámica de inundación es crucial para mantener la productividad y diversidad biológica.

3. DISPERSIÓN DE ORGANISMOS

De entre la multitud de procesos, funciones y servicios ecosistémicos a los que contribuye la conectividad hidrológica en ríos y arroyos destaca su papel en la dispersión de organismos. La dispersión puede ser activa, como en peces que migran aguas arriba para reproducirse, o pasiva, como en invertebrados o semillas transportadas por el flujo de agua. Los ecotonos facilitan estos movimientos al ofrecer refugio, alimento y condiciones adecuadas de humedad y temperatura (Ward et al., 2002). Las especies con ciclos de vida complejos, como los insectos acuáticos, dependen críticamente de estos entornos de transición. Por ejemplo, los hiporreos sirven como refugio para organismos bentónicos durante perturbaciones como sequías o crecidas (Boulton et al., 1998). Las riberas también actúan como corredores de movimiento para animales semiacuáticos y terrestres (anfibios, reptiles, aves, mamíferos) (Hilty et al., 2006). Estos corredores ofrecen hábitats y rutas esenciales para la fauna, apoyando la conservación de la biodiversidad. Los análisis de conectividad del paisaje para la fauna terrestre todavía se limitan a las zonas riparias de ríos permanentes como corredores fluviales.

Sin embargo, los cauces de los ríos temporales también pueden funcionar como corredores durante su fase seca, aspecto que se investiga en la actualidad (Sánchez-Montoya, 2024).

4. PRINCIPALES IMPACTOS SOBRE LA CONECTIVIDAD HIDROLÓGICA Y SUS EFECTOS

La alteración de la conectividad hidrológica tiene efectos ecológicos significativos (Crook et al., 2015). Esta alteración se produce principalmente por impactos antropogénicos entre los que destacan los siguientes:

- La canalización de ríos y la construcción de diques y embalses interrumpen el flujo natural de agua y sedimentos, afectando el régimen de inundaciones y bloqueando rutas migratorias.
- La urbanización y agricultura intensiva generan contaminación difusa, eutrofización y compactación del suelo, reduciendo la funcionalidad de riberas e hiporreos.
- El cambio climático altera los patrones hidrológicos, incrementando la frecuencia de eventos extremos que afectan la integridad de los ecotonos. Estos impactos reducen la biodiversidad, degradan los servicios ecosistémicos y fragmentan hábitats clave para numerosas especies.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Boulton, A. J., Findlay, S., Marmonier, P., Stanley, E. H., & Valett, H. M. (1998). The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1), 59–81.
- Crook, D. A., Lowe, W. H., Allendorf, F. W., Erős, T., Finn, D. S., Gillanders, B. M., ... & Hughes, J. M. (2015). Human effects on ecological connectivity in aquatic ecosystems: Integrating scientific approaches to support management and mitigation. *Science of the total environment*, 534, 52–64.
- Datry T, Bonada N., & Boulton A. (2017). *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Ecology and Management*. Academic Press.
- Hilty J. A., Lidicker W. Z. Jr., & Merelender A. M. (2006). *Corridor Ecology: The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation*. Island Press.
- Pringle, C. (2003). What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? *Hydrological Processes*, 17, 2685–2689.
- Sánchez-Montoya, M. M. (2024). Relevancia ecológica de los ríos temporales para la fauna terrestre. *Ecosistemas*, 33(1), 2694–2694.
- Ward, J. V., Tockner, K., Arscott, D. B., & Claret, C. (2002). Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology*, 47(4), 517–539.





LIMNO-FICHA 5

“ADAPTACIONES A LA VIDA ACUÁTICA”

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de agua dulce albergan una gran variedad de organismos, como el fitoplancton (algas microscópicas), el zooplancton (pequeños animales acuáticos), los macrófitos (plantas acuáticas), los invertebrados (como insectos, moluscos y crustáceos) y los vertebrados (como peces, anfibios y mamíferos acuáticos) (Figura 1). Cada grupo desempeña funciones específicas en los entornos acuáticos, contribuyendo al funcionamiento y la resiliencia de estos ecosistemas.

Se calcula que, a nivel global, las aguas continentales –entre las cuales los ríos ocupan un papel protagonista– albergan un 6% de los 1,8 millones de especies descritas actualmente, a pesar de que solo suponen un 0,01% de la superficie ocupada por las masas de agua y un 0,8% de la ocupada por las tierras emergidas.

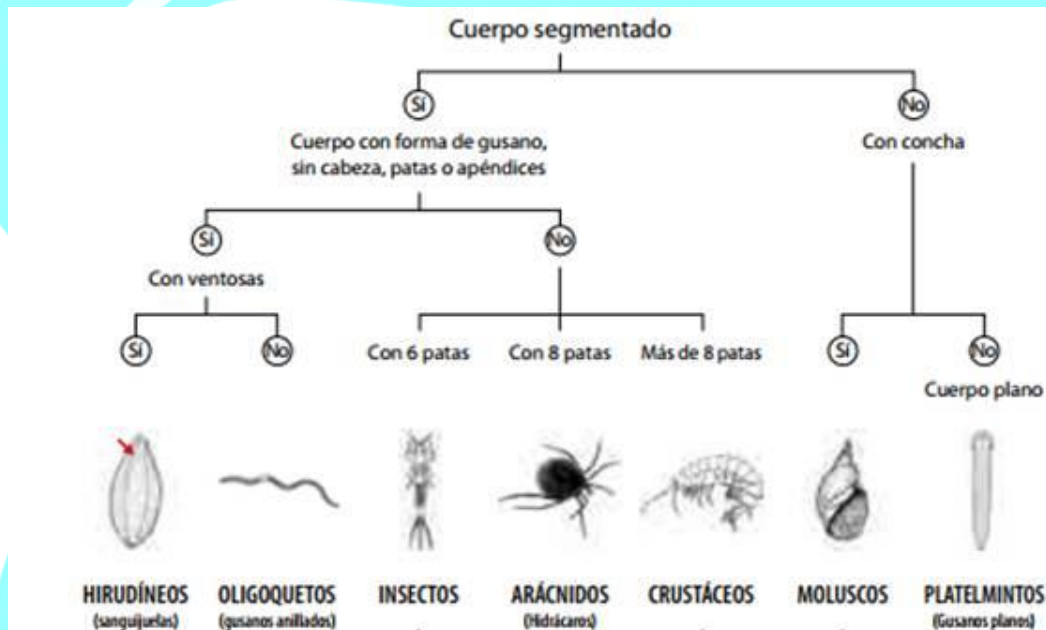


Figura 1. Clave para los principales grupos de macroinvertebrados. Extraído de Guía de macroinvertebrados de la cuenca del Segura (Suárez et al., 2019)

2. DIVERSIDAD BIOLÓGICAS EN LAS AGUAS CONTINENTALES

i) **Organismos unicelulares y coloniales:** Procariotas, protistas y hongos. Los microorganismos son un conjunto de seres vivos con gran sencillez estructural y organizativa que debido a su reducido tamaño sólo son visibles con el microscopio. Dentro de los microorganismos encontramos toda la gama de tipos nutricionales y están representados cinco grupos de seres vivos: virus, bacterias, protozoos, hongos y algas. Su pequeño tamaño les proporciona ventajas respecto a la rapidez en tres aspectos: 1) intercambio de sustancias con el medio externo, 2) metabolismo y 3) multiplicación.

ii) Invertebrados: Rotíferos, anélidos, braquiópodos, copépodos, malacostráceos e insectos. Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que viven en el agua, la mayoría fácilmente visibles por su tamaño ($500\ \mu\text{m} = 0.5\ \text{mm}$ o mayores) e incluyen a gusanos, moluscos, crustáceos y tanto formas larvarias como adultos de insectos. Muchos de ellos viven desplazándose por el fondo de ríos y arroyos (bentos), bien sobre sustratos duros (piedras o cantos) o blandos (limos y arenas), sobre la hojarasca, o entre la vegetación. Otros son nadadores activos (necton) o viven en la lámina superficial del agua (neuston). Se pueden encontrar tanto en ecosistemas lóticos (ríos, arroyos y ramblas) como leníticos (lagos, lagunas, embalses y charcas), en aguas limpias, contaminadas y eutrofizadas y, por la manera de alimentarse, pueden ser filtradores, recolectores, raspadores, depredadores o fragmentadores.

Insectos. Los insectos acuáticos, incluyendo especies como efímeras, libélulas, tricópteros y mosquitos, pasan al menos parte de su ciclo vital en el agua. Muchos experimentan una metamorfosis completa: las etapas larvarias viven en el agua y las adultas suelen ser terrestres. Los insectos acuáticos son cruciales para el ciclo de nutrientes y sirven como consumidores primarios, alimentándose de algas, detritos y microorganismos, o como depredadores, depredando a otros invertebrados. También representan una importante fuente de alimento para niveles tróficos superiores, como peces y anfibios. Además, la presencia y diversidad de insectos acuáticos se utilizan frecuentemente como indicadores de la calidad del agua y la salud de los ecosistemas.

Los crustáceos, como los cangrejos de río, los camarones y las pulgas de agua (*Daphnia*), constituyen otro grupo diverso de invertebrados acuáticos. Ocupan diversos nichos en los ecosistemas de agua dulce y marinos, contribuyendo a las redes tróficas detriticas, actuando como herbívoros, depredadores o carroñeros. Los crustáceos son vitales para el reciclaje de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y como presas para numerosas especies de peces, aves y mamíferos. Sus complejos ciclos de vida y comportamientos contribuyen a la complejidad ecológica y la productividad de los hábitats acuáticos.

Los anélidos, o gusanos segmentados, que incluyen grupos como los oligoquetos (p. ej., los gusanos tubífex) y los poliquetos (gusanos marinos), habitan tanto en ambientes de agua dulce como marinos. Desempeñan un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y en la aireación de sedimentos y suelos mediante sus excavaciones. Los anélidos son importantes en la red trófica, ya que sirven de alimento a peces y otros animales silvestres, y contribuyen al ciclo de nutrientes al descomponer la materia orgánica y potenciar la actividad microbiana.

iii) Grandes animales y plantas: Moluscos, peces, otros vertebrados y plantas o macrófitas acuática.

Los ecosistemas fluviales actúan como auténticos oasis de vida –en comparación con los ecosistemas circundantes. Las especies animales asociadas a los ríos, tanto acuáticas como riparias, son esenciales para el mantenimiento de procesos ecológicos y la provisión de servicios ecosistémicos. En general, gran parte de la fauna acuática es sensible a la presencia de presas y azudes que impiden su libre movimiento a lo largo del río, la alteración del régimen natural de caudales y la proliferación de especies exóticas invasoras que les perjudican bien por competencia por el alimento y el espacio o bien por depredación.

Moluscos. Los moluscos en ambientes acuáticos están representados principalmente por gasterópodos (caracoles) y bivalvos (almejas y mejillones). Estos organismos se

pueden encontrar en una amplia gama de hábitats acuáticos, desde ríos y lagos de agua dulce hasta los vastos ambientes marinos. Los gasterópodos desempeñan un papel esencial en el pastoreo de algas, controlando su crecimiento y contribuyendo al ciclo de nutrientes. Los bivalvos se alimentan por filtración de plancton y partículas orgánicas, lo que influye significativamente en la claridad y calidad del agua. Muchos moluscos también sirven como fuentes de alimento cruciales para diversos animales acuáticos y terrestres, incluyendo al ser humano.

Los vertebrados acuáticos, en particular los peces, presentan una inmensa diversidad en morfología, comportamiento y nichos ecológicos, lo que los convierte en componentes integrales de los ecosistemas acuáticos de todo el mundo. Sus funciones en estos entornos son multifacéticas, incluyendo su función como depredadores, presas y actores clave en el ciclo de nutrientes, mientras que sus adaptaciones les permiten prosperar en diversos hábitats acuáticos. Los peces han desarrollado una amplia gama de adaptaciones para sobrevivir y prosperar en ambientes acuáticos:

- Respiración: Las branquias son el órgano respiratorio más común, permitiéndoles extraer el oxígeno disuelto en el agua.
- Natación: La forma aerodinámica del cuerpo de muchos peces reduce la resistencia, lo que permite un movimiento eficiente en el agua.
- Sistemas sensoriales: Los peces poseen sistemas sensoriales altamente desarrollados para navegar, encontrar alimento y evitar depredadores en aguas a menudo oscuras o turbias.
- Osmorregulación: Los peces mantienen el equilibrio interno de sal y agua mediante la osmorregulación, lo cual es especialmente importante para las especies que se mueven entre ambientes de agua dulce y salada.

Las aves y los mamíferos que habitan humedales y zonas ribereñas desempeñan un papel indispensable en el funcionamiento y la salud de estos ecosistemas. Los humedales y las zonas ribereñas (áreas adyacentes a ríos, arroyos y lagos) proporcionan hábitats cruciales para una amplia gama de especies, ofreciendo zonas de alimentación, anidación y reproducción. La presencia de estas especies contribuye significativamente a la biodiversidad, el equilibrio ecológico y la provisión de servicios ecosistémicos: dispersión de semillas y polinización, ciclo de nutrientes o el control de plagas.

Los macrófitos constituyen un grupo de comunidades vegetales que se organizan en los ecosistemas acuáticos en formaciones más o menos complejas pero visibles a simple vista (Margalef 1983). Su tamaño varía desde unos pocos centímetros a varios metros. Completan su ciclo vital ligados al agua, con todas sus partes sumergidas, o bien flotando. La mayoría de los macrófitos tienen un crecimiento estacional (Figura 1). Cumplen funciones de producción primaria, producción de oxígeno y filtración del agua. Además, en ríos aumentan la heterogeneidad del hábitat generando microhábitats que son utilizados por otros organismos acuáticos como zonas de refugio, alimento, para la puesta de huevos, etc.

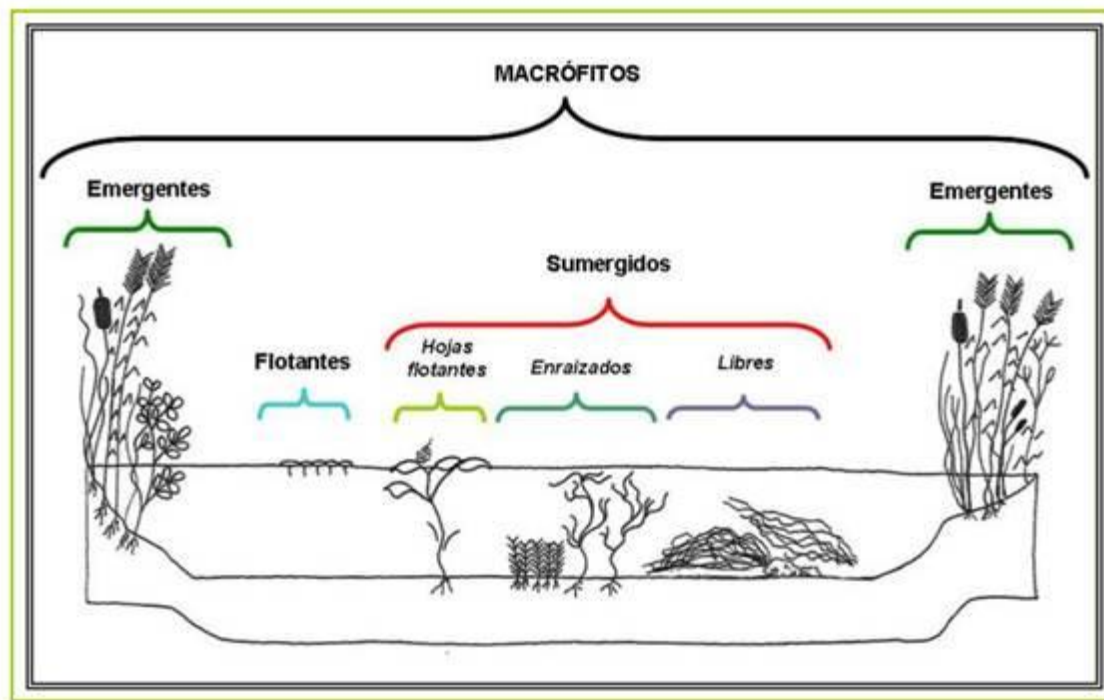


Figura 2. Disposición de los diferentes tipos de macrófitos en el medio acuático (Sección transversal del cauce de un sistema fluvial). Guía de campo para la identificación de los macrófitos de la Cuenca del Segura.

3. RECURSOS

- Fundamentos de Limnología: Ecosistemas, Ecología, Evolución.
https://www.researchgate.net/publication/378969715_Limnology_Essentials_ECOSYS_TEMS_ECOLOGY_EVOLUTION

- Guía de campo: Moluscos acuáticos de la cuenca del Ebro (5 Mb)

https://portal.chebro.es/documents/20121/39431/Gui%CC%81a+Moluscos_nov2022.pdf/bc04b90b-3157-0c0d-6713-eea87008dc33?t=1679420787112

- Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro
https://portal.chebro.es/documents/20121/39431/2011+_Clave+dicotomica+macroinvertebrados_CHE.pdf/bcdd8ca1-09b6-f0c0-c7c8-92863b90133d?t=1617625751730

- Guía de campo: Macroinvertebrados de la cuenca del Ebro

https://portal.chebro.es/documents/20121/39431/Guia+Macroinvertebrados_nov2022.pdf/647622be-aae0-4bf0-0b84-b70d9b465bf8?t=1679421776194

4. BIBLIOGRAFÍA

Picazo Mota, F., & Mellado Díaz, A. (2019). *Fauna de la cuenca del río Segura. Guía de las reservas naturales fluviales de la cuenca del río Segura*. Asociación Columbares.

Suárez Alonso, M. L., Vidal-Abarca Gutiérrez, M. R., Andreu Soler, A., Gómez Cerezo, R., Guerrero Romero, C., Mellado Díaz, A., ... & Sánchez-Montoya, M. M.

(2019). *Guía de los macroinvertebrados acuáticos de la cuenca del Segura*. Editum Ediciones de la Universidad de Murcia. ISBN:978-84-17865-01-6

Suárez Alonso, M. L., Vidal-Abarca Gutiérrez, M. R., & Andreu Soler, A. (2012). *Guía de campo para la identificación de los macrófitos de la cuenca del Segura*. Editum Ediciones de la Universidad de Murcia





LIMNO-FICHA 6

“GESTIÓN SOSTENIBLE DE LAS AGUAS CONTINENTALES, CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN”

Directiva Marco del Agua: planificación, estado ecológico, monitoreo ambiental, redes de seguimiento e impress.

1. ANTECEDENTES

Las primeras directivas de los años 70 del siglo pasado incluyen las denominadas de prepotables, de aguas de baño, de vida piscícola y de cría de moluscos. Estas 4 directivas fijan valores a una serie de parámetros físico-químicos y/o microbiológicos, cuya consecución asegura la protección del uso al que se destina. Por lo tanto, su objetivo principal no era tanto la protección de la calidad del agua en sí misma sino proteger el uso al que se destinaba.

Posteriormente, sobre todo en los años 90, se aprueban las directivas denominadas de sustancias peligrosas, de vertidos de aguas residuales, de contaminación por nitratos de fuentes agrarias y de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Se quería proteger a las aguas superficiales y subterráneas frente a la contaminación de sustancias peligrosas, así como el control de la contaminación difusa y la aplicación de un enfoque combinado: se limita el vertido no sólo teniendo en cuenta valores límites de emisión sino también obligando al cumplimiento de los objetivos de calidad en el medio receptor.

2. DIRECTIVA MARCO DEL AGUA

2.1. INTRODUCCIÓN

- **Directiva Marco del Agua o Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DMA).** La aprobación de la DMA supuso un cambio de paradigma a nivel europeo en todo lo relativo a la gestión de las aguas que, a partir de entonces, debía estar enfocada al **principal objetivo** de conseguir el **buen estado** y la adecuada **protección** de las aguas continentales, de transición y costeras. Entre los aspectos más relevantes de la DMA podemos señalar:

- Incluye todas las aguas: Las continentales, tanto superficiales como subterráneas, las de transición y las costeras, independientemente de su tamaño y características.
- Establece una tipología especial para aquellas masas de agua que estén muy influenciadas o se deban a la actividad humana: aguas muy modificadas y aguas artificiales.
- Se sustituye el **concepto de calidad del agua** por el **concepto de estado** de una masa de agua, dejando de ser un valor evaluado tan solo a través de parámetros químicos y físico-químicos, para ser el resultado de la evaluación, tanto del estado químico, como también del estado ecológico (en aguas superficiales), teniendo en cuenta **elementos de calidad biológicos y los hidromorfológicos.**

- Se define el concepto de **estado ecológico** como la expresión de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las masas de agua superficiales.
- Instaura la gestión por cuencas hidrográficas a nivel comunitario sin diferenciar el carácter nacional o internacional de las mismas.
- Exige nuevos Planes Hidrológicos de cuenca (PHC) que deberán contener los objetivos a alcanzar (España cuenta con PHC de todas sus cuencas desde 1998), así como un programa de medidas correctoras para aquellas masas de agua en riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales.
- Persigue como objetivo último alcanzar el buen estado de las masas de agua en el año 2015.

2.2. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA

- Masas de agua superficial: el estado de las mismas quedará determinado por el valor de su **estado ecológico** y su **estado químico**.

- El **estado ecológico** puede clasificarse como **muy bueno, bueno, moderado, deficiente o malo**, siguiendo un determinado procedimiento metodológico (Figura 1). Dicha clasificación se realizará mediante **3 grupos de elementos de calidad**:
 - Elementos de **calidad biológicos**, como pueden ser la **composición y abundancia de flora acuática y de fauna bentónica de invertebrados**.
 - Elementos de **calidad químicos y fisicoquímicos**, como pueden ser la **transparencia, salinidad, condiciones de oxigenación** o los **nutrientes**.
 - Elementos de **calidad hidromorfológicos**, como el **régimen hidrológico, régimen de mareas o condiciones morfológicas**.
- El **estado químico**, por su parte, puede clasificarse como **bueno** o “**no alcanza el buen estado**”. Este estado se evalúa según las **Normas de Calidad Ambiental (NCA)** aplicables a las **sustancias prioritarias, sustancias peligrosas prioritarias y otros contaminantes**.

- Esta caracterización ayuda a **mejorar el diseño** de los **programas de seguimiento** y los **programas de medidas** que deben adoptarse.

2.2. Programas de Seguimiento

- El seguimiento del estado de las **aguas superficiales** se organiza en **tres tipos de programas**:

- **Programa de control de vigilancia.** Objetivo: obtener una **visión general del estado** de las masas de agua.
 - **Programa de control operativo.** Aplicado a masas de agua en **riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales** (OMs) o afectadas por **sustancias prioritarias**.
 - **Programa de control de investigación:** Se activa cuando se produce una **contaminación accidental** y se quiere determinar su impacto, entre otras causas
- Las **zonas protegidas** requieren **controles adicionales** en los programas de seguimiento, especialmente en aguas para **consumo humano**, **baño**, y en zonas afectadas por **nitratos**, **aguas residuales** o incluidas en la **Red Natura 2000**.

3. RECURSOS

- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. Manual para la identificación de las presiones y análisis de impacto en aguas superficiales.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/publicaciones/impress_tcm30-214065.pdf

- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. Estado ecológico.

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/concepto-estado/estado-ecologico.html>

4. BIBLIOGRAFÍA

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2000). *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de la Unión Europea, L 327, 1–72 (22 de diciembre de 2000).*





LIMNO-FICHA 7

“RESTAURACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES”

Ley de Restauración de la Naturaleza: objetivos ambientales, restauración de hábitats degradados. Restauración de ríos y llanuras aluviales: eliminación de barreras artificiales obsoletas.

1. EL REGLAMENTO DE RESTAURACIÓN DE LA NATURALEZA

El Reglamento de Restauración de la Naturaleza es la primera ley integral de este tipo a nivel continental. Entró en vigor en agosto de 2024. Es un elemento clave de la Estrategia de Biodiversidad de la UE, y establece objetivos vinculantes para restaurar los ecosistemas degradados en todos los países de la UE. La naturaleza europea se encuentra en un declive alarmante, con más del 80 % de los hábitats en mal estado, por lo que la Comisión Europea ha visto la necesidad de reforzar la restauración a gran escala con esta ley vinculante. Está alineada con otras normativas europeas como la Directiva marco del Agua, la Directiva Aves, la Directiva Hábitat y la Directiva marco sobre la estrategia marina. En particular, pretende:

- La recuperación sostenida y a largo plazo de ecosistemas biodiversos y resilientes mediante la restauración de ecosistemas degradados.
- Contribuir a la mitigación del cambio climático, la adaptación al cambio climático y la neutralidad en la degradación de las tierras.
- Prevenir y reducir el impacto de los desastres naturales.
- Mejorar la seguridad alimentaria.
- Cumplir con los compromisos internacionales de la UE.

Además, la ley establece metas cuantificables en materia de restauración, es decir, habrá que restaurar al menos el 20 % del territorio degradado terrestre y marino para 2030, con progresión hacia el 100 % de los ecosistemas degradados en 2050, áreas prioritarias y la obligatoriedad de redactar planes nacionales de restauración.

Los planes nacionales de restauración incluirán los objetivos nacionales, la delimitación espacial de las zonas prioritarias, las medidas concretas, la financiación prevista y el sistema de seguimiento. En España, la elaboración del plan está coordinada por el MITECO y se construye sobre iniciativas ya en marcha, como la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas y el Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

1.1. LA LEY DE RESTAURACIÓN EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

Para cumplir los objetivos de restauración de la naturaleza a escala de la UE, la ley establece objetivos de restauración cuantificados y con plazos determinados para los hábitats incluidos en el Anexo I de la Directiva de Hábitats entre los que se incluyen turberas, ríos y lagos. Por ejemplo, se espera restaurar al menos 25.000 km de ríos para que fluyan libremente longitudinalmente y a través de las llanuras aluviales (Artículo 9). Esto implica:

1. Inventario de las barreras que impiden la conectividad natural de las aguas superficiales.
2. La eliminación de barreras obsoletas que interrumpen la migración y el flujo natural de los ríos.
3. La rehabilitación de humedales y llanuras aluviales para la recuperación de funciones esenciales como retención de agua frente a inundaciones, filtración de nutrientes y soporte de biodiversidad.

2. RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS

La restauración se define como la recuperación de la estructura y funcionamiento del ecosistema que existía en condiciones naturales de manera que sea autosostenible. Puede haber acciones dedicadas a la rehabilitación de determinadas funciones o el acondicionamiento de los ecosistemas (por ejemplo, descontaminación de un lecho) que ayudan a la restauración (Figura 1).

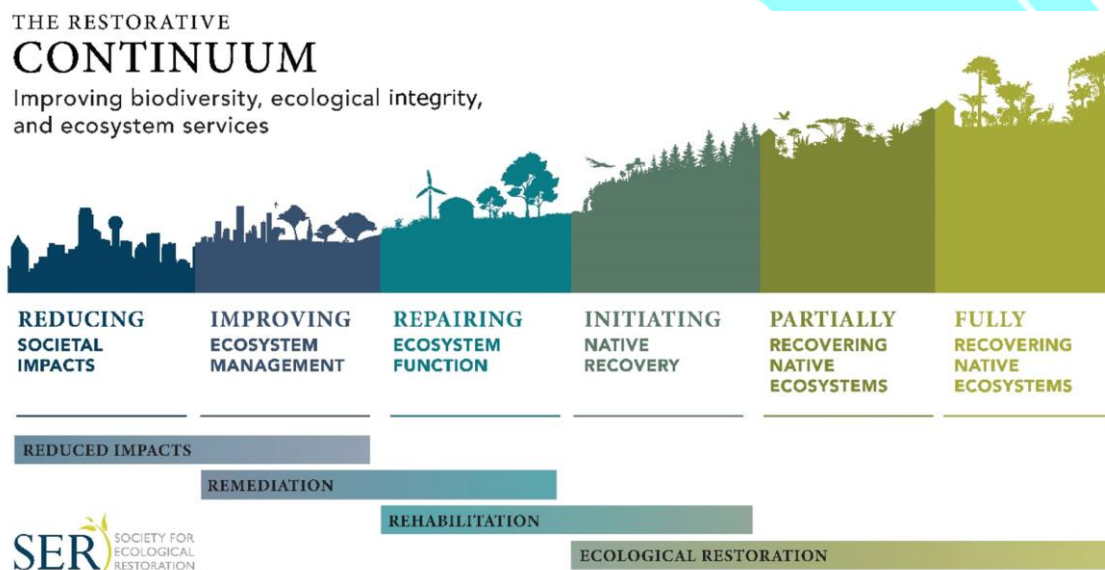


Figura 1. El continuo de la restauración incluye una gama de actividades e intervenciones que pueden mejorar las condiciones ambientales y revertir la degradación de los ecosistemas y la fragmentación del paisaje. A medida que se avanza de izquierda a derecha en el continuo, aumentan tanto los resultados en materia de salud ecológica y biodiversidad, como la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos (extraído de [Gann et al. 2019](#)).

Para diseñar la restauración ecológica de un ecosistema los pasos a seguir son:

1. Fijar un sistema de referencia ideal que alcanzar y unos objetivos concretos de restauración (¿qué río o lago queremos?).
2. Evaluar el estado ambiental del ecosistema y diagnosticar la problemática y las causas de la desnaturalización.
3. Diseñar un plan de actuaciones, incluyendo la priorización de zonas a intervenir, las actuaciones, los medios y el desarrollo temporal.
4. Implementar las medidas planificadas.
5. Monitorear las actuaciones realizadas.
6. Mantener las actuaciones realizadas y/o rediseñar e implementar nuevas intervenciones de acuerdo a los resultados del monitoreo.

Los puntos 5 y 6 se pueden repetir para seguir un proceso continuo de restauración adaptativa.

2.1. RESTAURACIÓN DE RÍOS

Restaurar el funcionamiento de un río como ecosistema y sus procesos fluviales exige la gestión integral del río y su cuenca vertiente. Existen una serie de técnicas de restauración enfocadas a recuperar la conectividad longitudinal del río, la conectividad lateral del río con las llanuras de inundación y sus afluentes, la conectividad vertical con los cuerpos de agua subterráneos y la calidad del agua y regímenes de caudales que pueden asegurar la restauración del ecosistema fluvial. Sin embargo, la mayoría de los ríos en España se encuentran tan intervenidos, es decir, canalizados, represados, con extracción de caudales, aguas contaminadas, etc. que sólo es posible rehabilitar ciertas funciones. Por ejemplo, se pueden mejorar los hábitats fluviales y, por consiguiente, mejorar el estado ecológico del río, pero no se consigue la completa restauración del ecosistema.

Algunos ejemplos de técnicas de restauración son:

- Ordenación de usos en la llanura de inundación.

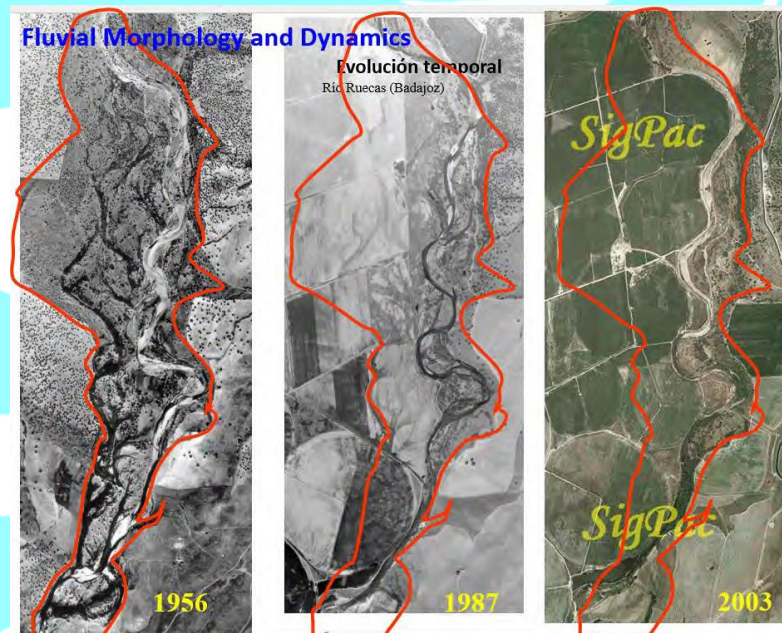


Figura 2. Evolución de un tramo del río Rucas por ocupación agrícola de sus riberas y llanuras de inundación (extraído de [Mola et al. 2024](#)).

- Eliminación de barreras transversales: <https://www.youtube.com/watch?v=zcUrUE6-ZCw>
- Construcción de escalas para peces



Figura 3. Escala para peces para favorecer la migración de los arenques río arriba para el desove en Plymouth (Massachusetts, EEUU). La escala salva el obstáculo creado por un antiguo molino hidráulico construido por las primeras familias colonas de Inglaterra que se establecieron en EEUU. Fotos de Verónica Cruz.

- Mantenimiento de un régimen ecológico de caudales de agua y sedimentos. Ejemplo de la problemática en el río Tajo: <https://www.youtube.com/watch?v=sYtPGeRV9Q0>
- Recuperación de trazado en planta del río. Ejemplo del río Arga: <https://www.youtube.com/watch?v=pk9KfzN93aM>
- Remodelación de la morfología del terreno en secciones transversales. Ejemplo de retranqueo de motas del río Órbigo: <https://www.youtube.com/watch?v=RLEGKJX3fGk>
- Protección de márgenes erosionados con geotextiles, faginas o empalizadas vivas.



Figura 4. Estructuras de bioingeniería (empalizada krainer y fagina) usadas para estabilizar orillas (Riba de Saelices, Guadalajara; extraído de [Mola et al. 2024](#)).

- Reintroducción de la secuencia de rápidos y remansos con deflectores u otras estructuras para la creación de hábitats. Ejemplo del Bacon Ridge Stream (Maryland, EEUU): https://www.youtube.com/watch?v=5j2nB_T7e5U
- Revegetación de riberas. Ejemplo del río Girona: https://www.youtube.com/watch?v=ATlpTK_inV0
- Reintroducción de especies de fauna nativas

La selección y priorización de tramos de río para la restauración debe basarse en criterios de efectividad, viabilidad y necesidades. Los criterios de efectividad permitirán priorizar las intervenciones o bien en los tramos más deteriorados o bien en aquellos donde la capacidad de autorrecuperación sea alta. Las necesidades sociales, económicas y ambientales deben ser tenidas en cuenta. Por ejemplo, las zonas urbanas, cotos de pesca o tramos con especies protegidas tendrán mayor prioridad de restauración.

2.2 RESTAURACIÓN DE LAGOS, LAGUNAS Y HUMEDALES

La restauración de humedales depende de un gran número de factores como el tipo de humedal (con inundación permanente o intermitente, de agua dulce, marina o salobre, natural o artificial, etc.), y, al igual que en los ríos, de la posibilidad de intervenir en la cuenca vertiente del humedal y los flujos de agua, o sólo en ciertas zonas que permitan la rehabilitación de algunas de las funciones, como por ejemplo, la recarga de acuíferos o la conservación de determinadas especies.

De una manera esquemática, los tres componentes de los humedales de los que depende su ecología, manejo y restauración son:

1. El agua: régimen hídrico, calidad físico-química del agua, diversidad de profundidades.
2. La vegetación: tipos de comunidades, riqueza de especies, productividad.
3. El lecho o sustrato: pendientes, forma de la orilla, tipos y formas de las islas.

Los tres componentes están estrechamente interrelacionados. Así, la vegetación responde a los cambios en las condiciones hidrológicas y del sustrato y al manejo, pero también puede influir sobre los mismos.

Las principales técnicas para la restauración de ecosistemas leníticos se seleccionarán en función del tipo de degradación a revertir:

- Actuaciones sobre la geomorfología: requieren generalmente uso de potentes medios mecánicos para conseguir el reperfilado o la remoción de estructuras antropogénicas y, en última instancia, un ambiente geomorfológico estable.
- Recuperación de los flujos de agua superficiales y subterráneos: requieren la reducción de las captaciones que mermen los aportes al humedal o su sustitución por recargas artificiales.
- Reducción de aportes de nutrientes inorgánicos (nitrógeno y fósforo) y materia orgánica: mediante depuración y control de fertilizaciones para evitar la eutrofización.
- Inactivación del fósforo biodisponible mediante compuestos de hierro, aluminio o calcio o transformación en compuestos menos activos a través de aireación o desestratificación de los estratos de agua de cuerpos más profundos.
- Retirada de nutrientes: mediante *flushing*, cosecha de biomasa, promoción del consumo de fitoplancton o incluso retirada de sedimentos.
- *Liming* (adición de caliza en polvo) y manipulación de vegetación acidificante/basificante en aguas acidificadas.
- Eliminación de contaminantes como metales pesados, mediante la remoción y descontaminación *ex situ* de sedimentos, o bien, mediante la biorremediación microbiana y la fitodepuración *in situ*.
- Reintroducción de especies: se recomienda cuando la recolonización no es viable por no existir poblaciones fuente viables. La revegetación, por su importancia en la reestructuración del hábitat, es la técnica más utilizada.

- Control o eliminación de especies invasoras, especialmente pero no únicamente exóticas.

Algunos ejemplos de restauración de humedales exitosas en España, que combinan varias de estas técnicas, son:

- LIFE Paludícola: <https://youtu.be/hib5BxYunfY>
- La laguna salina de El Hito: <https://www.youtube.com/watch?v=AaEayNIFntU>
- Estuario del río Barbadún: https://fundacion-biodiversidad.es/sites/default/files/PDF_ordenados/Casos_practicos/CP_CLH.pdf

3. OTROS RECURSOS ADICIONALES

- Reglamento de Restauración de la Naturaleza

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1991&qid=1722240349976>

-Estrategia de Biodiversidad de la UE

https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

-Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/infraestructura-verde/infr_verde.html

-Plan estratégico estatal del patrimonio natural y de la biodiversidad

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-la-biodiversidad/valoracion-y-aspectos-economicos-de-la-biodiversidad/cb_vae_plan_estrategico_patrimonio_nat_bio.html

4. BIBLIOGRAFÍA

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., ... & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46.

Holl, K. D. (2023). *Introducción a la restauración ecológica*. Coplt ArXives.

Mola, I. (Ed.). (2024). *Restauración Ecológica: ejemplos de bases técnicas y soluciones prácticas* (635 pp.). Madrid: Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Mola, I., Sopena, A., & de Torre, R. (Eds.). (2018). *Guía Práctica de Restauración Ecológica* (77 pp.). Madrid: *Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica*.

Moreno, D., Pedrocchi, C., Comin, F.A., García, M., & Cabezas, A. (2007) Creating wetlands for the improvement of water quality and landscape restoration in semi-arid zones degraded by intensive agricultural use. *Ecological Engineering*, 30, 203–223.

Palmer, M., & Ruhi, A. (2019). Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration. *Science*, 365, eaaw2087.





LIMNO-FICHA 8

“CONTRIBUCIONES DE LA NATURALEZA PARA EL BIENESTAR HUMANO (NCP) Y SOCIO-ECOSISTEMAS ACUÁTICOS”

1. INTRODUCCIÓN

Las Contribuciones de la Naturaleza para las Personas (NCP, por sus siglas en inglés: Nature's Contributions to People) son los beneficios que los sistemas naturales brindan a las sociedades humanas, incluyendo aspectos materiales, inmateriales y de regulación ecológica. Este enfoque ha sido desarrollado principalmente por la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) como una evolución conceptual del marco de los servicios ecosistémicos, con una visión más integradora y culturalmente sensible (Díaz et al., 2018).

El enfoque de las NCP reconoce la interdependencia entre la biodiversidad, el funcionamiento de los ecosistemas y los diversos valores culturales, sociales y espirituales que las sociedades humanas atribuyen a la naturaleza. A diferencia del enfoque de servicios ecosistémicos, que suele privilegiar una valoración económica, las NCP incluyen una gama más amplia de sistemas de conocimiento, incluyendo saberes indígenas y locales, y promueven una toma de decisiones más inclusiva (Pascual et al., 2017).

En este contexto, la gestión de los recursos hídricos —especialmente de los socio-ecosistemas acuáticos continentales, como ríos, lagos, humedales y cuerpos de agua temporales— requiere una perspectiva integradora. Esta visión contempla no solo el valor económico del agua, sino también su rol ecológico y su importancia cultural y simbólica, reconociendo el acceso al agua como un derecho colectivo fundamental (Wouters y Tran, 2011).

El enfoque NCP permite también repensar la relación entre la sociedad y los ecosistemas acuáticos, especialmente en regiones donde las comunidades locales dependen directamente de estos cuerpos de agua para su subsistencia, salud, identidad cultural y cohesión social. La gestión adaptativa basada en la limnología aplicada, junto con la participación comunitaria y la integración de múltiples formas de conocimiento, se vuelve una herramienta clave para alcanzar una sostenibilidad efectiva y equitativa.

2. TIPOS DE NCP EN AGUAS PERMANENTES Y TEMPORALES

Los ecosistemas de agua dulce (continentales) son altamente productivos y funcionalmente diversos, y proveen una gran variedad de NCP que pueden clasificarse en tres grandes categorías: materiales, no materiales y de regulación (Figura 1, Díaz et al., 2018).

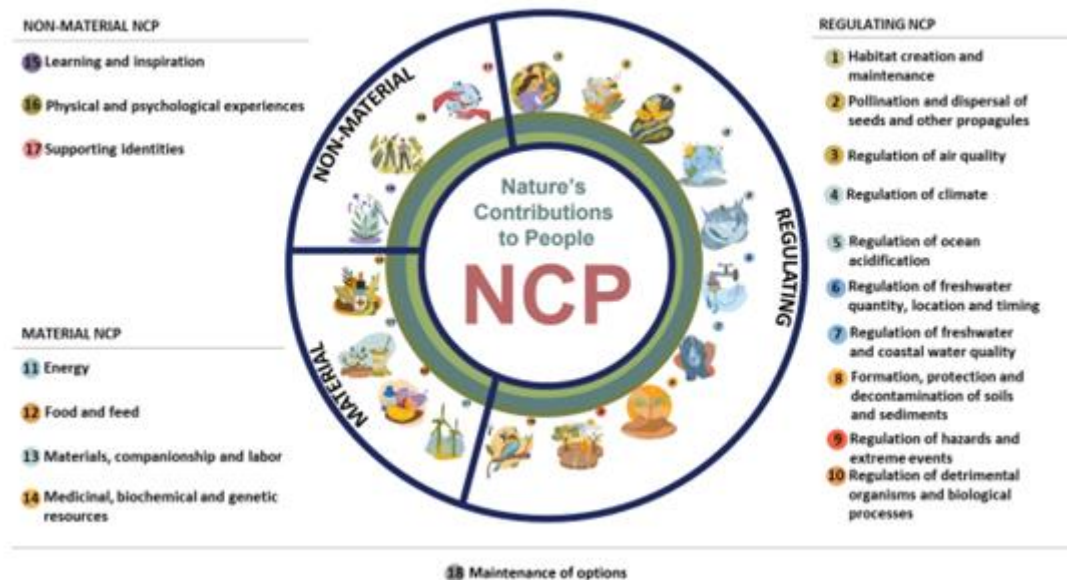


Figura 1. Tipología de Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP) que presenta las 18 categorías (de la 1 a la 18) y la división en 3 categorías (regulación, materiales y no materiales) según Díaz et al. (2018).

2.1. NCP MATERIALES

Estas son contribuciones tangibles que los ecosistemas acuáticos brindan a las personas:

- Suministro de agua dulce para el consumo humano, agricultura, ganadería e industria.
- Recursos alimentarios: pesca artesanal, recolección de moluscos, crustáceos y plantas acuáticas comestibles.
- Materiales para la construcción: como juncos y cañas; y combustibles como leña obtenida de zonas ribereñas.
- Minerales y sedimentos fértiles, esenciales para la agricultura tradicional en zonas de inundación estacional (e.g., agricultura de várzea en la Amazonía).

Estas NCP son esenciales para la seguridad hídrica y alimentaria de millones de personas, especialmente en comunidades rurales y periurbanas (Vörösmarty et al., 2010, Rinke et al., 2019).

2.2. NCP NO MATERIALES

Estas contribuciones se refieren a los valores simbólicos, culturales y recreativos asociados a los ecosistemas:

- Valores espirituales y culturales: muchos pueblos indígenas consideran a los ríos y lagos como entidades sagradas, con roles clave en mitologías, rituales y cosmologías (e.g., el caso del Lago Titicaca para las culturas andinas).
- Recreación y turismo de naturaleza: actividades como el ecoturismo, la navegación recreativa, la pesca deportiva o la observación de aves acuáticas generan beneficios económicos y bienestar psicológico.

Este tipo de NCP es fundamental para la construcción de identidades territoriales y para la salud mental y emocional de las comunidades (Chan et al., 2012).

2.3. NCP DE REGULACIÓN

Los ecosistemas acuáticos desempeñan un papel crucial en la estabilidad ecológica y la regulación de procesos biofísicos:

- Regulación climática local a través de procesos como la evapotranspiración y el almacenamiento térmico.
- Control de inundaciones, al actuar como zonas de amortiguamiento natural y permitir la recarga de acuíferos subterráneos.
- Ciclo de nutrientes y depuración natural del agua mediante la actividad de microorganismos, plantas acuáticas y procesos físicos.
- Formación de suelo y fertilización natural en las llanuras de inundación
- Soporte de la biodiversidad: los cuerpos de agua dulce albergan una alta diversidad de especies endémicas, muchas de ellas amenazadas.

Estas funciones son esenciales para el mantenimiento de la calidad ambiental y la resiliencia frente a eventos extremos, especialmente en el contexto del cambio climático (Grizzetti et al., 2016; Rinke et al., 2019).

3. EFECTO DE LA TEMPORALIDAD DEL AGUA SOBRE LOS NPC

La disponibilidad y funciones de las NPC se ven influidas por el carácter permanente o temporal del ecosistema acuático:

-Aguas permanentes (e.g., grandes lagos, ríos de curso continuo) proveen NPC de forma más estable a lo largo del año.

-Aguas temporales (e.g., lagunas estacionales, humedales intermitentes) concentran su importancia en ciclos ecológicos específicos, como la reproducción de aves acuáticas o el crecimiento de vegetación clave para la alimentación del ganado. Estos pulsos estacionales están fuertemente correlacionados con los patrones climáticos regionales (e.g., monzones, sequías) y son fundamentales para mantener la funcionalidad del ecosistema. En el caso de los ríos secos, característicos de las regiones mediterráneas, sus servicios se sostienen gracias a los procesos y funciones ininterrumpidos del entorno terrestre y a la biodiversidad que albergan (Vidal-Abarca et al 2023).

La pérdida o alteración de estos ciclos naturales debido al cambio en el uso del suelo, la contaminación, sobreexplotación de los recursos, cambio climático y especies invasoras, pueden alterar la capacidad de estos sistemas para co-producir NPC (Figura 2, Junk et al. 1989). Estos impulsores directos están relacionados con factores demográficos, económicos, sociopolíticos, culturales, religiosos y científico-tecnológicos, a los que a su vez responden los sistemas socioecológicos, como sistemas complejos adaptativos (Preiser et al., 2018). Todo ello supone un desafío para su estudio, análisis y diseño de estrategias de gestión.

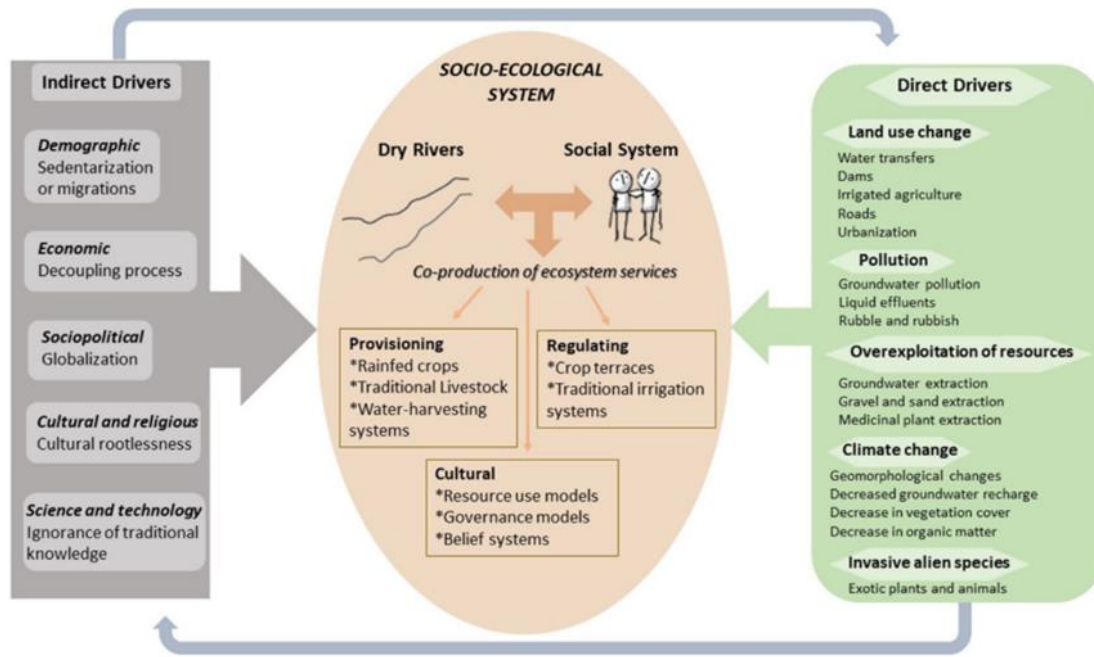


Figura 2. Ejemplos de impulsores de cambio directos e indirectos que pueden alterar la capacidad de los sistemas socio-ecológicos de co-producir NCP (Vidal-Abarca et al 2023).

4. BIBLIOGRAFÍA

Chan, K. M., Satterfield, T., & Goldstein, J. (2012). Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecological economics*, 74, 8-18.

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., ... & Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272.

Grizzetti, B., Liqueste, C., Antunes, P., Carvalho, L., Geamăna, N., Giucă, R., ... & Woods, H. (2016). Ecosystem services for water policy: Insights across Europe. *Environmental Science & Policy*, 66, 179-190.

Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, 106(1), 110-127.

Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., ... & Yagi, N. (2017). Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. *Current opinion in environmental sustainability*, 26, 7-16.

Preiser, R., Biggs, R., De Vos, A., & Folke, C. (2018). Social-ecological systems as complex adaptive systems. *Ecology and Society*, 23(4).

Rinke, K., Keller, P. S., Kong, X., Borchardt, D., & Weitere, M. (2019). Ecosystem services from inland waters and their aquatic ecosystems. *Atlas of ecosystem services: Drivers, risks, and societal responses*, 191-195.

Vidal-Abarca Gutiérrez, M. R., Nicolás-Ruiz, N., Sánchez-Montoya, M. D. M., & Suárez Alonso, M. L. (2023). Ecosystem services provided by dry river socio-ecological systems and their drivers of change. *Hydrobiologia*, 850(12), 2585-2607.

Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., ... & Davies, P. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561.

Wouters, P., & Tran, T. (2011). Out of the Mainstream: Water rights, politics and identity. *Mountain Research and Development*, 31(3), 270-271.



ANEXO III: Práctica de campo: “Ecosistemas de aguas continentales de interés en el suereste de la Comunidad de Madrid: Parque Regional del Sureste”



PRÁCTICA DE CAMPO

“ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES DE INTERÉS EN EL SURESTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID: PARQUE REGIONAL DEL SURESTE”

Práctica original: Prof. Dr. Javier García Avilés y Prof. Dr. José Vicente Rovira Sanroque. Unidad Docente de Ecología. Universidad Complutense de Madrid.

La práctica propone visitar ecosistemas acuáticos continentales de interés en el sur de Madrid ubicados en el Parque Regional del Sureste para abordar distintos aspectos relacionados con la conservación de especies y biodiversidad, contaminación de las aguas, y gestión integral de este tipo de ecosistemas.

Objetivos didácticos de la práctica:

- Identificar diferentes fuentes de contaminación antrópica en los ecosistemas acuáticos continentales del Parque Regional del Sureste.
- Analizar indicadores fisicoquímicos, biológicos e hidromorfológicos (IBMWP, QBR, IHF) que permiten categorizar la calidad ecológica de diferentes masas de agua
- Aplicar criterios e instrumentos normativos en el análisis ambiental (Directiva Marco del Agua).
- Desarrollar habilidades de observación, toma de datos en campo, interpretación de resultados y trabajo colaborativo.

- PARQUE REGIONAL DEL SURESTE

Al sureste de la Comunidad de Madrid (Figura 1) se localiza este espacio declarado en 1994 (Ley 6/1994, de 28 de junio, sobre el Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama) que alberga áreas y enclaves que constituyen algunas de las entidades biogeográficas más ricas e interesantes de la región, con formaciones vegetales y poblaciones de fauna de gran diversidad y riqueza de especies, entre las que destaca la avifauna asociada a cortados y cantiles, sotos fluviales y lagunas, o aquellas otras especies que habitan en las singulares estepas de yesos y cereales de secano.

El agua es el elemento natural dominante en este espacio. El río Jarama y sus tres afluentes, Manzanares, Henares y Tajuña, unen sus aguas en territorio del Parque. Además, la existencia de numerosas lagunas, artificiales en su gran mayoría, también contribuye a ese protagonismo. Es en estos medios acuáticos donde la fauna, aves

particularmente, encuentran lugares oportunos para su reproducción y cría, hasta 120 especies distintas encuentran alimento en la vegetación ribereña o en su fauna ictícola.

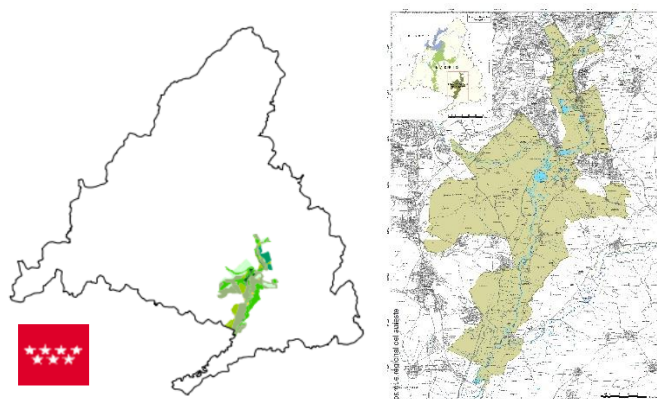


Figura 1. Localización del Parque Regional del Sureste. Extraído de <https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/parque-regional-sureste>

- LUGAR DE INTERÉS 1: YESERA DE RIVAS

La laguna de las Yeseras de Rivas es un antiguo **aljezar**, extracción comercial de yesos (sulfato cálcico), de la firma multinacional estadounidense 3M, abreviación de Minnesota Mining and Manufacturing Company, que tras su abandono se ha creado un ecosistema acuático léntico. Los productos de 3M tienen posiciones de liderazgo en los diversos mercados donde está presente: artículos de oficina, imagen gráfica, industria electrónica, servicios públicos y comunicaciones, salud, medicina, industria, seguridad personal, seguridad vial y transporte. Sus productos son conocidos en todo el mundo a través de reconocidas marcas como Scotch®, Post-it®, Scotchgard®, Nexcare® o Thinsulate®. Scotch Brite®, etc. (Wikipedia, 2014).

La laguna tiene una longitud máxima de 200 m, anchura de 60 m, superficie aproximada de 1 ha, y su cubeta es bastante plana con una profundidad de 1 m (Figura 2). Hoy en día se encuentra en mejores condiciones, ya que durante varios lustros ha sido utilizada como vertedero ilegal, llegando a acumular una enorme cantidad de neumáticos.



Figura 2. Laguna de las Yesera de Rivas. Fotos: María Mar Sánchez-Montoya & Felipe Morcillo

Entre las características fisicoquímicas de la Yesera de Rivas (Figura 3) destaca, como es previsible por la litología, la elevada conductividad eléctrica (CE) de sus aguas (entre 8 mS/cm y 13 mS/cm), y la abundancia de cloruros (Cl⁻), sulfatos (SO₄²⁻) y magnesio (Mg) (Álvarez Cobelas et al. 2000).

Esta laguna de aguas someras tiene especial interés por haber sido colonizada por dos especies de briófitos acuáticos del grupo de las hepáticas, que están incluidas en la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE), se trata de *Riella helicophylla* y *Riella notarisii*.

Respecto a la fauna vertebrada en la laguna, destaca por ser lugar de cría para renacuajos de diversas especies de sapillos. Además, alberga una fauna de invertebrados muy interesante, entre la que destacan diversos moluscos (*Physa*, *Bithynia*, *Lymnaea*), crustáceos (*Daphnia*, *Cyclops*, *Gammarus*), Cnidarios, Platelminos, Nematelminos, Briozoos, Rotíferos y Anélidos oligoquetos. Y entre los insectos, mencionar a las larvas de efímeras, varias libélulas (*Sympetrum*, *Orthetrum*), heterópteros acuáticos (*Hydrometra*, *Nepa*, *Notonecta*, *Ranatra*, *Plea*, *Micronecta*, *Mesovelia*, *Ilyocoris*) y coleópteros acuáticos de tamaño minúsculo (algunos *Dryopidae*, *Helophoridae*, *Hydraenidae*, *Hydrochidae*, *Hydrophilidae* y *Dytiscidae*).

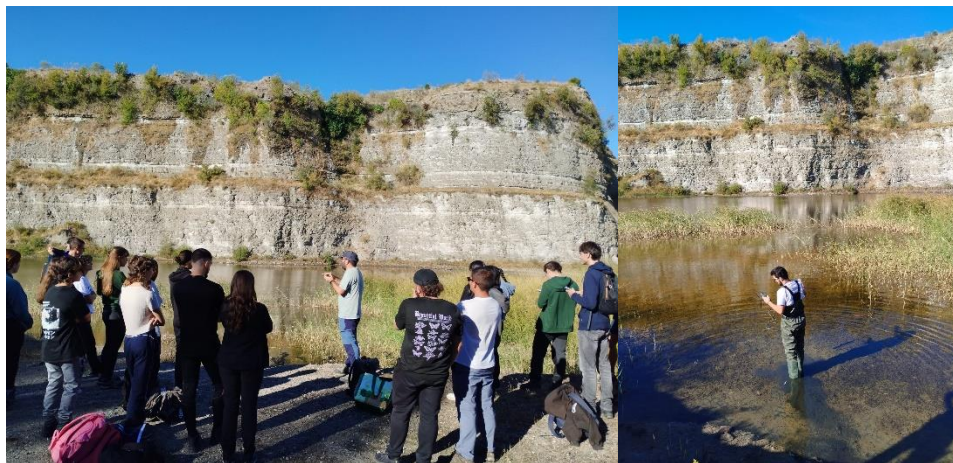


Figura 3. Medición de parámetros físico-químicos mediante sonda multiparamétrica en la Yesera de Rivas. Fotos: María Mar Sánchez-Montoya & Felipe Morcillo

Acceso: Carretera M203 en dirección Mejorada del Campo y en la rotonda tomar la M823 y parar a unos 500 m, frente a la fábrica 3M.

Actividades a desarrollar:

- Observación: Impacto de la minería en el paisaje y el sustrato yesífero. Relación con la geología local.
- Toma de datos: Uso de sonda multiparamétrica (pH, temperatura, CE, oxígeno).
- Discusión: Valor ecológico de ecosistemas acuáticos de origen antrópico.

- LUGAR DE INTERES 2: CONFLUENCIA DEL RÍO JARAMA Y RÍO MANZANARES

En este entorno se observan distintos tipos de presiones en medios acuáticos:

- i) contaminación debida a vertidos de efluentes que alteran las características químicas (nitratos, nitritos, fosfatos, metales pesados, etc.) y físicas (pH, conductividad, temperatura) de sus aguas.
- ii) presiones hidrológicas, como son cambios en los caudales de agua fluvial circulante por los embalses situados en los ríos, o la modificación del flujo con los acuíferos como puede suceder en ríos y humedales.
- iii) presiones hidro-morfológicas que han generado lagunas producidas por la extracción de grava y arena.
- iv) presencia de especies exóticas.

El **río Jarama** nace en la Peña Cebollera o Pico de las Tres Provincias en la (Sierra de Ayllón, Sistema Central), a unos 2128 m.s.n.m. entre los términos municipales de Somosierra (Madrid), El Cardoso de la Sierra (Guadalajara) y Santo Tomé del Puerto (Segovia), discurre entre las provincias de Guadalajara y Madrid y su longitud es de 194 km. Otros datos de interés:

- Cuenca hidrográfica total del río Jarama: 11597 km²
- Cuenca hidrográfica parcial del río Jarama, antes de su confluencia con el río Manzanares: 7332 km²
- Caudal medio anual del río Jarama (Confederación Hidrográfica del Tajo: Estación de aforo de Mejorada de Campo San Fernando de Henares, en el año 2020): 23465 m³/s

El **río Manzanares** nace a unos 2000 m.s.n.m. en el Ventisquero de la Condesa (Sierra de Guadarrama, Sistema Central), en el término municipal de Manzanares el Real (Madrid) y después de recorrer 92 km, desemboca en el río Jarama. La cuenca hidrográfica principal es la del río Tajo, río al que desemboca el Jarama en Aranjuez (Madrid). Otros datos de interés:

- Cuenca hidrográfica total del río Manzanares: 1242 km²
- Caudal medio anual del río Manzanares (Confederación Hidrográfica del Tajo: estación de aforo de Rivas-Vaciamadrid, en el año 2020): 11712 m³/s

El concepto de **habitante-equivalente** (h-e), muy empleado por la administración, permite entender comparar vertidos a los ríos y calcular la carga de trabajo que debe realizar una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). Un habitante-equivalente se define en el RDL 11/1995 como: La carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO 5), de 60 gramos de oxígeno por día. Para determinar los habitantes equivalentes se debe contabilizar la media de

la semana de mayor carga del año sin lluvias o vertidos extraordinarios, según indica la Directiva 91/271/CEE. Se considera equivalente a la cantidad de materia orgánica que es eliminada por un humano moderno en su vida diaria, vehiculizada a través del agua residual. Así podemos comparar la contaminación orgánica generada por humanos, con la de la industria, ganadería, etc.

- Datos de habitantes equivalentes de diseño en las EDAR

Río Jarama, antes de su confluencia con el río Manzanares: 3,9 Gh-e, de los cuales:

- i) Río Jarama 3,2 Gh-e
- ii) Río Lozoya: 0,05 Gh-e
- iii) Río Guadalix: 0,1Gh-e
- iv) Río Henares 0,55 Gh-e

Río Manzanares: 11 Gh-e;

Río Tajuña: 0,09 Gh-e.

Río Jarama completo: del orden de 15 Gh-e.

- En la cuenca del Jarama existen un total de 15 **embalses** (CHTajo, 2021). Son los siguientes:

- i) Río Jarama: embalse El Vado
- ii) Río Lozoya o Pinilla: embalses Riosequillo, Puentes Viejas, El Villar y el Atazar (el mayor de la cuenca del Jarama con una capacidad de 425 Hm3)
- iii) Río Tajuña: embalse La Tajera
- iv) Río Henares: embalses Palmaces, Alcorlo, Pozo de los Ramos y Beleña.
- v) Río Manzanares: embalses Navacerrada, Santillana y El Pardo.
- vi) río Guadalix: embalse El Vellón o de Pedrezuela

- En el Parque del Sureste habitan muchas **especies exóticas**. A continuación, se nombran las más destacadas:

- i) Mamíferos:
Mapache, *Procyon lotor* (Linnaeus, 1758); en expansión desde 2006, especialmente en zona norte del Parque.
Visón americano, *Neogale vison* (Schreber, 1777)
- ii) Aves:
Cotorra gris argentina, *Myiopsitta monachus* (Boddaert, 1783)
Estrilda pico coral, *Estrilda astrild* (Linnaeus, 1758)
- iii) Reptiles:
Galápago de Florida, *Trachemys scripta elegans* (Wied-Neuwied, 1839)
- iv) Peces:
Lucio, *Esox lucius* (Linnaeus, 1758)
Black bass o perca americana, *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802);
Perca sol o pez sol, *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)

Pez gato, *Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)
Carpa, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
Carpín, *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758).

Acceso: Avenida de Francia hasta Avenida de Levante (tercera rotonda), que tomamos a la derecha, siguiendo todo recto hasta un aparcamiento que hay al final junto al polideportivo.

Actividades a desarrollar:

- Observación: Comparación entre cuencas, caudales, y habitantes-equivalente. Visualización del impacto de efluentes.
- Discusión:
 - o Transformación de los usos del suelo en la zona del Parque Regional del Sureste:
 - De cazadero histórico real a zona agrícola y posteriormente a espacio de extracción de áridos (grava y arena).
 - Reflexión sobre cómo esta evolución ha condicionado la configuración actual del paisaje y la biodiversidad.
 - o Presiones múltiples sobre el medio acuático. El papel de las EDAR y el caudal ecológico. Especies invasoras.

- LUGAR DE INTERES 3: LAGUNA DE EL CAMPILLO

La laguna de El Campillo (Figura 4) es un ejemplo de una de las muchas lagunas de gravera presentes en el Parque Regional del Sureste originadas por la extracción de grava y arena. La explotación de estos materiales, al llegar al nivel freático, hizo que el hueco creado se fuera rellenando de agua procedente del acuífero y del propio río Jarama. La laguna del Campillo tiene unos 1500 m de longitud y casi 400 m de anchura. Su profundidad máxima medida es de 16 m. Los trabajos de extracción de áridos que dieron lugar a su creación comenzaron a mediados de la década de 1960 y su explotación duró casi 10 años (Grijalbo, 2004). Actualmente es propiedad de la Comunidad de Madrid y tiene un Centro de Interpretación, inaugurado en el año 2000.



Figura 4. Laguna del El Campillo. Foto: María Mar Sánchez-Montoya & Felipe Morcillo

- **Características físico-químicas** de la laguna del El Campillo (Álvarez Cobelas et al., 2000):

En general, la calidad de las aguas de las lagunas artificiales del Parque está relacionadas con la distancia a los cursos fluviales, de forma que cuanto más cerca estaban los humedales de los ríos, peor era su calidad, destacando la mayor concentración de fósforo (Álvarez Cobelas *et al.*, 2000).

La laguna de El Campillo se encuentra próxima al río Jarama (20 m en su punto más cercano) y resulta de las más profundas de todas las del Parque (más de 16 m), con la parte más honda situada en el centro. Se halla muy abierta al viento, particularmente al de componente E-O. La conductividad (CE) de la laguna es de las menores entre todas las estudiadas (1,47-1,85 mS/cm), muy probablemente diluida por las aguas del colindante río Jarama. Las aguas son sulfatado sódicas. La laguna experimenta estratificación térmica y anoxia en las capas profundas durante un periodo muy prolongado del año, debida -en este segundo caso- a la descomposición en profundidad de la elevada necromasa de origen fitoplanctónico que se genera en las capas superficiales eutróficas, que reciben gran cantidad de radiación solar sin sombra que las proteja. Esas bacterias y vegetales planctónicos aportan el característico olor verdoso de la clorofila que contienen, y en ocasiones -dependiendo del viento existente- acumulan una *nata* espumosa fitoplanctónica en alguna de las orillas.

Para evaluar la respuesta de las masas de agua a la carga de nutrientes se emplean una serie de indicadores biológicos (clorofila a y densidad algal en la zona fótica) y fisicoquímicos (concentración de fósforo total en la zona fótica y profundidad de visión del disco de Secchi). En función de los resultados, los embalses quedan catalogados en Ultraoligotrófico (UL), Oligotrófico (OL), Mesotrófico (ME), Eutrófico (EU) e Hipereutrófico (HI), de menor a mayor grado de eutrofización (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2021). Según Álvarez Cobelas et al., (2000), considerando la

concentración de clorofila a en el agua como indicador del estado trófico, esta laguna es de carácter Hipertrófico (HI).

La laguna presenta una elevada concentración de fósforo (P) (0,042-0,430 mg P/L) en comparación con el nitrógeno (N), con lo cual es verosímil que este segundo elemento sea aquí el limitante de la producción primaria del fitoplancton. La anoxia profunda genera amonio (NH₄⁺) a partir de la descomposición del N orgánico y libera ortofosfato (PO₄³⁻) del sedimento. A pesar de las dominancias de actividades agrícolas en su entorno, presenta muy poco nitrato (0,0-1,25 mg/L de NO₃⁻), posiblemente porque el flujo de origen fluvial renueva con rapidez el agua lacustre.

- Vegetación acuática:

Presenta una vegetación litoral de enea (*Typha* spp.) y carrizo (*Phragmites australis*) en la práctica totalidad de su perímetro y, en el extremo más occidental existe una pradera sumergida del macrófito acuático *Myriophyllum spicatum*.

- Fauna:

Hay más de 60 especies de aves acuáticas, en este entorno (García-Avilés et al., 1999). Es el único enclave en el Parque Regional del Sureste en el que se encuentra presente el galápagos europeo (*Emys orbicularis*). Se desconoce si ha sido introducido o se trata de una población natural, ya que se encuentra bastante aislado del resto de sus poblaciones en la Comunidad de Madrid (en el río Jarama tampoco se le ha observado). Ambos galápagos (europeo y leproso) se hallan incluidos en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE de Hábitats.

Presencia de especies exóticas invasoras (2017):

- i) Crustáceos: cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) (PRSE, 2017). El cangrejo americano es un importante depredador de puestas, larvas e incluso adultos de anfibios ibéricos.
- ii) Reptiles: galápagos de Florida (*Trachemys scripta*); *Pseudemys* sp.; *Graptemys* sp. (2017).
- iii) Peces: carpa (*Cyprinus carpio*), percasol (*Lepomis gibbosus*), pez gato (*Ameiurus melas*) y black-bass (*Micropterus salmoides*) (2018).
- i) Mamíferos: mapache boreal (*Procyon lotor*); visón americano (*Neogale vison*) (2017).

Actividades a desarrollar:

- Observación:
 - o Análisis visual del ecosistema lacustre: relieve, vegetación acuática, presencia de fauna observable.
 - o Identificación de signos de eutrofización: turbidez, espumas, coloración del agua, olores característicos.

- Reconocimiento de infraestructuras o alteraciones del paisaje ligadas a usos pasados (canteras, vías, huellas de extracción).
- **Discusión:**
 - Valor ecológico de las lagunas artificiales formadas tras la actividad minera.
 - Proceso de eutrofización y dinámica limnológica de la laguna del Campillo.
 - Presencia y efectos de especies exóticas invasoras.
 - Discusión sobre el potencial educativo, científico y de conservación del entorno.

- **LUGAR DE INTERES 4: RÍO JARAMA**

Este punto se sitúa en el tramo de río Jarama entre la desembocadura del río Henares y el embalse del Rey, identificado como ES030MSPF0419010. Este tramo está completamente incluido en la Red Natura 2000 y se encuentra dentro del Parque Regional del Sureste.

El tramo ES030MSPF0419010 pertenece a la tipología 15, según la clasificación oficial del Plan Hidrológico de la Demarcación del Tajo (natural). Esta tipología corresponde a: Ríos mediterráneo-continentales poco mineralizados

Esta clasificación es clave para interpretar correctamente los valores de referencia aplicables al diagnóstico ecológico y para evaluar adecuadamente los índices aplicados (IBMWP, QBR, IHF), tal como establece la Directiva Marco del Agua (DMA).

Según los datos más recientes disponibles, los principales indicadores registrados en el punto de muestreo correspondientes a este tramo. Son los siguientes:

- **IBMWP:** 33 (23 de junio de 2020)
- **IBMR:** 7 (23 de junio de 2020)
- **IMMi-T:** 0,362 (23 de junio de 2020)
- **Índice de polusensibilidad (IPS):** 6,8 (23 de junio de 2020)
- **Vegetación acuática macroscópica (IVAM):** 2,32 (2018)
- **Calidad del bosque de ribera Índice (QBR):** 70 (23 de junio de 2020)
- **Evaluación del hábitat fluvial (IHF):** 36,4 (2018)
- **pH:** 7,7 (23 de junio de 2020)
- **Oxígeno disuelto:** 6,6 mg/l (23 de junio de 2020)
- **Oxígeno disuelto saturación:** 70% (23 de junio de 2020)

- **Amonio (NH₄⁺):** 5,45 mg/l (muy por encima del valor de referencia de 0,6 mg/l) (23 de junio de 2020)
- **Fósforo (PO₄³⁻):** 0,60 mg/l (23 de junio de 2020)
- **Nitratos (NO₃⁻):** 16,8 mg/l (23 de junio de 2020)
- **Demanda Biológica de Oxígeno a 5 días (DBO5):** < 2 mg/l (2016)

Actividades a desarrollar:

- Observación: Evaluación visual del cauce, márgenes y vegetación de ribera.
- Explicación técnica: Uso y significado del índice QBR (calidad del bosque de ribera) e IHF (índice de hábitat fluvial). Se comentará su utilidad para el diagnóstico ecológico y sus posibles desfases respecto a indicadores biológicos.
- Discusión: Relación entre presiones antrópicas, alteración de hábitats fluviales y estado ecológico.

Acceso: Desde la laguna del Campillo, atravesar el Jarama por el puente de la antigua N-III y dirigirse hacia el tramo de río que está debajo de las vías de la línea 9 de Metro.

- BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Cobelas, M. y Sánchez Carrillo, S. (Eds.) (2020). *Ecología acuática de Madrid*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. ISBN: 978-84-00-10703-1.
- Álvarez Cobelas, M.; Riobos, P.; Himi, Y.; Sánchez-Carrillo, S.; García-Avilés, J. e Hidalgo, J. (2000). *Estudio físico-químico de los ambientes estancados del Parque Regional del Sureste de la Comunidad de Madrid*. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid "Fernando González Bernáldez". Serie Documentos n.º 29. 67 pp.
- Arroyo Ilera, F. (2002). Orígenes y antecedentes de la Real Acequia del Jarama. *Estudios Geográficos*, 63 (248/249): 409-442.
- CHTajo (Confederación Hidrográfica del Tajo) (2007). *Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía de la cuenca hidrográfica del Tajo Anejo IV - Caracterización de las demandas*. Confederación Hidrográfica del Tajo. 120 pp.
- Comunidad de Madrid (2018). *Estrategia de recuperación y conservación de los ríos de la Comunidad de Madrid: Borrador para consulta pública*. Dirección General de Medio Ambiente, Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio.
- Díaz Martínez, E. y Rodríguez Aranda, J.P. (2008). *Paseos por la Geología Madrileña. 2. Itinerario geológico por el sureste de la Comunidad de Madrid*. Instituto Geológico y Minero de España. 36 pp.
- Fraguas, R. (2007). Madrid, superpotencia minera. *El País*, 3 de septiembre de 2007. [https://elpais.com/diario/2007/09/03/madrid/1188818666_850215.html]

- García-Avilés, J. (2002). *Biodiversidad de los humedales del Parque Regional del Sureste. II. Libélulas*. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid "Fernando González Bernáldez". Serie Documentos n.º 36. 60 pp.
- García-Avilés, J. (2002). *Biodiversidad de los humedales del Parque Regional del Sureste. III. Heterópteros acuáticos*. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid "Fernando González Bernáldez". Serie Documentos n.º 37. 62 pp.
- García-Avilés, J.; Roblas Moreno, N. y Hidalgo Zamora, J. (1999). *Biodiversidad de los humedales del Parque Regional del Sureste. I. Vertebrados acuáticos*. Centro de Investigaciones Ambientales de la Comunidad de Madrid "Fernando González Bernáldez". Serie Documentos N.º 28. 65 pp.
- Grijalbo, J. (2004). *La laguna de El Campillo*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Comunidad de Madrid. 33 pp.
- Himi, Y. (2001). *Hidrología y contaminación acuática en el Parque Regional del Sureste de la Comunidad Autónoma de Madrid*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. 304 pp
- Toro, M., Robles, S., Tejero, I., Cristóbal, E., Velasco, S., Sánchez, J.R. & Pujante, A., (2009). Grupo 32. Tipo Ecológico Nº 15. Ejes fluviales mediterráneo-continentales poco mineralizados. En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 14 p

- LEGISLACIÓN

- Comunidad de Madrid (1994). Ley 6/1994, de 28 de junio, sobre el Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama. B.O.C.M., 163: 2-22.
- Directiva 91/271/CEE. Directiva del Consejo, de las Comunidades Europeas, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. DOCE 135, de 30 de mayo de 1991, pp. 40-52 [<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1991-80646>].
- Directiva 92/43/CEE. Directiva 92/43/CEE del Consejo, de las Comunidades Europeas, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. DOCE 206, de 22 de julio de 1992, pp. 7-50 [<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1992-81200>].
- Ley 6/1994. Ley 6/1994, de 28 de junio, de la Comunidad de Madrid, sobre el Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama. BOE 206, de 29 de agosto de 1994, pp. 27312-27333 [<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1994-19704>].
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2008). ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. BOE, 229: 38472-38582.

RDL 11/1995. Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. BOE 312, de 30 de diciembre de 1995, pp. 37517- 37519 [https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-27963].

RD 817/2015. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE 219, de 12 de septiembre de 2015, pp. 80582-80677. [https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-9806&tn=1&p=20161229]

- RECURSOS

Parque Regional del Sureste

<https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/parque-regional-sureste>

Hábitat de interés Comunitario: Lagunas y lagunas kársticas sobre yesos
https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/hic_mes_de_julio_2022_dfc.pdf

Inventario Español de Lugares de Interés Geológico: Escarpes en yesos de Rivas Vaciamadrid y laguna del Campillo

<https://info.igme.es/ielig/LIGInfo.aspx?codigo=TM028>

Fauna del Parque Regional del Sureste

<https://www.elsoto.org/fauna-del-parque-regional-del-sureste/>

Comunidad de Madrid: Laguna de El Campillo. Listado de flora y fauna

https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/laguna_del_campillo.pdf

Web Canal de Isabel II

<https://www.canaldeisabelsegunda.es/inicio>

Web del CEDEX Anuario de aforos

<https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/default.asp>

CHTajo: web de la Confederación Hidrográfica del Tajo

www.chtajo.es



ANEXO IV: Encuesta y respuestas “Evaluación de la implementación del proyecto INNOVA”

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA

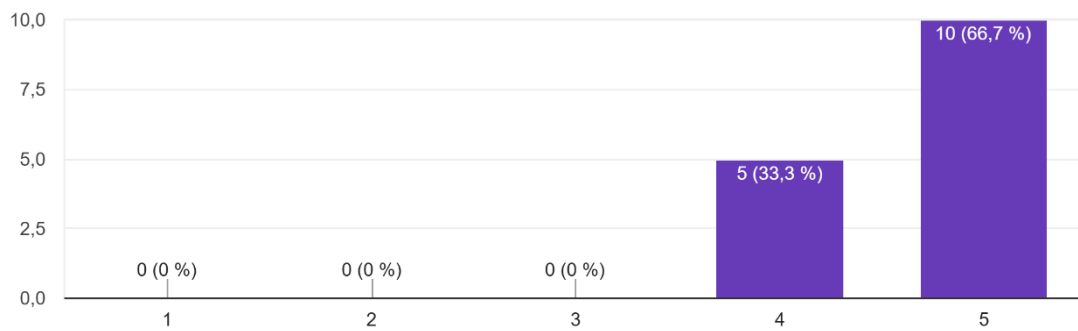
“REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA”

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

RESUMEN DE LAS RESPUESTAS RECIBIDAS

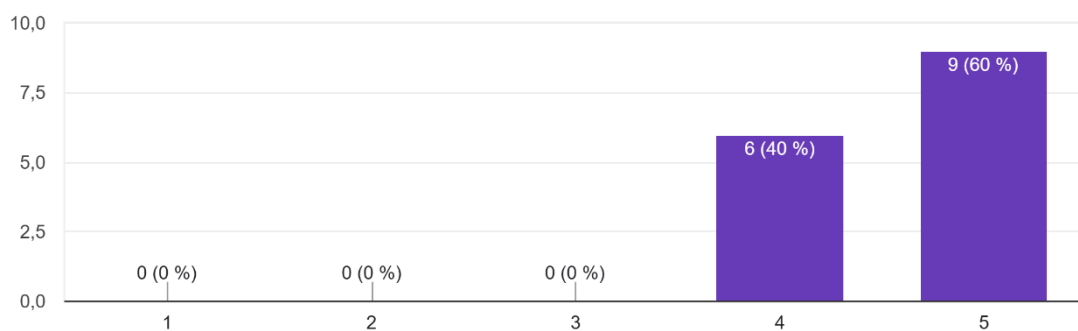
¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

15 respuestas



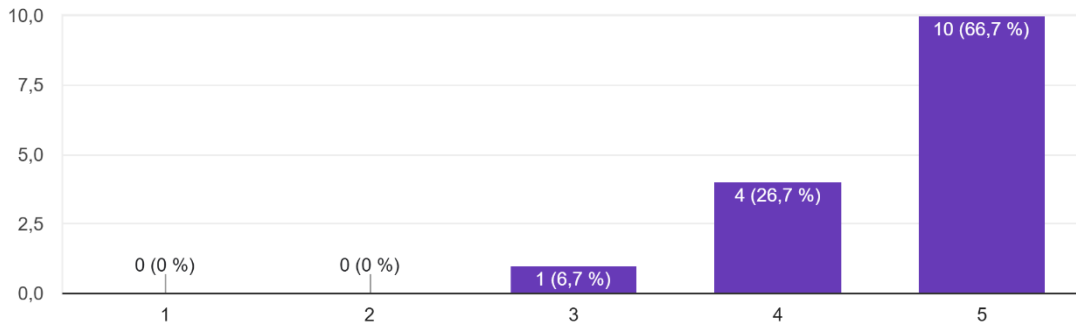
¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

15 respuestas



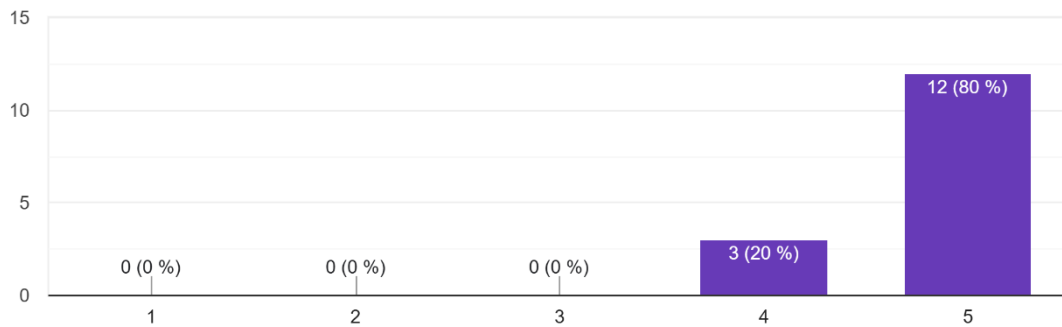
En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

15 respuestas



¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

15 respuestas



¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA? 15 respuestas

El gran número de personas implicadas con distintas perspectivas, pero con un objetivo común.

Las tareas han sido muy bien repartidas para que todo el mundo pudiera contribuir.

Creación de material didáctico, organización de reuniones, distribución de tareas

El esfuerzo por parte de la coordinadora para organizar a los integrantes del equipo y poder alcanzar los objetivos del proyecto

Integrar diferentes puntos de vista y la visión de diferentes profesionales en torno a la docencia de la limnología

la interacción con otros docentes en varias reuniones, el reparto efectivo de tareas y el material creado

Interacción con los integrantes del equipo y las reuniones como espacios de discusión de temas limnológicos.

La organización de las tareas.

El logro de los objetivos propuestos ayuda a la docencia.

El trabajo desarrollado por la dirección del proyecto.

Tener una coordinadora tan eficiente.

El logro de los objetivos propuestos contribuyen a la mejora de la docencia.

La diversidad del equipo y la colaboración entre los participantes.

El grupo de trabajo ha sido fantástico y la coordinación excelente.

Trabajo colaborativo.

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?13 respuestas

Debería haberme implicado más en alguna de sus fases finales.

Me hubieran gustado más interacciones entre los expertos en limnología y los que no lo éramos. También, la falta de presupuesto para organizar la salida de campo pensada para la asignatura.

Nada

El cumplimiento colectivo de las deadlines, por otro lado entendible y justificadas los retrasos, etc.

Se podría mejorar la retroalimentación entre los miembros para optimizar el aprendizaje y la calidad del material creado.

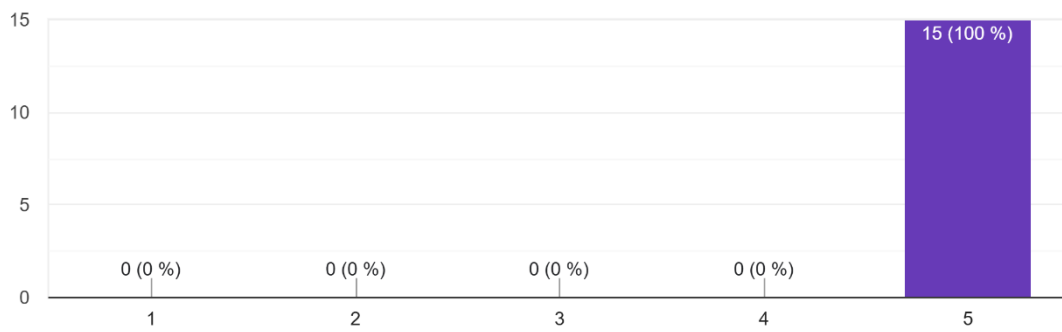
Tiempo empelado mayor del esperado.

Hemos estado limitados por el presupuesto del INNOVA y el presupuesto concedido por la CAM a la UCM limita también el trabajo de campo.

Ninguno por parte del proyecto, en mi caso, quizá la falta de más horas para la dedicación.

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

15 respuestas



INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

Interacción con los integrantes del equipo y las reuniones como espacios de discusión de temas limnológicos

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

Tiempo empelado mayor del esperado

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

El grupo de trabajo ha sido fantástico y la coordinación excelente

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

No poder vernos presencialmente

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

Trabajo colaborativo

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

dificultad de implementación real de las actividades llevadas a cabo

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

1 2 3 4 5

Muy poco satisfactorio Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

El esfuerzo por parte de la coordinadora para organizar a los integrantes del equipo y poder alcanzar los objetivos del proyecto

¿Qué valoras mas negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

La organización de las tareas

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

creación de material didáctico, organización de reuniones, distribución de tareas

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

nada

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

La diversidad del equipo y la colaboración entre los participante

¿Qué valoras mas negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

la falta de fondos para llevar a cabo las actividades

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

El trabajo desarrollado por la dirección del proyecto.

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

Ninguno por parte del proyecto, en mi caso, quizá la falta de más horas para la dedicación.

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

1 2 3 4 5

Muy poco satisfactorio Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

El gran número de personas implicadas con distintas perspectivas pero con un objetivo común.

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

Debería haberme implicado más en alguna de sus fases finales.

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

El logro de los objetivos propuestos ayuda a la docencia

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

hemos estado limitados por el presupuesto del INNOVA y el presupuesto concedido por la CAM a la UCM limita también el trabajo de campo

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

El logro de los objetivos propuestos contribuyen a la mejora de la docencia

¿Qué valoras mas negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

El presupuesto del INNOVA ha limitado la propuesta docente al igual que el presupuesto concedido a la UCM por parte de la CAM limitará las prácticas de campo

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

la interacción con otros docentes en varias reuniones, el reparto efectivo de tareas y el material creado

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

se podría mejorar la retroalimentación entre los miembros para optimizar el aprendizaje y la calidad del material creado

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

tener una coordinadora tan eficiente

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

que finalmente, tras la dedicación puesta, la asignatura no pudiera implementarse

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

	1	2	3	4	5	
Totalmente en desacuerdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

1 2 3 4 5

Muy poco satisfactorio Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

Integrar diferentes puntos de vista y la visión de diferentes profesionales en torno a la docencia de la limnología

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

El cumplimiento colectivo de las deadlines, por otro lado entendible y justificadas los retrasos, etc.

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

INNOVA

ENCUESTA EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO INNOVA "REFORZANDO LA LIMNOLOGÍA EN EL APRENDIZAJE EN ECOLOGÍA"

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre la experiencia del equipo participante en el Proyecto de Innovación Docente UCM.

¿Cómo valorarías, en general, tu grado de satisfacción con tu participación en esta actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

¿Cuál es tu grado de satisfacción con las distintas reuniones de organización o trabajo celebradas durante la implementación del proyecto INNOVA)?

	1	2	3	4	5	
Muy poco satisfactorio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy satisfactorio

En relación con tus expectativas de aprendizaje ¿Cómo valorarías la actividad?

	1	2	3	4	5	
Muy negativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Muy positiva

¿Cuál es tu grado de satisfacción con los materiales creados en el proyecto INNOVA?

1 2 3 4 5

Muy poco satisfactorio Muy satisfactorio

¿Qué valoras más positivamente del proceso de desarrollo de proyecto INNOVA?

Las tareas han sido muy bien repartidas para que todo el mundo pudiera contribuir.

¿Qué valoras más negativamente del proceso del desarrollo del proyecto INNOVA?

Me hubieran gustado más interacciones entre los expertos en limnología y los que no lo éramos. También, la falta de presupuesto para organizar la salida de campo pensada para la asignatura

¿Crees que la implementación del proyecto INNOVA puede contribuir a mejorar la vocación científica del alumnado y su interés por la limnología?

1 2 3 4 5

Totalmente en desacuerdo Totalmente de acuerdo

Google