

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS RÍOS TEMPORALES



mayo 2018

ÍNDICE

1	Introducción.....	1
2	Caracterización del régimen hidrológico en ríos temporales. Definición de Hidrotipos.	3
3	Metodología para la evaluación del estado	5
3.1	Definición de ecotipos para ríos temporales	8
3.2	Elementos de calidad e indicadores biológicos en ríos temporales	11
3.3	Elementos de calidad e indicadores fisicoquímicos y químicos	12
3.4	Elementos de calidad e indicadores hidromorfológicos.....	13
3.5	Esquema metodológico.....	15
4	Conclusiones	15
5	Referencias.....	17
	Anexo 1. Indicadores biológicos y condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales.	19
	Anexo 2. Indicadores hidromorfológicos y condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales.	25
	Anexo 3. Manual de aplicación del software TREHS.	31
1.	Resumen.....	33
2.	Unidades espaciales y temporales	36
3.	Estados acuáticos y fases acuáticas	37
4.	Adquisición y gestión de la información	37
5.	Registros de caudales.....	38
6.	Entrevistas.....	39
7.	Análisis de datos y resultados	41
8.	Referencias.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen metodológico de la evaluación del estado de los ríos temporales..	8
Tabla 2. Indicadores para los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos temporales.....	14
Tabla 3. Indicadores de estado biológico en ríos temporales según el ecotipo	21
Tabla 4. Elementos de calidad e indicadores biológicos para ríos temporales.....	22
Tabla 5. Nuevos ecotipos para ríos temporales	22
Tabla 6. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado para los indicadores biológicos en ríos temporales.....	24
Tabla 7. Indicadores de hidromorfológico en ríos temporales según el ecotipo.....	27
Tabla 8. Indicadores para los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos temporales.....	28
Tabla 9. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales para indicadores hidromorfológicos.....	30
Tabla 2: Acrónimos, términos y conceptos empleados en TREHS. 1: definidos en Gallart et al. 2017; 2: definidos en Gallart et al. 2012	34
Tabla 11. Nomenclatura y límites entre métricas de los regímenes definidos en TREHS. Los límites principales que definen los regímenes se muestran en negrita.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los hidrotipos temporal de TREHS en el diagrama FPD	3
Figura 2. Definición de ecotipos a partir de los hidrotipos temporales de TREHS en el diagrama FPD.....	11
Figura 3. Tabla de frecuencias estacionales de las fases acuáticas empleada en las entrevistas.	40
Figura 4. secuencia de tres fotografías aéreas del mismo tramo fluvial, mostrando respectivamente, de izquierda a derecha, flujo, pozas y cauce seco	40
Figura 5. Gráficos de la frecuencia relativa de los estados acuáticos (ASFG) obtenidos a partir de datos de aforos (superior) y de encuestas (inferior) para el mismo tramo fluvial.	43
Figura 6. Gráfico del régimen temporal (TRP) en el que se compara el régimen obtenido mediante un modelo (régimen natural) con los regímenes reales obtenidos mediante registros de aforo y encuestas.	44
Figura 7. distribución de los tres ejes en un gráfico FPD (Flujo – Pozas – Seco).....	45
Figura 8. Gráfico FPD en el que se muestra la clasificación de los regímenes empleada en TREHS. Los puntos representan casos reales de tramos fluviales obtenidos mediante observaciones y fotografías.....	46

1 Introducción

El título V sobre la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (TRLA) incorpora a la legislación española los aspectos relativos a la protección de estado de las aguas en aplicación de lo dispuesto en la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DMA). En particular, el artículo 92 del TRLA, establece los objetivos de la protección de las aguas y del dominio público hidráulico, que incluyen, entre otros, prevenir el deterioro, proteger y mejorar el estado de las aguas; establecer medidas específicas para reducir la contaminación por sustancias prioritarias; y garantizar un suministro de agua suficiente en buen estado. Todos estos objetivos se integran en los objetivos medioambientales para las aguas superficiales y zonas protegidas regulados en el artículo 92 bis. Finalmente, el artículo 92 ter del TRLA obliga a que cada demarcación hidrográfica establezca programas de seguimiento del estado de las aguas al objeto de obtener una visión general coherente y completa de dicho estado.

Por otro lado, tal y como se establece en la Instrucción de planificación hidrológica (ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre) en su apartado 1.2., los ríos se caracterizan según su régimen hidrológico, diferenciando entre ríos permanentes, temporales o estacionales, intermitentes o fuertemente estacionales y efímeros, siendo:

- Ríos permanentes: cursos fluviales que en, régimen natural, presentan agua fluyendo, de manera habitual, durante todo el año en su cauce.
- Ríos temporales o estacionales: cursos fluviales que, en régimen natural, presentan una marcada estacionalidad, caracterizada por presentar bajo caudal o permanecer secos en verano, fluyendo agua, al menos, durante un periodo medio de 300 días al año.
- Ríos intermitentes o fuertemente estacionales: cursos fluviales que, en régimen natural, presentan una elevada temporalidad, fluyendo agua durante un periodo medio comprendido entre 100 y 300 días al año.
- Ríos efímeros: cursos fluviales en los que, en régimen natural, tan sólo fluye agua superficialmente de manera esporádica, en episodios de tormenta, durante un periodo medio inferior a 100 días al año.

La evaluación del estado de las aguas superficiales se realiza conforme al 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; así como conforme a los Planes hidrológicos de cada demarcación (por ej., el Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Cataluña para el periodo 2016-2021).

Posteriormente a la aprobación del Real decreto de Estado (RD 817/2015, de 11 de septiembre), el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (MAPAMA) desarrolla un *“Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos”*, que se adecúa mejor a los criterios que marca la Instrucción de Planificación Hidrológica para los indicadores hidromorfológicos.

A efectos de este documento entenderemos como ríos temporales todos los ríos cuyo régimen hidrológico es no permanente, incluyendo por tanto los ríos temporales o estacionales, intermitentes o fuertemente estacionales y efímeros que define la IPH.

Teniendo esto en cuenta, es importante destacar que los ríos temporales presentan una serie de peculiaridades que hacen que la metodología para evaluar su estado difiera de la utilizada para la evaluación de los ríos permanentes. Las principales peculiaridades que presentan estos ríos son:

- El flujo de agua es nulo durante un determinado periodo de tiempo.
- La temporalidad del régimen hidrológico puede ser de diferentes tipos, estacional, intermitente o efímero.
- Durante los periodos secos pueden quedar pozas con agua o puede quedar el lecho seco.
- Pueden ser ríos efímeros, en los que únicamente circula agua tras episodios de lluvia.

Todas estas peculiaridades van a definir un determinado comportamiento del río desde el punto de vista ecológico. Las características hidrológicas que más afectan a las comunidades biológicas no son cuantitativas (cantidad de flujo) sino cualitativas (fases de flujo de agua corriente, de presencia de agua estancada en pozas o fases sin agua), que definirán las características ecológicas esperables de los diferentes ríos temporales.

Por ello en el desarrollo del proyecto Life TRivers, una parte muy importante ha sido definir y caracterizar los ríos temporales, desarrollar métodos para determinar el grado de alteración hidrológica (estado hidrológico) y relacionar el comportamiento hidrológico con el comportamiento ecológico. Esta caracterización ha sido materializada en la definición de unas clases de régimen, que se denominan *“hidrotipos”*. Posteriormente, estos hidrotipos se han agrupado en unas clases más amplias para las cuales se pueden definir unos métodos para la evaluación del estado de las aguas, que se denominan *“ecotipos”*.

El objeto de este documento es definir una metodología de evaluación del estado de las masas de agua para los ríos temporales, que a su vez pueda incorporarse a la evaluación del estado de las aguas superficiales en general y que incluya los elementos de calidad hidromorfológica definidos en el *“Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos”* desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

2 Caracterización del régimen hidrológico en ríos temporales. Definición de Hidrotipos.

Para poder evaluar el estado de los ríos temporales, es necesario previamente caracterizar el régimen hidrológico, desde el punto de vista de poder anticipar las comunidades biológicas características asociadas a dicho régimen.

Se deberá caracterizar, en la medida de lo posible el régimen hidrológico tanto natural como el actual, determinando preliminarmente y en su caso la posible alteración del régimen hidrológico en las masas de agua.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, se diseña en el marco del proyecto Life TRivers, una nueva clasificación de régimen hidrológico (hidrotipos temporales) diseñada específicamente para los ríos temporales, así como un programa informático (TREHS) que permite clasificar las masas de agua.

Esta clasificación se realiza en función de las métricas que miden la relativa permanencia de las tres fases principales: flujo, pozas y ausencia de agua (FPD).

Estos términos se combinan para identificar ocho tipos de régimen o hidrotipos, como se muestra en el diagrama FPD (Fig. 1).

Los resultados de esta clasificación se muestran en TREHS para todos los tipos de información disponible de la masa de agua temporal.

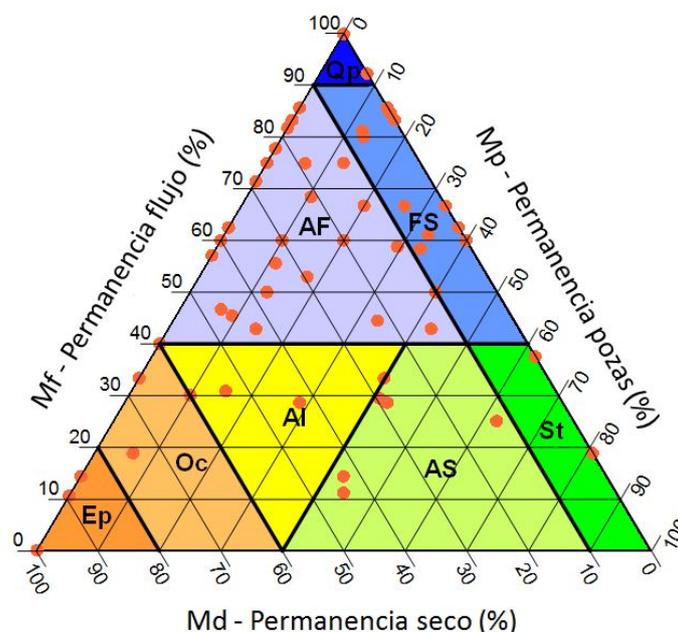


Figura 1. Distribución de los hidrotipos temporal de TREHS en el diagrama FPD

Así podemos encontrar los siguientes hidrotipos:

- Casi permanente (Qp – *Quasi-perennial*): Su comportamiento es muy similar al de un río permanente, pese a que deja de fluir o se queda seco puntualmente en alguna época del año.
- Alternado - Fluente (AF – *Alternate-Fluent*): Son masas de agua cuya permanencia del flujo es considerable, con una predictibilidad aceptable, y en periodos sin flujo pueden quedar pozas o no.
- Fluente - Estancado (FS – *Fluent-Stagnant*): Se trata de masas de agua donde la permanencia de flujo es importante, y cuando deja de fluir quedan pozas desconectadas superficialmente. No se suele quedar seco.
- Estancado (St - *Stagnant*): La permanencia del flujo no es muy elevada, pero suelen quedar pozas desconectadas, en las que en determinados momentos circula algo de flujo. No se suele quedar seco.
- Alternado - Estancado (AS – *Alternate-stagnant*): Se trata de masas de agua en las que la permanencia del flujo es escasa y durante periodos secos suelen quedar pozas.
- Alternado (Al - *Alternate*): En este caso la masa de agua presenta una baja permanencia de flujo y en periodos secos no suele haber pozas.
- Ocasional (Oc): En este caso la masa de agua presenta una permanencia de flujo y de pozas igual o aun menor que el anterior, quedando seco más frecuentemente.
- Episódico (Ep - *Episodic*): En este caso la masa de agua sólo lleva flujo durante episodios de lluvia, quedándose seca al poco de finalizar dicho evento.

Para poder obtener esta clasificación en las masas de agua ríos con régimen hidrológico temporal es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Las características hidrológicas que más afectan a las comunidades biológicas no son cuantitativas (cantidad de flujo) sino cualitativas (fases de flujo de agua corriente, de presencia de agua estancada en pozas, o fases sin agua en el cauce).
- Los datos procedentes de las estaciones de aforo sólo dan información del caudal de agua que fluye en un punto, pero no informan sobre el tiempo de ocurrencia de pozas.
- Dada la escasez de flujo que caracteriza los ríos temporales, no se disponen de datos de aforo en la mayoría de los casos, de modo que su régimen debe ser evaluado por métodos alternativos tales como fotointerpretación, ciencia ciudadana u observaciones periódicas en el momento de los muestreos.
- La evaluación de la calidad biológica de un río temporal debe seguir un cronograma de muestreo, métricas y valores de referencia adaptados al régimen flujo-pozas-seco.
- De un modo preliminar a la evaluación de la calidad biológica es necesario evaluar el grado de alteración hidrológica o estado hidrológico. TREHS evalúa

esta alteración desde el punto de vista de las frecuencias y patrones temporales de las tres fases analizadas: flujo, pozas y seco. Puede ocurrir que un río tenga una calidad biológica buena desde el punto de vista de su régimen real, pero que su régimen esté gravemente modificado. (por ejemplo, un río temporal que recibe aguas residuales y por lo tanto ahora será permanente).

Los 8 tipos distintos de régimen quedan definidos en la [Figura 1](#).

Para superar estos desafíos dentro de un enfoque operacional, en el proyecto Life TRivers se ha desarrollado la herramienta de software TREHS, disponible gratuitamente.

Este software permite la entrada de información hidrológica procedente de modelos, datos de aforo, encuestas y observaciones directas, tanto realizadas en campo como a través de fotografía aérea. El régimen en estado natural puede determinarse a partir de modelos hidrológicos, registros de aforo anteriores a la alteración, registros de estaciones de referencia o incluso definiendo las métricas que deberían corresponder al régimen en la estación en estudio.

En el *“Anexo 3. Manual de aplicación del software TREHS”*, pueden consultarse las características y requerimientos del software TREHS para la definición de los hidrotipos en las masas de agua tipo río cuyo régimen hidrológico se haya identificado como temporal.

3 Metodología para la evaluación del estado

La evaluación del estado para las aguas superficiales se realiza conforme al 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.

No obstante, como ya se ha justificado anteriormente las características tanto cuantitativas como cualitativas del régimen hidrológico de los ríos temporales va a determinar un comportamiento ecológico específico, que diferirá en relación a los ríos con un régimen hidrológico permanente en función del tipo de temporalidad.

Por ello es necesario adaptar la metodología de evaluación del estado de aguas superficiales para los ríos temporales. Considerando que la metodología de evaluación del estado de los ríos temporales dependerá del cada hidrotipo se propone primeramente definir nuevos ecotipos que incluyan estas diferencias. La definición de un nuevo ecotipo responde exclusivamente a la necesidad de agrupar ríos ecológicamente semejantes cuya metodología de análisis del estado (especialmente el estado ecológico) deba modificarse respecto a la actual metodología recogida en el RD 817/2015. Como se verá más adelante, algunos ríos temporales pueden ser analizados

de forma análoga a los ríos permanentes y, por tanto, en estos casos no será necesario definir un nuevo ecotipo.

Para definir el nuevo ecotipo debe considerarse el hidrotipo correspondiente al régimen hidrológico natural. En algunos casos, cuando el régimen hidrológico actual esté fuertemente alterado por el uso y no sea posible recuperar el régimen hidrológico natural (ríos que pasan de ser permanentes a temporales o al revés), podría considerarse la posibilidad de clasificar la masa de agua como muy modificada, conforme a DMA.

Por tanto, el estudio de los ríos temporales que conduzca a la evaluación final del estado de las masas de agua debe contemplar tres fases:

1. Determinación de la alteración hidrológica de la temporalidad, mediante la comparación de los regímenes natural y actual.
Pueden usarse las métricas calculadas con ambos regímenes y hacer la evaluación mediante TREHS, o bien el método que se considere más adecuado para identificar los casos en qué se ha pasado de una masa de agua permanente a temporal o al revés.
2. Asignación del ecotipo.

A partir del hidrotipo calculado con el TREHS y para el régimen natural, se asignará un nuevo ecotipo en aquellos casos en los que la temporalidad de los ríos requiera de una metodología de evaluación del estado diferente a la utilizada para los ríos permanentes.

3. Evaluación del estado en función del ecotipo.
Este documento propone una nueva metodología de evaluación del estado en el caso de ríos temporales, que debido a su temporalidad ha sido necesario definir nuevos ecotipos, basados en esta temporalidad.

La tabla 1 resume los principales aspectos a considerar en la evaluación del estado de los ríos temporales: (1) Los ríos permanentes mantendrán su actual ecotipo y serán evaluados conforme el RD 817/2015. (2) Los ríos naturalmente permanentes pero que actualmente presentan un régimen temporal, deberían mantener su ecotipo actual y ser evaluados como tales (RD 817/2015); este hecho puede comportar muestreos sin agua, con lo que la masa deberá diagnosticarse en mal estado; en función de cada caso, podrá valorarse la posibilidad de declarar la masa como muy modificada. (3) En los ríos temporales que actualmente son permanentes (por ej., a causa del vertido desde una depuradora), se considera más adecuado valorar el estado conforme a los ecotipos actualmente existentes y de acuerdo con el RD 817/2015 dada la dificultad de definir el hidrotipo temporal natural en estos casos, y dada la existencia permanente de agua.

(4) En los ríos temporales (tanto en régimen natural como en actual), se asignará un nuevo ecotipo siempre que la permanencia del flujo así lo exija, y el estado de estas masas de agua no se evaluará conforme el RD 817/2015 sino con una metodología adaptada a sus condiciones ecológicas.

Tabla 1. Resumen de los pasos a seguir para la evaluación del estado de los ríos temporales, en cada uno de los 4 casos.

	Paso 1: determinación de la alteración de la temporalidad			Paso 2:	Paso 3:
Caso	Régimen natural	Régimen actual	Alteración hidrológica de la temporalidad	Ecotipos	Evaluación del estado
1	Permanente	Permanente	No	Mantiene ecotipo	Según RD 817/2015
2	Permanente	Temporal	Sí*	Mantiene ecotipo	Según RD 817/2015
3	Temporal	Permanente	Sí*	Mantiene ecotipo**	Según RD 817/2015**
4	Temporal	Temporal	No	Nuevos ecotipos	Según propuesta del presente documento

Tabla 1. Resumen metodológico de la evaluación del estado de los ríos temporales

* En función de cada caso, podrá valorarse la posibilidad de declarar la masa como muy modificada.

** Dada la dificultad de definir el hidrotipo temporal natural en estos casos, y dada la existencia permanente de agua, se considera más adecuado valorar el estado conforme a los ecotipos actualmente existentes y según parámetros y valores del RD 817/2015.

En este documento se especifica la metodología para la asignación de nuevos ecotipos de ríos temporales, así como una propuesta para la evaluación de su estado.

3.1 Definición de ecotipos para ríos temporales

Como se ha justificado anteriormente cada hidrotipo responde a un determinado comportamiento ecológico que condicionará la evaluación correcta del estado.

Por tanto, resulta necesario definir nuevos ecotipos que respondan a las particularidades de los ocho hidrotipos previamente definidos, considerando lo siguiente (ver Figura 2):

- Casi permanente (Qp) y Fluente - Estancado: Corresponde a ríos que tienen un flujo temporal (es decir, dejan de fluir una parte del año) pero con agua (casi) permanente (en pozas). Dado su comportamiento similar al de río permanente, ya que se seca menos del 10% del tiempo, su evaluación de Estado se realiza conforme al RD 817/2015 para ríos. En estos casos se propone mantener la clasificación del ecotipo correspondiente a la masa de agua en régimen permanente, no siendo necesario definir un nuevo ecotipo.

En la Instrucción de Planificación Hidrológica se corresponde con los “ríos temporales o estacionales”, cuya permanencia de flujo es al menos de 300 días/año, aunque esta permanencia aquí corresponde a la presencia de agua ya sea fluyente o en pozas.

En estos ríos, las métricas que definen el hidrotipo son las siguientes:

Permanencia de flujo M_f : $0.99 < M_f \leq 0.40$

Permanencia de pozas M_p : $0.00 \leq M_p \leq 0.60$

Permanencia lecho seco M_d : $0.00 \leq M_d \leq 0.10$

- Alternado - Fluente (AF) : En estos ríos la permanencia del flujo es considerable, aunque se seca más del 10% del tiempo, de forma que se pueden utilizar los indicadores de evaluación de estado del RD 817/2015 para ríos. No obstante será necesario en general adaptar las condiciones de referencia y/o los valores de límite de cambio, y para el caso de los peces, el indicador se deberá usar con precaución cuando estos estén presentes ya que las poblaciones pueden estar mermadas por períodos largos que el río no fluye (en períodos húmedos los peces pueden ser arrastrados de aguas arriba). En cualquier caso, es necesario que la fecha de muestreo se determine previamente en función del régimen hidrológico esperable.

En la Instrucción de Planificación Hidrológica se corresponde con los “ríos intermitentes o fuertemente estacionales”, cuya permanencia de flujo es en entre 100 y 300 días/año, aunque en este caso pueden tener una permanencia de agua de hasta el 90%

En este caso se considera adecuado definir un nuevo ecotipo R-T33 llamado “**Ríos temporales fluentes**”.

Las métricas que definen este ecotipo son las siguientes:

Permanencia de flujo M_f : $0.40 < M_f \leq 0.90$

Permanencia de pozas M_p : $0.00 \leq M_p \leq 0.50$

Permanencia lecho seco M_d : $0.10 \leq M_d \leq 0.60$

- Estancado (St) y Alternado - Estancado (AS): Normalmente se presentan como pozas desconectadas, en las que en determinados momentos puede circular flujo entre ellas. En este caso resulta más interesante analizar el estado ecológico de las pozas, ya que su permanencia es elevada, al contrario que el flujo del agua.

La definición de temporalidad en la Instrucción de Planificación Hidrológica no considera la permanencia de pozas, por lo que este tipo de temporalidad no se recoge en dicha Orden.

Se utilizará la metodología de evaluación del estado de ríos definida en el RD 817/2015 añadiendo indicadores biológicos específicos, más característicos de pozas indicando las condiciones de referencia y límites de cambio de clase. Los peces no serán evaluados dada su variabilidad: Mientras que los ríos estancados puede que contengan peces, no es probable encontrarlos en los alternados-estancados.

Además, dado que la permanencia de flujo en ambos casos es escasa y la determinación de los indicadores biológicos asociados a las pozas está actualmente en estudio, se propone añadir en la evaluación del estado los indicadores hidromorfológicos adaptados para los ríos temporales.

En este caso será necesario definir un nuevo ecotipo R-T34 llamado “**Ríos temporales estancados**”.

Las métricas que definen este ecotipo son las siguientes:

Permanencia de flujo M_f : $0.00 < M_f \leq 0.40$

Permanencia de pozas M_p : $0.40 \leq M_p \leq 1.00$

Permanencia lecho seco M_d : $0.00 \leq M_d \leq 0.60$

- Ocasional (Oc) y Episódico (Ep): En ambos casos la masa de agua sólo lleva flujo o mantiene pozas durante episodios de lluvia u ocasionalmente, permaneciendo seco el cauce la mayoría del tiempo. Por lo tanto únicamente se utilizarán indicadores hidromorfológicos adaptados para los ríos temporales.

En la Instrucción de Planificación Hidrológica se corresponde con los “ríos efímeros”, cuya permanencia de flujo es inferior a 100 días/año.

En este caso se considera adecuado definir un nuevo ecotipo R-T35 llamado “**Ríos ocasionales o episódicos**”.

Las métricas que definen este ecotipo son las siguientes:

Permanencia de flujo M_f : $0.00 < M_f \leq 0.40$

Permanencia de pozas M_p : $0.00 \leq M_p \leq 0.40$

Permanencia lecho seco M_d : $0.60 \leq M_d \leq 1.00$

En este caso, dada la baja frecuencia de flujo y predictibilidad, los indicadores de evaluación de su estado no pueden estar vinculados directamente a la existencia de flujo de agua, siendo en estos casos clave la evaluación de los indicadores hidromorfológicos para definir el estado de conservación de estos ríos. Sin embargo, existen en la actualidad otras líneas de investigación para este tipo de ríos en los que se estudia la posibilidad de evaluación de su estado biológico en relación a la flora o fauna terrestre asociada a este tipo de ríos. Por lo tanto, en la medida en que se vaya avanzando en estos estudios se deberán

ir incorporando elementos de calidad biológicos en la evaluación del estado de este nuevo ecotipo.

Alternado (AI): En este caso la masa de agua presenta una baja permanencia de flujo y también de pozas, aunque hay agua superficial por lo menos un 40% del tiempo (unos 150 días al año). Este hidrotipo puede variar según su posición en el diagrama, pudiendo incluirse con el nuevo ecotipo de Ríos temporales fluentes, con los Ríos temporales estancados, o incluso con los ríos ocasionales o episódicos, en función de sus características particulares, en concreto de la existencia y permanencia de las pozas y la representatividad de éstas en la masa de agua. En la práctica van a ser las condiciones de cada año las que determinen la presencia de agua en los momentos de muestreo y la posibilidad de utilizar los distintos métodos. En los ríos que se sitúen en esta zona el gestor, deberá evaluar a qué ecotipo se acerca más cada caso concreto y por tanto que metodologías usa para la evaluación del estado. En cualquier caso, no són aplicables los índices de peces por tener mas de un 10% del tiempo el río seco

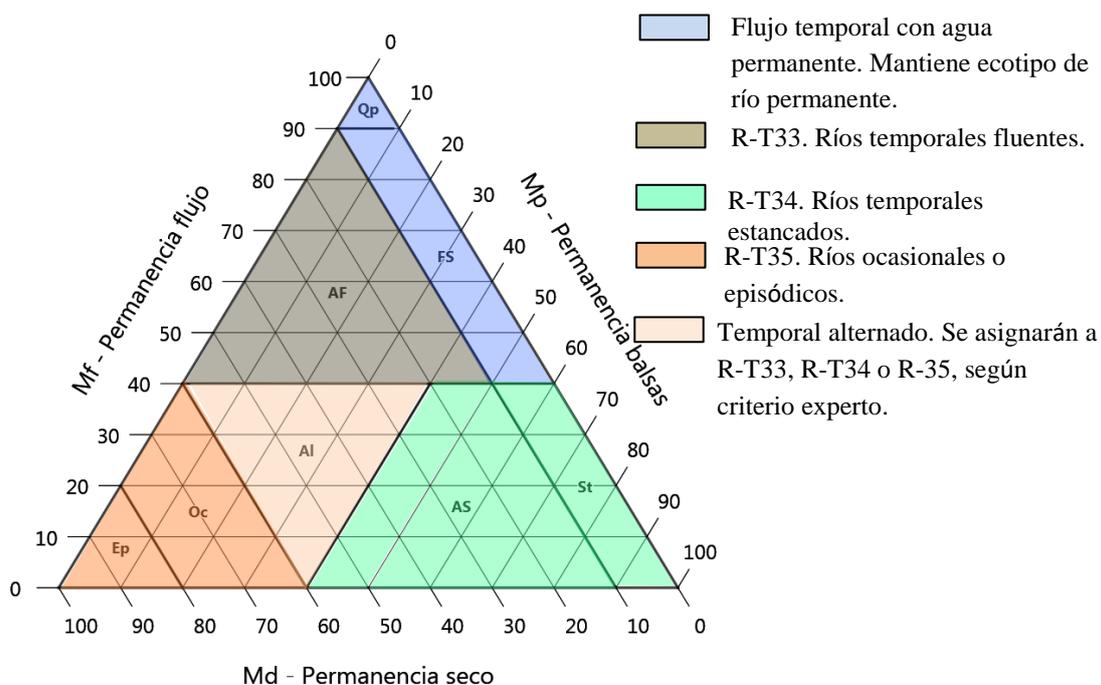


Figura 2. Definición de ecotipos a partir de los hidrotipos temporales de TREHS en el diagrama FPD

3.2 Elementos de calidad e indicadores biológicos en ríos temporales

Como en el caso de los ríos permanentes, y conforme al RD 817/2015, de 11 de septiembre en su artículo 10.1., los elementos de calidad biológicos en los ríos temporales vendrán determinados por:

- a) Composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados.
Incluye indicadores ya desarrollados y en desarrollo.
- b) Composición y abundancia de flora acuática.
Incluye indicadores basados en diatomeas (ya desarrollados) y basados en macrófitos (en desarrollo).
- c) Composición, abundancia y estructura de edades de fauna ictiológica.
Incluye indicadores ya desarrollados y en desarrollo.

En el anexo II del RD 817/2015 se incluyen los indicadores biológicos a analizar para cada ecotipo, los valores de referencia y los valores de límite de cambio de estado que se deben aplicar para cada indicador y cada ecotipo. Para ríos temporales se propone utilizar algunos de los indicadores más comúnmente utilizados del Real Decreto y añadir indicadores específicos que responden de una forma más adecuada al estado de calidad de los ríos temporales. En algunos casos, las condiciones de referencia y los valores de cambio de clase de estado de los indicadores ya existentes deberán ser modificados. En otros casos, algunos elementos de calidad no podrán ser aplicados, o su aplicación requiere todavía de estudios previos; en otros casos, deberán diseñarse nuevos indicadores que respondan a las condiciones de temporalidad del ecotipo, e incluso en ríos ocasionales o episódicos, los indicadores biológicos no podrán ser aplicados.

En el anexo 1 se desarrollan las condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado de indicadores biológicos para los ríos temporales.

3.3 Elementos de calidad e indicadores fisicoquímicos y químicos

En el caso de los elementos de calidad fisicoquímicos y químicos en ríos temporales, para el nuevo ecotipo T-R33 de ríos temporales fuentes propuesto, se aplicará el RD 817/2015.

Para el nuevo ecotipo T-R34 de ríos temporales estancados, que representa masas de agua del tipo pozas desconectadas, se propone aplicar el RD 817/2015, pero considerando que pueden existir procesos de eutrofización naturales, asociados a la desecación de las pozas; deberán especificarse adecuadamente protocolos de muestreo específicos para los elementos fisicoquímicos generales en estas masas de agua.

En relación a los elementos de calidad e indicadores químicos, las normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y preferentes deberán cumplirse de acuerdo con los anexos IV y V del RD 817/2015.

Para el nuevo ecotipo de ríos ocasionales o episódicos, dado que el flujo de agua es ocasional o episódico no se evaluarán indicadores de calidad asociado a las aguas.

3.4 Elementos de calidad e indicadores hidromorfológicos

Como en el caso de los ríos permanentes, y conforme al RD 817/2015, de 11 de septiembre en su artículo 10.3., los elementos de calidad hidromorfológicos en los ríos temporales vendrán determinados por:

- a) Régimen hidrológico: caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas y conexión con masas de agua subterránea.
- b) Continuidad del río.
- c) Condiciones morfológicas: variación de la profundidad y anchura del río, estructura y sustrato del lecho del río y estructura de la zona ribereña.

En el anexo II del RD 817/2015 se incluyen los indicadores hidromorfológicos a analizar para cada ecotipo, donde únicamente se considera el QBR.

Dado el importante avance que el Ministerio ha realizado en relación a la caracterización hidromorfológica en los ríos, cuyo desarrollo puede consultarse en el *“Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos”* y su documento de valoración *“Evaluación del estado hidromorfológico en masas de agua de la categoría río”*, se propone incorporar en este documento los indicadores de elementos de calidad hidromorfológicos definidos en el citado Protocolo. Siendo:

Elemento calidad HM	Indicador
1. Régimen hidrológico	1.1. Caudal e hidrodinámica
	1.2. Caudales sólidos
	1.3. Conexión con masas de agua subterránea
2. continuidad longitudinal	2.1. Continuidad piscícola
	2.2. Continuidad sedimentaria
3. Condiciones morfológicas del cauce	3. 1. Profundidad y anchura
	3.2. Estructura y sustrato del lecho

Elemento calidad HM	Indicador
	3.3. Estructura zona ribereña con ribera definida
	3.4. Estructura zona ribereña sin ribera definida

Tabla 2. Indicadores para los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos temporales.

La evaluación de la calidad hidromorfológica para los ríos temporales del ecotipo T-R33 (ríos temporales que fluyen más del 40% de los días del año) sirve de apoyo en la valoración de los indicadores biológicos, químicos y fisicoquímicos de cara a la evaluación del estado de la masa de agua. Sin embargo, para los ríos ocasionales o episódicos (R-T35), la evaluación de la calidad hidromorfológica es fundamental para la clasificación final de las masas de agua en una de las cinco clases de estado (de muy bueno a malo), dada la imposibilidad de valorar a partir de elementos biológicos, químicos e fisicoquímicos.

Para los ríos del ecotipo T-R34 (ríos temporales que mantienen pozas permanentes más del 40% de los días), dada la necesidad de desarrollar indicadores biológicos específicos que respondan adecuadamente al estado de estas masas de agua y a sus posibles presiones, en la actualidad puede resultar interesante evaluar el estado hidromorfológico junto con el físico-químico y químico en la evaluación del estado.

3.5 Esquema metodológico

En base al análisis anterior se puede establecer el siguiente esquema metodológico de evaluación del estado de los ríos temporales:

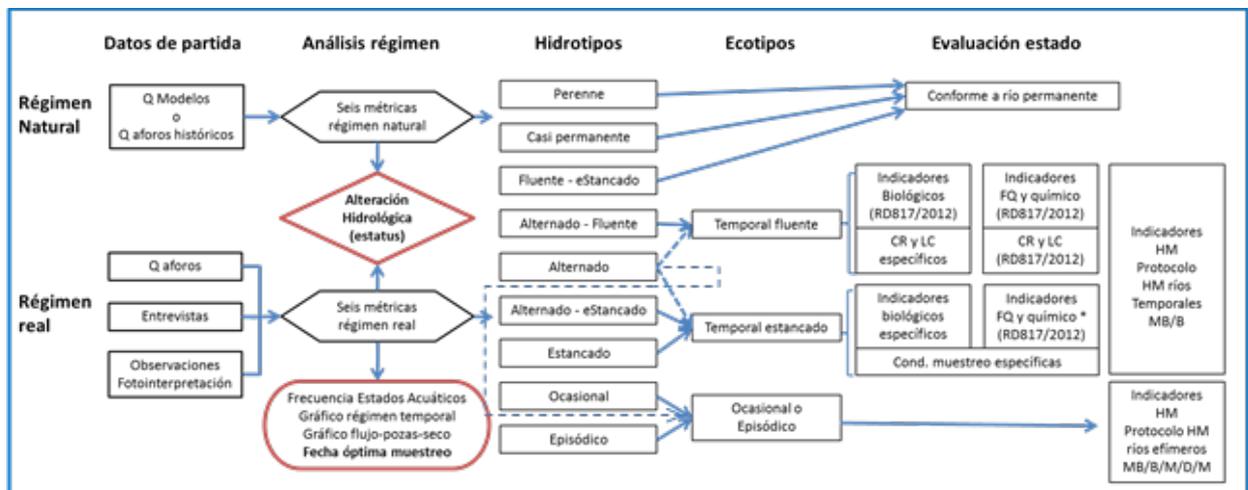


Figura 3: Esquema metodológico para la evaluación de los ríos temporales.

Nota: Para la definición del ecotipo tomar los hidrotipos asociados al régimen natural

4 Conclusiones

El objetivo de esta propuesta es disponer de una evaluación del estado para las masas de agua que son ríos temporales que permitan establecer unos objetivos ambientales adecuados.

La propuesta parte de la metodología de evaluación de estado aplicada a los ríos permanentes (RD 817/2015) y propone adaptaciones a esta metodología según los requerimientos de cada tipo de temporalidad.

Para ello es fundamental definir la temporalidad de los ríos en función tanto del régimen hidrológico como de las características ecológicas asociadas a éste.

Así se parte de la definición de temporalidad que viene recogida en la Instrucción de Planificación Hidrológica y se amplía al considerar, además de la permanencia del flujo de agua, la permanencia de las pozas.

Esto lleva a la definición de nueve hidrotipos que consideran no sólo la permanencia del flujo sino además la permanencia o no de pozas y van, desde los ríos permanentes hasta los episódicos. La definición de estos hidrotipos se realiza mediante el software TREHS, desarrollado en el marco del LifeTRivers.

Para la evaluación del estado de las masas de agua que son ríos temporales se parte del RD 817/2015 y considerando los hidrotipos se establecen cuatro escenarios.

El primer escenario recoge aquellas masas de agua cuya permanencia de flujo y/o pozas supera el 90% (permanente, casi permanente y fuente estancado) y por tanto su evaluación del estado se realiza conforme a una masa de agua en régimen permanente.

El segundo escenario incluye las masas de agua del hidrotipo alternado-fluente, donde la permanencia de flujo-pozas, aunque menor que el caso anterior todavía es considerable. Para estas masas se define un nuevo ecotipo R-T33 Ríos temporales-fluentes, en el que se aplicará la metodología de evaluación del estado definida en el RD 817/2015, pero adaptando las condiciones de referencia y límites de cambio de clase.

El tercer escenario se corresponde con los hidrotipos estancado y alternado-estancado, donde normalmente las masas de agua se presentan como pozas desconectadas. En este caso se definirá un nuevo ecotipo R-T34 ríos temporales estancados y se aplicará la metodología de evaluación del estado definida en el RD 817/2015, pero deberán analizarse indicadores biológicos específicos que respondan bien a las presiones en este tipo de masas de agua.

El cuarto escenario incluye los hidrotipos ocasionales o episódicos, donde la permanencia de flujo y su predictibilidad es muy escasa, imposibilitando la evaluación del estado de calidad de sus aguas. Por ello se propone un nuevo ecotipo R-T35 Ríos ocasionales o episódicos y, en este caso evaluar el estado hidromorfológico adaptado a ríos efímeros que ha desarrollado el Ministerio.

Por último, queda el hidrotipo alternado que, dada su variabilidad en cuanto a permanencias de flujo-pozas-seco, deberá integrarse en cualquiera de los tres últimos escenarios a criterio de experto.

5 Referencias

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

Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos, desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente (MAPAMA)

Gallart F., Prat N., García-Roger E.M., Latron J., Rieradevall M., Llorens P., Barbera G.G., Brito D., De Girolamo A.M., Lo Porto A., Buffagni A., Erba S., Neves R., Nikolaidis N.P., Perrin J.L., Querner E.P., Quinonero J.M., Tournoud M.G., Tzoraki O., Skoulikidis N., Gamez R., Gomez R. and Froebrich J. (2012). A novel approach to analysing the regimes of temporary streams in relation to their controls on the composition and structure of aquatic biota, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16, 3165–3182, <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-3165-2012>.

Gallart F., Llorens P., Latron J., Cid N., Rieradevall M. and Prat N. (2016). Validating alternative methodologies to estimate the regime of temporary rivers when flow data are unavailable, *Sci. Total Environ.* 565, 1001–1010.

Gallart, F., Cid, N., Latron, J., Llorens, P., Bonada, N., Jeuffroy, J., Jiménez-Argudo, S-M^a., Vega, R-M^a., Solà, C., Soria, M^a., Bardina, M., Hernández-Casahuga, A.J. Estrela, T., Munné, A., Prat, N. (2017). TREHS: An open-access software tool for investigating and evaluating temporary river regimes as a first step for their ecological status assessment. *Science of the Total Environment*, 607, 519-540. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.209

Pedrajas García, J. (2017). Caracterización del régimen temporal de masas de agua no permanentes mediante la implementación del modelo hidrológico TETIS y la herramienta TREHS. Aplicación en la Demarcación Hidrográfica del Júcar. <http://hdl.handle.net/10251/89514>

Poff N.L., Richter B.D., Arthington A.H., Bunn S.E., Naiman R.J., Kendy E., Acreman M., Apse C., Bledsoe B.P., Freeman M.C. and Henriksen J. (2010). The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards, *Freshw. Biol.* 55, 147–170.

Nota: Faltan referencias por incorporar

Anexo 1. Indicadores biológicos y condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales.

ANEXO 1.

INDICADORES BIOLÓGICOS Y CONDICIONES DE REFERENCIA Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO EN RÍOS TEMPORALES.

Las condiciones de referencia, el máximo potencial ecológico y los límites de clases de estado de cada uno de los indicadores de los elementos de calidad que permiten evaluar el estado o potencial ecológico de las masas de agua se detallan en los apartados siguientes.

Cuando para un mismo ecotipo de río temporal exista más de un indicador para el elemento de calidad, se aplicará, como mínimo, uno de ellos. En caso de que sea preciso combinarlos entre sí, se aplicarán los criterios recogidos en el anexo III del RD817/2015, de 11 de septiembre.

A) Indicadores biológicos aplicables a los ríos temporales según ecotipo

INDICADOR	TIPOS DE RÍOS TEMPORALES		
	R-T33	R-T34	R-T35
IBMWP	X		
IMMi-T	X		
INVMIB	X		
(*)		X	
iDIAT.ES*	X		
IPS	X		
DIATMIB	X		
IBIMED / EFI+ (**)	X		

Tabla 3. Indicadores de estado biológico en ríos temporales según el ecotipo

(*) Se propone desarrollar un nuevo indicador de macroinvertebrados específico de ríos temporales del tipo pozas desconectadas en los que la permanencia de pozas supere el 40% del tiempo. En la actualidad, aunque hay estudios específicos al respecto, se desconoce la existencia de indicadores adecuados para este tipo de masas de agua.

(**) Se propone desarrollar un nuevo indicador de peces para ríos temporales del ecotipo R-T33, ríos que cuando tienen agua, ésta es mayoritariamente fuente, y que mantienen pozas todo el año.

Siendo:

Calidad biológica	NOMBRE DEL INDICADOR	ACRÓNIMO
Composición y abundancia de fauna bentónica de invertebrados	Índice IBMWP (Iberian Biomonitoring Working Party)	IBMWP
	Índice multimétrico ibérico-mediterráneo	IMMi-T
	Índice multimétrico de invertebrados Islas Baleares	INVMIB
	Indicador específico pozas (*)	(*)
Composición y abundancia de flora acuática	Índice de Diatomeas de España	iDIAT.ES*
	Índice de poluosensibilidad específica	IPS
	Índice multimétrico de diatomeas Islas Baleares	DIATMIB
Composición, abundancia y estructura de edades de fauna ictiológica	Índice de integridad biológica mediterráneo	IBIMED
	Índice EFI+ (European Fish Index)	EFI +
	Indicador específico (**)	(**)

Tabla 4. Elementos de calidad e indicadores biológicos para ríos temporales

(*) Se propone desarrollar un nuevo indicador de macroinvertebrados específico de ríos temporales del tipo pozas desconectadas en los que la permanencia de pozas supere el 40% del tiempo. En la actualidad, aunque hay estudios específicos al respecto, se desconoce la existencia de indicadores adecuados para este tipo de masas de agua.

(**) Se propone desarrollar un nuevo indicador de peces para ríos temporales del ecotipo R-T33, ríos que cuando tienen agua, ésta es mayoritariamente fuente, y que mantienen pozas todo el año.

TIPOS DE RÍOS TEMPORALES

R-T33 Ríos temporales fuentes

R-T34 Ríos temporales estancados

R-T35 Ríos ocasionales o episódicos

Tabla 5. Nuevos ecotipos para ríos temporales

B) Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales para indicadores biológicos.

C)

ECOTIPO RÍO TEMPORAL	INDICADOR	CONDICIÓN DE REFERENCIA/ CONDICIÓN ESPECÍFICA DEL TIPO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO			
			Muy bueno/bueno	Bueno/ moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
R-T33	IBMWP	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
R-T33	IMMi-T	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
R-T33	INVMIB	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado
R-T33	Indicador específico pozas	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T33	iDIAT.ES*	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado
R-T33	IPS	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
R-T33	DIATMIB	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado
R-T33	IBIMED / EFI+	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado	No evaluado
R-T34	IBMWP	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T34	IMMi-T	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T34	INVMIB	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T34	Indicador específico pozas	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio	En estudio
R-T34	iDIAT.ES*	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T34	IPS	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T34	DIATMIB	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T34	IBMWP	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS RÍOS
TEMPORALES

ECOTIPO RÍO TEMPORAL	INDICADOR	CONDICIÓN DE REFERENCIA/ CONDICIÓN ESPECÍFICA DEL TIPO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO			
			Muy bueno/bueno	Bueno/ moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
R-T35	IMMi-T	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T35	INVMIB	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T35	(*)	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T35	iDIAT.ES*	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T35	IPS	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
R-T35	DIATMIB	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Tabla 6. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado para los indicadores biológicos en ríos temporales.

Anexo 2. Indicadores hidromorfológicos y condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales.

ANEXO 2.

INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS Y CONDICIONES DE REFERENCIA Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO EN RÍOS TEMPORALES.

Las condiciones de referencia, el máximo potencial ecológico y los límites de clases de estado de cada uno de los indicadores de los elementos de calidad hidromorfológico que permiten evaluar el estado o potencial ecológico de las masas de agua se detallan en los apartados siguientes.

Los elementos de calidad hidromorfológicos únicamente diferencian entre el estado bueno y muy bueno, sin embargo, para los nuevos ecotipos R-T34 y R-T35 (Ríos temporales estancados y Ríos ocasionales o episódicos) ambos casos ríos temporales con muy baja permanencia de flujo, considerando que no siempre es posible realizar una evaluación del estado de calidad de las aguas, la evaluación del estado hidromorfológico deberá considerar todos los límites de cambio de clase: malo/deficiente/moderado/bueno/muy bueno.

A) Indicadores hidromorfológicos aplicables a los ríos temporales según ecotipo

INDICADOR	TIPOS DE RÍOS TEMPORALES		
	R-T33	R-T34	R-T35
1.1. Caudal e hidrodinámica	X	X	X
1.2. Caudales sólidos	X	X	X
1.3. Conexión con masas de agua subterránea	X	X	X
2.1. Continuidad piscícola	X		
2.2. Continuidad sedimentaria		X	X
3. 1. Profundidad y anchura	X	X	X
3.2. Estructura y sustrato del lecho	X	X	X
3.3. Estructura zona ribereña con ribera definida	X		
3.4. Estructura zona ribereña sin ribera definida		X	X

Tabla 7. Indicadores de hidromorfológico en ríos temporales según el ecotipo

Siendo:

Elemento calidad HM	Indicador	ACRÓNIMO
1. Régimen hidrológico	1.1. Caudal e hidrodinámica	1.1.
	1.2. Caudales sólidos	1.2.
	1.3. Conexión con masas de agua subterránea	1.3.
2. continuidad longitudinal	2.1. Continuidad piscícola	2.1.
	2.2. Continuidad sedimentaria	2.2.
3. Condiciones morfológicas del cauce	3. 1. Profundidad y anchura	3.1.
	3.2. Estructura y sustrato del lecho	3.2.
	3.3. Estructura zona ribereña con ribera definida	3.3.
	3.4. Estructura zona ribereña sin ribera definida	3.4.

Tabla 8. Indicadores para los elementos de calidad hidromorfológicos en ríos temporales.

B) Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales para indicadores hidromorfológicos.

ECOTIPO RÍO TEMPORAL	INDICADOR	CONDICIÓN DE REFERENCIA/CONDICIÓN ESPECÍFICA DEL TIPO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO			
			Muy bueno/bueno	Bueno/moderado	Moderado/deficiente	Deficiente/malo
Nuevo ecotipo 1	1.1.	7	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	1.2.	3	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	1.3.	10	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	2.1.	10	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	2.2.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS RÍOS
TEMPORALES

ECOTIPO RÍO TEMPORAL	INDICADOR	CONDICIÓN DE REFERENCIA/ CONDICIÓN ESPECÍFICA DEL TIPO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO			
			Muy bueno/bueno	Bueno/ moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
Nuevo ecotipo 1	3.1.	10	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	3.2.	10	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	3.3.	10	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 1	3.4.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 2	1.1.	6	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 2	1.2.	4	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 2	1.3.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 2	2.1.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 2	2.2.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 2	3.1.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 2	3.2.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 2	3.3.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 2	3.4.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 3	1.1.	6	0,9	N.A.	N.A.	N.A.

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS RÍOS
TEMPORALES

ECOTIPO RÍO TEMPORAL	INDICADOR	CONDICIÓN DE REFERENCIA/ CONDICIÓN ESPECÍFICA DEL TIPO	LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE ESTADO			
			Muy bueno/bueno	Bueno/ moderado	Moderado/ deficiente	Deficiente/ malo
Nuevo ecotipo 3	1.2.	4	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 3	1.3.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 3	2.1.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 3	2.2.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 3	3.1.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 3	3.2.	10	0,9	0,75	0,60	0,45
Nuevo ecotipo 3	3.3.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Nuevo ecotipo 3	3.4.	10	0,9	0,75	0,60	0,45

Tabla 9. Condiciones de referencia y límites de cambio de clase de estado en ríos temporales para indicadores hidromorfológicos.

N.A. *No aplica*

Nota: Estos datos son provisionales y la CHJ está probándolos.

Anexo 3. Manual de aplicación del software TREHS.

(Nota: Versión no definitiva)

1. Resumen

El presente Manual es una ayuda abreviada para la comprensión de los conceptos, métodos nomenclatura y gráficos utilizados en la parte hidrológica de TREHS. Es una condensación del contenido del artículo Gallart et al. (2017) en el que se detallan los principios y métodos usados en la parte hidrológica de TREHS, y se completa con la guía de usuario que puede descargarse de la página de TRivers <http://www.lifetrivers.eu/es/sobre-trivers>

Cuando nos encontramos ante un río temporal, la aplicación de los métodos y referencias usuales para la valoración de su alteración hidrológica y su estado ecológico se encuentra con las siguientes dificultades:

1. Las características del régimen de un río temporal relevantes para las comunidades biológicas no son cuantitativas (caudales) sino cualitativas (fases como el flujo de agua, la existencia de pozas aisladas o ausencia de agua superficial).
2. Los registros de caudales (hidrogramas) no informan de la posible existencia de pozas de agua después de la interrupción del flujo, de gran valor biológico por la gran diversidad de especies acuáticas que pueden albergar.
3. Como la mayoría de los ríos temporales carecen de aforos, su régimen debe ser evaluado por métodos alternativos como las observaciones directas, teledetección o ciencia ciudadana,
4. la evaluación de la calidad biológica de un río temporal debe seguir un programa de muestreo y referencias adaptadas al régimen de flujo – pozas - seco.

Para superar estos retos dentro de un enfoque operacional, el objetivo principal del proyecto de la Unión Europea LIFE TRivers ha sido el desarrollo de la herramienta de software libre TREHS para facilitar la gestión de los ríos temporales dentro de la Directiva Marco del Agua. Este software permite la entrada de información de simulaciones de caudales obtenidos con cualquier modelo de lluvia-escorrentía (para establecer un régimen de referencia a régimen natural) y lo compara con la información obtenida de registros de aforos (si están disponibles), entrevistas con la población local, observaciones instantáneas realizadas por ciudadanos o técnicos y la interpretación de fotografías aéreas o de terrestres. Hasta seis métricas que definen la permanencia del flujo de agua, la presencia de pozas estancadas y sus patrones temporales de ocurrencia se utilizan para determinar los regímenes de río natural y observado, y evaluar el grado de alteración hidrológica.

TREHS utiliza una nueva clasificación de los regímenes diseñada específicamente para ríos temporales, utilizando las permanencias relativas de las tres fases principales: flujo, pozas desconectadas y cauce seco. Por último, el software caracteriza las diferencias entre los regímenes naturales y reales, diagnostica el estado hidrológico (grado de

alteración hidrológica), evalúa la significación y la robustez del diagnóstico y recomienda los mejores períodos para los muestreos de calidad biológica.

Bases conceptuales de TREHS

TREHS sigue el marco conceptual de la alteración hidrológica y sus límites ecológicos (Poff et al., 2010) y la descripción de las fases hidrológicas en los ríos temporales. TREHS implementa los conceptos y desarrollos de investigación y gestión de ríos temporales formulados durante el Proyecto "Mediterranean Intermittent River Management" (MIRAGE) del VII Programa Marco de la Comunidad Europea y utiliza métodos alternativos de obtención de información, como la 'ciencia ciudadana'. La Tabla 10 muestra los principales acrónimos y términos usados en TREHS que se definieron en Gallart et al., (2012) o Gallart et al., (2017).

Tabla 10: Acrónimos, términos y conceptos empleados en TREHS. 1: definidos en Gallart et al. 2017; 2: definidos en Gallart et al. 2012

ACRÓNIMO	CONCEPTO	DEFINICIÓN
AF	Alternado-Fluente ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; alternancia entre las tres fases acuáticas, pero fluyendo durante períodos más largos ($Mf > 0.40$ y $Md \geq 0.10$).
Al	Alternado ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; alternancia entre las tres fases acuáticas ($Mf \leq 0.40$, $Mp < 0.40$ y $Md < 0.60$).
Estado acuático	Estado acuático ²	Agrupación transitoria de mesohabitats que ocurren en un tramo fluvial y momento, controlados por las condiciones hidrológicas (Hiperreico, Eurreico, Oligorreico, Arreico, Hiporreico, Edáfico)
Fase acuática	Fase acuática ¹	Agrupación transitoria simplificada de mesohabitats que ocurren en un tramo fluvial y momento, controlados por las condiciones hidrológicas (flujo, pozas aisladas, cauce seco)
Arreico	Arreico ²	Estado acuático; No hay flujo superficial pero persisten pozas llenas de agua.
AS	Alternado-eStancado ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; alternancia entre las tres fases acuáticas pero permanece estancado durante largos períodos ($Mf \leq 0.40$, $Mp \geq 0.40$ and $Md \geq 0.10$).

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS RÍOS
TEMPORALES

ASFG	Gráfico de la Frecuencia de los Estados Acuáticos ²	Gráfico del régimen condensado en un año hidrológico: frecuencia relativa a largo plazo de los estados acuáticos durante los meses o estaciones del año.
Edáfico	Edáfico ²	Estado acuático: cauce y aluviones sin agua, implicando la desaparición de toda vida acuática activa.
Ep	Episódico ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; río usualmente seco con agua fluyente o estancada en intervalos cortos e infrecuentes ($Md \geq 0.80$).
ESs	Estacionalidad equinoccio-solsticio ¹	Métrica; distribución temporal de los períodos sin flujo: frecuencia relativa de los meses sin flujo de los equinoccios menos la de los solsticios.
Eurreico	Eurreico ²	Estado acuático: el flujo es abundante y suficiente para permitir la presencia y conectividad de todos los mesohabitats acuáticos posibles en el tramo fluvial.
FPD	Gráfico Flujo-Pozas-seco ¹	Gráfico del régimen de fases acuáticas; triángulo que muestra las métricas complementarias de las tres fases acuáticas en el tramo fluvial (M_f , M_p and M_d).
FS	Fluyente-eStancado ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; normalmente fluyente, con pozas aisladas en caso contrario, no suele secarse ($0.40 < M_f \leq 0.90$ y $M_d < 0.10$).
Hiperreico	Hiperreico ²	Estado acuático: caudal infrecuentemente elevado (crecida)
Hiporreico	Hiporreico ²	Estado acuático: el tramo fluvial no presenta agua en superficie pero los aluviones están suficientemente húmedos para permitir vida hiporreica activa.
Md	Permanencia del cauce seco ¹	Métrica; Número relativo, a largo plazo, de meses con el cauce seco.
Mf	Permanencia del flujo ²	Métrica; Número relativo, a largo plazo, de meses con flujo de agua.
Mp	Permanencia de las pozas ¹	Métrica; Número relativo, a largo plazo, de meses con pozas de agua aisladas.

Oc	Occasional ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; río usualmente seco que algunas veces, no usualmente, muestra agua fluyente o estancada ($0.60 \leq Md < 0.80$).
Oligorreico	Oligorreico ²	Estado acuático: caudal de agua escaso pero suficiente para conectar las pozas mediante hilos de agua superficial.
Pe	Perenne ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; río con flujo permanente ($Mf > 0.99$).
Qp	Casi-Perenne ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; río que fluye normalmente, excepto en ocasiones infrecuentes ($0.90 < Mf \leq 0.99$).
Sd6	Predictibilidad semestral de los períodos sin flujo ²	Métrica; distribución temporal de los períodos sin flujo: indica la predictibilidad de que los meses sin flujo ocurran en un mismo semestre.
St	eStancado ¹	Régimen de fases acuáticas en el gráfico FPD; río que usualmente muestra pozas de agua aisladas, no suele secarse ($Mf \leq 0.40$ and $Md < 0.10$).
SWs	Estacionalidad invierno- verano ¹	Métrica; agrupación temporal de los períodos sin flujo: la frecuencia relativa de los meses sin flujo en verano menos la de los de invierno.
TRP	Gráfico del régimen temporal ²	Gráfico del régimen de flujo temporal; gráfico que muestra la Permanencia del flujo Mf en el eje X y la Predictibilidad semestral de los períodos sin flujo $Sd6$ en el eje Y.

2. Unidades espaciales y temporales

TREHS utiliza como unidad espacial básica la estación, que corresponde a un tramo fluvial de unos 100m de longitud y que suele corresponder con un punto de muestreo de la DMA. Dentro de cada masa de agua pueden definirse tantas estaciones como sea necesario; al entrar las coordenadas de la estación, TREHS localiza las masas de agua más próximas y facilita su denominación en el código WISE.

TREHS muestra un mapa interactivo de cada una de las estaciones, pero no proporciona mapas de los resultados. En caso necesario, los resultados de TREHS pueden extraerse

en un formato de hoja de cálculo para poderlos integrar en un Sistema de Información Geográfica.

TREHS utiliza varias unidades temporales. La unidad básica es el mes, ya que se estima que es la unidad a la cual son visibles los efectos de las perturbaciones de la cantidad de agua sobre la composición de las comunidades de organismos acuáticos. Sin embargo, cuando se utiliza la información procedente de encuestas o de fotografías aéreas, no es posible tener la información tan detallada temporalmente; en estos casos se utiliza la estación.

Las métricas descritas en la Tabla 10 utilizan distintas unidades temporales desde el mes hasta el semestre, mientras que el año es el período que se utiliza para cerrar el régimen del río. Al cambiar las unidades temporales aparecen algunos problemas con las métricas que se discuten ampliamente en Gallart et al. (2017).

3. Estados acuáticos y fases acuáticas

Las unidades para describir el estado hidrológico inmediato en el momento de la inspección son los Estados acuáticos, definidos como los conjuntos transitorios de mesohabitats acuáticos que se producen en un determinado tramo fluvial en un momento determinado, dependiendo de las condiciones hidrológicas (Gallart et al., 2012). En este trabajo se definieron seis Estados acuáticos, de húmedo a seco: condiciones de crecida (Hiperreico), flujo suficiente para la existencia y conectividad de todos los mesohabitats posible (Eurreico), secuencia de pozas conectadas por hilos de agua que fluye superficialmente (Oligorreico), aparición de pozas aisladas (Arreico), desaparición del agua superficial, con los aluviones cerca de la saturación, permitiendo la vida acuática subterránea activa (Hiporreico) y la desecación del lecho del río y aluviones, que implica la desaparición de cualquier hábitat acuático activo (Edáfico).

Los Estados acuáticos que se observan en el momento del muestreo deben identificarse para la mejor evaluación de las asociaciones biológicas y se registran en la base de datos TREHS. Sin embargo, no es actualmente posible obtener esta información detallada para el pasado a partir de encuestas o de fotografías, de modo que para obtener las métricas que describen el régimen y permiten su clasificación, los seis Estados se han simplificado a tres fases acuáticas (agua, pozas aisladas y cauce seco).

4. Adquisición y gestión de la información

La información de entrada a TREHS puede provenir de tres fuentes: i) registros de aforos (medidos o simulados), ii) entrevistas y iii) observaciones in situ durante visitas o a través de fotografías aéreas o terrestres. También es posible entrar directamente las métricas correspondientes al régimen natural de referencia si se pueden obtener de otra estación

o a partir de cualquier otro método. Estos datos son almacenados y analizados por el software con el fin de obtener diversos resultados.

5. Registros de caudales

Para obtener la estadística de la ocurrencia de diversos Estados acuáticos se utilizan los datos mensuales de flujo de una estación de aforo o de simulaciones, siguiendo el método descrito en Gallart et al. (2012, 2016). Este tipo de información permite solamente la determinación adecuada de los estados acuáticos que corresponden a la fase acuática de flujo (Hiperreico, Eurreico y Oligorreico), separada de los restantes que corresponden a flujos nulos, una vez se han estimado los caudales umbral entre estos Estados. Para identificar correctamente estos umbrales, se precisarían observaciones de campo de los estados acuáticos sincrónicas con el aforo del caudal. Sin embargo, en ausencia de estas observaciones, los umbrales pueden ser evaluados provisionalmente con la ayuda de la forma de la curva de caudales clasificados (función de distribución de los caudales), propuesta por TREHS.

La determinación precisa del valor de caudal correspondiente a flujo real cero no suele ser sencilla por varios motivos: las estaciones hidrométricas no están normalmente diseñadas para medir caudales nulos y pequeños cambios de la sección de control debidos a la erosión/deposición de sedimentos pueden modificar el valor aparente del flujo nulo. Además, algunas estaciones hidrométricas no pueden medir el flujo subálveo de agua, mientras que otras estaciones están diseñadas para interceptar el flujo subálveo para medirlo como flujo superficial. Por lo tanto, según la estación de aforos, distintos valores bajos de caudal pueden corresponder a los estados Arreico (pozas aisladas) o Hiporreico (sin agua de superficie). Además, valores bajos de caudal a escala mensual pueden significar realmente un mes con unos pocos días con flujo entre muchos días sin flujo, pero con o sin piscinas.

Cuando se utilizan simulaciones del caudal obtenidos con un modelo de lluvia-escorrentía, no hay que olvidar que, a parte del papel de los aspectos mencionados anteriormente sobre los datos de caudal utilizados para la calibración del modelo, los modelos más actuales no suelen estar diseñados para simular caudales nulos. En una colaboración entre la CHJ y la UPV se está avanzando en la implementación del modelo hidrológico TETIS para esta finalidad (Pedrajas, 2017).

En la práctica, el usuario puede decidir el valor correspondiente al caudal real y puede asignar los valores mínimos para los estados Arreico e Hiporreico. TREHS muestra un mensaje advirtiendo que la frecuencia del estado Arreico (fase de pozas) suele ser subestimada por las mediciones de caudales.

TREHS puede almacenar para cada estación varios registros de aforos de origen y períodos diversos, con distintos valores de caudal umbral entre estados acuáticos para comparar resultados. Las condiciones de referencia (régimen natural) generalmente se

toman de los valores de flujo simulados con un modelo de lluvia-escorrentía, pero también se pueden utilizar registros aforos antiguos, anteriores a la alteración hidrológica, en el mismo punto o procedentes de otra ubicación. También es posible entrar directamente las métricas correspondientes al régimen natural de referencia si se pueden obtener de otra estación o a partir de cualquier otro método

6. Entrevistas

Las entrevistas están diseñadas para evaluar el régimen del tramo del río en los últimos 10 años. Siguen el método descrito en Gallart et al. (2016) y están diseñadas para ser respondidas por vecinos del sistema fluvial, es decir, personas que viven cerca de los ríos o que trabajan en huertos junto al río, seleccionadas al azar y dispuestas a responder las preguntas. Alternativamente, las entrevistas se pueden llevar a cabo con informantes expertos que tengan una relación profesional o de ocio más experta con el régimen del río.

Dada la impracticabilidad de obtener información por medio de estos métodos para cada mes y para todos los estados acuáticos descritos anteriormente, los meses se agrupan en estaciones y los seis estados acuáticos se reducen a las tres fases acuáticas. Por lo tanto, después de algunas preguntas preliminares, el núcleo del cuestionario consiste en una plantilla con cuatro columnas correspondientes a las cuatro estaciones y tres filas correspondientes a tres fases acuáticas (flujo, pozas desconectadas y cauce seco del río). Como cada cuadro representa el número de meses de ocurrencia del estado correspondiente en la estación correspondiente, cada columna debe totalizar 3 meses y todas las casillas 12 meses. Esta tablilla permite calcular las diversas métricas de un modo equivalente a las otras fuentes de información.

A los entrevistados también se les pregunta sobre la existencia de los aluviones húmedos o saturados después de la desaparición de las aguas superficiales (pozas). En los ríos más secos, cuando el entrevistado indica que el flujo del río "cesa por largos períodos", la pregunta se reformula en reversa como "¿Cuántos días al año lleva el río agua?". Esta pregunta se ha incluido para documentar las frecuencias bajas de flujo.

Cualquier entrevista puede ser seleccionada o descartada para el análisis, dependiendo de la confianza del usuario en su fiabilidad.

C Información para estimar las métricas y las frecuencias relativas de los estados acuáticos

	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Flujo de agua	2	2.5	2.5	0.5
Balsas	1	0.5	0.5	1.5
Seco	0	0	0	1.0

R Mf: f_x 0.9167 Sd6: f_x 1.0000

Figura 3. Tabla de frecuencias estacionales de las fases acuáticas empleada en las entrevistas.

Observaciones in situ y a través de fotografías

El objetivo principal de este tipo de datos es la documentación del estado acuático del tramo fluvial en la fecha en que se visita para el muestreo biológico y de agua. La entrada también se ha adaptado para incluir interpretaciones de fotografías aéreas o fotografías terrestres como las tomadas por la versión multitemporal de Google Maps Street View. En los últimos casos, ya que no es posible identificar los seis estados acuáticos en fotografías, estos deben simplificarse a las tres fases acuáticas. En la versión actual de TREHS, los datos de observaciones in situ y fotográficas se combinan para obtener métricas y gráficos, por lo que los estados acuáticos registrados se simplifican a fases acuáticas cuando se analizan.



Figura 4. secuencia de tres fotografías aéreas del mismo tramo fluvial, mostrando respectivamente, de izquierda a derecha, flujo, pozas y cauce seco

Las estadísticas de frecuencia de flujo y pozas se calculan a partir de observaciones solamente cuando hay al menos cinco observaciones disponibles y luego, como medida de dispersión, la resolución de las estadísticas se calcula como el inverso del número de observaciones. Como en el caso de las entrevistas, la escala temporal para las observaciones se simplifica a la escala de la estación. Las estadísticas y gráficos sobre el patrón temporal de las características se derivan solo cuando hay al menos tres observaciones por estación. En este caso, las estadísticas de permanencia primero se calculan para cada estación y se promedian posteriormente, a fin de evitar cualquier sesgo debido a diferentes números de observaciones en las diferentes estaciones. Esta prevención no se puede realizar cuando hay menos de tres observaciones por estación, por lo que en estos casos las estadísticas de permanencia resultantes pueden estar sujetas a algún sesgo estacional.

Las fotografías aéreas o terrestres pueden estar tomadas a cierta distancia del punto de la estación, en cuyo caso se aconseja a los usuarios que indiquen las coordenadas del punto de observación. La fecha de captura de las fotografías aéreas puede ser desconocida, ya que muchos ortofotogramas se componen de mosaicos de fotografías sin una fecha de captura específica; en estos casos, la información estacional se pierde y solo se puede registrar el año de captura.

7. Análisis de datos y resultados

Métricas de régimen temporal

TREHS utiliza seis métricas, exclusivas para ríos temporales y que pueden obtenerse con los métodos mencionados anteriormente. Tres métricas describen la ocurrencia comprimida en el tiempo de las tres fases acuáticas correspondientes, mientras que las otras tres métricas intentan describir la distribución temporal de estas fases. Se decidió no utilizar métricas sobre los seis estados acuáticos porque aún no hay suficiente información. Las métricas seleccionadas son las siguientes:

Mf; Permanencia del flujo, definida como la frecuencia relativa a largo plazo de los meses con flujo, con valores entre 0 (siempre seco) y 1 (siempre fluyendo, es decir, sistemas fluviales perennes). Esta métrica fue definida en Gallart et al. (2012) a partir de estudios anteriores.

Mp; permanencia de las pozas, definida como la frecuencia relativa a largo plazo de los meses con pozas aisladas, con valores entre 0 (nunca hay pozas) y 1 (siempre hay pozas aisladas, es decir, sistemas perennes de aguas tranquilas / lénticas).

Md; permanencia del cauce seco, definida como la frecuencia relativa a largo plazo de los meses en los que el cauce no tiene agua superficial. Es una métrica complementaria a las dos métricas anteriores, por lo que $Md = 1 - (Mf + Mp)$.

Sd₆; predictibilidad semestral de los períodos de flujo nulo, definida en Gallart et al. (2012) y calculada mediante la Eq. 1:

$$Sd_6 = 1 - \left(\frac{\sum_1^6 Fd_i}{\sum_1^6 Fd_j} \right) \quad (\text{Eq. 1})$$

donde Fdi representa las frecuencias plurianuales de los meses de flujo nulo para los 6 meses más húmedos contiguos del año y Fdj representa las frecuencias plurianuales de los meses de flujo nulo para los 6 meses más secos. Los períodos de 6 meses húmedos y secos significan aquéllos con menos y más frecuencias de flujo cero a largo plazo, respectivamente. Esta variable no tiene dimensiones y toma el valor 0 cuando los flujos nulos se dan por igual a lo largo del año a largo plazo y 1 cuando todos los flujos nulos se dan en el mismo período de 6 meses cada año. Cuando el régimen es completamente permanente, esta métrica no se puede calcular, por lo que se establece el valor de 1 para indicar la capacidad de predicción completa.

SWs; estacionalidad verano-invierno, definida como la diferencia en las frecuencias relativas de los meses de flujo nulo entre el verano y el invierno. Toma un valor de 1 cuando no hay flujo durante el verano contra flujo continuo en invierno y -1 cuando ocurre lo contrario. El verano y el invierno se calculan en TREHS para el hemisferio norte; esta métrica tomaría por lo tanto el signo contrario en el Hemisferio Sur.

ESs; estacionalidad equinoccio-solsticio, definida como la diferencia en las frecuencias relativas de los meses de flujo nulo entre equinoccios y solsticios. Toma un valor de 1 cuando no hay flujo durante los equinoccios contra flujo continuo en los solsticios y -1 cuando ocurre lo contrario.

Gráficos de régimen temporal

TREHS permite obtener tres gráficos: el gráfico de frecuencia de los estados acuáticos (ASFG) y el gráfico de régimen temporal (TRP), ambos definidos en Gallart et al. (2012) y el diagrama Flujo-Pozas-Seco (FPD), definido para TREHS en Gallart et al. (2017).

El ASFG (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) resume la frecuencia relativa de los estados acuáticos más húmedos a lo largo del año utilizando una escala temporal mensual cuando emplea registros de flujo o simulaciones, o las tres fases acuáticas con una escala temporal estacional cuando emplea entrevistas u observaciones. El objetivo de este gráfico es mostrar la importancia relativa de los diversos estados o fases a lo largo del año y el grado de estacionalidad del régimen de un vistazo. También da una primera impresión de cómo se debe definir el calendario de muestreo en la estación. Sin embargo, es un gráfico diagramático que no permite la evaluación cuantitativa del régimen del río, requerido para las comparaciones entre ríos o tramos del mismo río.

El TRP (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) fue diseñado para comparar las dos principales métricas relevantes para la ocurrencia del flujo obtenido para

diversos ríos. Por lo tanto, la permanencia del flujo (Mf) y la predictibilidad estacional (Sd6) se representan en este gráfico. El triángulo gris representa un área donde los valores de las dos métricas son incompatibles y las barras o elipses representan el error estándar de las métricas. Este gráfico puede usarse para comparar los regímenes de diversos ríos o las métricas obtenidas para el mismo río cuando se utilizan diversas fuentes de información. Cuatro sectores en este diagrama representan los tipos de régimen acuático temporal definidos por Gallart et al. (2012): perenne (P), intermitente-pozas (I-P), intermitentemente seco (I-D) y efímero (E). Estos tipos se muestran en este gráfico para comparación, pero no se utilizan posteriormente, porque se ha desarrollado una clasificación más ambiciosa para TREHS sobre la base del gráfico descrito a continuación. El inconveniente principal del gráfico TRP es la falta de información sobre la presencia de agua superficial en forma de charcas estancadas cuando el flujo se interrumpe, ya que no se disponía de esta información cuando fue desarrollado.

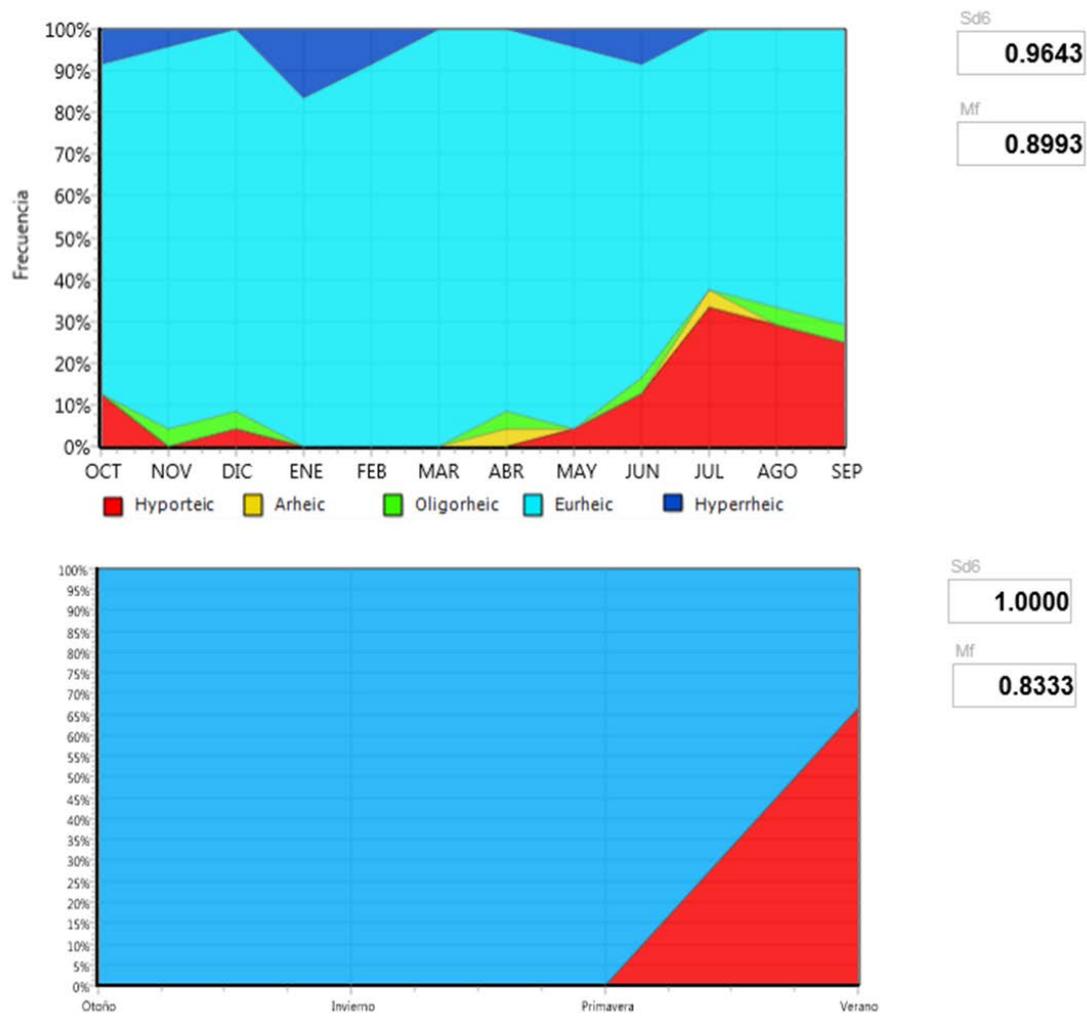


Figura 5. Gráficos de la frecuencia relativa de los estados acuáticos (ASFG) obtenidos a partir de datos de aforos (superior) y de encuestas (inferior) para el mismo tramo fluvial.

Dado que tanto las entrevistas como las observaciones pueden proporcionar información relevante sobre la frecuencia de las agrupaciones que no pueden trazarse

en el gráfico TRP, se diseñó un diagrama de Flujo-Pozas-Seco (FPD) para mostrar las métricas asociadas a las tres fases acuáticas relevantes para el desarrollo de la vida acuática y observable en los tramos fluviales con estos métodos. El diseño del gráfico es triangular, el formato clásico cuando se analizan tres componentes complementarios, como las fracciones de arena, limo y arcilla en la textura del suelo. En el diagrama de FPD, cada una de las métricas se dispone en una de las tres alturas del triángulo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El lado de la izquierda representa la permanencia del flujo (Mf), con el porcentaje de Mf aumentando desde la base del triángulo (Mf = 0%) hasta el vértice superior (Mf = 100%). El lado de la derecha representa la permanencia de las pozas (Mp), aumentando desde el lado izquierdo (Mp = 0%) hasta el vértice inferior derecho (Mp = 100%). Finalmente, el lado en la parte inferior representa la permanencia del cauce seco (Md), complementario a los demás (Md = 1- (Mf + Mp)), con el valor más bajo en el lado derecho (Md = 0%) y el valor más alto en el vértice inferior izquierdo (Md = 100%).

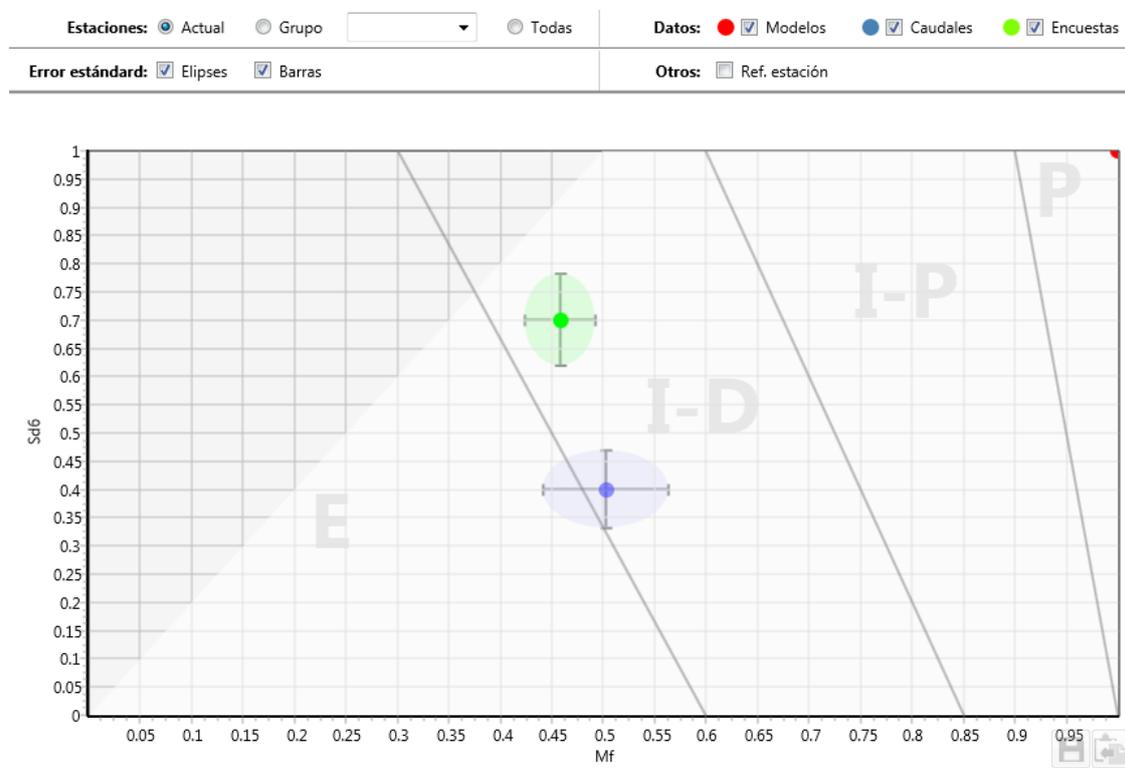


Figura 6. Gráfico del régimen temporal (TRP) en el que se compara el régimen obtenido mediante un modelo (régimen natural) con los regímenes reales obtenidos mediante registros de aforo y encuestas.

Por lo tanto, los vértices superior, derecho e izquierdo del diagrama FPD representan respectivamente sistemas fluviales perennes (es decir, ríos perennes), sistemas lénticos perennes (es decir, estanques perennes o humedales) y sistemas terrestres. Los puntos a lo largo del lado inferior, con Mf = 0% y diferentes valores de Mp y Md, representan estanques temporales o humedales. Los puntos a lo largo del lado izquierdo representan ríos temporales sin fases de pozas, mientras que los puntos en el lado derecho representan ríos temporales sin ninguna fase seca. Finalmente, el interior del triángulo

representa ríos temporales que se alternan entre las tres fases, con una amplia gama de diferentes valores de M_f , M_p y M_d .

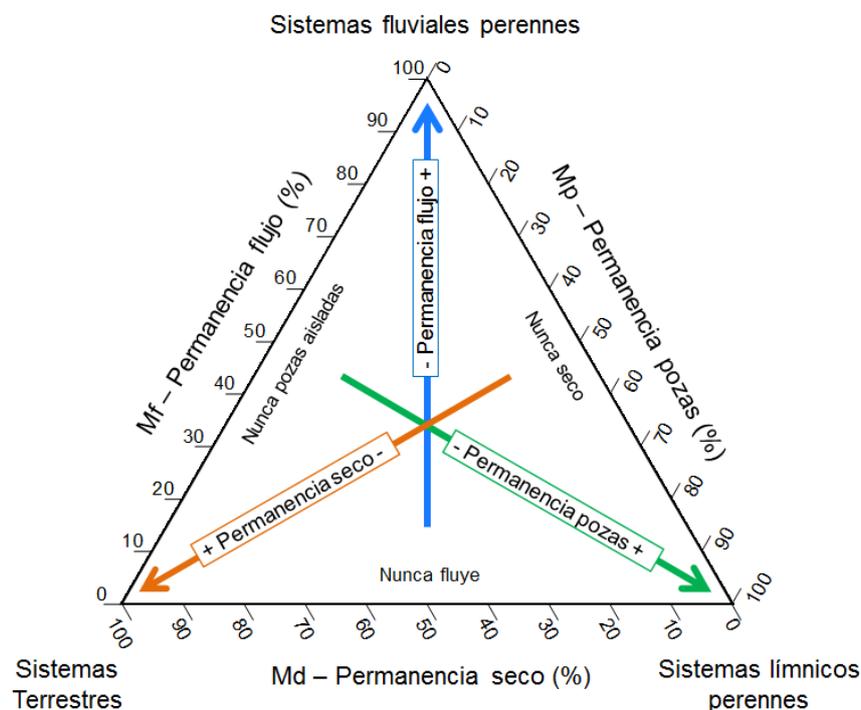


Figura 7. distribución de los tres ejes en un gráfico FPD (Flujo – Pozas – Seco)

Terminología y clasificación de los ríos temporales

Las cinco métricas descritas en la sección 4.1 y los gráficos que se muestran en 4.2 pueden usarse para caracterizar y comparar los regímenes de diversos ríos, pero se consideró necesaria una clasificación operacional y ecológicamente relevante de los regímenes para una comunicación más clara en este campo multidisciplinario, la extrapolación de observaciones y el progreso en el manejo racional de los ríos. Como se argumentó en la Introducción, existe consenso entre los autores en que la vida acuática en ríos temporales depende no solo de la ocurrencia del flujo, sino también de la presencia de agua superficial en forma de charcas estancadas cuando se interrumpe el flujo. Algunas pozas pueden persistir durante meses sin lluvias, mientras que otras pueden cambiar de tamaño o desaparecer, por razones difíciles de identificar. En consecuencia, hay algunas terminologías y clasificaciones del régimen de ríos temporales que mencionan la existencia de charcas, pero no incluyen operativamente su frecuencia en la identificación de las clases de régimen debido a la falta de estadísticas adecuadas (Gallart et al., 2017).

La nueva clasificación de régimen de fases acuáticas implementada en TREHS fue diseñada como i) totalmente aplicable a partir de la información disponible, ii) teniendo

en cuenta las estadísticas de las tres fases acuáticas, iii) puede representarse en un solo gráfico, iv) libre de conflictos de las terminologías más usuales, y v) definidas a partir de características hidrológicas que se supone tienen implicaciones biológicas, aunque aún no se han probado suficientemente. Sin embargo, razones prácticas hicieron que fuera apropiado descartar la representación de la estructura temporal de las fases acuáticas. Por lo tanto, es de esperar que la significación biológica de las clases diseñadas tenga implicaciones biológicas diferentes en entornos climáticos distintos. Además, dado que tanto la terminología como la clasificación están codificadas en una hoja de cálculo auxiliar a la aplicación TREHS, un usuario avanzado puede actualizarlas utilizando diferentes valores de umbrales para las métricas o incluso agregando otras métricas TREHS al procedimiento. El enfoque seleccionado para la clasificación de régimen se basó en el diagrama FPD (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), utilizando los siguientes atributos:

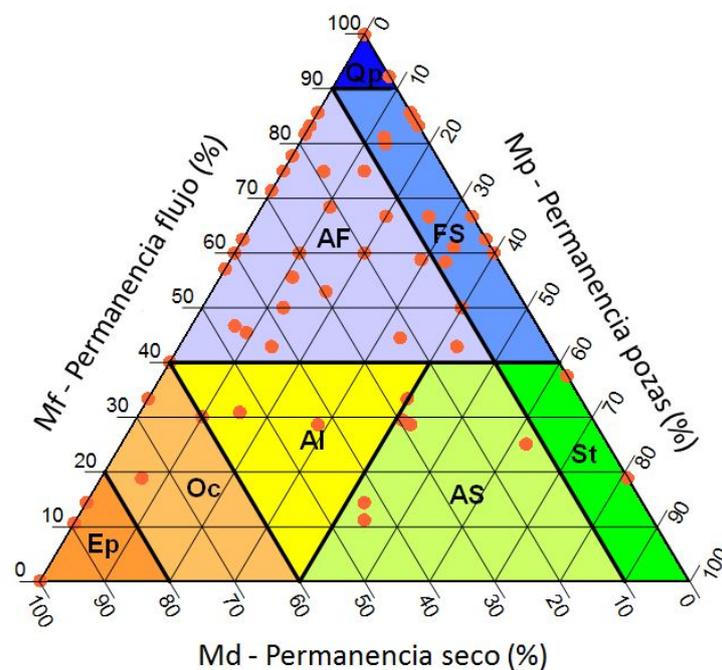


Figura 8. Gráfico FPD en el que se muestra la clasificación de los regímenes empleada en TREHS. Los puntos representan casos reales de tramos fluviales obtenidos mediante observaciones y fotografías.

- Perenne: flujo permanente, excepto en raras ocasiones. El término "temporal" se usa como término genérico opuesto para los ríos restantes que ocasionalmente o de forma recurrente dejan de fluir.
- Fluente: por lo general fluye.
- Estancado: generalmente toma la forma de pozas aisladas.
- Alternado: rota entre las tres fases acuáticas.

- Ocasional: Río generalmente seco que algunas veces, pero no a menudo, tiene agua estancada o fluyendo.
- Episódico: río usualmente seco con agua fluente o estancada a intervalos poco frecuentes.

Estos términos se combinan para identificar nueve tipos de régimen, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se indican los valores de umbral definidos para las tres métricas. Se asume que dos de estos límites son los más relevantes para la vida acuática: Mf menor que 0.4 se asume como un límite práctico donde los métodos DMA usuales no pueden usarse para evaluar el estado biológico; y Md menor que 0.1 representa condiciones con agua superficial casi perenne, ya sea fluyendo o estancada.

Régimen	Mf	Mp	Md
Perenne (Pe)	0.99<Mf≤1.00	0.00≤Mp<0.01	0.00≤Md<0.01
Casi-perenne (Qp)	0.90<Mf≤0.99	0.00≤Mp≤0.10	0.00≤Md≤0.10
Fluente-eStancado (FS)	0.40<Mf≤0.90	0.00≤Mp<0.60	0.00≤Md<0.10
Alternado-Fluente (AF)	0.40<Mf≤0.90	0.00≤Mp<0.50	0.10≤Md<0.60
eStancado (St)	0.00<Mf≤0.40	0.50≤Mp<1.00	0.00≤Md<0.10
Alternado-eStancado (AS)	0.00<Mf≤0.40	0.40≤Mp<0.90	0.10≤Md<0.60
Alternado (Al)	0.00<Mf≤0.40	0.00≤Mp<0.40	0.20≤Md<0.60
Ocasional (Oc)	0.00<Mf≤0.40	0.00≤Mp<0.40	0.60≤Md<0.80
Episódico (Ep)	0.00<Mf≤0.20	0.00≤Mp<0.20	0.80≤Md<1.00

Tabla 11. Nomenclatura y límites entre métricas de los regímenes definidos en TREHS. Los límites principales que definen los regímenes se muestran en negrita.

Los resultados de esta clasificación se muestran en TREHS para todos los diversos tipos de información. Además, como algunos Estados Miembros europeos incluyeron las clasificaciones de los ríos según sus regímenes de flujo natural en las respectivas transposiciones de la DMA (Instrucción de Planificación Hidrológica, "ORDEN ARM / 2656/2008" en España y "DECRETO 16 giugno 2008, n.131" en Italia), TREHS también ofrece estas clasificaciones para las condiciones naturales (de referencia), como el "régimen prescrito", así como para todo los tipos de información disponible en condiciones reales.

Determinación de la alteración hidrológica

De acuerdo con el Artículo 4 (1) de la DMA, el régimen de una masa de agua fluvial debe evaluarse por su capacidad de alcanzar un buen estado de indicadores biológicos. Desafortunadamente, la ecología de los ríos temporales todavía no se comprende lo suficiente como para hacer una evaluación sólida de las implicaciones ecológicas de las alteraciones del régimen. De hecho, siguiendo las recomendaciones de la propuesta de los Límites Ecológicos de la Alteración Hidrológica (ELOHA, Poff et al., 2010), es necesario i) definir las características del régimen "no alterado" o de referencia para la masa de

agua en estudio, ii) clasificar el régimen del río utilizando variables ecológicamente relevantes, iii) determinar la desviación del régimen actual respecto al de referencia y iv) desarrollar relaciones alteración del régimen-respuesta ecológica.

TREHS fue diseñado para ayudar a hacer frente operacionalmente a los primeros tres pasos del marco ELOHA y para determinar el estado hidrológico (HS) como una evaluación de la relevancia ecológica de la alteración hidrológica, sobre la base de criterios expertos que pueden actualizarse fácilmente cuando se disponga de nueva información. En las siguientes subsecciones, se resume la forma en que se utilizan las métricas descritas en la sección 4.1 para evaluar el grado de alteración hidrológica y determinar su relevancia ecológica (HS).

Condiciones del régimen de referencia

El método de base para determinar la línea de base o el régimen de referencia para una estación en TREHS es el uso de una serie de caudales simulados con un modelo de precipitación-escorrentía, asumiendo las condiciones naturales. Este tipo de simulación para cada masa de agua suele estar disponible para la implementación de la DMA (por ejemplo, en España según la "Instrucción de Planificación Hidrológica", ORDEN ARM / 2656/2008). Alternativamente, los registros de flujo históricos de estaciones de aforo obtenidas antes de la alteración hidrológica también se pueden usar para determinar los regímenes de referencia.

En estos casos, las series de flujo simuladas o registradas se manejan como se describe en la sección 3.1 para obtener las métricas correspondientes y se seleccionan como las de referencia. Es importante recordar que la ocurrencia de pozas aisladas y, por lo tanto, la determinación de las métricas de M_p no son simples cuando los datos de caudales de agua se utilizan para calcular las métricas. La permanencia de las pozas M_p obtenida con estos datos se suele subestimar.

Si las métricas del régimen de referencia se pueden obtener de cualquier otra fuente (registros de flujo de otra estación de medición en el área, entrevistas para este propósito, fotografías históricas...), las métricas correspondientes se pueden ingresar directamente en TREHS. Finalmente, si se dispone de diversas fuentes de regímenes de referencia, como por ejemplo de diferentes modelos de precipitación-escorrentía, su uso en TREHS puede activarse y desactivarse para comparar los resultados.

Estado hidrológico

TREHS calcula el grado de alteración hidrológica con un método de puntuación experto a partir de las diferencias entre las métricas obtenidas para el régimen de referencia y el real. Estos cálculos se realizan en una hoja de cálculo auxiliar separada que puede ser inspeccionada por el usuario para verificar el proceso y, de ser necesario, actualizar algunos de los criterios de experto.

Primero, para cada métrica, se obtiene el promedio y la desviación estándar de los valores obtenidos de los diversos tipos de información para la referencia y el régimen real. El usuario de TREHS puede desactivar cualquiera de los tipos de información si se sospecha un sesgo.

Luego, las diferencias entre la referencia y las métricas reales disponibles se comparan con valores de umbral que dependen del valor M_f de referencia, para decidir si las divergencias son inaceptables; cuanto más permanente es el régimen, menores son las divergencias de las métricas permitidas. Estos valores de umbral se calculan en la hoja de cálculo auxiliar a partir de tablas de valores de referencia que pueden ser actualizados por un usuario experto.

Los criterios utilizados para evaluar la alteración hidrológica son los siguientes:

- Disminución de la permanencia del flujo M_f , dos niveles de severidad (ligera y severa).
- Disminución de la permanencia del agua superficial ($M_f + M_p$), dos niveles de severidad.
- Aumento de la permanencia del flujo M_f , dos niveles de severidad.
- Cambio de predictibilidad estacional S_d6 .
- Cambio de patrones estacionales SW o ES.

Hay que tener en cuenta que un aumento en la permanencia del flujo o un cambio en el patrón temporal también se toma como alteración hidrológica porque pueden facilitar el advenimiento de especies invasoras generalistas, particularmente peces y cangrejos.

Cada criterio se penaliza con una puntuación negativa que se resta de un valor de 4; entonces el HS se determina como 'no alterado', 'levemente alterado', moderadamente alterado 'o' altamente alterado 'para valores totales de 4 a 1, respectivamente.

TREHS también muestra los criterios utilizados para esta determinación, con el fin de informar al gestor sobre las medidas que se deben tomar para la recuperación del régimen. Finalmente, también calcula el grado de confianza del diagnóstico emitido, en función de la relación entre las diferencias métricas y sus desviaciones estándar, así como su robustez, según la cantidad de tipos diferentes de información utilizados.

8. Referencias

Gallart F., Prat N., García-Roger E.M., Latron J., Rieradevall M., Llorens P., Barbera G.G., Brito D., De Girolamo A.M., Lo Porto A., Buffagni A., Erba S., Neves R., Nikolaidis N.P., Perrin J.L., Querner E.P., Quinonero J.M., Tournoud M.G., Tzoraki O., Skoulikidis N., Gamez R., Gomez R. and Froebrich J. (2012). A novel approach to analysing the regimes of temporary streams in relation to their controls on the composition and structure of aquatic biota, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16, 3165–3182, <http://dx.doi.org/10.5194/hess-16-3165-2012>.

Gallart F., Llorens P., Latron J., Cid N., Rieradevall M. and Prat N. (2016). Validating alternative methodologies to estimate the regime of temporary rivers when flow data are unavailable, *Sci. Total Environ.* 565, 1001–1010.

Gallart, F., Cid, N., Latron, J., Llorens, P., Bonada, N., Jeuffroy, J., Jiménez-Argudo, S-M^a., Vega, R-M^a., Solà, C., Soria, M^a., Bardina, M., Hernández-Casahuga, A.J. Estrela, T., Munné, A., Prat, N. (2017). TREHS: An open-access software tool for investigating and evaluating temporary river regimes as a first step for their ecological status assessment. *Science of the Total Environment*, 607, 519-540. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.209

Pedrajas García, J. (2017). Caracterización del régimen temporal de masas de agua no permanentes mediante la implementación del modelo hidrológico TETIS y la herramienta TREHS. Aplicación en la Demarcación Hidrográfica del Júcar. <http://hdl.handle.net/10251/89514>

Poff N.L., Richter B.D., Arthington A.H., Bunn S.E., Naiman R.J., Kendy E., Acreman M., Apse C., Bledsoe B.P., Freeman M.C. and Henriksen J. (2010). The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards, *Freshw. Biol.* 55, 147–170.