

# PROTOCOLO PARA EL CÁLCULO DE METRICAS DE LOS INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS DE LAS MASAS DE AGUA CATEGORÍA RÍO



Versión consulta pública

Marzo de 2019



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



# ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL MECANISMO DE VALORACIÓN.....	3
3	VALORACIÓN DE LA HMF PARA RIOS PERMANENTES O TEMPORALES CON FAUNA PISCÍCOLA Y VEGETACIÓN DE RIBERA. ....	5
3.1	RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....	6
3.1.1	CAUDAL E HIDRODINÁMICA.....	6
3.1.2	CAUDALES SÓLIDOS.....	12
3.2	RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS.....	16
3.3	CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD PISCÍCOLA.....	17
3.3.1	ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN (IC).....	17
3.3.2	ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL (ICL).....	18
3.4	CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE PROFUNDIDAD Y ANCHURA ....	19
3.5	CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO.....	22
3.6	CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA.....	23
4	VALORACIÓN PARA RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS QUE NO TENGAN CAPACIDAD PARA ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA. ....	26
4.1	RÉGIMEN HIDROLÓGICO.....	27
4.1.1	CAUDAL E HIDRODINÁMICA.....	27
4.1.2	CAUDALES SÓLIDOS.....	29
4.2	RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS.....	30
4.3	CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS. ....	31
4.4	CONDICIONES MORFOLÓGICAS: PROFUNDIDAD Y ANCHURA.....	32
4.5	CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO .....	34
4.6	CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA.....	35
5	PONDERACIÓN DE LOS VALORES Y FORMA DE REPRESENTACIÓN DE LAS METRICAS.....	37
6	UMBRALES PARA EL MUY BUEN ESTADO ECOLÓGICO .....	38
ANEXOS		
ANEXO I:	CURVAS DE NATURALIDAD.....	40



## **1 INTRODUCCIÓN**

En este documento se expone el procedimiento planteado para el cálculo de métricas relacionadas con los elementos de calidad relacionados con la hidromorfología fluvial (en adelante HMF) de las masas de agua de categoría río, incluyendo tanto las que cuentan con flujo permanente, como las caracterizadas por un patrón hidrológico temporal o efímero. La propuesta se fundamenta en el contenido del “Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos” (en adelante, Protocolo de caracterización HMF).

El procedimiento de valoración propuesto intenta dar respuesta igualmente a los requerimientos del Real Decreto por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (R.D. 817/2015), del Reglamento de Planificación Hidrológica (R.D. 907/2007), y de la Instrucción homónima (Orden ARM/2656/2008), así como a lo establecido al respecto de la evaluación del estado ecológico de las masas de agua por la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) (en adelante, DMA), y por los documentos asociados a la Estrategia Común de Implantación de dicha Directiva (CIS).

## **2 OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL MECANISMO DE VALORACIÓN**

Dando respuesta a lo establecido por la DMA, el Protocolo recoge los siguientes elementos para la valoración del estado de los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua de la categoría río:

1. CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO
  - 1.1. Caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas.
  - 1.2. Conexión con masas de agua subterráneas (MASb).
2. CONTINUIDAD DEL RÍO
3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA
  - 3.1. Variación de la profundidad y anchura del río.
  - 3.2. Estructura y sustrato del lecho del río.
  - 3.3. Estructura de la zona ribereña.

La valoración/cuantificación de todos estos elementos debe permitir, a priori, la diferenciación entre el “muy buen estado” y el “buen estado” de la masa de agua o, en su caso, la identificación provisional de la masa de agua como “muy modificada”, colaborar con el resto de elementos de calidad para la correcta determinación del estado de una masa de agua, así como evaluar los efectos que una actuación determinada puede influir en la HMF fluvial.

El Protocolo plantea la importancia de recabar información variada y de diferente nivel de detalle sobre los aspectos hidromorfológicos de cada masa de agua analizada a nivel de cuenca vertiente. A partir de toda esta información, y de su periódica recolección, podría establecerse un diagnóstico sobre su funcionamiento hidromorfológico, y una valoración del mismo:

- i. El diagnóstico resulta de importancia, desde la óptica de la gestión fluvial, para entender e interpretar correctamente los procesos hidromorfológicos propios de cada masa de agua, así como la manera en que se produce su interacción con diversos aspectos biológicos y físico-químicos. Igualmente, resulta una herramienta fundamental para comprender la influencia ejercida en la dinámica espacio-temporal de la masa por diversos tipos de presiones de origen natural o artificial.



- ii. Por su parte, la posibilidad de realizar una valoración del estado da respuesta directa a la exigencia de la DMA de determinar el estado de los indicadores hidromorfológicos en que se encuentran las masas de agua de una demarcación, y la evolución que dicho estado ha sufrido desde la finalización del anterior ciclo de planificación. Asimismo, el mecanismo de valoración propuesto puede servir para determinar la mejora o empeoramiento de los elementos de calidad hidromorfológica de una masa de agua, después de la realización en ella de una actuación potencialmente impactante o de una medida de recuperación.

Por lo tanto, el objetivo perseguido por el procedimiento propuesto es contribuir a un mejor diagnóstico del funcionamiento hidromorfológico de las masas de agua españolas, y a una mejor y más funcional valoración del estado de los indicadores hidromorfológicos en el que se encuentran.

Para ello, el procedimiento planteado adopta una estructura similar a la utilizada por el Protocolo de caracterización HMF. Se presentan 6 bloques de valoración, correspondientes a los aspectos cuyo análisis exige la DMA para determinar correctamente los indicadores hidromorfológicos de las masas de agua categoría río:

1. Régimen hidrológico (posibles fuentes de alteración)
  - a. Caudal e hidrodinámica
  - b. Caudales sólidos
2. Régimen hidrológico - Conexión con masas de agua subterránea
3. Continuidad del río.
4. Condiciones morfológicas del cauce: variación de la profundidad y anchura del río
5. Condiciones morfológicas del cauce: estructura y sustrato del lecho del río
6. Condiciones morfológicas del cauce: estructura de la zona ribereña

Para cada uno de estos bloques se proponen indicadores de valoración, así como unos grados de alteración (potencial o medida, según lo posible en cada caso) y unos niveles de naturalidad de los indicadores. La alteración o naturalidad se divide, en todos los casos, en cuatro clases, con el fin de contribuir a una mayor homogeneidad del procedimiento, y de facilitar el tratamiento conjunto de los indicadores y sus resultados.

Finalmente, se propone un valor de naturalidad ponderada máxima por indicador, dado que no todos cuentan con la misma relevancia de cara a la valoración y a la definición del estado de los indicadores hidromorfológicos total. Cada uno de los bloques de valoración cuenta con un peso similar (expresado con una puntuación máxima de 10 sobre 60 puntos totales).

Así, para cada indicador, se tomará el valor correspondiente al valor de naturalidad que a su vez, será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máximo que aportará la puntuación ponderada del indicador.

Para un mayor acercamiento a la gran diversidad fluvial existente se ha clasificado la valoración en dos tipologías:

- Ríos permanentes o temporales con fauna piscícola y con vegetación de ribera.
- Ríos temporales o efímeros sin fauna piscícola y sin vegetación de ribera.



### **3 VALORACIÓN DE LA HMF PARA RÍOS PERMANENTES O TEMPORALES CON FAUNA PISCÍCOLA Y VEGETACIÓN DE RIBERA.**

La Instrucción de Planificación Hidrológica (ARM/2656/2008) (IPH, 2008) define los *Ríos permanentes* como los “cursos fluviales en los que, en régimen natural, presentan agua fluyendo, de manera habitual, durante todo el año”. Del mismo modo, define los *Ríos temporales o estacionales* como “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”.

En este apartado se desarrollarán los indicadores hidromorfológicos indicados para aquellos ríos que, por sus condiciones de caudal, puedan albergar fauna piscícola y desarrollar una vegetación de ribera definida. A continuación, se expone la estructura planteada para valorar cada uno de los bloques de valoración, de manera detallada y justificada.

El primer bloque (1. Régimen hidrológico (posibles fuentes de alteración del régimen hidrológico)); está diseñados de manera que la valoración se realiza sobre la totalidad de cuenca vertiente de la masa de agua. Los dos siguientes bloques (2. Régimen hidrológico: conexión con masas de agua subterráneas y 3 continuidad del río) se estudiarán a nivel masa de agua. Por último los otros tres bloques restantes relativos a las condiciones morfológicas del cauce (4. Variación de profundidad y anchura; 5. Estructura y sustrato del lecho, y 6. Estructura de la zona ribereña) se valoran en tramos representativos y sub-tramos de muestreo. A continuación se muestra una Tabla 1 para facilitar la identificación de la escala de trabajo para cada bloque de valoración. (Para más detalle ver Protocolo de caracterización HMF apartado 1.5.).

<b>NIVEL DE TRABAJO PARA LOS BLOQUES DE VALORACIÓN</b>		
<b>NIVEL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>BLOQUE DE VALORACIÓN</b>
<b>CUENCA VERTIENTE</b>	<b>RÉGIMEN HIDROLÓGICO</b>	Régimen hidrológico: Posibles fuentes de alteración
<b>MASA DE AGUA</b>		Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma
	<b>CONTINUIDAD DEL RÍO</b>	Estudio del efecto barrera para las especies piscícolas en la masa de agua
<b>TRAMO HIDROMORFOLÓGICO</b>	<b>CONDICIONES MORFOLÓGICAS</b>	Profundidad y anchura del cauce
<b>SUBTRAMO DE MUESTREO</b>		Estructura y sustrato del lecho
		Estructura de la zona ribereña

Tabla 1. Nivel de trabajo correspondiente a cada bloque de valoración del estado hidromorfológico de una masa de agua (Ríos permanentes y temporales con fauna piscícola y vegetación de ribera).



### 3.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO

El régimen hidrológico se divide en dos partes con la intención de analizar por un lado, las posibles alteraciones al régimen de caudales líquidos y por otro, la limitación al flujo de sedimentos así como las extracciones dentro de la cuenca vertiente que puedan estar afectando al régimen de caudales sólidos de la masa de agua.

#### 3.1.1 CAUDAL E HIDRODINÁMICA

Para el primer bloque de valoración se proponen 6 indicadores de caracterización de las posibles fuentes de alteración hidrológica (ICAHs) y sus posibles efectos sobre los caudales líquidos (Ver Tabla 2). Estos indicadores se valoran en términos de “Grado de potencial alteración”, por cuanto su estimación se realiza de manera indirecta, a través de la existencia de presiones significativas sobre el patrón del régimen de caudales (Para ampliar información ver apartado 2.2.1 del Protocolo de caracterización HMF).

#### ***ICAH 1: EMBALSES/TRASVASES – Regulación: alteración de magnitud, variabilidad y estacionalidad de las aportaciones***

Este indicador se refiere tanto al efecto de los embalses como trasvases (incluidos los construidos para obras hidráulicas) con capacidad para transformar el régimen de caudales previo a su construcción (regulación hidrológica). A través de la comparación de la suma de las capacidades de almacenamiento de los embalses de grandes presas existentes aguas arriba de la masa de agua considerada (incluyendo los existentes en sus afluentes), considerando las aportaciones en régimen natural de la serie corta (SIMPA) de la cuenca vertiente de la masa de agua. En caso de que las alteraciones estén asociadas a la existencia de trasvases (incluyendo los relacionados con la explotación de centrales hidroeléctricas), el ICAH1 también se calculará para estas aportaciones, comparando el volumen total de las aportaciones trasvasadas con las aportaciones que llegan a la masa en régimen natural.

El cálculo del ICAH 1 por tanto se realiza según las fórmulas establecidas en el Protocolo de caracterización HMF (Ver capítulo 2.2. del Protocolo de caracterización HMF). Siendo estas:

$$\text{ICAH 1} = \frac{\sum \text{VolE} (hm^3)}{\text{ApRN} (hm^3)} \quad \text{ó} \quad \text{ICAH 1} = \frac{\sum \text{ApTRmax} (hm^3)}{\text{ApRN} (hm^3)} \quad \text{ó} \quad \text{ICAH 1} = \frac{\sum \text{DetTRmax} (hm^3)}{\text{ApRN} (hm^3)}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de regulación. Siendo:

- VolE (hm<sup>3</sup>): volumen útil de todas las grandes presas ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua.
- ApRN (hm<sup>3</sup>): Aportación anual en régimen natural en la sección de cierre de la masa de agua de la serie corta (1980/81 – siguientes)
- ApTRmax (hm<sup>3</sup>): Aportación anual máxima autorizada para trasvase.
- DetTRmax (hm<sup>3</sup>): Detracción anual máxima autorizada para trasvase.

En aquellos casos donde dentro de una misma cuenca vertiente se encuentren localizados tanto embalses como trasvases, deberá tomarse el valor de ICAH que mayor capacidad potencial de regulación presente.



## **ICAH 2: EMBALSES – LAMINACIÓN: ALTERACIÓN EN MAGNITUD Y FRECUENCIA DE LAS AVENIDAS**

Con este indicador, a partir de la consideración del efecto de los embalses sobre la magnitud de las aportaciones y sobre los fenómenos extremos (máximos) que se producen en la masa, queda caracterizada la influencia hidrológica de dichas obras sobre la masa de agua. Al menos la de aquellas con una importante capacidad de almacenamiento, y explotadas con objetivos básicamente de abastecimiento y laminación de avenidas. El cálculo se realiza mediante la comparación de la suma de las capacidades de almacenamiento de los embalses que regulan la cuenca vertiente a la masa de agua, y el volumen correspondiente a la avenida con 10 años de periodo de retorno, Q10 (datos CAUMAX).

$$ICAH\ 2 = \frac{\sum VoE\ (hm^3)}{0,0864 * Q10RN\ (m^3/s)}$$

Este cociente puede indicarse como el número de días que tardarían en llenarse todos los embalses de la cuenca si estuviese circulando de manera constante el Q10. Valores altos informan de una alta capacidad potencial para alterar las avenidas. Siendo:

- VoE (hm<sup>3</sup>): volumen útil de todas las grandes presas ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua
- Q10RN (m<sup>3</sup>/s): caudal máximo instantáneo, en régimen natural, en la sección de cierre de la masa de agua, para un período de retorno de 10 años.
- 0,0864: Coeficiente de transformación a días.

## **ICAH 3: HIDROELÉCTRICAS – HIDRÓPICOS: ALTERACIÓN DE LA VARIABILIDAD Y LAS TASAS DE CAMBIO**

Para incorporar el análisis de la alteración motivada por infraestructuras hidráulicas de menor capacidad de almacenamiento, pero con capacidad para modificar los flujos diarios e intra-diarios (como es el caso de las centrales hidroeléctricas), se incorpora un tercer indicador que se determina a partir del cociente entre el sumatorio del caudal medio nominal en las diferentes centrales existentes aguas arriba (no dominadas por embalses y no fluyentes según criterio del Organismo de Cuenca) y el caudal medio anual en régimen natural en la misma sección de cierre.

$$ICAH\ 3 = \frac{\sum Q\ (Centrales)\ (m^3/s)}{QmRN\ (m^3/s)}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de generar hidrópicos significativos. Siendo:

- Q Centrales (m<sup>3</sup>/s): Sumatorio de caudales nominales de las centrales hidroeléctricas (no fluyentes y no dominadas).
- QmRN (m<sup>3</sup>/s): caudal medio anual, en régimen natural, en la sección de cierre de la serie corta (1980-81 – y siguientes).



Para estos tres primeros indicadores, se puntúa positivamente la existencia de un régimen de **caudales ecológicos** aprobado por el Plan hidrológico de cada demarcación, de acuerdo a las especificaciones del Reglamento e Instrucción de Planificación Hidrológica, y que esté siendo cumplido de manera continuada en todas sus componentes, según lo indicado por el Plan Hidrológico. Por ello, el ICAH1 toma el valor de “Bajo” ( $0,1 < \text{ICAH } 1 < 0,3$ ) si se ha adoptado un régimen variable de caudales mínimos (y, en su caso, de máximos). El ICAH2 toma el valor de “Bajo” ( $1 < \text{ICAH } 2 < 5$ ) si se está aplicando un régimen de crecidas generadoras. Y el ICAH3 toma el valor de “Bajo” ( $0,1 < \text{ICAH } 3 < 0,3$ ) si se está cumpliendo el régimen de tasas máximas de cambio aguas abajo de centrales hidroeléctricas.

El resto de indicadores incluidos en el bloque 1.1 se relacionan con la manera en que los usos del suelo en la cuenca, así como los vertidos y retornos provenientes de determinados usos del agua, modifican el patrón hidrológico del río.

#### **ICAH 4: Impermeabilización por zonas urbanas, periurbanas e industriales- MAGNITUD Y ESTACIONALIDAD DE LOS CAUDALES ORDINARIOS Y AVENIDAS HABITUALES**

Este indicador compara la superficie de la cuenca cuyo suelo presenta un elevado nivel de impermeabilización o sellado por encontrarse urbanizado, con la superficie total de la cuenca vertiente a la sección de cierre de la masa de agua. En determinados casos, puede tratarse de una masa de agua con una gran superficie de drenaje asociada, en la que el suelo sellado se concentra, estrictamente, en sus inmediaciones (por ejemplo, en tramos que recorren aglomeraciones urbanas de cierta entidad). En estos casos, la formulación actual del indicador podría camuflar el efecto de la porción de cuenca impermeabilizada, al compararse su superficie con la de la totalidad de la cuenca de drenaje. Para ello, el indicador plantea la posibilidad de considerar no toda la cuenca vertiente a la masa de agua, sino solamente su intercuenca (entendida como la diferencia entre las cuencas vertientes al inicio y al final de masa), y seleccionar el valor más desfavorable.

$$\text{ICAH } 4 = \frac{\text{Sc\_imperperm (km}^2\text{)}}{\text{Sc (km}^2\text{)}}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía. Siendo:

- Sc\_imperperm (km<sup>2</sup>): superficie impermeabilizada en la cuenca siendo la ocupada por usos del suelo que limitan significativamente la infiltración. Atributos SIOSE ID\_COBER 101, 104 Y 111.
- Sc (km<sup>2</sup>): superficie de la cuenca vertiente en la sección de cierre de la masa de agua.

#### **ICAH 5: Vertidos: Magnitud y estacionalidad de caudales ordinarios**

El indicador ICAH5 se refiere al efecto hidrológico motivado por el sumatorio de los vertidos de aguas residuales depuradas desde las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) cuya capacidad de vertido sea superior a 10.000 habitantes-equivalentes, al comparar la suma de sus vertidos anuales (autorizados o registrados) con la aportación anual en régimen natural. Se tendrán en cuenta, a criterio de experto, para aquellas masas de agua donde la existencia de otro tipo de retornos de agua (industrial, de refrigeración, etc.) se considere significativa, la inclusión de estos volúmenes para el cálculo del indicador.



$$\text{ICAH 5} = \frac{\sum \text{Vertido anual autorizado EDAR (hm}^3\text{)}}{\text{ApRN (hm}^3\text{)}}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de alteración de la magnitud y estacionalidad de los caudales. Siendo:

- Vertido anual autorizado EDAR (hm<sup>3</sup>): vertido anual por las EDAR ubicadas aguas arriba de la sección de cierre de la masa de agua y que no estén dominadas. Para el sumatorio se tendrán en cuenta los vertidos de más de 10.000 habitantes equivalentes.
- ApRN (m<sup>3</sup>/s): Aportación anual en régimen natural en la sección de cierre de la masa de agua de la serie corta (1980/81 – siguientes)

#### ***ICAH 6: Riegos (Derivaciones y retornos)-Magnitud y estacionalidad de los caudales ordinarios***

Finalmente, el indicador ICAH6 valora el efecto hidrológico generado por las derivaciones y retornos de regadío, al calcular el cociente entre las superficies de regadío en la cuenca vertiente a la masa de agua y el área total de dicha cuenca. Al igual que ocurría con el ICAH4, este indicador plantea la posibilidad de considerar el nivel de cuenca vertiente completa, o bien el nivel de intercuenca, por razones similares a las expuestas en el caso del ICAH4. Al igual que para este último, se elegiría el valor más desfavorable de los dos.

$$\text{ICAH 6} = \frac{\text{Sc\_regadío (km}^2\text{)}}{\text{Sc (km}^2\text{)}}$$

Valores altos de este indicador informan de una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales. Dónde:

- Sc\_regadío (km<sup>2</sup>): superficie de regadío en la cuenca. Atributos SIOSE IS\_COBER 32
- Sc (km<sup>2</sup>): superficie de la cuenca vertiente en la sección de cierre de la masa de agua.



AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS
<b>Embalses y trasvases: Alteración de aportaciones*</b>	ICAH 1 (el mayor de) $\sum VoIE / ApRN$ o $ApTRmax(hm^3)/ApRN(hm^3)$ o $DetTRmax(hm^3)/ApRN(hm^3)$	Los embalses existentes en la cuenca tienen capacidad potencial para regular más del 30% de las aportaciones naturales correspondientes a la sección de cierre de la masa de agua. Los volúmenes anuales trasvasados a la masa de agua receptora tienen capacidad potencial para incrementar o reducir las aportaciones naturales en más del 30%.
<b>Embalses: Laminación de avenidas*</b>	ICAH 2 $\sum VoIE / [0,0864 * Q_{10}]$	Los embalses existentes en la cuenca tardarían más de 5 días en llenarse (alta capacidad de laminación) si estuviese circulando de manera constante el Q T10 años.
<b>Hidrópicos*</b>	ICAH 3 $\sum Q(CENTRALES) / QmRN$	Las centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca tienen alta capacidad potencial de generar hidrópicos significativos.
<b>Impermeabilización del suelo</b>	ICAH 4 $Sc\_imper / Sc$	La superficie impermeabilizada existente en la cuenca tiene una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía.
<b>Vertidos</b>	ICAH 5 $\sum Vertido\ anual / ApRN$	Los vertidos existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de alteración de la magnitud y estacionalidad de los caudales.
<b>Derivaciones y retornos por regadíos</b>	ICAH 6 $Sc\_regadío / Sc$	Los retornos de regadío existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.

Tabla 2. Conclusiones de valoración de las posibles fuentes de alteración hidrológica (ICAHs) y posibles efectos: caudales líquidos. (\*Se tendrá en cuenta la existencia de caudales ecológicos).

### Cálculo de la puntuación ponderada

A partir de los valores obtenidos de cada indicador (ICAHs), se obtiene un valor de naturalidad obtenido a través de la curva de naturalidad correspondiente (ver anexo I). Para la definición de las clases de naturalidad de los indicadores de alteración hidrológica se han considerado las aportaciones de los expertos en hidrología que han participado en la elaboración del Protocolo, así como lo establecido por el sistema de evaluación hidromorfológica de Francia (SYRAH-CE: SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (2009)).

El valor de naturalidad obtenido se pondera por el valor de naturalidad ponderada máxima. Dado que la mayor influencia sobre la alteración hidrológica del régimen suele provenir del efecto de los embalses de regulación, el peso dado a los indicadores ICAH1 (1.1.1.) e ICAH2 (1.1.2.) (2,0 puntos), es superior al otorgado al resto de indicadores correspondientes a los ICAHs 3 a 6 (1.1.3., 1.1.4., 1.1.5., 1.1.6.), a los que se les otorga un peso de 0,75 puntos (ver Tabla 3). De manera que el peso total de los indicadores del bloque 1.1 alcanza un valor máximo de 7,0 puntos, que deberá ser agregado al otorgado al bloque 1.2 (3,0 puntos), tal y como se expondrá en el siguiente apartado.



INDICADORES		Grado de potencial alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA	
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO		
1.1.- CAUDAL E HIDRODINÁMICA (ICAHs)							
1.1.1	Embalses y trasvases: Alteración de aportaciones	ICAH 1 $\sum \text{VolE} / \text{ApRN}$ (o $\text{ApTRmax}(\text{hm}^3)/\text{ApRN}(\text{hm}^3)$ ; $\text{DetTRmax}(\text{hm}^3)/\text{ApRN}(\text{hm}^3)$ ;	ICAH1 > 0,9	$0,3 < \text{ICAH1} < 0,9$	$0,1 < \text{ICAH1} < 0,3$ (o régimen ecológico de caudales aprobado en PHC y en cumplimiento)	ICAH1 < 0,1	2,00
			0	0,33	0,66	1	
1.1.2	Embalses: Laminación de avenidas	ICAH 2 $\sum \text{VolE} / [0,0864 * \text{QT10RN}]$	ICAH2 > 7	$5 < \text{ICAH2} < 7$	$1 < \text{ICAH2} < 5$ (o régimen de crecidas generadoras aprobado en PHC y en cumplimiento)	ICAH2 < 1	2,00
			0	0,33	0,66	1	
1.1.3	Hidrópicos	ICAH 3 $\sum Q(\text{CENTRALES}) / \text{QmRN}$	ICAH3 > 0,9	$0,3 < \text{ICAH3} < 0,9$	$0,1 < \text{ICAH3} < 0,3$ (o régimen de tasas de cambio aprobado en PHC y en cumplimiento)	ICAH3 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
1.1.4	Impermeabilización del suelo (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 4 $\text{Sc}_{\text{imper}} / \text{Sc}$	ICAH4 > 0,4	$0,2 < \text{ICAH4} < 0,4$	$0,1 < \text{ICAH4} < 0,2$	ICAH4 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
1.1.5	Vertidos	ICAH 5 $\sum \text{Vertido anual} / \text{ApRN}$	ICAH5 > 0,5	$0,3 < \text{ICAH5} < 0,5$	$0,1 < \text{ICAH5} < 0,3$	ICAH5 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
1.1.6	Derivaciones y retornos por regadíos (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 6 $\text{Sc}_{\text{regadío}} / \text{Sc}$	ICAH6 > 0,4	$0,2 < \text{ICAH6} < 0,4$	$0,1 < \text{ICAH6} < 0,2$	ICAH6 < 0,1	0,75
			0	0,33	0,66	1	
						7,00	

Tabla 3. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de potencial de alteración de caudales líquidos



### 3.1.2 CAUDALES SÓLIDOS

La alteración existente en el régimen de caudales sólidos se determina a través de cuatro indicadores (ver Tabla 4) que estudian las fuentes de generación de déficit de sedimentos (Ver apartado 2.2.2 de Protocolo de caracterización HMF).

#### 1. **GRANDES presas- APORTACIONES RETENIDAS**

El primero de ellos, referido al efecto de las grandes presas sobre el transporte sólido, se cuantifica mediante el porcentaje de la superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas existentes aguas arriba de ella.

$$\text{Superficie regulada (\%)} = \frac{\text{Sc Regulada (km}^2\text{)} + \Sigma \text{Sc Regulada}'(\text{km}^2)}{\text{Sc (km}^2\text{)}} * 100$$

Valores superiores a 20% indican que las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos moderado o alto, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces. Siendo:

- **Sc Regulada:** Superficie regulada por grandes presas en la sección de cierre de la masas de agua (superficie dominada)
- **Sc Regulada':** Superficie regulada por grandes presas en la sección de cierre de uno de los afluentes de la masa de agua, aguas bajo de la gran presa principal.
- **Sc:** Superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua.

#### 2. **Grado de afección de azudes y otros obstáculos al transporte de sedimentos en la masa de agua**

Este indicador tiene en cuenta aquellas barreras transversales al cauce que, no constituyendo una gran presa, pueden llegar a retener parte de los caudales sólidos circulantes dentro de una masa de agua. Para su cálculo se compara la longitud del remanso generado por los obstáculos que se localicen dentro de la cuenca no dominada frente a la longitud total de la masa de agua. Se entiende que los sedimentos que circulen aguas arriba de las grandes presas queden retenidos en las mismas, ya consideradas en el apartado anterior.

$$\text{Obstáculos al transporte de sedimentos (\%)} = \frac{\Sigma \text{longitud remansada}}{\text{Longitud de la masa de agua}} * 100$$

Valores superiores al 50% para esta afección unida con el indicador anterior, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden suponer un desequilibrio en la dinámica fluvial de la masa de agua.

#### 3. **Existencia de extracciones de áridos en los cauces de las cuencas propias de la masa de agua y en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua.**

Este indicador hace referencia a la existencia de extracciones de áridos en la cuenca (no regulada) vertiente al inicio de la masa de agua. De existir infraestructuras de regulación, se entiende que los materiales provenientes de dichas zonas de extracción ya quedarían retenidos en las grandes presas.



Esta valoración se analizará de forma cualitativa teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Grado de extracción “Alto”: la actividad extractiva afecte perimetralmente (en una o en ambos márgenes) a una elevada longitud de los cauces identificables en la cuenca no regulada, o el volumen de la actividad sea tal que haya dado lugar a desequilibrios geomorfológicos notables en la red drenaje de la cuenca.
- Grado de extracción “Moderado”: corresponde cuando existe una afección directa sobre un porcentaje limitado de los cauces de la cuenca no regulada, o bien a algún desequilibrio geomorfológico aislado en la red de drenaje.
- Grado de extracción “Bajo”: cuando la actividad extractiva afecta solo de manera muy puntual a la longitud de los cauces de la cuenca.
- Grado de extracción “Muy Bajo”: cuando no se tenga constancia de actividades extractivas y de desequilibrios geomorfológicos asociados a ellas.

#### 4. Existencia de extracciones de áridos en los cauces de las cuencas propias de la masa

Finalmente, el último indicador evalúa la existencia de extracciones de áridos en los cauces de la propia masa de agua. La forma de evaluar este indicador será la misma indicada anteriormente, es decir, de forma cualitativa según los criterios ya mencionados para la cuenca no regulada.

AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS
<b>Grandes presas</b>	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	Para valores superiores, las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos moderado o alto, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces, en general, regulada por embalses.
<b>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua</b>	Grado de extracción	Para valores altos, esta extracción, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
<b>Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua</b>	Grado de extracción	Para valores altos, esta extracción, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
<b>Azudes y otros obstáculos al transporte en la masa de agua</b>	% $\Sigma$ longitud remansada / longitud de la masa de agua	Para valores superiores, esta afección, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.

Tabla 4. Conclusiones a la valoración de la alteración del régimen hidrológico: caudales sólidos.

#### Cálculo de la puntuación ponderada

A partir de los valores obtenidos de cada indicador, se obtiene un valor de naturalidad obtenido a través de unas curvas de naturalidad (ver anexo I). Al igual que se señalaba en el caso de los indicadores hidrológicos, cabe mencionar que para la definición de las clases de naturalidad de los indicadores de alteración del régimen de caudales sólidos se han considerado las aportaciones de los expertos en hidrología que han participado en la elaboración del Protocolo, así como lo establecido por el sistema de evaluación hidromorfológica de Francia (SYRAH-CE: SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (2009)).



El valor de naturalidad obtenido se pondera por el valor de naturalidad ponderada máxima. En este caso el indicador referido a grandes presas es el de mayor relevancia de cuantos suele haber en la cuenca en relación con el flujo de caudales sólidos, por esta razón, se le otorga un peso de 1,25 puntos, sobre un total de 3,0 puntos para el conjunto del sub-bloque 1.2. El peso asignado al porcentaje de longitud remansada es de 0,5. Se ha tenido en cuenta la posibilidad de que alguno de los remansos puedan estar colmatados y por tanto, la capacidad de retención se vea anulada por esta situación. Con respecto a la extracción de áridos en la cuenca no dominada y en la cuenca propia de la masa tienen un peso de 0,5 y 0,75 respectivamente entendiendo que la afección de una extracción tendrá mayor efecto en la hidromorfología fluvial al realizarse en la propia masa de agua.

De esta manera, y sumando el peso de todos los indicadores, queda para el sub-bloque 1.2 un peso total de 3,0 puntos, que sumado al del sub-bloque 1.1 (7,0 puntos), hace el total de 10,0 puntos asignado a cada bloque del procedimiento de valoración propuesto. (Ver Tabla 5)



INDICADORES			Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
1.2.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS (Q sol)			ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
AGENTE GENERADOR	INDICADOR						
1.2.1	Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	100-50%	50-20%	20-10%	<10%	1,25
			0	0,33	0,66	1	
1.2.2	Obstáculos a la movilidad del sedimento por azudes y otros obstáculos ubicados en la propia masa de agua	$\Sigma$ Long. Remanso / Long. Masa (%)	100-50%	50-20%	20-10%	<10%	0,50
			0	0,33	0,66	1	
1.2.3	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo	0,50
			0	0,33	0,66	1	
1.2.4	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua	Grado de extracción	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo	0,75
			0	0,33	0,66	1	
							3,00

Tabla 5. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de potencial de alteración de caudales sólidos



### 3.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

El análisis de la conexión de las masas de agua superficial con masas de agua subterráneas se establece a partir de la existencia o inexistencia de relaciones hidráulicas e interdependencia entre la masa de agua subterránea – Río (en toda la masa o en alguno de sus tramos), así como la caracterización de dicha relación (tipo, régimen temporal, funcionamiento: efluente, influente, mixto, efecto ducha, tramos no conectados, etc.).

Esta caracterización se realiza fundamentalmente mediante el análisis de la geología e hidrogeología del sustrato del río, la realización de aforos diferenciales de campo o en su defecto mediante el análisis de datos foronómicos históricos, así como del análisis espacio-temporal de la piezometría de la masa de agua subterránea subyacente. Se trata de realizar una descripción y una elaboración de un modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico con especial importancia a la relación del acuífero y del río, y de analizar su posible variación temporal, interpretando el significado de dicha variación (mejora o empeoramiento de la relación acuífero-río).

En general, se podrán analizar los siguientes parámetros:

- Existencia de la relación hidráulica masa de agua subterránea – río.
- Posición relativa cota nivel piezométrico y cota de la lámina de agua del río.
- Manantiales asociados.

Esta relación de las masas de agua subterránea con las aguas superficiales ya se valora en la evaluación del estado de las masas de agua subterránea. Por ello, en aquellas masas de agua superficial vinculadas a masas de agua subterránea consideradas en buen estado cuantitativo, será considerado un grado de alteración de la conexión bajo o muy bajo, en función de posibles alteraciones puntuales de lecho del río que puedan limitar esa conexión.

Por lo tanto, en relación con el indicador que se refiere al Grado de alteración de la conexión de la Masa de Agua Superficial (MAS) con masas de agua subterráneas (MASb), la valoración se realiza de manera cualitativa, diferenciando, a partir de dichos parámetros, cuatro niveles de alteración: “Alto”, “Moderado”, “Bajo” y “Muy bajo”:

- **Grado de alteración Muy Bajo**, indica que:
  - No hay conexión significativa
  - La superficie piezométrica y el funcionamiento hidrodinámico del acuífero, no están alterados significativamente, estando la masa de agua subterránea en buen estado cuantitativo.
  - No hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impidan su conexión.
- **Grado de alteración bajo**: se refiere a la existencia de una cierta alteración en la conexión natural en algunas zonas concretas de la masa de agua o durante periodos cortos del año.
- **Grado de alteración Moderado**: indica la existencia de una cierta alteración de la conexión natural en una parte relevante de la masa de agua o durante una serie de meses del año.
- **Grado de alteración Alto**, indica que:
  - La superficie piezométrica y el funcionamiento hidrodinámico del acuífero están alterados significativamente.
  - Hay alteraciones significativas en la morfología del cauce que impiden su conexión.



### Cálculo de la puntuación ponderada

Como ya se ha explicado en el caso de caudales líquidos y sólidos, al valor del indicador obtenido, se le asigna un valor de la curva de naturalidad (Ver Anexo I). Este será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima, que como en todo los bloques será de un peso de 10 (Ver Tabla 6).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
2	2- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
		Grado de alteración de la conexión de la MAS con masas de agua subterránea (MASb)	0	0,33	0,66	1
						10,00

Tabla 6. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo del grado de alteración potencial de la conexión de la masa de agua con aguas subterráneas asociadas.

### 3.3 CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD PISCÍCOLA

La continuidad del río es esencial para posibilitar la transferencia a lo largo del río de caudales (tanto líquidos como sólidos), biomasa, los nutrientes y por supuesto, las distintas migraciones de la fauna piscícola. La consideración de todos los elementos que caracterizan esta continuidad es muy compleja, por lo que en el marco de este protocolo y para esta tipología de masa de agua, esta continuidad se evalúa de forma indirecta puesto que la continuidad del río se evalúa como continuidad tanto en ascenso como en descenso para la fauna piscícola, con los criterios y metodologías expuestas en el protocolo de caracterización HMF (Ver capítulo 3, Protocolo de caracterización HMF).

A partir de la metodología indicada en el protocolo de caracterización HMF se establecen dos indicadores que determinan la fragmentación del cauce por estructuras de mayor o menor franqueabilidad, considerando también la capacidad de las especies piscícolas que habitan o utilizan la masa de agua para desarrollar sus ciclos biológicos. No se consideran las especies que potencialmente podría sustentar la masa -en caso de no existir presiones humanas significativas-, sino solo aquellas que de manera efectiva pueden ser localizadas regularmente en ella.

#### 3.3.1 ÍNDICE DE COMPARTIMENTACIÓN (IC)

El primero de los indicadores es el Índice de Compartimentación de la masa de agua (IC), que relaciona la longitud de la masa de agua con el número de obstáculos existentes en ella y su efecto de barrera en ascenso y descenso, de forma que a mayor valor del índice mayor grado de compartimentación. El IC se calcula como el cociente entre el Índice de efecto de barrera de cada uno de los obstáculos (que varía entre cero, cuando permite el paso de todas las especies en cualquier condición de caudal, y hasta 10, cuando ninguna especie lo puede pasar), y la longitud total de la masa considerada.



$$IC = \frac{\sum(10-IF)}{\frac{L_r}{N}} = \frac{\sum(10-IF)}{L_r}$$

$L_r$  = Longitud de la masa de agua considerada (km)

$N$  = Número obstáculos transversales existentes

$\sum IF$  = Suma de los índices de efecto barrera de los obstáculos existentes.

El efecto de barrera se establece considerando las características del obstáculo y las condiciones de franqueabilidad, por grupos de especies piscícolas. Estos grupos son los siguientes:

- *Grupo 1*: corresponde a las características de especies con alta capacidad de natación y salto (p.ej.: salmónidos).
- *Grupo 2*: corresponde a las características de especies con moderada capacidad de natación y salto (p. ej.: ciprínidos reófilos como bogas y barbos)
- *Grupo 3*: corresponde a las características de especies con baja capacidad de natación y salto (p.ej.: ciprínidos pequeños como bermejuelas o gobios)
- *Grupo 4*: Anguilas.

El procedimiento de cálculo de este índice se encuentra detallado en el protocolo de caracterización de la HMF anteriormente citado (Ver apartado 3.4. del protocolo de caracterización HMF).

### 3.3.2 ÍNDICE DE CONTINUIDAD LONGITUDINAL (ICL)

Por su parte, el segundo indicador para la valoración es el Índice de continuidad longitudinal (ICL), que se calcula como el producto del IC por el coeficiente de prioridad de las especies piscícolas ( $\sum K_i$ ). Valores altos indican ríos muy compartimentados con una alta afección a la comunidad de peces presente. Valores muy bajos indican que no hay problemas de continuidad porque estos afectan poco a la comunidad de peces presente: un río sin obstáculos tendrá un ICL de 0, independientemente de las especies que lo habiten.

El índice de continuidad longitudinal (ICL) se construye a partir de la siguiente expresión:

$$ICL = IC \times \sum k_i$$

IC = Índice de compartimentación  
 $\sum K_i$  = Suma de los coeficientes de prioridad de las especies presentes en el tramo/masa de agua.

Valores altos indican ríos muy compartimentados con una alta afección a la comunidad de peces presente. Valores muy bajos indican que no hay problemas de continuidad porque estos afectan poco a la comunidad de peces presente, pero ésta puede tener una gran relevancia: un río sin obstáculos tendrá un ICL de 0, independientemente de que especies lo habiten.

Las tablas y formas de cálculo del citado índice se recogen y detallan en el protocolo de caracterización de la HMF anteriormente descrito (Ver apartado 3.5. del Protocolo de caracterización HMF).



### Cálculo de la puntuación ponderada

Dentro del Excel de valoración, estos indicadores se complementarán dentro de la pestaña "Indicadores de masa· 2.-Régimen hidrológico: conexión con masas de agua subterránea (MASb).

De nuevo, para cada indicador (IC, ICL), se corresponder un valor dentro de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver .Dado que ICL es directamente dependiente de IC, se pondera a este último con un peso de 6 sobre 10, y al ICL con un peso de 4 sobre 10. (Ver Tabla 7).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
3.1	Índice de compartimentación de la masa de agua (IC)	IC>5	3<IC<5	1<IC<3	IC<1	6,00
		0	0,33	0,66	1	
3.2	Índice de continuidad longitudinal de masas de agua (ICL)	ICL>200	200≥ICL>100	100≥ICL>25	ICL<25	4,00
		0	0,33	0,66	1	
						10,00

Tabla 7. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la continuidad del río

### 3.4 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE PROFUNDIDAD Y ANCHURA

La valoración de la variación en profundidad y anchura del cauce se realiza mediante la aplicación de siete indicadores. Todos ellos permiten determinar la alteración morfométrica del cauce motivada por la existencia de obras de protección, estabilización, obstáculos transversales o zonas urbanizadas (en porcentaje de longitud de cauce, o de superficie de cauce y zona de policía). Este bloque se calculará a nivel de tramo hidromorfológico dentro de la masa de agua (Ver apartado 4.1. de Protocolo de caracterización HMF).

El primero de ellos (Ver Tabla 8) (4.1) hace referencia al Porcentaje (%) de longitud de cauce modificado morfológicamente por acciones directas en el cauce (desviado, acortado, canalizado, estrechado,..). El segundo (4.2), al porcentaje (%) de longitud de ocupación de las márgenes u orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc.), y el tercero (4.3), al porcentaje (%) de longitud de ocupación de margen (zona de policía) por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc.). El indicador 4.4 hace también alusión a las obras de protección frente a inundaciones, pero desde la perspectiva de la distancia a la que se encuentran con respecto a la orilla del cauce activo del río. En el caso de estos tres últimos indicadores, es suficiente con que la ocupación se presente en una sola margen del cauce para contabilizar ese tramo de la masa como alterado.



El quinto indicador (4.5) se refiere a la superficie (%) urbanizada o impermeabilizada total o parcialmente en las márgenes (zona de policía). El sexto indicador (4.6) se establece como el porcentaje (%) de longitud del tramo remansado por los obstáculos transversales existentes. El séptimo indicador (4.7) incorpora la consideración del grado de incisión o dinámica vertical acelerada que puede sufrir el cauce como consecuencia de desequilibrios en su funcionamiento hidrogeomorfológico (por actuaciones como la regulación hidrológica, la artificialización del régimen de caudales a partir de vertidos o cambios en los usos del suelo de la cuenca, la construcción de obras de defensa u obstáculos transversales, la extracción de áridos, etc.). El grado de incisión puede evaluarse en puntos concretos del tramo a partir de estimadores directos o indirectos (evidencias geomorfológicas del rebaje de la cota del lecho, erosión lateral ligada a la incisión del lecho, presencia de vegetación colgada sobre el lecho, etc.).

#### ***Cálculo de la puntuación ponderada***

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que en el resto de bloques, donde se tendrá en cuenta el valor de las curvas de naturalidad correspondientes (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 8).



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
<b>4.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA (CM_VPA)</b>						
4.1	Porcentaje (%) de longitud de cauce modificado morfológicamente por acciones directas en el cauce (desviado, acortado, canalizado, estrechado,...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L \leq 3\%$	2,00
		0	0,33	0,66	1	
4.2	Porcentaje (%) de longitud de ocupación de las márgenes u orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L \leq 3\%$	2,00
		0	0,33	0,66	1	
4.3	Porcentaje (%) de longitud de ocupación de margen (zona de policía) por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L \leq 3\%$	1,00
		0	0,33	0,66	1	
4.4	Distancia (d) desde la orilla del cauce activo a la que se encuentran las obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	$d < 0,5w$	$3w > d \geq 0,5w$	$5w > d \geq 3w$	$> 5w$	1,00
		0	0,33	0,66	1	
4.5	Superficie (%) urbanizada o impermeabilizada total o parcialmente en las márgenes (zona de policía)	>30%	$30 \geq S > 10\%$	$10 \geq S > 1\%$	$S < 3\%$	1,00
		0	0,33	0,66	1	
4.6	Porcentaje (%) de longitud del tramo remansado por los obstáculos transversales existentes.	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L \leq 3\%$	2,00
		0	0,33	0,66	1	
4.7	Grado de incisión o dinámica vertical acelerada	SINTOMAS CONTINUOS	SINTOMAS POR TRAMOS	SINTOMAS PUNTUALES	AUSENCIA DE SÍNTOMAS	1,00
		0	0,33	0,66	1	
						10,00

Tabla 8. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la variación de profundidad y anchura del cauce.



### 3.5 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

La condición de la estructura y sustrato del lecho se define a través de dos elementos de calidad, que cubren la evolución de la dinámica sedimentaria, de la estructura longitudinal del lecho, y de su estructura vertical. El análisis de estos elementos requiere hacer un reconocimiento por el espacio de muestreo, que permita identificar las particularidades y posibles alteraciones de la estructura y sustrato del lecho. Estos indicadores son cualitativos y deben ser analizados en el subtramo de muestreo una vez evaluado y conocida la historia y evolución de la masa de agua realizada previamente en gabinete (Ver apartado 4.2. del Protocolo de caracterización HMF).

El primero de los indicadores (5.1) se relaciona con el grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento. El análisis se realiza mediante una inspección visual, que permite evaluar la existencia de cambios visibles y significativos en lo que se refiere al tipo de sedimento y a su ubicación en el cauce (en el lecho, barras, islas, etc.). El análisis visual se haría de manera global para todo el espacio de muestreo, centrándose en aquellos puntos en los que resulta posible la evaluación - considerando el caudal fluyente y el tipo de lecho y formas fluviales que existen en el subtramo de muestreo.

El segundo indicador (5.2) evalúa el grado de alteración de la naturalidad de la estructura longitudinal del lecho del cauce, entendida como la secuencia de elementos del fondo del cauce en el sentido de la pendiente dominante (salto/poza, rápido/poza, rápido/remanso, rápido continuo, etc.). La artificialización del cauce originada por diversas presiones humanas conduce potencialmente a la pérdida de dicha estructura longitudinal, o de sus características distintivas.

#### ***Cálculo de la puntuación ponderada***

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que en el resto de bloques, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 9).

La determinación de estos dos indicadores se realizaría de manera similar para las diferentes tipologías fluviales, si bien se deberá adaptar su estudio a las condiciones consideradas de referencia para cada tipología.



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
<b>5.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO (CM_ESL)</b>						
5.1	Grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento.	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	5,00
		0	0,33	0,66	1	
5.2	Grado de alteración de la naturalidad de la estructura longitudinal del lecho del cauce	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	5,00
		0	0,33	0,66	1	
						<b>10,00</b>

Tabla 9. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la variación de la estructura y sustrato del lecho.

### 3.6 CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA

Por lo que respecta a la estructura de la zona ribereña, se divide en tres apartados (Ver Tabla 10):

- Estructura de la vegetación de ribera
- Composición de la vegetación de ribera
- Alteración de la dinámica ribereña

El análisis del estado en que se encuentra la vegetación de ribera es un buen indicador (directo e indirecto) de la existencia de diversas presiones humanas sobre las zonas de ribera. No obstante, el buen estado de la vegetación es una condición necesaria, pero no suficiente, para contrastar la calidad de las zonas de ribera. Por esta razón se añade el tercer apartado, relativo a la existencia de alteraciones en los hábitats ribereños derivados de la existencia en ellas de infraestructuras y usos humanos.

La estructura de la zona ribereña es evaluada mediante la conectividad ecológica en sus tres dimensiones espaciales:

- la dimensión longitudinal (6.1.1), midiendo el porcentaje en que las orillas del cauce activo están cubiertas por vegetación leñosa autóctona (promedio entre ambas orillas);
- la dimensión transversal (6.1.2), determinando si al eje del cauce existe un dosel arbóreo o arbustivo autóctono –desde la orilla hasta el perímetro exterior de la ribera (promedio entre los transectos para ambas márgenes);
- la dimensión vertical (6.1.3), evaluando si existe conexión ecológica entre los diferentes estratos vegetales (en ambas márgenes). Cuando la falta de conectividad ecológica entre estratos se debe a causas naturales (como la competencia por la luz, la existencia de sustratos rocosos, o las características del valle), se otorga una puntuación idéntica a la correspondiente a condiciones de ausencia de alteración. La vegetación alóctona no



computa en el cálculo de la conectividad, dado que su presencia indica alteraciones en la estructura vegetal, y en las funciones y servicios que el bosque ribereño proporciona.

La composición de la vegetación de ribera se evalúa considerando:

- en qué medida cuenta con especies autóctonas, bien sean leñosas (árboles/arbustos/matorrales) o no (pastizales/helófitas,...) (6.2.1);
- si existen diversos pisos o edades como muestra de una adecuada regeneración y viabilidad futura (p.e., árboles extramaduros y maduros, arbolado joven, arbustos de diverso porte, matorral, regenerado, etc.) (6.2.2), considerando si esta variable está limitada por condiciones naturales.
- si en la ribera existe una presencia más o menos acusada de especies que, aun siendo autóctonas, indican condiciones ecológicas regresivas (especies espinosas, nitrófilas, muy vinculadas a la existencia de materia orgánica abundante,...) (6.2.3).

El análisis de la naturalidad se realiza calculando el porcentaje de superficie de la ribera funcional (ambas márgenes) que se encuentra cubierto por vegetación autóctona. La diversidad de pisos/edades se determina de manera cualitativa, observando la variabilidad de tipos que aparecen en la ribera (ambas márgenes). Al igual que en el caso de la conexión entre estratos, una menor diversidad de pisos o edades derivada de causas naturales (condiciones de luz, sustrato, valle) no sería penalizada. Finalmente, la presencia de especies indicadoras de etapas regresivas se calcula –de manera cualitativa– como el porcentaje aproximado de la superficie de ribera funcional (ambas márgenes) cubierta por ese tipo de especies.

Finalmente, la alteración de la dinámica ribereña se determina mediante dos indicadores.

- El primero de ellos (6.3.1) hace referencia al porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal por la presencia de estructuras artificiales (motas, muros, etc...). La medición de este indicador se realizaría comparando la totalidad de la superficie de ribera funcional con la superficie que de manera efectiva sufre una desaceleración o limitación de su dinámica como consecuencia de la existencia de estructuras artificiales.
- El segundo indicador (6.3.2) se establece mediante el porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas. En este caso, la medición se lleva a cabo comparando la totalidad de la superficie de la ribera funcional con la superficie en la que el sustrato se encuentra alterado por el desarrollo de actividades humanas (agrícolas, urbanas, etc.).

### ***Cálculo de la puntuación ponderada***

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que en el resto de bloques, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 10).



6.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: INDICADORES DE LA ESTRUCTURA RIBEREÑA		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
6.1.- ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
6.1.1	Conectividad ecológica longitudinal (%)	<30% 0	30-60% 0,33	60-90% 0,66	>90% 1	1,50
6.1.2	Conectividad ecológica transversal (%)	<30% 0	30-60% 0,33	60-90% 0,66	>90% 1	1,50
6.1.3	Conexión entre estratos de la vegetación ribereña	ESCASA 0	MODERADA 0,33	CONECTADA 0,66	IMBRICADA (o limitada por causas naturales) 1	1,00
						<b>4,00</b>
6.2.- COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE LA VEGETACIÓN DE RIBERA						NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
6.2.1	Naturalidad: porcentaje (%) de superficie de la ribera funcional con especies autóctonas (leñosas o no)	<30% 0	30-60% 0,33	60-90% 0,66	>90% 1	1,50
6.2.2	Categoría de diversidad de pisos/edades, incluyendo regenerado.	UN ÚNICO PISO O EDAD 0	POCOS PISOS O EDADES 0,33	VARIOS PISOS O EDADES 0,66	VARIOS PISOS/EDADES Y REGENERADO (o diversidad limitada por causas naturales) 1	1,50
6.2.3	Porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con especies indicadoras de etapas regresivas	>90% 0	60-90% 0,33	30-60% 0,66	<30% 1	1,00
						<b>4,00</b>
6.3.- ALTERACIÓN DE LA DINÁMICA RIBEREÑA						NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
6.3.1	Porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con limitaciones en su conexión transversal por la presencia de estructuras artificiales (motas, muros, etc...)	>90% 0	60-90% 0,33	30-60% 0,66	<30% 1	1,00
6.3.2	Porcentaje (%) de la superficie de ribera funcional con alteración de los materiales del sustrato por actividades humanas.	>90% 0	60-90% 0,33	30-60% 0,66	<30% 1	1,00
						<b>2,00</b>

Tabla 10. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la variación de la vegetación de ribera.



#### **4 VALORACIÓN PARA RÍOS TEMPORALES O EFÍMEROS QUE NO TENGAN CAPACIDAD PARA ALBERGAR FAUNA PISCÍCOLA Y/O VEGETACIÓN DE RIBERA.**

La Instrucción de Planificación Hidrológica (ARM/2656/2008) (IPH, 2008) define los Ríos efímeros como los “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”. Dado el especial funcionamiento hidromorfológico de este tipo de ríos, las peculiaridades que suelen presentarse en su manejo como consecuencia de esa dinámica, y su relativa abundancia - en especial en las cuencas del este y sur de España -, resulta preciso desarrollar una metodología específica para su valoración hidromorfológica, al igual que sucede en ríos temporales (Ver capítulo 3) que debido a su grado de temporalidad no puedan albergar fauna piscícola.

El procedimiento de valoración parte del presentado como método de aplicación general del apartado anterior, y se basa en la eliminación de aquellos apartados que no resultan de aplicación en el caso de estos ríos y la reasignación de los pesos de los indicadores, de acuerdo con la importancia relativa que pueden tener los indicadores en la dinámica de estos ríos. El esquema de nivel de trabajo para este caso quedaría de la manera expuesta a continuación:

<b>NIVEL DE TRABAJO PARA LOS BLOQUES DE VALORACIÓN</b>		
<b>NIVEL</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>BLOQUE DE VALORACIÓN</b>
<b>CUENCA VERTIENTE</b>	<b>RÉGIMEN HIDROLÓGICO</b>	Régimen hidrológico: Posibles fuentes de alteración
<b>MASA DE AGUA</b>		Conexión con masas de agua subterránea y grado de alteración de la misma
	<b>CONTINUIDAD DEL RÍO</b>	Estudio del efecto barrera para el transporte de sedimentos
<b>TRAMO HIDROMORFOLÓGICO</b>	<b>CONDICIONES MORFOLÓGICAS</b>	Profundidad y anchura del cauce
<b>SUBTRAMO DE MUESTREO</b>		Estructura y sustrato del lecho
		Estructura de la zona ribereña

Tabla 11. Nivel de trabajo correspondiente a cada bloque de valoración del estado hidromorfológico de una masa de agua (Ríos temporales y efímeros sin fauna piscícola ni vegetación de ribera).



## 4.1 RÉGIMEN HIDROLÓGICO

### 4.1.1 CAUDAL E HIDRODINÁMICA

En primer lugar, se han sustituido los apartados 1.1.1 y 1.1.2 referidos a la alteración de aportaciones y laminación de avenidas por grandes presas y trasvases, por la estimación de la superficie dominada en la cuenca. Esta modificación se debe en primer lugar a la dificultad de obtener datos de aportaciones y caudales máximos en algunos casos. Por otro lado, la existencia reducida de este tipo de infraestructuras (abastecimiento, hidroeléctricas) en ríos donde la presencia de caudales es tan limitada. (Ver Tabla 12).

La existencia de estructuras de menor porte para laminación de avenidas sí será más recurrente en algunos casos, siendo una estimación de la superficie dominada una aproximación a la alteración producida.

Del mismo modo, se ha eliminado el indicador 1.1.3. para el estudio de alteración de hidrópicos causado por hidroeléctricas. Se entiende nuevamente la inexistencia de las mismas de forma general, dadas las características singulares del régimen hidrológico de estos ríos.

Desde el punto de vista de la planificación y gestión hidrológicas, son masas que no suelen tener aprobado un régimen de caudales ecológicos definido, por lo que se ha retirado también la referencia a la consideración positiva (en la puntuación de los indicadores) de la existencia y cumplimiento de tales regímenes.

Para aquellos ríos temporales en los que existan infraestructuras de este tipo así como datos del régimen hidrológico deberá aplicarse la valoración para ríos permanentes y temporales (Ver apartado 4.1).

Por último, permanecen los indicadores referidos a superficie impermeabilizada (1.1.2.), vertidos (1.1.3.) y derivaciones y retornos de regadío (1.1.4.).

En este caso los vertidos se analizan de forma cualitativa. Se considera de forma negativa la presencia de caudales continuos provenientes de vertidos en ríos que, de forma natural poseen unas características hidromorfológicas adaptadas a caudales puntuales. Así se considerará:

- Grado de alteración Muy bajo: Cuando dentro de la cuenca vertiente de la masa no existan vertidos.
- Grado de alteración Bajo: Cuando exista uno o varios vertidos, que aporten pequeños volúmenes (<2.000 h.e.) en su conjunto, de aguas depuradas.
- Grado de alteración Medio: Existencia de uno o varios vertidos que aporten pequeños volúmenes (<2.000 h.e.) en su conjunto, de aguas no depuradas.
- Grado de alteración Alto: vertidos superiores a 2.000 h.e.



<b>AGENTE GENERADOR</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES LÍQUIDOS</b>
<b>Grandes presas</b>	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por las grandes presas situadas aguas arriba	Para valores superiores, las masas de agua asociadas pueden tener un déficit de sedimentos moderado o alto, ya que la mayor parte de los sedimentos se generan en la cabecera de los cauces, en general, regulada por embalses.
<b>Impermeabilización del suelo</b>	ICAH 4 Sc_imper / Sc	La superficie impermeabilizada existente en la cuenca tiene una alta capacidad potencial de incrementar la escorrentía.
<b>Vertidos</b>	ICAH 5 Incidencia de vertidos en la cuenca	Los vertidos existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de la dinámica fluvial del río y por tanto del su hábitat natural.
<b>Derivaciones y retornos por regadíos</b>	ICAH 6 Sc_regadío/ Sc	Los retornos de regadío existentes en la cuenca tienen una alta capacidad potencial de afectar a la magnitud y estacionalidad de los caudales.

Tabla 12. Indicadores de valoración de las posibles fuentes de alteración y posibles efectos: caudales líquidos para ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera

### **Cálculo de la puntuación ponderada**

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 13).

Se ha modificado el peso relativo asignado a los apartados 1.1 y 1.2. Los ríos efímeros tienen una notable dependencia funcional del régimen sedimentario, por lo que se ha incrementado el peso del apartado 1.2, hasta un valor de 4, sobre los 10 totales del bloque sobre Caudal e hidrodinámica. El peso asignado al apartado 1.1 es, por tanto de 6 sobre 10.

INDICADORES			Grado de potencial alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
1.1- CAUDAL E HIDRODINÁMICA (icahs)			ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
1.1.1	Grandes presas	% de superficie de la cuenca vertiente de la masa de agua cuyos aportes quedan retenidos por grandes presas situadas aguas arriba	ICAH1 ≥ 0,9	0,3 ≤ ICAH1 < 0,9	0,1 ≤ ICAH1 < 0,3	ICAH1 < 0,1	1,80
			0	0,33	0,66	1	
1.1.2	Impermeabilización del suelo (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 4 Sc_imper / Sc	ICAH4 ≥ 0,4	0,2 ≤ ICAH4 < 0,4	0,1 ≤ ICAH4 < 0,2	ICAH4 < 0,1	1,40
			0	0,33	0,66	1	
1.1.3	Vertidos	ICAH 5 Presencia de vertidos	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	1,40
			0	0,33	0,66	1	
1.1.4	Derivaciones y retornos por regadíos (NIVEL CUENCA VERTIENTE O INTERCUENCA)	ICAH 6 Sc_regadío / Sc	ICAH6 ≥ 0,3	0,25 ≤ ICAH6 < 0,3	0,1 ≤ ICAH6 < 0,25	ICAH6 < 0,1	1,40
			0	0,33	0,66	1	
							<b>6,00</b>

Tabla 13. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de régimen hidrológico: caudales líquidos.

#### 4.1.2 CAUDALES SÓLIDOS

En este caso se han mantenido todos los indicadores referidos a extracciones de áridos. La limitación de los sedimentos por pequeñas infraestructuras se ha pasado al apartado de continuidad del río.

AGENTE GENERADOR	INDICADOR	POSIBLES EFECTOS EN RÉGIMEN DE CAUDALES SÓLIDOS
Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	Para valores altos, esta extracción, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.
Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia de la masa de agua	Grado de extracción	Para valores altos, esta extracción, unida con los factores anteriores, puede estar generando importantes déficit de sedimentos que pueden, en su caso, alterar el ecosistema fluvial.

Tabla 14. Conclusiones a la valoración de la alteración al régimen hidrológico: caudales sólidos para ríos sin capacidad de albergar fauna piscícola y/o vegetación de ribera



### Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 15).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA	
1.2.- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CAUDALES SÓLIDOS (Q sol)		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO		
AGENTE GENERADOR	INDICADOR						
1.2.1	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca no regulada aguas arriba de la masa de agua	Grado de extracción	0	0,33	0,66	1	1,50
1.2.2	Existencia de extracciones de áridos en los cauces de la cuenca propia la masa de agua	Grado de extracción	0	0,33	0,66	1	2,50
							<b>4,00</b>

Tabla 15. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de régimen hidrológico: caudales sólidos

### 4.2 RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEAS

Este bloque de la valoración se ha mantenido tal y como se ha indicado en el apartado 3.2. En una buena parte de los ríos efímeros la conexión con las MASb puede ser poco significativa, y no contribuir a la existencia de un flujo continuado en casi ningún momento del año. Sin embargo, dada la amplia casuística que se puede presentar, se ha considerado oportuno mantener este atributo en el procedimiento de valoración.

### Cálculo de la puntuación ponderada

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 16).



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
2	2- RÉGIMEN HIDROLÓGICO: CONEXIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	0	0,33	0,66	1	10,00
						10,00

Tabla 16. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de régimen hidrológico: conexión con aguas subterráneas

#### 4.3 CONTINUIDAD DEL RÍO: CONTINUIDAD AL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

En este bloque se valora la existencia de obstáculos a la movilidad del sedimento por la presencia de azudes y otros obstáculos transversales ubicados en la propia masa de agua, así como en los afluentes directos que no formen parte de ella.

Se considera algo necesario considerar no solo los azudes, sino cualquier obstáculo transversal que pueda suponer un freno a la movilidad del sedimento. Poniendo en relevancia considerar que esos obstáculos puedan estar, no solo en el interior de la masa de agua, sino en los afluentes principales que aportan sus caudales líquidos y sólidos a dicha masa.

La valoración será cualitativa en función de la densidad de obstáculos existentes por km de masa de agua. Teniendo en cuenta para el cálculo la cuenca no dominada por grandes presas y únicamente aquellos obstáculos que no se encuentren colmatados. Así:

- Grado de alteración Muy Bajo: ausencia de obstáculos.
- Grado de alteración Bajo: existencia de menos de un obstáculo por km de masa de agua.
- Grado de alteración Moderado: existencia de un obstáculo por km de masa de agua.
- Grado de alteración Alto: existencia de más de un obstáculo por km de masa de agua.

#### **Cálculo de la puntuación ponderada**

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 17).



INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
3	Existencia de obstáculos a la movilidad de sedimentos en la masa y afluentes colindantes	0	0,33	0,66	1	10,00
						<b>10,00</b>

Tabla 17. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de la continuidad del río

#### 4.4 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: PROFUNDIDAD Y ANCHURA

En el caso de las condiciones morfológicas relacionadas con la profundidad y la anchura de la masa de agua, se han mantenido los siete indicadores previamente existentes.

##### ***Cálculo de la puntuación ponderada***

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 18).



INDICADORES	Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
	ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
<b>4.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA (CM_VPA)</b>					
4.1 Porcentaje (%) de longitud de cauce modificado por acciones directas en el cauce (desviado, acortado, canalizado, estrechado,...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L = < 3\%$	2,0
	0	0,33	0,66	1	
4.2 Porcentaje (%) de longitud de ocupación de las márgenes u orillas del cauce por obras de estabilización de taludes (escolleras, gaviones, muros, etc...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L = < 3\%$	2,0
	0	0,33	0,66	1	
4.3 Porcentaje (%) de longitud de ocupación de margen (zona de policía) por obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L = < 3\%$	1,0
	0	0,33	0,66	1	
4.4 Distancia (d) desde la orilla del cauce activo a la que se encuentran las obras de protección frente a inundaciones (motas, recrecimientos o rellenos, terraplenes, etc...)	$d < 0,5w$	$3w > d \geq 0,5w$	$5w > d \geq 3w$	$> 5w$	1,0
	0	0,33	0,66	1	
4.5 Superficie (%) urbanizada o impermeabilizada total o parcialmente en las márgenes (zona de policía)	>30%	$30 \geq S > 10\%$	$10 \geq S > 1\%$	$S < 3\%$	1,0
	0	0,33	0,66	1	
4.6 Porcentaje (%) de longitud del tramo remansado por los obstáculos transversales existentes.	>30%	$30 \geq L > 10\%$	$10 \geq L > 3\%$	$L = < 3\%$	2,0
	0	0,33	0,66	1	
4.7 Grado de incisión o dinámica vertical acelerada	SINTOMAS CONTINUOS	SINTOMAS POR TRAMOS	SINTOMAS PUNTUALES	AUSENCIA DE SÍNTOMAS	1,0
	0	0,33	0,66	1	
					10,0

Tabla 18. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de las condiciones morfológicas referidas a variación de la profundidad y anchura



#### 4.5 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO

En lo que respecta a la “Estructura y sustrato del lecho”, se han mantenido los indicadores existentes para la valoración de este apartado, su consideración cualitativa, y los pesos asignados para la ponderación. Los dos indicadores son significativos y de interés para el análisis del funcionamiento hidromorfológico de los ríos efímeros.

La determinación de estos dos indicadores se realizaría de manera similar para las diferentes tipologías fluviales, si bien se deberá adaptar su estudio a las condiciones consideradas de referencia para cada tipología. En el caso de los ríos temporales y efímeros sin capacidad de albergar bosque de ribera, los indicadores 4.1 y 4.2 se aplicarían de manera similar a la indicada para ríos temporales. Para la utilización del indicador 4.2 dado que en muchas ocasiones no resulta posible apreciar en esos ríos una secuencia de elementos en el lecho del cauce, se analizaría la existencia de alteraciones de la pendiente, dimensiones y materiales del lecho que indiquen, directa o indirectamente, el deterioro de su estructura.

#### **Cálculo de la puntuación ponderada**

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 19).

INDICADORES		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
<b>4.- CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO (CM_ESL)</b>						
		<b>ALTO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>BAJO</b>	<b>MUY BAJO</b>	
4,1	Grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento.	0	0,33	0,66	1	5,00
4,2	Grado de alteración de la estructura longitudinal del lecho del cauce	0	0,33	0,66	1	5,00
						<b>10,00</b>

Tabla 19. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de las condiciones morfológicas referidas a variación de la profundidad y anchura



#### **4.6 CONDICIONES MORFOLÓGICAS: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA**

En el caso de ríos sin bosque de ribera, el procedimiento de valoración incluye algunos cambios, al no ser correcta la evaluación basada en la presencia o ausencia de una vegetación que en condiciones naturales no tiene necesariamente que aparecer en la ribera, ni de otros atributos cuyo funcionamiento cuenta con una peor definición en ese tipo de ríos. Por otra parte, dado que en estos casos resulta complejo determinar la línea de rotura entre el cauce y las márgenes, los indicadores se refieren en ambos casos al espacio fluvial completo, en el que por otra parte suelen presentarse dinámicas complejas y una distribución irregular de la vegetación derivada de la alta variabilidad de los caudales fluyentes y de la existencia de periodos más o menos continuados de cese de caudal.

Por ello, se modifica planteando un solo indicador relativo a estructura, y otro a composición. En el primer caso (5.1.1) el indicador de estructura es el porcentaje de ocupación del espacio fluvial debida a la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluviales. En otras palabras, se trata de cuantificar en qué medida el espacio fluvial (lecho+márgenes) registra una alteración relevante en la estructura y dinámica de su vegetación como consecuencia de presiones humanas de diversa índole. En el caso de la composición específica, el indicador (5.1.2) se refiere al porcentaje (%) de la superficie del espacio fluvial (lecho + márgenes) ocupado por vegetación alóctona. Con esta formulación de indicadores, quedarían igualmente cubiertos los aspectos relativos a la calidad del hábitat “ribereño”.

##### ***Cálculo de la puntuación ponderada***

El procedimiento a seguir para el cálculo de la puntuación ponderada será el mismo que el descrito para ríos permanentes, donde se tendrá en cuenta el valor de la curva de naturalidad correspondiente (Ver Anexo I, mismas curvas que para ríos permanentes), que será ponderado por el valor de naturalidad ponderada máxima (Ver Tabla 20).



5.-CONDICIONES MORFOLÓGICAS DEL CAUCE: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA		Grado de alteración y Valor de naturalidad del indicador (valores de referencia de las clases)				NATURALIDAD PONDERADA MÁXIMA
5.1.- ESTRUCTURA		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	
5.1.1	Porcentaje de ocupación del espacio fluvial por la existencia de vías de comunicación, estructuras artificiales o usos humanos del suelo que limiten o alteren la estructura y dinámica fluvial	>90%	60-90%	30-60%	<30%	6,00
		0	0,33	0,66	1	
4.2.- COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE LA VEGETACIÓN		ALTO	MODERADO	BAJO	MUY BAJO	4,00
5.2.1	Porcentaje (%) de la superficie del espacio fluvial ocupada por vegetación alóctona	>90%	60-90%	30-60%	<30%	
		0	0,33	0,66	1	
<b>10,00</b>						

Tabla 20. Valor de naturalidad ponderada máxima para el cálculo de grado de alteración de las condiciones morfológicas referidas a la estructura de la vegetación de ribera

## 5 PONDERACIÓN DE LOS VALORES Y FORMA DE REPRESENTACIÓN DE LAS METRICAS.

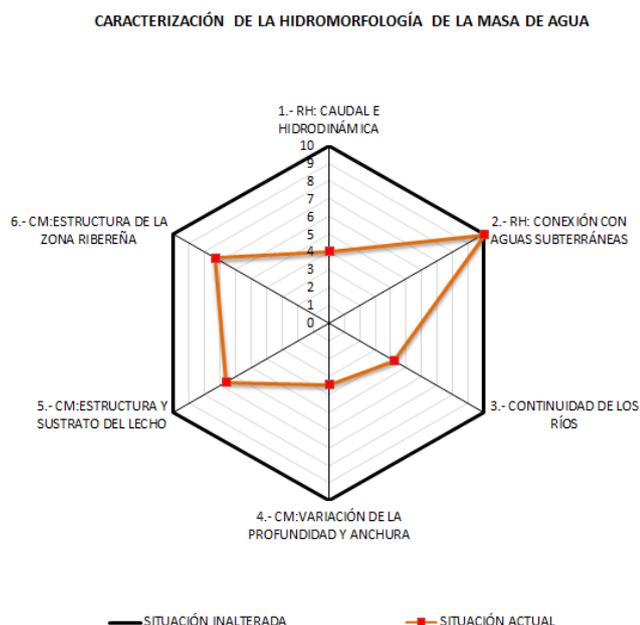
El resultado final se establece en primer lugar separando por tramos la puntuación ponderada de cada bloque. Los tres primeros bloques serán comunes en todos los tramos mientras que los bloques destinados a las condiciones morfológicas variarán en función del tramo hidromorfológico estudiado (ver Tabla 21).

Así para obtener el valor global de la masa de agua para cada uno de los seis bloques deberá ponderarse los bloques 4, 5 y 6 por el porcentaje correspondiente a cada tramo. Siendo el resultado global de cada uno de los tres bloques comentados, la suma de las ponderaciones de cada situación actual del tramo por su porcentaje de longitud en la masa.

Tramo 1			
CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOLOGÍA	SITUACIÓN INALTERADA	MUY BUEN ESTADO	SITUACIÓN ACTUAL
1.- RH: CAUDAL E HIDRODINÁMICA	10,0	9,0	4,06
2.- RH: CONEXIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS	10,0	9,0	10,00
3.- CONTINUIDAD DE LOS RÍOS	10,0	9,0	4,19
4.- CM: VARIACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ANCHURA	10,0	9,0	3,46
5.- CM: ESTRUCTURA Y SUSTRATO DEL LECHO	10,0	9,0	5,94
6.- CM: ESTRUCTURA DE LA ZONA RIBEREÑA	10,0	9,0	8,82
<b>Suma total</b>			

Tabla 21. Ejemplo de tabla con los resultados de la puntuación ponderada del tramo 1 de una masa de agua

Para cada tramo estudiado, se genera un gráfico donde, en forma de hexágono se representa cada uno de los bloques analizados en un eje numerado de 0 a 10.





## 6 UMBRALES PARA EL MUY BUEN ESTADO ECOLÓGICO

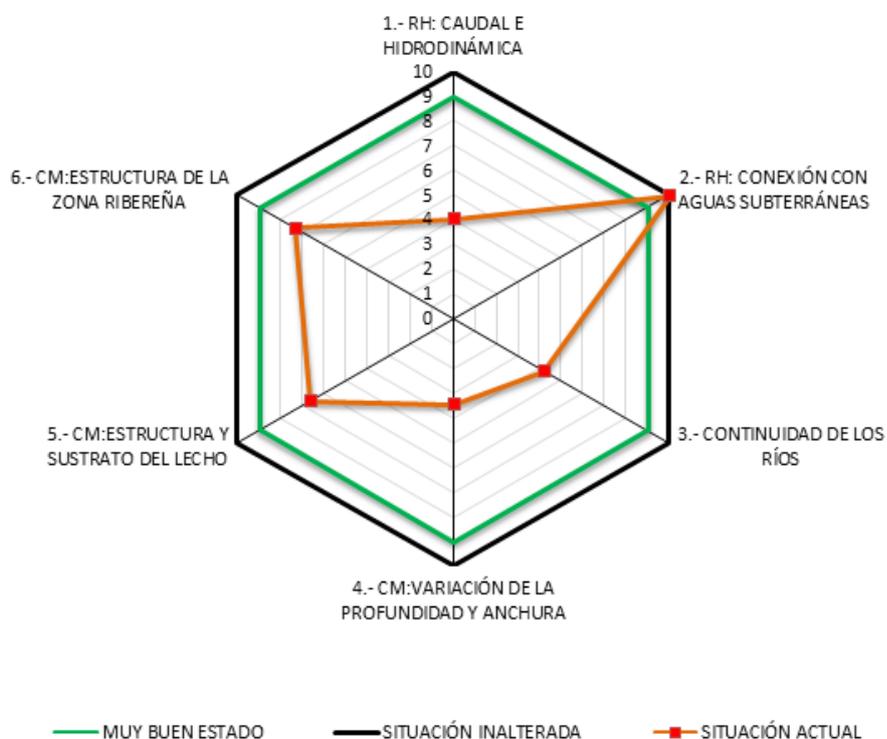
El hexágono resultante constituye un elemento visual que ayuda a interpretar de una forma sencilla y global qué elementos de la hidromorfología de una masa de agua están más afectados.

Este gráfico engloba en cada eje los seis bloques de valoración en un rango que varía de 0 a 10. Valores de 10 estarán indicando que ese bloque en cuestión no está siendo afectado por ninguna presión aparente y que por tanto se encuentra en una situación inalterada o natural. Por el contrario, valores muy próximos a 0 estarán indicando una alteración completa.

Una vez identificados qué ejes están más afectados, se podrá identificar, dentro de los indicadores que engloba ese eje, qué elementos son los que están siendo los causantes de esa alteración. Esta alteración podrá en consecuencia poder ser analizada en detalle y proponerse obras o medidas de mejora que a su vez, se podrán reflejar en el hexágono.

Para poder establecer un estado hidromorfológico que pueda incluirse dentro de la valoración del estado ecológico de una masa de agua, tal y como establece la DMA, se establece el límite para el muy buen estado hidromorfológico un valor de 9.

### CARACTERIZACIÓN DE LA HIDROMORFOLOGÍA DE LA MASA DE AGUA





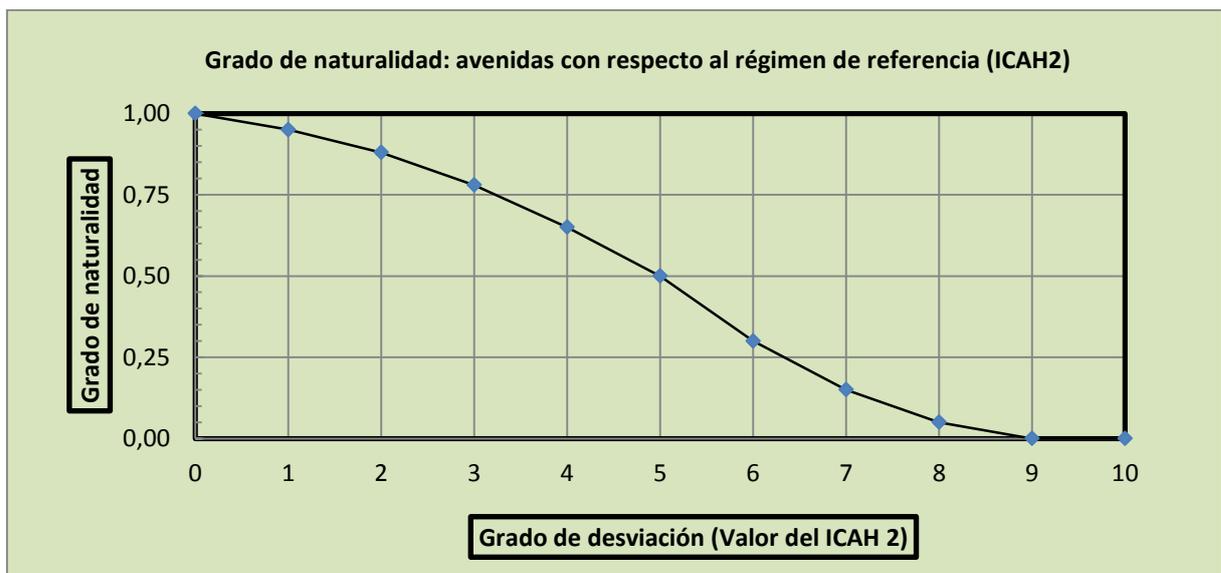
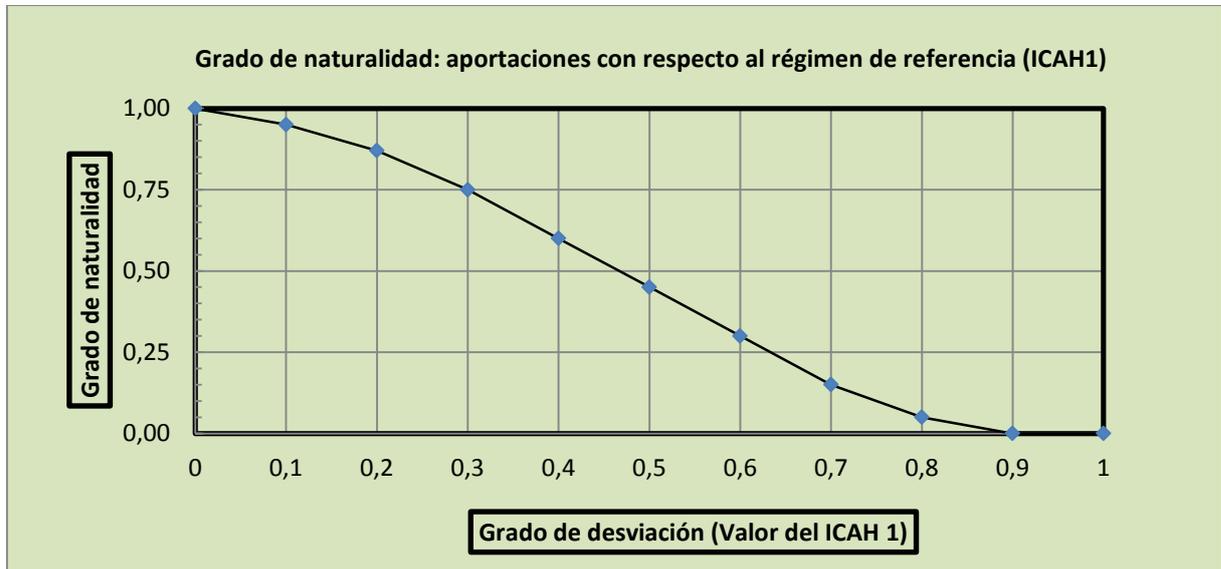
## ANEXOS

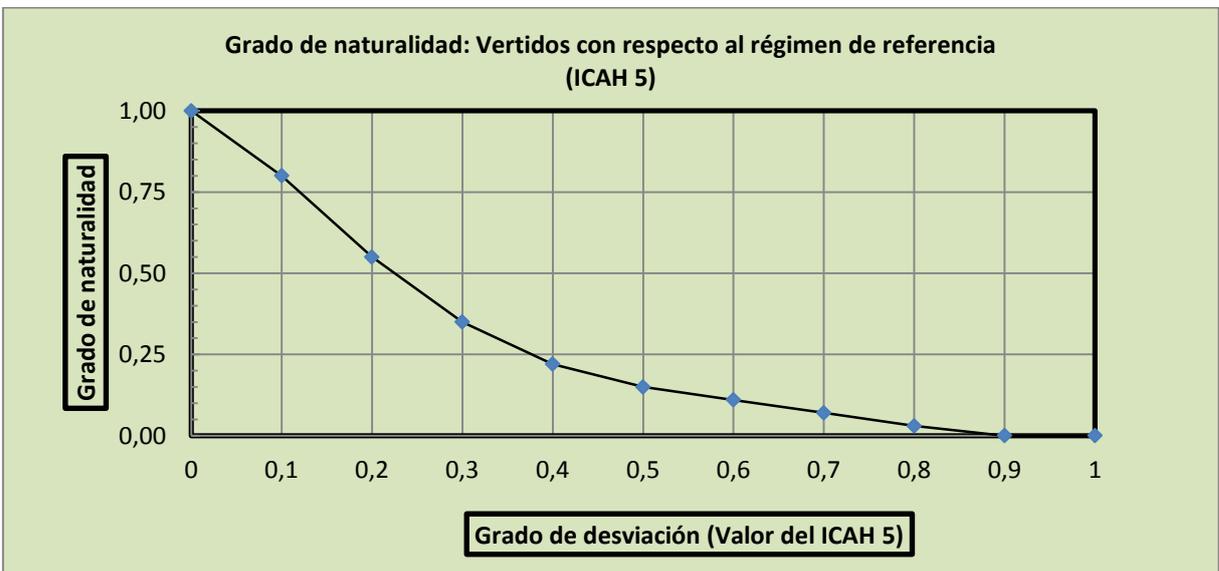
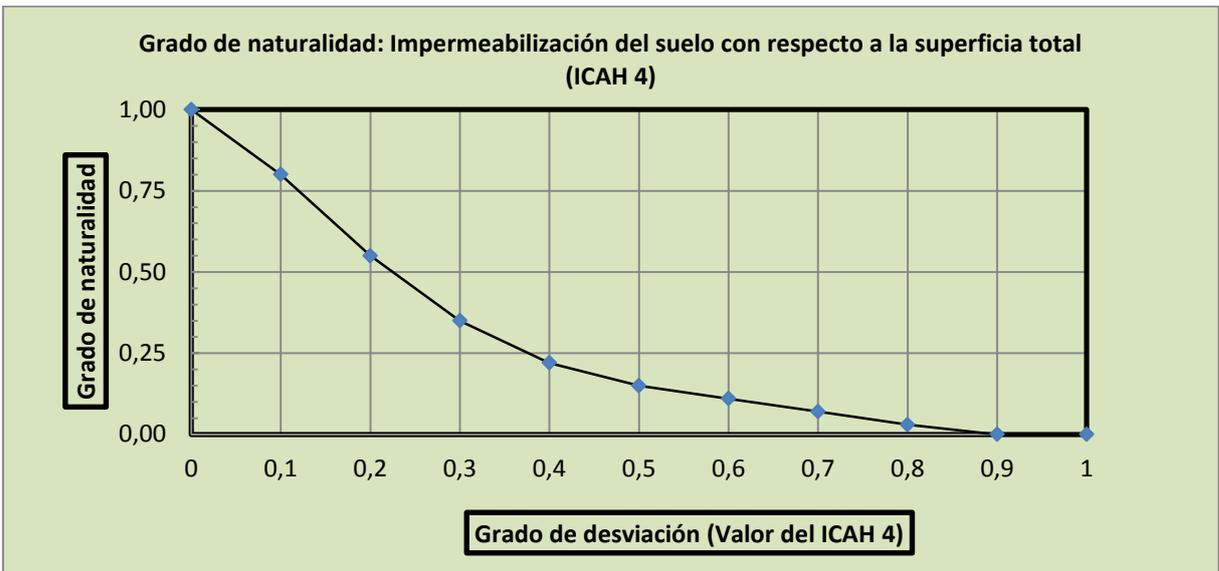
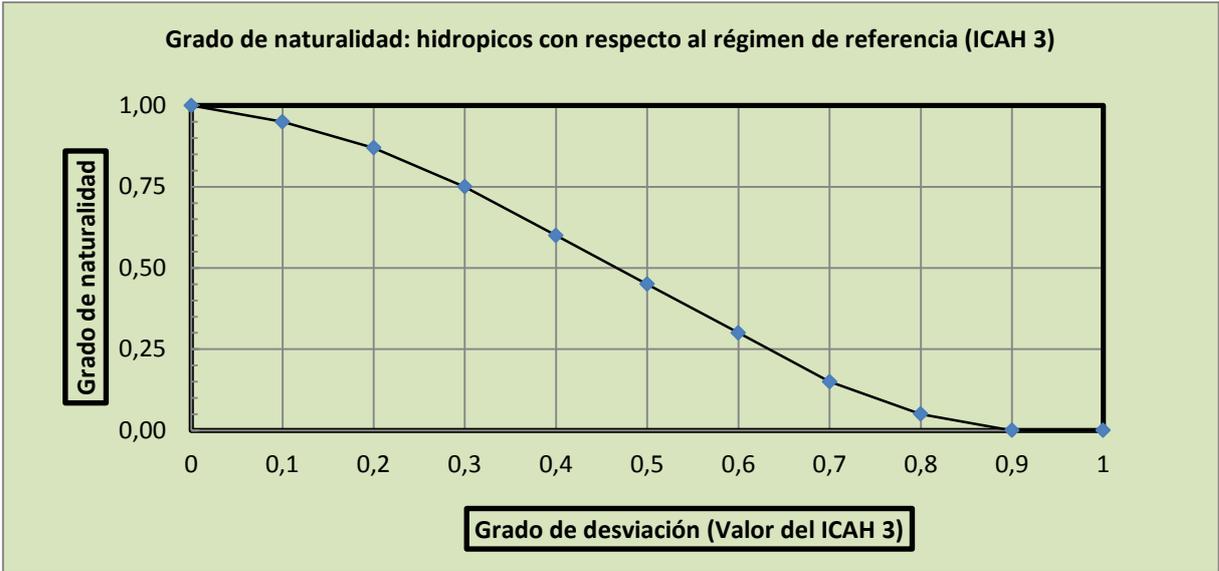


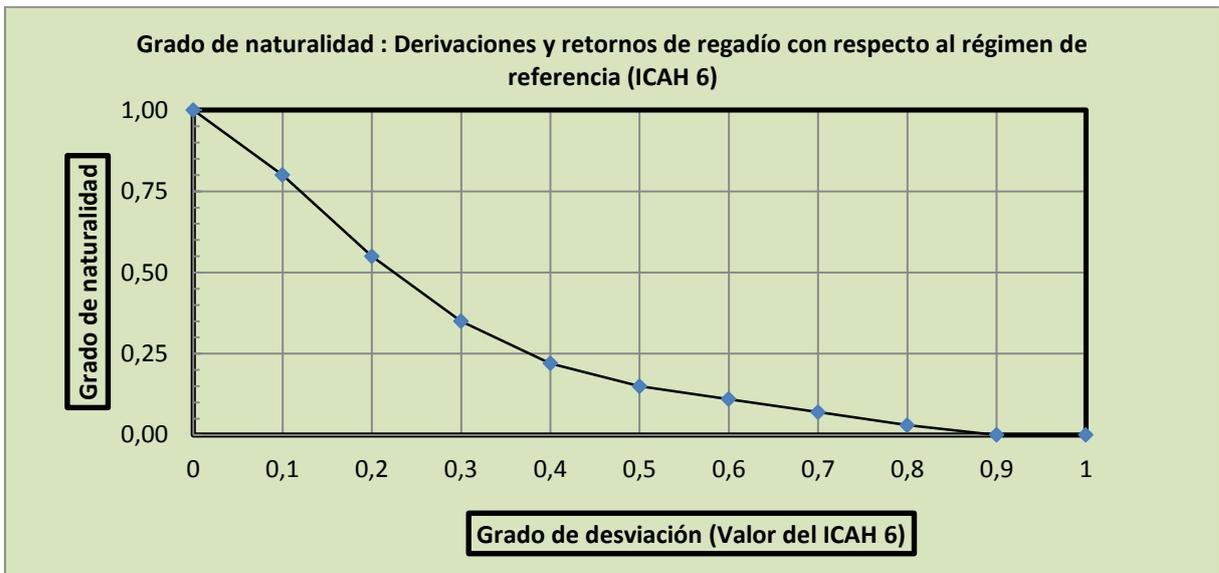
## **ANEXO I: CURVAS DE NATURALIDAD**

## 1. Régimen hidrológico.

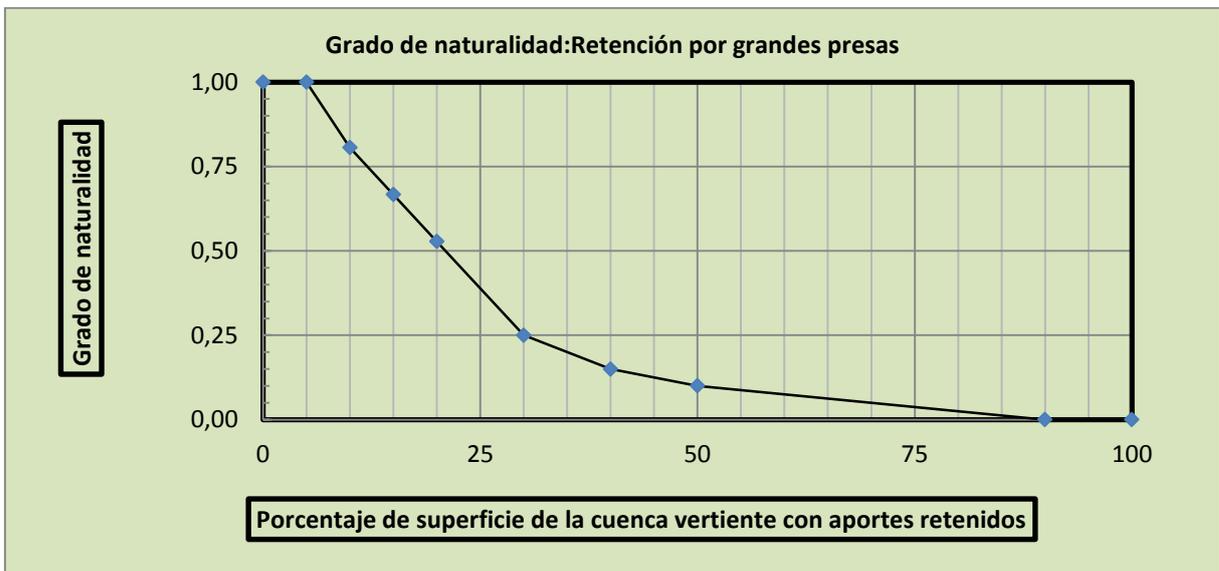
### 1.1. Alteración al régimen de caudales líquidos (ICAHs)

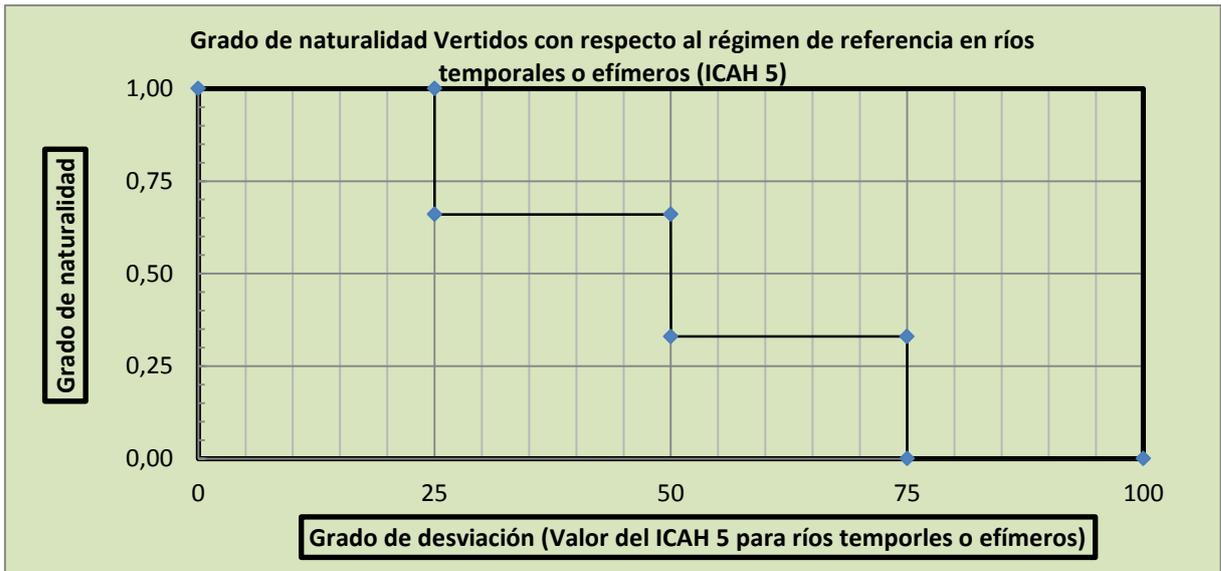




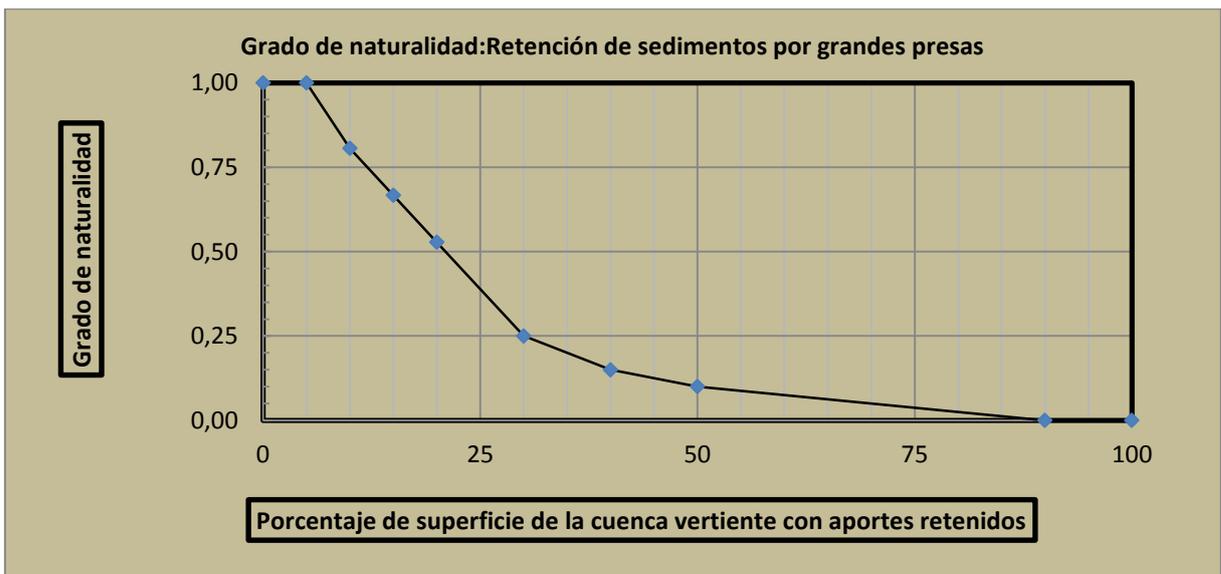


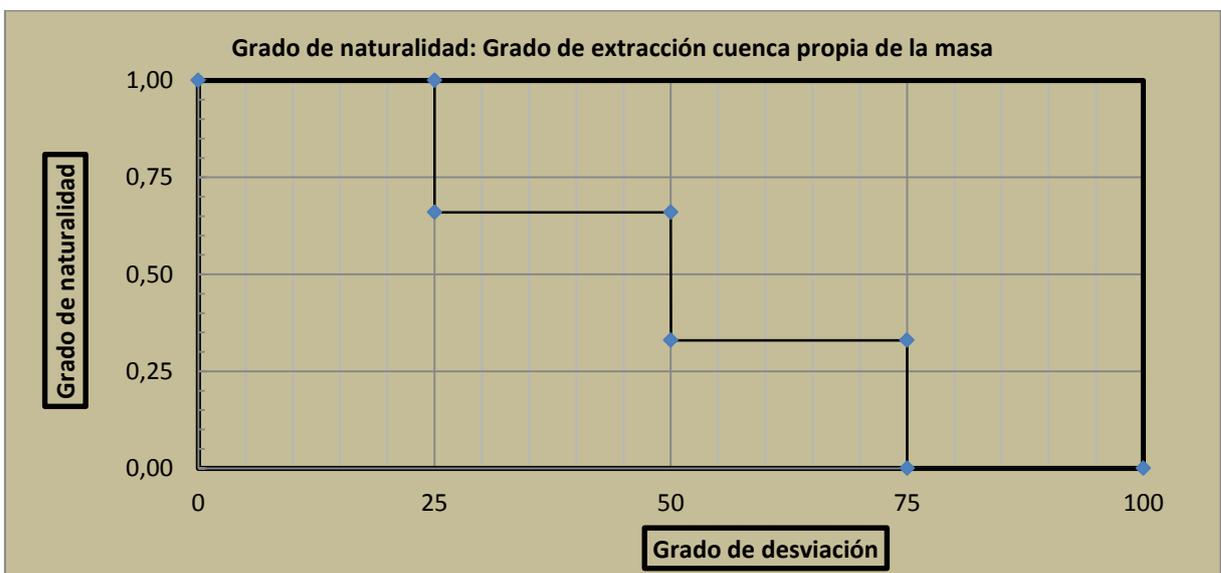
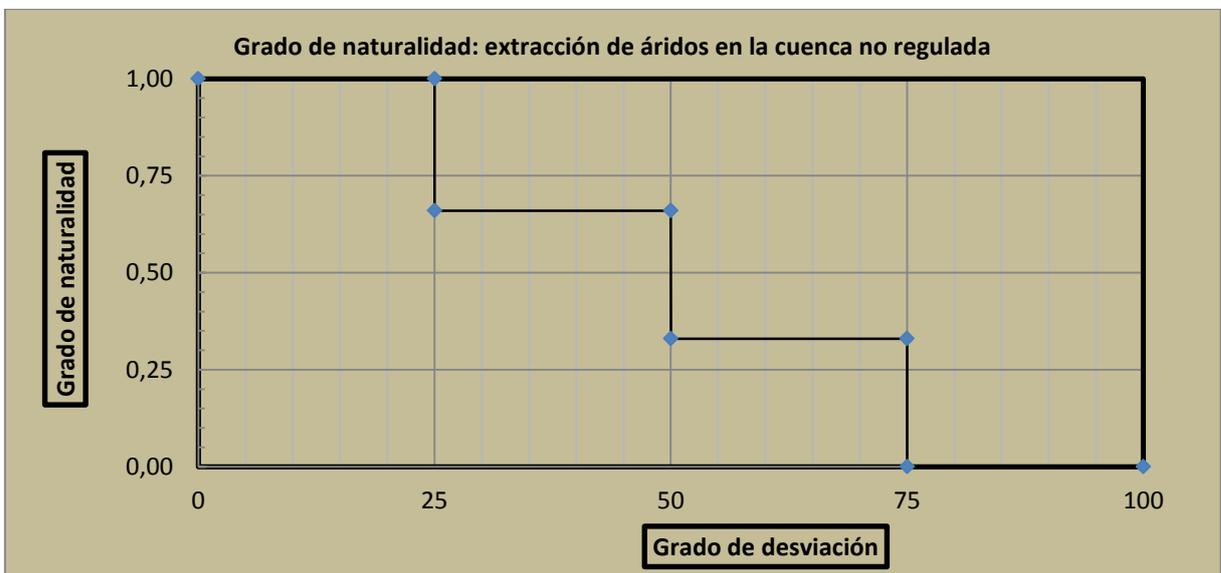
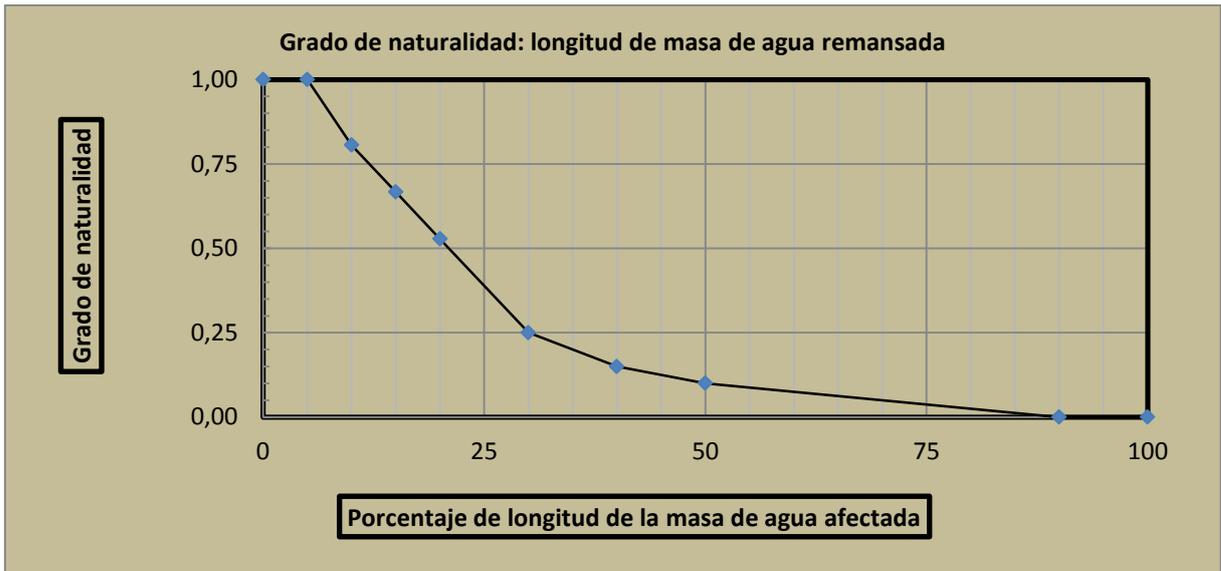
En el caso de **ríos temporales o efímeros** sin peces y sin ribera definida, el ICAH 1 se establece a partir del cálculo de la superficie nominada por grandes presas. El ICAH 5 se establecerá de forma cualitativa considerando la presencia de vertidos como un factor negativo para la naturalidad de los caudales e hidrodinámica de la masa.



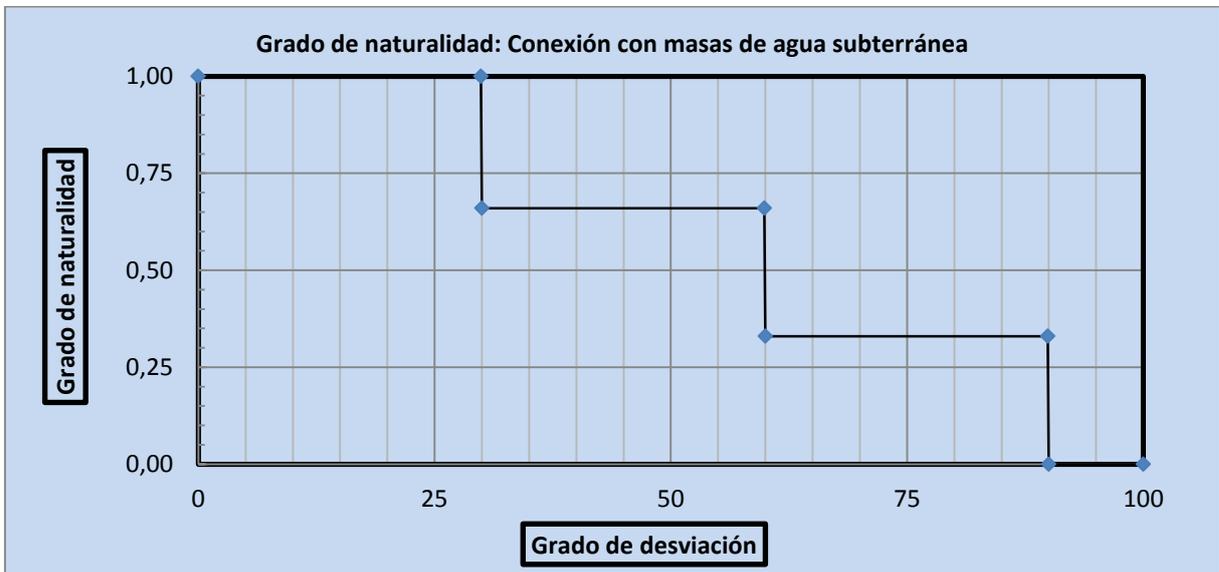


### 1.2. Régimen hidrológico: caudales sólidos

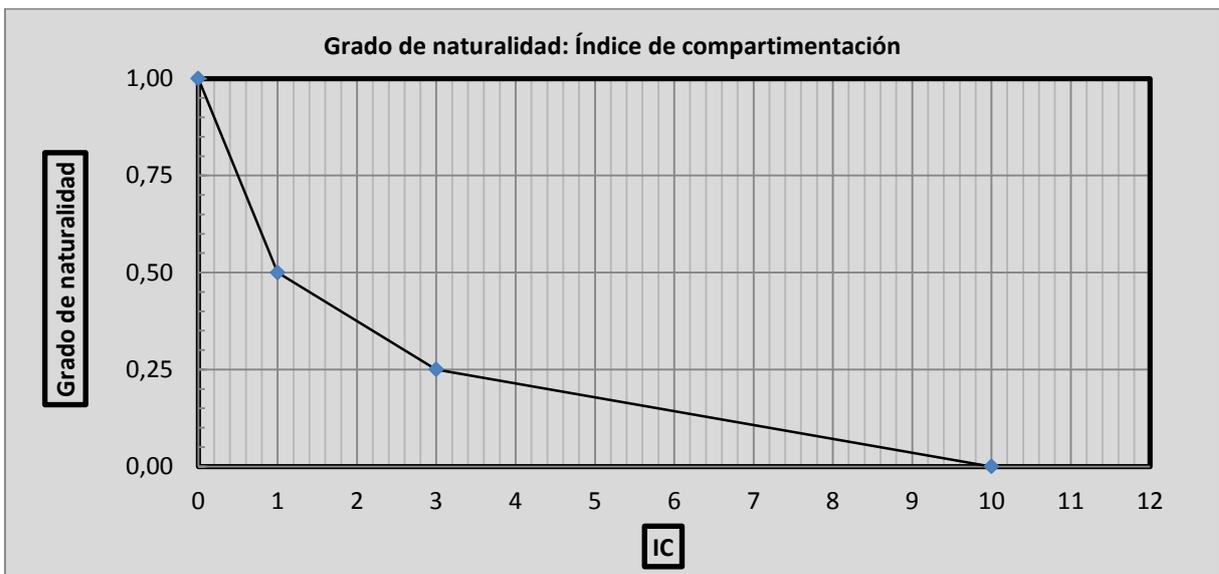


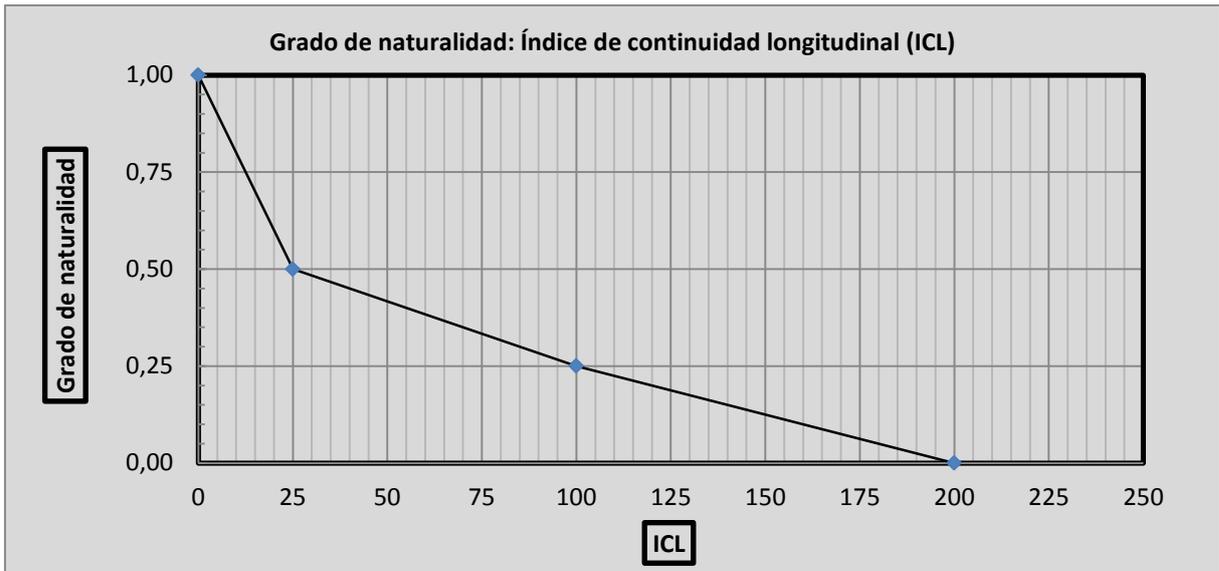


2. Régimen hidrológico: Conexión con aguas subterráneas

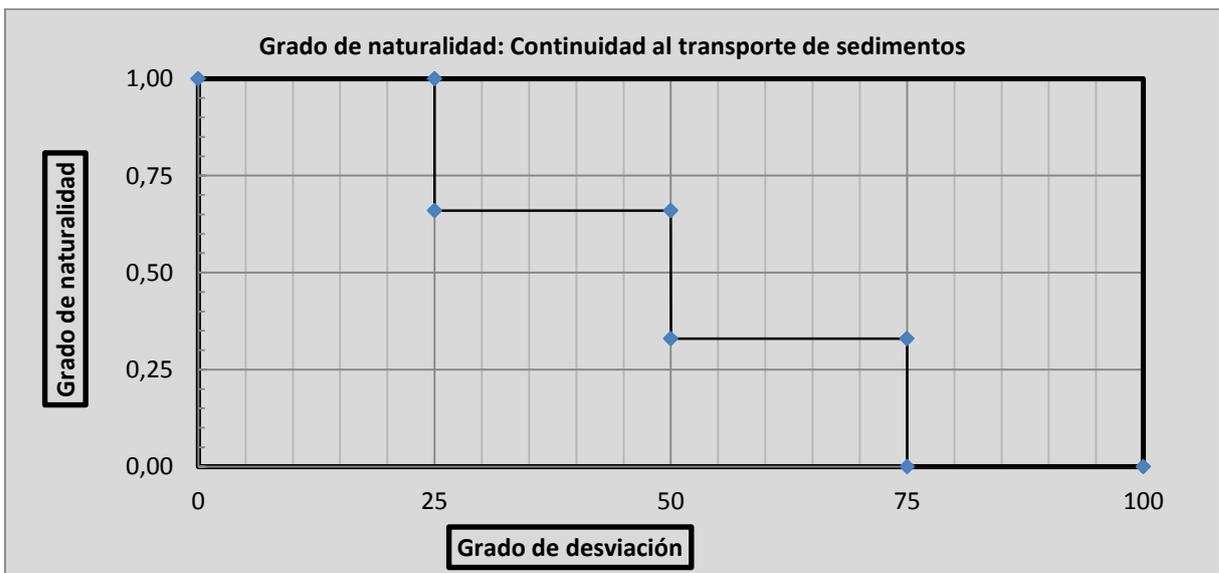


3. Continuidad del río.

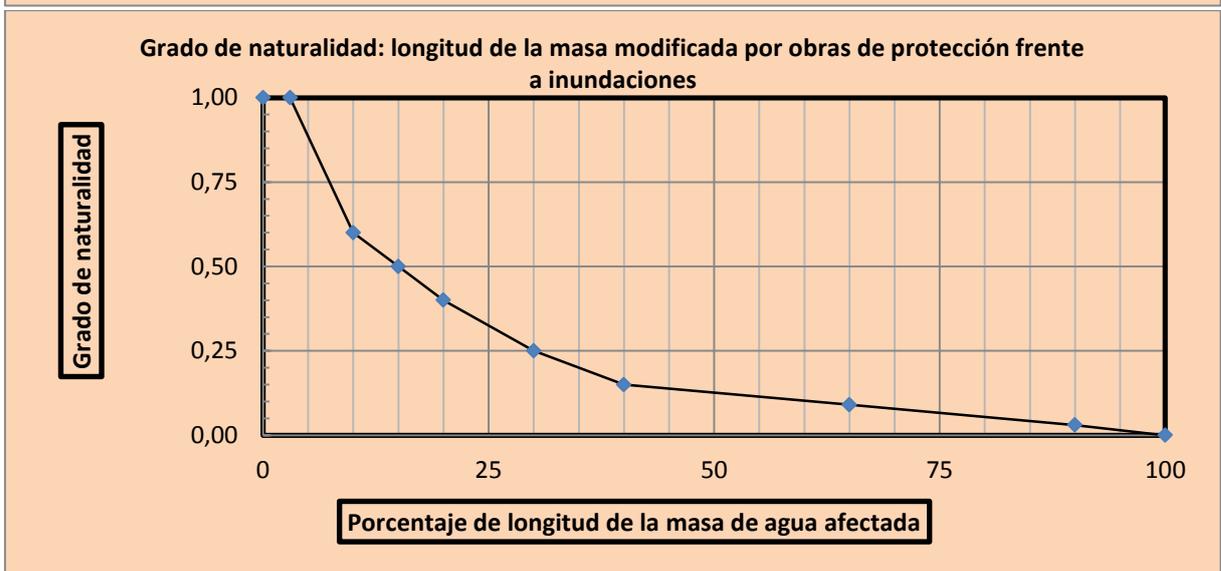
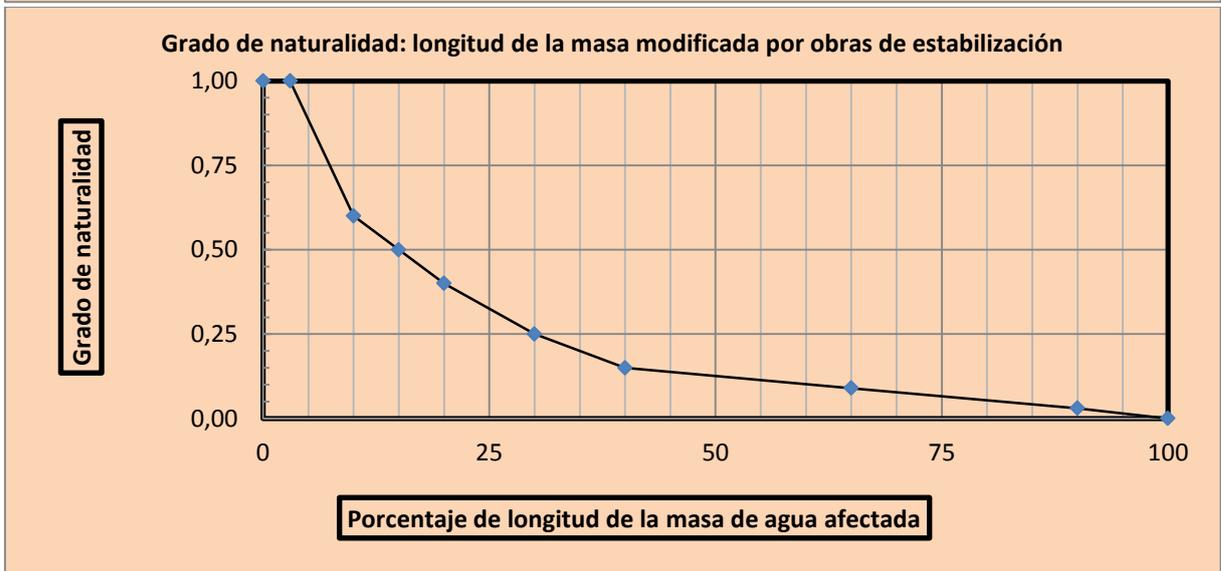
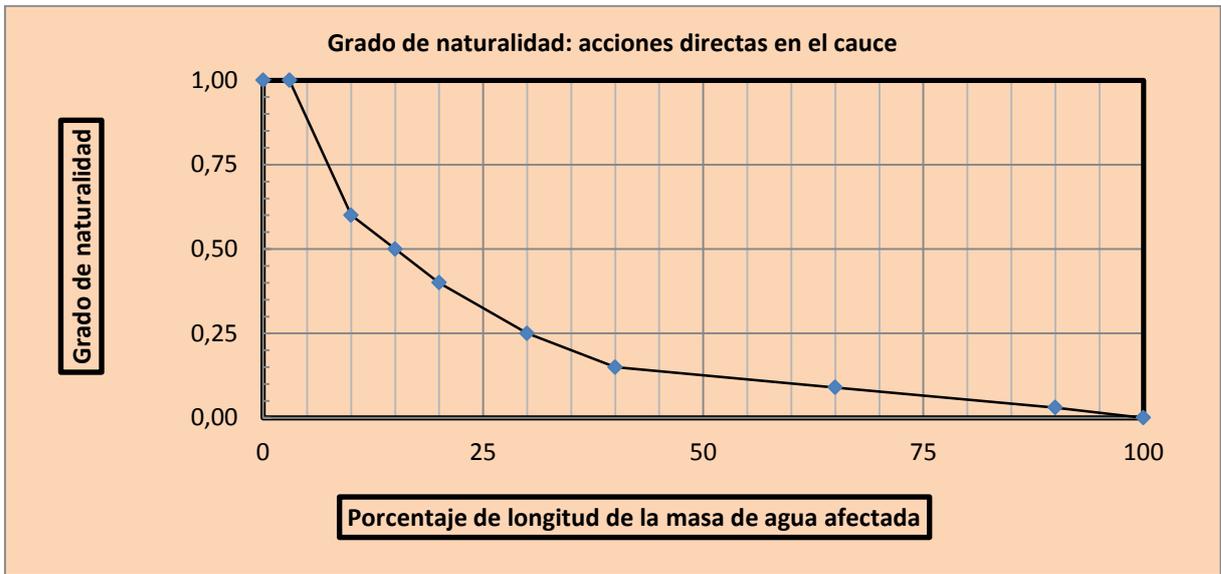


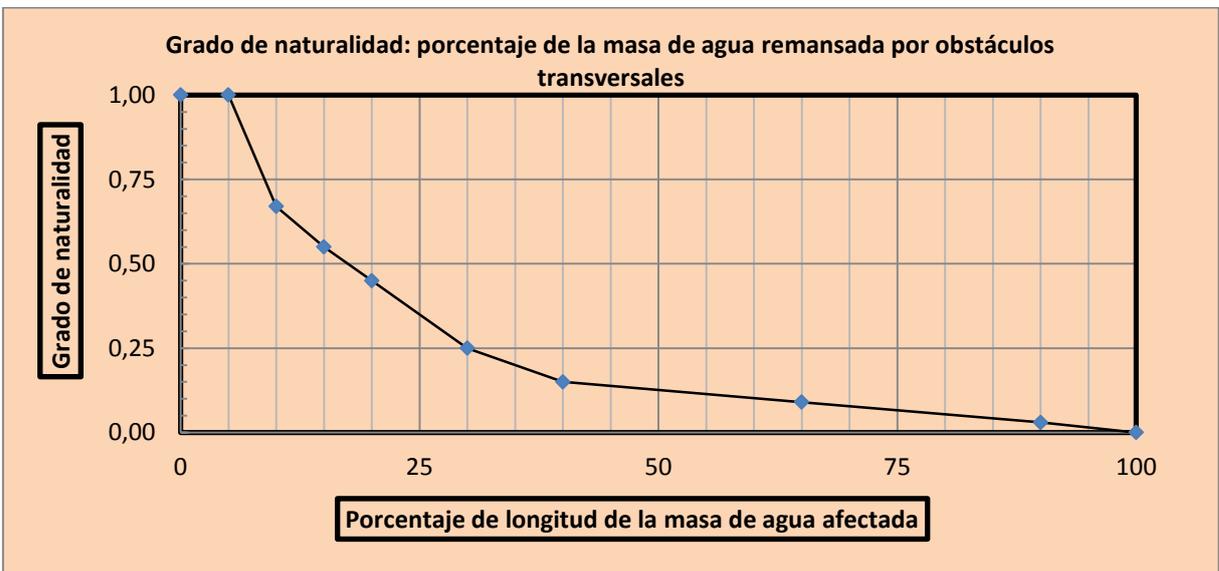
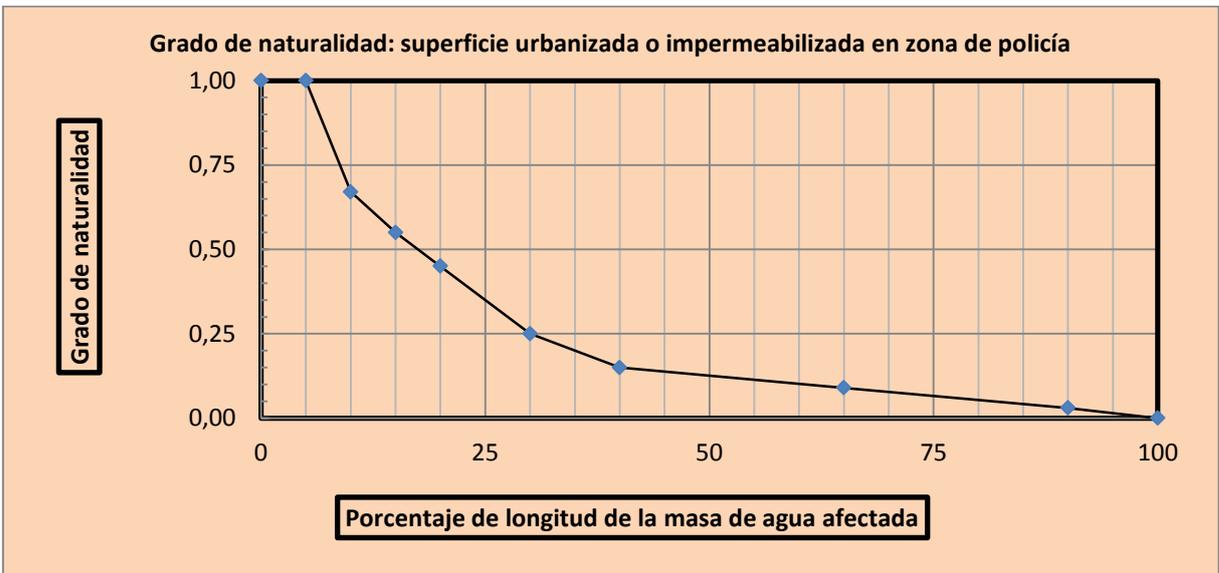
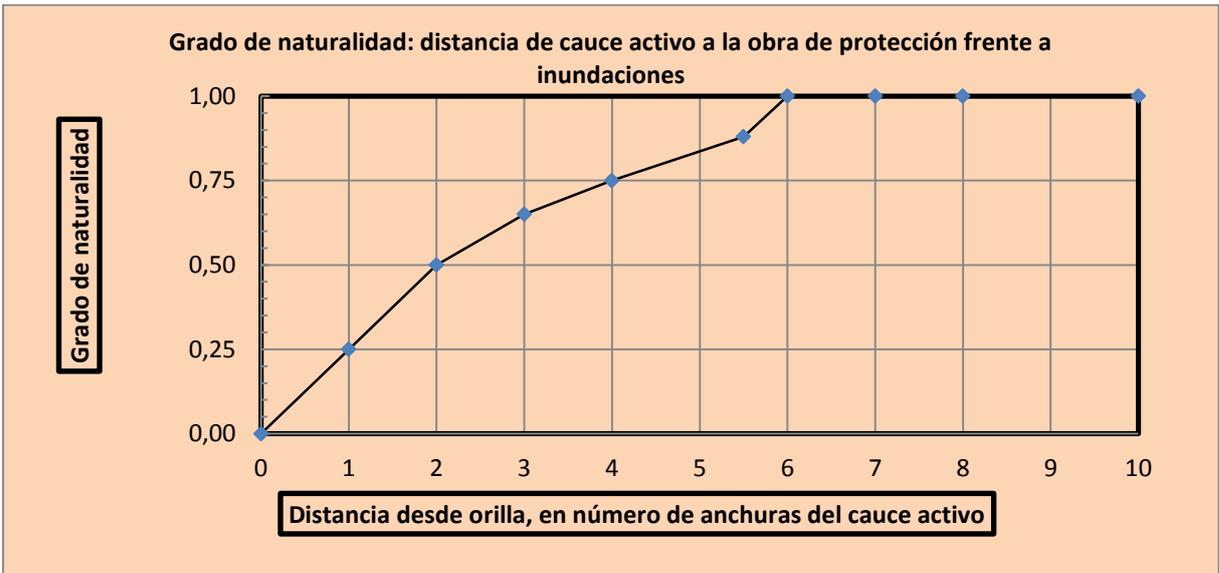


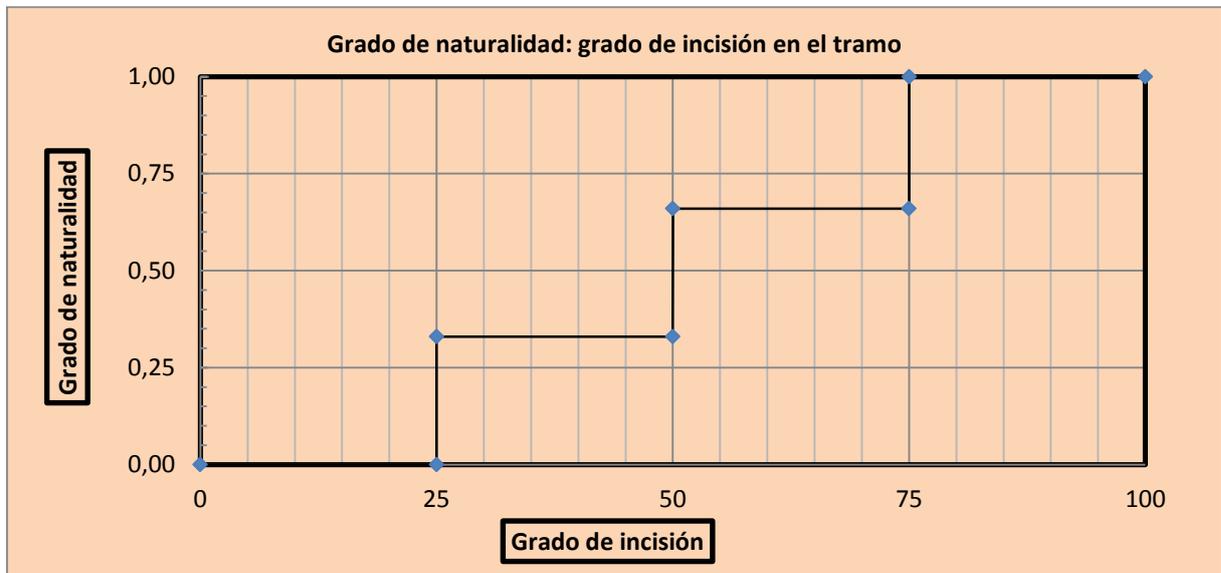
Para **ríos efímeros o temporales** sin peces y sin ribera el grado de naturalidad se establece de forma cualitativa en función de la densidad de obstáculos transversales por km de masa que pueden afectar a la dinámica fluvial de caudales sólidos.



4. Condiciones morfológicas del cauce: variación de la profundidad y anchura.



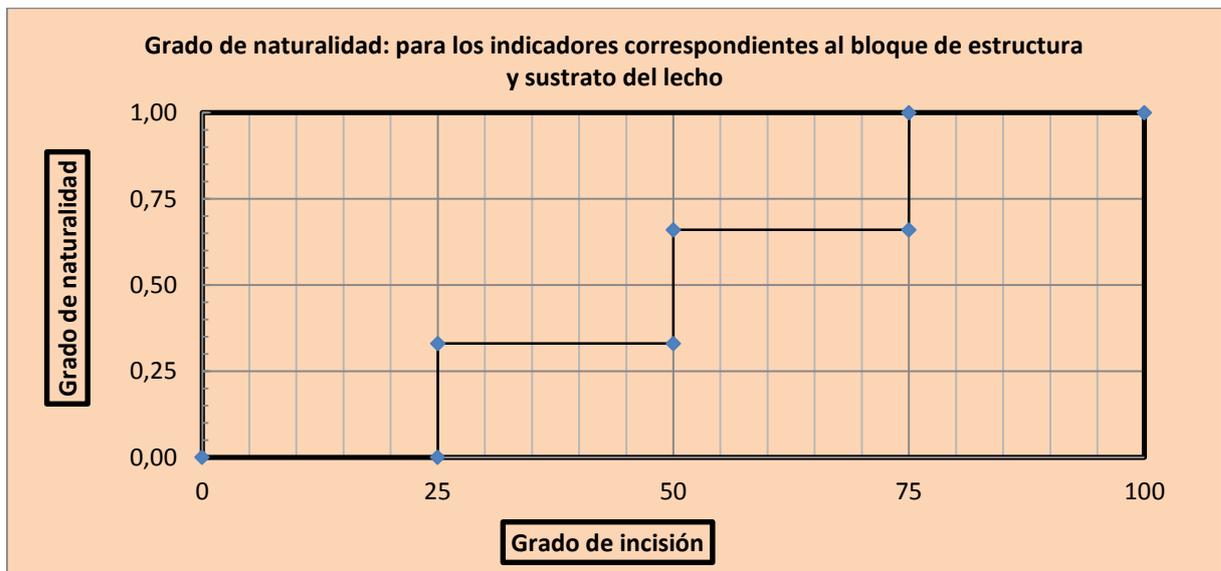




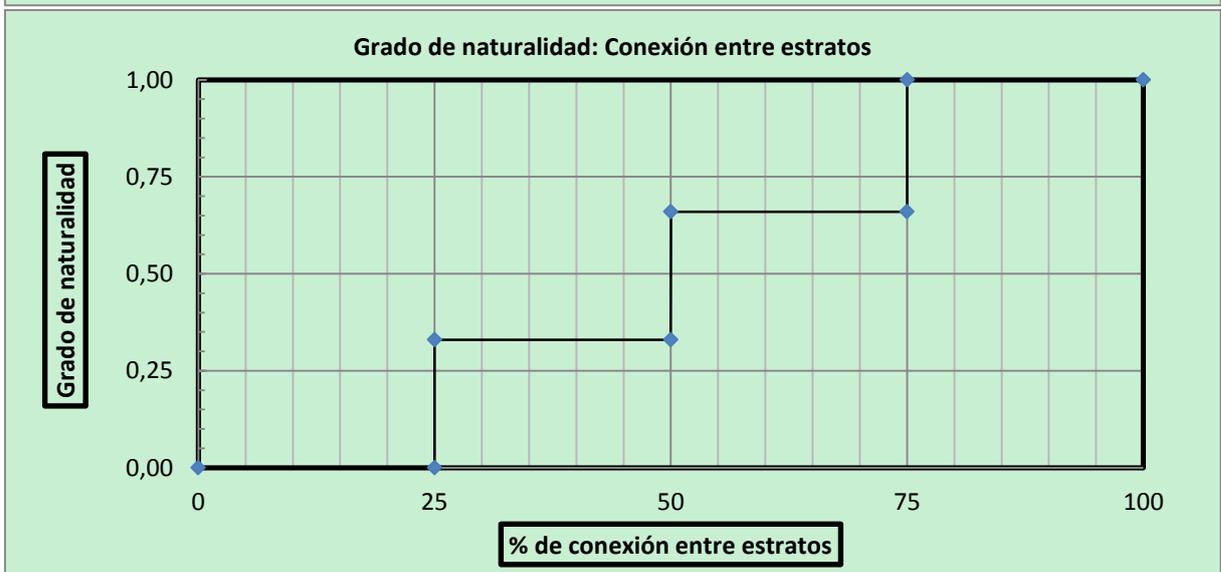
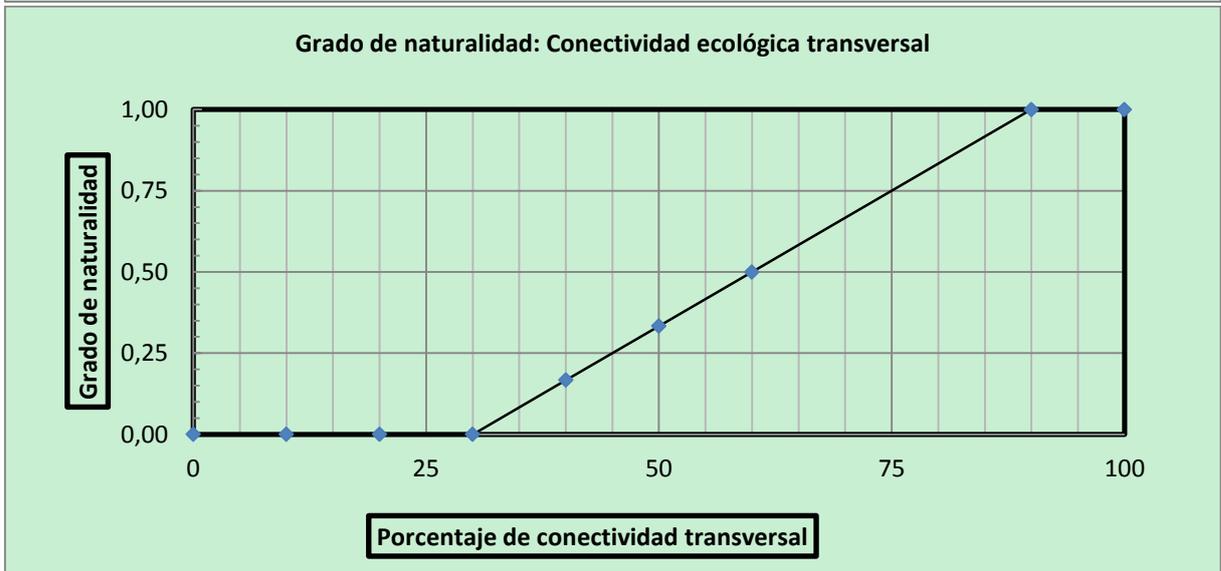
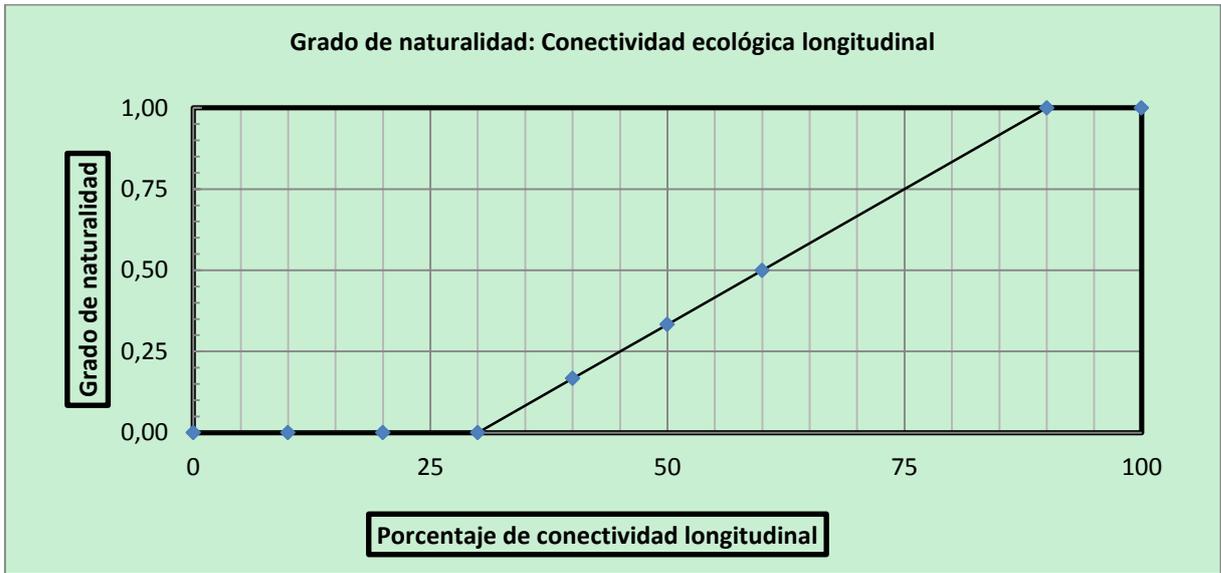
##### 5. Condiciones morfológicas del cauce: estructura y sustrato del lecho

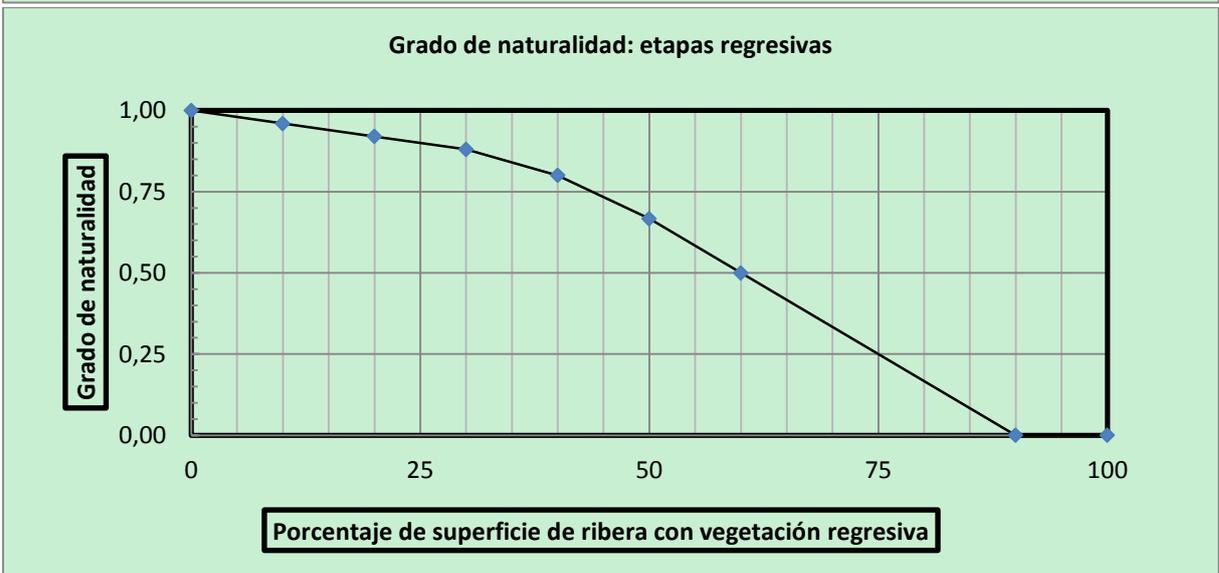
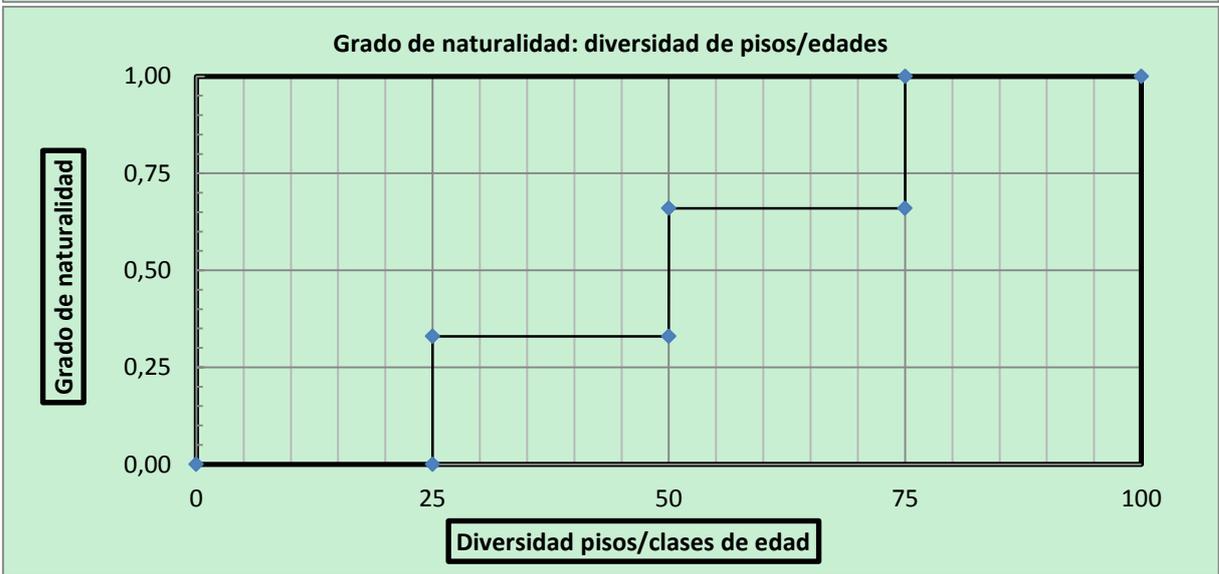
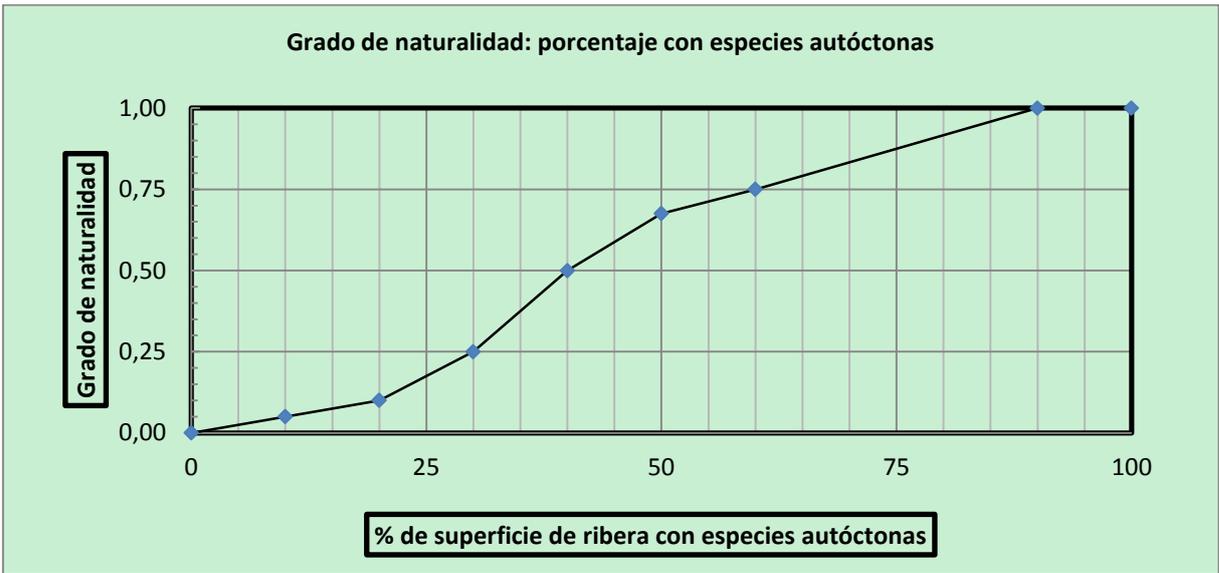
Para los indicadores contenidos en este bloque se utiliza una única curva de naturalidad puesto que los rangos en los que se divide el grado de naturalidad es el mismo para los dos:

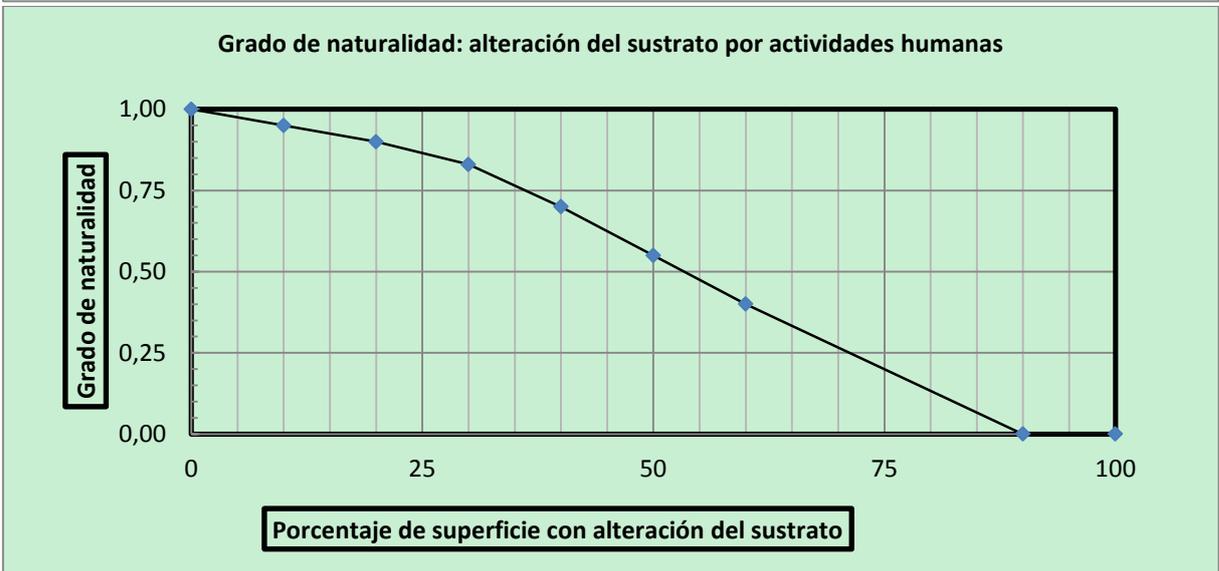
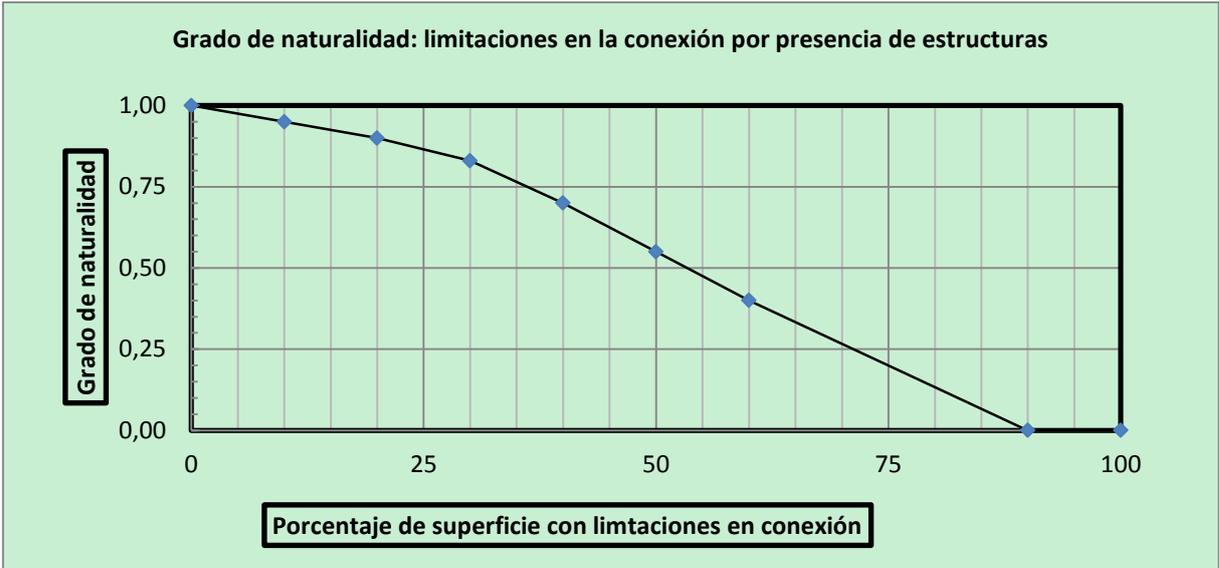
- Grado de alteración de la naturalidad del lecho en relación al origen, tamaño y clasificación del sedimento. (5.1.)
- Grado de alteración de la naturalidad de la estructura longitudinal del lecho del cauce. (5.2.)



6. Condiciones morfológicas: Estructura de la zona ribereña







En el caso de ríos **temporales y efímeros** para el estudio de la alteración el entorno fluvial

