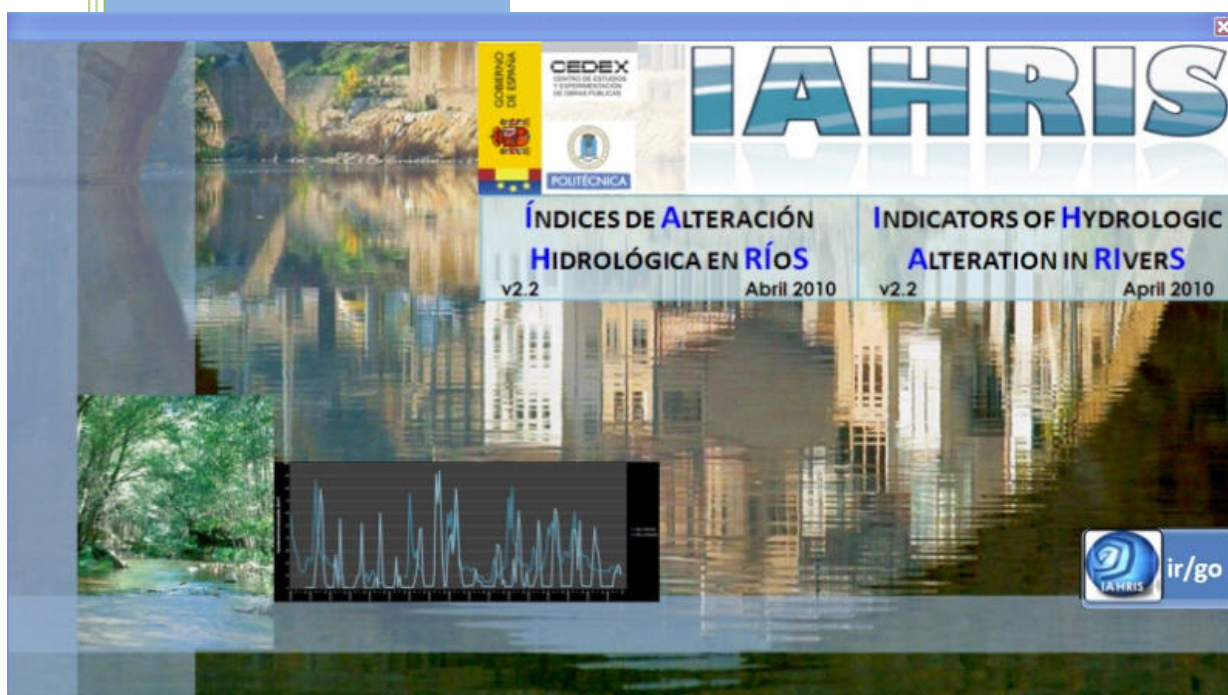


Abril 2010

IAHRIS 2.2

INDICADOR DE MASAS DE AGUA MUY ALTERADAS
Manual de referencia metodológica



CAROLINA MARTÍNEZ SANTA-MARÍA

JOSÉ A. FERNÁNDEZ YUSTE

Título:

Índices de Alteración Hidrológica en Ríos (IAHRIS)
Indicador de masas de agua muy alteradas: Manual de Referencia Metodológica
Versión 2.2

ISBN: 978-84-693-7955-4

Este documento puede ser usado, copiado y distribuido citando la procedencia:

Martínez Santa-María, C. & Fernández Yuste, J.A. 2010. IAHRIS 2.2 Indicador de masas de agua muy alteradas: Manual de referencia metodológica.

Autores:

Metodología:

Carolina Martínez Santa-María
José Anastasio Fernández Yuste

Software:

INCLAM, S.A.

Manual de Referencia:

Carolina Martínez Santa-María
José Anastasio Fernández Yuste

Edición:

Software financiado por la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente mediante convenio con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Copyright © Universidad Politécnica de Madrid..

Software gratuito.

Cualquier operación comercial con este software está expresamente prohibida.

Los autores y editores no se responsabilizan de los errores y/o fallos del software. El usuario deberá verificar los resultados obtenidos con IAHRIS, y será de su exclusiva responsabilidad su uso y aplicación

Este documento puede ser usado, copiado y distribuido citando la procedencia:

INDICADOR DE MASAS DE AGUA MUY ALTERADAS

INDICE

	pág
1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVO	1
3. DEFINICIÓN DE MÉTODOS Y CRITERIOS	2
3.1. Método basado en Índices de Alteración Hidrológica ó Método IAH-MMA.....	2
3.1.1. Selección de Índices de Alteración Hidrológica.....	2
3.1.1.1. Consideraciones generales.....	2
3.1.1.2. Caso 1: Datos diarios coetáneos.....	3
A) Selección de indicadores.....	3
B) Definición de criterios: asignación de la condición de MMA.....	7
3.1.1.3. Caso 2: Datos diarios no coetáneos.....	8
A) Selección de indicadores.....	8
B) Definición de criterios: asignación de la condición de MMA.....	10
3.1.1.4. Caso 3: Datos mensuales coetáneos.....	11
A) Selección de indicadores.....	11
B) Definición de criterios: asignación de la condición de MMA.....	12
3.1.1.5. Caso 4: Datos mensuales no coetáneos.....	12
A) Selección de indicadores.....	12
B) Definición de criterios: asignación de la condición de MMA.....	13
3.2. Método basado en percentiles o Método P10%-90%.....	13
3.2.1. Antecedentes.....	13
3.2.2. Selección de indicadores y asignación de la condición de MMA.....	14
3.3. Síntesis	14
4. PROPUESTA DE CONDICIÓN DE LA MASA DE AGUA	15
4.1. Criterio P-IAHRIS.....	15
4.2. Síntesis	19

INDICADOR DE MASAS DE AGUA MUY ALTERADAS

1. ANTECEDENTES

El epígrafe 3.4.2 de la IPH (BOE de 22-09-08) indica: ... En los ríos identificados como masas de agua se analizará su grado de alteración hidrológica mediante el cálculo de índices de alteración hidrológica... con estos índices se comparan las condiciones del régimen natural de referencia con las condiciones actuales... los parámetros utilizados deben basarse en las características fundamentales de los regímenes hidrológicos, como magnitud, duración, frecuencia, estacionalidad y tasas de cambio... Se entenderá que una masa de agua está muy alterada hidrológicamente cuando presenta una desviación significativa en la magnitud de los parámetros que caracterizan las condiciones mensuales y anuales del régimen hidrológico... Se considerará que la desviación es significativa cuando la magnitud del parámetro anual o mensual se desvía significativamente de los valores del percentil del 10% al 90% de la serie en régimen natural.

2. OBJETIVO

Dada la trascendencia que para los Planes de Cuenca tiene la designación de masas de agua muy alteradas (**MMA**), y la necesidad de que esa condición sea, en la medida de lo posible, establecida con arreglo a un criterio transparente y objetivo, es necesario:

- Seleccionar un conjunto de índices parciales, entre el total de ellos que ofrece IAHRIS. Los índices seleccionados deben valorar la alteración del régimen en:
 - a) sus valores habituales y extremos (avenidas y sequías)
 - b) considerando magnitud, duración, estacionalidad y variabilidad
 - c) teniendo en cuenta escalas temporales tanto a nivel anual como mensual
- Estudiar nuevos criterios que, a partir de los resultados obtenidos con los índices seleccionados, permitan asignar la condición de masa muy alterada, y proponer aquel que mejor discrimine esa condición. Ese criterio debe establecer el umbral para la condición de masa muy alterada considerando:
 - Índices globales o no globales que reflejen la alteración de los aspectos del régimen de caudales con mayor significación en la integridad ambiental del ecosistema fluvial.
 - Métricas y/o criterios que eviten que valores positivos de aspectos no alterados compensen los negativos de aspectos trascendentes muy alterados.
- Aplicar otros criterios para asignar la condición de masa muy alterada, en concreto el empleado por la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Este criterio emplea como indicadores los percentiles 10% y 90% de la serie en régimen natural para aportaciones anuales y mensuales.

3. DEFINICIÓN DE MÉTODOS Y CRITERIOS

Se presentan dos métodos para la asignación de la condición de “Masa muy alterada” (**MMA**).

El primero de ellos, que en lo sucesivo denominaremos método IAH-MMA utiliza los resultados de los Índices de Alteración Hidrológica facilitados por la aplicación informática IAHRIS. Los índices obtenidos varían en función de la tipología de los datos facilitados –hasta cuatro situaciones o casos posibles-. Es por ello, que el método IAH-MMA establece, para cada uno de esos casos, las condiciones que deben cumplir los respectivos índices para asignar a la masa en estudio la condición de MMA.

El segundo de los métodos, o método P10%-90% trabaja exclusivamente con aportaciones mensuales, estableciendo, a partir de los valores en régimen natural, cual es el “rango normal” de variación de las aportaciones mensuales y anuales. Este método establece unos porcentajes a cumplir, fuera de los cuales la masa se cataloga como MMA.

3.1. MÉTODO BASADO EN ÍNDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA Ó MÉTODO IAH-MMA

Como ya se mostró en el epígrafe de Antecedentes, la IPH indica que se analizará el grado de alteración hidrológica en las masas de agua:

- a) Mediante el cálculo de índices de alteración hidrológica
- b) Se utilizaran para ello un conjunto de parámetros que caracterizan estadísticamente la variación hidrológica inter e intranual
- c) Los parámetros utilizados deberán basarse en las características fundamentales de los regímenes hidrológicos: magnitud, duración, frecuencia, estacionalidad y tasas de cambio.

3.1.1. SELECCIÓN DE ÍNDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA

3.1.1.1. Consideraciones generales

Para la caracterización de la alteración del régimen de caudales IAHRIS calcula un conjunto de Índices, denominados de Alteración Hidrológica.

La interpretación correcta de estos índices obliga a detenerse en las siguientes características asociadas a los mismos:

VALOR: todos los índices se mueven en un rango acotado por 0 -máxima alteración- y 1 –ausencia de alteración-. Como ya se ha comentado el complemento a uno de su valor puede interpretarse como la variación –en tanto por uno- experimentada por el aspecto evaluado respecto a su estado de referencia –régimen natural-.

Así, un IAH=0,75 nos indica que el aspecto evaluado ha modificado su magnitud respecto al correspondiente a régimen natural en un 25%, variación que puede ser tanto por incremento como por reducción, circunstancia que también queda matizada en los informes de IAHRIS.

ESCALA: o más correctamente escala hidrológica, refiriéndose a si el índice evalúa caudales o valores habituales del régimen, o por el contrario analiza valores extremos, distinguiendo en ese caso entre caudales extremos máximos o avenidas y caudales extremos mínimos o sequías.

ASPECTO: cada uno de estos índices evalúa un aspecto concreto del régimen de caudales - magnitud, duración, frecuencia o estacionalidad-, todos ellos con marcada significación ambiental.

PERIODICIDAD: indica si el índice obtenido refleja un comportamiento o característica del régimen a nivel anual o mensual.

Así, cada índice, según su naturaleza, aporta información a distinta escala, para distinto aspecto y con un periodo de evaluación específico.

Los índices ofrecidos varían en función de las características de los datos disponibles - periodicidad (caudales diarios o mensuales), y coetaneidad existente entre los dos regímenes analizados-. Se van a analizar sólo los dos casos más habituales, Caso 1 y 2, que ofrecen 21 y 25 índices respectivamente. El Manual de Referencias Metodológicas de IAHRIS, recoge la justificación conceptual y la metodología de cálculo de los índices y parámetros empleados en todos los casos posibles. Es obvio que formular un nuevo criterio considerando todos los índices (21 ó 25) resultaría excesivamente complejo y poco operativo. Por ello la primera fase debe ser la selección, dentro de este conjunto de índices disponibles, de aquellos que cumplan las características siguientes:

- Evalúen aspectos hidrológicos de marcada significación ambiental
- Posean mayor eficacia en la evaluación de la alteración hidrológica
- No sean susceptibles de interpretaciones dudosas o ambiguas
- Cubran todo el abanico posible de aspectos, periodicidad y escalas que la IPH recomienda.

3.1.1.2. CASO 1: datos diarios coetáneos

En esta situación se hallarían aquellas masas en las cuales los datos disponibles en régimen natural y alterado corresponden a registros coetáneos de caudales medios diarios.

A) SELECCIÓN DE INDICADORES

Para esta situación el software IAHRIS ofrece 21 Índices de Alteración Hidrológica parciales (IAH) -Tabla nº 1-.

Tabla nº 1.- Relación de índices de alteración para datos diarios coetáneos

ESCALA	ASPECTO	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	Periodicidad	
VALORES HABITUALES	MAGNITUD	IAH 1	Magnitud de las aportaciones anuales	A (anual)	
		IAH 2	Magnitud de las aportaciones mensuales	M (mensual)	
	VARIABILIDAD	IAH 3	Variabilidad habitual	A	
		IAH 4	Variabilidad extrema	A	
	ESTACIONALIDAD	IAH 5	Estacionalidad de máximos	M	
		IAH 6	Estacionalidad de mínimos	M	
AVENIDAS	MAGNITUD Y FRECUENCIA	IAH 7	Magnitud de las avenidas máximas	A	
		IAH 8	Magnitud del Caudal Generador del Lecho	A	
		IAH 9	Frecuencia del Caudal de conectividad	A	
		IAH 10	Magnitud de las avenidas habituales	A	
	VARIABILIDAD	IAH 11	Variabilidad de las avenidas máximas	A	
		IAH 12	Variabilidad de las avenidas habituales	A	
	DURACION	IAH 13	Duración de avenidas	M	
	ESTACIONALIDAD	IAH 14	Estacionalidad de avenidas (12 valores, uno para cada mes)	M	
	SEQUÍAS	MAGNITUD Y FRECUENCIA	IAH 15	Magnitud de las sequías extremas	A
			IAH 16	Magnitud de las sequías habituales	A
VARIABILIDAD		IAH 17	Variabilidad de las sequías extremas	A	
		IAH 18	Variabilidad de las sequías habituales	A	
DURACION		IAH 19	Duración de sequías	A	
		IAH 20	Nº de días con caudal nulo (12 valores, uno para cada mes)	M	
ESTACIONALIDAD		IAH 21	Estacionalidad de sequías (12 valores, uno para cada mes)	M	

Recordando la información que cada índice lleva asociada, por ejemplo, el IAH1 Magnitud de las aportaciones anuales, en la categoría de escalas se encuadra en los que informan de valores habituales, en la de aspectos estaría en el componente que informa de magnitud y en cuanto al periodo le correspondería la componente anual.

Dado que se persigue que los índices seleccionados evalúen aspectos de marcada significación ambiental, se procede a reagrupar los 21 índices disponibles en función de esta categoría. Así en la Tabla nº 3 aparecen los índices en grupos según evalúen magnitud y frecuencia, estacionalidad, duración, o variabilidad. Las restantes categorías como la escala hidrológica y la periodicidad aparecen en la mitad derecha de la tabla.

Tabla nº 2.- Agrupación de índices según el aspecto evaluado

		ÍNDICES	ESCALA	PERIODICIDAD
ASPECTO	MAGNITUD y FRECUENCIA (8 índices)	IAH1 Magnitud de las aportaciones anuales	Habitual	Anual
		IAH2 Magnitud de las aportaciones mensuales	Habitual	Mensual
		IAH7 Magnitud de las avenidas máximas	Avenidas	Anual
		IAH8 Magnitud del caudal generador del lecho	Avenidas	Anual
		IAH9 Frecuencia del caudal de conectividad	Avenidas	Anual
		IAH10 Magnitud de las avenidas habituales	Avenidas	Anual
		IAH15 Magnitud de las sequías extremas	Sequías	Anual
		IAH16 Magnitud de las sequías habituales	Sequías	Anual
	ESTACIONALIDAD (4 índices)	IAH5 Estacionalidad de máximos	Habitual	Mensual
		IAH6 Estacionalidad de mínimos	Habitual	Mensual
		IAH14 Estacionalidad de avenidas	Avenidas	Mensual
		IAH21 Estacionalidad de sequías	Sequías	Mensual
	DURACIÓN (3 índices)	IAH13 Duración de avenidas	Avenidas	Anual
		IAH19 Duración de sequías	Sequías	Anual
		IAH20 Nº de días con caudal nulo	Sequías	Anual
	VARIABILIDAD (6 índices)	IAH3 Variabilidad habitual	Habitual	Anual
		IAH4 Variabilidad extrema	Habitual	Anual
		IAH11 Variabilidad de las avenidas máximas	Avenidas	Anual
IAH12 Variabilidad de las avenidas habituales		Avenidas	Anual	
IAH17 Variabilidad de las sequías extremas		Sequías	Anual	
IAH18 Variabilidad de las sequías habituales		Sequías	Anual	

En la relación anterior se han marcado en rojo los índices seleccionados, cuya justificación puede resumirse del modo siguiente:

- 5 índices seleccionados para la evaluación de alteraciones en MAGNITUD, distribuidos del modo siguiente:
 - Dos índices para valores habituales, uno a escala anual (IAH1) representativo de la alteración existente en las aportaciones anuales y otro a escala mensual (IAH2) que calcula la alteración para cada mes de modo independiente ofreciendo como valor final la media para los 12 meses.
 - Dos índices para avenidas, seleccionando aquellos que poseen una mayor significación ambiental. IAH8 es representativo de las avenidas con significación geomorfológica, responsables de la geometría del cauce tanto en sección como en planta e IAH10 representativo de las avenidas de limpieza, fundamentales para garantizar la limpieza periódica del lecho, la renovación de sus formas y la calidad del medio hiporreico.
 - Se descarta el índice IAH7 pues carece de significación ambiental clara y el IAH9 pues estudia avenidas muy extremas y con periodos de recurrencia muy grandes.
 - Un índice para sequías, IAH 16, representativo de la magnitud de la sequía habitual o aquel caudal que es igualado o superado el 95% del tiempo del año.
 - Se prescinde del IAH 15, pues su significación ambiental es más limitada que la del anterior.

- 4 índices seleccionados para la evaluación de alteraciones en ESTACIONALIDAD, distribuidos del siguiente modo:
 - Dos índices para valores habituales IAH5 e IAH6, representativos de alteraciones a nivel mensual en máximos y mínimos respectivamente. Así IAH5 se estima localizando año a año en régimen alterado en que mes aparece la máxima aportación mensual del año y evaluando su desfase respecto a la localización en régimen natural. El resultado final es la media ponderada de los resultados obtenidos para años húmedos, medios y secos.
 - Un índice para avenidas, IAH14, que evalúa mes a mes la alteración en el número de días con avenidas que como media aparecen en ese mes. Se consideraran los 12 valores mensuales para evitar compensaciones anuales.
 - Un índice para sequías, IAH21 que evalúa mes a mes la alteración en el número de días secos que como media aparecen en ese mes. Al igual que en el caso anterior se trabajará con los 12 valores mensuales.

- 2 índices seleccionados para la evaluación de la alteración en DURACIÓN:
 - Un índice para avenidas, IAH13 que evalúa el nº medio de días consecutivos con avenidas al año, de gran significación ambiental tanto geomorfológica como biológica.
 - Un índice para sequías, IAH19, que evalúa el nº medio de días secos consecutivos al año, de gran trascendencia ambiental, íntimamente ligado al umbral de resiliencia de las especies.
 - Se prescinde del índice 20, pues aunque si que posee una elevada significación ambiental, su eficacia se limita a aquellas masas de agua de carácter efímero o estacional.

- 1 índice seleccionado para la evaluación de la alteración en VARIABILIDAD:
 - Un índice de valores habituales, IAH3, indicativo del rango en los caudales medios diarios en que se mueve habitualmente el régimen (caudales comprendidos entre los correspondientes a los percentiles de excedencia del 10 y 90%)

En la Tabla nº 3 se resumen los 12 índices seleccionados:

Tabla nº 3.- Índices seleccionados para datos diarios coetáneos

CÓDIGO	DENOMINACIÓN
IAH1	Magnitud de las aportaciones anuales
IAH2	Magnitud de las aportaciones mensuales
IAH3	Variabilidad habitual
IAH5	Estacionalidad de máximos
IAH6	Estacionalidad de mínimos
IAH8	Magnitud del caudal generador del lecho
IAH10	Magnitud de las avenidas habituales
IAH13	Duración de avenidas
IAH14	Estacionalidad de avenidas
IAH16	Magnitud de las sequías habituales
IAH19	Duración de sequías
IAH21	Estacionalidad de sequías

Con esta selección se persigue, aplicado criterios que se derivan de lo señalado en el epígrafe 3.4.2. de la IPH, simplificar el protocolo de asignación del carácter alterado a una masa de agua, sin perder información de ninguno de los aspectos evaluados. El cumplimiento de esta última condición es importante, pues de no ser así la asignación se llevará a cabo sobre un conocimiento incompleto de la alteración detectada.

En la Tabla nº 4, se comprueba cómo los índices seleccionados barren el espectro completo en lo referente a escala (habitual, avenidas, sequías), aspecto (magnitud, duración, frecuencia, estacionalidad) y periodicidad (anual, mensual).

Tabla nº 4.- Datos diarios coetáneos: características de los índices seleccionados

		Nº ÍNDICES	TOTAL
ASPECTO	Magnitud	5	
	Estacionalidad	4	
	Duración	2	
	Variabilidad	1	12
ESCALA	Habitual	5	
	Avenidas	4	
	Sequías	3	12
PERIODICIDAD	Anual	7	
	Mensual	5	12

B) DEFINICIÓN DE CRITERIOS: ASIGNACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MMA

Los IAH evalúan el grado de alteración que, como promedio, se produce en el período de años estudiado. IAHRIS no suministra información para poder trabajar con valores acotados entre percentiles. Es, sin duda, una limitación respecto a lo textualmente señalado en la IPH. Sin embargo, el hecho de trabajar con 12 índices (5 en caso de datos mensuales) que permiten caracterizar adecuadamente categorías y componentes del régimen de caudales relevantes para la integridad del ecosistema fluvial, permiten abordar con garantía la tarea de formalizar un criterio que permita establecer cuándo una masa de agua presenta una “desviación significativa”.

En el caso que nos ocupa se definen dos criterios, uno general (C1), y otro para discriminar en situaciones particulares de límite (C1a)

CRITERIO 1 (C1): Una masa de agua presenta una “desviación significativa” y se puede catalogar como Masa Muy Alterada, cuando más del 50% de los IAH (al menos 7 IAH sobre los 12 seleccionados) presentan una alteración mayor o igual al 50%, es decir cuando el índice tiene un valor $\leq 0,5$.

C1: más del 50% del los IAH son $\leq 0,5$ (el parámetro cambia al menos en un 50%) \Rightarrow

MASA MUY ALTERADA

Comentarios:

- Para los indicadores desglosados a nivel mensual (IAH 14, IAH21) se contabiliza el número de meses con un valor del índice $\leq 0,5$, considerándose que el indicador muestra alteración si el nº de meses en esa situación es ≥ 3 .
- Este criterio no considera medias entre valores de IAH, evitando así efectos de compensación

CRITERIO 1a (C1a): Una masa de agua con C1=50% se cataloga como Masa Muy Alterada, cuando al menos dos de los tres componentes de la categoría “aspectos” presentan una alteración media mayor o igual al 50%.

Comentarios:

- Este criterio se aplicará cuando el porcentaje de IAH con alteración $\geq 50\%$ sea exactamente igual al 50% (seis IAH sobre 12), ya que supone una situación límite entre la condición de “muy alterado” y “no muy alterado”.
- Se selecciona la categoría aspectos porque es la que recoge componentes más ampliamente reconocidos por su significación ambiental.
- Siguiendo la categoría ASPECTO (Tabla nº4) los 12 índices seleccionados se agrupan en tres

componentes: Magnitud (5 índices: IAH1, IAH2, IAH8, IAH10, IAH16); Duración y Variabilidad (3 índices: IAH3, IAH13, IAH19); Estacionalidad (4 índices: IAH5, IAH6, IAH14, IAH21)

- Este criterio considera la media de los IAH para cada componente, de manera que se hace una valoración global de cada uno de ellos –magnitud; duración y variabilidad; estacionalidad-, pero no entre ellos: Si de tres componentes con trascendencia ambiental, dos están muy comprometidos –alteración media mayor o igual al 50%- la desviación es significativa.

C1a: al menos DOS componentes con IAH MEDIO $\leq 0,5 \Rightarrow$ MASA MUY ALTERADA

3.1.1.3. CASO 2: datos diarios no coetáneos

En esta situación se hallarían aquellas masas en las cuales los datos disponibles en régimen natural y alterado corresponden a registros no coetáneos de caudales medios diarios

A) SELECCIÓN DE INDICADORES

Para esta situación el software ofrece 25 Índices de Alteración Hidrológica parciales (IAH) -Tabla nº 5-.

Tabla nº 5.- Relación de índices de alteración para datos diarios no coetáneos

ESCALA	ASPECTO	CODIGO	DENOMINACIÓN	Periodicidad
VALORES HABITUALES	MAGNITUD	M1	Magnitud de las aportaciones anuales	A (anual)
		M2	Magnitud de las aportaciones mensuales	M (mensual)
		M3	Magnitud de las aportaciones de cada mes: 12 valores	M
	VARIABILIDAD	V1	Variabilidad de las aportaciones anuales	A
		V2	Variabilidad de las aportaciones mensuales	M
		V3	Variabilidad de las aportaciones de cada mes: 12 valores	M
		V4	Variabilidad extrema	A
	ESTACIONALIDAD	E1	Estacionalidad de máximos	M
E2		Estacionalidad de mínimos	M	
AVENIDAS	MAGNITUD Y FRECUENCIA	IAH 7	Magnitud de las avenidas máximas	A
		IAH 8	Magnitud del Caudal Generador del Lecho	A
		IAH 9	Frecuencia del Caudal de conectividad	A
		IAH 10	Magnitud de las avenidas habituales	A
	VARIABILIDAD	IAH 11	Variabilidad de las avenidas máximas	A
		IAH 12	Variabilidad de las avenidas habituales	A
	DURACION	IAH 13	Duración de avenidas	M
	ESTACIONALIDAD	IAH 14	Estacionalidad de avenidas (12 valores, uno para cada mes)	M
SEQUÍAS	MAGNITUD Y FRECUENCIA	IAH 15	Magnitud de las sequías extremas	A
		IAH 16	Magnitud de las sequías habituales	A
	VARIABILIDAD	IAH 17	Variabilidad de las sequías extremas	A
		IAH 18	Variabilidad de las sequías habituales	A
	DURACION	IAH 19	Duración de sequías	A
		IAH 20	Nº de días con caudal nulo (12 valores, uno para cada mes)	M
	ESTACIONALIDAD	IAH 21	Estacionalidad de sequías (12 valores, uno para cada mes)	M

Siguiendo criterios análogos a los expuestos para el caso 1, se realizó una reagrupación de los índices según el aspecto evaluado -Tabla nº6-

Tabla nº 6.- Agrupación de índices según el aspecto evaluado

		ÍNDICES	ESCALA	PERIODICIDAD
ASPECTO	MAGNITUD y FRECUENCIA (8 índices)	M1 Magnitud de las aportaciones anuales	Habitual	Anual
		M2 Magnitud de las aportaciones mensuales	Habitual	Mensual
		M3 Magnitud de las aportaciones de cada mes	Habitual	Mensual
		IAH7 Magnitud de las avenidas máximas	Avenidas	Anual
		IAH8 Magnitud del caudal generador del lecho	Avenidas	Anual
		IAH9 Frecuencia del caudal de conectividad	Avenidas	Anual
		IAH10 Magnitud de las avenidas habituales	Avenidas	Anual
		IAH15 Magnitud de las sequías extremas	Sequías	Anual
	IAH16 Magnitud de las sequías habituales	Sequías	Anual	
	ESTACIONALIDAD (4 índices)	E1 Estacionalidad de máximos	Habitual	Mensual
		E2 Estacionalidad de mínimos	Habitual	Mensual
		IAH14 Estacionalidad de avenidas	Avenidas	Mensual
		IAH21 Estacionalidad de sequías	Sequías	Mensual
	DURACIÓN (3 índices)	IAH13 Duración de avenidas	Avenidas	Anual
		IAH19 Duración de sequías	Sequías	Anual
		IAH20 Nº de días con caudal nulo	Sequías	Anual
	VARIABILIDAD (6 índices)	V1 Variabilidad de las aportaciones anuales	Habitual	Anual
		V2 Variabilidad de las aportaciones mensuales	Habitual	Mensual
		V3 Variabilidad aportaciones de cada mes	Habitual	Mensual
		IAH11 Variabilidad de las avenidas máximas	Avenidas	Anual
IAH12 Variabilidad de las avenidas habituales		Avenidas	Anual	
IAH17 Variabilidad de las sequías extremas		Sequías	Anual	
IAH18 Variabilidad de las sequías habituales	Sequías	Anual		

Cómo puede observarse, la selección efectuada para avenidas y sequías coincide con la efectuada para el caso 1) dado que los índices disponibles también son coincidentes. No ocurre así para valores habituales donde la no coetaneidad de los datos obliga a la formulación de índices específicos.

Los nuevos índices seleccionados para valores habituales en magnitud (M1 y M3) y estacionalidad (E1 y E2) reflejarían los mismos aspectos comentados para los índices coetáneos IAH1, IAH2, IAH5, IAH6 respectivamente, difiriendo sólo de ellos en el procedimiento de cálculo dado la no coetaneidad de los datos. Como índice de variabilidad se ha elegido el índice V1, de variabilidad de las aportaciones anuales por mantener una homogeneidad con el caso 1) donde el índice de variabilidad seleccionado lo era de valores habituales y no de extremos, y de carácter anual y no mensual.

En la Tabla nº 7, se comprueba cómo los índices seleccionados barren el espectro completo en lo referente a escala (habitual, avenidas, sequías), aspecto (magnitud, duración, frecuencia, estacionalidad) y periodicidad (anual, mensual) y con las mismas proporciones que en el caso 1).

Tabla nº 7.- Índices seleccionados para datos diarios NO coetáneos

CÓDIGO	DENOMINACIÓN
M1	Magnitud de las aportaciones anuales
M3	Magnitud de las aportaciones de cada mes
V1	Variabilidad anual
E1	Estacionalidad de máximos
E2	Estacionalidad de mínimos
IAH8	Magnitud del caudal generador del lecho
IAH10	Magnitud de las avenidas habituales
IAH13	Duración de avenidas
IAH14	Estacionalidad de avenidas
IAH16	Magnitud de las sequías habituales
IAH19	Duración de sequías
IAH21	Estacionalidad de sequías

La tabla nº 8 recoge la distribución de los índices seleccionados respecto a las variables de análisis, distribución que, como era de esperar, es análoga a la obtenida para regímenes coetáneos.

Tabla nº 8.- Datos diarios no coetáneos: características de los índices seleccionados

		Nº ÍNDICES	TOTAL
ASPECTO	Magnitud	5	
	Estacionalidad	4	
	Duración	2	
	Variabilidad	1	12
ESCALA	Habitual	5	
	Avenidas	4	
	Sequías	3	12
PERIODICIDAD	Anual	7	
	Mensual	5	12

B) DEFINICIÓN DE CRITERIOS: ASIGNACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MMA

Al igual que el caso de datos diarios coetáneos, para no coetáneos se utilizan los dos criterios ya definidos, C1 y C1a.

CRITERIO 1 (C1): el criterio C1 es análogo al expuesto para el caso anterior, es decir se considera que una masa está muy alterada si mas de 6 de los 12 indicadores tienen la condición de alterado (valor del indicador $\leq 0,5$).

C1: más del 50% del los IAH son $\leq 0,5$ (El parámetro cambia al menos en un 50%) \Rightarrow

MASA MUY ALTERADA

Comentarios:

- Para los indicadores desglosados a nivel mensual (M3, IAH 14, IAH21) se procede igual que en el Caso 1, contabilizándose el número de meses con un valor del índice $\leq 0,5$, y concluyendo que el indicador muestra alteración si el nº de meses en esa situación es ≥ 3 .
- En el caso de que el resultado del criterio C1 concluya que el porcentaje de IAH con alteración $\geq 50\%$ es igual al 50% (seis IAH sobre 12), se aplicará el CRITERIO C1a.

CRITERIO 1a (C1a): Una masa de agua con $C1=50\%$ se cataloga como Masa Muy Alterada, cuando al menos dos de los tres componentes de la categoría "aspectos" presentan una alteración media mayor o igual al 50%.

Comentarios:

- Para la aplicación del criterio 1a a masas no coetáneas con datos diarios, la agrupación por la categoría ASPECTO es la siguiente (Tabla nº8): los 12 índices seleccionados se agrupan en tres componentes: Magnitud (5 índices: M1, M2, IAH8, IAH10, IAH16); Duración y Variabilidad (3 índices: V1, IAH13, IAH19); Estacionalidad (4 índices: E1, IE2, IAH14, IAH21)
- C1a:** al menos DOS componentes con IAH MEDIO $\leq 0,5 \Rightarrow$ MASA MUY ALTERADA

3.1.1.4. CASO 3: datos mensuales coetáneos

En esta situación se hallarían aquellas masas en las cuales los datos disponibles en régimen natural y alterado corresponden a registros coetáneos de aportaciones mensuales

A) SELECCIÓN DE INDICADORES

Cuando los datos de partida disponibles en ambos regímenes tienen periodicidad mensual (aportaciones mensuales en hm^3), tanto la caracterización de los regímenes como la evaluación de la alteración sólo puede realizarse en valores habituales. No se obtienen por tanto resultados para los valores extremos (avenidas y sequías), las cuales necesitan para ser evaluadas de datos a nivel diario.

En esta situación el software ofrece 5 Índices de Alteración Hidrológica parciales (IAH) -Tabla nº 9-. Todos ellos son seleccionados para la evaluación de la condición de masa muy alterada.

Tabla nº 9.- Relación de índices de alteración para datos mensuales coetáneos

ESCALA	ASPECTO	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	Periodicidad
VALORES HABITUALES	MAGNITUD	IAH 1	Magnitud de las aportaciones anuales	A (anual)
		IAH 2	Magnitud de las aportaciones mensuales	M (mensual)
	VARIABILIDAD	IAH 4	Variabilidad extrema	A
	ESTACIONALIDAD	IAH 5	Estacionalidad de máximos	M
		IAH 6	Estacionalidad de mínimos	M

La Tabla nº 10 recoge la distribución de los índices seleccionados respecto al aspecto evaluado y a la periodicidad.

Tabla nº 10.- Datos mensuales coetáneos: características de los índices seleccionados

		Nº ÍNDICES	TOTAL
ASPECTO	Magnitud	2	
	Estacionalidad	2	
	Variabilidad	1	5
ESCALA	Habitual	5	5
PERIODICIDAD	Anual	2	
	Mensual	3	5

B) DEFINICIÓN DE CRITERIOS: ASIGNACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MMA

En esta situación de registros mensuales se define un nuevo criterio, denominado criterio 2 o C2.

CRITERIO 2 (C2): Una masa de agua presenta una “desviación significativa” y se puede catalogar como Masa Muy Alterada, cuando 2 ó más indicadores de los 5 seleccionados (Tabla nº10) presentan una alteración mayor o igual al 50%, es decir el valor obtenido es $\leq 0,5$

C2: dos o más IAH son $\leq 0,5$ (El parámetro cambia al menos en un 50%) \Rightarrow

MASA MUY ALTERADA**3.1.1.5. CASO 4: datos mensuales no coetáneos**

En esta situación se hallarían aquellas masas en las cuales los datos disponibles en régimen natural y alterado corresponden a registros no coetáneos de aportaciones mensuales

A) SELECCIÓN DE INDICADORES

Si los datos facilitados son aportaciones mensuales en hm^3 y en situación de no coetaneidad entre regímenes, IAHRIS calcula 9 Índices de Alteración Hidrológica parciales (IAH) -Tabla nº 11-. Esta situación es similar a la anterior en tanto que sólo ofrece resultados para valores habituales.

Tabla nº 11.- Relación de índices de alteración para datos mensuales no coetáneos

ASPECTO	CODIGO	DENOMINACIÓN	Periodicidad
MAGNITUD	M1	Magnitud de las aportaciones anuales	A (anual)
	M2	Magnitud de las aportaciones mensuales	M (mensual)
	M3	Magnitud de las aportaciones de cada mes: 12 valores	M
VARIABILIDAD	V1	Variabilidad de las aportaciones anuales	A
	V2	Variabilidad de las aportaciones mensuales	M
	V3	Variabilidad de las aportaciones de cada mes: 12 valores	M
	V4	Variabilidad extrema	A
ESTACIONALIDAD	E1	Estacionalidad de máximos	M
	E2	Estacionalidad de mínimos	M

De los nueve índices disponibles y atendiendo a criterios similares a los expuestos en casos anteriores, se seleccionan los siguientes (Tabla nº 12) a la hora de asignar la condición de masa muy alterada:

Tabla nº 12.- Índices seleccionados para datos mensuales no coetáneos

CÓDIGO	DENOMINACIÓN
M1	Magnitud de las aportaciones anuales
M3	Magnitud de las aportaciones de cada mes
V1	Variabilidad anual
E1	Estacionalidad de máximos
E2	Estacionalidad de mínimos

Al igual que en los casos precedentes, se ofrece a continuación la distribución de los índices seleccionados según el aspecto evaluado y la periodicidad (Tabla nº 13)

Tabla nº 13.- Datos mensuales no coetáneos: características de los índices seleccionados

		Nº ÍNDICES	TOTAL
ASPECTO	Magnitud	2	
	Estacionalidad	2	
	Variabilidad	1	5
ESCALA	Habitual	5	5
PERIODICIDAD	Anual	2	
	Mensual	3	5

B) DEFINICIÓN DE CRITERIOS: ASIGNACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MMA

En esta situación de registros mensuales no coetáneos, se utiliza el mismo criterio que para mensuales coetáneos.

CRITERIO 2 (C2): Una masa de agua presenta una “desviación significativa” y se puede catalogar como Masa Muy Alterada, cuando 2 ó más indicadores de los 5 seleccionados (Tabla nº12) presentan una alteración mayor o igual al 50%, es decir el valor obtenido es $\leq 0,5$

C2: dos o más IAH son $\leq 0,5$ (El parámetro cambia al menos en un 50%) \Rightarrow

MASA MUY ALTERADA

3.2.MÉTODO BASADO EN PERCENTILES O MÉTODO P10%-90%

3.2.1.ANTECEDENTES

El epígrafe 3.4.2 de la IPH (pg 38514 del BOE de 22-09-08) indica: “...se entenderá que una masa de agua está muy alterada hidrológicamente cuando presenta una desviación significativa en la magnitud de los parámetros que caracterizan las condiciones mensuales y anuales del régimen hidrológico... Se considerará que la desviación es significativa cuando la magnitud del parámetro anual o mensual se desvíe significativamente de los valores del percentil del 10% al 90% de la serie en régimen natural”.

3.2.2. SELECCIÓN DE INDICADORES Y ASIGNACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MMA

Con estos antecedentes la Demarcación Hidrográfica del Júcar realizó un estudio para asignar la condición de Masa Muy Alterada utilizando las recomendaciones recogidas por la IPH (Memoria Técnica para el establecimiento del Régimen de Caudales mínimo, CH Júcar, 2009).

Como datos de partida se utilizaba la serie de aportaciones mensuales en régimen natural correspondiente a un período suficientemente amplio (≥ 15 años) y se calculaba tanto a nivel mensual como anual, los percentiles de excedencia correspondientes al 10 y 90%. El rango así definido P10-P90 se considera el rango habitual de variabilidad en la magnitud de las aportaciones.

CRITERIO 3: se considera que una masa se desvía significativamente y por tanto puede catalogarse como "muy alterada" cuando el % del nº total de meses o el % del nº total de años que está dentro del rango de los percentiles 19% y 90% es inferior al 50%.

C3: menos del 50% de los meses o de los años están dentro del rango P10%-90% \Rightarrow

MASA MUY ALTERADA

3.3. SÍNTESIS

La Tabla nº 14 resume los rasgos más destacados de los dos métodos propuestos.

Tabla nº 14.- Síntesis de las metodología para la asignación de MMA

MÉTODO	CASOS POSIBLES	INDICADORES	CRITERIO para MMA
IAH-MMA	Caso 1: datos diarios coetáneos	12 Índices de Alteración Hidrológica IAH1,2,3,5,6,8,10,13,14,16,19,21	C1 más de 6 IAH son $\leq 0,5$ Si 6 IAH son $\leq 0,5$ se aplicará C1a al menos DOS componentes con IAH MEDIO $\leq 0,5$
	Caso 2: datos diarios no coetáneos	12 Índices de Alteración Hidrológica M1,M3,V1,E1,E2,IAH8,10,13,14,16,19,21	C1 más de 6 IAH son $\leq 0,5$ Si 6 IAH son $\leq 0,5$ se aplicará C1a al menos DOS componentes con IAH MEDIO $\leq 0,5$
	Caso 3: datos mensuales coetáneos	5 Índices de Alteración Hidrológica IAH1,2,4,5,6	C2 dos o más IAH son $\leq 0,5$
	Caso 4: datos mensuales no coetáneos	5 Índices de Alteración Hidrológica M1,M3,V1,E1,E2	C2 dos o más IAH son $\leq 0,5$
P10%-90%		Percentiles 10% y 90% mensuales y anual	C3 menos del 50% de los meses o de los años están dentro del rango

4. PROPUESTA DE CONDICIÓN DE LA MASA DE AGUA

5.1. CRITERIO P-IAHRIS

El uso conjunto de los dos métodos anteriores, método **IAH-MMA** y método **P10%-90%** conforma una nueva herramienta de decisión que en adelante denominaremos **criterio P-IAHRIS**.

Como situaciones tipo se estudian las siguientes:

- **NO HAY DISCREPANCIA ENTRE LOS MÉTODOS IAH-MMA Y P10%-90%**

En este caso, la catalogación de la masa, bien como “muy alterada” o como “no muy alterada” siguiendo uno de los métodos, es respaldada por el otro.

- **HAY DISCREPANCIA ENTRE LOS DOS MÉTODOS IAH-MMA Y P10%-90%**

Cuando los métodos P 10%-90% e IAH-MMA no coinciden a la hora de asignar una catalogación a la masa, se pueden presentar tres situaciones que el **Criterio P-IAHRIS** resuelve del modo siguiente.

(1) SITUACIÓN FRONTERA: PREVALECE LA CATALOGACIÓN DEL MÉTODO CON RESULTADOS LEJOS DEL UMBRAL

Los métodos IAH y P10%-90% no son coincidentes a la hora de calificar la masa, pero uno de los dos presenta resultados en el entorno de la condición frontera.

En este caso, se considera el resultado del método que no está en el entorno del umbral de decisión.

(2) DISCREPANCIA ENTRE MÉTODOS PERO SIN SITUACIÓN LÍMITE O FRONTERA

Los métodos IAH y P10%-90% no son coincidentes a la hora de calificar la masa, sin que ninguno de los dos se encuentre en el entorno de la condición frontera.

La explicación a esta situación puede hallarse en la singularidad hidrológica de la masa que propicia que uno de los dos métodos no sea sensible (o lo sea en exceso) a la alteración existente.

De modo muy esquemático, las situaciones que pueden presentarse son las siguientes:

2.a. Método P10%-90% poco sensible por amplio rango del indicador

El método P10%-90% cataloga a la masa como “no muy alterada” e IAH-MMA como “muy alterada”. Se acepta el resultado de masa muy alterada de IAH-MMA.

Esta situación se produce en masas donde el régimen natural presenta valores de las aportaciones correspondientes al P90% muy bajos o cero. En esos casos el indicador P10%-90% no tiene sensibilidad para detectar las alteraciones que impliquen reducciones generalizadas de los caudales circulantes: para esas circunstancias es fácil que las aportaciones del régimen alterado queden por encima del P90% natural y, en consecuencia, P10%-90% asigne la condición de no muy alterada.

A continuación se presenta un ejemplo de esta situación correspondiente a la masa de agua *Rio Segura 11521* (DH Segura).

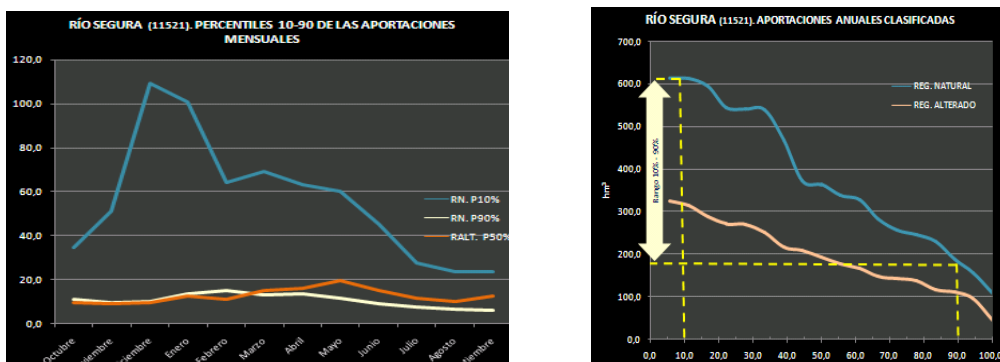


Figura nº 2.-Rango P10-P90 para las aportaciones anuales en la masa 11521 (DH Segura).Una elevada variabilidad interanual, originada por un valor muy bajo del P90, origina un intervalo P10-P90 muy amplio. En estos casos el criterio resulta poco sensible, y es muy difícil que asigne la condición de muy alterada a una masa.

Tabla nº 15.- Aplicación del método IAHRIS a la masa Rio Segura 11521

Río Segura 11521											
MÉTODO IAH-MMA: una masa es muy alterada si más de 6 índices tiene valor ≤0,50											
IAH1	IAH2	IAH3	IAH5	IAH6	IAH8	IAH10	IAH13	IAH14	IAH16	IAH19	IAH21
0,54	0,52	0,48	0,45	0,43	0,67	0,57	0,25	0,58	0,39	0,29	0,04
no	no	si	si	si	no	no	si	no	si	si	si
Catalogación: muy alterada											

Tabla nº 16.- Aplicación del método P10%-90% a la masa Rio Segura 11521

Río Segura 11521		
MÉTODO P10-90: una masa es muy alterada si menos del 50% meses o de los años cumplen el rango		
MENSUAL	% meses que cumple	54%
ANUAL	% años que cumple	67%
Catalogación: no muy alterada		

En ríos que en su régimen natural presentan una gran variabilidad interanual en las aportaciones mensuales correspondientes a un mes determinado, o con gran variabilidad interanual en las magnitudes anuales (Figura nº 2), el rango P10%-90% puede resultar lo suficientemente amplio para que un elevado % de meses o de años del régimen alterado cumplan la condición de caer dentro de ese rango, con lo se incrementa la probabilidad de considerar “no muy alterada” a una masa que si lo esté. (Tablas nº15 y 16).

2.b. Método IAH-MMA poco sensible por alteración muy localizada

El método P10%-90% cataloga a la masa como “muy alterada” mientras que el método IAH-RIS lo hace como “no muy alterada”. Se acepta el resultado de masa muy alterada de P10%-90%.

Esta situación se ha observado en masas en las cuales el régimen alterado no trastoca sensiblemente las avenidas, la regulación es anual, sin derivación, y sólo se manifiesta con una intensa alteración de la estacionalidad. En estos casos, IAH-MMA sólo detecta la alteración de la estacionalidad y como el resto de indicadores no cambia sensiblemente, asigna la condición de no muy alterada: sin embargo, esa condición no parece adecuada para la intensa alteración estacional que sufre el tramo.

Como ejemplo de esta situación se recoge el caso de la masa de agua *Río Riaza 372* (DH Duero). En esta masa, los resultados con IAH-MMA (Tabla nº 17) sólo mostraban alteración en tres indicadores (IAH2: magnitud de las aportaciones mensuales, IAH 19: duración de las sequías e IAH 21: estacionalidad de las sequías), lo cual indicaba en efecto una alteración grave en los caudales más bajos; no obstante al detectarse alteración en menos de seis índices la masa se califica como no muy alterada. Por el contrario, la aplicación del método P10%-90% (Tabla nº 18), mostraba que un 94 % de los años cumplía el rango, mientras que a nivel mensual sólo el 26% de los meses evaluados caían dentro del rango correspondiente, por lo que la masa se califica como “muy alterada”.

Tabla nº 17.- Aplicación del método IAH-RIS a la masa Río Riaza 372

Río Riaza 372											
MÉTODO IAH-MMA una masa es muy alterada si más de 6 índices tiene valor $\leq 0,50$											
IAH1	IAH2	IAH3	IAH5	IAH6	IAH8	IAH10	IAH13	IAH14	IAH16	IAH19	IAH21
0,79	0,41	0,62	0,51	0,55	0,64	0,91	0,69	0,74	0,58	0,36	4 meses con valor $< 0,5$ y 3 de ellos con valor 0,00
no	si	no	no	no	no	no	no	no	no	si	si
Catalogación: no muy alterada											

Tabla nº 18.- Aplicación del método P10-90 a la masa Río Riaza 372

Río Riaza 372		
MÉTODO P10-90: una masa es muy alterada si menos del 50% meses o de los años cumplen el rango		
MENSUAL	% meses que cumple	26%
ANUAL	% años que cumple	94%
Catalogación: muy alterada		

2.c. Método P10%-90% muy sensible por reducido rango del indicador

El método P 10%-90% califica de “muy alterada” a la masa mientras que IAH-MMA lo hace como “no muy alterada”. Se acepta el método de no muy alterada de IAH-MMA.

Esta situación se observa en masas de agua en las cuales la curva de caudales clasificados del régimen natural presenta un rango muy pequeño entre los percentiles 10% y 90%. El indicador P10%-90% se hace muy sensible, ya que pequeños cambios en las aportaciones circulantes en alterado pueden

ocasionar que se salgan del rango. Así, si en el tramo de produce una derivación que sólo afecta de manera moderada a los volúmenes circulantes, y no altera ni avenidas, ni sequías, ni estacionalidad, la condición de masa muy alterada que ofrece el indicador P10%-90% no será adecuada.

Como ejemplo de esta situación pude citarse la masa de agua *Río Nalón 1380* (DH Cantábrico). Se trata de masas con reducida variabilidad interanual (Figura nº 3). Se observa que el método P10%-90% no es adecuado, debido a que poseer rangos de variación interanual muy bajos que ocasionan que ligeras modificaciones respecto a la situación natural, induzcan siempre catalogaciones de la masa como “muy alterada” (Tablas nº 19 y20).

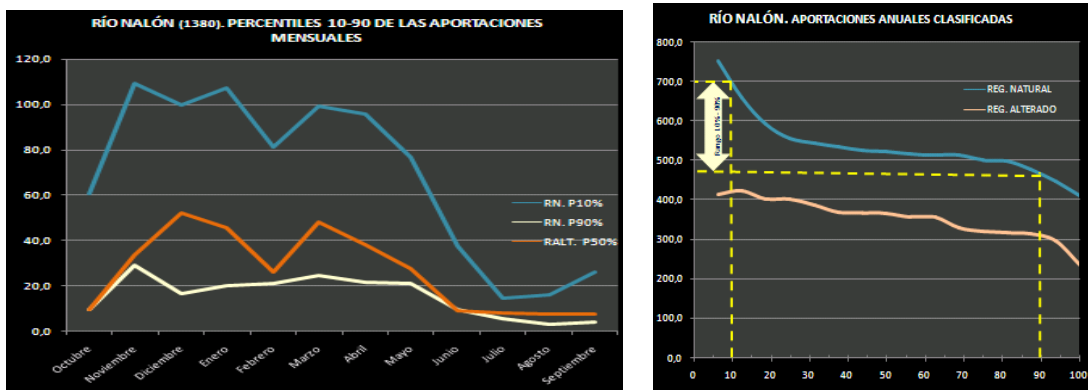


Figura nº 3.-Rango P10-P90 para las aportaciones anuales en el río Nalón (DH Norte). Una reducida variabilidad interanual origina un intervalo P10-P90 muy limitado. Este método resulta poco sensible. Es muy fácil considerar alterada a una masa.

Tabla nº 19.- Aplicación del método IAHRIS a la masa Río Nalón 1380

Río Nalón 1380											
MÉTODO IAHRIS: una masa es muy alterada si más de 6 índices tiene valor ≤0,50											
IAH1	IAH2	IAH3	IAH5	IAH6	IAH8	IAH10	IAH13	IAH14	IAH16	IAH19	IAH21
0,66	0,64	0,76	0,75	0,64	0,56	0,77	0,90	0,89	0,57	0,01	3 meses con valor <0,5 y 2 de ellos con valor 0,00
no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	si	si
Catalogación: no muy alterada											

Tabla nº 20.- Aplicación del método P10-90 a la masa Río Nalón 1380

Río Nalón 1380		
MÉTODO P10-90: una masa es muy alterada si menos del 50% meses o de los años cumplen el rango		
MENSUAL	% meses que cumple	71%
ANUAL	% años que cumple	0%
Catalogación: muy alterada		

4.2.SÍNTESIS

Como resumen de la casuística descrita se presenta la Tabla nº21.

Tabla nº 21.- Síntesis del criterio P-IAHRIS

CATEGORÍA DE LA MASA POR MÉTODO		¿EXISTE DISCREPANCIA?	CARACTERÍSTICAS DE LA MASA	CATEGORÍA DE LA MASA CRITERIO P_IAHRIS
IAH-MMA	P10%-90%			
MMA no MMA	MMA no MMA	no		MMA no MMA
MMA no MMA	No MMA MMA	Si, pero algún método cataloga en condición límite		(1) Se acepta el resultado del método que no está en el entorno del umbral de decisión
MMA	no MMA	si	Amplio rango P10%-90%	(2a) MMA
No MMA	MMA	si	Alteración muy localizada	(2b) MMA
No MMA	MMA	sí	Reducido rango P10%-90%	(2c) No MMA