

3. ACTUALIZACIÓN DEL CAPÍTULO 5 DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍAS. EL SISTEMA DE INDICADORES Y DEFINICIÓN DE UMBRALES

3.1. Introducción

La situación de sequía a la que se refiere este Plan Especial es una anomalía temporal de escasez de agua respecto a las condiciones hidroclimáticas habituales. De acuerdo con la situación, entidad y características de las demandas, la sequía puede o no producir insuficiencia en el suministro.

La sequía resulta, hoy por hoy, impredecible y se manifiesta de un modo lento, inercial; con límites geográficos y temporales poco definidos, tal y como se ha evidenciado en el capítulo anterior.

Por todo ello, y también en atención al imperativo establecido en el Art. 27.1 de la Ley del Plan Hidrológico Nacional, es preciso establecer un sistema de indicadores hidrológicos que permitan, en cierta forma, prever estas situaciones y valorar la gravedad con que se presentan.

Se busca, por tanto, la definición de un sistema de indicadores que sirva de referencia general a la Confederación Hidrográfica del Duero para la declaración formal de situaciones de alerta y eventual sequía y para la valoración coyuntural del estado hidrológico de los diferentes ámbitos geográficos de análisis (subzonas).

El sistema de indicadores debe ser sencillo, cara a su fácil interpretación y a la comprensión de lo indicado y, a su vez, debe guardar coherencia entre los diferentes conjuntos de métricas que utilice. Por otra parte, el sistema debe ofrecer información objetiva, ajena a la consideración de distintos criterios o interpretaciones, y deberá resultar representativo o expresivo del ámbito geográfico al que haga referencia.

También resulta imprescindible que los indicadores sean rápidamente calculables de forma que se puedan actualizar con suma diligencia. Así pues, se deberá recurrir a elementos de medición hidrológica o meteorológica que ofrezcan el dato con prontitud, de tal forma que pueda emitirse el informe de valoración con presteza.

Se requiere una red de indicadores de primera aproximación, integrable en un sistema global de ámbito estatal. Adicionalmente, pueden establecerse sistemas de indicadores específicos que detallen mejor la información referida a determinados territorios o sistemas de aprovechamiento.

Se pretende también que el sistema de indicadores, para alcanzar una representación oportuna de la realidad física que resulte lo más integradora posible, aúne distintos tipos de variables hidrometeorológicas. Entre las recomendadas por la Guía para la redacción de los planes especiales de actuación ante situación de alerta y eventual sequía, cabe citar los siguientes:

- Volúmenes almacenados en embalses
- Niveles piezométricos en acuíferos
- Aportaciones fluviales en estaciones de aforo
- Volúmenes desembalsados
- Pluviometría en estaciones representativas
- Reservas de agua en forma de nieve

Sobre las citadas variables se pretende realizar un cálculo o establecer un algoritmo que defina las métricas a utilizar y que, para encajar en el sistema nacional, deben parametrizarse y acotarse entre los valores 0 y 1, mínimo y máximo, respectivamente.

Si para una misma zona de análisis se utilizan simultáneamente varios indicadores, es preciso establecer también una combinación entre ellos al objeto de lograr establecer un valor general para la zona comprendido entre 0 y 1.

Por último, es absolutamente imprescindible que el indicador resulte adecuadamente explicativo del fenómeno de la sequía y que, según su valor, permita estimar con qué gravedad se presenta. De este modo, interesa conocer su comportamiento analizando una serie histórica y comparando su evolución con la hidricidad y la ocurrencia o no de sequías de distinta intensidad. Con este material, sobre la gráfica temporal

que muestra la evolución del indicador se ajustan las marcas de clase que permiten establecer las cuatro categorías de estado que pretende identificar el sistema nacional: normalidad, prealerta, alerta y emergencia (Figura 3).

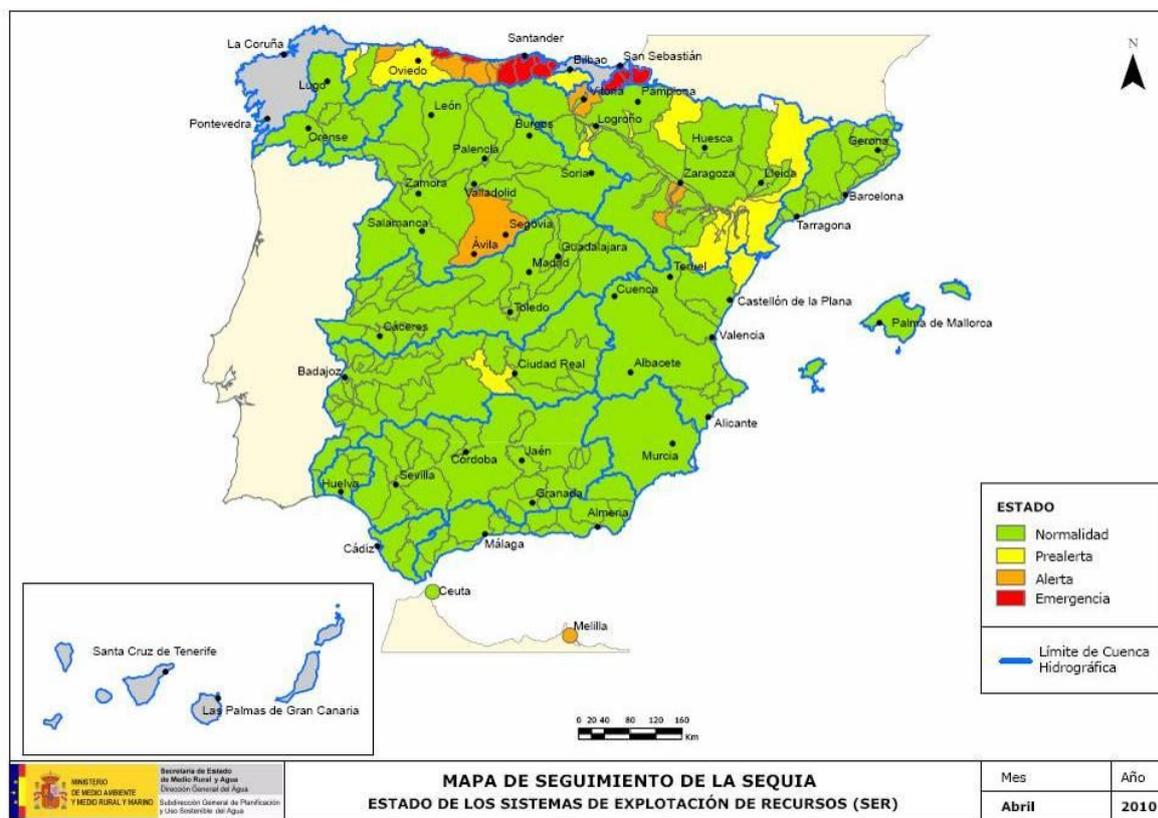


Figura 3. Categorías de estado de un indicador de sequía

Por consiguiente, el sistema de indicadores que aquí se presenta supone una mejora respecto de los indicadores adoptados en el PES 2007 avalados por el uso de los mismos durante más de dos años desde la aprobación del Plan, durante los cuales la CHD ha podido comprobar las bondades y deficiencias de los mismos. Puede, no obstante establecerse en el futuro otros sistemas complementarios específicos.

Dado que la sequía es un fenómeno lento y progresivo, se considera adecuado utilizar una discretización temporal de paso mensual pudiéndose realizar, de esta manera, informes de evaluación que se actualicen cada mes.

Para evaluar el impacto global de la sequía en la cuenca española del Duero existe ya un sencillo sistema indicador establecido para definir el campo de obligación de España respecto a los flujos de agua que recorren el tramo internacional y portugués del Duero. Este sistema utilizaba los registros de tres pluviómetros (León, Soria y Salamanca), actualizados en esta revisión del PES a cuatro pluviómetros al introducirse el pluviómetro de Valladolid, siendo así coherentes con los cambios introducidos en la segunda conferencia de las partes del “Convenio de Albufeira” celebrada en febrero de 2008, en la que se acuerdan una serie de modificaciones respecto al *Protocolo Adicional del Convenio de Albufeira*, uno de estos cambios es la inclusión de la estación de Valladolid (Villanubla) para el cálculo de la precipitación de referencia de la Cuenca del Duero, considerando así la ponderación al 25% de las precipitaciones de las cuatro estaciones sinópticas mencionadas (ver apartado 3.6.2), ofreciendo un diagnóstico global de la cuenca del Duero que, según cabe esperar, debe ser coherente con la imagen de la cuenca que ofrezca el resto de los indicadores pertenecientes al sistema general que se plantea en este Plan Especial.

Como es evidente, uno de los fines de este Plan Especial es la articulación de medidas que se activen progresivamente para mitigar los efectos de las futuras sequías. Para ello es necesario saber **cuándo se debe actuar** ya que no cabe duda de que anticiparse a ellas es el modo más eficiente de amortiguarlas.

Por lo tanto, desde el punto de vista operativo, el establecimiento de indicadores que detecten los distintos niveles de sequía con anticipación suficiente para actuar según las previsiones, es uno de los puntos básicos del Plan Especial y, por ello, se desarrolla en el presente capítulo.

Las sequías se clasifican en distintos niveles de intensidad y con los indicadores se podrá ir analizando en que situación se encuentra cada uno de los ámbitos de análisis (subzonas) en cada momento. Los diferentes niveles de sequía se clasifican de la siguiente manera:

- **Estado de normalidad:** implica que los indicadores de sequía están por encima de los valores medios registrados en las series históricas de los indicadores.
- **Estado de prealerta:** se activa cuando los indicadores descienden por debajo de los valores medios históricos, por lo que es conveniente extremar el control.
- **Estado de alerta:** se activa cuando es necesario poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda que permitan su mantenimiento con aplicación de las medidas de ahorro pertinentes.
- **Estado de emergencia:** se activa cuando es ineludible la aplicación de medidas excepcionales.

3.2. Fundamentos metodológicos de selección del sistema de indicadores

El sistema de indicadores seleccionado debe ser de carácter hidrológico, es decir, tiene por finalidad caracterizar la sequía hidrológica, pues su interés práctico radica en su funcionalidad como instrumento de ayuda a la toma de decisiones relativas a la gestión de los recursos hídricos de la cuenca.

El esquema metodológico empleado para la selección y análisis de los indicadores de la cuenca del Duero es el siguiente:

- Identificación de las zonas de origen del recurso asociadas a determinadas unidades de demanda.
- Inclusión de los pluviómetros del Convenio de Albufeira con el ánimo de converger en el sistema de indicadores.
- Recopilación de las series hidrológicas temporales asociadas a cada uno de los indicadores.
- Estudio de ponderación de los distintos indicadores para conseguir resultados numéricos representativos de la situación de la sequía en cada una de las subzonas de la cuenca.
- Estudio de validación de los indicadores utilizados.

Para la selección de indicadores debe tenerse en cuenta la disponibilidad y agilidad de actualización de los datos, que condiciona la periodicidad de los informes de estado. Por ello, se han considerado como posibles indicadores los siguientes:

- Entradas a embalses del Estado (gestionados por la CHD). Frecuencia de actualización de los datos: días.
- Entradas a embalses hidroeléctricos. Frecuencia de actualización de los datos: 1 mes.
- Aforos de lectura automática registrados por la CHD. Frecuencia de actualización de los datos: días.
- Pluviómetros correspondientes al Convenio de Albufeira. Frecuencia de actualización de los datos: días.
- Piezómetros en masas de agua subterránea significativas.
- Indicadores de calidad en masas de agua superficial y/o subterránea.

Por otra parte, los valores de los elementos de control correspondientes a cada uno de los indicadores no son directamente comparables, pues representan distintas fases del ciclo hidrológico con efecto memoria diferente; por ello, se ha homogeneizado el efecto memoria mediante la acumulación de valores anteriores en precipitaciones y aportaciones.

En general, a la hora de seleccionar los indicadores interesa mantener un criterio objetivo común para valorar las subzonas con el mismo nivel de exigencia, separando el concepto de sequía del concepto de escasez, de modo que los indicadores deben ser ajenos a la regulación artificial de la subzona.

Así pues, en esta revisión, respecto del PES 2007, hay un cambio en el criterio general. Antes se usaba como indicador en muchas subzonas el volumen embalsado, ahora ya no. Se usan preferentemente las aportaciones acumuladas a embalse, con el objetivo de que el indicador explique la sequía hidrometeorológica natural, puesto que se entiende que en el caso de que un embalse tenga mucha capacidad y se encuentre lleno, cuando se produzca una sequía acusada el embalse puede servir las demandas de la subzona satisfaciendo su garantía, sin embargo los afluentes no regulados sufrirán la sequía, existiendo ahora criterio para rebajar los caudales ecológicos.

Además, interesa aproximar el indicador global de la cuenca a las métricas de los indicadores del Convenio Albufeira.

Desafortunadamente no ha sido posible considerar otras métricas que sin duda hubieran resultado explicativas del estado hidrológico de determinadas zonas. Una de las carencias más significativas es el registro piezométrico.

En el año 2007 la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Duero realizó el documento “Medidas de niveles piezométricos en puntos de la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Duero. 2004-2006” que aportó una valiosa reunión de la información actual e histórica, y constituyó un primer paso para continuar los trabajos de incorporación de estas métricas al sistema de indicadores. Dichos trabajos han continuado en estos años previos a la redacción del actual Plan hidrológico. La red de puntos de control piezométrico se presenta a continuación.

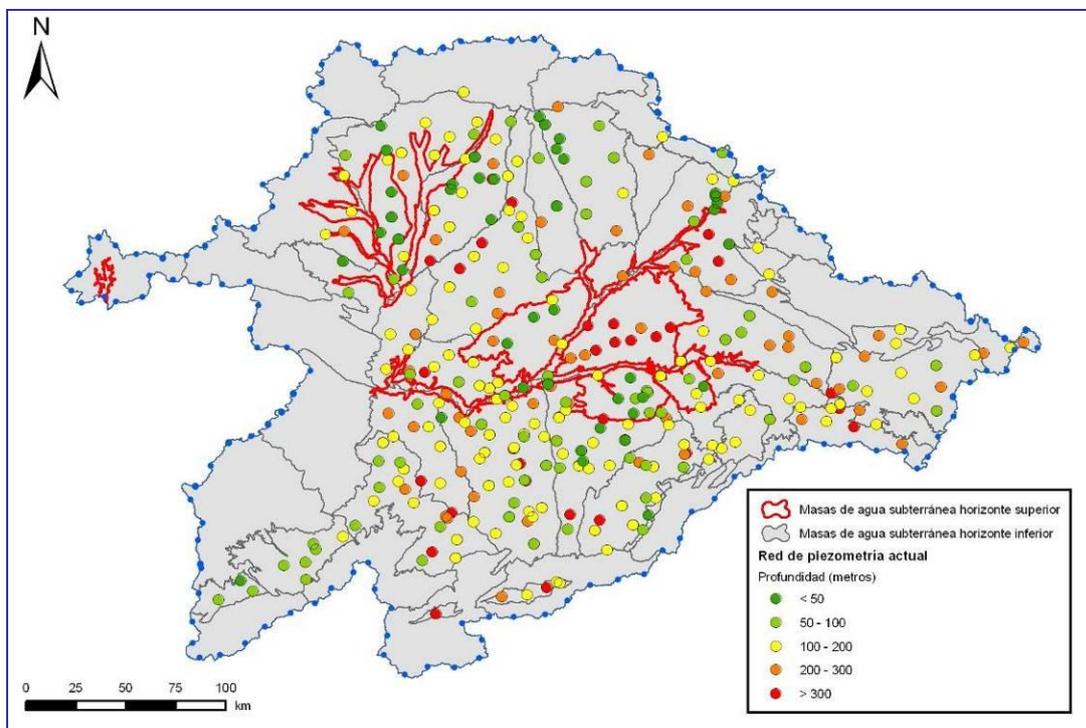


Figura 4. Desarrollo alcanzado por la red piezométrica en octubre de 2009.

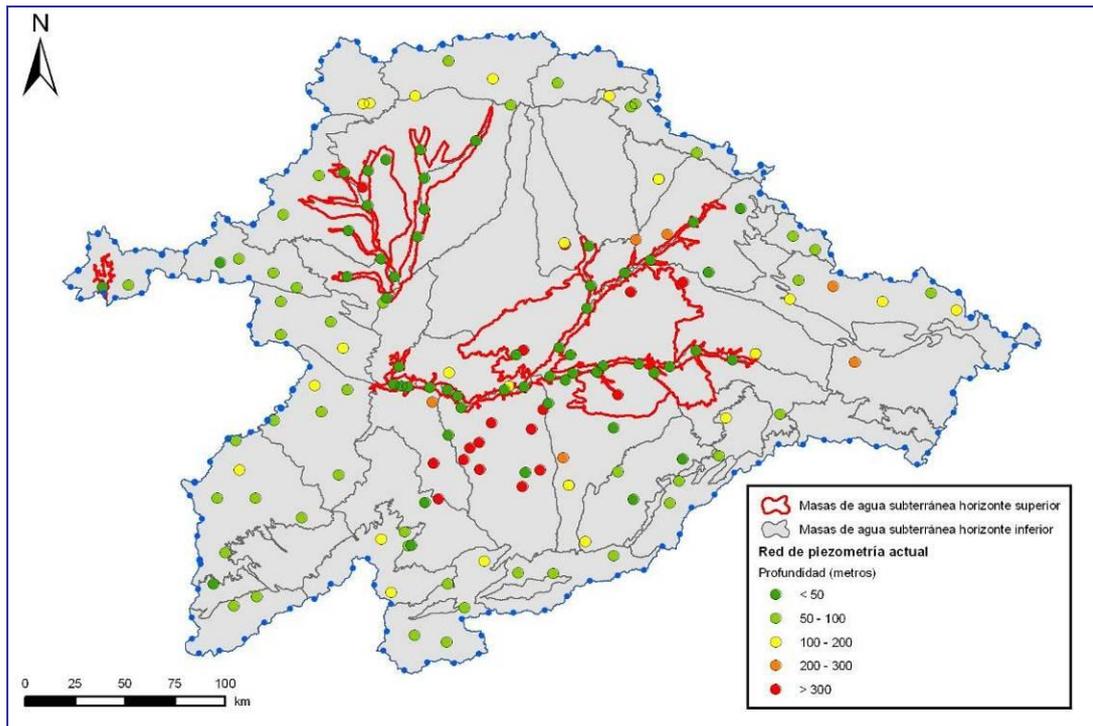


Figura 5. Red de piezometría de futura construcción

En los trabajos realizados sobre las medidas de niveles piezométricos se observa la escasa longitud de las series temporales de la mayor parte de los piezómetros, así como su poca explicativas que resultan respecto a la sequía coyuntural ya que, en general, responden con gran inercia agregando en la evolución del nivel varios factores: tendencia natural, explotación, efectos climáticos y meteorológicos (Figura 6). Se evidencia, de esta manera, la necesidad de seguir profundizando en la materia.

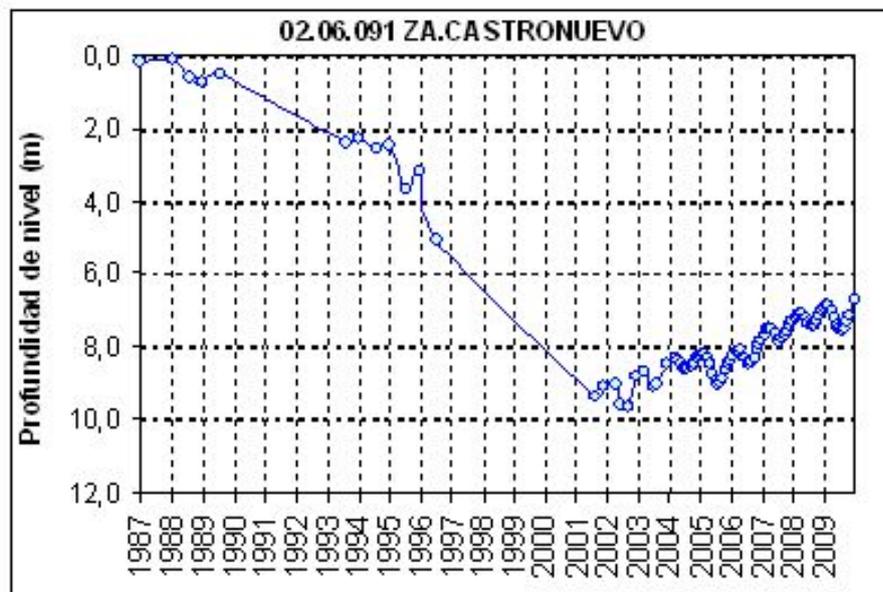


Figura 6. Serie temporal del piezómetro 02.06.091 Za. Castronuevo (Terciario y Cuaternario Esla-Cea)

Por otra parte, tampoco se han podido utilizar indicadores de estado ecológico por las carencias de información relativas a los mecanismos de la dependencia hídrica de los ecosistemas acuáticos del Duero y de hábitat y especies asociadas al medio hídrico. Una vez resueltas estas carencias, podrán plantearse indicadores de estado ecológico que, en su caso, alertarían sobre la proximidad y presencia de situaciones de sequía.

A continuación se muestra una tabla en la que se resumen los indicadores que se han tanteado en los trabajos de “Refuerzo del Sistema de Indicadores del Plan Especial de Sequías” en la cuenca del Duero.

ANEJO 13. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍAS

Sistema	Foronómicos	Pluviométricos	Piezométricos	Calidad	Otros
Esla – Valderad.	<p>Aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Porma</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Riaño</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Porma (serie ampliada con datos del SIMGES)</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Riaño (serie ampliada con datos del SIMGES)</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 70 (La Robla), del río Bernesga</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 70 (La Robla), del río Bernesga (datos completados con SIMGES)</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en las EEAA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 104 (Almanza), del río Cea • 74 (Castropepe), del río Esla • 73 (Sahagún), del río Cea • 143 (Castrobol), del río Cea • 126 (Villárdiga), del río Valderaduey 	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación sinóptica de León (Virgen del Camino).</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.03.013</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.098</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.090</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.091</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.093</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 220 (Breto).</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 220 (Breto).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 220 (Breto).</p> <p>Los mismos indicadores anteriores para las estaciones: 217 (Cuadros) y 212 (Alija de la Ribera).</p>	
Órbigo	<p>Aportaciones acumuladas en 3 meses al embalse de Villameca</p> <p>Aportaciones acumuladas en 3, 6 y 12 meses al embalse de Barrios de Luna</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en las EEAA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75 (La Magdalena), del río Luna • 61 (Santa Marina del Rey), del río Órbigo • 60 (Cebrones del Río), del río Órbigo • 89 (Moral de la Valdería), del río Ería • 82 (Morales del Rey), del río Ería 	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación Bustillo del Páramo (SIAR).</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.03.012</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 218 (Cebrones del Río).</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 218 (Cebrones del Río).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 218 (Cebrones del Río).</p>	<p>Volumen a final de mes en el embalse de Villameca.</p>
Aliste-Tera	<p>Aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Cernadilla. (Serie ampliada con datos del SIMGES).</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 99 (Mozar de Valverde), del río Tera.</p>	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación SIAR Colinas de Trasmontes.</p>			<p>Volumen a final de mes en el embalse de Cernadilla.</p> <p>Suma del volumen a final de mes en los embalses de Cernadilla, Valparaíso y Agavanzal.</p> <p>Lago de Sanabria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas mensuales y acumuladas en 6 meses registradas a profundidad de 0 a 10 m. • Temperaturas mensuales y acumuladas en 6 meses registradas a profundidad de 12,55 a 55 m. • Temperaturas medias mensuales. • Temperaturas medias mensuales acumuladas en 6 meses.
Támega-Manzanas	<p>Aportaciones acumuladas en 3 meses en el aforo 818 (Rabal), del río Aliste.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 818 (Rabal), del río Aliste. Serie Ampliada con SIMGES.</p> <p>Ponderación de las aportaciones mensuales y las acumuladas en 6 meses en el aforo 818 (Rabal), del río Aliste.</p>				

ANEJO 13. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍAS

Sistema	Foronómicos	Pluviométricos	Piezométricos	Calidad	Otros
	<p>Aportaciones acumuladas en 6 meses, dando mayor peso al valor mensual (x 10) en el aforo 818 (Rabal), del río Aliste.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses, dando mayor peso al valor mensual (x 15) en el aforo 818 (Rabal), del río Aliste.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses, dando mayor peso al valor mensual (x 20) en el aforo 818 (Rabal), del río Aliste.</p>				
Carrión	<p>Aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Camporredondo. Serie de registro desde 1940/41.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Compuerto.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 40 (Villoldo), del río Carrión.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en la EAA. 42 (Palencia), del río Carrión.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en la EAA. 41 (Villalcaraz de Sirga), del río Ucieza.</p>	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación Villoldo (SIAR).</p> <p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación de Medina de Rioseco (SIAR).</p> <p>Índice de estado ponderado de precipitaciones acumuladas en 6 meses y en 12 meses en las estaciones de Villoldo y Medina de Rioseco.</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.06.100</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.101</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.103</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.106</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 216 (Villaba de Guardo).</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 216 (Villaba de Guardo).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 216 (Villaba de Guardo).</p> <p>Los mismos indicadores anteriores para las estaciones: 208 (Grijota), 201 (Villamuriel de Cerrato) y 214 (Venta de Baños).</p>	<p>Volumen a final de mes en el embalse de Camporredondo.</p> <p>Volumen a final de mes en el embalse de Compuerto.</p> <p>Volumen a final de mes en el conjunto de los embalses de Camporredondo-Compuerto.</p>
Pisuerga	<p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Aguilar.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Cervera. Serie ampliada con SIMGES.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Requejada. Serie ampliada con SIMGES.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses a los embalses de Cervera y Requejada. Series ampliadas con SIMGES.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses a los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar. Series de Cervera y Requejada ampliadas con datos de SIMGES.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses a los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en los afloros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 49 (Cabañes de Esgueva), del río Esgueva • 25 (Villanueva de los Infantes), del río Esgueva • 24 (Alar del Rey), del río Pisuerga • 49 (Herrera de Pisuerga), del río Pisuerga • 29 (Cordovilla), del río Pisuerga • 43 (Cabezón de Pisuerga), del río Pisuerga • 97 (Valladolid), del río Pisuerga 	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación Valdelucio (SIAR).</p> <p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación Valladolid (Observatorio).</p> <p>Índice de estado ponderado de precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en las estaciones de Valdelucio (SIAR & AEMET) y Valladolid (Observatorio).</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.06.107</p> <p>Llenado del piezómetro 02.08.024</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 227 (Alar del Rey).</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 227 (Alar del Rey).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 227 (Alar del Rey).</p> <p>Los mismos indicadores anteriores para las estaciones: 215 (Magaz), 214 (Venta de Baños), 203 (Cabezón) y 204 (Simancas).</p>	
Bajo Duero	<p>Aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Villalcampo</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 54 (Villamarciel), del río Duero.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 62 (Toro), del río Duero.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el aforo 148 (Villagodio 2),</p>	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla).</p> <p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.06.095</p> <p>Llenado del piezómetro 02.06.097</p> <p>Llenado del piezómetro 02.17.062</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 213 (Villamarciel).</p> <p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 213 (Villamarciel).</p>	

ANEJO 13. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍAS

Sistema	Foronómicos	Pluviométricos	Piezométricos	Calidad	Otros
	del río Valderaduey.	sinóptica Zamora (Observatorio). Índice de estado ponderado de precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en las estaciones sinópticas Valladolid (Villanubla) y Zamora (Observatorio).	Llenado del piezómetro 02.17.66 Llenado del piezómetro 02.17.072 Llenado del piezómetro 02.17.075	Amonio acumulado en 6 meses en la estación 213 (Villamarciel). Mismos indicadores anteriores para la estación 205 (Zamora).	
Arlanza	Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Úzquiza. Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Úzquiza. Serie ampliada con datos de SIMGES. Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses al embalse de Arlanzón. Serie ampliada con datos de SIMGES. Índice de estado ponderado de las aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses a los embalses de Arlanzón y Úzquiza. Series ampliadas con datos de SIMGES. Aportaciones acumuladas en 6 meses en las EEAA: <ul style="list-style-type: none"> • 31 (Peral de Arlanza), del río Arlanza • 116 (Villavieja de Muño), del río Arlanzón • 36 (Quintana del Puente), del río Arlanza 	Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación sinóptica de Burgos (Villafría).	Llenado del piezómetro 02.09.029 Llenado del piezómetro 02.09.031 Llenado del piezómetro 02.09.032 Llenado del piezómetro 02.08.033 Llenado del piezómetro 02.09.033	Amonio acumulado en 6 meses en la estación 210 (Villavieja de Muño). Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 210 (Villavieja de Muño). Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 210 (Villavieja de Muño). Mismos indicadores en la estación 221 (Covarrubias).	Volumen a final de mes en los embalses de Arlanzón y Úzquiza. Cálculo con umbrales mínimos de demanda.
Alto Duero	Aportaciones acumuladas en 6 meses en el embalse de Cuerda del Pozo. Aportaciones acumuladas en 6 meses en el embalse de Cuerda del Pozo. Serie ampliada con datos del SIMGES. Aportaciones acumuladas en 12 meses en el embalse de Cuerda del Pozo. Serie ampliada con datos del SIMGES. Aportaciones acumuladas en 6 meses en los afloramientos: <ul style="list-style-type: none"> • 101 (Molinos de Duero), del río Duero • 1 (Cuerda del Pozo), del río Duero • 2 (Garray), del río Duero • 162 (Tardajos de Duero), del río Duero • 163 (Almazán), del río Duero • 4 (Gormaz), del río Duero • 17 (Navapalos), del río Duero • 13 (Aranda de Duero), del río Duero • 5 (Osma), del río Ucero 	Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación sinóptica Soria (Observatorio).	Llenado del piezómetro 02.09.036 Llenado del piezómetro 02.09.037 Llenado del piezómetro 02.15.018 Llenado del piezómetro 02.16.005 Llenado del piezómetro 02.16.007 Llenado del piezómetro 02.16.009	Amonio acumulado en 6 meses en la estación 211 (Vertidos Aranda de Duero). Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 211 (Vertidos Aranda de Duero). Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 211 (Vertidos Aranda de Duero). Mismos indicadores para la estación 209 (Almazán).	
Riaza-Duratón	Aportaciones acumuladas en 6 meses en las EEAA: <ul style="list-style-type: none"> • 12 (Sepúlveda), del río Duratón • 12 (Sepúlveda), del río Duratón. Serie ampliada con SIMGES • 161 (Las Vencías), del río Duratón • 15 (Herrera de Duero), del río Duero 	Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación de Valbuena del Duero (SIAR).	Llenado del piezómetro 02.09.034	Amonio acumulado en 6 meses en la estación 202 (Quintanilla de Onésimo). Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 202 (Quintanilla de Onésimo). Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 202 (Quintanilla de Onésimo).	Volumen a final de mes en el embalse de Linares del Arroyo. Volumen a final de mes en el embalse de Burgomillodo. Índice ponderado del volumen de embalsado a final de mes en los embalses de Linares del Arroyo y Burgomillodo. Índice ponderado del volumen de embalsado a final de mes en el

ANEJO 13. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍAS

Sistema	Foronómicos	Pluviométricos	Piezométricos	Calidad	Otros
					embalse de Linares del Arroyo y las aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Burgomillado.
Cega-Eresma-Adaja	<p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en el embalse de Las Cogotas</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 y 12 meses en el embalse de Las Cogotas. Serie actualizada con SIMGES.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en los aforos</p> <ul style="list-style-type: none"> • 46 (Ávila), del río Adaja • 50 (Segovia), del río Eresma • 53 (Bernardos), del río Eresma • 52 (Guijas Albas), del río Moros • 48 (Olmedo), del río Eresma • 56 (Valdestillas), del río Adaja 	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación sinóptica Segovia (Observatorio).</p> <p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación sinóptica Ávila (Observatorio).</p> <p>Índice de estado ponderado de precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en las estaciones sinópticas Ávila (Observatorio) y Segovia (Observatorio).</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.08.025</p> <p>Llenado del piezómetro 02.08.026</p> <p>Llenado del piezómetro 02.17.073</p> <p>Índice de llenado del piezómetro 02.17.079</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 222 (Holanares de Eresma).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 222.</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 222.</p> <p>Mismos indicadores en la estación 223 (Mingorría).</p>	<p>Volumen embalsado a final de mes en el embalse de Las Cogotas.</p> <p>Volumen embalsado a final de mes en el embalse de Pontón alto.</p>
Tormes	<p>Aportes acumulados en 6 y 12 meses en el embalse de La Almendra.</p> <p>Aportes acumulados en 6 y 12 meses en el embalse de Santa Teresa.</p> <p>Aportaciones acumuladas en 6 meses en las EEAA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 81 (Puente de Congosto), del río Tormes • 87 (Salamanca), del río Tormes 	<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación de Salamanca (Matacán).</p>	<p>Llenado del piezómetro 02.19.031</p> <p>Llenado del piezómetro 02.19.032</p>	<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 207 (Contiesa).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 207 (Contiesa).</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 207 (Contiesa).</p> <p>Mismos indicadores en las estaciones 206 (Salamanca), 224 (Azud de Villagonzalo).</p>	<p>Volumen embalsado a final de mes en el embalse de La Almendra.</p>
Águeda		<p>Precipitaciones acumuladas en 6 y 12 meses en la estación de Ciudad Rodrigo.</p>		<p>Amonio acumulado en 6 meses en la estación 226 (Campo de Argañán).</p> <p>Oxígeno disuelto acumulado en 6 meses en la estación 226 (Campo de Argañán).</p> <p>Conductividad acumulada en 6 meses en la estación 226 (Campo de Argañán).</p> <p>Mismos indicadores en la estación 225 (Fregeneda Frontera).</p>	<p>Volumen embalsado a final de mes en el embalse de Águeda.</p>

Tabla 1. Indicadores que se han tanteado en los trabajos de “Refuerzo del Sistema de Indicadores del Plan Especial de Sequías”.

3.3. Definición del índice de estado

Para cada uno de los indicadores se han propuesto las marcas de clase que individualizan los cuatro niveles de intensidad de la sequía (normalidad, prealerta, alerta y emergencia), estableciéndose éstos en función del denominado “Índice de Estado”, I_e , para cuya definición se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- La media aritmética es uno de los estadísticos más robustos, a la vez que más sencillo; por lo que una comparación del dato del indicador con la media de la serie histórica, se ajustará más convenientemente, en principio, a la situación real de la zona de sequía seleccionada, si bien, debe tenerse en cuenta también los valores máximos y mínimos históricos, tal y como queda reflejado en las fórmulas que se proponen.
- La necesidad de homogeneizar los indicadores en un valor numérico adimensional capaz de cuantificar la situación actual respecto de la histórica, y posibilitar una comparación cuantitativa entre los distintos indicadores seleccionados. Por ello se ha adoptado una fórmula en la que se define el índice de estado (I_e) cuyos valores fluctúan en un rango comprendido entre 0 (correspondiente al mínimo valor histórico de la serie considerada) y 1 (correspondiente al máximo valor histórico de la serie considerada).

Adicionalmente, y con el propósito de reducir el peso del sesgo que suelen ofrecer las series naturales, se asigna el valor de 0,5 al promedio de la serie, interpolando el resto de los valores. De esta forma las expresiones que facilitan el cálculo del índice de estado “ I_e ” son las siguientes (Lozano, 2000; Fidalgo y otros, 2002):

$$\text{- Si } Vi \geq V_{med} \Rightarrow I_e = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{Vi - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right]$$

$$\text{- Si } Vi < V_{med} \Rightarrow I_e = \frac{Vi - V_{min}}{2(V_{med} - V_{min})}$$

siendo:

V_i : Valor de la medida obtenida en el mes de seguimiento

V_{med} : Valor medio del mes en la serie considerada

V_{max} : Valor máximo del mes en la serie considerada

V_{min} : Valor mínimo del mes en la serie considerada

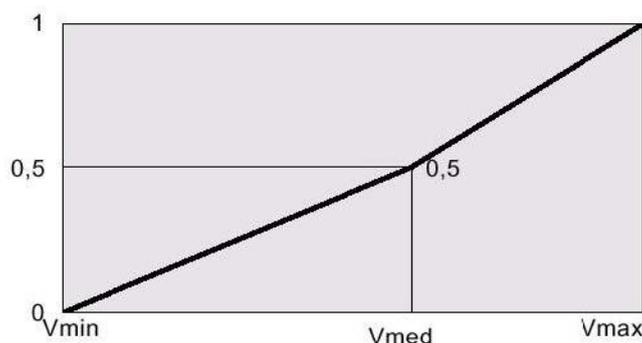


Figura 7. Definición del índice de estado

Tal y como se desprende de la Figura 7, cuando el valor de la medida está comprendido entre la media de la serie y su valor máximo, el índice de estado dará una cifra que oscilará entre 0,5 y 1, mientras que en el caso de que la medida sea inferior al valor medio, lo hará entre 0 y 0,5.

Previamente a la selección de los indicadores seleccionados para caracterizar la sequía de cada una de las subzonas en las que se subdivide la cuenca del Duero, se han redefinido el rango de valores entre los que se clasifica el índice de estado.

El PES en su redacción inicial asigna el siguiente rango de valores, que como se ha señalado va de 0 a 1:

- $I_e > 0,50$ Nivel verde (situación de normalidad)
- $0,50 \geq I_e > 0,30$ Nivel amarillo (situación de prealerta)
- $0,30 \geq I_e > 0,10$ Nivel naranja (situación de alerta)
- $0,10 \geq I_e$ Nivel rojo (situación de emergencia)

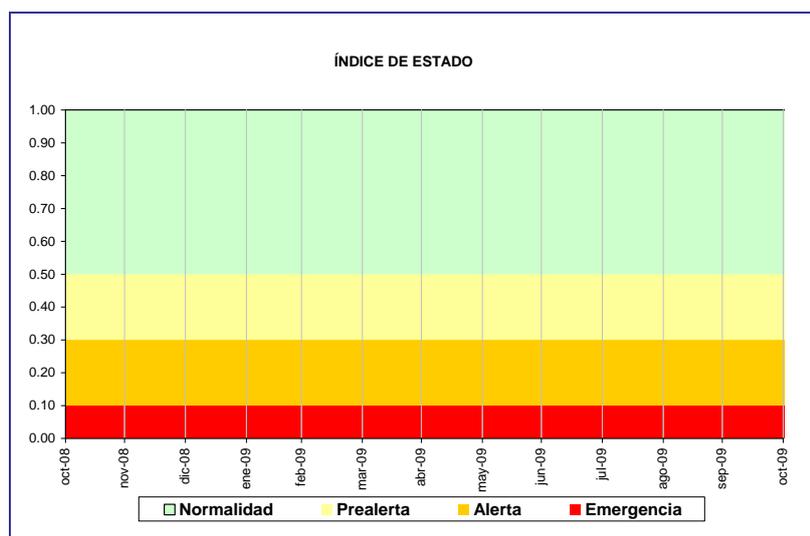


Figura 8. Representación gráfica de las situaciones de sequía (PES 2007)

Esta clasificación se realizó enfrentando la evolución de los indicadores a la experiencia en anteriores periodos de sequía. A la vista de ello, se modificaron levemente sobre la propuesta inicial presentada en la Guía para la redacción de planes especiales de actuación en situación de alerta y eventual sequía, variando el umbral de emergencia desde 0,15 a 0,10, dado que en el caso de la cuenca del Duero no se precisa la adopción de medidas excepcionales hasta alcanzar niveles tan inferiores del indicador.

Se ha visto la conveniencia de mejorar la posición de las marcas de clase o valores umbral que delimitan las cuatro categorías de estado (normalidad, prealerta, alerta y emergencia) respecto a la penetración de la sequía, lo que se ha llevado a cabo valorando la distinta gravedad de su ocurrencia en distintos meses del año, puesto que en la cuenca española del Duero las necesidades cuantitativamente más importantes de agua se dan en verano, y el momento en el que el sistema de regulación disponible resulta especialmente vulnerable a la sequía es durante la primavera.

Estos rangos se han modificado, estipulándose en función de la estacionalidad, de tal forma que los umbrales de sequía varían mensualmente, quedando de la siguiente forma:

SITUACIÓN	VALORES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
NORMALIDAD	$I_e >$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PREALERTA	$I_e \text{ Normalidad} \geq I_e >$	0,15	0,16	0,18	0,21	0,25	0,30	0,30	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17
ALERTA	$I_e \text{ Prealerta} \geq I_e >$	0,01	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03
EMERGENCIA	$I_e \text{ Alerta} \geq I_e >$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Rango de valores del índice de estado

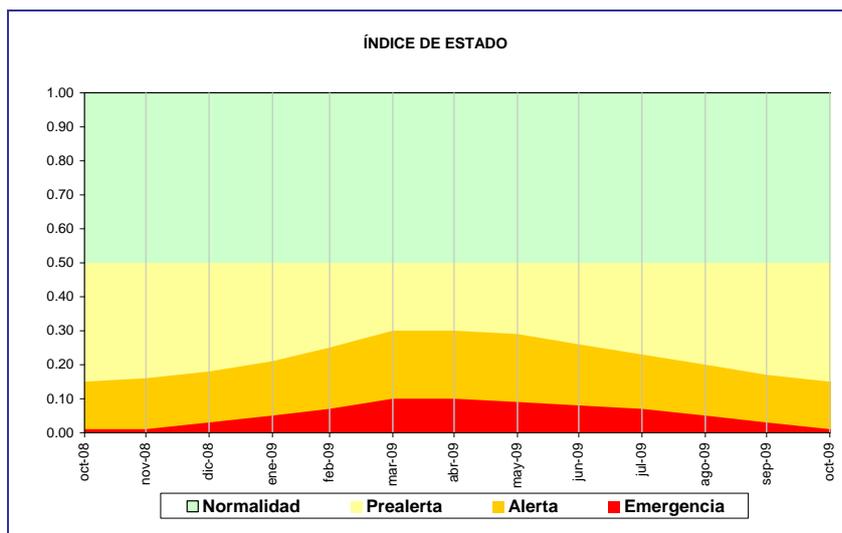


Figura 9. Representación gráfica de las situaciones de sequía modificadas

Por otra parte, del análisis realizado para cada subzona, no se ha encontrado justificado diferenciar los valores umbral para los distintos casos. No obstante la experiencia que se vaya adquiriendo con su utilización podrá aconsejar estos ajustes en el futuro.

3.4. Selección de indicadores

El objetivo del sistema de indicadores es el de representar con objetividad el nivel de intensidad de sequía en el que se encuentra cada una de las subzonas de la cuenca del Duero de una forma sencilla y fácil de determinar. Por lo tanto, se ha seleccionado el mínimo número de indicadores por subzona, de tal forma que queden caracterizadas las unidades de demanda con la fuente de recurso asociada.

La primera propuesta de indicadores (PES 2007) ofrecía una visión sinóptica de la situación en que se encontraba la cuenca y debía ser completada con otros indicadores específicos que ofreciesen información más detallada, es decir, requería una actualización futura del sistema de indicadores fruto de la experiencia del seguimiento del Plan.

La actualización del sistema de indicadores ha sido fruto y resultado de intensos trabajos y de su discusión en el ámbito de la Oficina Técnica de la Sequía, creada en aplicación del PES por resolución de la Presidencia de la CHD de 18 de febrero de 2008. La nueva propuesta pretende homogeneizar el criterio de valoración de la sequía entre las distintas subzonas, ya que las medidas que puedan adoptarse como resultado del diagnóstico realizado mediante los indicadores pueden abrir la posibilidad de trasvases internos entre sistemas de explotación vecinos. Por otra parte, se pretende que el diagnóstico haga clara referencia a la sequía hidrometeorológica, que se pone de manifiesto por una reducción coyuntural de precipitaciones y aportaciones, no dependiendo de las demandas, cuestión esta última vinculada al concepto de escasez estructural.

Por todo ello, los datos a partir de los cuales se establecen los indicadores revisados son datos explicativos del régimen natural de precipitaciones y aportaciones, y se han eliminado, por tanto, los indicadores que se basaban en los volúmenes almacenados en embalse. No ha sido posible incluir otros datos como la superficie inundada en lagos y zonas húmedas por no disponer de un registro suficientemente consolidado de los mismos. Tampoco se han incorporado registros de niveles piezométricos por diversas razones, entre las que cabe destacar las siguientes:

- 1) Falta de rápida disponibilidad del dato con cadencia mensual.
- 2) Elevada inercia de los acuíferos. Fenómeno que redundo en que su evolución no resulta explicativa de fenómenos de sequía que penetran con mayor rapidez a la respuesta que se observa en las masas de agua subterránea.
- 3) Escasa longitud de los registros de nivel en buena parte de los piezómetros que constituyen la red oficial, la mayoría construidos en los últimos años.

Por otra parte, ante el evidente interés de que el diagnóstico realizado a través del sistema de indicadores del PES guarde cierto paralelismo con el diagnóstico que se realiza mensualmente con el sistema de indicadores adoptado por el Convenio de Albufeira (actualizado en 2008), se incorpora al sistema del PES los pluviómetros de la red sinóptica operada por la AEMET que se utilizan para identificar la entrada y salida de las situaciones de excepción al cumplimiento del régimen de caudales fijado en el citado Convenio internacional.

Como quiera que los indicadores toman valores entre 0 y 1 dependiendo de los máximos y mínimos históricos, se requiere que las series que se utilicen sean suficientemente largas como para identificar estos extremos (máximo y mínimo) de forma estable. Cuando la serie no es estable porque los extremos se superan, hacia arriba o hacia abajo, toda la evolución queda recalculada. Es de esperar que con su uso, conforme las series recojan situaciones extremas, los indicadores se vayan estabilizando.

Para acomodar el nuevo sistema se ha adoptado una longitud común y homogénea de los registros mensuales utilizados para el cálculo de los indicadores, establecida en 30 años, valor coherente con la longitud de las series utilizadas como referencia en los estudios de cambio climático. Para atender este nuevo requisito, las series registradas incompletas se han rellenado con datos modelados procedentes del inventario de recursos hídricos y de la simulación del régimen real de aportaciones, incluidos en la Memoria de este Plan Hidrológico.

De acuerdo con lo anterior, se ha llevado a cabo una reelección de indicadores por subzona y se ha calculado el índice de estado de cada uno de ellos para seleccionar los más representativos de cada subzona. En las secciones siguientes se comparan los indicadores del PES 2007 con los nuevos indicadores propuestos, y se realiza una validación cualitativa de los nuevos índices de estado.

Para fijar los pesos de los indicadores seleccionados para cada zona se toma un porcentaje que corresponde grosso modo a la magnitud del territorio al que representa.

Finalmente, el indicador general de la cuenca, que se calcula a partir de los indicadores de cada subzona ponderando su peso de acuerdo a la entidad de las demandas de cada subzona, ha sido actualizado con los nuevos indicadores de las subzonas y la nueva estimación de demandas realizada en el presente Plan Hidrológico.

El origen de los datos utilizados varía según el indicador elegido, por esta razón, en las subzonas en las que es necesario ponderar los resultados, debido a la existencia de más de un indicador, la longitud cronológica de la serie de datos utilizada venía limitada en el PES original por el indicador del que se disponía de un registro de datos más corto. En los índices de estado propuestos en esta actualización del PES se utilizan como principales indicadores los registros pluviométricos y los registros de aforos (aportaciones). Cuando no se disponía de registro de aportaciones suficientemente largo se ha procedido a ampliarlo a partir de las series generadas en el plan hidrológico, que se han utilizado también en las modelizaciones con SIMGES. La última fecha de datos introducida es septiembre de 2006, cerrando así el año hidrológico 2005/06.

3.4.1. Subzona Támega-Manzanas

Se utilizan las aportaciones acumuladas en el río Támega, del que depende el abastecimiento urbano en la comarca de Verín. El indicador de sequía adoptado por el PES considera la aportación acumulada durante 6 meses, desde el año 1996/97, en la estación de aforo 2818 (Rabal - río Támega en Verín).

En esta subzona, aparte del aforo del río Támega, no se han encontrado estaciones de medida cuyos datos sean aptos para su implantación en el sistema de indicadores. Por este motivo se ha optado por utilizar los datos de aportaciones acumuladas en el aforo de Verín, con la salvedad que se ha ampliado la serie de registro con los datos del modelo SIMGES, mediante el cual se ha calculado las aportaciones en este punto, prolongando así 27 años (de 1968/98 a 1995/96) la serie de registro.

Se trata del mismo indicador utilizado anteriormente en el PES 2007 en el Sistema Tera para la comarca de Verín, salvo que, por un lado, se ha ampliado la serie de registro con los datos del modelo SIMGES según se ha explicado en el apartado anterior y, por otro lado, en la actualización del PES se toma, tanto en esta como en el resto de las subzonas, el registro de los últimos 30 años (últimos 360 meses) para el cálculo de los índices de estado.

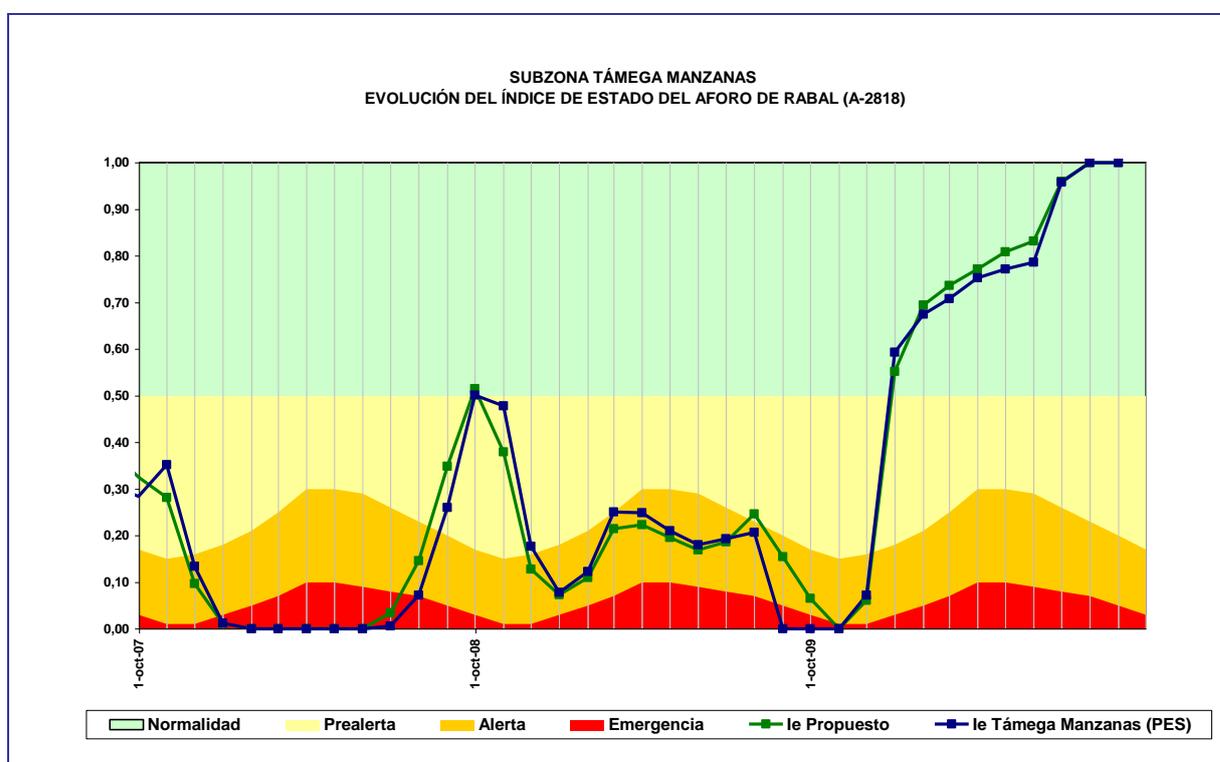


Figura 10. Propuesta de índice de estado de la subzona Támega-Manzanas.

3.4.2. Subzona Aliste-Tera

Los embalses situados en la subzona Aliste-Tera son preferentemente para usos hidroeléctricos (Cernadilla atiende también regadíos), por lo que en el PES 2007 no se consideró adecuado tomar el volumen embalsado como indicador, ya que el agua embalsada no tiene como finalidad la satisfacción de las demandas consuntivas. El indicador que se eligió para evaluar la situación en la que se encuentra esta subzona lo conforman las aportaciones de entrada, acumuladas en 6 meses, en el embalse de Cernadilla, embalse hidroeléctrico situado aguas arriba de Valparaíso y Agavanzal, utilizando la serie de datos desde el año 1971/72.

Para la actualización del índice de estado de esta subzona se ha seleccionado una ponderación entre las aportaciones acumuladas durante 6 meses en el embalse de Cernadilla (peso del 70%) y las precipitaciones acumuladas en seis meses registradas en la estación sinóptica de Zamora (peso del 30%). Para el cálculo del

índice de las aportaciones en Cernadilla, se ha ampliado la serie de registro hasta el año 1968/69 con los datos de caudal mensual circulante generados a partir de la modelación en SIMGES para este punto. El índice propuesto queda de la siguiente manera:

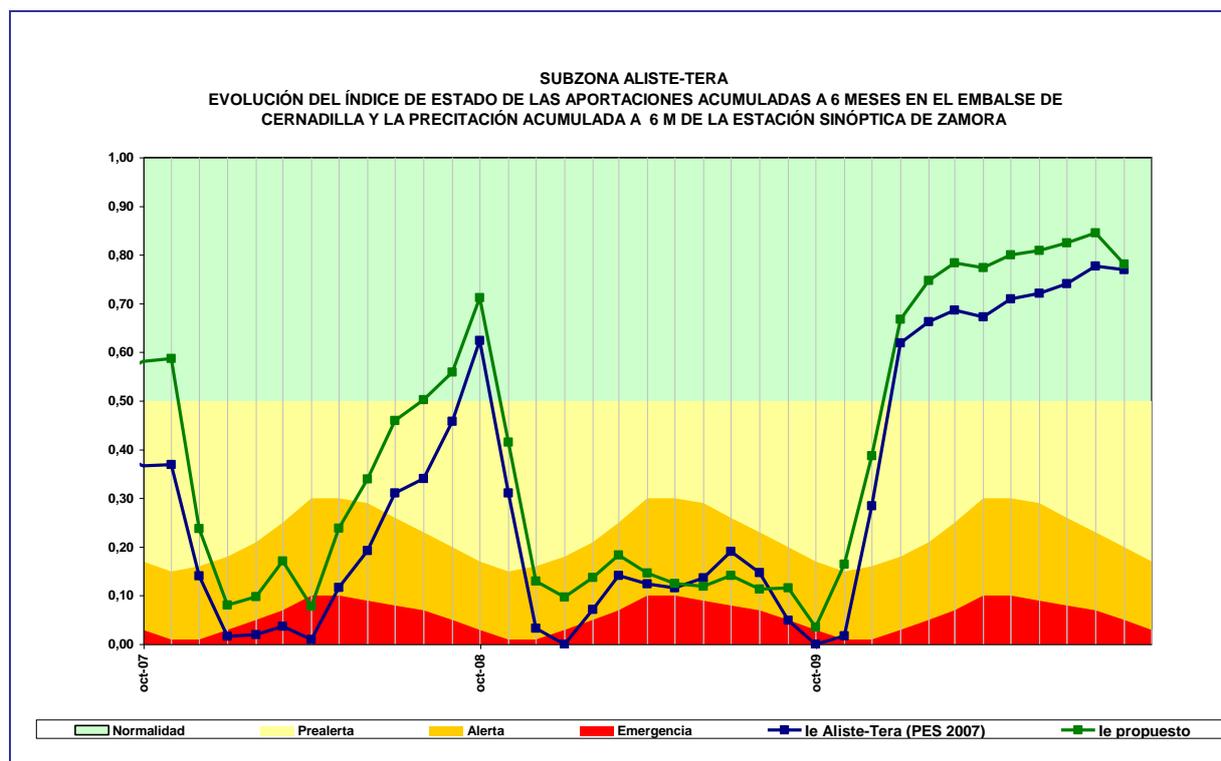


Figura 11. Propuesta de índice de estado de la subzona Aliste-Tera.

3.4.3. Subzona Órbigo

La subzona de Órbigo está regulada por los embalses de Barrios de Luna (río Órbigo) y Villameca (río Tuerto). El abastecimiento de la demanda depende de ambos embalses.

En el PES 2007 se utilizaron los datos del embalse de Barrios de Luna desde el año 1968/69, a pesar de tener registro de los volúmenes de embalse desde el año 1958/59, debido a inconsistencias en las medidas detectadas en los registros anteriores al 1968/69.

El volumen de embalse de Villameca no es significativo para la definición del estado del sistema, ya que debido a su poca capacidad, 20 hm³, el comportamiento del índice no sigue ninguna tendencia puesto que se llena y se vacía con demasiada frecuencia. Por lo tanto, se estudió el índice de las aportaciones de entrada. Para tener la posibilidad de comparar los valores de este índice con los del embalse de Barrios de Luna es necesario tener en cuenta el efecto memoria, por lo que se consideraron las aportaciones acumuladas en seis meses. La serie de datos utilizada comienza en el año 1958/59.

Así pues, el índice de estado de esta subzona definido en el PES 2007 los conforman las aportaciones acumuladas durante 6 meses en el embalse de Villameca y el volumen de embalsado a final de mes en el embalse de Barrios de Luna.

El índice propuesto considera las aportaciones acumuladas en periodos de 6 meses al embalse de Villameca (peso del 15%), las aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Barrios de Luna (50%), las aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en la estación de aforo del río Eria (el cual no está sujeto a regulación) en Morla de Valdería (EA 2089) y las precipitaciones acumuladas en 6 meses medidas en la estación sinóptica de León (15%).

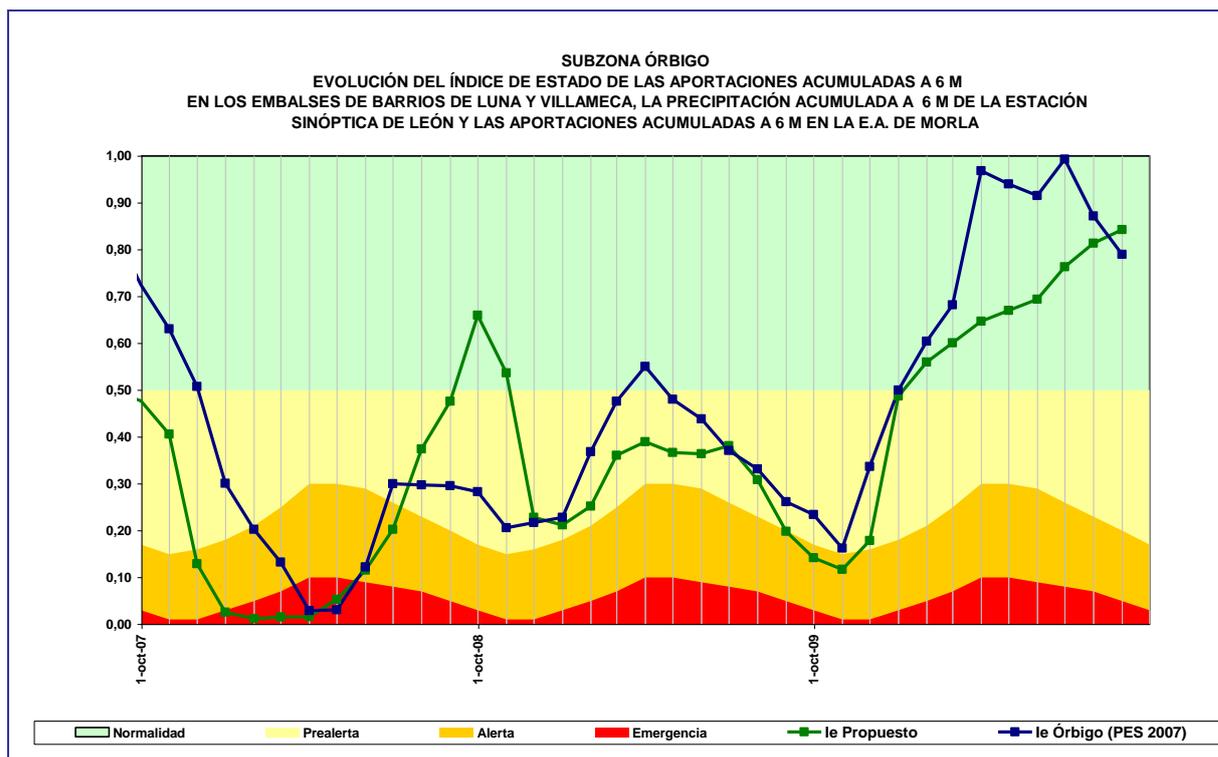


Figura 12. Propuesta de índice de estado de la subzona Órbigo.

3.4.4. Subzona Esla-Valderaduey

La subzona de Esla-Valderaduey está regulada en cabecera por los embalses de Porma (río Porma) y Riaño (río Esla). Dado que el abastecimiento de la mayor parte de las demandas depende de la situación de ambos embalses, se eligieron en el PES 2007 éstos como posibles indicadores.

Para el cálculo del índice de estado de los volúmenes almacenados a final de mes en el embalse de Porma, se utilizó la serie de datos desde el año 1984/85. Se dispone de datos de embalse desde el año 1969/70 pero se detectaron inconsistencias de medición hasta el año 1983/84, por lo que se optó por considerar una serie de datos más corta pero con mayor fiabilidad.

En el embalse de Riaño se dispone de datos de embalse desde el año 1988/89, pero para el cálculo del índice de estado se consideraron los datos desde el año 1990/91, ya que los primeros años de llenado del embalse condicionaron la explotación y desvirtúan los resultados.

Se seleccionó como índice de estado de la subzona de Esla – Valderaduey una ponderación entre los volúmenes de embalse a final de mes (hm^3) de los embalses de Porma y Riaño.

Por otro lado, en esta subzona se encuentra el pluviómetro de León, incluido para su uso en el marco del Convenio de la Albufeira.

Para la actualización de este índice se ha optado por una ponderación entre las aportaciones acumuladas durante 6 meses en el embalse del Porma (peso del 30%), las aportaciones acumuladas en 6 meses en el embalse de Riaño (50%), las aportaciones registradas durante 6 meses en la estación de aforos EA 2070 del río Bernesga en su tramo alto, en La Robla (10%), y la pluviometría acumulada en 6 meses medida por la estación sinóptica de León (10%).

El cálculo de los indicadores de Porma y Riaño, se ha realizado a partir de las series de registro ampliadas con los datos de aportaciones calculadas con SIMGES en ambos puntos. En total supone un incremento de las series de 22 y 16 años respectivamente, desde el año 1968/69 hasta los años 1989/90 y 1983/84.

El índice propuesto queda como sigue:

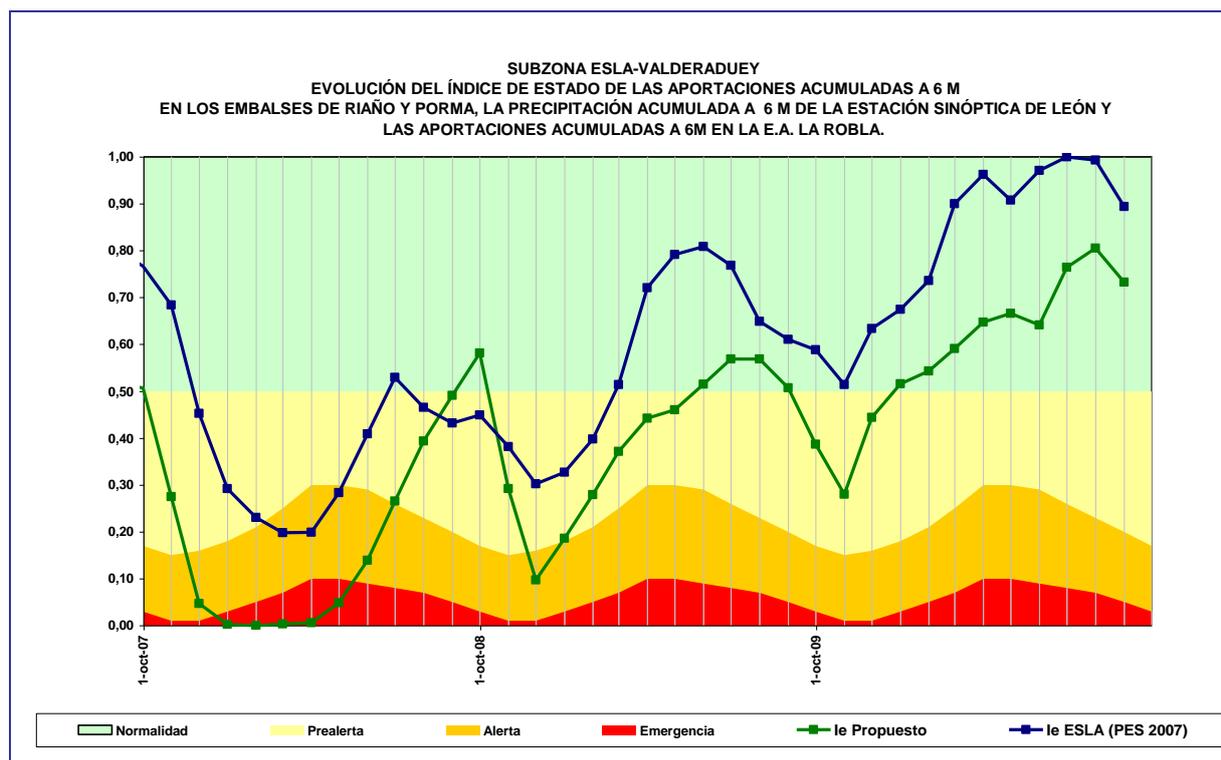


Figura 13. Propuesta de índice de estado de la subzona Esla-Valderaduey.

3.4.5. Subzona Carrión

La subzona de Carrión está regulada por los embalses de Camporredondo y Compuerto. Para la selección de indicadores se comenzó planteando la posibilidad de considerar el conjunto Camporredondo-Compuerto como un único embalse regulador y de esta forma tomar como indicador la suma de los volúmenes de los dos embalses. Al llevar a cabo el cálculo del índice de estado de la forma antes descrita no se obtuvo una buena evolución del índice.

Los embalses de Camporredondo y Compuerto están situados en serie, siendo por tanto las aportaciones de entrada a Camporredondo, situado aguas arriba, prácticamente las totales del sistema. Calculando el índice de las aportaciones de entrada mensuales se obtenía un índice con muchas oscilaciones, situación que se suaviza al tener en cuenta las aportaciones acumuladas en seis meses, con las que se registra mejor la tendencia del periodo.

Por lo tanto, en el PES 2007 se eligió como indicador de la subzona de Carrión las aportaciones de entrada al embalse de Camporredondo, acumuladas a 6 meses. La serie de datos tomada para el cálculo del índice se inicia en el año hidrológico 1958/59.

Como actualización de este indicador se han seleccionado las aportaciones acumuladas a 6 meses al embalse de Camporredondo (peso del 80%), las aportaciones acumuladas en conjuntos semestrales registradas por la estación de aforos EA 2041 de Villarcazar de Sirga (10%), ubicada en el río Ucieza, río sin elementos reguladores, y las precipitaciones acumuladas en 6 meses registradas por la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla) (10%). El índice propuesto queda como sigue:

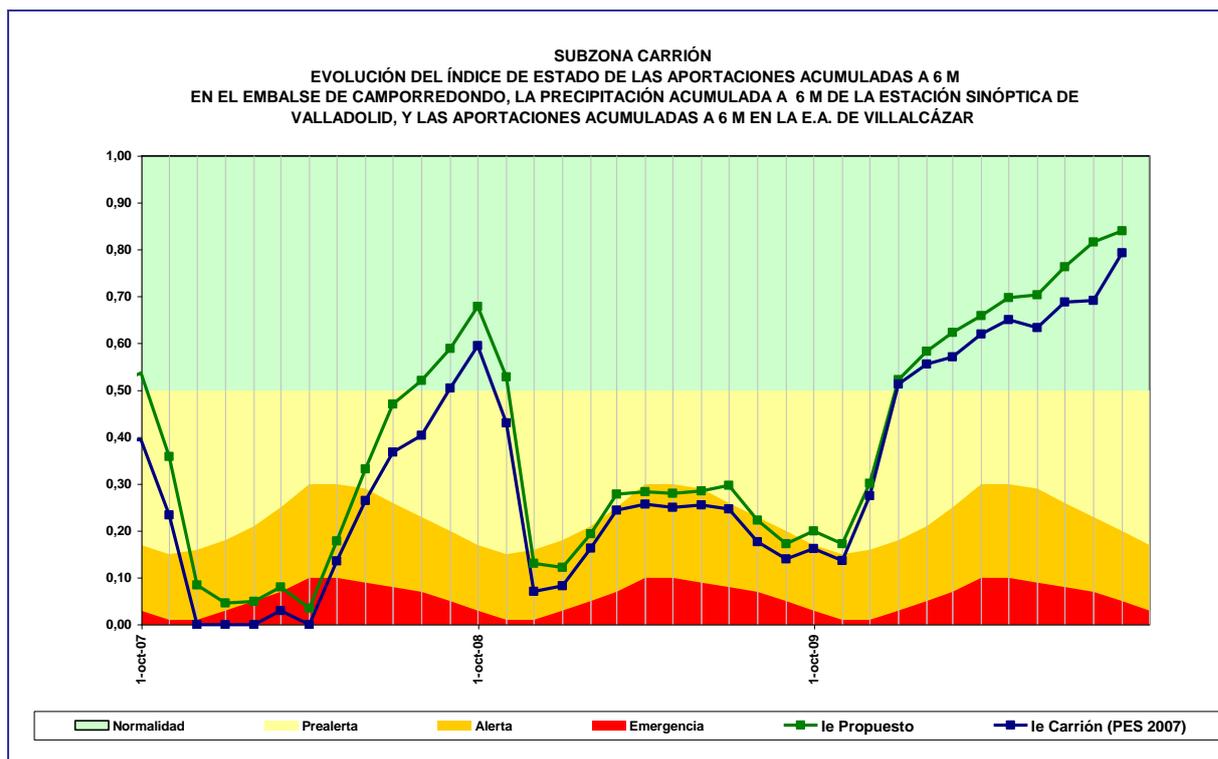


Figura 14. Propuesta de índice de estado de la subzona Carrión.

3.4.6. Subzona Pisuerga

La subzona de Pisuerga está regulada en cabecera por los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar. Estos embalses son los responsables del abastecimiento de las demandas tanto de la subzona de Pisuerga como de las del Bajo Duero.

Se plantearon dos tipos de indicadores: aportaciones de entrada acumuladas a seis meses o volumen de embalse almacenado a final de mes.

Los embalses de Cervera y Requejada están situados aguas arriba del embalse de Aguilar, por lo que en un principio se planteó la suma de las aportaciones de entrada a ambos embalses, despreciando las aportaciones intermedias hasta el embalse de Aguilar. Teniendo en cuenta estas consideraciones no se obtuvo un buen resultado ya que no quedaba reflejada la mala situación que atravesaba la subzona en el momento del estudio (2005/06).

Dado que el embalse de Cervera está situado en un afluente y es el menor de los tres embalses de la subzona, se probó considerando exclusivamente las aportaciones de entrada al embalse de Requejada, pero se obtuvo un resultado similar al del tanteo expuesto anteriormente, por lo que también se desechó la idea.

La última prueba, para tener en cuenta las aportaciones de entrada a embalse, consistió en considerar dichas aportaciones de entrada registradas en Aguilar. El resultado no se consideró válido dado que los volúmenes de entrada están muy afectados por la modulación impuesta por los embalses de aguas arriba.

En cuanto a la consideración de volumen de embalse a fin de mes, se planteó la posibilidad de usar exclusivamente el embalse de Aguilar, pero, dado que los tres embalses se regulan conjuntamente para atender las demandas de las subzonas de Pisuerga y Bajo Duero, se calculó el índice de estado con la suma de los volúmenes. Este cálculo plasmaba la situación de excepcionalidad en la que se encontraba la subzona en el momento del cálculo (año 2005/2006).

Por lo tanto, en el PES 2007 el indicador considerado para la subzona de Pisuerga y Bajo Duero fue la suma de los volúmenes de embalse de Cervera, Requejada y Aguilar, almacenados a fin de mes. De los tres

embalses considerados el más reciente es el de Aguilar. Se tienen datos desde 1962/63. Para calcular el índice de estado se descartaron los primeros años de llenado del embalse de Aguilar por lo que el año origen de datos del índice es 1966/67.

En la actualización del indicador se ha optado por una ponderación de los índices generados por las aportaciones acumuladas a seis meses en el embalse de Requejada (peso del 50%), por la suma de aportaciones de los últimos seis meses registradas en la estación de aforos EA 2049 del río Esgueva, no sujeto a regulación, a su paso por Cabañes de Esgueva (10%) y por la precipitación semestral registrada en la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla) (40%).

El índice propuesto queda de la siguiente manera:

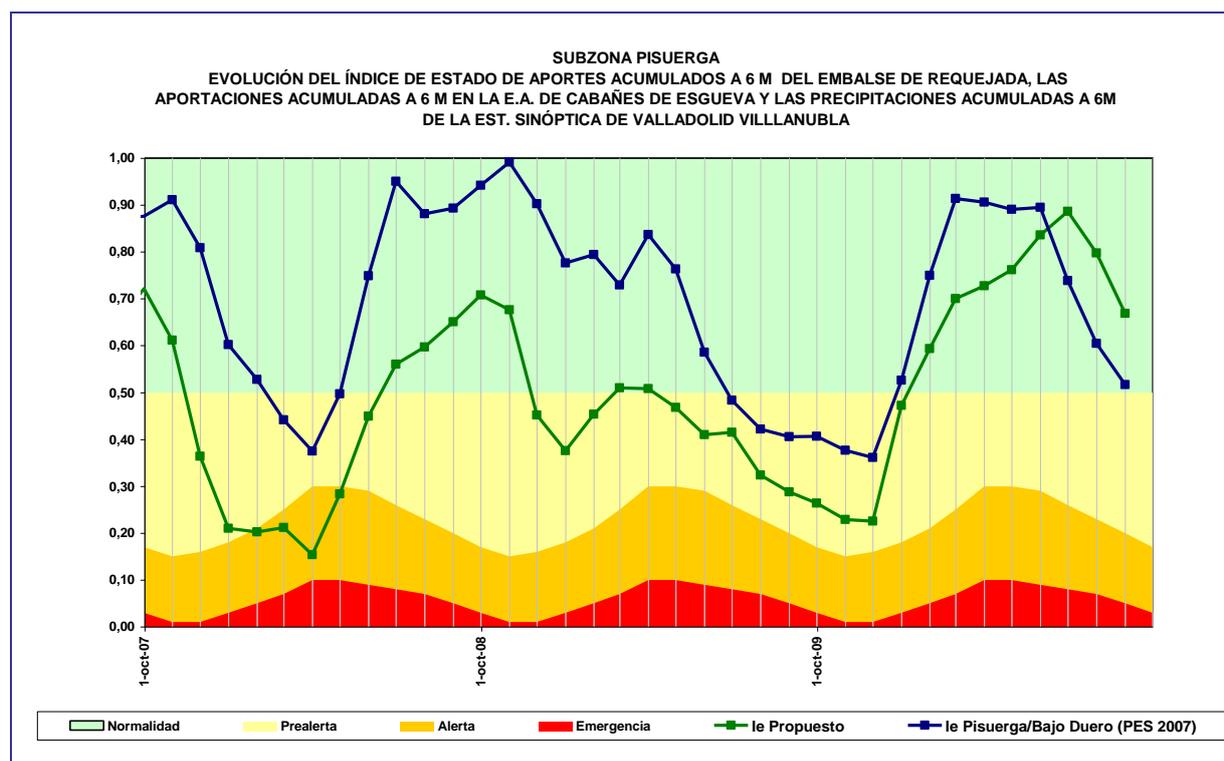


Figura 15. Propuesta de índice de estado de la subzona Pisuerga.

3.4.7. Subzona Arlanza

En la subzona de Arlanza se atienden demandas desde los ríos Arlanzón y Arlanza. El río Arlanzón está regulado por los embalses de Arlanzón y Úzquiza, por lo que se buscó un indicador relacionado con los mismos. Sin embargo el río Arlanza no tiene regulación, por lo que se buscó una estación de aforo de medición automática situada antes de la confluencia del río Arlanza con el Arlanzón. El aforo seleccionado fue el 2030 (Arlanza en Covarrubias).

Para estudiar las aportaciones registradas en el aforo del río Arlanza se acumularon los datos a tres, seis y doce meses. La mejor adecuación a los ciclos de sequías históricas lo presentó el índice de aportaciones acumuladas a seis meses, ya que al acumular a tres meses los valores del índice aparecía una fuerte oscilación, y acumulando a doce meses se enmascaraban los periodos de sequía. Se utilizó la serie de datos de aportaciones en el aforo desde 1945/46.

Para considerar como indicador los embalses de Arlanzón y Úzquiza se planteó considerar las aportaciones de entrada al embalse de Arlanzón, situado aguas arriba, pero al tener el conjunto de los embalses capacidad suficiente de regulación se utilizó como indicador la suma de los volúmenes almacenados en ambos embalses a fin de mes.

El embalse de Úzquiza es de construcción posterior al de Arlanzón, por lo tanto la longitud de la serie de datos utilizados para el cálculo del índice de estado en el PES 2007 viene marcada por el primero. El embalse de Úzquiza fue puesto en servicio en 1988/89 pero los datos se han tomado desde 1991/92 para evitar la distorsión inducida por los primeros años de llenado.

En la actualización de este indicador se ha tomado una ponderación entre las aportaciones calculadas a 6 meses del embalse de Arlanzón (peso del 50%), cuyo registro se ha ampliado con las aportaciones calculadas con SIMGES en este punto, del año 1968/69 al 1989/90, y las aportaciones registradas en el aforo EA 2030 (río Arlanza en Covarrubias) (50%).

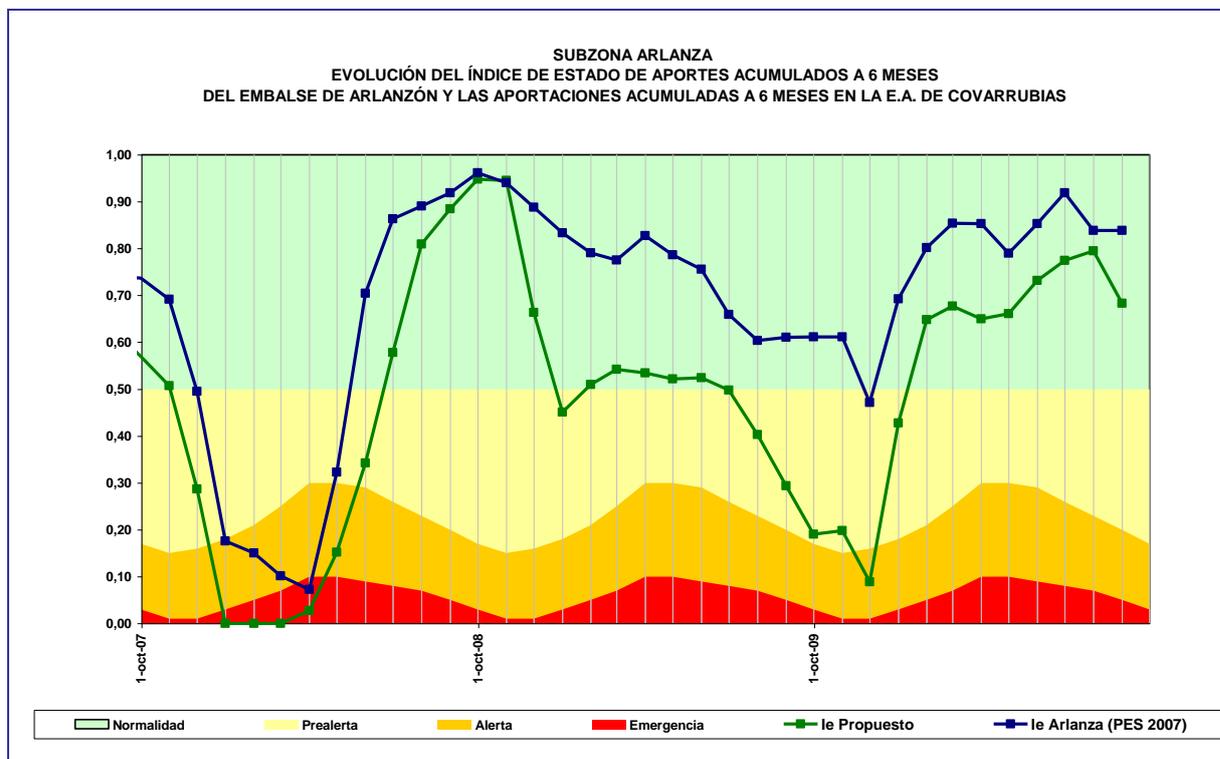


Figura 16. Propuesta de índice de estado de la subzona Arlanza.

3.4.8. Subzona Alto Duero

La subzona de Alto Duero está regulada en cabecera por el embalse de la Cuerda del Pozo, desde donde se atienden las demandas de la subzona. El indicador estipulado por el PES 2007 es el generado a partir de los volúmenes almacenados a final de mes en dicho embalse. La serie de volúmenes de embalse utilizada para el cálculo del índice en abarca desde 1958/59 hasta la actualidad.

Por otra parte, en esta subzona se encuentra el pluviómetro de Soria (Observatorio), uno de los pluviómetros que se utilizan para el seguimiento del estado de la cuenca de acuerdo con el Convenio de Albufeira.

Se propone un indicador resultado de la ponderación entre los índices de estado obtenidos de las aportaciones acumuladas durante seis meses en el embalse de Cuerda del Pozo (peso del 40%), las aportaciones registradas en el río Ucero a su paso por Osma (EA 2005) (40%), y la pluviometría registrada en la estación sinóptica de Soria (Observatorio) acumulada en seis meses (20%).

El índice propuesto queda como se ve en la figura siguiente:

El índice propuesto queda de la siguiente manera:

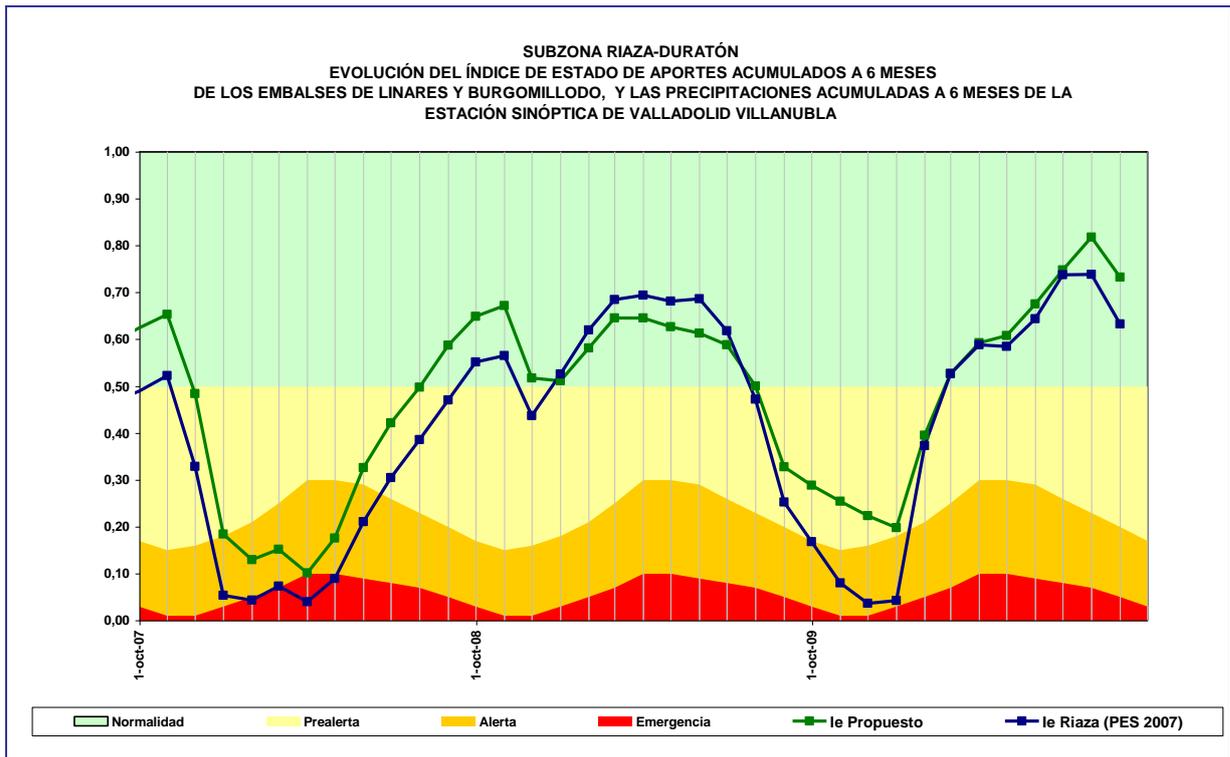


Figura 18. Propuesta de índice de estado de la subzona Riaza-Duración.

3.4.10. Subzona Cega-Eresma-Adaja

Las principales demandas de la subzona Cega-Eresma-Adaja son abastecimientos urbanos para Ávila y la mancomunidad de Tierras de Adaja, desde el río Adaja, y para Segovia y la mancomunidad del río Eresma, abastecidas desde el río Eresma. Estas demandas son atendidas desde pequeños embalses con poca capacidad de regulación. Por esta razón se seleccionaron, en principio, dos estaciones de aforo de registro automático situado en los dos principales ríos de la subzona: el aforo EA 2046, situado en el río Adaja y el EA 2052, en el río Eresma.

Se estudiaron las aportaciones en el aforo EA 2046 mensualmente y acumuladas a seis y doce meses. La mejor evolución del Índice se consiguió para la aportación acumulada a seis meses. La serie de datos utilizada abarca desde el año 1945/46.

Se realizó el mismo estudio para el aforo EA 2052, obteniéndose un resultado que no se ajustaba al comportamiento histórico de la subzona. En la cabecera del río Eresma se encuentra el embalse de Pontón Alto, de poca capacidad, 7,4 hm³, por lo que se calculó el índice de estado de las aportaciones de entrada al embalse acumuladas a seis meses, obteniéndose un mejor resultado. Estas aportaciones al embalse de Pontón Alto se consideraron desde el año 1945/46.

En esta zona, en la que la escorrentía subterránea es claramente significativa, sería de mucho interés contar con indicadores que reflejen el estado de los acuíferos. No obstante, las series disponibles son demasiado cortas para ello y su inclusión queda pendiente para futuras revisiones del Plan Especial.

En resumen, para la subzona Cega-Eresma-Adaja el Plan Especial de Sequías 2007 utiliza un indicador combinado que considera con iguales pesos las aportaciones acumuladas en conjuntos móviles de 6 meses al embalse del Pontón Alto y las aportaciones igualmente acumuladas que se registran en la estación de aforo EA 2046 (río Adaja en Ávila).

En la actualización de este indicador, se ha mantenido esta ponderación (50% en cada indicador). Al tomar la serie de los treinta últimos años para la realización de ambos indicadores, tal y como se ha comentado en el apartado 3.4, el indicador de esta subzona, se modifica ligeramente, ya que en los indicadores del PES 2007 se utiliza la serie desde el año 1945/46.

El indicador propuesto queda como se muestra en la siguiente figura:

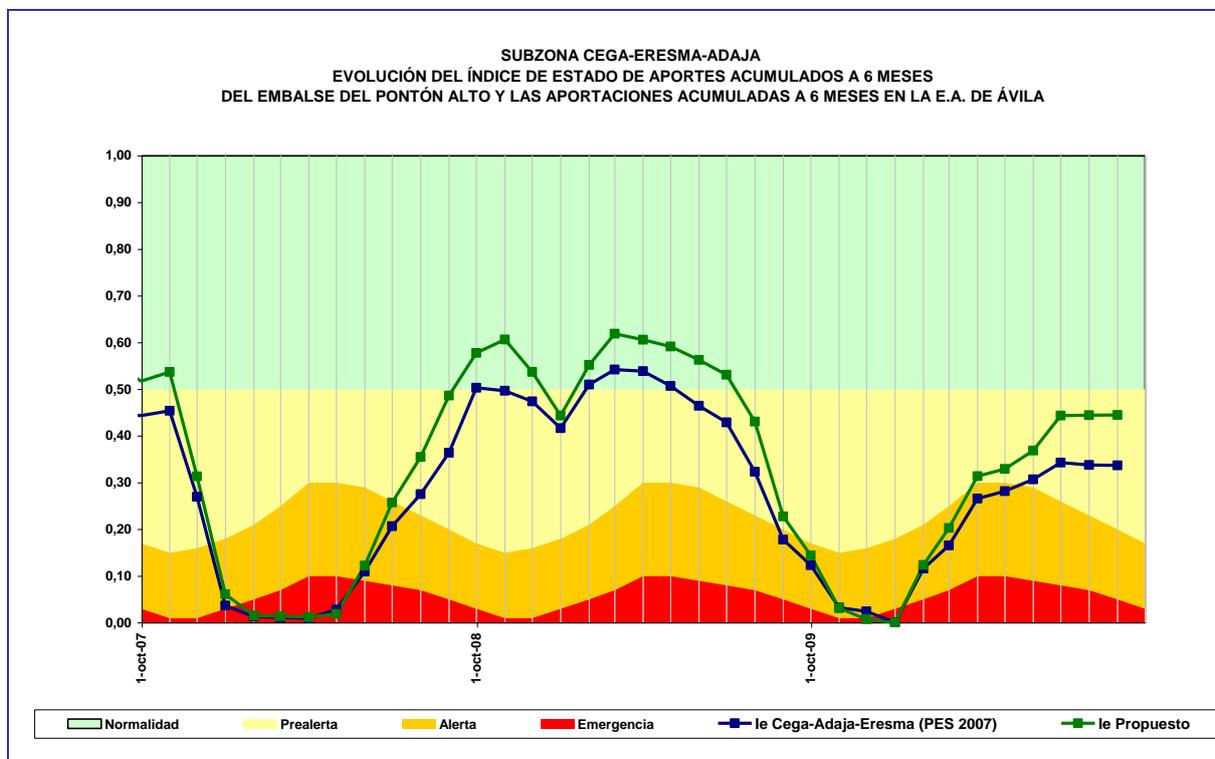


Figura 19. Propuesta de índice de estado de la subzona Cega-Eresma-Adaja.

3.4.11. Subzona Bajo Duero

Como se ha explicado anteriormente (subzona Pisuerga), las demandas existentes en la subzona de Bajo Duero están reguladas por los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar, pertenecientes a la subzona del Pisuerga, por lo que el posible déficit de demanda en Bajo Duero, debido a periodos de sequías, es debido a la insuficiencia de aportaciones en los mencionados embalses, siendo estos, por tanto, el mejor indicador para esta subzona.

Consecuentemente, en el PES 2007 para caracterizar las sequías se emplea el mismo indicador para ambas subzonas de explotación (Bajo Duero y Pisuerga) que consiste en la suma de los volúmenes de embalse de Cervera, Requejada y Aguilar almacenados a final de mes.

En índice de estado propuesto para esta subzona no tiene en cuenta los volúmenes de embalse, sino que es el resultante de la ponderación de los índices generados a partir de las precipitaciones acumuladas en seis meses registradas por las estaciones sinópticas de Zamora (Observatorio), Salamanca (Matacán) y Valladolid (Villanubla), según se muestra en la figura siguiente:

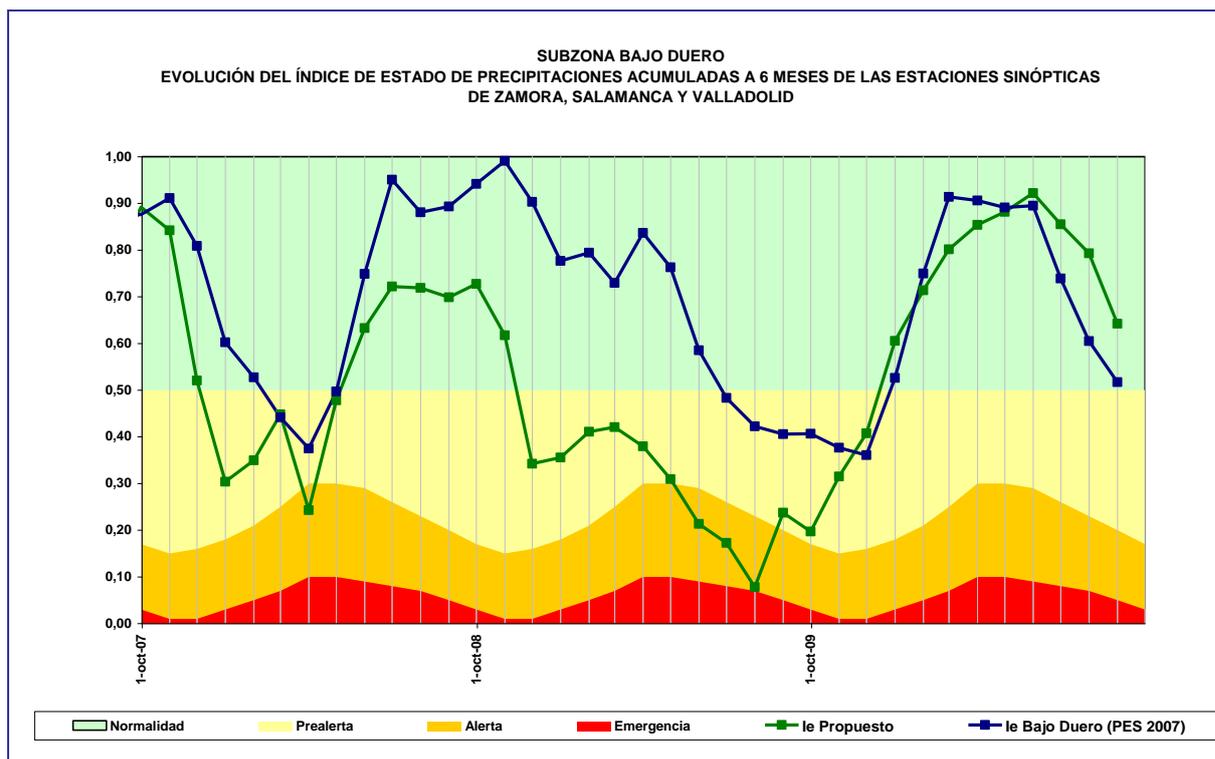


Figura 20. Propuesta de índice de estado de la subzona Bajo Duero.

3.4.12. Subzona Tormes

La subzona de Tormes está regulada en cabecera por el embalse de Santa Teresa. Se eligió como indicador dado que la demanda abastecida depende de este embalse. Se calculó el índice de estado utilizando el volumen de embalse almacenado a final de mes, obteniéndose una evolución acorde con las sequías históricas registradas. Se tomaron los datos a partir del año 1963/64, a pesar de disponer de datos desde el año 1958/59, para descartar posibles valores de poca fiabilidad.

Así, para esta subzona el índice de estado definido en el PES 2007 viene expresado únicamente por el volumen almacenado a final de mes en el embalse de Santa Teresa.

En esta subzona se encuentra el pluviómetro de Salamanca (Matacán), uno de los considerados en el Convenio de la Albufeira.

En esta revisión se propone la utilización del índice de estado generado por las aportaciones al embalse de Santa Teresa registradas durante los seis últimos meses (peso del 75%) ponderado con el índice de las precipitaciones acumuladas a 6 meses de la estación sinóptica de Salamanca (Matacán) (25%).

El índice propuesto queda de la siguiente manera:

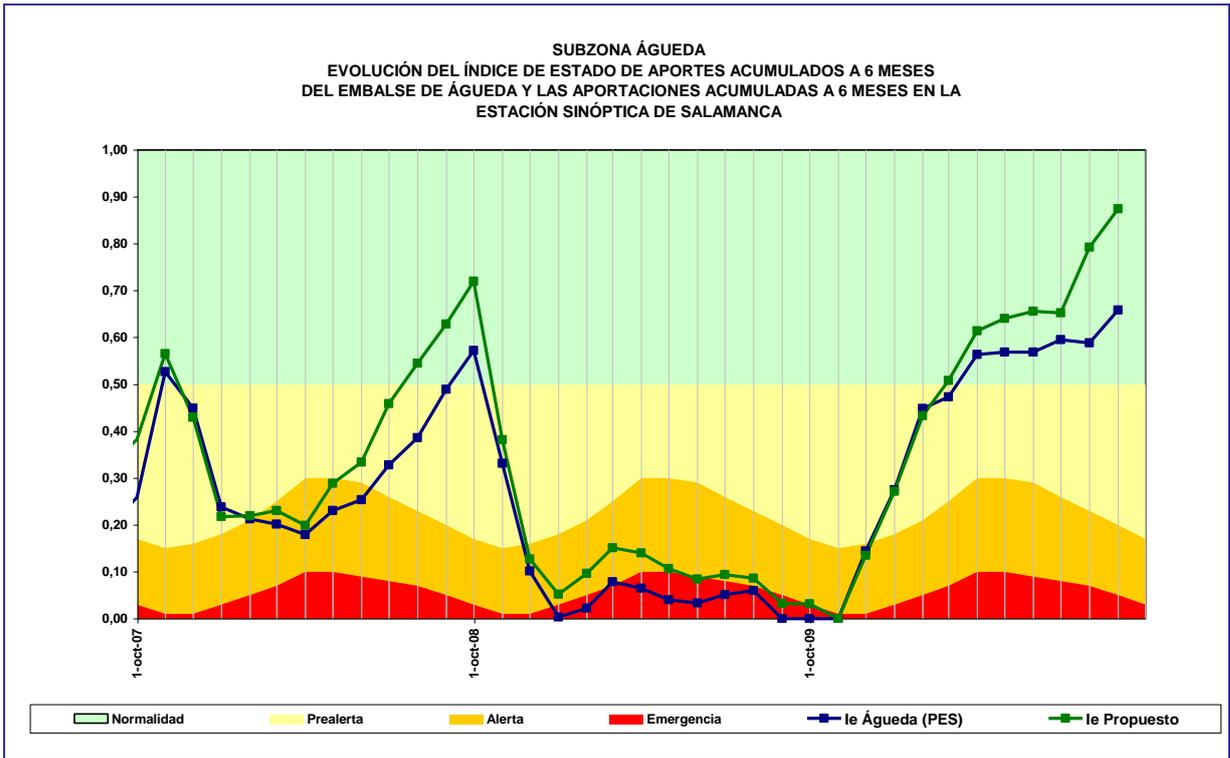


Figura 22. Propuesta de índice de estado de la subzona Águeda.

3.4.14. Resumen de indicadores

En la Tabla 3 que se incluye seguidamente se detalla la propuesta de actualización llevada a cabo. Sobre estas modificaciones se mantiene el procedimiento de cálculo definido y establecido en el PES que normaliza el índice entre los valores de 0 (mínimo) y 1 (máximo).

Subzona	PES original (2007)	Propuesta de actualización
Támega-Manzanas	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en la EA 2818 (Támega en Verín).	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en la EA 2818 (Támega en Verín).
Aliste-Tera	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Cernadilla.	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Cernadilla (70%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Zamora (30%).
Órbigo	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Villameca (10%). Volumen almacenado a final de mes en el embalse de Barrios de Luna (90%).	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Villameca (15%), en Barrios de Luna (50%) y en la EA 2089 (Eria en Morla de la Valderia) (20%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de León (15%).
Esla-Valderaduey	Volumen almacenado a final de mes en el embalse de Porma (40%) y en el embalse de Riaño (60%).	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Porma (30%), en el de Riaño (50%) y en la EA 2070 (Bernesga en La Robla) (10%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de León (10%).
Carrión	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Camporredondo.	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Camporredondo (80%), y en la EA 2041 (Ucieza en Villalcázar) (10%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Valladolid-Villanubla (10%).
Pisuerga	Volumen almacenado a final de mes en los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar.	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Requejada (50%), y en la EA 2049 (Esgueva en Cabañes de Esgueva) (10%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Valladolid-Villanubla (40%).
Arlanza	Volumen almacenado a final de mes en los embalses de Arlanzón y Úzquiza (75%). Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en la EA 2030 (Arlanza en Covarrubias) (25%).	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Arlanzón (50%), y en la EA 2030 (Arlanza en Covarrubias) (50%).
Alto Duero	Volumen almacenado a final de mes en el embalse de La Cuerda del Pozo.	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de La Cuerda del Pozo (40%), y en la EA 2005 (Ucero en Osma) (40%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Soria (20%).
Riaza-Duratón	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Linares del Arroyo sobre el Riaza (90%), y en el embalse de Burgomillodo sobre el Duratón (10%).	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en los embalses de Linares del Arroyo (40%) y Burgomillodo (40%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Valladolid-Villanubla (20%).
Cega-Eresma-Adaja	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en los embalses del Pontón Alto (50%) y en la EA 2046 (Adaja en Ávila) (50%).	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en los embalses del Pontón Alto (50%) y en la EA 2046 (Adaja en Ávila) (50%).
Bajo Duero	Volumen almacenado a final de mes en los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar.	Precipitación acumulada en 6 meses en los pluviómetros de Zamora (40%), Salamanca-Matacán (30%) y Valladolid-Villanubla (30%).
Tormes	Volumen almacenado a final de mes en el embalse de Santa Teresa.	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Santa Teresa (75%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Salamanca-Matacán (25%).
Águeda	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Águeda.	Aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en el embalse de Águeda (85%). Precipitación acumulada en 6 meses en el pluviómetro de Salamanca-Matacán (15%).

(*) Entre paréntesis: pesos de los indicadores.

Tabla 3. Actualización del sistema de indicadores de sequía.

ANEJO 13. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍAS

PREALERTA	Ie Normalidad \geq Ie >	0,15	0,16	0,18	0,21	0,25	0,30	0,30	0,29	0,26	0,23	0,20	0,17
ALERTA	Ie Prealerta \geq Ie >	0,01	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03
EMERGENCIA	Ie Alerta \geq Ie >	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Estos límites se han fijado de acuerdo con un análisis de la evolución histórica de los indicadores. Es, por tanto, objeto de este epígrafe la validación de los mismos. A priori puede sorprender que se hayan establecido las mismas marcas de clase en todas las subzonas; no obstante como se verá seguidamente, esta coincidencia facilita la interpretación de los rangos que se establecen.

Con el fin de valorar la adecuación de los intervalos establecidos para los estados de sequía en los indicadores de las subzonas se ha realizado un estudio comparativo de la evolución del índice de estado con los acontecimientos registrados en el Anejo V “Análisis de sequías históricas” del presente Plan. Asimismo se ha realizado una comparación del índice medio anual de estado con el volumen de déficit anual de suministro en las subzonas en base a las aportaciones históricas y a la demanda actual.

A continuación se expone la validación realizada para cada subzona.

3.5.1. Subzona Támeга-Manzanas

El indicador de sequía adoptado por el PES considera la aportación acumulada durante 6 meses en la estación de aforo 2818 (Rabal - río Támeга en Verín).

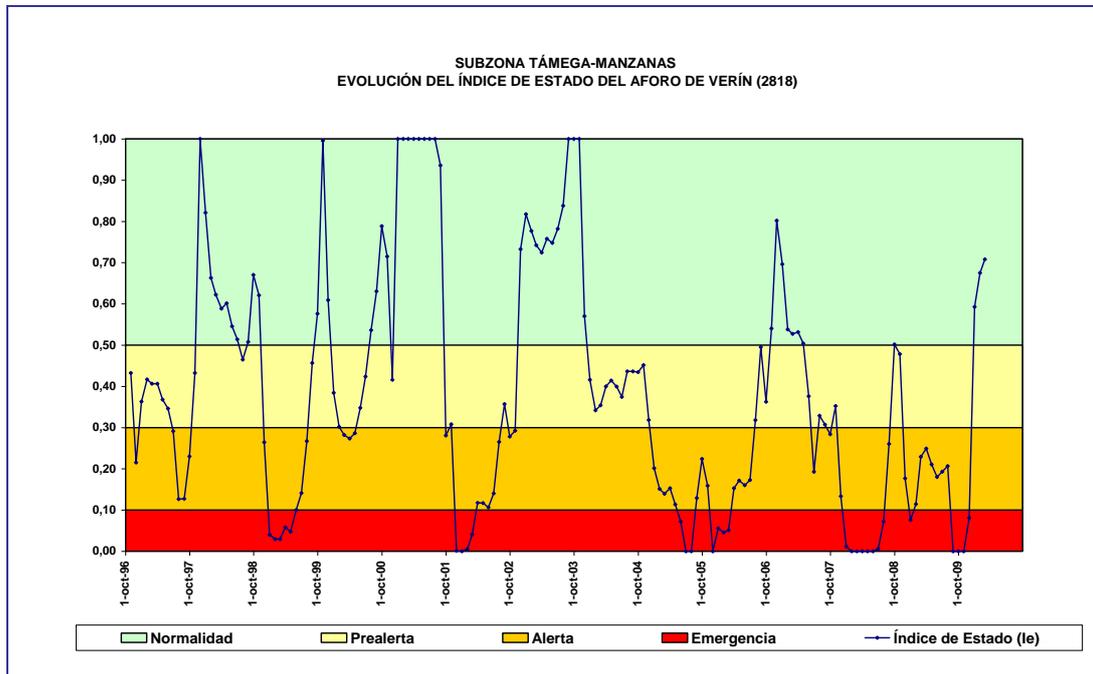


Figura 24. Índice de estado en la subzona Támeга-Manzanas (PES 2007).

En este subzona, aparte del aforo del río Támeга, no se han encontrado estaciones de medida cuyos datos sean aptos para la su implantación en el sistema de indicadores. Por este motivo se ha optado por utilizar los datos de aportaciones acumuladas en el aforo de Verín, con la salvedad que se ha ampliado la serie de registro con los datos del modelo SIMGES, mediante el cual se ha calculado las aportaciones en este punto, prolongando así 27 años (de 1968/98 a 1995/96) la serie de registro. El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda de la siguiente manera:

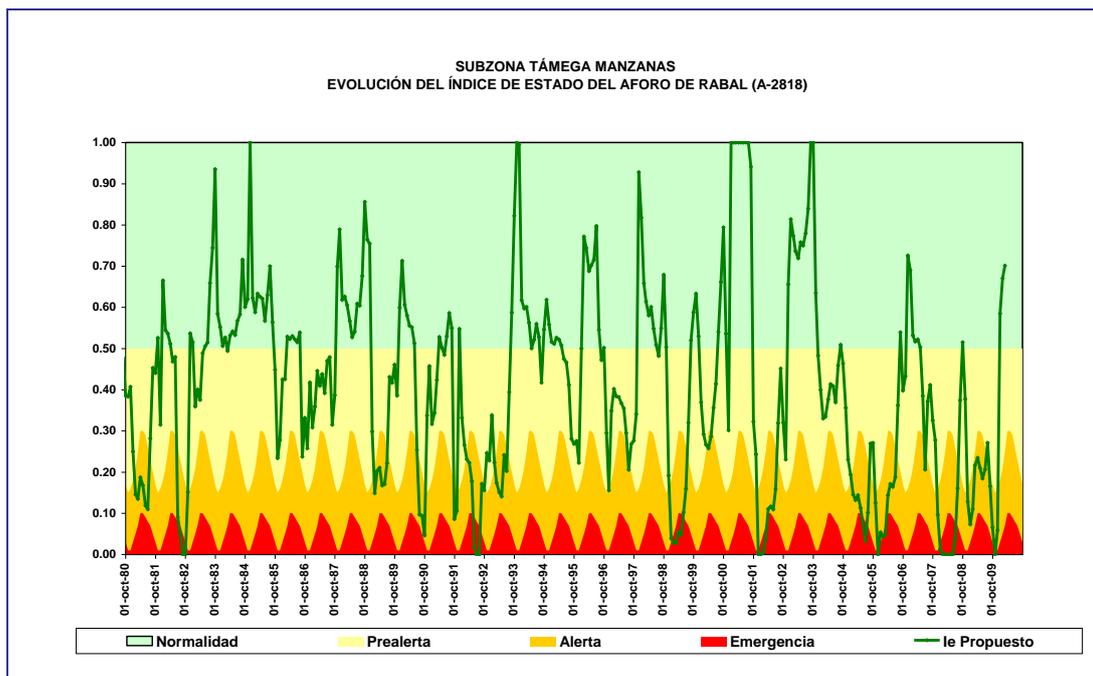


Figura 25. Propuesta de índice de estado en la subzona Támeга-Manzanas.

El índice de estado se sitúa la mayor parte del tiempo en los estados de normalidad y prealerta, observándose unas caídas y subidas bruscas debido a la menor inercia del indicador que depende de la variabilidad de aportaciones recibidas.

Se observa que el indicador se sitúa en la zona de emergencia en aquellos períodos que se han registrado históricamente como secos en la mayor parte de la cuenca, es decir, 1991/92, 1998/99, 2001/02, 2004/05, 2007/08 y finales del año hidrológico 2008/09.

En la sequía de 2007/08 (ver Figura 10 y Figura 24), el índice de estado indica que la fase de emergencia se habría extendido desde diciembre de 2007 a junio de 2008. En el mes de abril/08 diversos núcleos tuvieron que ser atendidos con camiones cisterna debido a la disminución de sus fuentes de suministro habituales por la sequía. Este mismo mes tuvieron lugar lluvias hicieron que la situación mejorase. En efecto, la situación en el sistema del Támega-Manzanas era, a mediados del mes de abril, buena en términos de caudales circulantes. Sin embargo, debido a la inercia del indicador que ponderaba las aportaciones de los seis últimos meses, el sistema seguía en emergencia aún cuando las demandas del sistema se estaban satisfaciendo sin problemas.

En noviembre de 2009 la guardería fluvial había investigado sobre la existencia de problemas de abastecimiento en la zona, no habiéndose encontrado incidencias. Además, las lluvias de octubre hicieron mejorar la situación general de la subzona. Tampoco fue necesario el abastecimiento a poblaciones mediante camiones cisterna.

Para valorar la adecuación de los intervalos establecidos para los diferentes estados de sequía (normalidad, prealerta, alerta y emergencia) se ha realizado un estudio comparativo entre la evolución del índice medio anual y el volumen de déficit anual de suministro mediante modelización con SIMGES.

A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm^3 , con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 26 se observa la comparación entre ambas variables.

Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice	Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice
1980/81	3,01	0,26	1995/96	2,30	0,58
1981/82	5,39	0,35	1996/97	0,00	0,31
1982/83	0,45	0,52	1997/98	1,73	0,61
1983/84	0,14	0,56	1998/99	2,25	0,22
1984/85	1,13	0,63	1999/00	2,45	0,45
1985/86	4,37	0,42	2000/01	0,76	0,84
1986/87	1,56	0,39	2001/02	2,96	0,16
1987/88	0,00	0,64	2002/03	2,12	0,75
1988/89	2,58	0,35	2003/04	2,54	0,43
1989/90	4,83	0,42	2004/05	4,87	0,17
1990/91	4,41	0,43	2005/06	3,07	0,19
1991/92	2,53	0,19	2006/07	-	0,47
1992/93	0,39	0,31	2007/08	-	0,12
1993/94	2,31	0,62	2008/09	-	0,19
1994/95	2,27	0,47			

Tabla 4. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Támega-Manzanas)

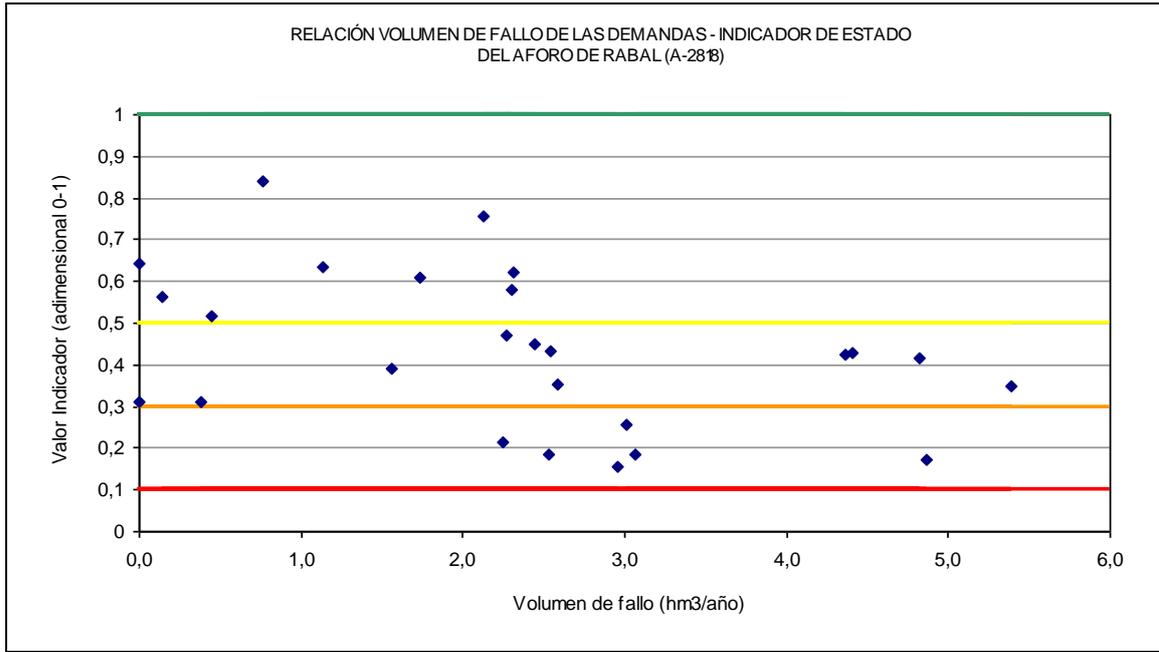


Figura 26. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Táme-ga-Manzanas)

3.5.2. Subzona Aliste-Tera

El indicador del PES 2007 de esta subzona lo conforman las aportaciones acumuladas en 6 meses en el embalse de Cernadilla, embalse hidroeléctrico situado aguas arriba de Valparaíso y Agavanzal. Se utiliza la serie de datos desde el año 1971/72.

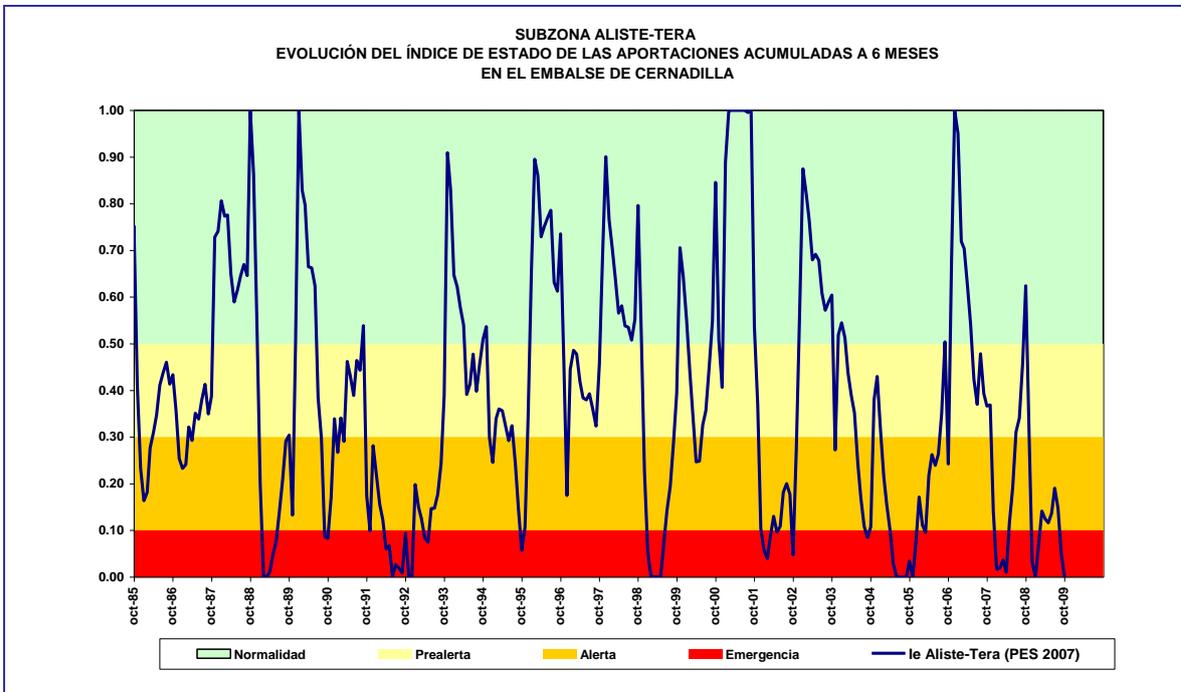


Figura 27. Índice de estado de la subzona Aliste-Tera (PES 2007)

Para la actualización de indicador de esta subzona se ha seleccionado una ponderación entre las aportaciones acumuladas durante 6 meses en el embalse de Cernadilla (70%) y las precipitaciones acumuladas en seis meses registradas en la estación sinóptica de Zamora (30%).

Para el cálculo del índice de las aportaciones en Cernadilla, se ha ampliado la serie de registro hasta el año 1968/69 con los datos generados a partir de la modelación en SIMGES para este punto.

En las siguientes figuras se muestra la evolución del índice de estado de ambos indicadores y del global de la subzona.

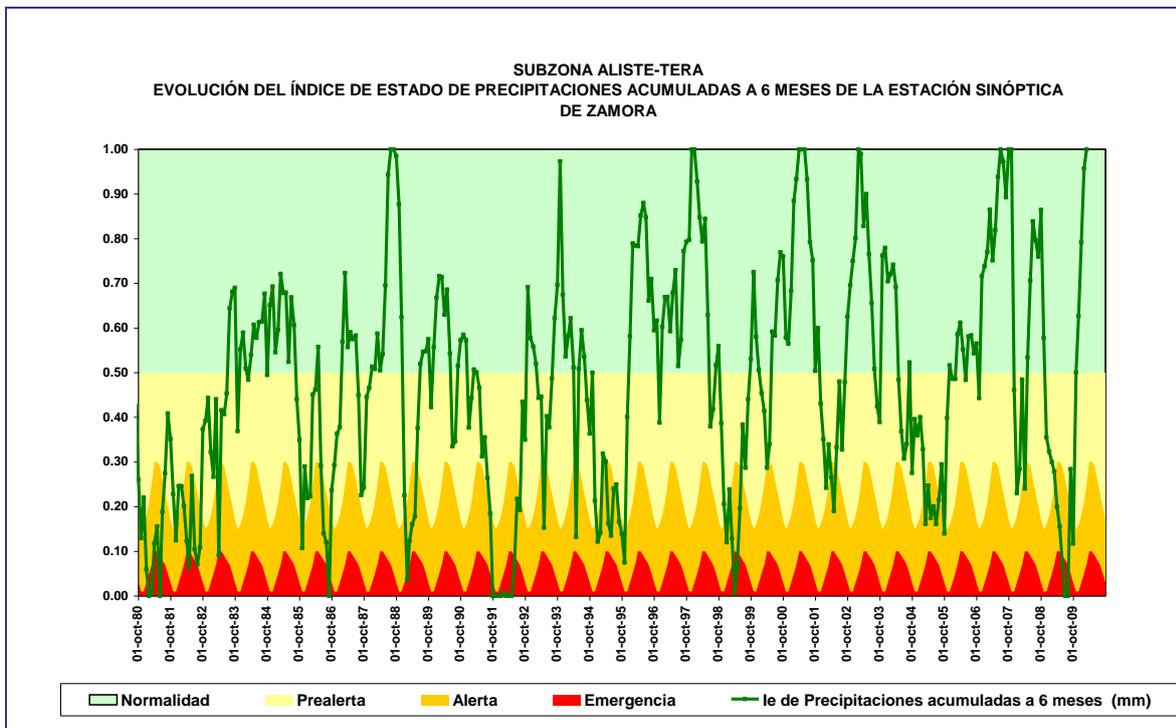
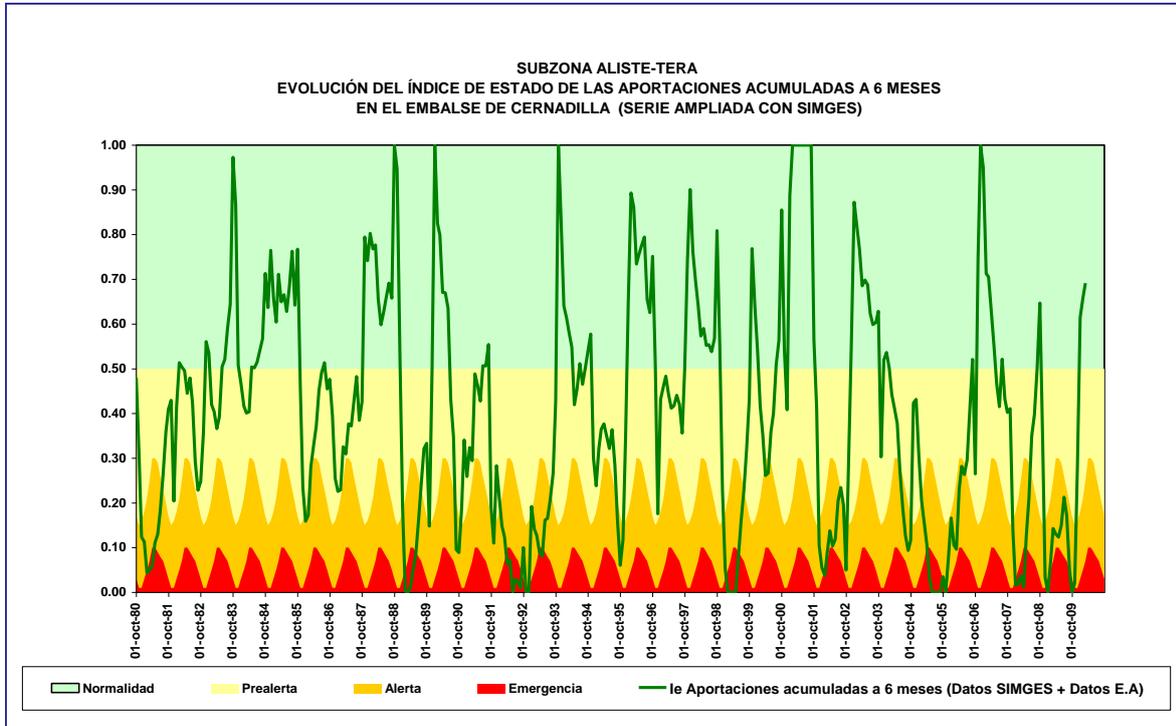


Figura 28. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Aliste-Tera

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda de la siguiente manera:

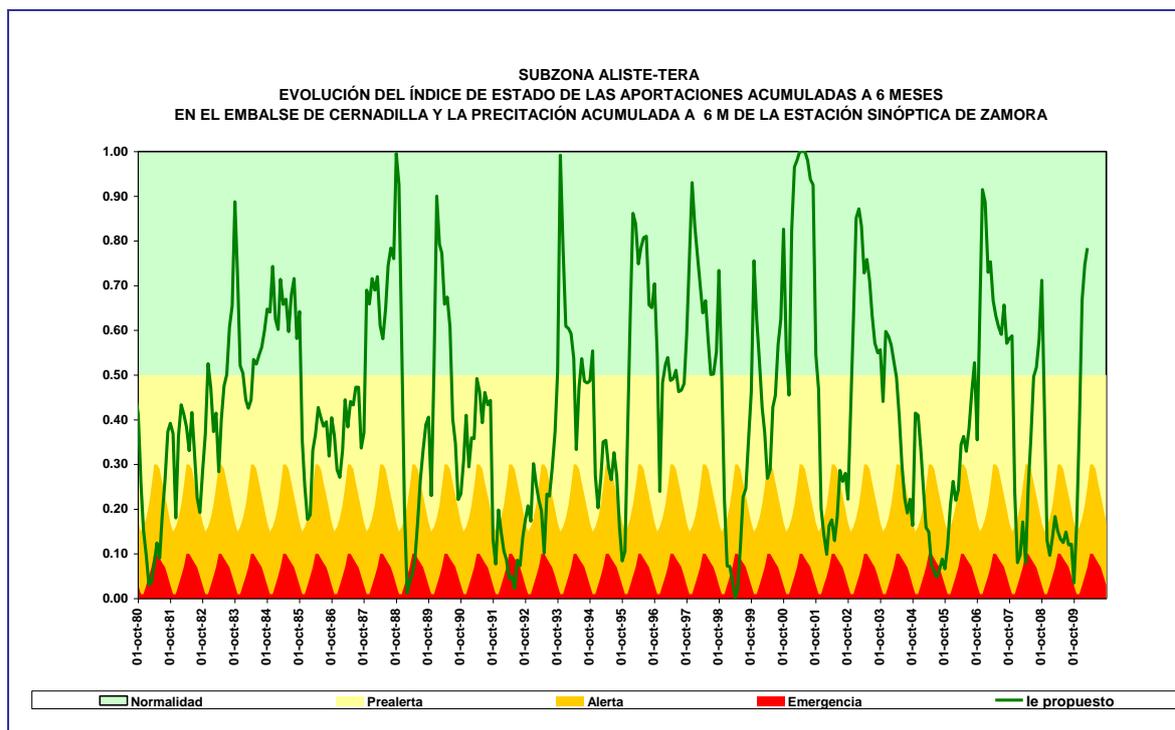


Figura 29. Propuesta de índice de estado en la subzona Aliste-Tera

El índice de estado se sitúa la mayor parte del tiempo en los estados de normalidad y prealerta, observándose unas caídas y subidas bruscas debido a la menor inercia del indicador que depende de la variabilidad de aportaciones recibidas.

Se observa que el indicador se sitúa en la zona de emergencia en aquellos períodos que se han registrado históricamente como secos en la mayor parte de la cuenca, es decir, 1988/89, 1991/92, 1998/99, 2001/02 (alerta), 2004/05, 2007/08 y finales del año hidrológico 2008/09.

Durante la sequía de 2007/08 (ver Figura 11 y Figura 29) la Comisión de Desembalse, reunida el 27 de marzo de 2008, ratificó el desembalse indicado para Nuestra Señora del Agavanzal, de forma que en la estación de aforo EA 2099 (Tera en Mozar de Valverde) se registrase, al menos, el caudal de 3 m³/s, caudal que se cumplió ampliamente durante todo el período de la sequía. El sistema Aliste-Tera no fue de los más afectados por este período de sequía y puede apreciarse que el índice de estado revisado se ajusta mejor a esta realidad pues apenas entra en situación de emergencia, mientras que el índice de estado del PES 2007 sí lo hacía durante varios meses.

Igualmente, en 2008/09, de acuerdo al índice de estado del PES 2007, el estado de emergencia se habría mantenido durante todo el año hidrológico, mientras que la situación real no era tal.

A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm³, con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 30 se observa la comparación entre ambas variables.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	3,57	0,17	1995/96	0,00	0,66
1981/82	3,52	0,33	1996/97	1,40	0,48

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1982/83	1,44	0,50	1997/98	0,64	0,68
1983/84	1,79	0,54	1998/99	4,08	0,19
1984/85	0,00	0,66	1999/00	1,71	0,51
1985/86	2,40	0,33	2000/01	0,00	0,85
1986/87	2,81	0,38	2001/02	3,78	0,22
1987/88	0,00	0,72	2002/03	0,18	0,68
1988/89	4,25	0,29	2003/04	2,16	0,39
1989/90	0,89	0,53	2004/05	6,06	0,18
1990/91	2,34	0,38	2005/06	3,02	0,32
1991/92	4,07	0,10	2006/07	-	0,31
1992/93	2,65	0,26	2007/08	-	0,54
1993/94	1,96	0,58	2008/09	-	0,15
1994/95	3,77	0,28			

Tabla 5. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Aliste-Tera)

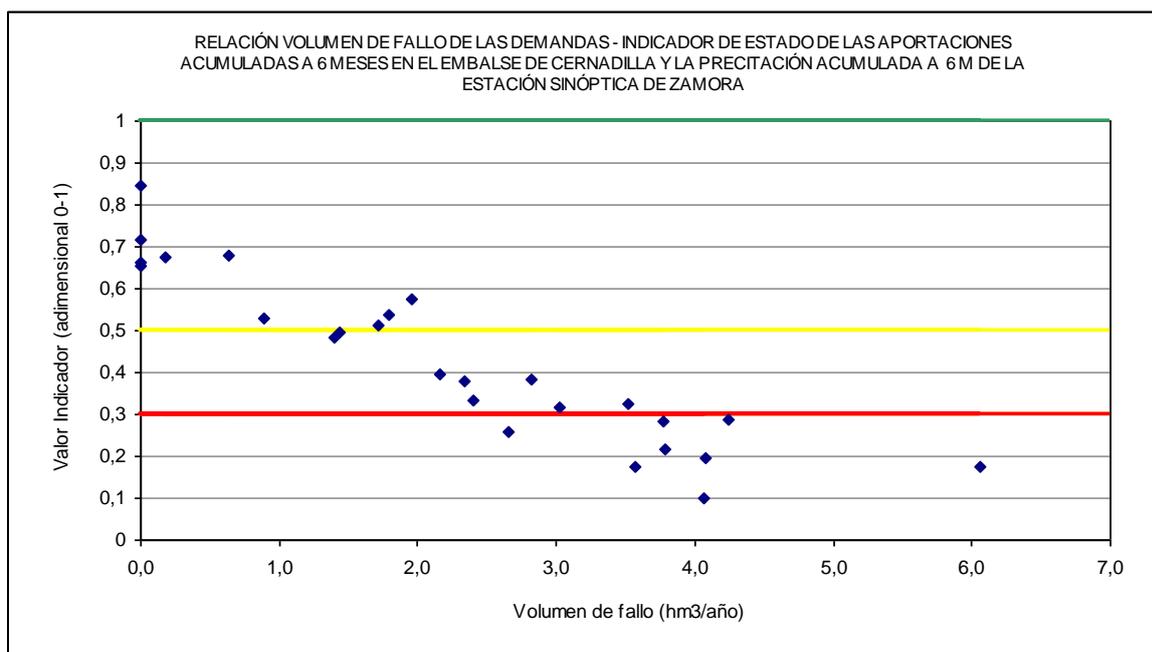


Figura 30. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Aliste-Tera)

3.5.3. Subzona Órbigo

El indicador de esta subzona definido en el PES 2007 lo conforman las aportaciones acumuladas durante 6 meses en el embalse de Villameca y el volumen embalsado a final de mes en el embalse de Barrios de Luna.

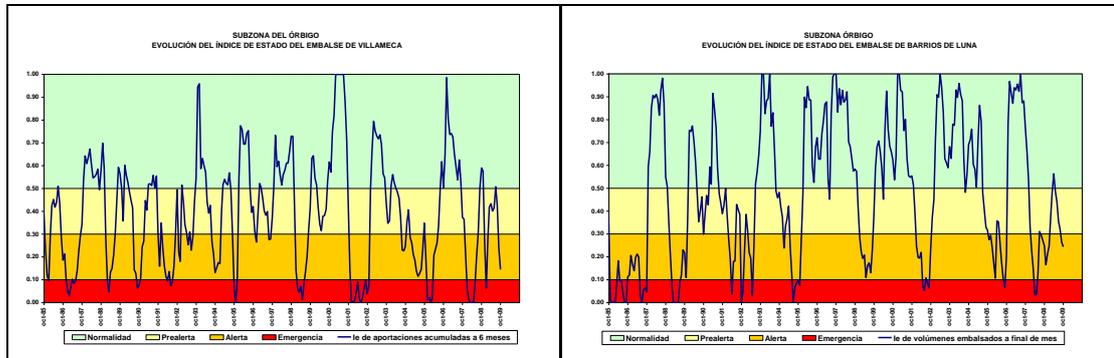


Figura 31. Desglose del índice de estado de la subzona Órbigo

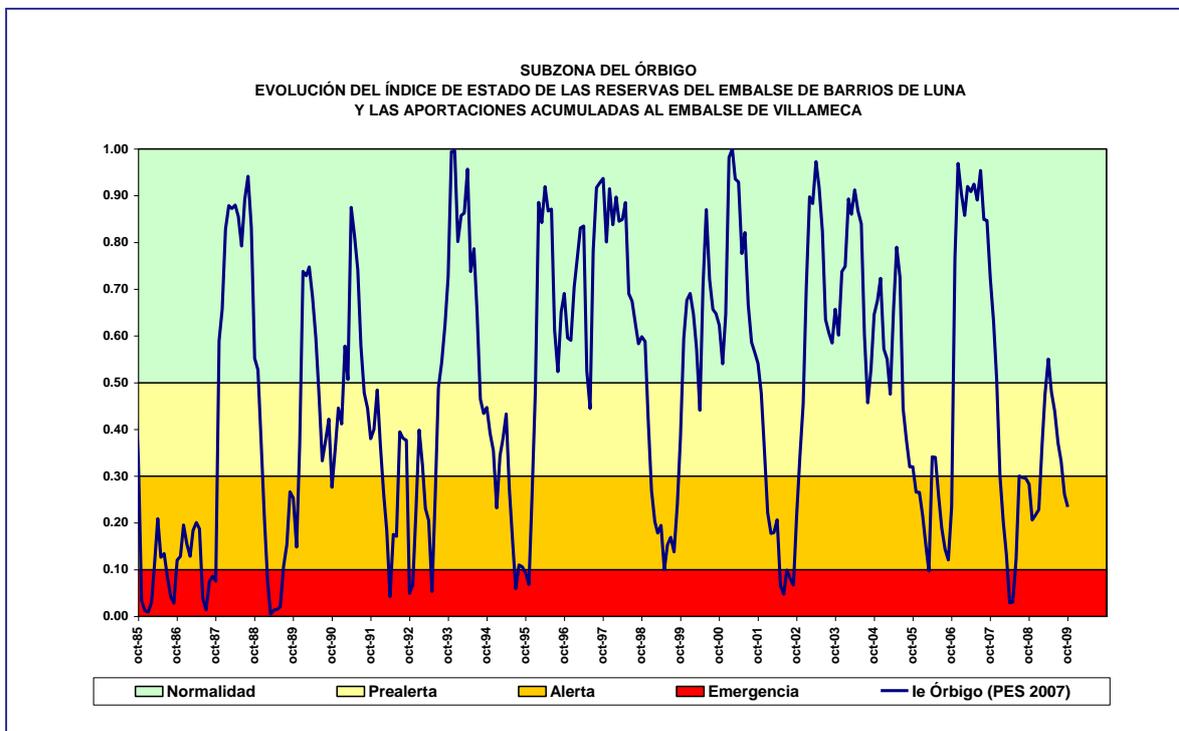
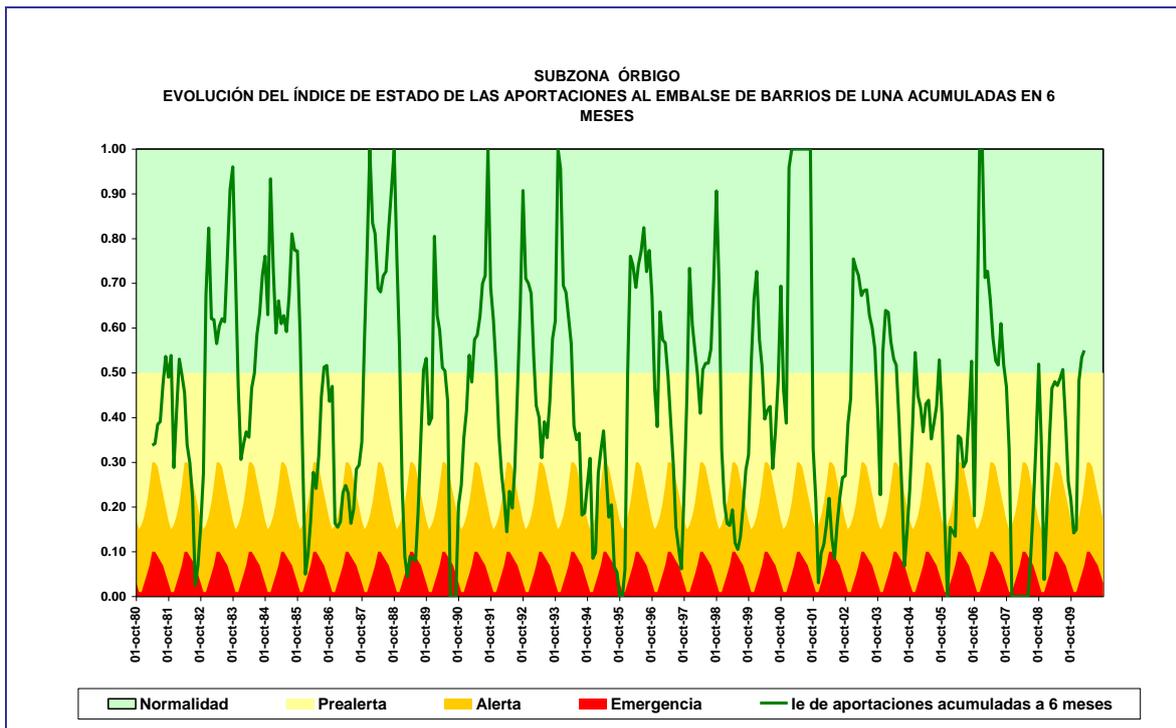
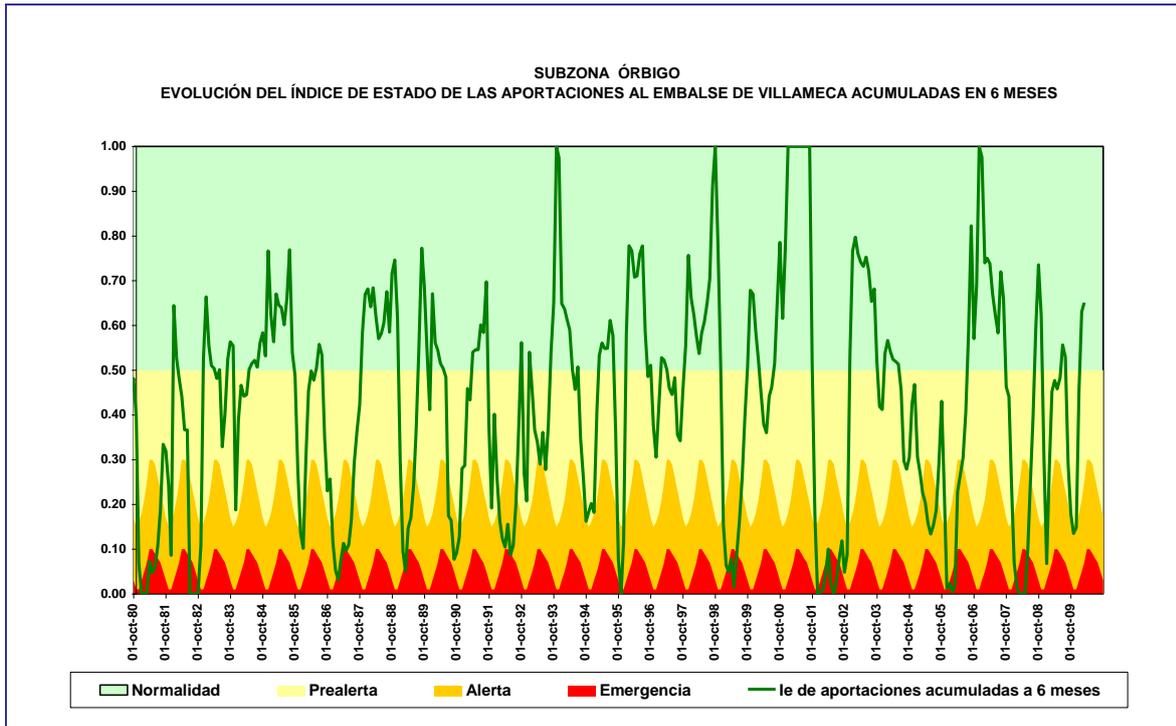


Figura 32. Índice de estado de la subzona Órbigo (PES 2007)

El indicador propuesto considera las aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Villameca (15%), las aportaciones acumuladas en periodos de 6 meses al embalse de Barrios de Luna (50%), las aportaciones acumuladas en 6 meses registradas en la estación de aforo del río Eria (el cual no está sujeto a regulación) en Morla de Valdería (EA 2089) (20%) y las precipitaciones acumuladas en 6 meses medidas en la estación sinóptica de León (15%).



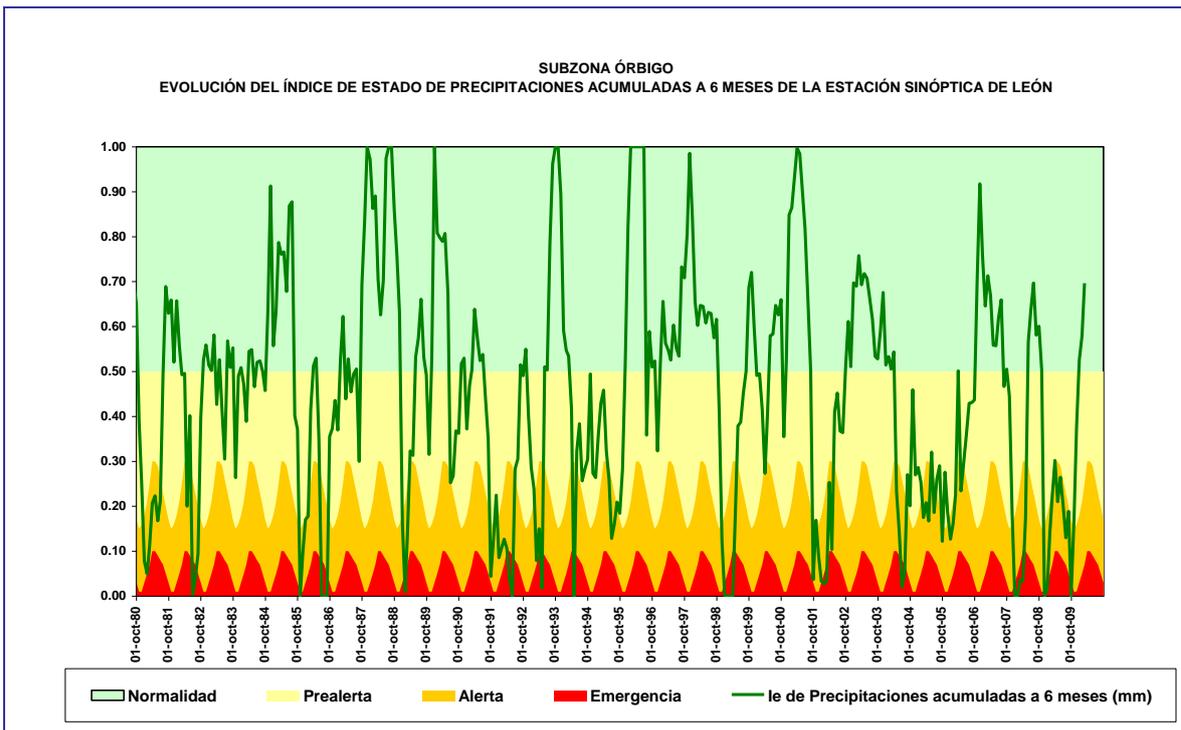
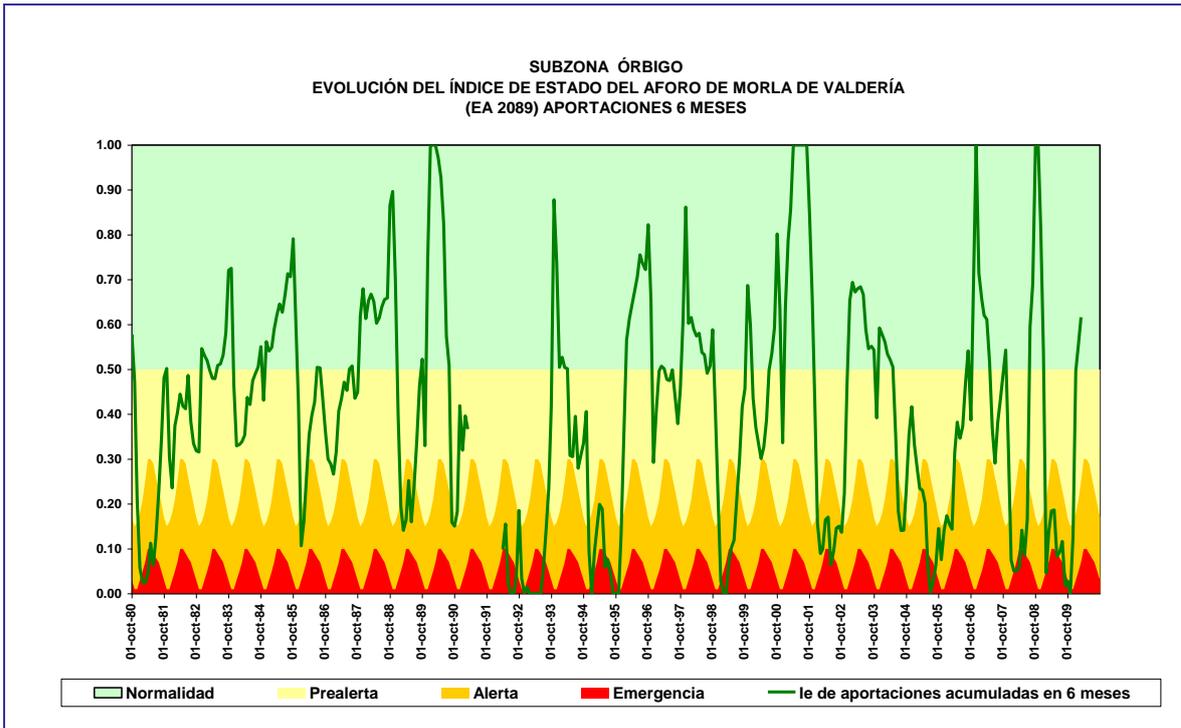


Figura 33. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Órbigo

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda como sigue:

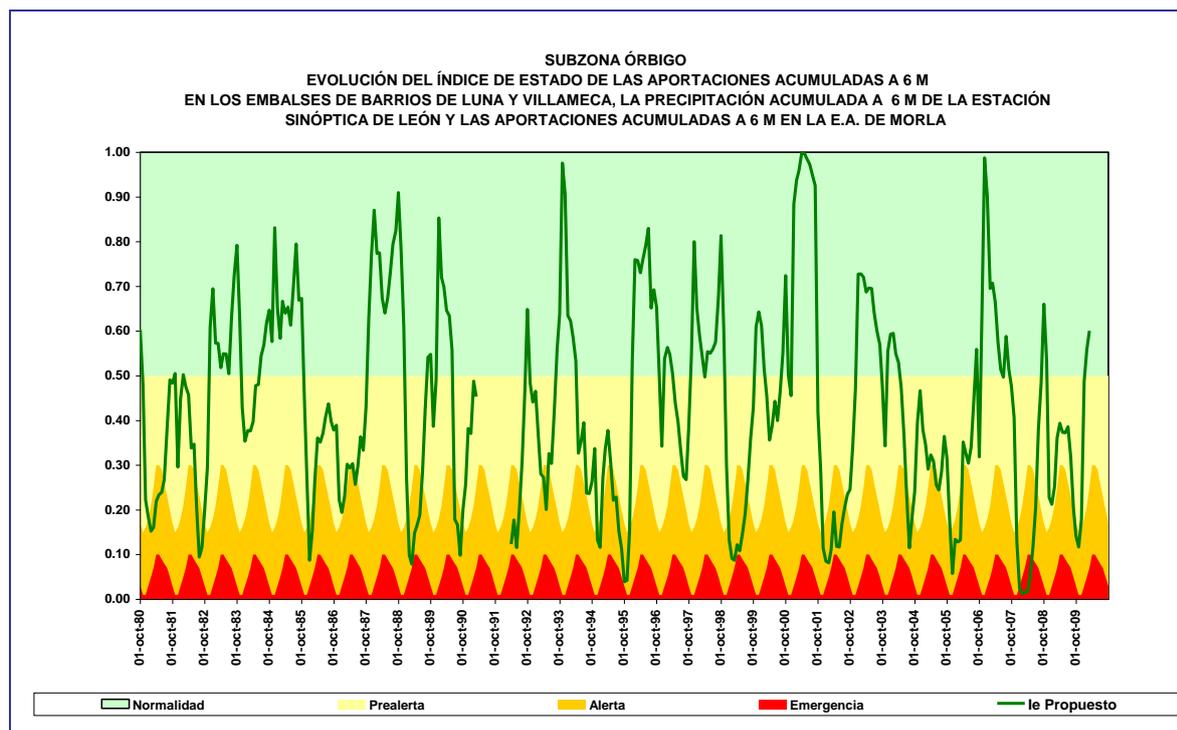


Figura 34. Propuesta de índice de estado en la subzona Órbigo

La subzona de Órbigo se encuentra la mayor parte del tiempo en situación de normalidad o prealerta, con incursiones en los niveles de alerta y emergencia en los períodos de sequía de 1988/89, 1991/92, 1994/95, 1998/99, 2001/02, 2004/05 y 2007/2008. A continuación se presenta la comparativa entre la gráfica y las sequías históricas de las que se tiene información:

- El año 1988/89 fue, en general, un año malo para la cuenca del Duero y en la subzona de Órbigo, en particular, se limitaron los caudales desembalsados. En marzo se tomó la decisión de dejar los regadíos en segundo plano para permitir el abastecimiento de agua y conseguir que los ríos llevaran agua suficiente para evitar catástrofes ecológicas. Entre las ciudades que presentaban una situación muy deficitaria se encontraba León. Esta situación viene a corresponder a un periodo situado en el nivel de emergencia.
- El año hidrológico 1998/99 fue un año extremadamente seco, pero como consecuencia de la buena distribución del agua se consiguió sacar adelante la campaña de riego. El indicador se mantiene durante todo el año en la franja de alerta. En marzo se tomaron medidas para afrontar la campaña de riego: se recomendó aplicar los volúmenes disponibles a riegos de primavera, se fijaron los volúmenes mínimos para abastecimiento y caudales de mantenimiento y se dejó libertad a las Juntas de Explotación para administrar el volumen restante.
- En el año 2001/02 la campaña de riego en Tuerto se efectuó de una forma precaria, dándose por concluida en el mes de agosto.
- En el año 2007/08, de acuerdo al índice de estado, el período de emergencia se extendió entre enero de 2007 y mayo de 2008 (ver Figura 12 y Figura 34). En marzo de 2008 se comenzaron a tomar medidas: se intentó atrasar el desembalse para riego y los regantes del sistema Órbigo acordaron abandonar el 50% de la superficie regable. El sistema del Órbigo fue el que presentó mayores dificultades para la campaña de riego en este año hidrológico.
- A mediados de septiembre/09 diversas localidades de la cuenca se están abasteciendo todavía con camiones cisterna. A modo de ejemplo, este es el caso de localidades de Zamora o León. La ausencia de precipitaciones ha llevado a la disminución significativa de caudales de ciertos ríos de la cuenca, con sus consiguientes consecuencias medioambientales. Así, en Zamora se han tenido que realizar rescates de cangrejo señal en algunos tramos del río Eria, o de trucha en ríos como el Negro

o el Tuela. En este momento el índice de estado de la subzona se encuentra en situación de alerta, mientras que el índice correspondiente al PES 2007 se encontraría en situación de prealerta.

En general, puede decirse que el índice de estado del PES 2007 muestra situación de emergencia más pronunciada para las sequías 1988/89, 1991/95 y 2001/02, mientras que para la de 2007/08 la fase de emergencia se extiende aproximadamente durante el mismo período de tiempo. Para el final del año hidrológico 2008/09 se ajusta mejor el índice propuesto.

Se da por válida la ponderación realizada, ya que la evolución del índice de estado responde adecuadamente a la evolución de las sequías en la subzona. No obstante, puesto que la diferencia entre el índice de estado del PES 2007 y el propuesto radica en mostrar distinto grado gravedad de la sequía, se precisará continuar validando el índice de estado propuesto.

A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm^3 , con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 35 puede observarse la comparación entre ambas variables.

Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice	Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice
1980/81	32,68	0,29	1995/96	15,19	0,61
1981/82	40,63	0,33	1996/97	25,41	0,42
1982/83	23,59	0,58	1997/98	20,60	0,61
1983/84	19,30	0,49	1998/99	105,28	0,24
1984/85	13,95	0,67	1999/00	25,69	0,51
1985/86	54,95	0,33	2000/01	14,76	0,83
1986/87	113,68	0,30	2001/02	107,96	0,16
1987/88	7,40	0,76	2002/03	20,03	0,61
1988/89	27,93	0,34	2003/04	36,91	0,40
1989/90	22,25	0,47	2004/05	58,48	0,33
1990/91	30,94	-	2005/06	107,04	0,27
1991/92	40,60	-	2006/07	-	0,65
1992/93	30,34	0,40	2007/08	-	0,21
1993/94	29,65	0,51	2008/09	-	0,32
1994/95	117,28	0,22			

Tabla 6. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Órbigo)

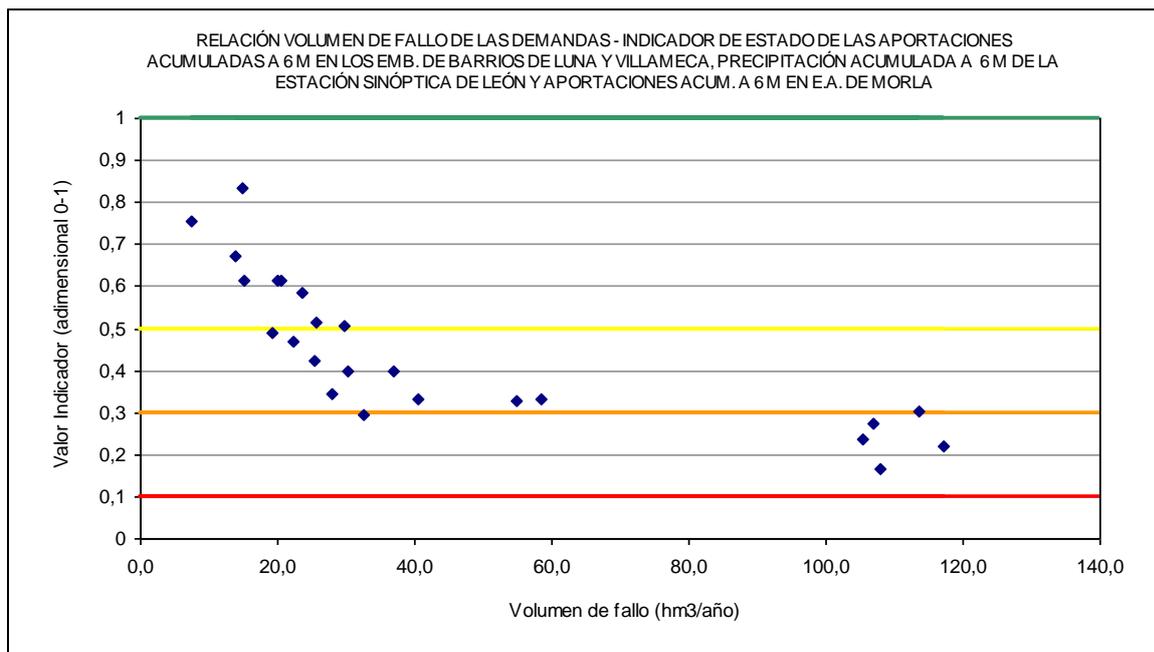


Figura 35. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Órbigo)

3.5.4. Subzona Esla-Valderaduey

La subzona Esla-Valderaduey utiliza como indicador en el PES 2007 una ponderación de los datos de volúmenes almacenados a final de mes en los embalses de Riaño y de Porma.

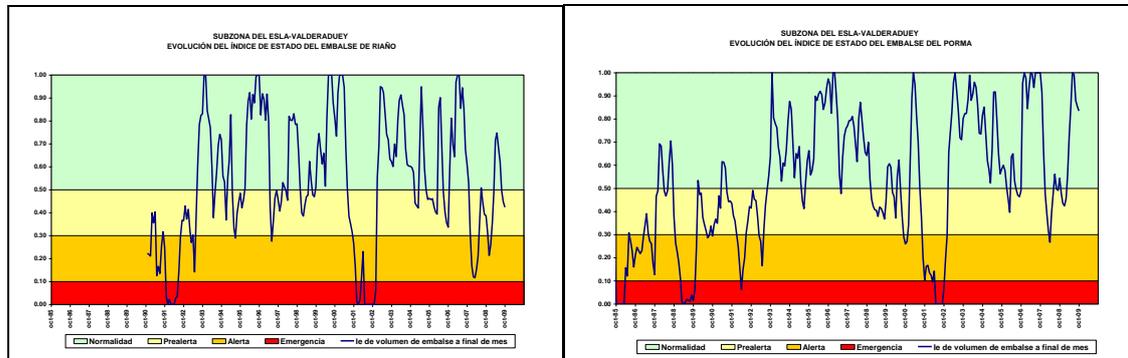


Figura 36. Desglose del índice de estado de la subzona Esla-Valderaduey

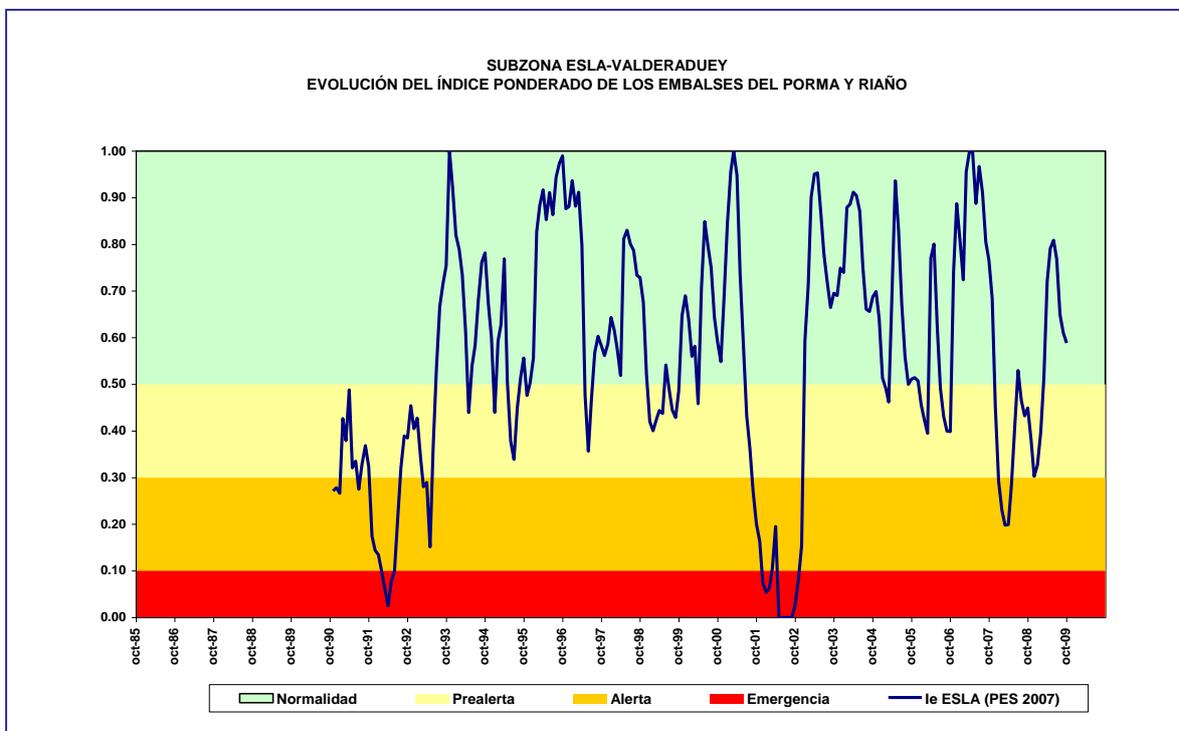
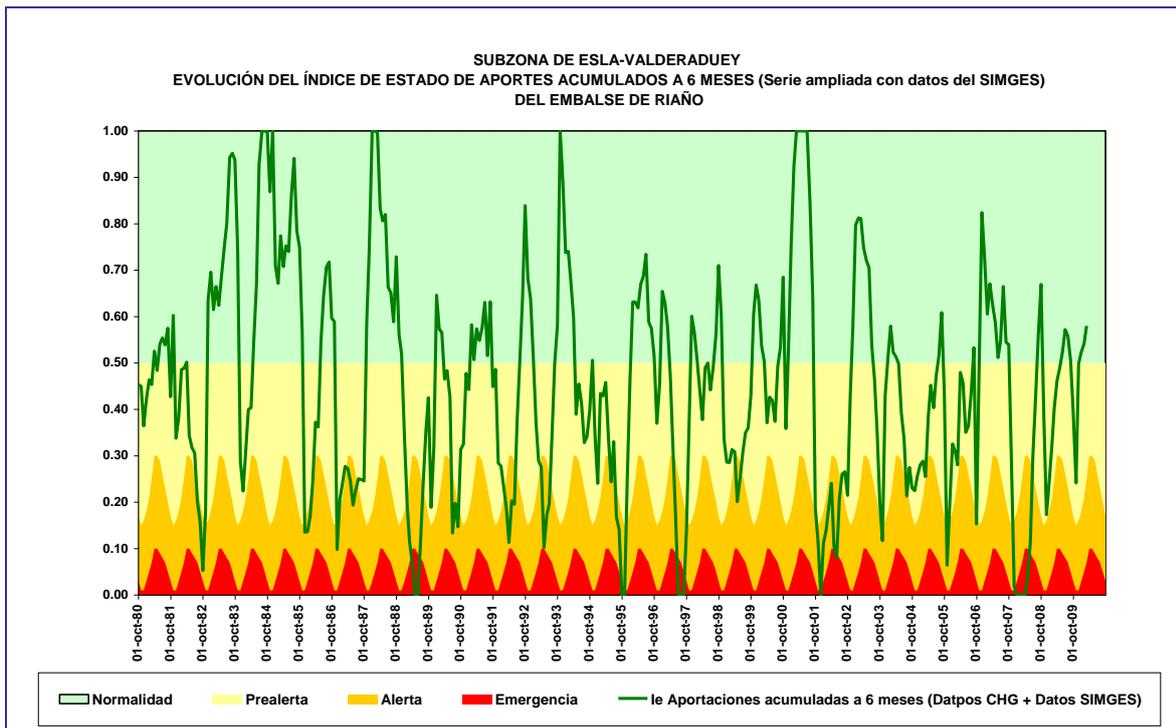
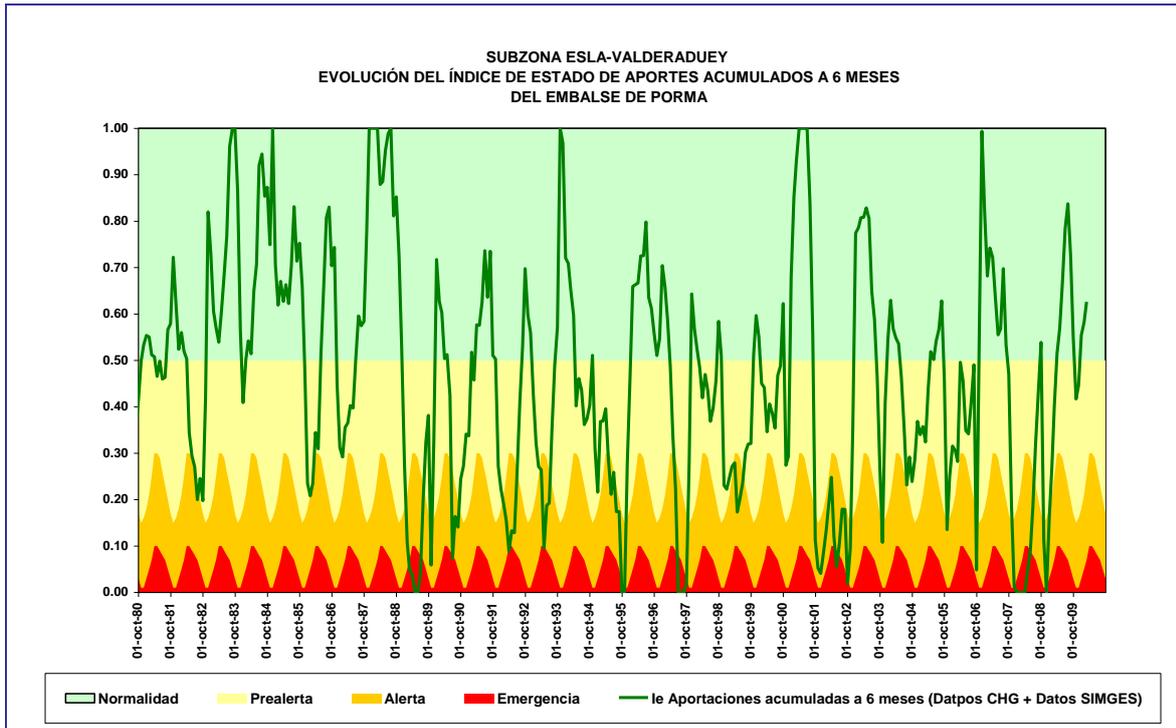


Figura 37. Índice de estado de la subzona Esla-Valderaduey (PES 2007)

Para la actualización de este indicador se ha optado por una ponderación entre las aportaciones acumuladas en 6 meses en el embalse de Porma (30%), las aportaciones acumuladas durante 6 meses en el embalse de Riaño (50%), las aportaciones registradas durante 6 meses en la estación de aforos 2070 del río Bernesga (10%) en su tramo alto, en La Robla, y la pluviometría acumulada en 6 meses medida por la estación sinóptica de León (10%).

El cálculo de los indicadores de Riaño y Porma, se ha realizado a partir de las series de registro ampliadas con los datos de aportaciones calculadas con SIMGES en ambos puntos. En total supone un incremento de las series de 22 y 16 años respectivamente, desde el año 1968/69 hasta los años 1989/90 y 1983/84.



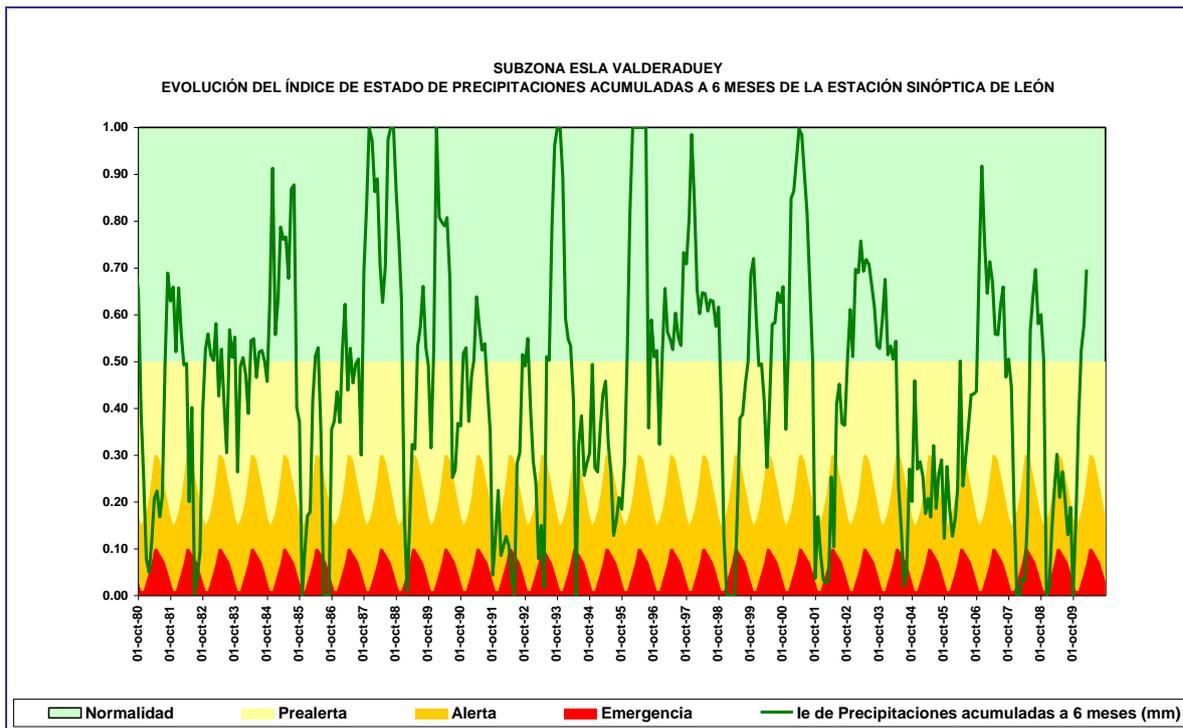
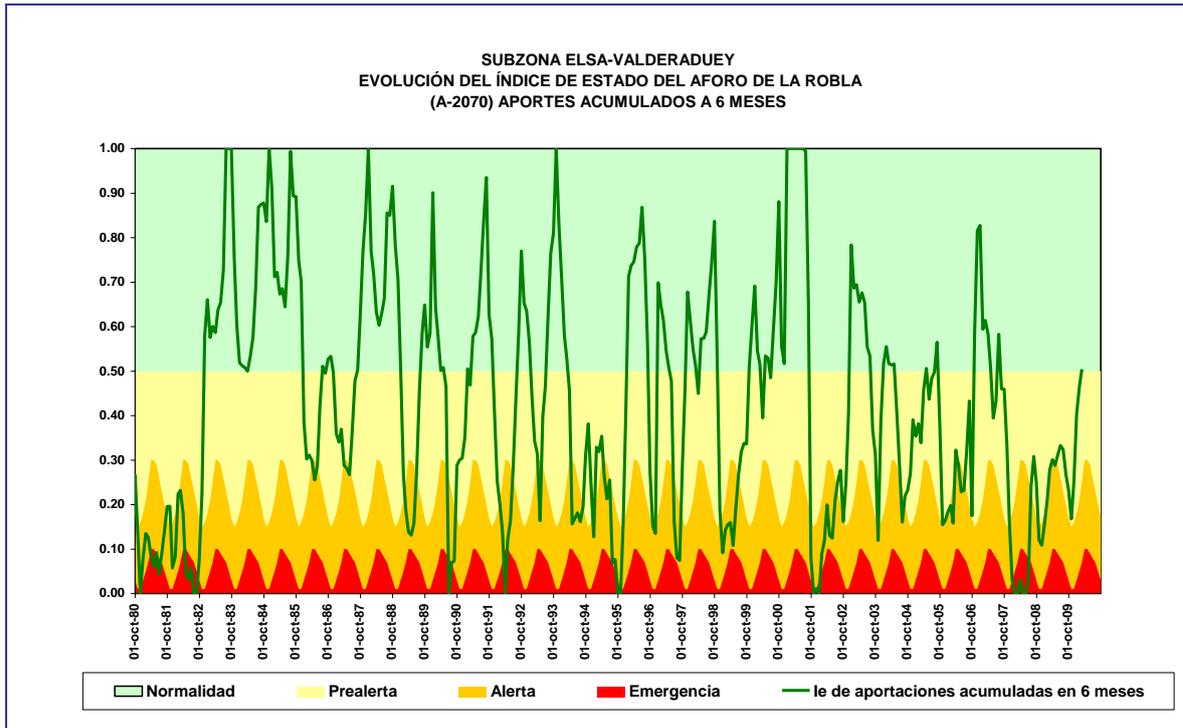


Figura 38. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Esla-Valderaduey

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda de la siguiente manera:

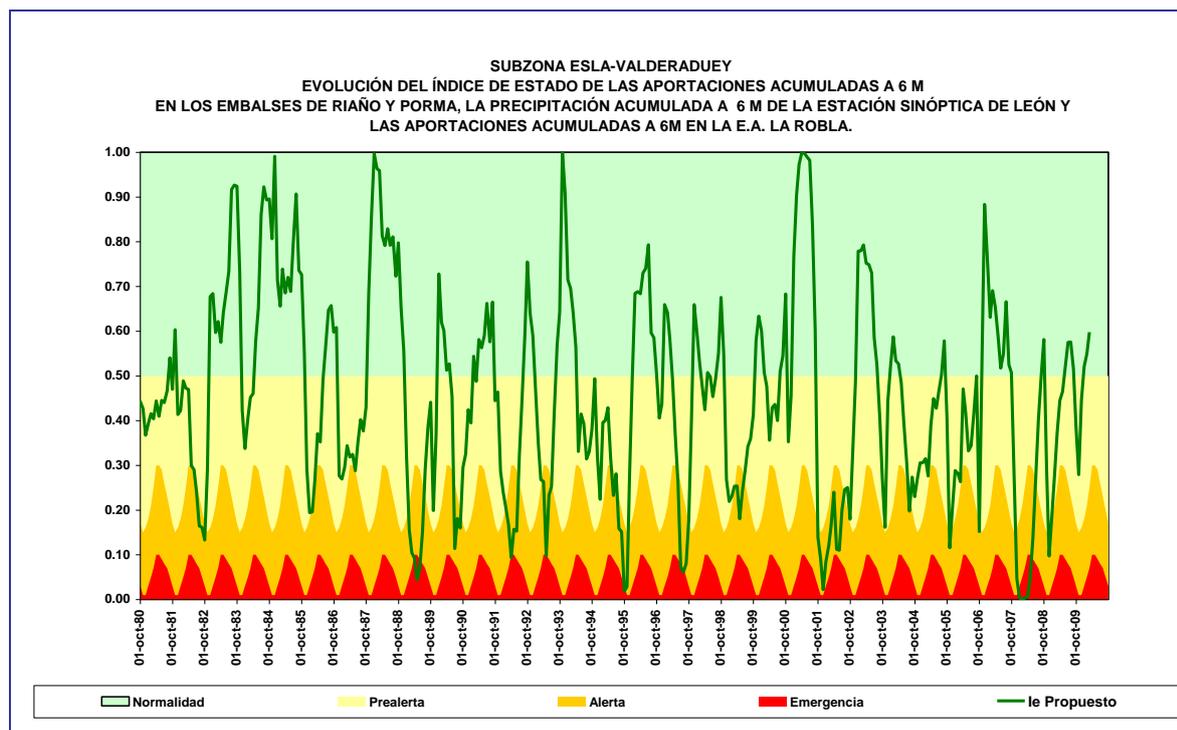


Figura 39. Propuesta de índice de estado en la subzona Esla-Valderaduey

La función del índice de estado en la subzona Esla-Valderaduey presenta un recorrido dominante, en el periodo estudiado, dentro del estado de normalidad, con incursiones en situaciones de alerta y emergencia en 1988/1989, 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1996/97, 2001/02 y en 2007/08.

Estudiando los acontecimientos históricos reflejados en las actas de la Comisión de Desembalse, en la prensa y en los informes semanales y mensuales de seguimiento de sequía (a partir de la puesta en funcionamiento del PES), se detectaron situaciones excepcionales en los años 1992, 2002 y 2008, coincidiendo con los periodos en los que el índice de estado se sitúa en la zona de emergencia:

- En febrero de 1992 los embalses de la provincia de León se encontraban prácticamente al límite y la Junta de Castilla y León tuvo que subvencionar préstamos a los agricultores. En marzo algunas localidades sufrieron restricciones y se notó una merma en la calidad de las aguas debido al bajo caudal circulante en los ríos.
- En junio de 2002 el Canal de Arriola, abastecido por Porma, sufrió alguna restricción, ya que es de los últimos que toman, con una dotación inferior en un 20% de sus demandas reales. De los regadíos abastecidos por Riaño, el Páramo Bajo y el Canal del Esla también sufrieron restricciones.
- La sequía de 2007/08, durante la cual ya estaba activo el PES, se manifestó en esta subzona entre finales de 2007 y mediados de 2008 (ver Figura 13 y Figura 39). Se tradujo, en la decisión de la Comisión de Desembalse, en el mes de abril, de reducir los volúmenes mínimos objetivo para final de campaña hasta 78 hm³ en el embalse de Riaño, además de un desembalse mínimo de 3,5 m³/s, de forma que en la estación de aforo EA 2111 (Esla en Villomar) se registrase un caudal de 5 m³/s. En abril, se acordó en las Juntas de Explotación del 03.04.08 reducir dotaciones para las comunidades de regantes del Sistema y retrasar el primer desembalse para riego, además de aportar recursos para 12.000 hectáreas equivalentes. El incumplimiento del caudal mínimo establecido para la estación de aforo 111 - Esla en Villomar (5 m³/s) fue habitual hasta finales de 2007. El nuevo índice de estado propuesto se ajusta mejor a esta situación ya que entra y se mantiene en la situación de emergencia entre diciembre/07 y abril/08, mientras que el índice del PES 2007 únicamente entraba en situación de alerta de febrero a abril de 2008.

Se puede concluir que al responder la evolución del índice de manera coherente con las sequías históricas ocurridas en la subzona, se considera al índice de estado propuesto como un buen indicador de sequías en esta zona.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona dicho volumen de fallo anual, en hm³, con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 40 se comparan ambas variables.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	52,48	0,44	1995/96	13,63	0,57
1981/82	56,33	0,35	1996/97	24,43	0,35
1982/83	21,74	0,69	1997/98	22,23	0,52
1983/84	24,10	0,63	1998/99	50,84	0,30
1984/85	14,49	0,76	1999/00	51,75	0,51
1985/86	32,91	0,43	2000/01	21,61	0,75
1986/87	50,26	0,36	2001/02	63,50	0,15
1987/88	5,93	0,83	2002/03	25,28	0,60
1988/89	51,33	0,27	2003/04	43,44	0,39
1989/90	23,24	0,40	2004/05	63,57	0,39
1990/91	31,13	0,52	2005/06	50,65	0,32
1991/92	50,62	0,32	2006/07	-	0,63
1992/93	49,84	0,40	2007/08	-	0,19
1993/94	29,26	0,56	2008/09	-	0,39
1994/95	44,00	0,28			

Tabla 7. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Esla-Valderaduey)

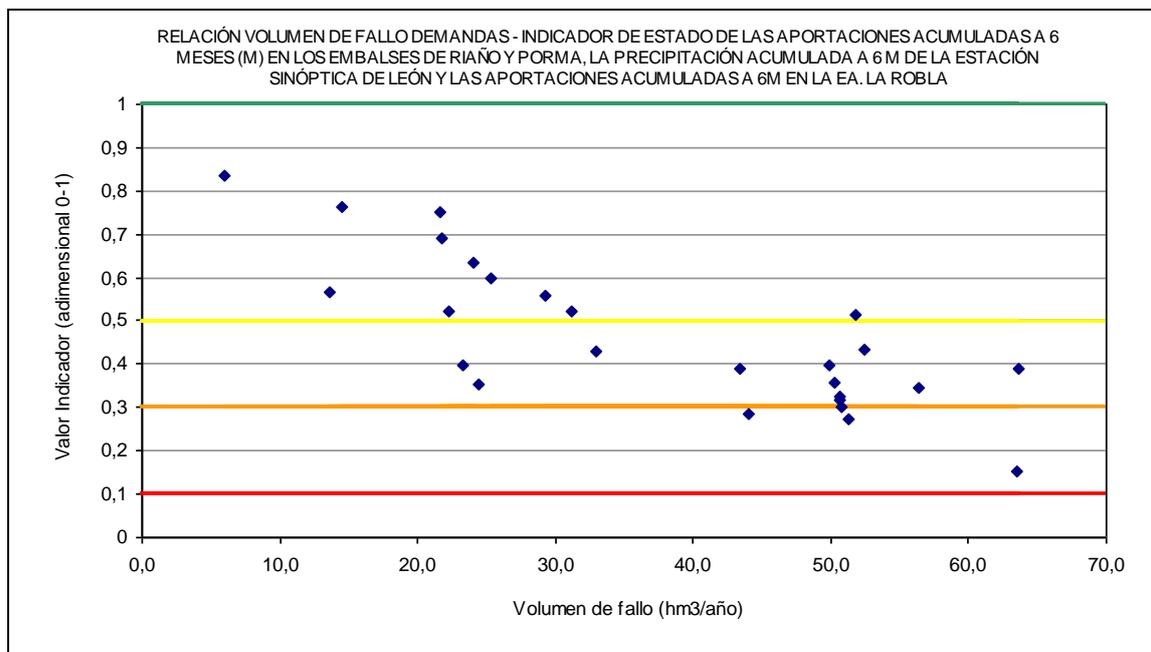


Figura 40. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Esla-Valderaduey)

3.5.5. Subzona Carrión

En el PES 2007 se establece como indicador para la subzona Carrión los volúmenes de entrada acumulados semestralmente al embalse de Camporredondo, situado en la cabecera de la subzona.

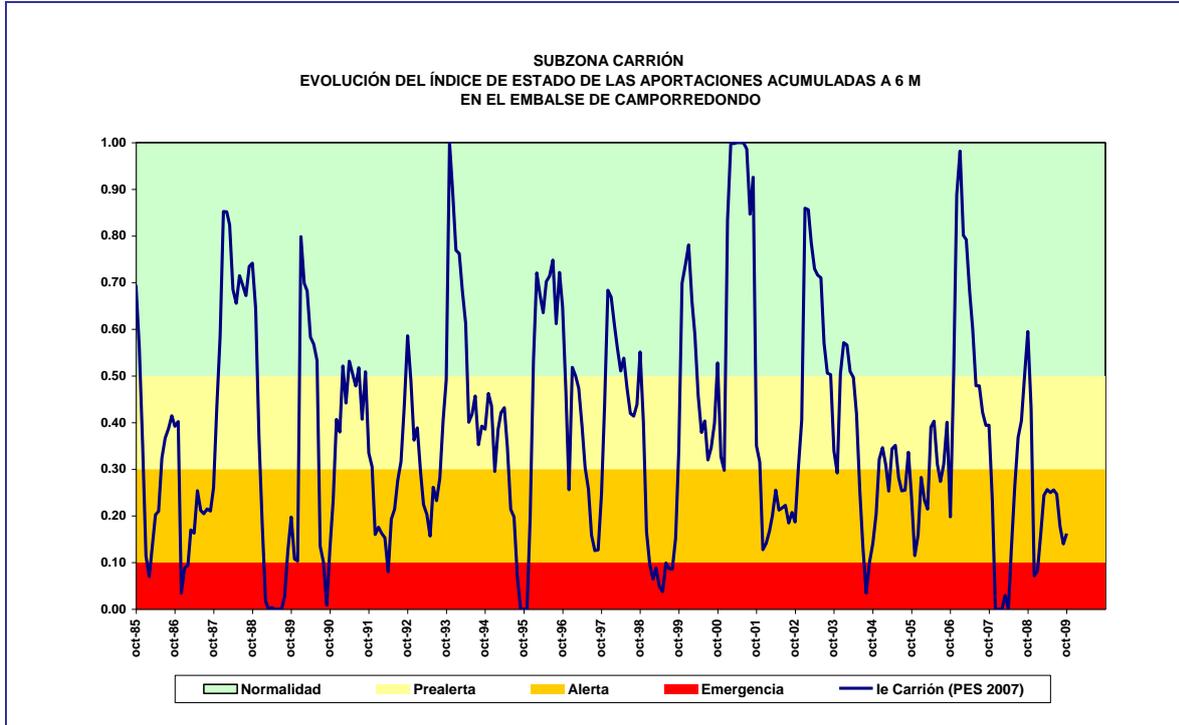
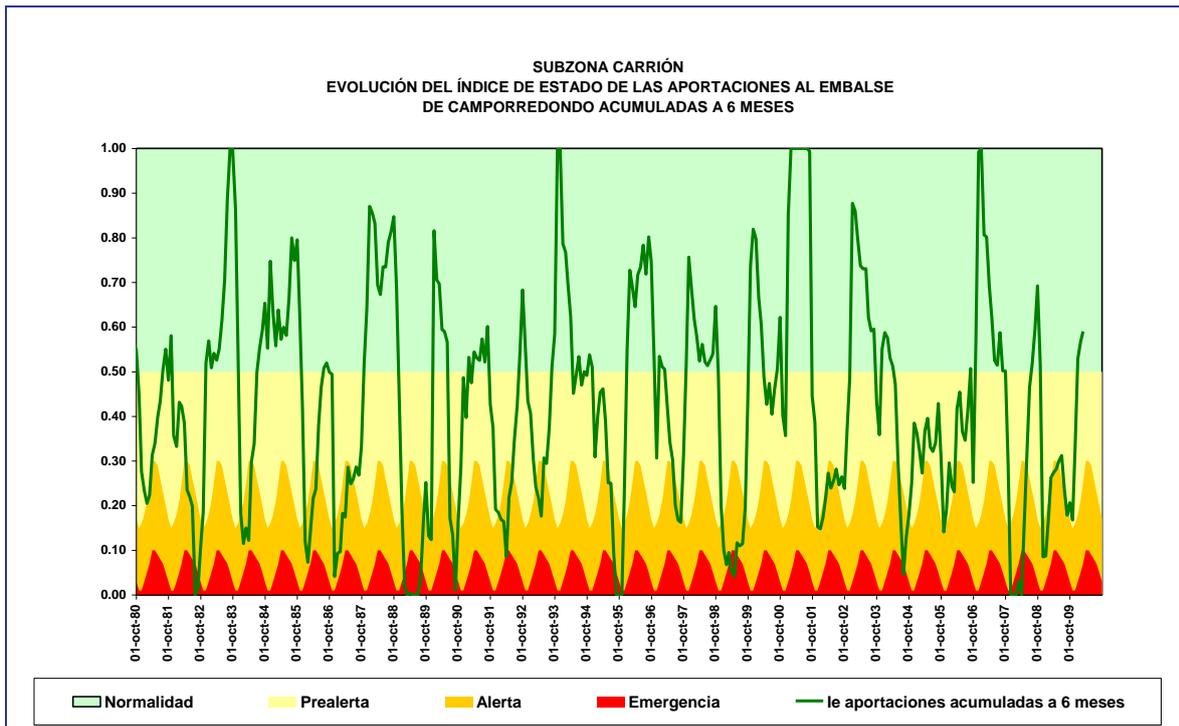


Figura 41. Índice de estado de la subzona Carrión (PES 2007)

Para el indicador actualizado se han seleccionado las aportaciones acumuladas en 6 meses al embalse de Camporredondo (80%), las aportaciones acumuladas en 6 meses registradas por la estación EA 2041 - Villarcazar de Sirga (10%), ubicada en el río Ucieza, río sin elementos reguladores, y las precipitaciones acumuladas en 6 meses registradas por la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla) (10%).



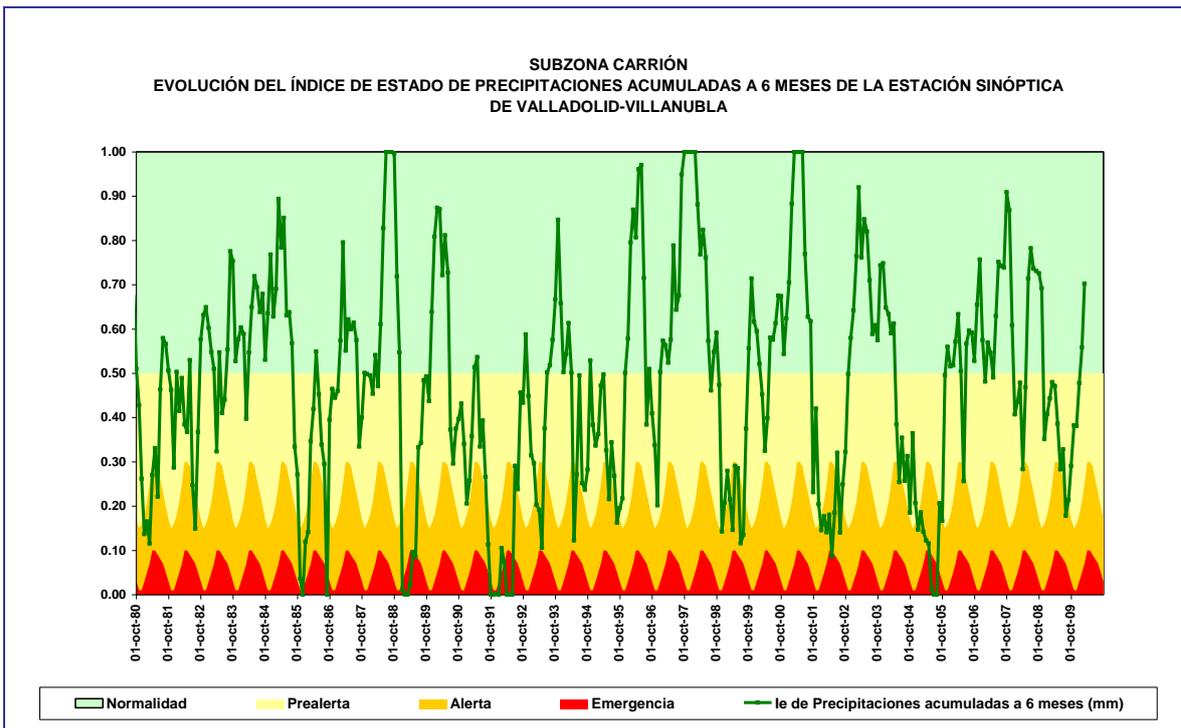
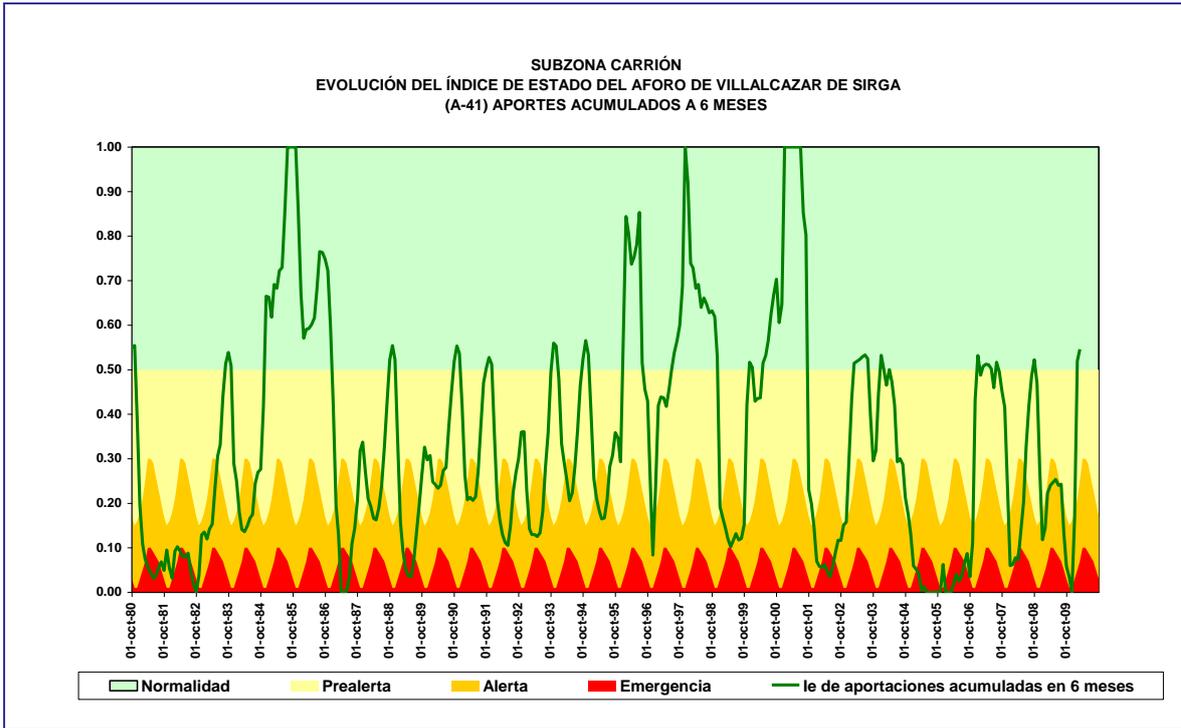


Figura 42. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Carrión

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda como se muestra en la siguiente figura:

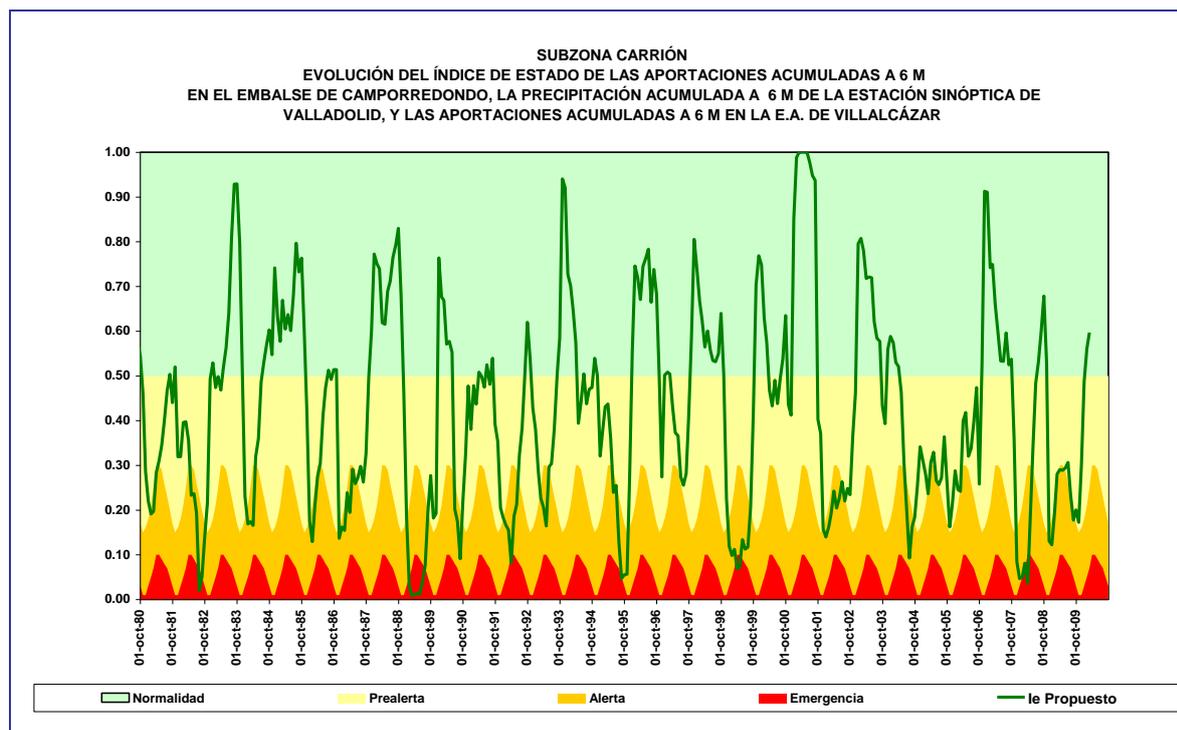


Figura 43. Propuesta de índice de estado en la subzona Carrión

De la evolución del índice se desprende que, la mayor parte del tiempo, se ha situado en el rango de la prealerta, produciéndose caídas muy bruscas en épocas de sequía, lo que denota una sensibilidad a periodos secos.

Para calibrar el comportamiento del indicador con los acontecimientos históricos ocurridos en la subzona del Carrión se ha consultado la prensa, los informes de la Comisión de Desembalse y los informes semanales y mensuales de seguimiento de sequía (a partir de la puesta en funcionamiento del PES), localizándose la siguiente información respecto a épocas secas:

- En el año 1988/89 el índice se encuentra principalmente en la zona de emergencia. En este año se tuvieron que limitar los caudales desembalsados. En febrero de 1989 las comunidades de regantes más afectadas eran las de Tierra de Campos, abastecidas por el sistema de Carrión. El embalse de Camporredondo se encontraba por debajo de las previsiones realizadas por la Confederación para años secos. La demanda de Valladolid superaba en un 20 % la disponible. En general en toda la cuenca, se tuvieron problemas con la calidad de las aguas, y en particular en Valladolid, atendiendo desde el Canal de Castilla, se tuvieron que tomar restricciones por la incapacidad de las instalaciones existentes de depurar convenientemente el agua de los ríos.
- En junio de 1990 el índice se encuentra en situación de alerta y el canal de Carrión presentaba escasez de agua para la agricultura, centrándose principalmente en el abastecimiento de núcleos de población. Posteriormente, manteniéndose en alerta se produjo alguna restricción de agua.
- En el año 1991/92 el índice se emplaza principalmente en la situación de alerta; pasando puntualmente, en el mes de marzo, a emergencia. En febrero de 1992, la situación de sequía, impidió sembrar en las fincas de Tierra de Campos y obligó a los agricultores a estudiar la posibilidad de sembrar otros productos alternativos. Esto concuerda con la tendencia descendente del índice que al mes siguiente entró en la zona de emergencia.
- En el año 1996/97 el índice propuesto se sitúa principalmente en la zona de prealerta. Si bien, en mayo de 1997, se decidió disminuir los volúmenes fijados al final de los meses de mayo y junio, también se recomendó evitar los cultivos con fuertes necesidades de agua y se puso de manifiesto la disciplina que deben seguir los riegos, recordando el uso prioritario de los abastecimientos. En esta

subzona se consideró la situación climatológica de excepcional, dado que se habían registrado en los últimos meses unas aportaciones mínimas históricas.

- El índice en el año 1998/99 alcanza la zona de emergencia. Según la evolución, hasta finales de marzo de 1999 se puede clasificar como un año hidrológico extremadamente seco durante el cual la pluviometría fue un 50 % de la pluviometría media de la cuenca. En dicho mes se recomendó suspender la campaña de riego. Se fijaron unos embalses mínimos que correspondían a las necesidades de abastecimiento y caudales de mantenimiento, y se propuso dar libertad a las Juntas de Explotación para que gastasen el poco volumen que quedara disponible según decidieran. En mayo del 99 algunos sistemas se estaban recuperando, pero Carrión seguía en situación de precariedad, como lo refleja la situación del indicador que permanece en el rango de la emergencia.
- En el año 2001/02, se observa una fuerte caída en los valores del índice, situando éste en la zona de alerta. La campaña se desarrolló de forma satisfactoria pero fue necesaria la ayuda de agua trasvasada desde el Esla y la observancia de turnos de riego rigurosos.
- En marzo de 2008 el índice de estado entra en zona de emergencia, en abril sale (ver Figura 14 y Figura 43). En abril 2008 la Comisión de Desembalse adoptó el volumen mínimo objetivo de 18 hm³ como dato conjunto de los embalses de Compuerto y Camporredondo, así como el desembalse desde este último de 2 m³/s de tal forma que se registren 4 m³/s en la estación de aforo EA 2042 (Carrión en Palencia). Varios días del mes no se alcanzó el caudal de 4 m³/s, ya que rondaba los 3 m³/s. Como justificación se puede añadir que, dadas las condiciones de depuración y las aportaciones al Carrión desde el río Valdejinate inmediatamente aguas abajo de la ciudad (todavía no cuantificadas pero con un caudal no despreciable), junto con el echo del buen funcionamiento de la depuradora de Palencia y la ausencia de vertido de la azucarera de Monzón, se estima que 3 m³/s puede ser un caudal suficiente para el tramo del río Carrión a su paso por Palencia. En mayo de 2008 el informe de la OTS considera que la situación es de normalidad, ya que los niveles de los embalses son altos dadas las fechas.
- En octubre 2009 el índice de estado del PES 2007 indicaba situación de alerta, mientras que el Informe de este mes de la Oficina Técnica de la Sequía indica que la medida (de alerta) de aplicar la transferencia desde Riaño o del Pisuerga a través del canal de Castilla sería excesiva, puesto que la situación en el Carrión no lo requería, dados los volúmenes embalsados en aquel momento.

De lo expuesto hasta el momento se desprende que, salvo en el año 1996/97, la evolución del indicador es sensiblemente acorde con las épocas de sequía. Al igual que el índice de estado propuesto en otros sistemas de explotación, el índice propuesto para este sistema es algo menos “alarmista” que el índice del PES de 2007.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm³, con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 44 puede verse la comparación entre ambas variables.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	47,37	0,34	1995/96	19,30	0,62
1981/82	49,24	0,26	1996/97	31,51	0,39
1982/83	33,16	0,59	1997/98	27,16	0,62
1983/84	32,12	0,41	1998/99	107,91	0,18
1984/85	19,87	0,67	1999/00	49,30	0,58
1985/86	42,00	0,38	2000/01	16,29	0,83
1986/87	53,28	0,26	2001/02	61,30	0,22
1987/88	12,38	0,70	2002/03	22,84	0,63
1988/89	65,44	0,17	2003/04	41,22	0,38

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1989/90	28,82	0,41	2004/05	72,95	0,29
1990/91	40,41	0,46	2005/06	50,81	0,31
1991/92	54,82	0,28	2006/07	-	0,65
1992/93	53,10	0,36	2007/08	-	0,29
1993/94	38,62	0,60	2008/09	-	0,25
1994/95	73,07	0,31			

Tabla 8. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Carrión)

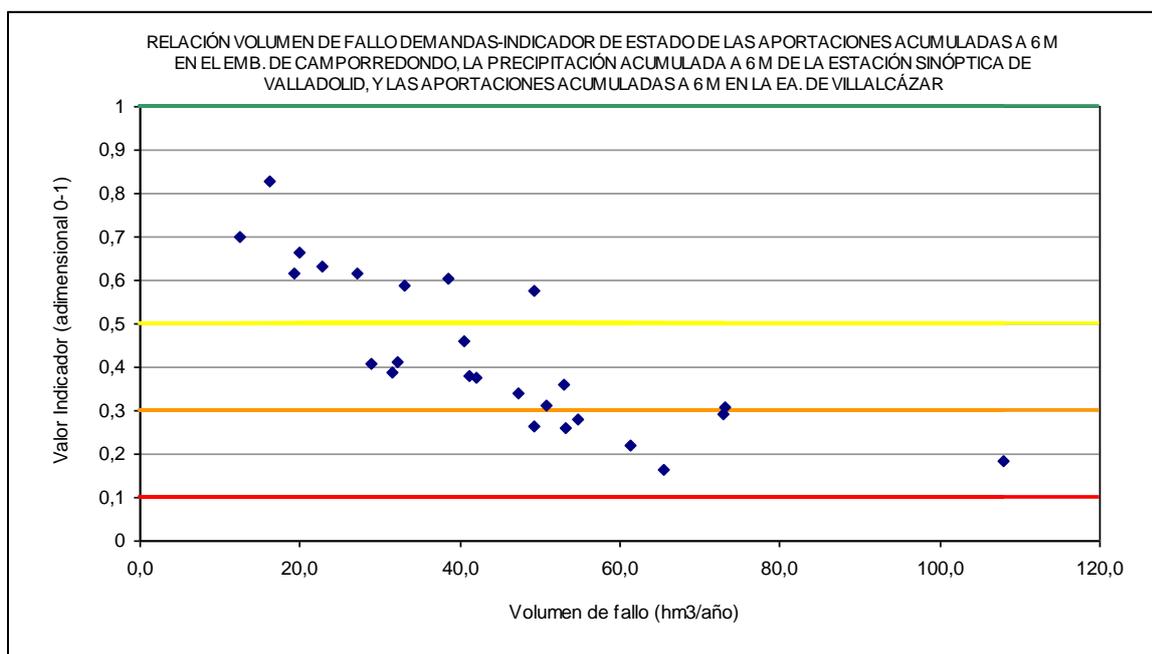


Figura 44. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Carrión)

3.5.6. Subzona Pisuerga

El indicador actual del sistema (PES 2007) está constituido por la suma de los volúmenes de los embalses a fin de mes de Cervera, Requejada y Aguilar.

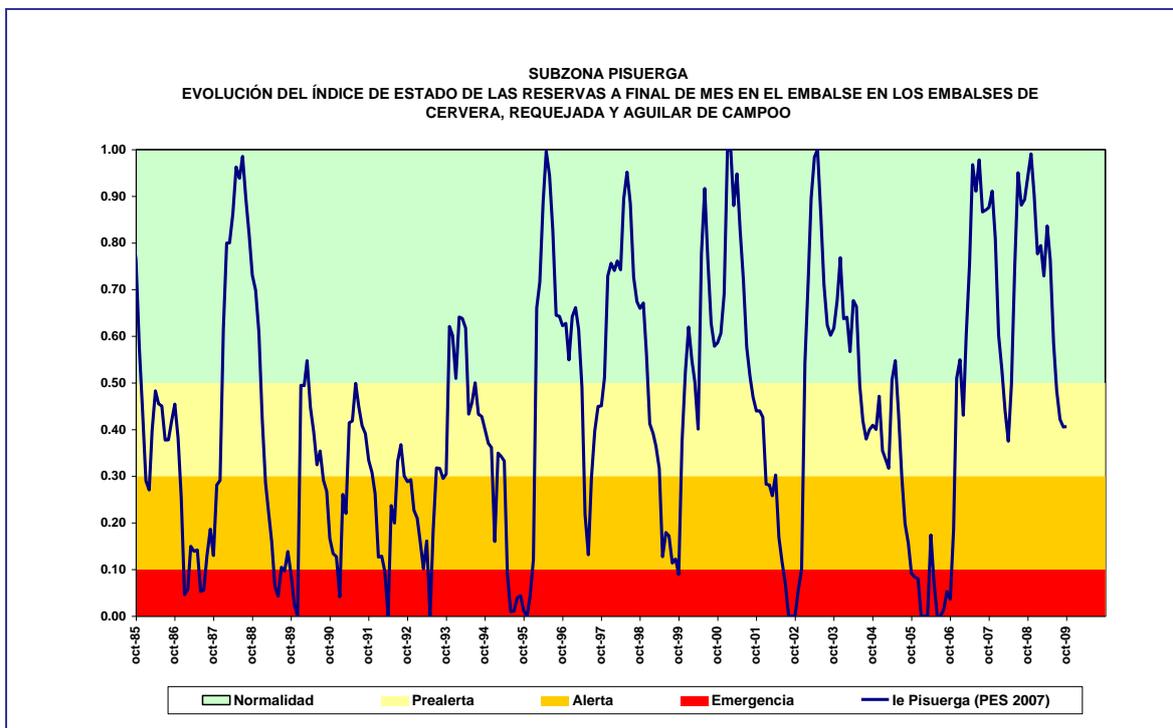
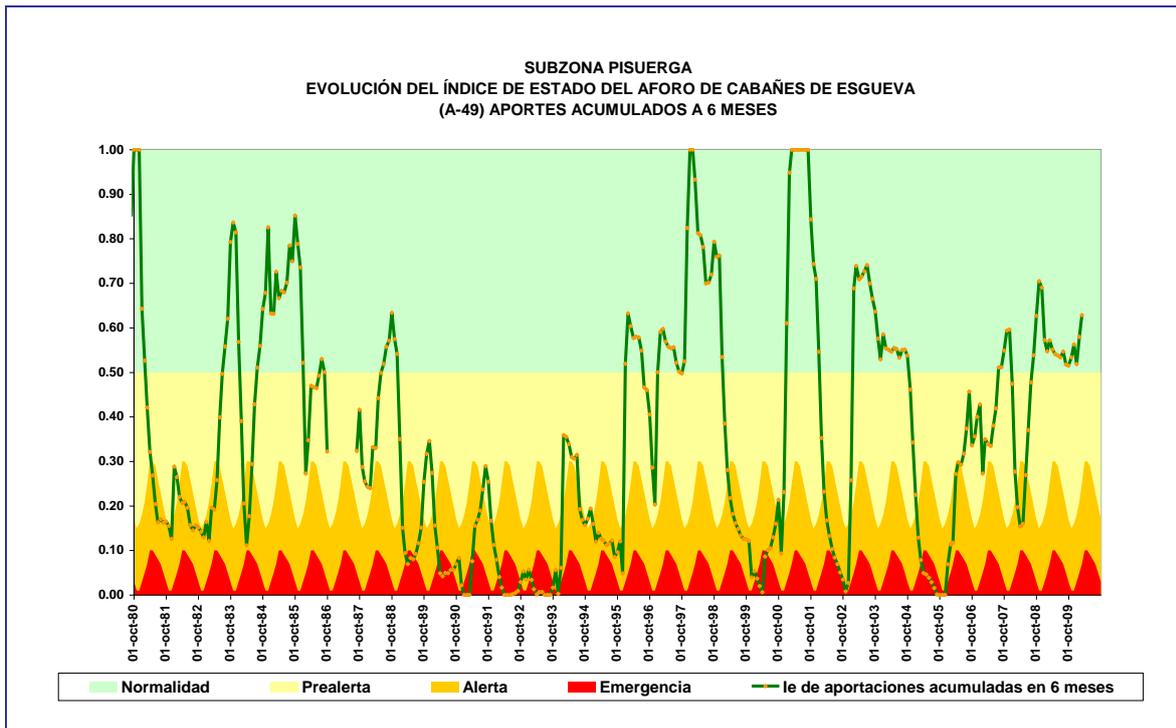
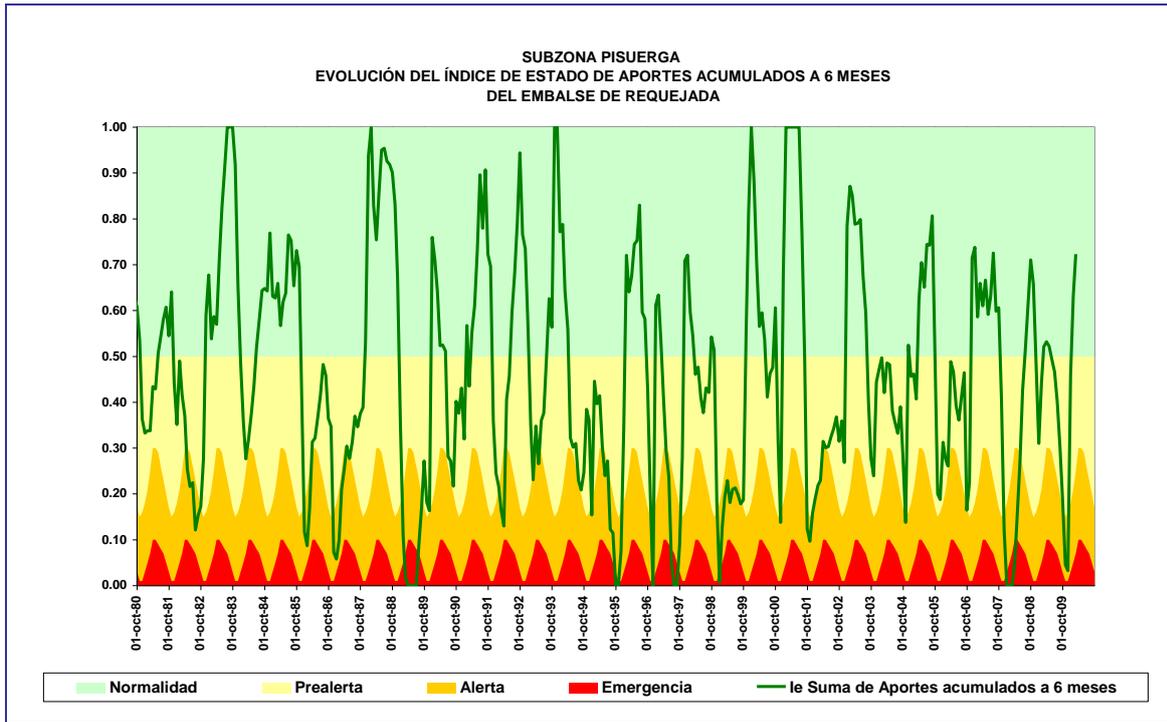


Figura 45. Índice de estado en la subzona Pisuerga (PES 2007)

En la actualización del indicador se ha optado por una ponderación de los índices generados por las aportaciones acumuladas a seis meses en el embalse de Requejada (50%), por la suma de aportaciones de los últimos seis meses registradas en la estación del río Esgueva (10%), no sujeto a regulación, a su paso por Cabañes de Esgueva (EA 2049) y por la precipitación semestral registrada en la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla) (40%).



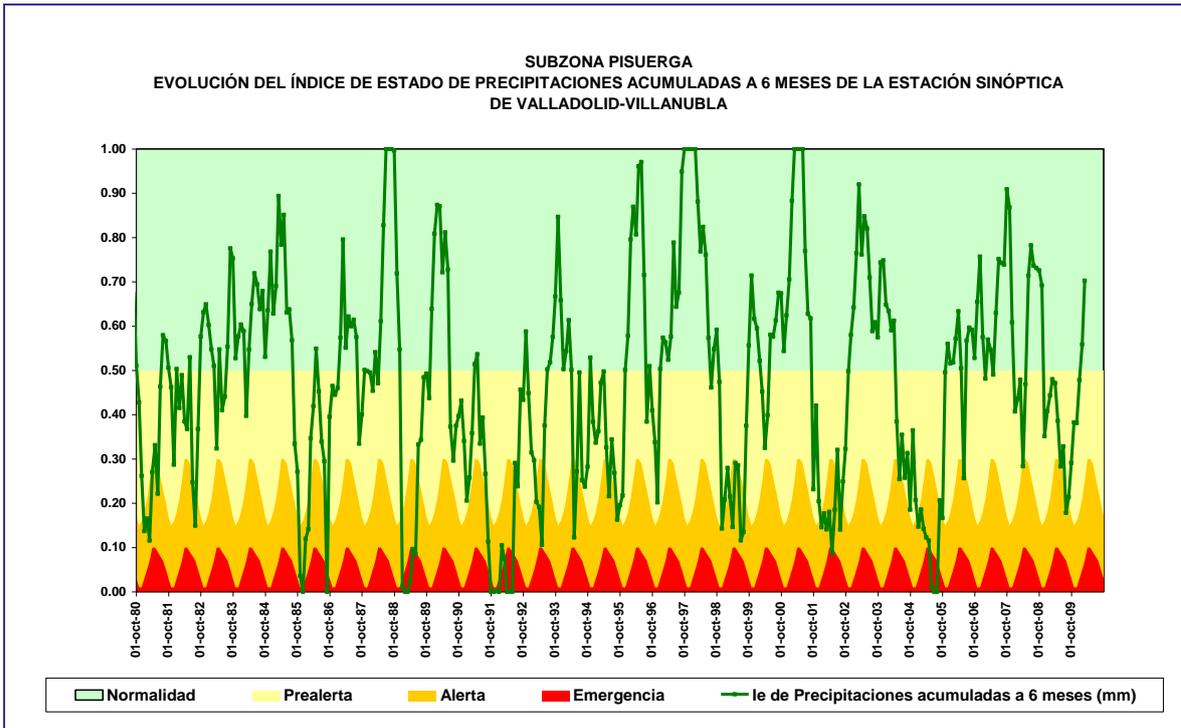


Figura 46. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Pisuerga

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda como se muestra en la siguiente figura:

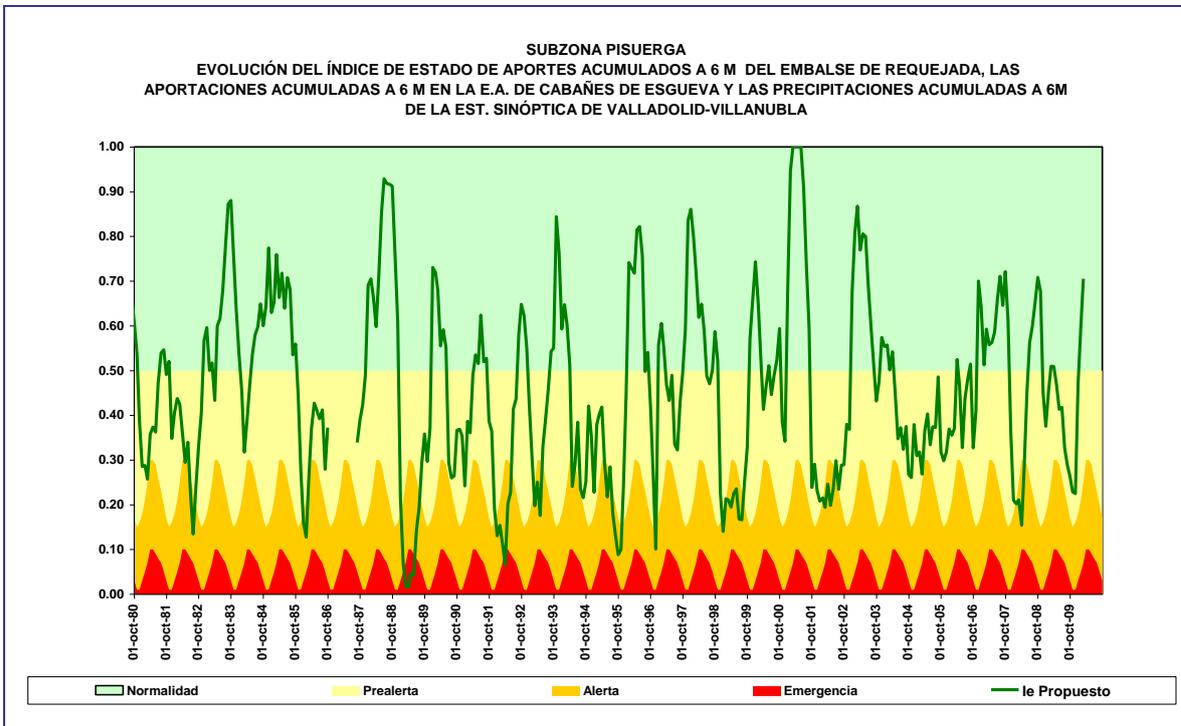


Figura 47. Índice de estado propuesto en la subzona Pisuerga

El índice se sitúa principalmente en las zonas de normalidad y prealerta, observándose caídas en las épocas de escasez y una rápida recuperación de las mismas.

Se ha comparado el comportamiento del índice con los acontecimientos sucedidos en la subzona de Pisuerga, recogidos en la prensa, en las actas de las reuniones de la Comisión de Desembalse y en los informes semanales y mensuales de seguimiento de sequía (a partir de la puesta en funcionamiento del PES).

- Durante el año 1988/89 el índice presenta una tendencia descendente desde el inicio del año hidrológico, llegando a entrar en la zona de emergencia. Se limitó el caudal desembalsado y los embalses de Requejada y Cervera se encontraban por debajo de las previsiones de la Confederación para años secos. En febrero de 1989, en general en toda la cuenca, hubo problemas con la calidad de las aguas. En Zamora se tuvieron que tomar restricciones por la incapacidad de las instalaciones existentes para depurar convenientemente el agua de los ríos.
- Durante el periodo 1990-93, las aportaciones registradas en la subzona del Pisuerga, según el estudio realizado para la caracterización de las sequías, no superaron las aportaciones medias de la subzona. En el año 1991/92 los embalses del Pisuerga eran los que presentaban mayores problemas en la cuenca; el índice de estado se encuentra en zona de emergencia. En 1992/93 hubo una sequía en el campo castellano-leonés muy notable, siendo Valladolid una de las provincias más afectadas; el índice de estado llega a la zona de alerta.
- En el año 1998/99 se presentaron unas aportaciones muy inferiores a la media, esto se ve reflejado con la tendencia descendente del índice de estado, el cual se sitúa la mayor parte del tiempo en la zona de alerta. En este año se hubo de extremar el cuidado en la gestión de los recursos. En marzo de 1999 se establecieron turnos de riego para los regantes concesionales. Se pasó por una situación de excepcionalidad pero, debido a la buena administración de los recursos, y teniendo en cuenta que el indicador está basado en la situación de los embalses reguladores, no se llegó a entrar en una situación que se pueda considerar de emergencia.
- En el año 2001/02 se observa una tendencia descendente del índice de estado hasta alcanzar la zona de alerta. En este año se establecieron turnos de riego incluso en los riegos concesionales. En junio se aprobó la petición de la Junta de Explotación de disminuir el volumen embalsado al final de septiembre en los embalses reguladores de esta subzona, medida que viene a corresponder con la situación de alerta.
- El año hidrológico 2004/05 fue un año difícil para esta subzona. En junio de 2005 se acuerda instaurar turnos para los regadíos concesionales (los regadíos estatales ya tenían turnos internos en cada Comunidad de regantes) por tramos de río. El sindicato de riego del Canal de San José aplicó turnos de riego para afrontar una campaña que podía ser difícil. En julio los canales de Toro – Zamora y San José sufrieron un corte de suministro de agua debido a que la presa de Castronuño, de la que ambos se abastecen, alcanzó niveles tan bajos que no era posible la entrada de agua. En agosto se instauran nuevos turnos y en septiembre se da por finalizada la campaña. El índice del PES 2007 a lo largo de 2004/05 evoluciona de la situación de prealerta a la de alerta y finalmente entra en situación de emergencia. Sin embargo el índice de estado propuesto se mantiene durante todo el año en la zona de prealerta.
- En los informes de Seguimiento de la Sequía, desde 2008 no se hace referencias a problemas concretos en este sistema, lo cual coincide con que el índice de estado se mantiene en la zona de prealerta.

Se puede concluir que la evolución del índice de sequía se corresponde, en líneas generales, con los periodos de sequía histórica registrados.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm^3 , con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 48 se muestra la comparación entre ambas variables.

Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice	Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice
1980/81	19,64	0,41	1995/96	4,44	0,57
1981/82	22,15	0,34	1996/97	3,29	0,42

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1982/83	12,24	0,62	1997/98	0,54	0,64
1983/84	3,37	0,54	1998/99	22,72	0,24
1984/85	0,75	0,66	1999/00	11,92	0,55
1985/86	12,04	0,33	2000/01	1,06	0,74
1986/87	13,01		2001/02	23,35	0,24
1987/88	0,00	0,73	2002/03	3,64	0,64
1988/89	18,82	0,23	2003/04	10,76	0,45
1989/90	12,76	0,47	2004/05	25,92	0,35
1990/91	11,99	0,44	2005/06	7,86	0,40
1991/92	18,37	0,29	2006/07	-	0,61
1992/93	12,65	0,40	2007/08	-	0,42
1993/94	10,52	0,47	2008/09	-	0,43
1994/95	21,25	0,28			

Tabla 9. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Pisuerga)

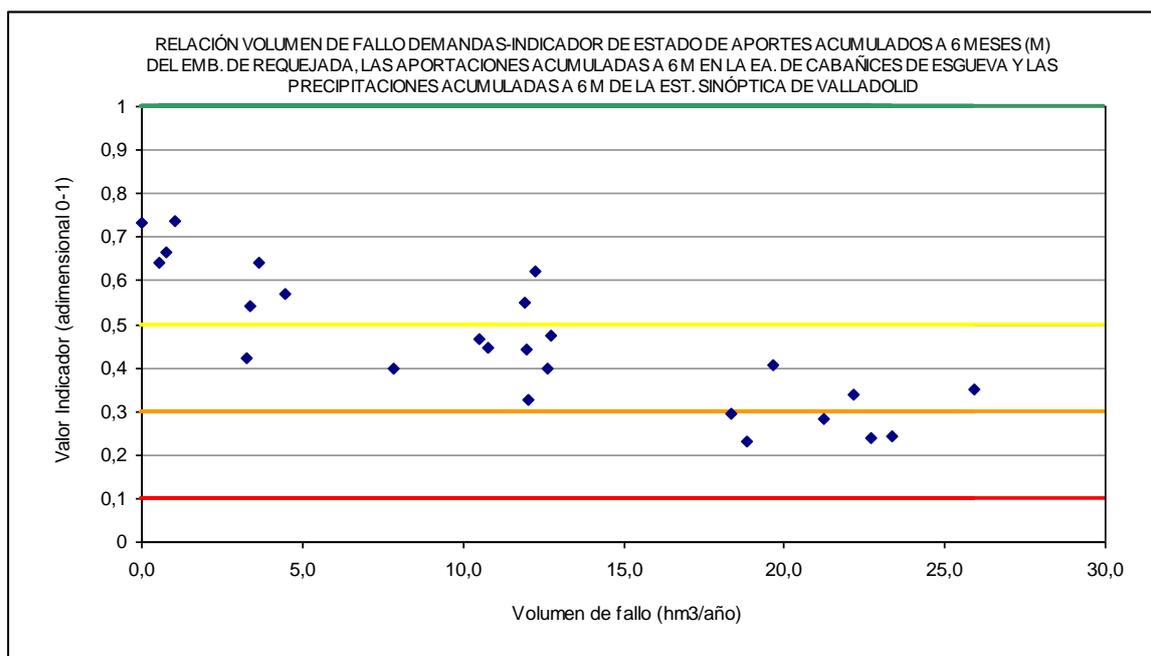


Figura 48. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Pisuerga)

3.5.7. Subzona Arlanza

Los índices del PES 2007 utilizados en la subzona de Arlanza ponderados en el indicador de la subzona son la suma de los volúmenes a fin de mes de embalses de Arlanzón y Úzquiza, que se regulan de forma conjunta, y las aportaciones acumuladas en seis meses del aforo 2030 (Covarrubias) en el río Arlanza.

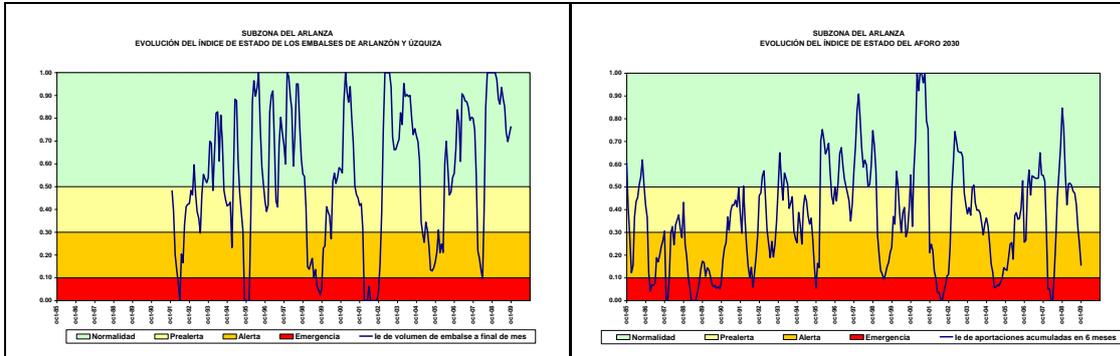


Figura 49. Desglose del índice de estado en la subzona Arlanza

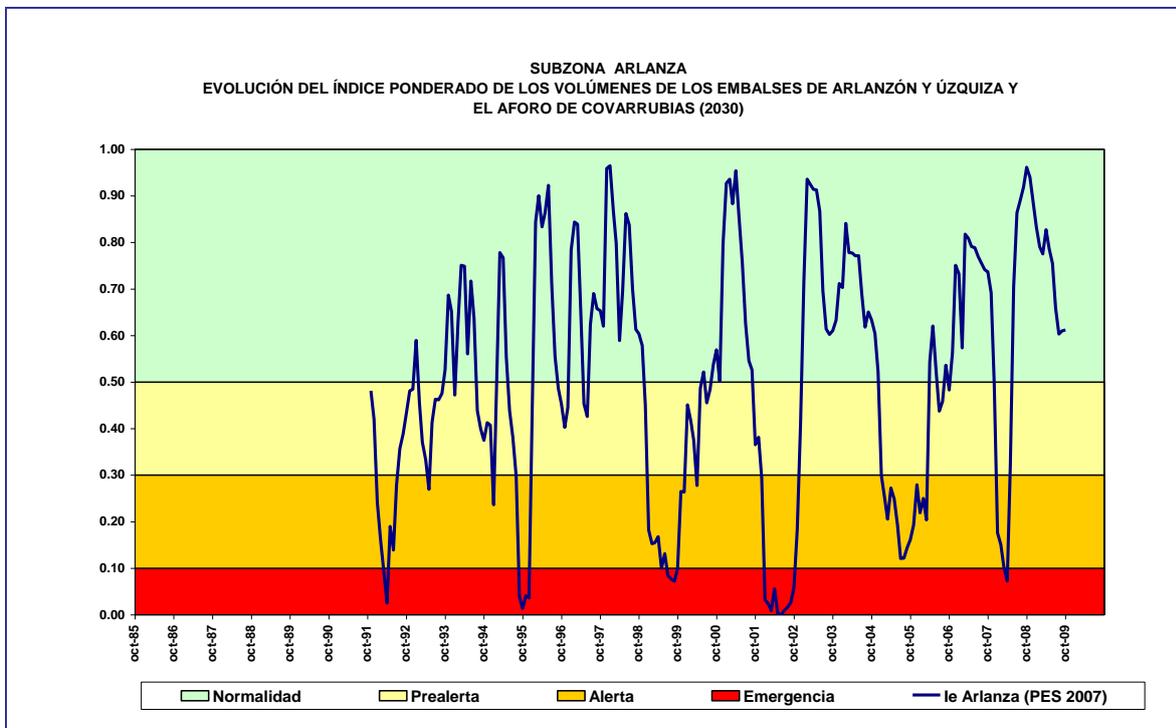


Figura 50. Índice de estado de la subzona Arlanza (PES 2007)

En la actualización de este indicador se ha tomado una ponderación entre las aportaciones calculadas a 6 meses del embalse de Arlanzón (50%), cuyo registro se ha ampliado con las aportaciones calculadas con SIMGES en este punto, del año 1968/69 al 1989/90, y las aportaciones registradas en el aforo EA 2030, del río Arlanza en Covarrubias (50%).

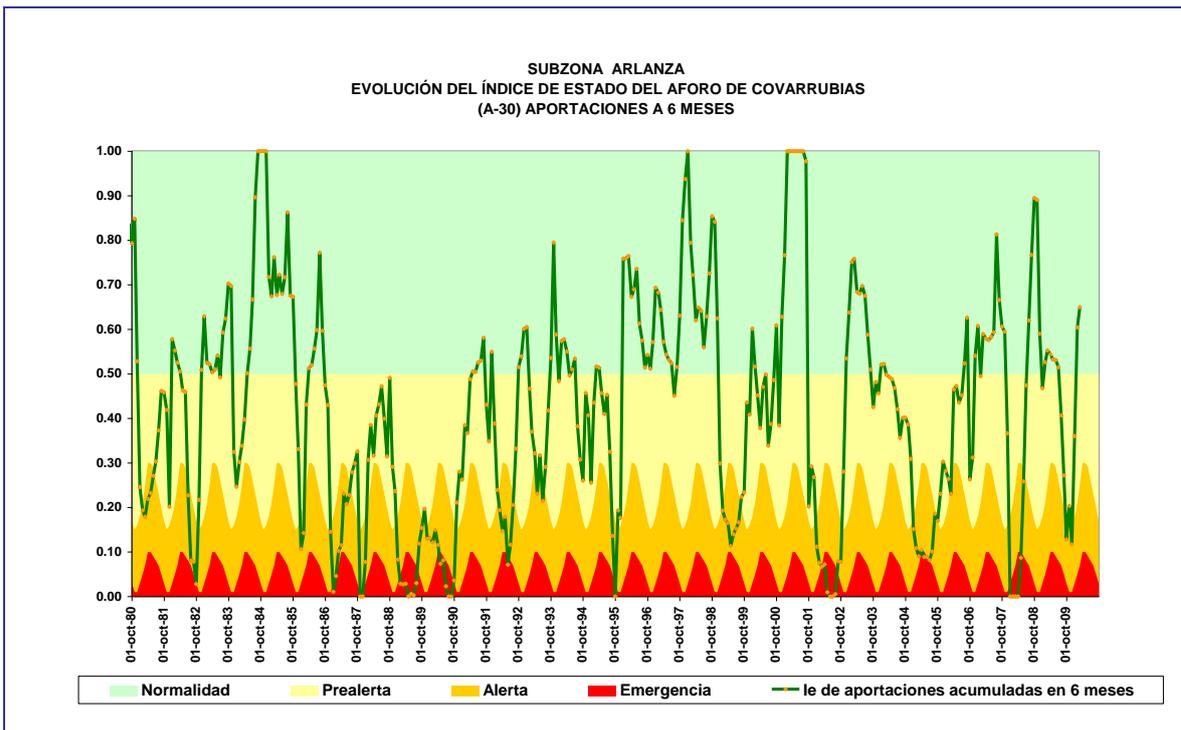
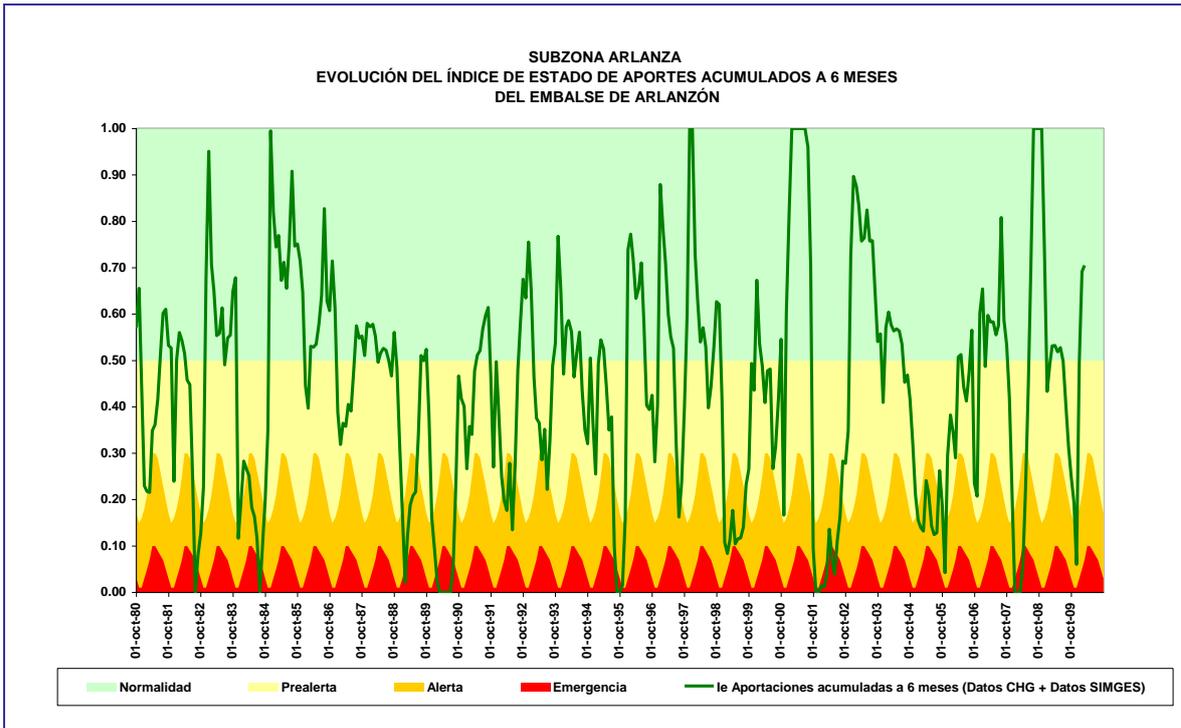


Figura 51. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Arlanza

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda de la siguiente manera:

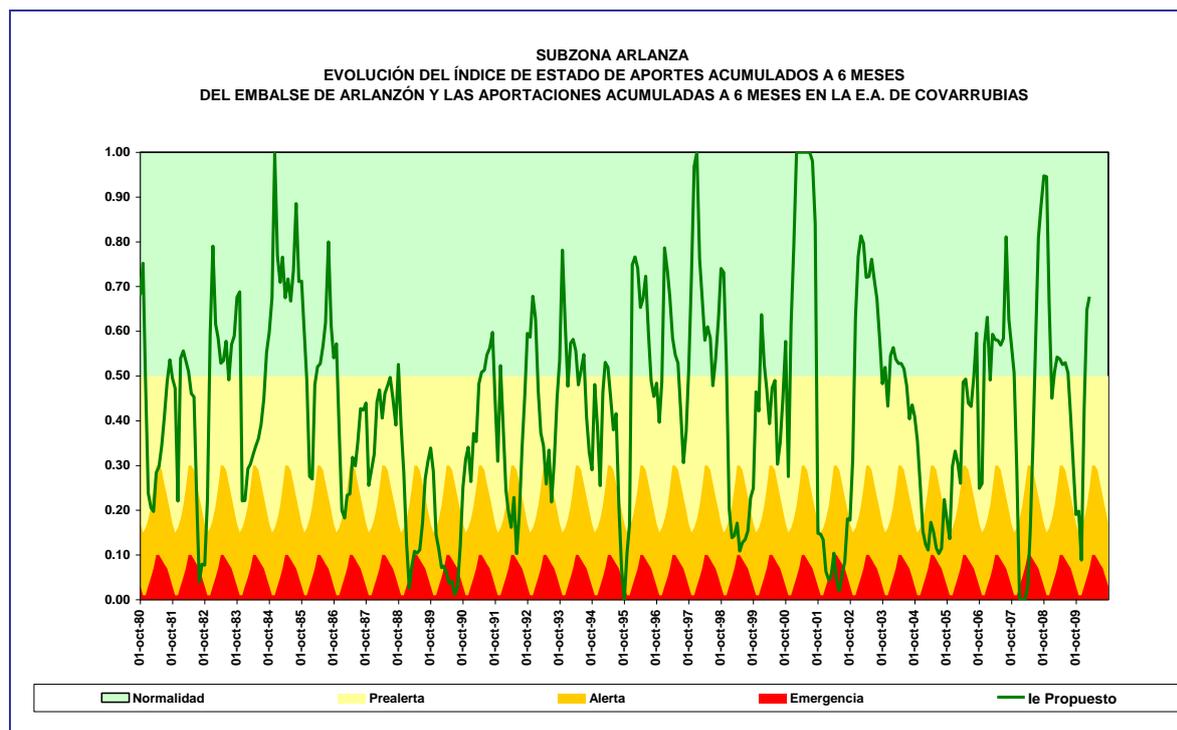


Figura 52. Propuesta del índice de estado en la subzona Arlanza

En conjunto, la subzona del Arlanza, muestra una evolución dominante en el periodo analizado dentro de los estados de normalidad y prealerta con incursiones temporales en las zonas de alerta y emergencia, en los años: 1988/89, 1989/90, 1991/92, 1994/95, 1998/99, 2001/02, 2004/05, 2007/08 y parte del 2009.

De la información consultada en la prensa, en las actas de la Comisión de Desembalse y en los informes semanales y mensuales de seguimiento de sequía (a partir de la puesta en funcionamiento del PES), se han localizado los siguientes sucesos ocurridos en épocas de sequías:

- En el año 1991/92 el índice se encuentra principalmente en la franja de alerta y casi entra en emergencia en mayo. En febrero de 1992 el embalse de Arlanzón era el que presentaba la peor situación de todos los embalses de la cuenca.
- En marzo de 1999 se ordenó suspender la campaña de riego; se estimaba que se podría tener algún problema por lo que se extremó la vigilancia, estableciendo turnos para los regantes concesionales. En esta situación el índice se sitúa en la zona de alerta con una tendencia descendente que hace que el índice en abril casi entre en la zona de emergencia.
- Durante la campaña 2004/05 el indicador de la subzona se sitúa en niveles de alerta. El indicador del aforo EA 2030 (Arlanza en Covarrubias) llega a la zona de emergencia, lo cual indica la mala situación por la que pasaba el río Arlanza; donde, en julio de 2005, se prohibieron los riegos para preservar el estado de su cauce.
- Entre diciembre de 2007 y febrero de 2008 el índice de estado se sitúa en situación de emergencia (ver Figura 16 y Figura 52), mientras que el índice del PES 2007 (Figura 50) se mantiene en alerta y únicamente en febrero entra en emergencia. En marzo de 2008 la Comisión de Desembalse fijó un caudal de 1 m³/s en la estación de aforos de Villasur, en el río Arlanzón. El caudal fue menor a 1 m³/s la mayor parte de los días de abril, mayo y junio.

Se puede concluir que el nuevo índice de estado propuesto responde de manera coherente con las sequías históricas de las que se tiene información ocurridas en la subzona. Si bien, cabe destacar que las diferencias en la respuesta ante la sequía encontradas entre el índice de estado propuesto y el índice de estado del PES de 2007 para la subzona Arlanza son menores que las encontradas en otras subzonas, en los que el índice propuesto se muestra claramente más moderado en su entrada en la fase de emergencia.

Para valorar la adecuación de los intervalos establecidos para los diferentes estados de sequía (normalidad, prealerta, alerta y emergencia) se han utilizado los resultados de la simulación de la subzona con el modelo SIMGES. Con dichos resultados se realiza un estudio comparativo entre la evolución del índice medio anual y el volumen de déficit anual de suministro (Tabla 10, Figura 53). Si bien, en este caso, al tratarse de una zona con pocas demandas, en la mayoría de los años los fallos de servicio son nulos.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	0,00	0,39	1995/96	0,00	0,55
1981/82	3,56	0,35	1996/97	0,00	0,53
1982/83	0,00	0,56	1997/98	0,00	0,69
1983/84	0,00	0,40	1998/99	0,00	0,24
1984/85	0,00	0,75	1999/00	0,00	0,46
1985/86	0,00	0,52	2000/01	0,00	0,80
1986/87	0,00	0,34	2001/02	1,48	0,09
1987/88	0,00	0,42	2002/03	0,00	0,66
1988/89	0,00	0,19	2003/04	0,00	0,49
1989/90	0,00	0,10	2004/05	9,63	0,17
1990/91	0,00	0,44	2005/06	0,00	0,38
1991/92	0,00	0,31	2006/07	-	0,57
1992/93	0,00	0,43	2007/08	-	0,38
1993/94	0,00	0,51	2008/09	-	0,51
1994/95	0,00	0,35			

Tabla 10. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Arlanza)

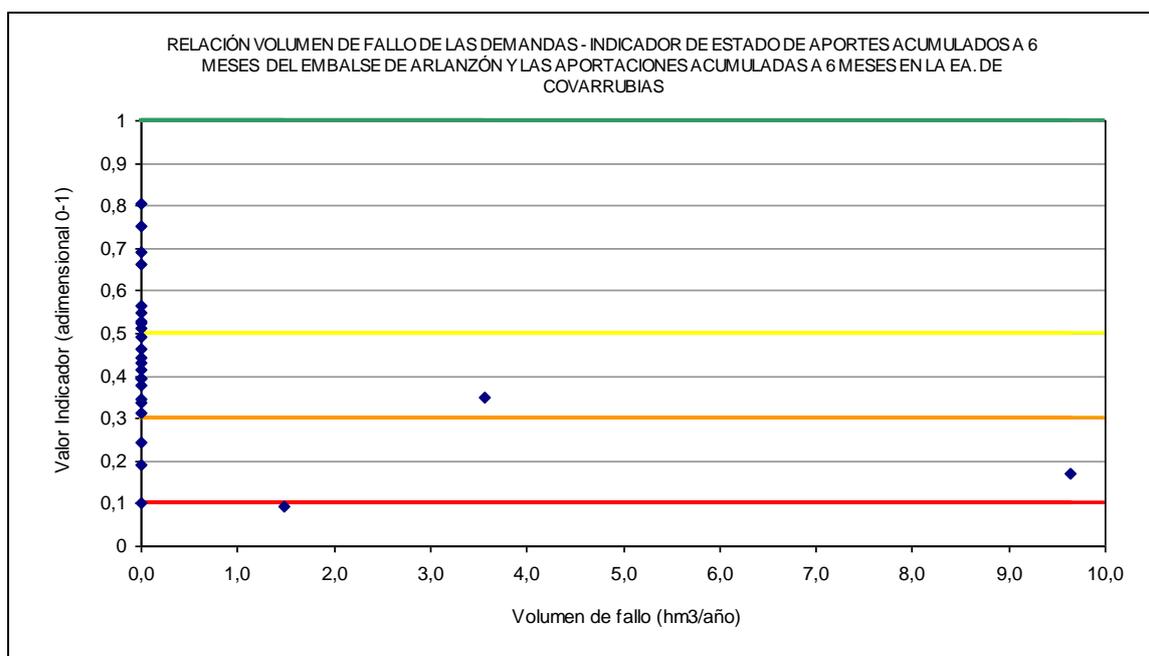


Figura 53. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Arlanza)

3.5.8. Subzona Alto Duero

En la subzona Alto Duero el indicador estipulado por el PES 2007 es el generado a partir de los volúmenes almacenados a final de mes en el embalse de la Cuerda del Pozo.

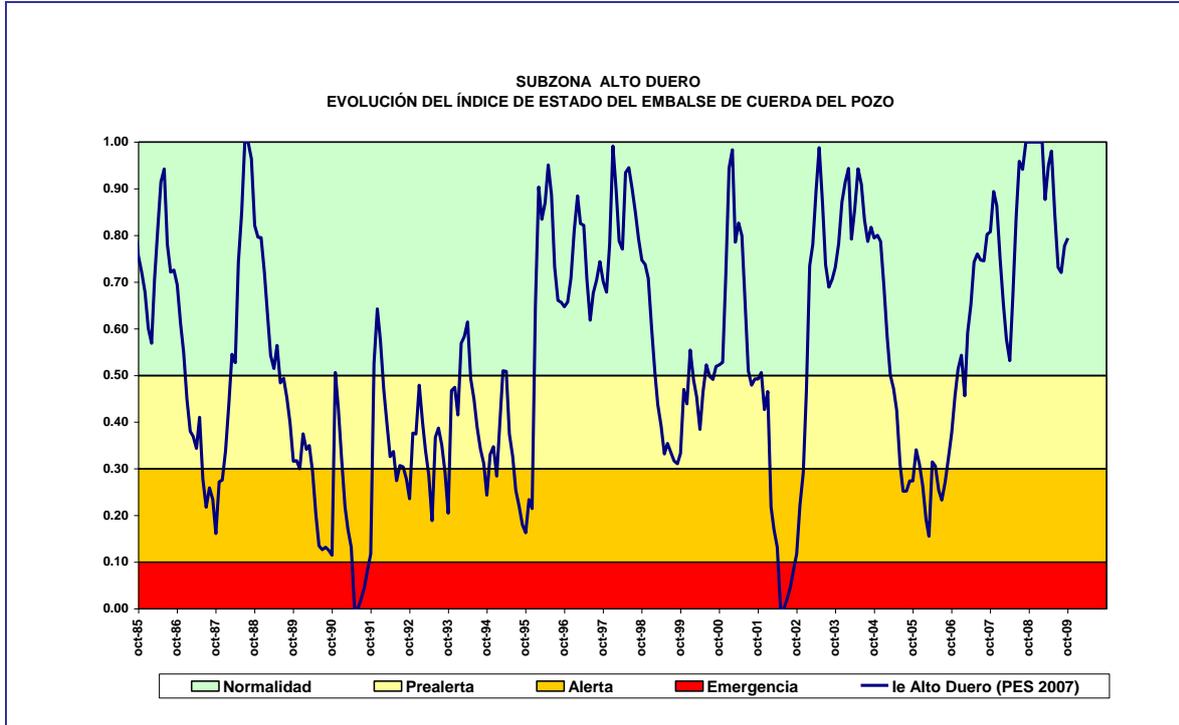
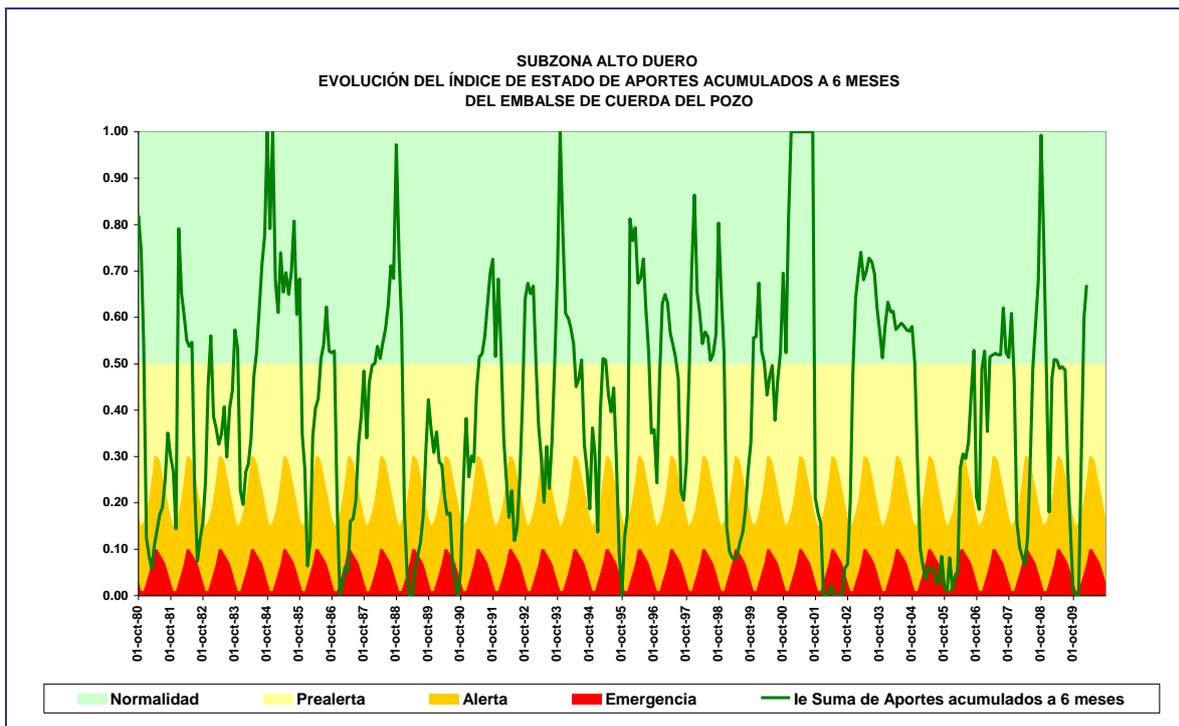


Figura 54. Índice de estado de la subzona Alto Duero (PES 2007)

Se propone un indicador resultado de la ponderación entre los índices de estado obtenidos de las aportaciones acumuladas durante seis meses en el embalse de Cuerda del Pozo (40%), las aportaciones registradas en el río Ucero a su paso por Osma (EA 2005) (40%), y la pluviometría registrada en la estación sinóptica de Soria acumulada en seis meses (20%).



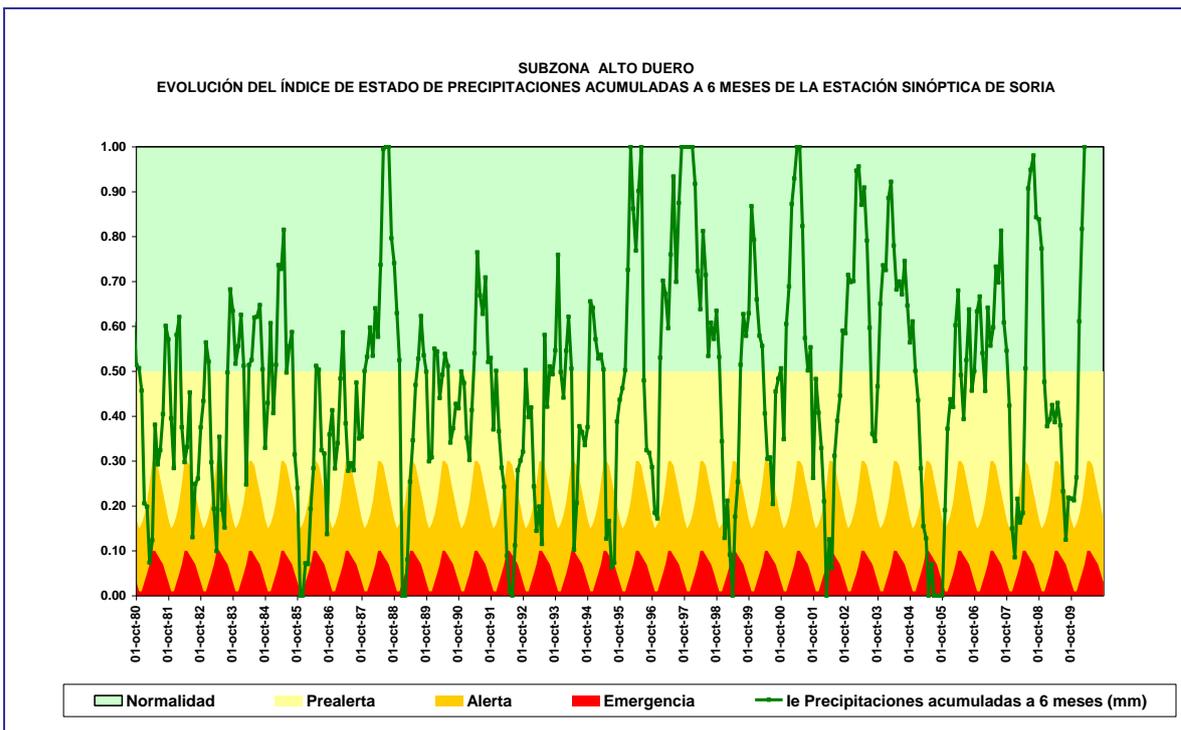
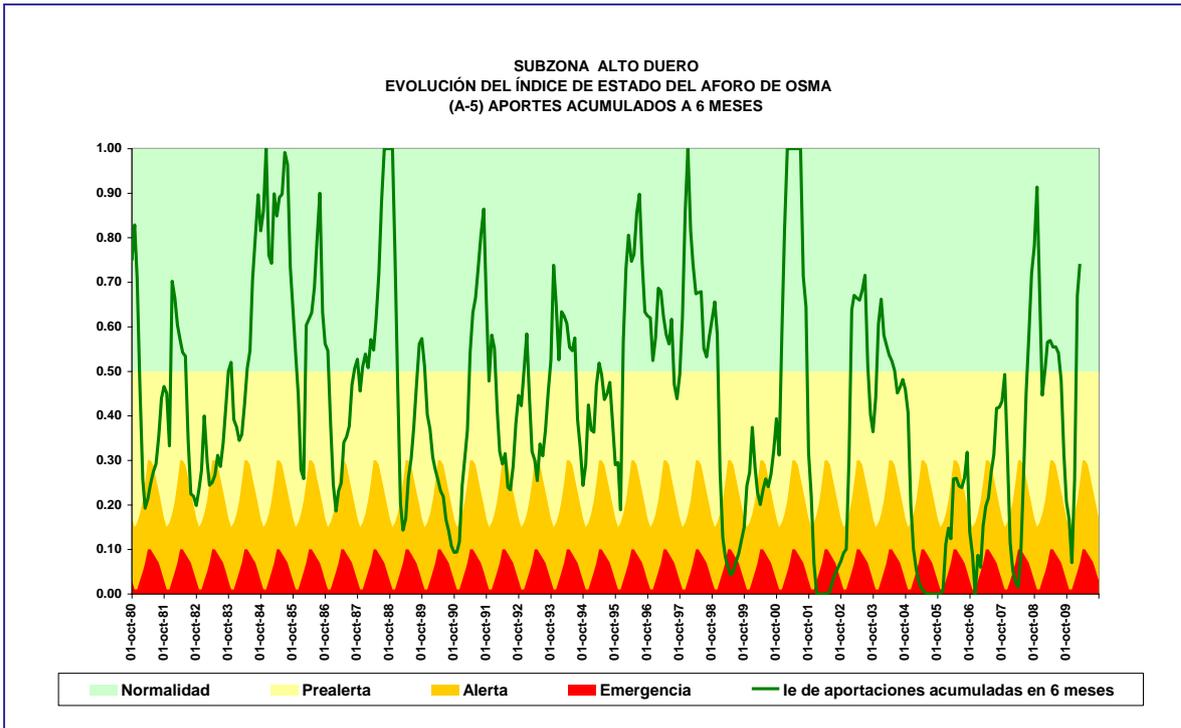


Figura 55. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Alto Duero

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda según la siguiente figura:

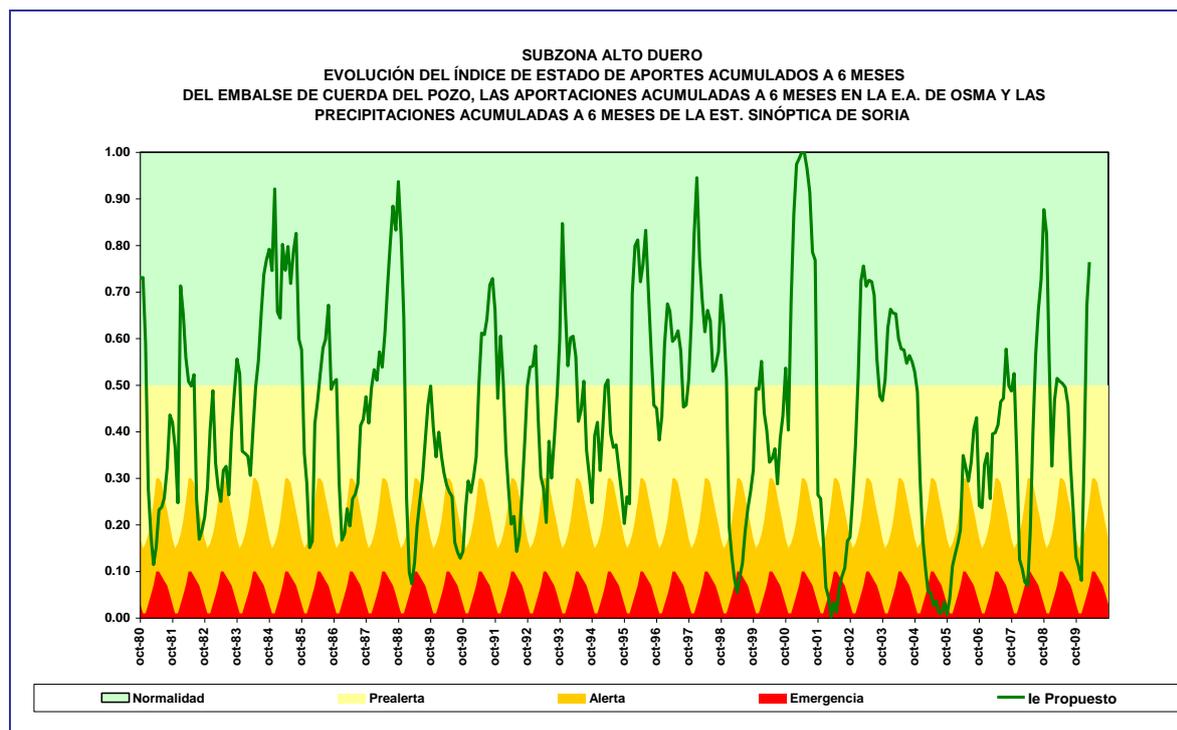


Figura 56. Índice de estado propuesto en la subzona Alto Duero

En el periodo de tiempo estudiado se observa que los valores del índice se encuentran preferentemente entre las zonas de normalidad y prealerta. Con el índice propuesto las entradas en las zonas de alerta y emergencia son ahora más coherentes con las sequías hidrometeorológicas ocurridas en la cuenca: 1988/89, 1989/90, 1991/92, 1994/95 (prealerta), 1998/99, 2001/02, 2004/05, 2007/08 y parte del 2009.

- En el año 1989/90 se observa una disminución de los valores del índice, que desciende a la zona de alerta. En este año se presentaron algunos problemas de escasez de agua para la agricultura, debido a las precauciones adoptadas para garantizar el abastecimiento de núcleos de población como Soria y Aranda de Duero.
- En el año 2001/02 se regó con menos de la mitad de agua utilizada habitualmente, estableciendo turnos rigurosos, incluso en los regadíos concesionales. Hubo grandes problemas y dificultades de riego en la cola del Canal de Guma. Este hecho se ve corroborado por la situación del índice en la zona de emergencia.
- Entre enero y abril de 2008 el índice de estado propuesto se halla en alerta, entrando en emergencia en el mes de febrero, valores bastante coherentes con la situación de sequía ocurrida en la cuenca, mientras que el índice de estado del PES 2007 se mantenía en normalidad (ver Figura 17, Figura 56 y Figura 54).

Se puede concluir que, comparándolo con los acontecimientos históricos registrados, el comportamiento del índice de estado propuesto se ajusta a mejor al comportamiento hidrometeorológico real de la subzona.

Como en el resto de las subzonas, se han tomado los resultados de la simulación con SIMGES y se ha representado los déficit anuales asociados a un valor de índice de estado anual medio. Los resultados (índice de estado medio – volumen de déficit anual) se presentan en la Tabla 11 y en la Figura 57.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	19,85	0,33	1995/96	11,72	0,61
1981/82	25,85	0,41	1996/97	8,20	0,55

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1982/83	13,86	0,36	1997/98	6,55	0,68
1983/84	7,62	0,52	1998/99	18,19	0,24
1984/85	7,48	0,74	1999/00	15,65	0,42
1985/86	13,88	0,43	2000/01	9,44	0,80
1986/87	12,44	0,31	2001/02	25,11	0,10
1987/88	4,56	0,65	2002/03	9,92	0,58
1988/89	20,15	0,34	2003/04	11,79	0,59
1989/90	22,61	0,27	2004/05	32,62	0,11
1990/91	13,79	0,49	2005/06	9,55	0,25
1991/92	15,49	0,34	2006/07	-	0,41
1992/93	12,77	0,42	2007/08	-	0,39
1993/94	17,16	0,51	2008/09	-	0,44
1994/95	23,60	0,37			

Tabla 11. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Alto Duero)

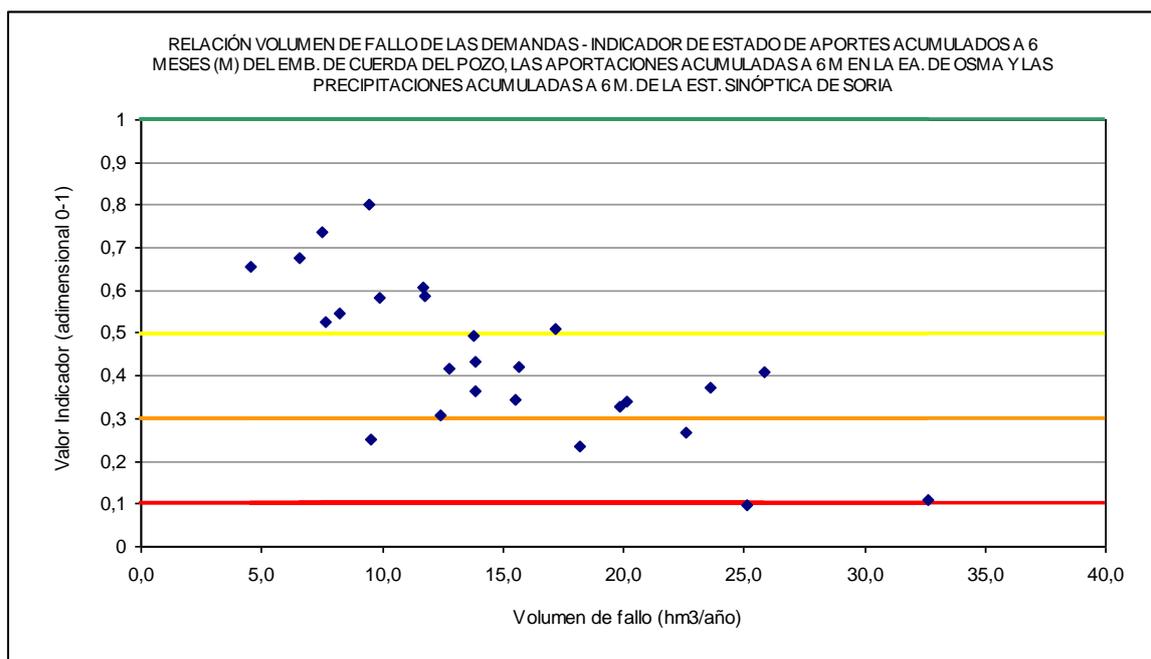


Figura 57. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Alto Duero)

3.5.9. Subzona Riaza-Duración

El indicador adoptado por el PES 2007 para esta subzona es la ponderación entre las aportaciones acumuladas de entrada a los embalses de Linares de Arroyo en el Riaza y Burgomillodo en el Duración.

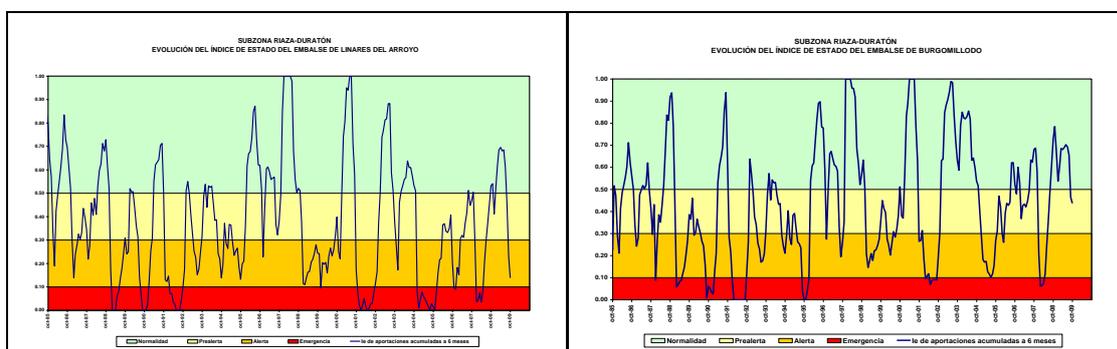


Figura 58. Desglose del índice de estado en la subzona Riaza-Duración

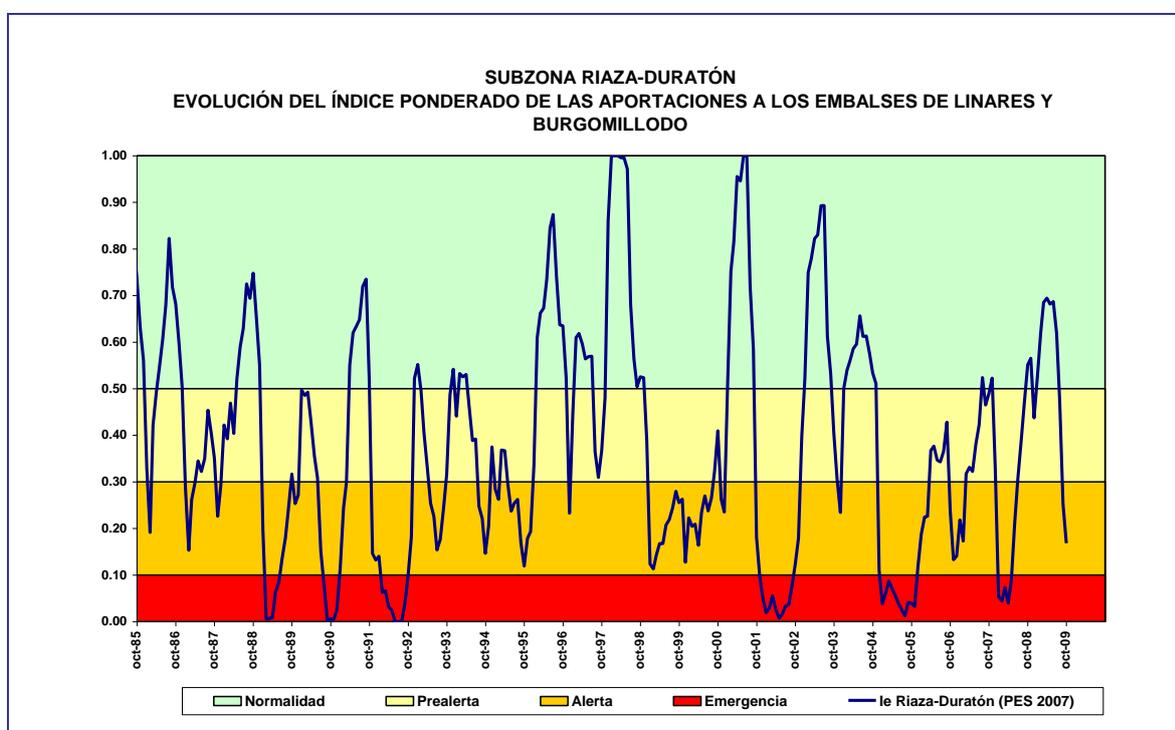
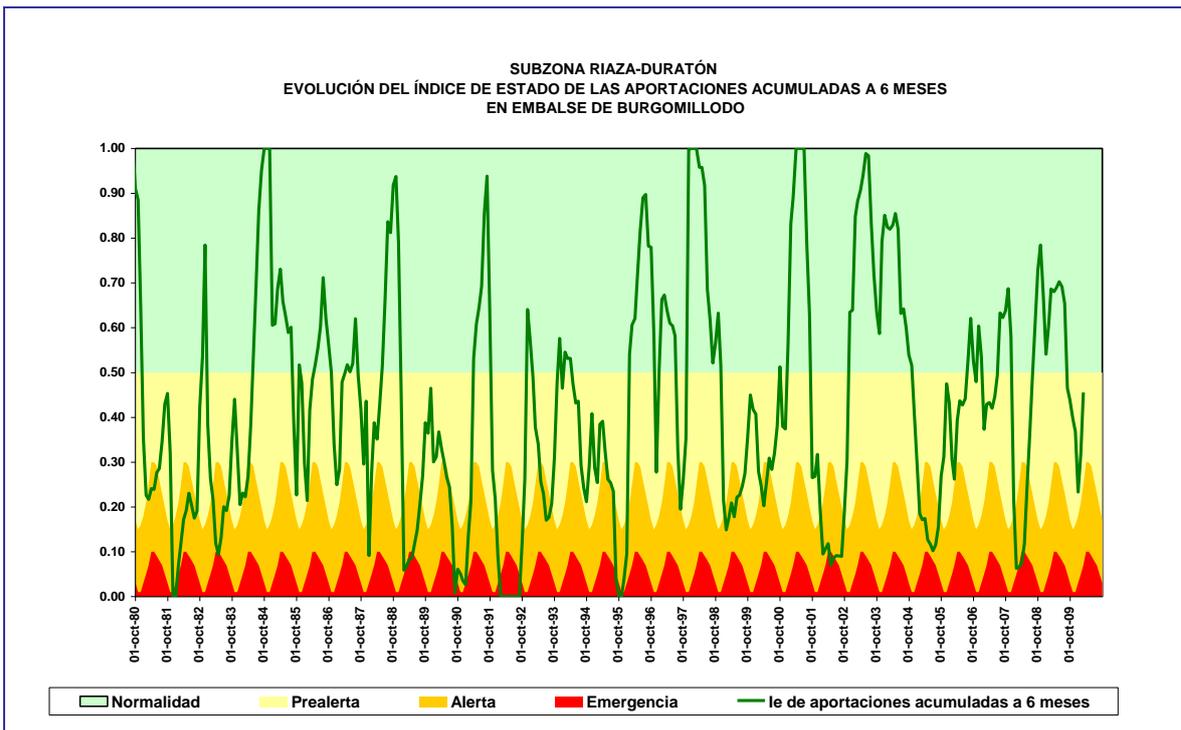
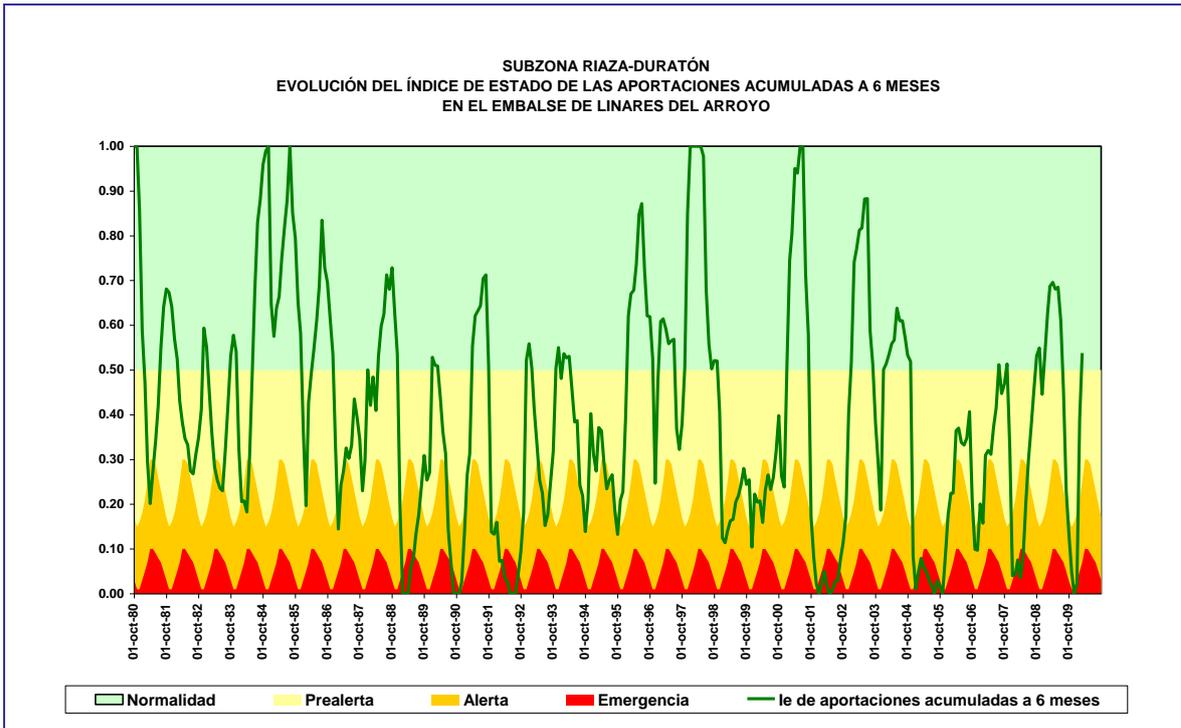


Figura 59. Índice de estado de la subzona Riaza-Duración (PES 2007)

En el completado de este indicador se ha añadido a esta ponderación el índice generado a partir de las precipitaciones acumuladas en 6 meses en la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla) (20%). Las aportaciones acumuladas de entrada a los embalses de Linares de Arroyo en el río Riaza y Burgomillodo en el río Duración se ven afectadas con un peso del 40% cada una. Además se ha ampliado la serie de registro para la realización de los índices, de las aportaciones a los embalses de Linares y Bugomillodo desde el año 1968/69.



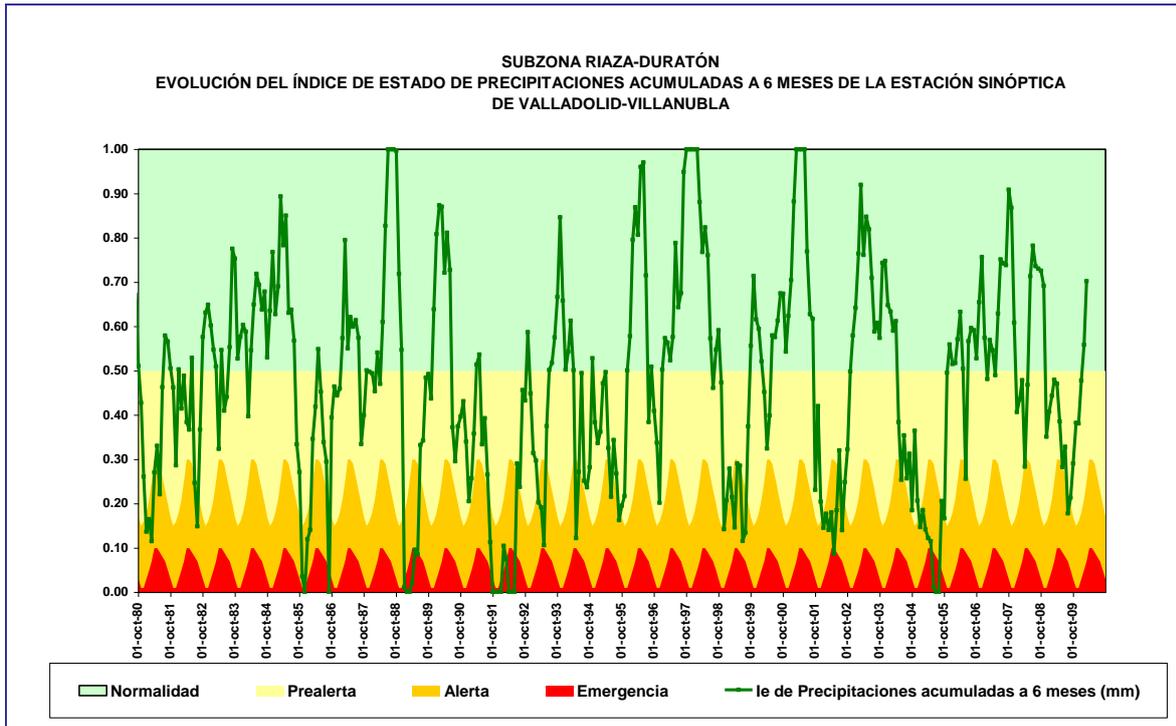


Figura 60. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Riaza-Duración

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda de la siguiente manera:

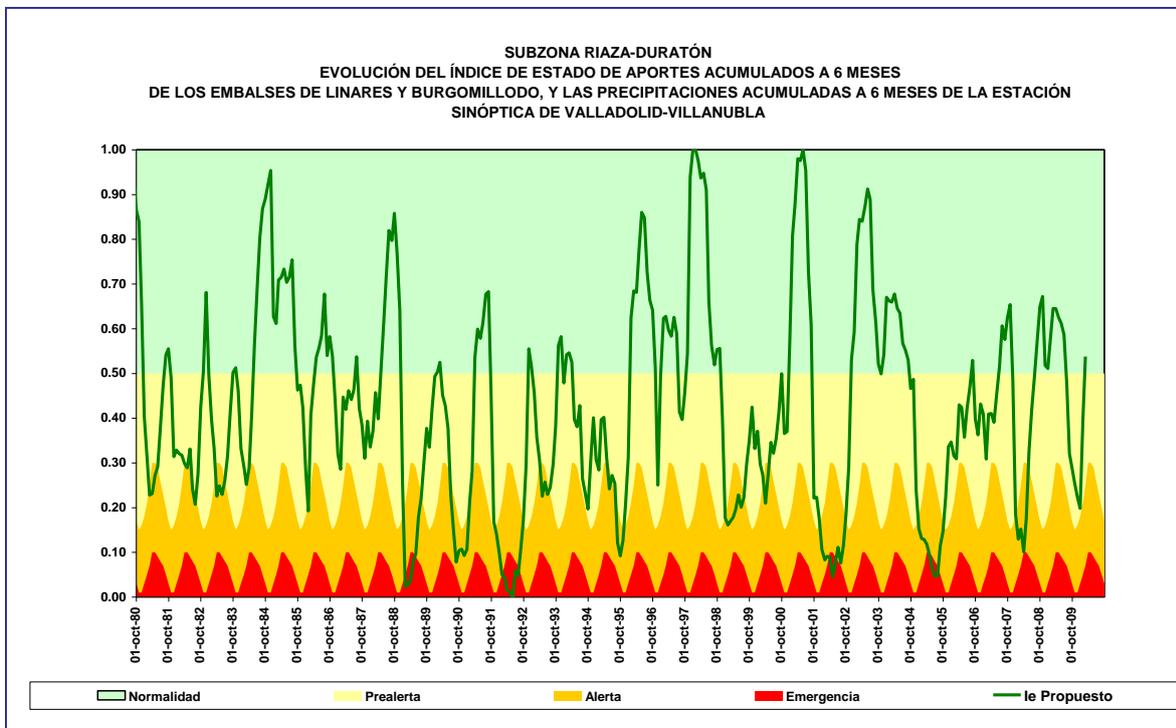


Figura 61. Índice de estado propuesto en la subzona Riaza-Duración

La función del índice de estado en la subzona Riaza-Duratón presenta un recorrido dominante, en el periodo estudiado, dentro del estado de normalidad y prealerta, con incursiones en situaciones de alerta y emergencia en 1988-90, 1991-93, 1994/95, 1995/1996, 1998-2000, 2001/02, 2004/05 y en 2007/08.

- En febrero de 1989, en general en toda la cuenca, se evidenciaron problemas con la calidad de las aguas.
- En junio de 1990, en una situación similar al año anterior, la Confederación no esperaba problemas en la campaña de regadío. El canal del Duero presentaba escasez de agua para la agricultura debido al abastecimiento de núcleos de población. El índice, en esta situación, presenta una tendencia descendente, llegando a entrar en zona de emergencia al final del año hidrológico.
- El año 1998/99 fue un año seco en general para toda la cuenca, como se comprueba en muchas subzonas de explotación, sin embargo en la subzona Riaza-Duratón no llega a alcanzar el nivel de emergencia, lo que se corrobora con las sequías históricas ya que en marzo no se esperaban problemas para la campaña de riegos.
- El año 2004/05 fue un año deficitario, como queda de manifiesto por la situación de los valores del índice que entra en la zona de emergencia. En marzo de 2005 Linares del Arroyo se encontraba entre los embalses que almacenaban menos agua, por lo que se planteaba una campaña de riego estricta. En julio de 2005 Riaza solicitó camiones cisterna para hacer frente a la sequía, además en la Junta de Explotación se acordó que todos los regadíos, incluidos los concesionales, solo podrían ser atendidos en semanas alternas, cuando se produjeran los desembalses, hasta septiembre.
- En el año 2007/08 el índice de estado entra en alerta en enero/08, y casi en emergencia en marzo, en abril se halla en alerta y en mayo en prealerta (ver Figura 18 y Figura 61). El índice de estado responde adecuadamente a la situación de sequía de la subzona, que comienza a remitir con las precipitaciones generalizadas en la cuenca ocurridas en la segunda quincena de abril y en los meses siguientes mayo y junio.
En el informe de seguimiento de la sequía de abril de 2008 la Comisión de Desembalse fijó como volúmenes mínimos objetivo a final de campaña 12 hm³ para el embalse de Linares del Arroyo (Riaza) y 9,4 hm³ para Burgomillodo y Las Vencias (Duratón). Asimismo, estableció caudales mínimos coincidentes con los fijados en el Plan Especial que deberán verificarse en las estaciones de aforo 2010-Linares y 2161-Vencias. No se produjo incumplimiento de los caudales mínimos fijados en dichas estaciones de aforo.

Como conclusión puede afirmarse que el nuevo índice de estado propuesto, semejante al del PES original al que se le ha añadido con una ponderación del 20% las precipitaciones acumuladas en 6 meses en la estación sinóptica de Valladolid (Villanubla), se ajusta bien a la realidad de la subzona.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm³, con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona, y en la Figura 62 la representación gráfica de la misma.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	1,62	0,43	1995/96	4,24	0,60
1981/82	1,30	0,32	1996/97	3,73	0,51
1982/83	1,30	0,38	1997/98	4,01	0,80
1983/84	1,56	0,53	1998/99	3,31	0,26
1984/85	1,30	0,71	1999/00	2,30	0,34
1985/86	1,30	0,48	2000/01	3,94	0,70
1986/87	3,32	0,43	2001/02	3,01	0,11
1987/88	2,85	0,55	2002/03	4,13	0,70
1988/89	5,20	0,25	2003/04	3,27	0,59

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1989/90	6,47	0,34	2004/05	4,81	0,15
1990/91	3,01	0,41	2005/06	3,97	0,38
1991/92	28,38	0,08	2006/07	-	0,46
1992/93	4,37	0,34	2007/08	-	0,36
1993/94	4,16	0,43	2008/09	-	0,54
1994/95	4,83	0,28			

Tabla 12. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Rianza-Duración)

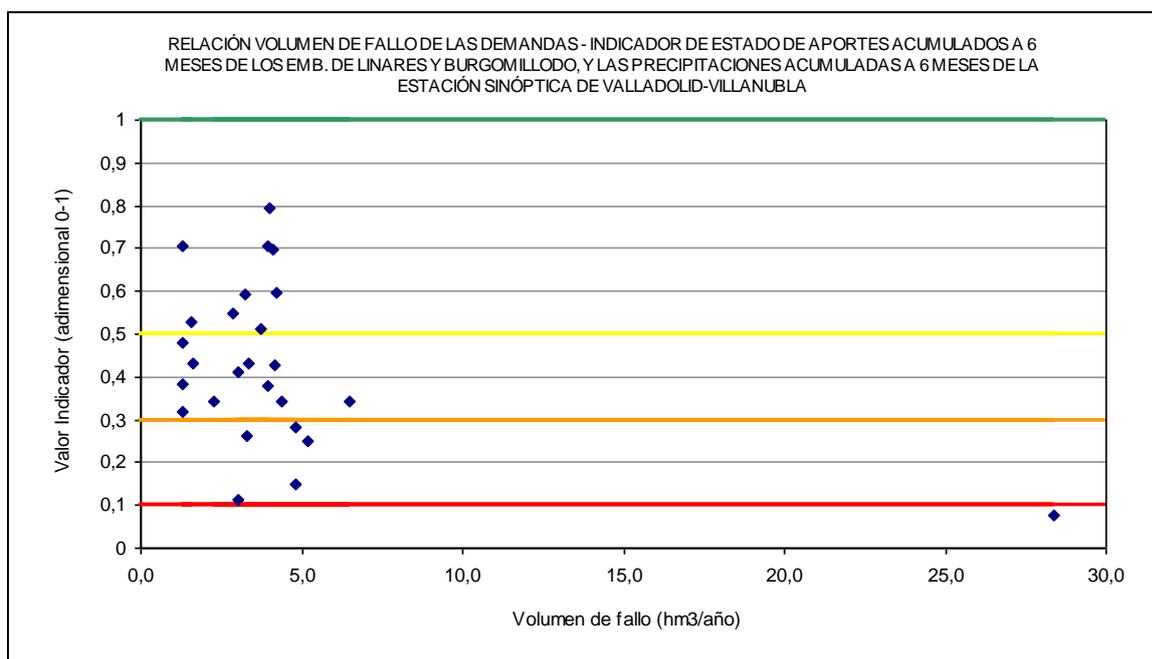


Figura 62. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Rianza-Duración)

3.5.10. Subzona Cega-Eresma-Adaja

Para la subzona Cega-Eresma-Adaja el Plan Especial de Sequías 2007 utiliza un indicador combinado que considera con iguales pesos las aportaciones acumuladas en conjuntos móviles de 6 meses al embalse del Pontón Alto y las aportaciones igualmente acumuladas que se registran en la estación de aforo 2046 (río Adaja en Ávila).

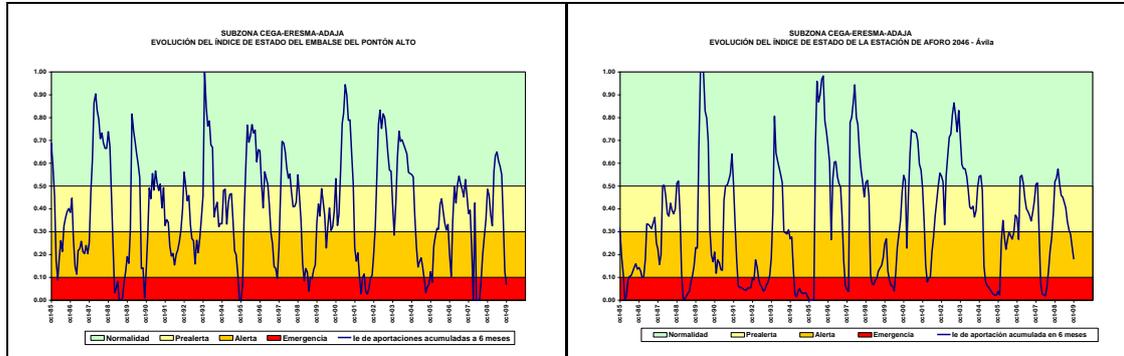


Figura 63. Desglose del índice de estado de la subzona Cega-Eresma-Adaja

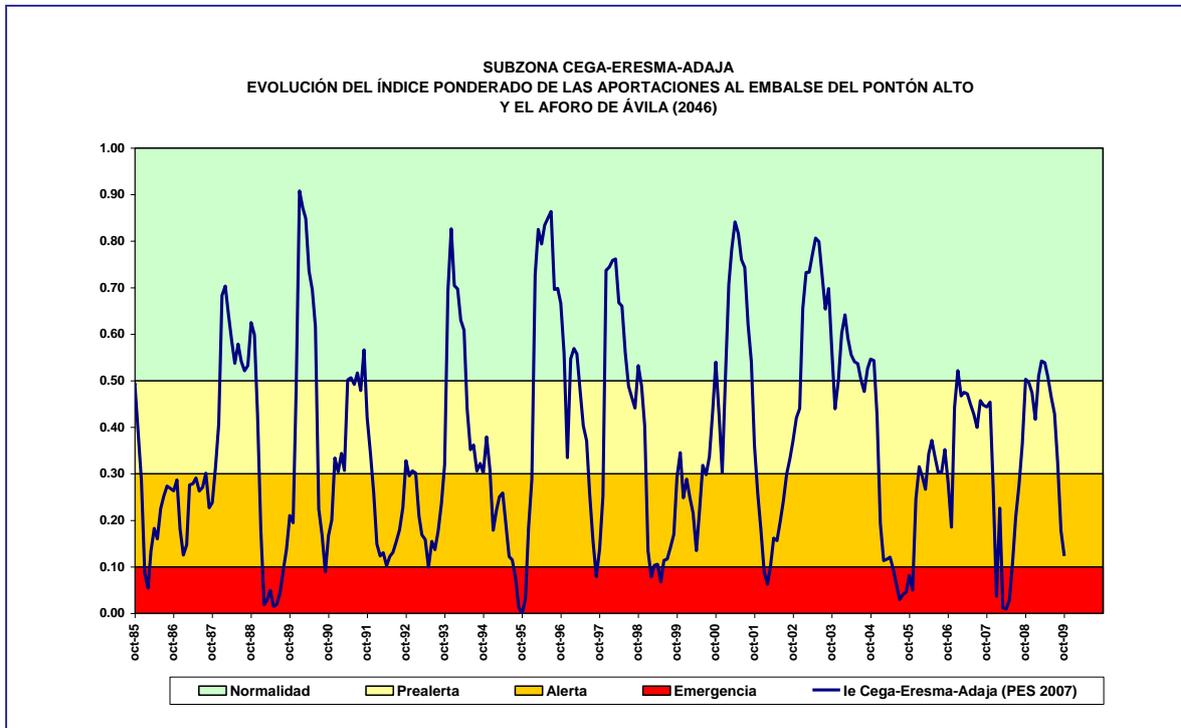


Figura 64. Índice de estado de la subzona Cega-Eresma-Adaja (PES 2007)

En la actualización de este indicador se ha mantenido esta ponderación, 50% a cada indicador. Al tomar la serie de treinta años para la realización de ambos indicadores, tal y como se ha comentado en el apartado 3.4, el indicador de esta subzona, se modifica ligeramente, ya que en los indicadores del PES 2007 se utiliza la serie desde el año 1945/46.

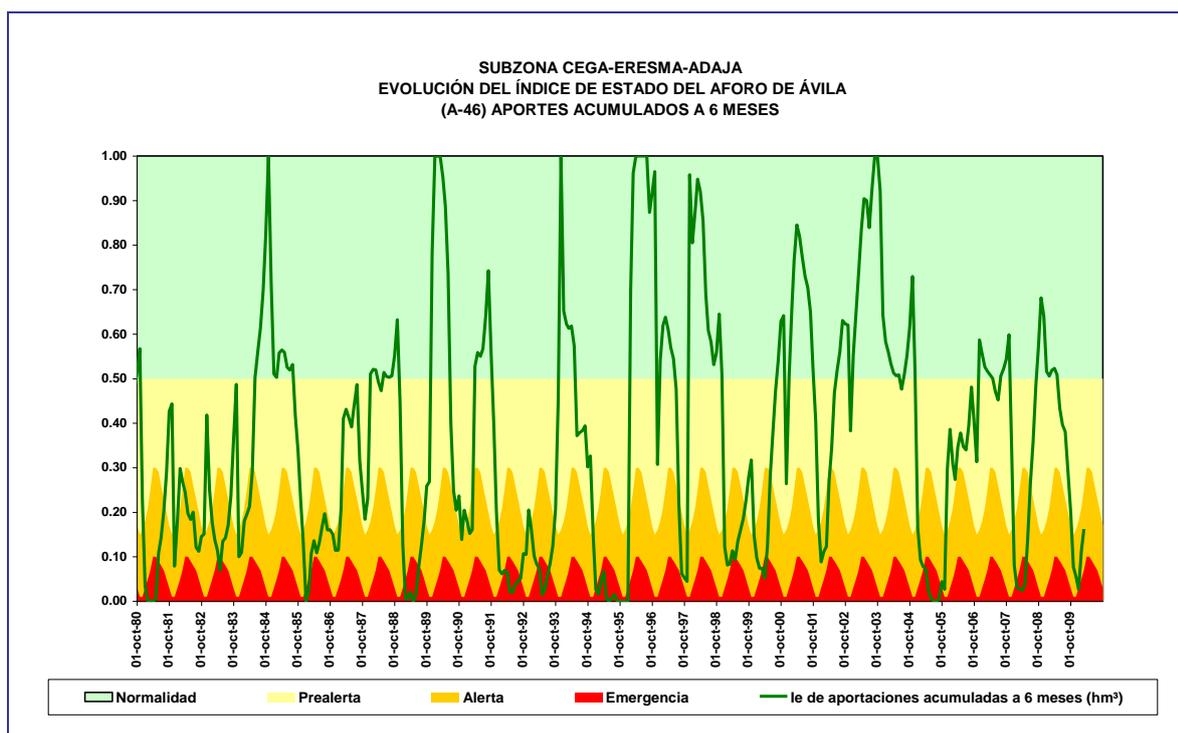
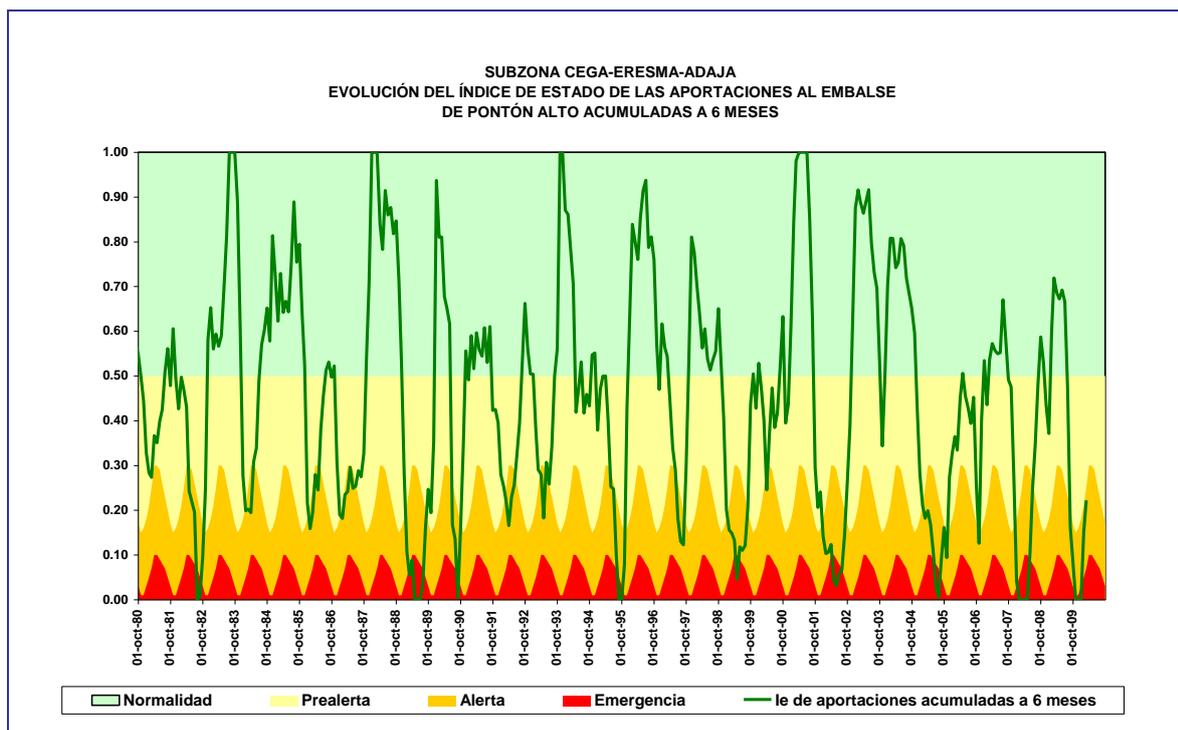


Figura 65. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Cega-Eresma-Adaja

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda como se muestra en la siguiente figura:

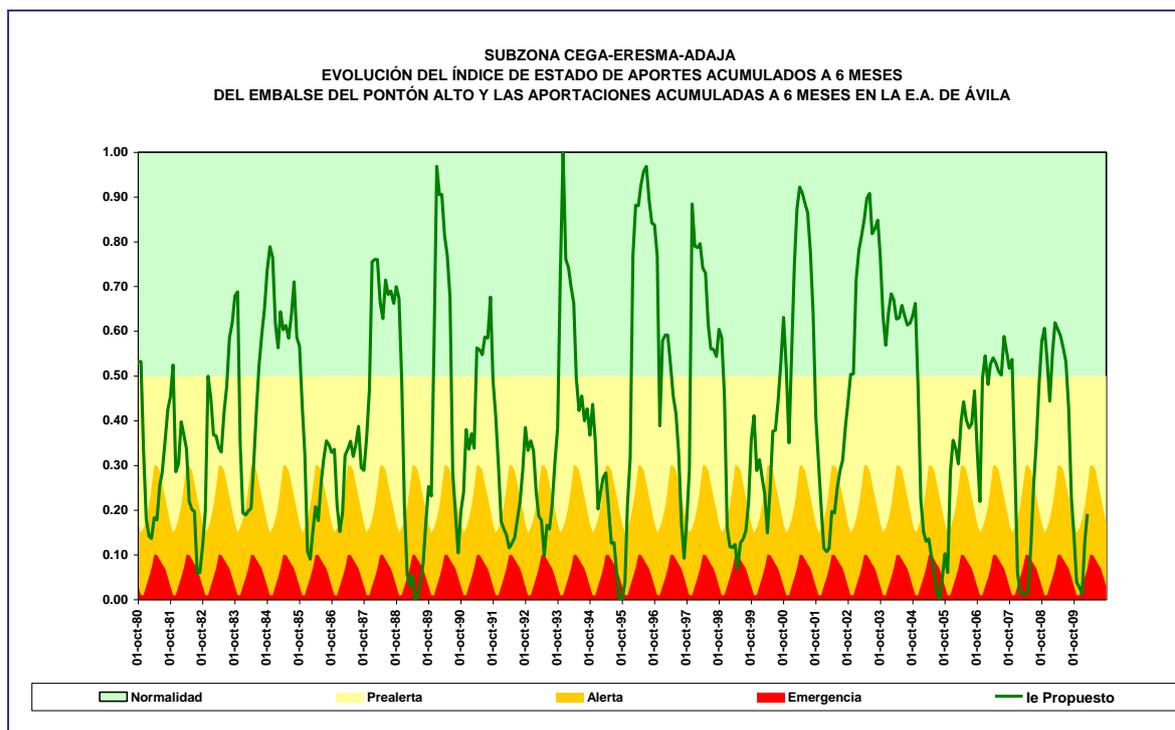


Figura 66. Índice de estado propuesto en la subzona Cega-Eresma-Adaja

- En febrero de 1992 los embalses de Segovia estaban entre los que presentaban más problemas. En marzo el Ayuntamiento de Segovia ordenó cortar las fuentes públicas y prohibió el riego en parques y jardines fuera del periodo determinado, en junio la situación del campo segoviano era cada vez más alarmante. El índice en este periodo se mueve entre las zonas de alerta y emergencia, encontrándose en el mes de marzo/93, cuando se produjeron los cortes de suministro en Segovia, en alerta y en el mes de abril en emergencia.
- En enero de 1993 Ávila comienza a sufrir las consecuencias de las restricciones y en la provincia de Ávila hubo casi 6.000 habitantes abastecidos por cisternas en el año 1993. Teniendo en cuenta la evolución del índice se puede observar que la subzona no se llegó a recuperar del mal periodo del año anterior.
- Durante el año 2004/05 los valores del índice se encuentran en la zona de emergencia. En marzo de 2005, la presa de Puente Alta, que abastece a Segovia, desde el río Frío, se encontraba a un quinto de su capacidad, por lo que los responsables municipales tuvieron que plantearse nuevas formas de abastecimiento. En junio varios pueblos de Segovia anunciaron restricciones ante la escasez de lluvias. A lo largo del mes de agosto, la provincia de Segovia se encontraba, entre las más afectadas por la sequía.
- El índice de estado entra en emergencia entre enero/08 y abril/08 y en diciembre/09 (ver Figura 19Figura 66).

La última semana de diciembre/07 y las dos primeras de enero/08 se hubo restricciones en el abastecimiento a Segovia (baldeo de calles, riego y suministro de fuentes públicas). Se pusieron en funcionamiento las infraestructuras previstas para estos casos (pozos de sequía) con el fin de apoyar el abastecimiento. La tercera semana de enero/08 continuaron descendiendo las reservas del embalse de Pontón Alto, que abastece a Segovia. Durante el mes de febrero/08 continúan los esfuerzos de los ayuntamientos por reducir el consumo de agua; el de Ávila, uno de los más afectados anunció restricciones en febrero si no cambiaba la situación. Se produjeron precipitaciones en la 1ª y 3ª semana de marzo y en la segunda mitad del mes de abril/08.

Si bien el invierno fue lluvioso, desde junio/09 a diciembre/09 esta subzona necesitó mucha atención. En noviembre quedaron muy bajas las reservas del embalse de Pontón Alto, que abastece

Segovia. Ávila comenzó a bombear agua desde el embalse de Fuentes Claras y los pozos de la zona de El Soto a la red de distribución. En diciembre/09 siguió presentando problemas esta subzona, el índice de estado entró en zona de emergencia. En enero y febrero/10 se mantuvo alerta.

Según el informe de seguimiento de la sequía de abril de 2008, la Comisión de Desembalse adoptó como caudales mínimos para el periodo abril – octubre de 2008 el desembalse de 0,4 m³/s desde el Pontón, que debe traducirse 0,5 m³/s en la estación de aforo 2050 (Eresma en Segovia); así como 1 m³/s desde Las Cogotas que debe materializarse en 1 m³/s en la toma de la mancomunidad de Arévalo y en 0,8 m³/s en la toma de la mancomunidad de Mediana-Olmedo. Varios días del mes de mayo no se cumplieron los caudales en la EA 2050 (Segovia).

La Oficina Técnica de la Sequía informó en noviembre/09 que la estación de aforos de Segovia registró caudales de entre 0,19 m³/s y 0,17 m³/s, valores inferiores a los acordados en la Comisión de Desembalse (0,3 m³/s). Coincide con el estado de emergencia (0,028) mostrado por el nuevo índice propuesto.

Se puede concluir que el índice de estado propuesto (igual al del PES 2007, pero utilizando sólo los últimos 30 años de datos) muestra una evolución acorde con las sequías históricas de las que se ha podido obtener información de la subzona Cega-Eresma-Adaja.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm³, con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona, y en la Figura 67 la representación gráfica de la misma.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	9,20	0,29	1995/96	8,45	0,71
1981/82	10,80	0,26	1996/97	6,27	0,42
1982/83	10,05	0,44	1997/98	6,84	0,66
1983/84	8,20	0,42	1998/99	8,38	0,22
1984/85	9,12	0,64	1999/00	7,56	0,36
1985/86	9,68	0,26	2000/01	7,70	0,71
1986/87	9,16	0,30	2001/02	6,70	0,24
1987/88	6,11	0,65	2002/03	7,14	0,77
1988/89	9,10	0,17	2003/04	6,63	0,63
1989/90	11,40	0,55	2004/05	24,54	0,17
1990/91	9,89	0,47	2005/06	10,14	0,35
1991/92	8,40	0,22	2006/07	-	0,50
1992/93	7,23	0,25	2007/08	-	0,23
1993/94	8,93	0,60	2008/09	-	0,49
1994/95	20,18	0,19			

Tabla 13. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Cega-Eresma-Adaja)

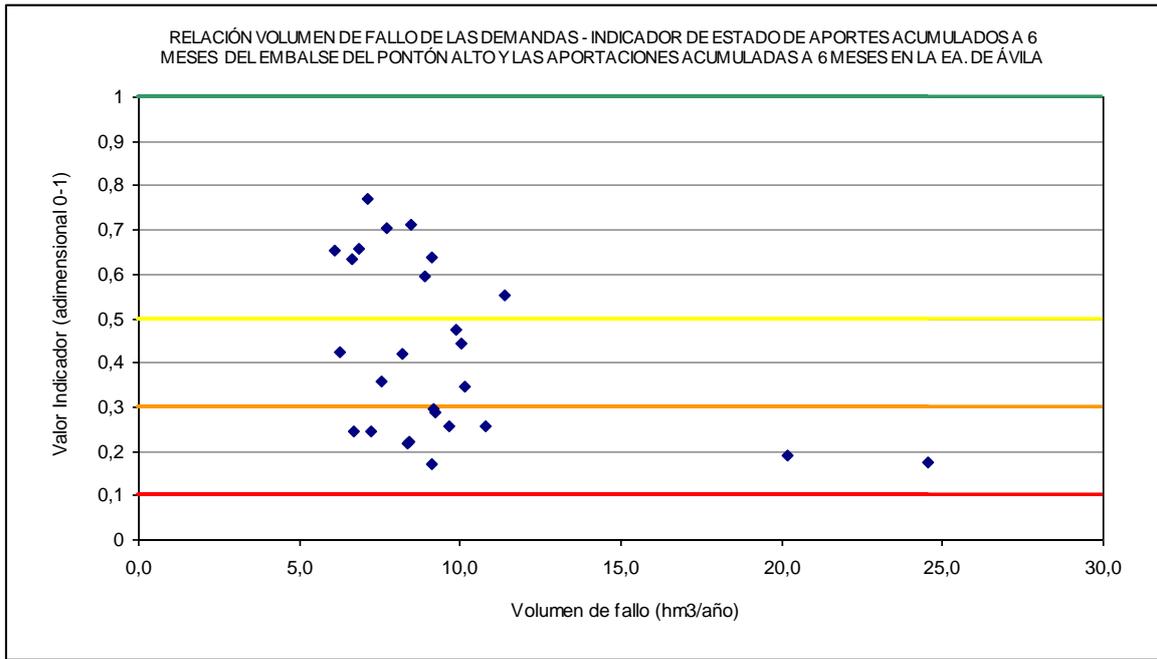


Figura 67. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Cega-Eresma-Adaja)

3.5.11. Subzona Bajo Duero

Las demandas existentes en la subzona del Bajo Duero se abastecen con aguas reguladas por los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar pertenecientes a la subzona de Pisuerga. En el PES 2007 se consideró que para el Bajo Duero el indicador más adecuado para caracterizar las sequías en esta subzona fuese el mismo que para el Pisuerga, que consiste en la suma de los volúmenes de los embalses de Cervera, Requejada y Aguilar almacenados a final de mes.

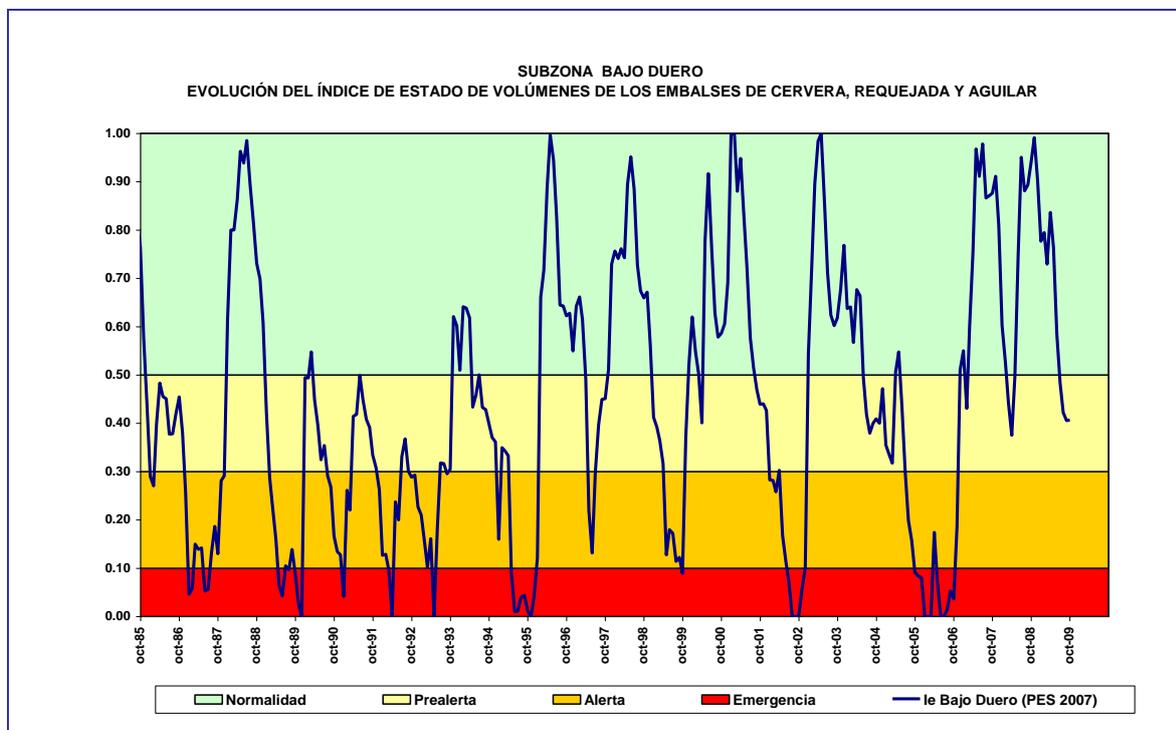
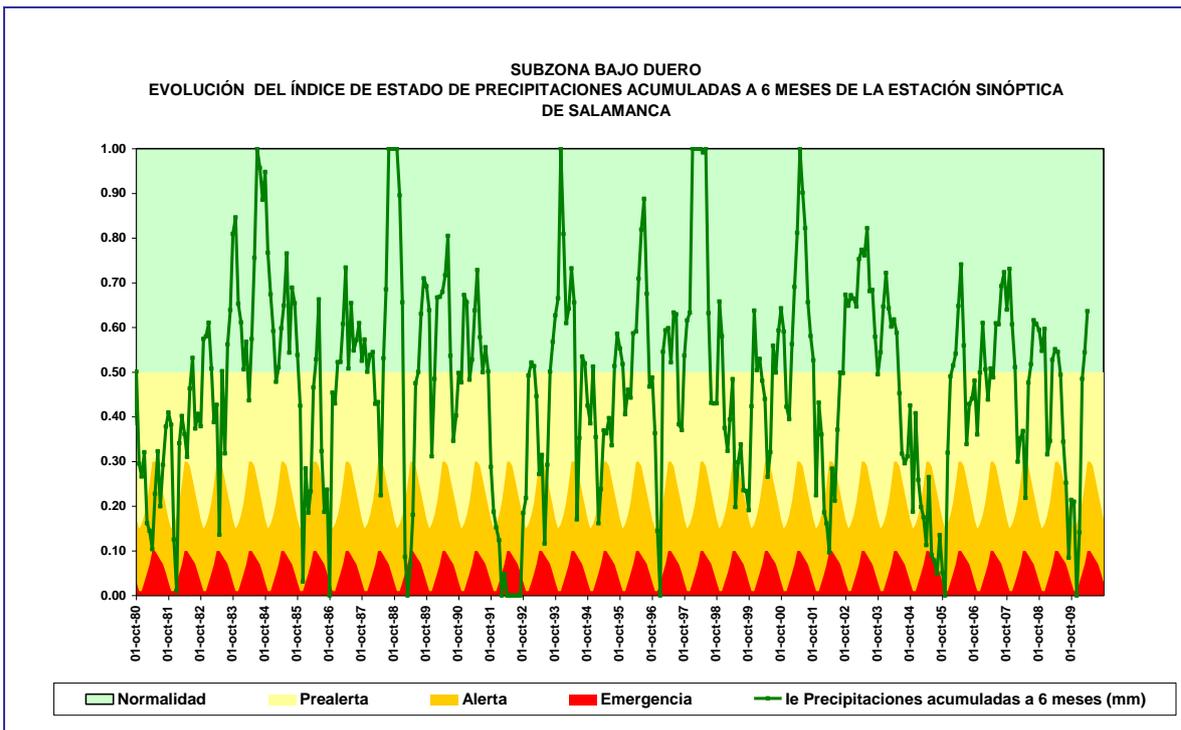
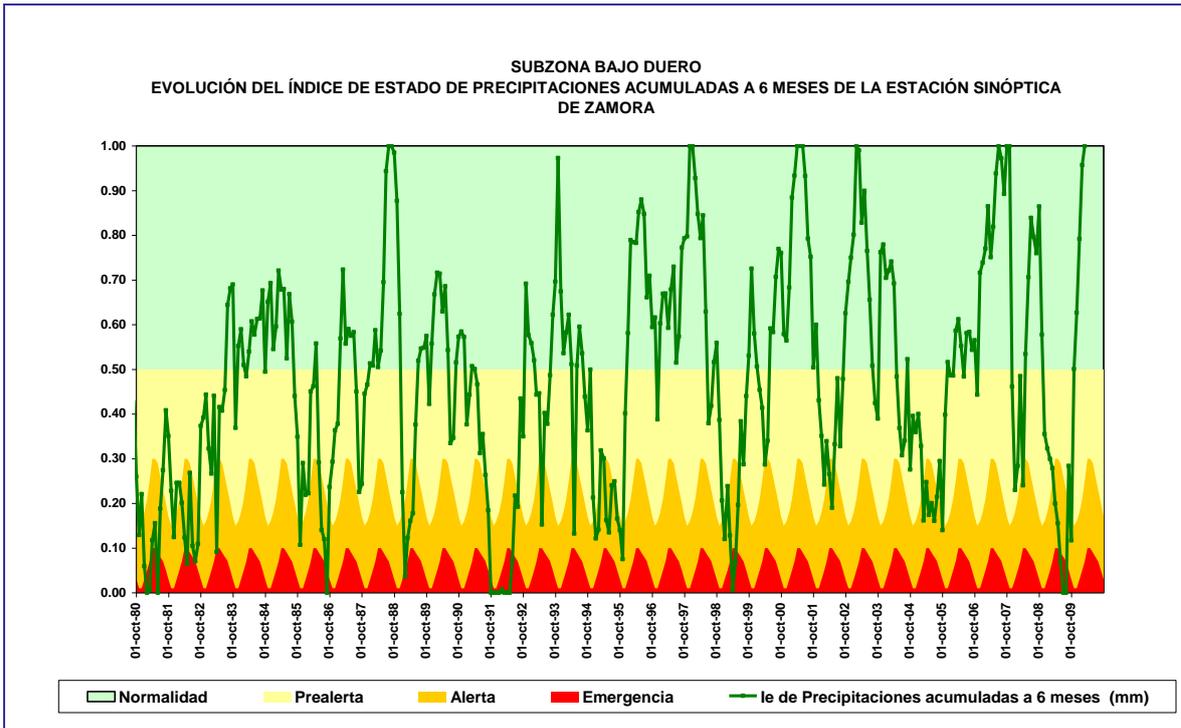


Figura 68. Índice de estado en la subzona Bajo Duero (PES 2007)

En indicador propuesto para esta subzona es el resultante de la ponderación de los índices generados a partir de las precipitaciones acumuladas en seis meses registradas por las estaciones sinópticas de Zamora (40%), Salamanca -Matacán- (30%) y Valladolid -Villanubla- (30%).



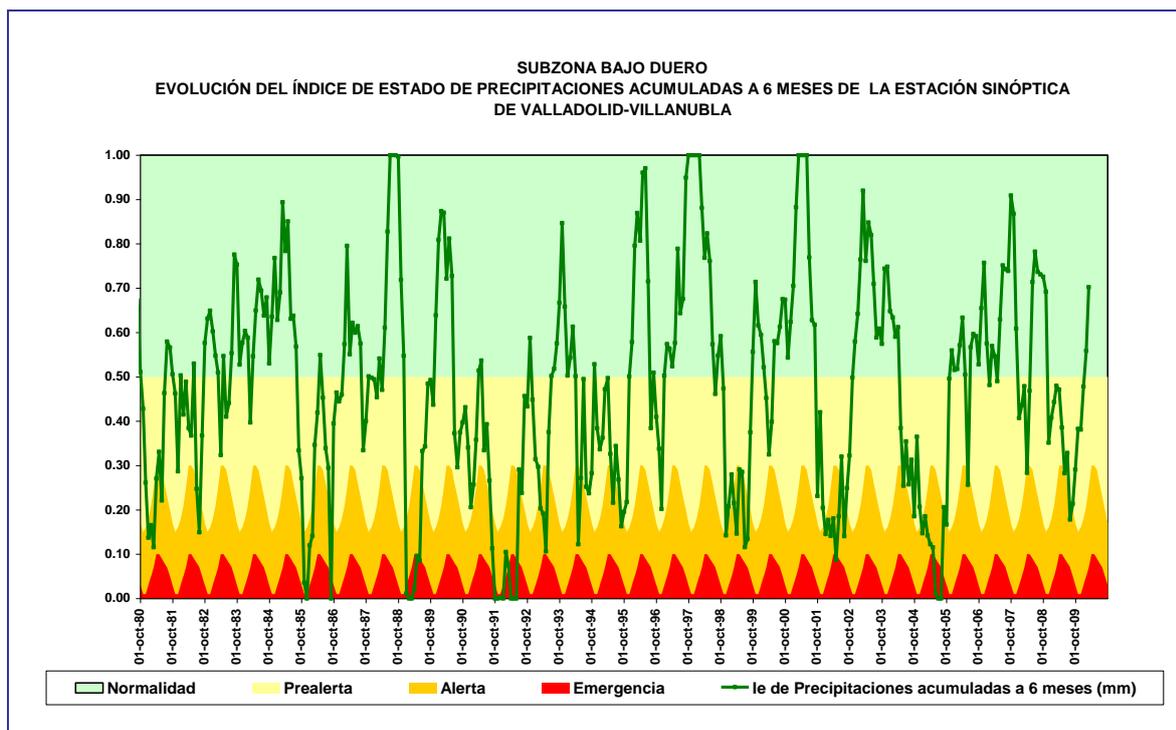


Figura 69. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Bajo Duero

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda de la siguiente manera:

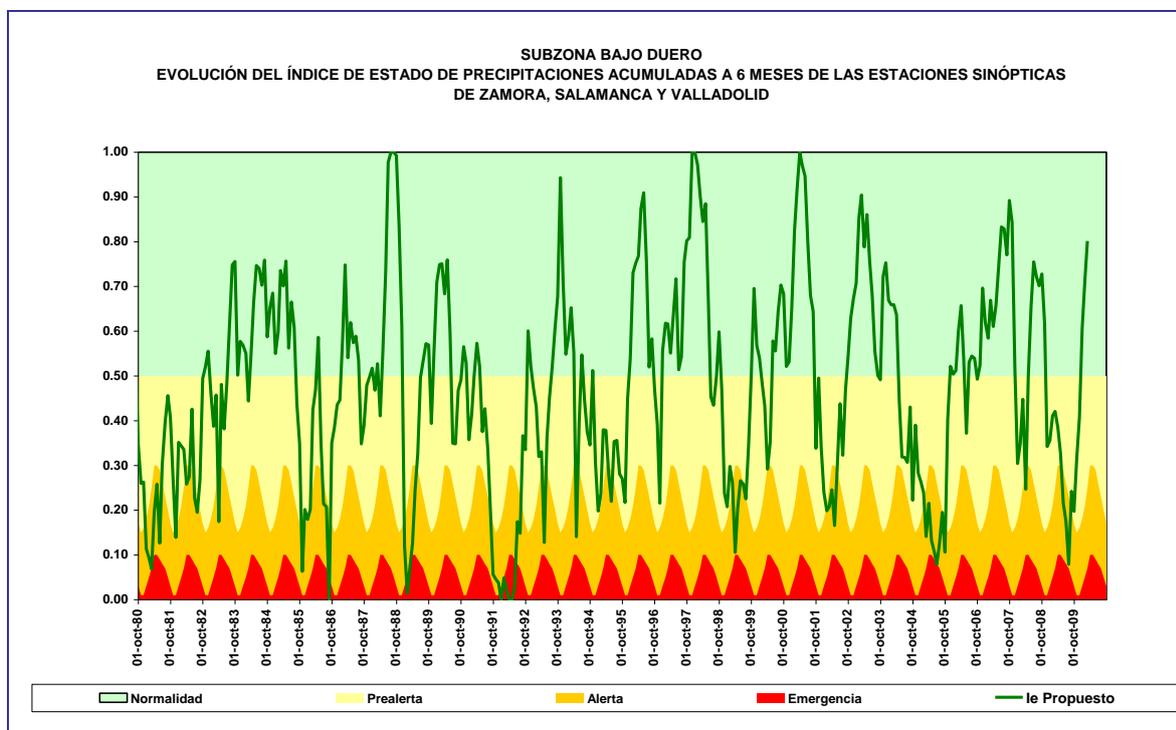


Figura 70. Índice de estado propuesto en la subzona Bajo Duero

El índice de estado se sitúa la mayor parte del tiempo en la zona de normalidad y prealerta.

El índice de estado propuesto se adapta mejor a las sequías hidrometeorológicas, que en esta subzona han sido 1988/1989, 1991/92, 1998/99, 2004/05 y segunda mitad del año hidrológico 2008/09.

Respecto a la satisfacción de las demandas de esta subzona, al servirse de recursos regulados en otras subzonas como el Pisuerga y Cega-Eresma-Adaja las medidas se adoptan conjuntamente, así, por ejemplo, en el año 2001/02 se observa una tendencia descendente del índice de estado hasta alcanzar la zona de alerta. En este año se establecieron turnos de riego incluso en los riegos concesionales. En junio se aprobó la petición de la Junta de Explotación de disminuir el volumen embalsado al final de septiembre en los embalses reguladores de la subzona de Pisuerga y se autorizó el incremento de desembalses de Las Cogotas, embalse situado en el río Adaja, para ayudar a cubrir las demandas del Bajo Duero, medida que viene a corresponder con la situación de alerta.

A finales de febrero de 2008 el Azud de Riobobos y otros humedales sufren la escasez de agua manifestando fenómenos de eutrofización o marcha de aves. En este momento el índice de estado propuesto de la subzona se encuentra en prealerta, situándose al mes siguiente en la zona de alerta.

Durante el año hidrológico 2008/09 el índice de estado propuesto pasa de la situación de normalidad a la de prealerta y a la de alerta, acercándose a la situación de emergencia en agosto/09, para retornar a la situación de prealerta en septiembre (ver Figura 20 y Figura 70). Esta evolución es más acorde a la situación de sequía producida en la cuenca, frente a la evolución del índice anterior que se mantenía la mayor parte del año hidrológico en situación de normalidad, pasando a la situación de prealerta a partir de agosto/09.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm^3 , con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona, y su representación gráfica en la Figura 71.

Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice	Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice
1980/81	0,00	0,24	1995/96	0,01	0,63
1981/82	0,39	0,30	1996/97	0,16	0,58
1982/83	0,67	0,50	1997/98	0,01	0,76
1983/84	0,03	0,62	1998/99	0,39	0,28
1984/85	0,00	0,61	1999/00	0,82	0,54
1985/86	0,13	0,27	2000/01	0,01	0,74
1986/87	0,17	0,52	2001/02	0,61	0,33
1987/88	0,01	0,68	2002/03	0,01	0,70
1988/89	0,61	0,38	2003/04	0,33	0,51
1989/90	0,01	0,57	2004/05	0,86	0,19
1990/91	0,39	0,40	2005/06	0,63	0,52
1991/92	0,86	0,10	2006/07	-	0,70
1992/93	0,86	0,45	2007/08	-	0,56
1993/94	0,39	0,52	2008/09	-	0,31
1994/95	0,86	0,31			

Tabla 14. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Bajo Duero)

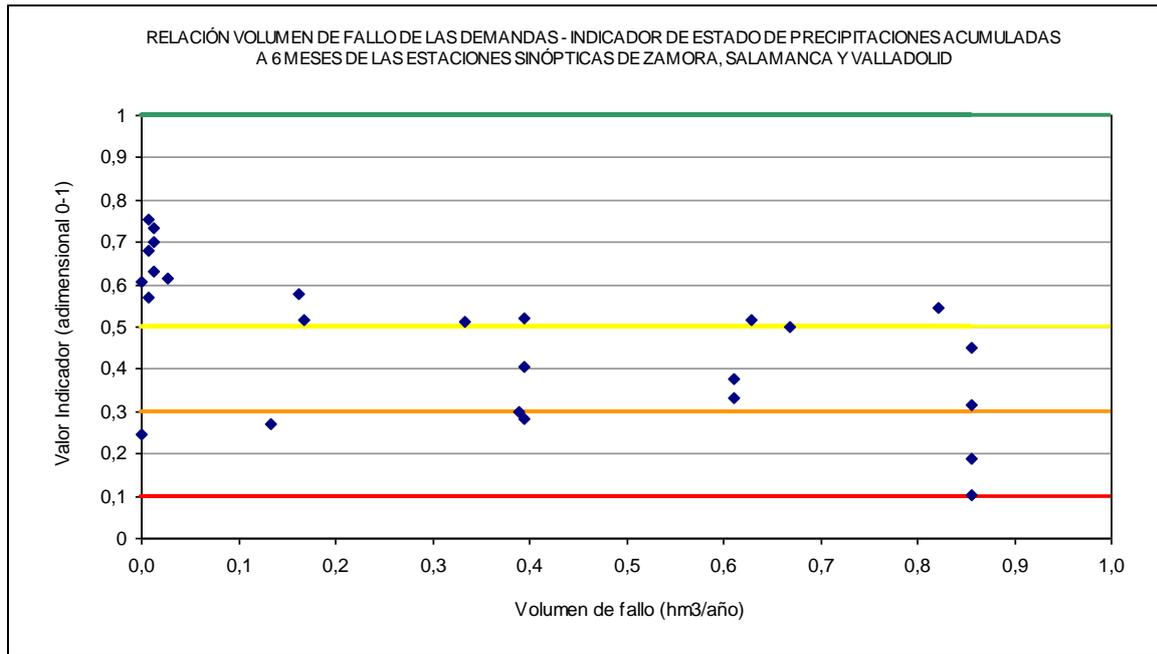


Figura 71. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Bajo Duero)

3.5.12. Subzona Tormes

Para esta subzona el indicador definido viene expresado por el volumen almacenado a final de mes en el embalse de Santa Teresa.

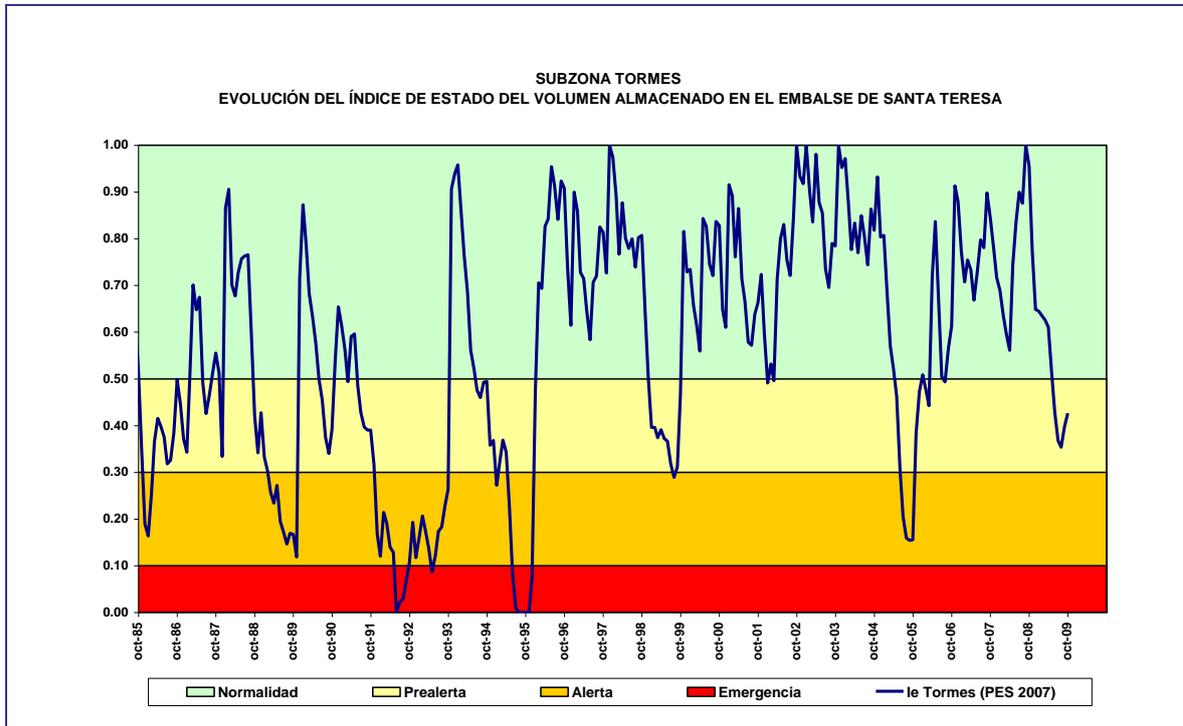
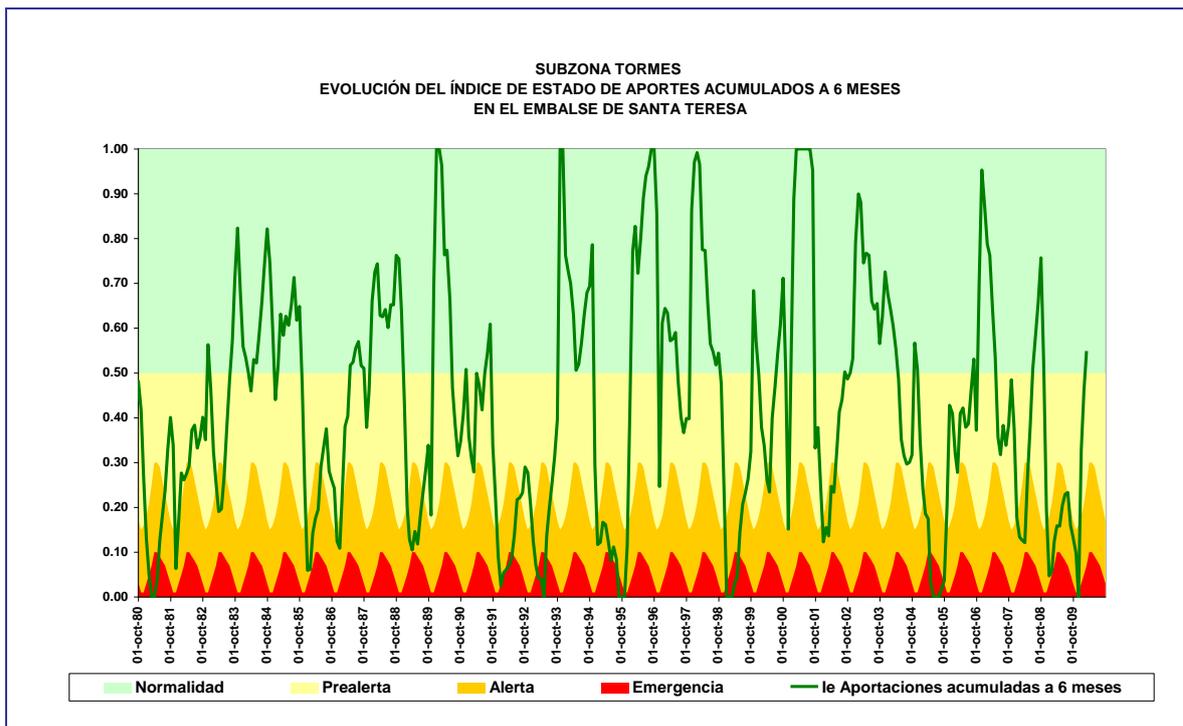


Figura 72. Índice de estado de la subzona Tormes (PES 2007)

Se propone la utilización del índice generado por las aportaciones al embalse de Santa Teresa registradas durante los seis últimos meses (75%) ponderado con el índice de las precipitaciones acumuladas a 6 meses de la estación sinóptica de Salamanca (Matacán) (25%).



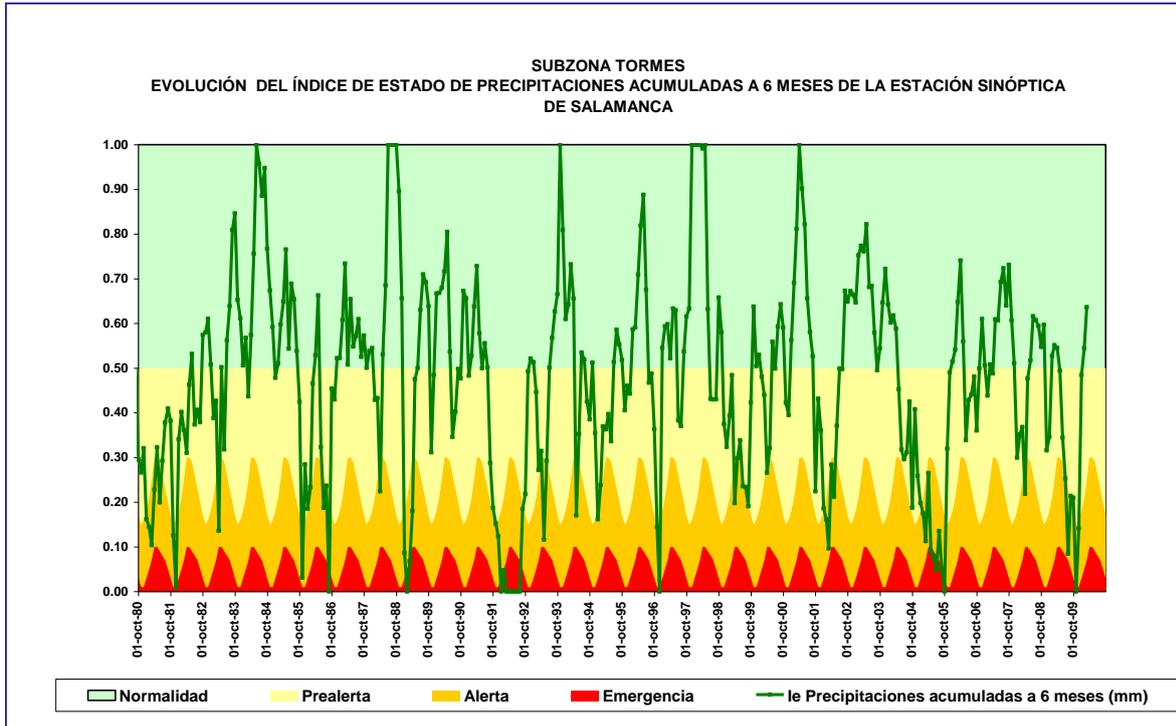


Figura 73. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Tormes

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda del siguiente modo:

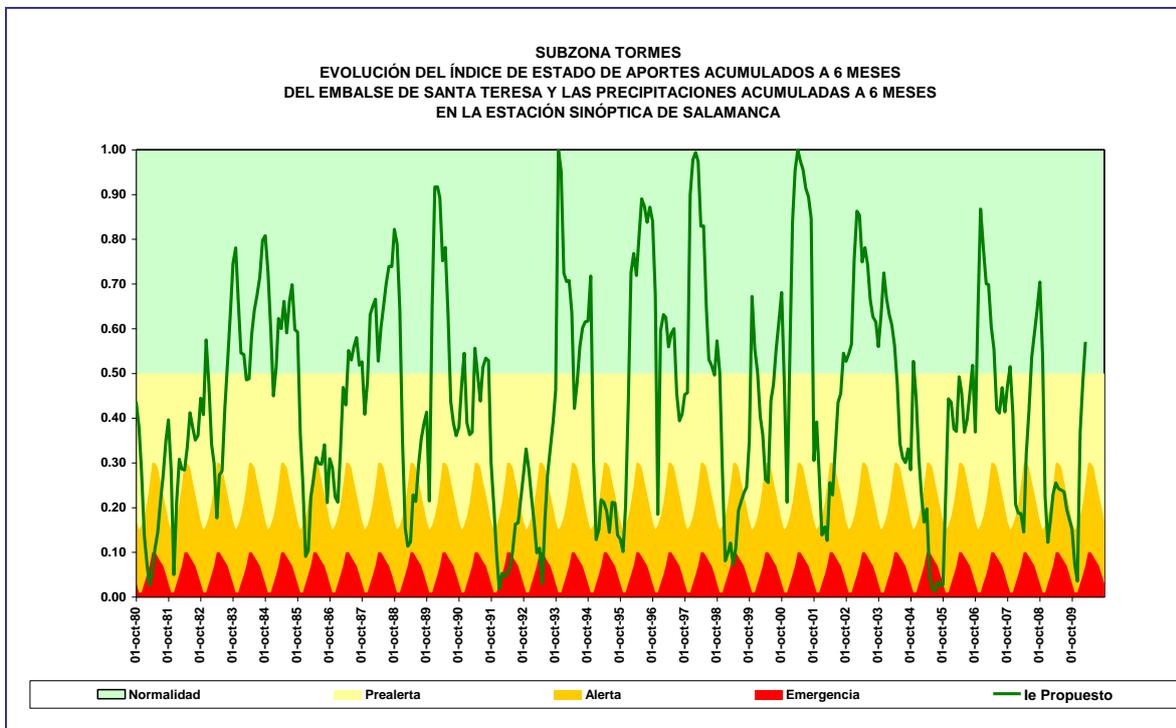


Figura 74. Índice de estado propuesto en la subzona Tormes

El índice de estado se sitúa la mayor parte del tiempo en la zona de normalidad y prealerta.

- En febrero de 1989, en general en toda la cuenca, se registraron problemas con la calidad de las aguas. En Salamanca se tuvieron que tomar restricciones por la incapacidad de las instalaciones existentes para depurar convenientemente el agua de los ríos. Se propuso limitar los caudales desembalsados, a pesar de lo cual, en marzo, la provincia de Salamanca presentaba una situación muy deficitaria. En esta situación el índice se encuentra en la zona de alerta con una tendencia descendente.
- En febrero de 1992 los embalses de Salamanca eran de los que presentaban mayores problemas, en marzo Salamanca era la provincia que presentaba dificultades más graves para el abastecimiento. En ese momento la situación era de alerta con una tendencia descendente que situaba los valores del índice en la zona de emergencia.
- En 1993 Salamanca se encontró entre las provincias más afectadas, con unos 8.000 habitantes abastecidos con cisternas. En febrero la sequía produjo pérdidas en la agricultura y ganadería en la provincia de Salamanca. En el mes de mayo se prohibió regar en el Alto Tormes, habiéndose alcanzado el nivel de alerta en abril.
- En noviembre de 1995 se fue disminuyendo paulatinamente el caudal de desembalse de Santa Teresa al objeto de garantizar el abastecimiento a la ciudad de Salamanca. El índice de estado se situaba en prealerta, pero llegaron las lluvias, lo cual se ve reflejado en un aumento en el valor del índice, que pasa a situarse en la franja de normalidad, y se recuperó el embalse. En Salamanca, en el mes de noviembre, se dieron graves problemas con la escasez de agua, por lo que se llegaron a plantear restricciones.
- En el año 2004/05 se observa una caída de los valores del índice desde la zona de normalidad hasta casi la de emergencia, lo que se traduce en que en julio de 2005 se produjeran dificultades para regar desde el canal de la Maya y en agosto la población de Guijuelo tuvo que activar unas medidas de emergencia.
- A finales de febrero de 2008 el Azud de Riobobos, situado próximo a la subzona, y otros humedales sufren la escasez de agua manifestando fenómenos de eutrofización o marcha de aves. Este mes el índice de estado de la subzona ha entrado en alerta, y se mantendrá hasta abril, pasando en mayo a la zona de alerta (ver Figura 21 y Figura 74). A partir de la tercera semana de abril/08 comienzan las precipitaciones, el índice de estado de la subzona entra en la zona de normalidad en julio y se mantiene hasta octubre/08. La escasez de lluvias que sigue provoca bajadas del índice de estado de modo que se mantiene en la zona de alerta todo el año natural 2009, de enero a diciembre. El comienzo del siguiente año supone la salida de la sequía, debido a las lluvias de finales del 2009. El índice correspondiente a 1 de enero de 2010 se halla ya en prealerta y en marzo/10 en la zona de normalidad.
- Sequía del cuarto trimestre del 2009: en el informe de la OTS de diciembre 2009 se indica que se han detectado niveles de amonio en el Tormes por encima del límite establecido (en situaciones de bajo caudal, el río es más sensible a los vertidos de Salamanca), coincide con la situación de alerta mostrada por el índice de estado propuesto en noviembre/09 (0,035).

Se puede concluir que la evolución del índice se ajusta sensiblemente a los acontecimientos producidos en la subzona.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm^3 , con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. Y en la Figura 75 la representación gráfica de la misma.

Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice	Año	Volumen fallos ($\text{hm}^3/\text{año}$)	Índice
1980/81	21,67	0,20	1995/96	12,99	0,67
1981/82	21,75	0,31	1996/97	11,32	0,51
1982/83	17,30	0,43	1997/98	14,05	0,73

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1983/84	16,17	0,64	1998/99	26,57	0,21
1984/85	14,54	0,61	1999/00	18,49	0,48
1985/86	18,44	0,26	2000/01	18,19	0,74
1986/87	7,66	0,44	2001/02	20,04	0,32
1987/88	1,77	0,64	2002/03	16,48	0,69
1988/89	9,04	0,34	2003/04	15,89	0,49
1989/90	14,91	0,61	2004/05	33,98	0,17
1990/91	21,44	0,46	2005/06	21,73	0,41
1991/92	16,69	0,12	2006/07	-	0,59
1992/93	15,92	0,24	2007/08	-	0,41
1993/94	15,39	0,67	2008/09	-	0,23
1994/95	22,63	0,23			

Tabla 15. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Tormes)

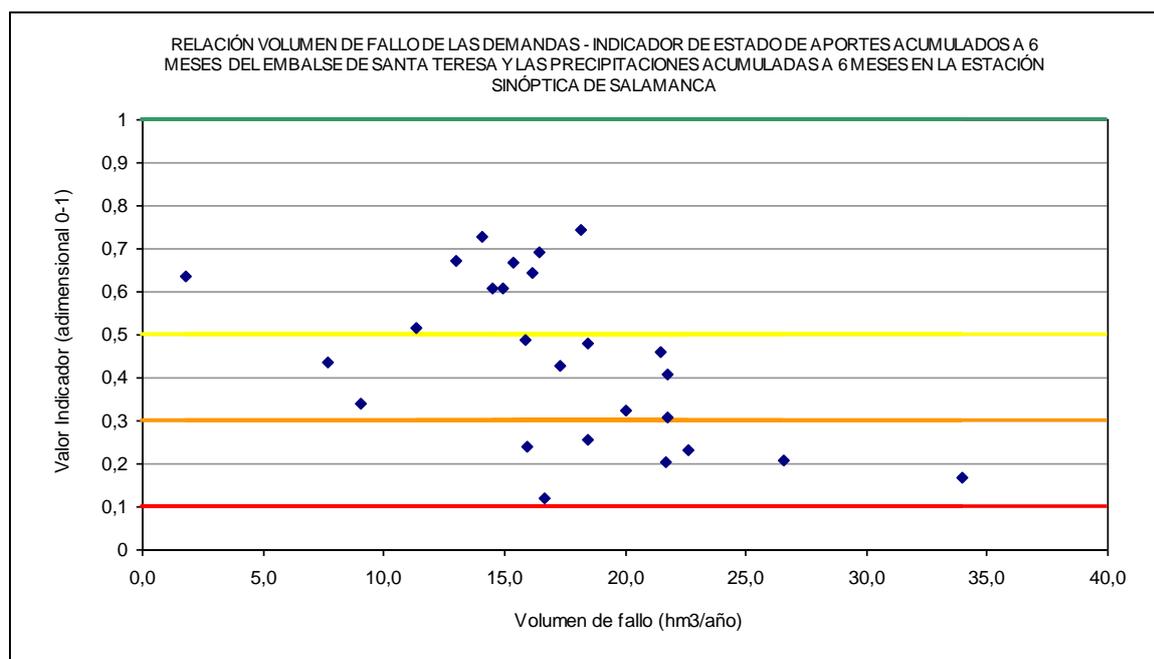


Figura 75. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Tormes)

3.5.13. Subzona Águeda

El indicador utilizado en el PES 2007 de esta subzona se calcula a partir de las aportaciones acumuladas al embalse de Águeda, considerándolas en conjuntos móviles de seis meses.

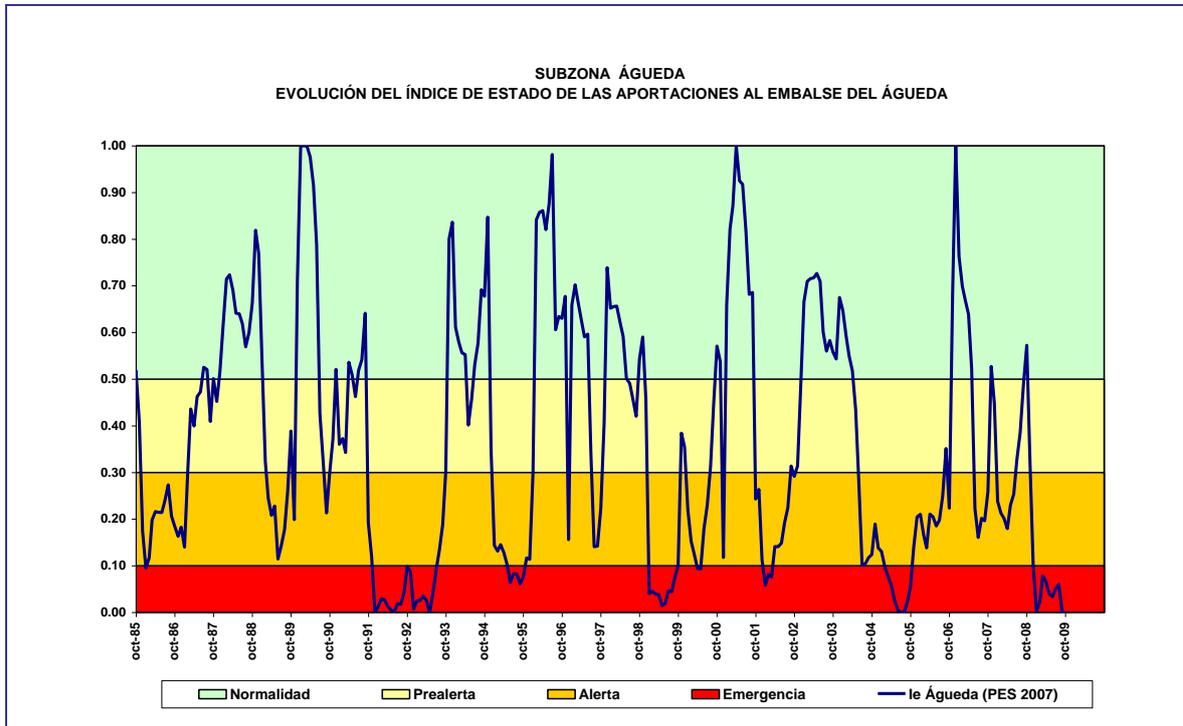
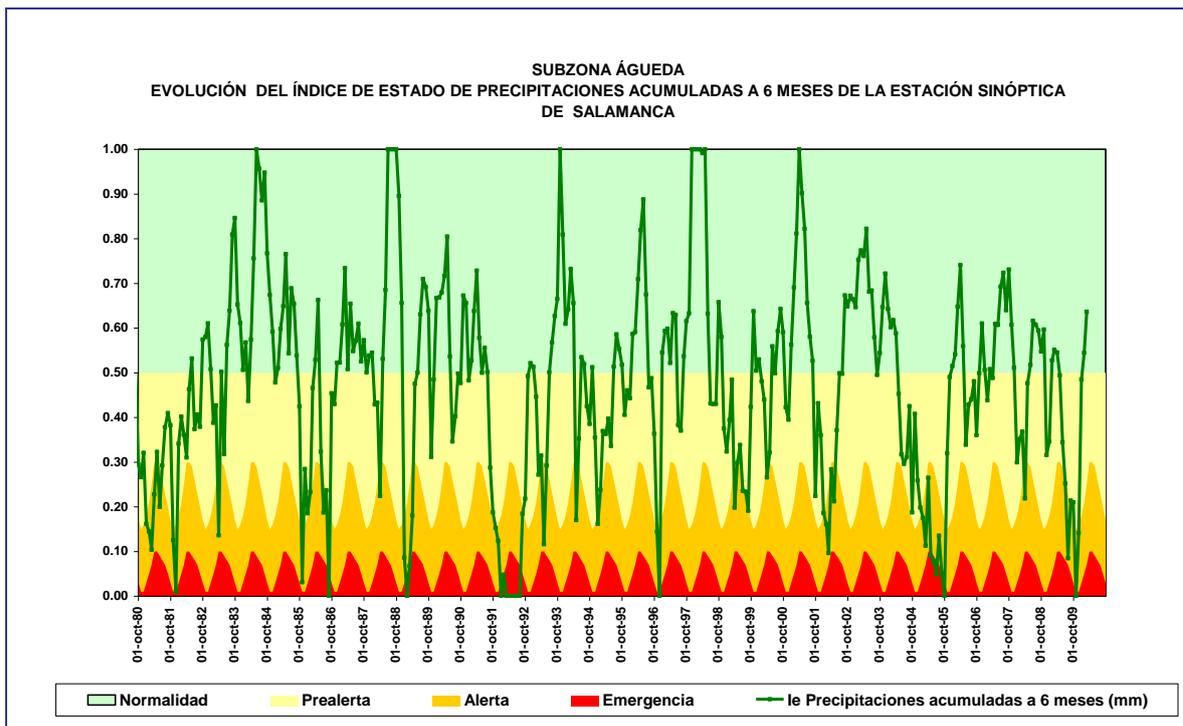


Figura 76. Índice de estado de la subzona Águeda (PES 2007)

Se propone para este indicador la incorporación del índice de las precipitaciones acumuladas en 6 meses registradas en la estación sinóptica de Salamanca (Matacán) con un peso del 15%, quedando el indicador de las aportaciones acumuladas al embalse de Águeda con un peso del 85%.



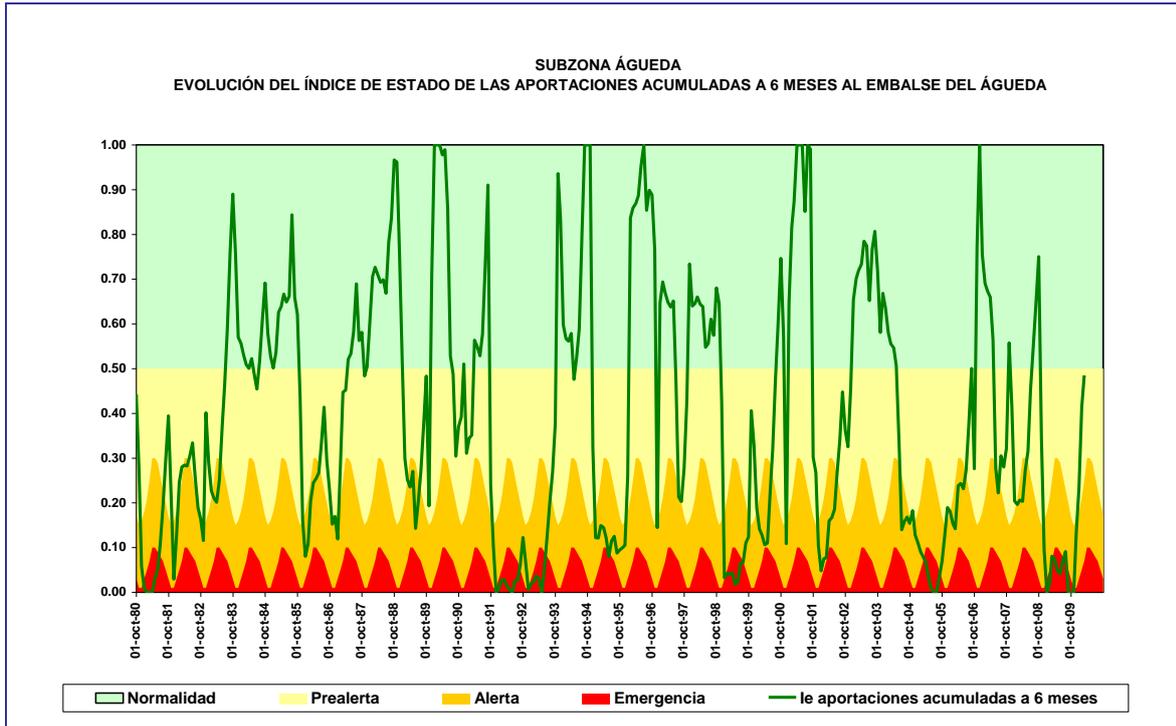


Figura 77. Desglose del índice de estado propuesto en la subzona Águeda

El indicador propuesto, considerando la serie de valores de aportación de los últimos 30 años, queda como se muestra en la siguiente figura:

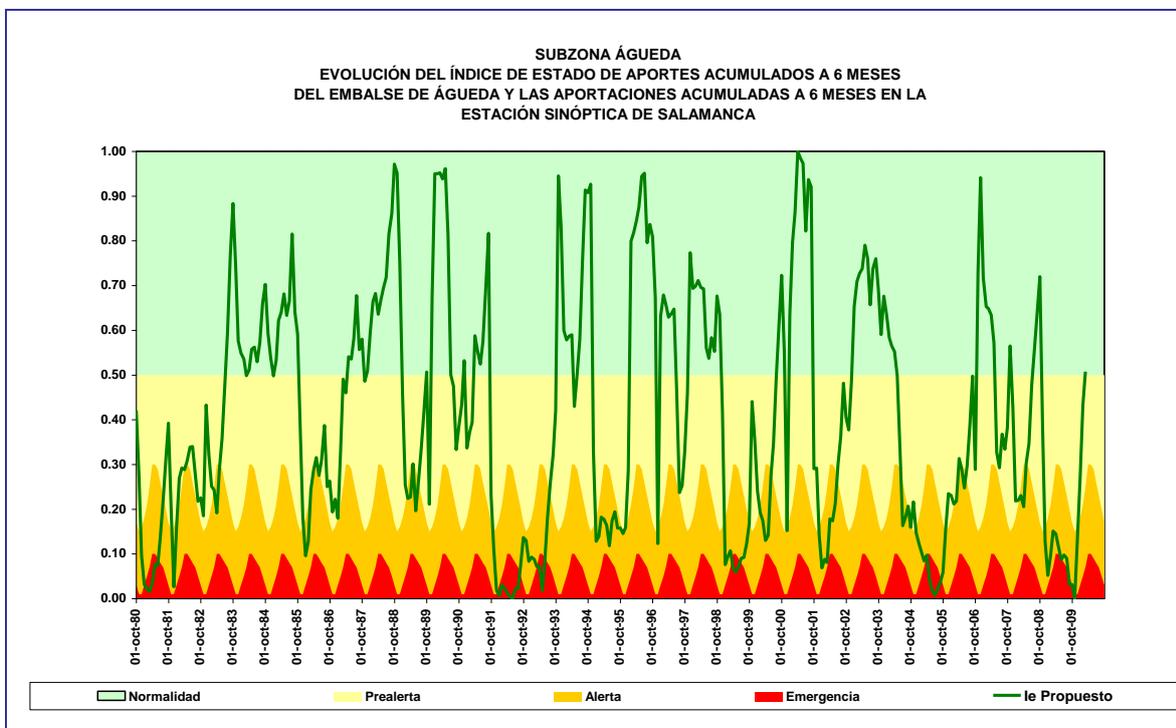


Figura 78. Índice de estado propuesto en la subzona Águeda

- En el año 1988/89 tuvieron que limitarse los caudales desembalsados en el embalse de Águeda a 3 m³/s.
- Una de las actuaciones previstas como consecuencia de la sequía sufrida desde 1991 es la modernización del Canal de Águeda.
- El año hidrológico 2008/09 sigue una pauta semejante a la subzona del Tormes pero con los valores del índice de estado mucho más próximos a la zona de emergencia, incluso toca el nivel de emergencia en mayo/09 (ver Figura 22 y Figura 78). Entra en emergencia en agosto/09 y se mantiene hasta octubre/09. En octubre de 2009, respecto a la medida de reducción del caudal desembalsado en el embalse de Águeda hasta 1 m³/s, la Oficina Técnica de la Sequía informó que la Comisión de Desembalse se vio obligada a bajar el caudal a 0,8 m³/s, incumpliendo la medida. Las lluvias de finales de 2009 marcan la salida del período de sequía, como lo muestra la evolución del índice de estado que en noviembre/09 se halla en alerta y en diciembre/09 en prealerta.

El índice de estado propuesto es semejante al original, salvo que se le ha añadido la precipitación ponderada en la estación sinóptica de Salamanca acumulada a 6 meses, y se reduce a los últimos 30 años la serie de cálculo. La evolución resultante es algo menos alarmista que el índice anterior.

A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados de la simulación donde se relaciona el volumen de fallo anual, en hm³, con el índice de sequía medio anual correspondiente de la subzona. En la Figura 79 se observa la comparación entre ambas variables.

Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice	Año	Volumen fallos (hm ³ /año)	Índice
1980/81	0,93	0,14	1995/96	0,07	0,69
1981/82	0,89	0,25	1996/97	0,00	0,50
1982/83	0,55	0,42	1997/98	0,07	0,64
1983/84	0,14	0,58	1998/99	1,00	0,17
1984/85	0,09	0,62	1999/00	0,82	0,34
1985/86	0,50	0,26	2000/01	0,52	0,74
1986/87	0,19	0,45	2001/02	1,39	0,23
1987/88	0,00	0,69	2002/03	1,10	0,67
1988/89	0,78	0,41	2003/04	1,34	0,43
1989/90	0,42	0,68	2004/05	1,99	0,08
1990/91	0,81	0,50	2005/06	1,05	0,28
1991/92	1,42	0,04	2006/07	-	0,55
1992/93	0,22	0,15	2007/08	-	0,41
1993/94	0,19	0,68	2008/09	-	0,12
1994/95	0,21	0,24			

Tabla 16. Relación volumen en fallos en suministro frente a índice de sequía medio anual (subzona Águeda)

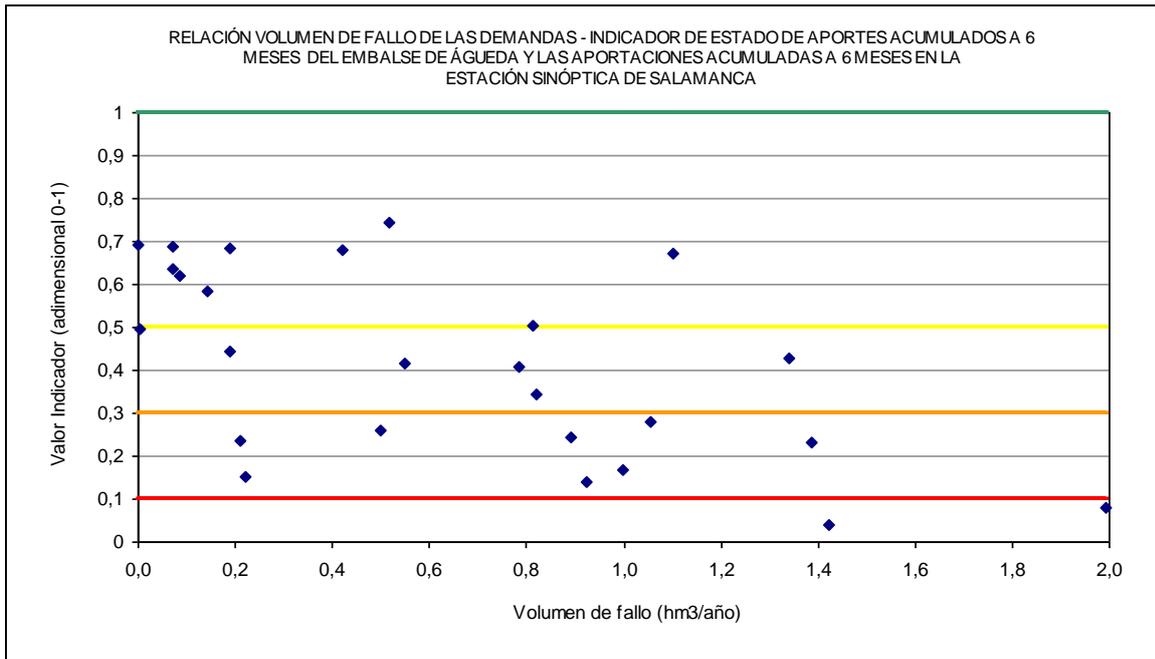


Figura 79. Comparación del comportamiento del índice de estado frente al volumen de fallo (subzona Águeda)

3.6. Indicador global de la cuenca

A efectos de tener una visión global y sintética en los informes periódicos del estado de sequía de la cuenca del Duero, se genera un indicador global de cuenca, representativo de cada una de las 13 subzonas definidas en el Plan de Cuenca.

Se han generado dos indicadores de cuenca, el primero de ellos se ha generado a partir de una ponderación de los índices de estado de los indicadores de las subzonas. Por otra parte, se ha obtenido la evolución del índice para la cuenca utilizando los pluviómetros de referencia fijados en el Convenio de Albufeira.

3.6.1. Indicador global de la cuenca calculado a partir de la ponderación de los índices de estado de las subzonas

Se genera un indicador global de la cuenca basado en los distintos indicadores de cada uno de las subzonas. La estimación del valor numérico del índice de estado global de cuenca se ha realizado mediante una combinación lineal ponderada de los índices de estado de los indicadores situados en cada subzonas.

Según el Plan Especial de Sequías 2007, el indicador global de la cuenca se obtiene aplicando diferentes coeficientes de ponderación a los indicadores de cada una de las subzonas de acuerdo con la importancia relativa de las demandas que se atienden en cada uno de ellos. En la tabla adjunta se muestran dichos coeficientes.

Subzona	Coefficientes de ponderación de la cuenca (PES 2007)
Támega-Manzanas	0,001
Aliste-Tera	0,022
Órbigo	0,121
Esla-Valderaduey	0,240
Carrión	0,148
Pisuerga y Bajo Duero	0,16
Arlanza	0,038
Alto Duero	0,059
Riaza-Duración	0,035
Cega-Eresma-Adaja	0,007
Tormes	0,146
Águeda	0,021

Tabla 17. Coeficientes de ponderación de las subzonas en el índice de estado global de cuenca.

La evolución del indicador global de cuenca a fecha de 30 de septiembre de 2009 se muestra en la siguiente figura:

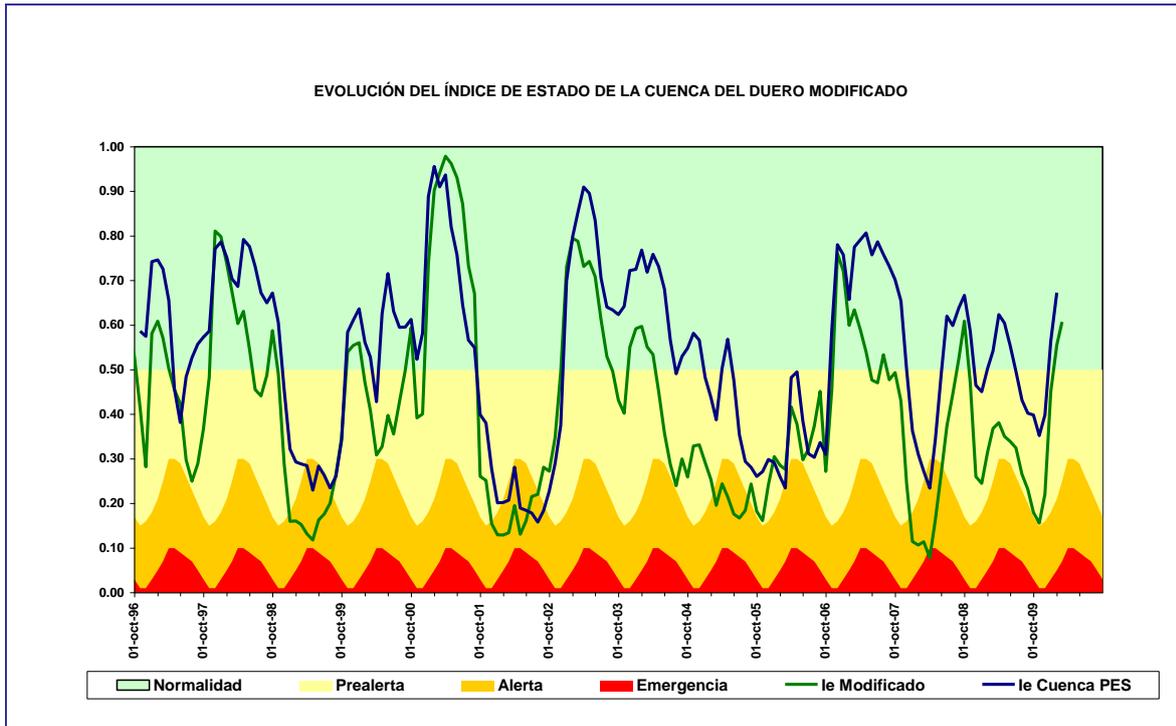


Figura 80. Índice de estado de la cuenca del Duero

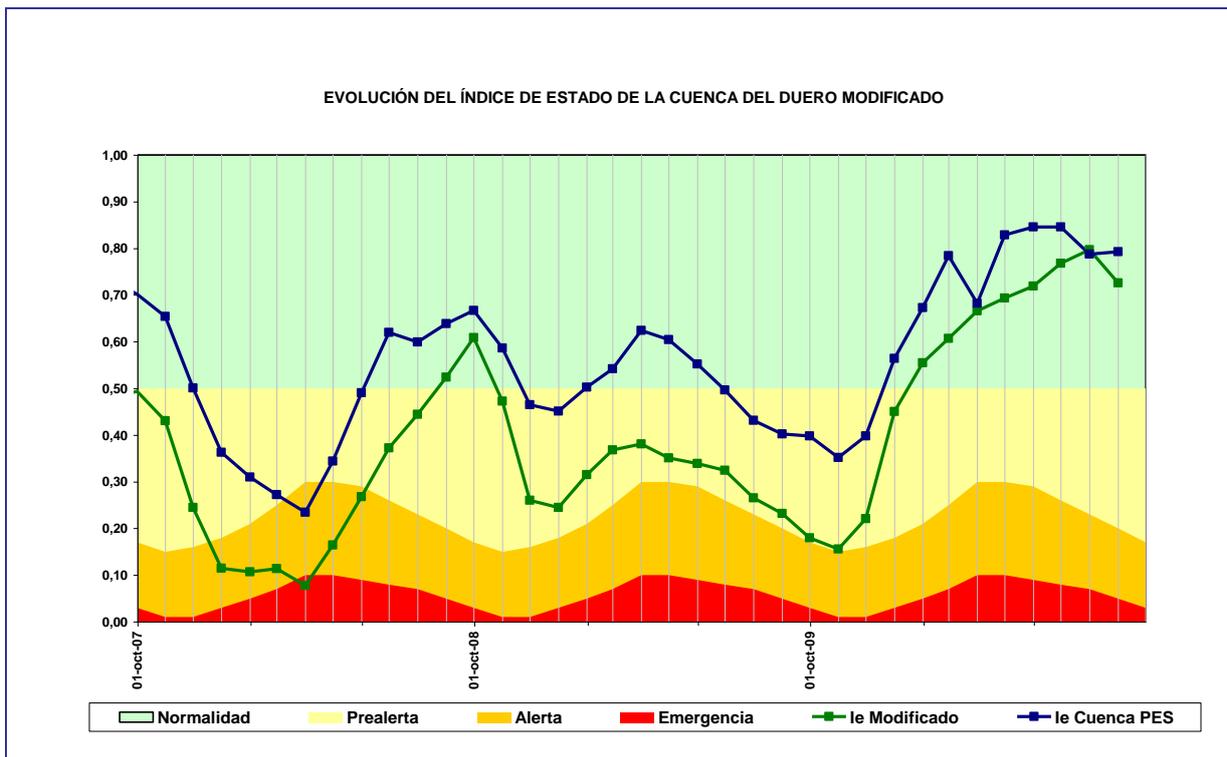


Figura 81. Índice de estado de la cuenca del Duero (detalle)

En la revisión de este indicador se han reasignado los coeficientes de la ponderación de acuerdo a la nueva estimación de las demandas y de aportaciones calculadas para cada subzona en el presente Plan Hidrológico (modelación realizada con SIMGES de diciembre de 2009, para el horizonte 2015).

Los pesos utilizados son:

Subzona	Coficiente según demandas (horizonte 2015)	Coficiente según aportaciones (horizonte 2015)	Coficiente de ponderación de la cuenca seleccionado
Támeaga-Manzanas	0,005	0,070	0,037
Aliste-Tera	0,031	0,073	0,052
Órbigo	0,133	0,116	0,125
Esla-Valderaduey	0,189	0,220	0,204
Carrión	0,099	0,050	0,075
Pisuerga	0,074	0,073	0,074
Arlanza	0,024	0,068	0,046
Alto Duero	0,050	0,066	0,058
Riaza-Duración	0,059	0,018	0,039
Cega-Eresma-Adaja	0,052	0,049	0,051
Bajo Duero	0,135	0,029	0,082
Tormes	0,138	0,099	0,118
Águeda	0,010	0,069	0,040

Tabla 18. Coeficientes de ponderación de las subzonas en el índice global de cuenca según demandas, aportaciones y medios

El indicador propuesto, utilizando los últimos 30 años, queda como sigue:

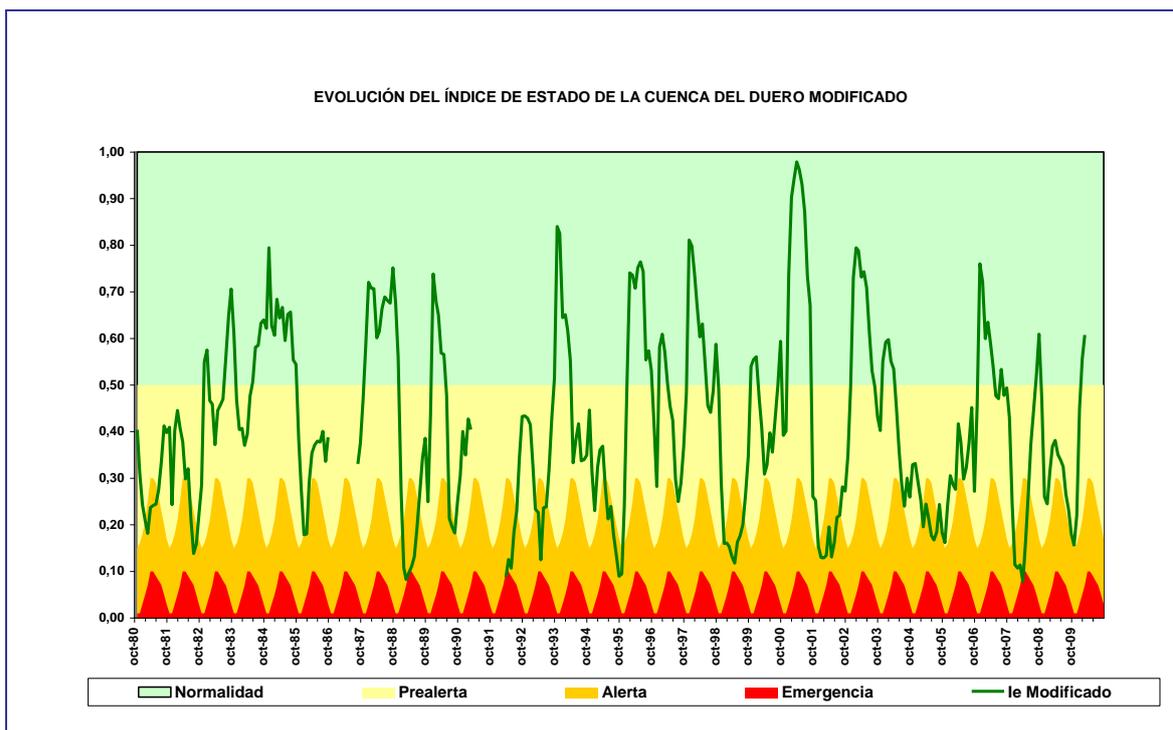


Figura 82. Indicador global de la cuenca española del Duero. Propuesta de actualización.

3.6.2. Indicador global de la cuenca calculado a partir de las precipitaciones

El *Convenio sobre cooperación para la protección y el aprovechamiento sostenible de las aguas de las cuencas hidrográficas hispano-portuguesas*, redactado en Albufeira el 30 de noviembre de 1998, establece, “hasta que estudios más rigurosos permitan recomendar otra solución”, una combinación de tres pluviómetros, ponderados con pesos iguales, para valorar la precipitación de referencia en la cuenca del Duero. Estos pluviómetros, incluidos en la red sinóptica que opera la Agencia Estatal de Meteorología, son:

León (Virgen del Camino)
 Salamanca (Matacán)
 Soria (Observatorio)

A continuación se presenta la gráfica del índice de estado realizado con los tres pluviómetros mencionados. Se consideran las precipitaciones acumuladas a 12 meses y se ponderan a un 33,3% cada pluviómetro.

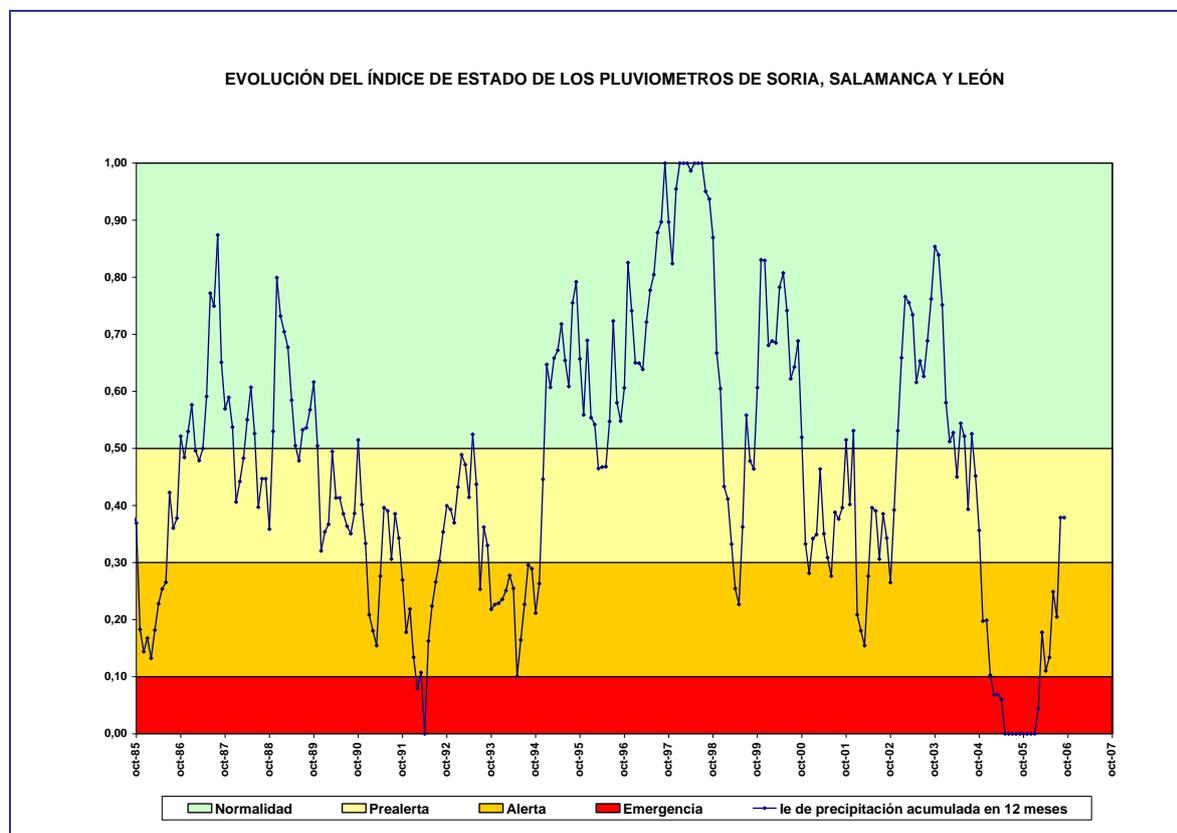


Figura 83. Evolución del índice de estado de los tres pluviómetros del Convenio de la Albufeira

La evolución del índice para la cuenca, utilizando los pluviómetros de referencia fijados en el Convenio de Albufeira (Figura 83), se encuentra principalmente en las zonas de normalidad y prealerta, poniendo de manifiesto que la cuenca del Duero no ha tenido grandes problemas con las sequías. Las peores épocas coinciden con la sequía de los años noventa, que afectó a toda España, destacándose el año 1991/92, que fue el peor del ciclo, y la sequía iniciada en el año hidrológico 2004/2005.

Durante el periodo de vigencia del Convenio de Albufeira, desde el 17 de enero de 2000 hasta la actualidad, se ha registrado una situación de excepción que comenzó en junio de 2005. Esta situación viene a corresponder a grandes rasgos con la entrada en la zona de Alerta del indicador combinado para toda la cuenca.

El régimen de caudales que se establece en el artículo 3 del Protocolo Adicional del citado Convenio de Albufeira, no es de obligado cumplimiento cuando se dan las circunstancias de excepcionalidad establecidas en el propio Convenio.

Se entra en excepción cuando se verifica que la precipitación de referencia acumulada en la cuenca desde el inicio del año hidrológico (1 de octubre) hasta el 1 de junio sea inferior al 65% de la precipitación media acumulada en la cuenca para el mismo periodo.

El periodo de excepción se considera concluido a partir del mes siguiente a diciembre en que la precipitación de referencia acumulada en la cuenca desde el inicio del año hidrológico sea superior a la precipitación media acumulada en la cuenca en el mismo periodo.

En consecuencia, resulta mucho más fácil salir de la excepción que entrar en ella; y la combinación planteada de esos tres pluviómetros se viene utilizando como un indicador general del estado de la cuenca española del Duero.

Por otra parte, en el artículo 19 del citado Convenio se plantean las formas de actuar en situaciones de sequía y escasez de recursos que guardan relación con el propósito de este Plan Especial. Así, los dos Estados deberán coordinar sus actuaciones para prevenir y controlar las situaciones de sequía y escasez, establecerán mecanismos excepcionales para mitigar los efectos de las mismas y definirán la naturaleza de las excepciones al régimen general establecido en el Convenio. Estos mecanismos excepcionales incluirán, entre otros asuntos, la utilización de indicadores que permitan caracterizar las situaciones de sequía y escasez de manera objetiva.

El indicador general de los tres pluviómetros es, sin duda, sencillo y eficaz, pero puede estar sometido a las irregularidades climáticas locales, ya que con tan solo tres puntos de control cualquier fenómeno local puede introducir una apreciable desviación respecto a los valores representativos.

En febrero de 2008 se celebró la segunda conferencia de las partes del “Convenio de Albufeira”. En el anexo al acta de la conferencia, de *Revisión de régimen de caudales*, se acuerdan una serie de modificaciones respecto al *Protocolo Adicional del Convenio de Albufeira*, uno de estos cambios es la inclusión de la estación de Valladolid (Villanubla) para el cálculo de la precipitación de referencia de la Cuenca del Duero, considerando así la ponderación al 25% de las precipitaciones de las cuatro estaciones sinópticas mencionadas:

- León (Virgen del Camino)
- Salamanca (Matacán)
- Soria (Observatorio)
- Valladolid (Villanubla)

El índice de estado calculado de este modo se muestra en la siguiente figura.

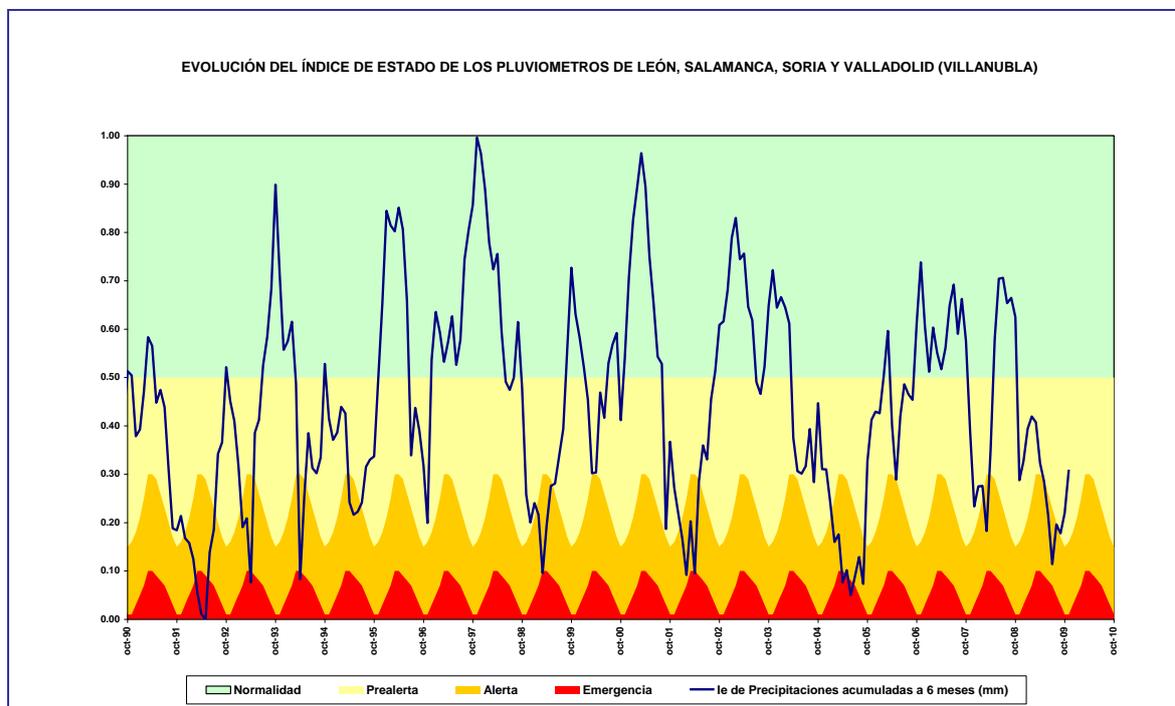


Figura 84. Evolución del índice de estado de la cuenca calculado a partir de las precipitaciones de las estaciones sinópticas de León (Virgen del Camino), Salamanca (Matacán), Soria (Observatorio) y Valladolid (Villanubla)

La evolución del índice para la cuenca, utilizando los cuatro pluviómetros de referencia citados, es semejante al índice anterior calculado con tres pluviómetros, encontrándose la mayor parte del tiempo en normalidad y

prealerta, pero cuando se entra en zona de emergencia ésta no es tan acusada. Se observan también claramente que las peores épocas coinciden con la sequía de los años noventa, en particular el año 1991/92, y la sequía iniciada en el año hidrológico 2004/2005.

Por otro lado, comparando la Figura 80 - Índice de estado de la cuenca del Duero (donde se presenta la evolución del índice del indicador global, obtenido mediante la ponderación de los índices de estado de los indicadores de las subzonas del PES 2007 -azul- y el propuesto, obtenido mediante la nueva ponderación de los nuevos índices de estado de las subzonas -verde-, este último ampliado en la Figura 82) y Figura 84 - Evolución de índice de estado de la cuenca calculado a partir de las cuatro estaciones pluviométricas sinópticas, se observa que la representación que tenemos ahora (Figura 82) es más coherente que antes de la modificación. El índice de estado del indicador global del PES 2007 mostraba, en general, mejor situación de la cuenca que la realidad evidenciaba, manteniéndose en la franja de la normalidad y prealerta la mayor parte del tiempo, entrando en la zona de alerta en los años 1998/99, 2001/02 y casi inapreciablemente en el 2005/06 y 2007/08 en que se registraron importantes sequías generalizadas. Mientras que el índice de estado de la cuenca del Duero modificado entra en la situación de alerta los años: 1991/92, 1992/93, 1994/95, 1998/99, 2001/02, 2004/05, 2007/07 y 2008/09, llegando a entrar en la situación de emergencia los años 1991/92 y 2007/08, evolución muy coherente con el indicador ampliado a cuatro pluviómetros surgido del *Protocolo Adicional del Convenio de Albufeira* para el cálculo de la precipitación de referencia de la Cuenca del Duero (Figura 84).

3.6.3. Tiempo de permanencia de la sequía

Analizando la evolución de los indicadores se concluye que la puesta en marcha de las medidas, debidas a un cambio de estado en cualquiera de las subzonas, se iniciará al segundo mes consecutivo de permanencia en el estado o cuando tras un mes de permanencia el indicador evolucione al nivel de intensidad siguiente, entendiéndose en este caso que el conjunto de medidas que se activa corresponden al nivel de intensidad menor.

Los ascensos de categoría se contabilizan ya en el mes que se producen.

