



CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL SEGURO

## PLAN DE ACTUACIÓN EN SITUACIONES DE ALERTA Y EVENTUAL SEQUÍA EN LA CUENCA DEL SEGURO

---

### **ANEJO 8: VALIDACIÓN DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS.**

---

## ÍNDICE

<b>1. MEDIDAS DE ACTUACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.1. MODELIZACIÓN</b>	<b>2</b>
1.1.1. Gestión de la demandas	2
1.1.2. Recursos extraordinarios	4
<b>1.2. EVOLUCIÓN DEL INDICADOR</b>	<b>4</b>
1.2.1. Comentarios sobre los resultados	6
<b>2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES AMBIENTALES</b>	<b>6</b>
<b>2.1. RESTRICCIONES POR CAUDAL AMBIENTAL</b>	<b>7</b>
2.1.1. Evaluación de los fallos en los caudales ambientales	7
2.1.2. Conclusiones	11

## 1. MEDIDAS DE ACTUACIÓN

Las medidas de actuación en sequía se han estructurado en los intervalos de prealerta, alerta y emergencia determinados por el índice de estado. El déficit a solventar, bien sea disminuyendo la demanda o aportando recursos externos, se rige por los déficit obtenidos en los valores umbrales del indicador de sequía global. A continuación se presenta una tabla resumen con las medidas de actuación a adoptar en cada caso.

Tabla 1: Resumen de las medidas de actuación

Nivel de sequía	Movilizar recursos	Gestión de la demanda						Reducción del déficit anual
		Abastecimiento		Regadío		Ambiental	Subtotal hm <sup>3</sup> anuales	
	hm <sup>3</sup> anuales	Ahorro %/dem.	Ahorro en hm <sup>3</sup>	Ahorro %/dem.	Ahorro en hm <sup>3</sup>	Ahorro en hm <sup>3</sup>		
Prealerta	0	5%	12	10%	86	0	98	98
Alerta	54	10%	23,5	25%	216	10,2	250	304
Emergencia	155	15%	35	50%	433	28	495	650

Cabe destacar que solo se han tenido en cuenta criterios cuantitativos, sin entrar a valorar, por insuficiencia de conocimientos, la repercusión ambiental de la reducción, que deberá estudiarse de cara a futuras revisiones del PES.

### 1.1. MODELIZACIÓN

Las medidas de actuación han sido simuladas en el modelo del sistema de explotación con el objeto de valorar su funcionamiento. Cada hipótesis de actuación se considera como unas actuaciones de reducción de la demanda y un incremento del recurso cuando procede.

El periodo de simulación es la sequía representativa de la época de los noventa. La metodología seguida empieza por la optimización entre octubre de 1988 y septiembre de 1997, a continuación se modelizan los 4 escenarios de sequía con las actuaciones pertinentes.

#### 1.1.1. Gestión de la demandas

Las reducciones en la demanda coinciden con los porcentajes de ahorro en cada uno de los escenarios. La tabla mostrada a continuación contiene las demandas para los distintos nodos de demanda.

Tabla 2: Nodos de demanda en el modelo según los escenarios de sequía.

Núm nodo	Tipo Dem.	Descripción	Demanda en hm3/año		
			Prealerta	Alerta	Emergencia
1	Abast.	MCT-Sierra Espada	19.8	18.8	17.7
2	Abast.	MCT-Campotejar	31.6	29.9	28.3
3	Abast.	MCT-Torrealta	80.3	76.1	71.9
4	Abast.	MCT-Pedrera	64.4	61.0	57.6
5	Abast.	MCT-Lorca	12.6	11.9	11.3
6	Abast.	Río Segura y varios	9.5	9.0	8.5
7	Reg. - Ab.	Hellín*	23.8	23.0	21.0
8	Reg.	Vega Alta antes de Ojós	46.2	38.5	25.7
9	Reg.	Vegas alta (parcial), media y baja(p)	143.8	119.8	79.9
10	Reg.	Vega Baja (parcial)	70.6	58.8	39.2
11	Reg.	Vega Baja(parcial) y RLMD	70.2	58.5	39.0
12	Reg.	Trasvase antes de Ojós	23.3	19.4	12.9
13	Reg.	La Pedrera	12.7	10.6	7.1
14	Reg.	Campo de Cartagena Oriental	89.1	74.2	49.5
15	Reg.	Campo de Cartagena Occidental	20.7	17.3	11.5
16	Reg.	Margen Izq. antes del partidior	31.0	25.8	17.2
17	Reg.	Margen Der. antes de Algeciras	26.6	22.1	14.8
18	Reg.	Guadalentín después de Algeciras	14.9	12.4	8.3
19	Reg.	Almería	13.5	11.3	7.5
20	Reg.	RLMI	126.8	105.7	70.4
21	Reg.	Lorca	41.1	34.3	22.9
22	Reg.	Def. M.Izquierda	0.0	0.0	0.0
23	Reg.	Def. Guadalentín	0.0	0.0	0.0
24	Reg.	Def. Mazarrón-Águilas	0.0	0.0	0.0
25	Reg.	Def. Altiplano	0.0	0.0	0.0
26	Reg.	Def. ZRT Vegas-Mula	0.0	0.0	0.0
27	Reg.	Def. ZRT Guadalentín	0.0	0.0	0.0
28	Reg.	Def. ZRT Alicante	0.0	0.0	0.0
29	Z.Hum.	Conserv. humedales	20.0	20.0	20.0
30	Abast.	Def. Abastecimiento Altiplano	5.2	5.0	4.7

SUBTOTALES	Abastecimiento		
	Regadíos Tradicionales	Regadíos del Trasvase	Hellín
	330.8	399.6	20.1
	<b>750.4</b>	<b>627.9</b>	<b>423.0</b>
	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>	<b>20.0</b>

<b>DEMANDA TOTAL en sistema global</b>	<b>997.7</b>	<b>863.4</b>	<b>646.7</b>
--	--------------	--------------	--------------

### **1.1.2. Recursos extraordinarios**

Los recursos extraordinarios en la cuenca proceden principalmente del incremento de la reutilización en la zona costera y de la explotación extraordinaria de acuíferos. La simulación de este incremento se realiza suponiendo un incremento de las aportaciones en el azud de Ojós, y en el caso del incremento en emergencia una parte se supone que entra en el embalse de Talave.

El aporte de recursos extraordinarios en situación de alerta es de 42 hm<sup>3</sup>/año, para la simulación se incorpora el valor mensual de 3,5 hm<sup>3</sup>, cuando el indicador global entra en alerta. Este aporte se mantiene al menos tres meses desde que el indicador sale de la situación de alerta.

En el escenario de emergencia el incremento de 120 hm<sup>3</sup>/año procedente de los pozos de sequía se modeliza como un aporte extraordinario en Ojós de 10 hm<sup>3</sup>/mes. Los posibles aportes del Intercambio de derechos se consideran como un incremento de las aportaciones en el Talave, de una cantidad equivalente a 2,5 hm<sup>3</sup>/mes.

### **1.2. EVOLUCIÓN DEL INDICADOR**

La formulación del indicador global permite su cálculo con los valores obtenidos de la modelización, de manera que según las existencias en los embalses en cada final de mes se puede calcular el indicador en dicho mes.

Los resultados del indicador global calculado según los valores de la cuenca obtenidos del programa se presentan en la siguiente gráfica.

Escenarios simulados:

- Hip01: situación sin medidas de actuación
- Hip02: situación con medidas de prealerta
- Hip03: situación con medidas de alerta
- Hip 04: situación con medidas de emergencia
- Hip res: situación resumen simulando las actuaciones progresivamente

Figura 1. Evolución del indicador por escenarios

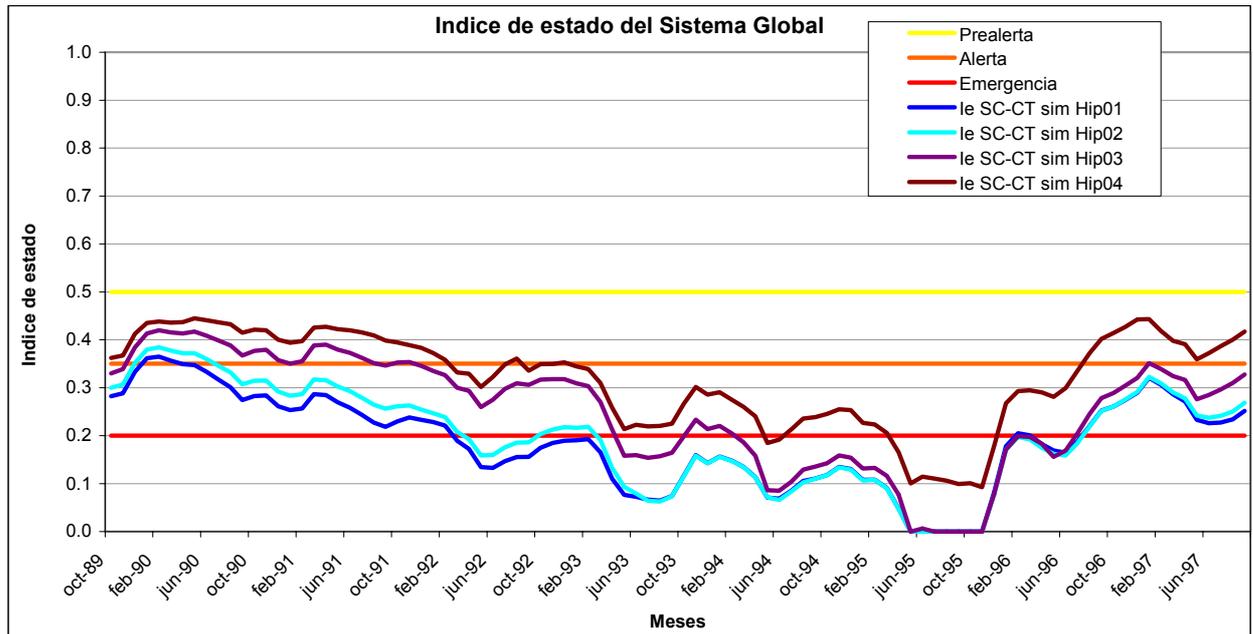
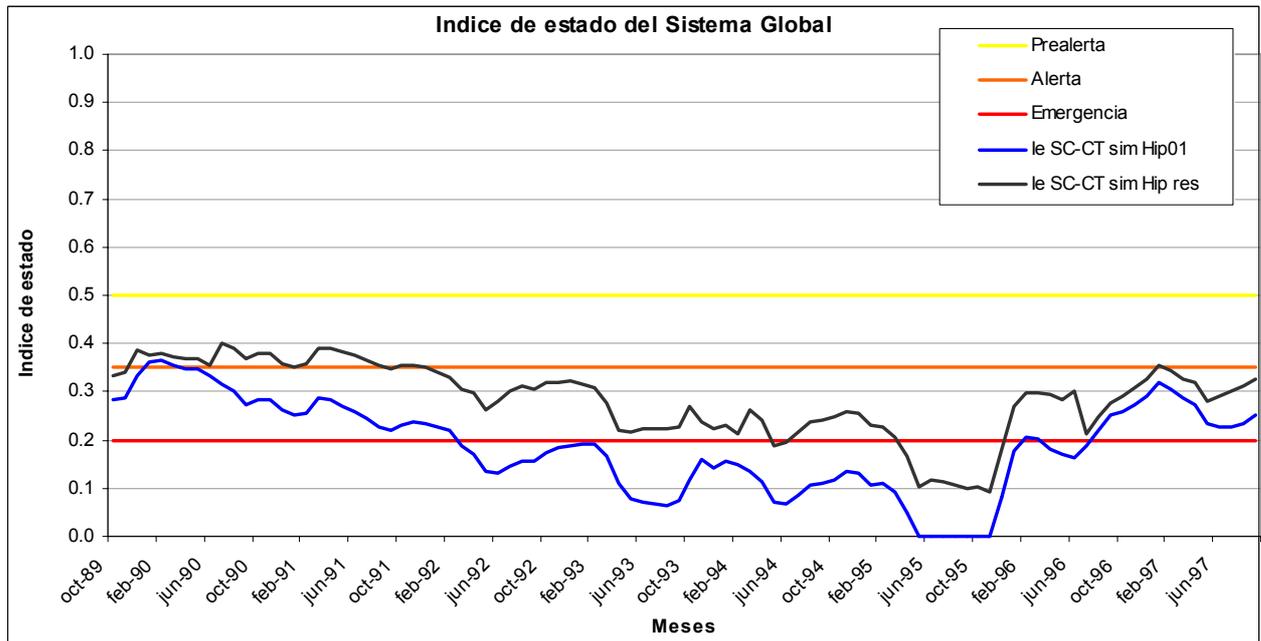


Figura 2. Evolución del indicador en el escenario resumen



### **1.2.1. Comentarios sobre los resultados**

En cada uno de los escenarios las medidas de actuación retardan la entrada en situaciones de alerta y emergencia tal y como se había previsto. El comportamiento del indicador simulado es más pesimista que el comportamiento del indicador real. Aún así, se puede observar como en cada escenario la situación mejora también para el indicador.

El escenario resumen corresponde a la gestión que se realizaría en situación de sequía, poniendo en marcha las actuaciones en el mes correspondiente según cuando el indicador cruza los umbrales.

Según el indicador no se deja de entrar en alerta y emergencia, aunque como ya se ha comentado este resultado es más pesimista que la realidad. Las mejoras en cualquier caso son evidentes, de una situación de emergencia de 53 meses seguidos se pasa a una situación de emergencia de 9 meses, y la entrada en alerta en abril de 1990 se retrasa 20 meses.

## **2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CAUDALES AMBIENTALES**

Según la presente Ley de Aguas, tal y como se ha comentado en anejos precedentes, el mantenimiento de los caudales ambientales del río debe preceder al suministro de las demandas. Por este motivo, en el Plan de Sequía se revisa qué ocurre con los caudales mínimos de mantenimiento del río y cuales son sus afecciones durante la sequía.

Las actuaciones propuestas y su aplicación deben tener en cuenta el mantenimiento de dichos caudales. Solamente en el caso en que el mantenimiento de los caudales mínimos entre en conflicto con el abastecimiento urbano se podrá considerar su reducción.

## 2.1. RESTRICCIONES POR CAUDAL AMBIENTAL

A continuación se recuerdan cuáles son los caudales mínimos en cada tramo del río. Los valores dependen de los caudales fijados en el Plan Hidrológico de Cuenca, a partir de Contraparada se fijaron en 3 y 4 m<sup>3</sup>/s y aguas arriba de este punto al 10% de la media restituida.

Tabla 3: Caudales ambientales en los ríos Segura y Mundo

Nº Estación	Nombre	Estación	Caudal ambiental		
			hm3/año	m3/s	hm3/mes
3	Mundo	Talave	12,83	<b>0,41</b>	1,05
24	Mundo	Camarillas	16,66	<b>0,53</b>	1,37
1	Segura	Fuensanta	25,25	<b>0,80</b>	2,08
13	Segura	Cenajo	39,07	<b>1,24</b>	3,21
6	Segura	Almadenes	66,20	<b>2,10</b>	5,44
16	Segura	Cieza	67,72	<b>2,15</b>	5,57
67	Segura	Menjú	68,51	<b>2,17</b>	5,63
17	Segura	Abarán	72,53	<b>2,30</b>	5,96
18	Segura	Archena	94,61	<b>3,00</b>	7,78
63	Segura	Contraparada	94,61	<b>3,00</b>	7,78
64	Segura	Beniel	126,14	<b>4,00</b>	10,37
30	Segura	Guardamar	126,14	<b>4,00</b>	10,37

### 2.1.1. Evaluación de los fallos en los caudales ambientales

Los fallos en los caudales ambientales se calculan mediante el modelo de simulación para la optimización de los recursos hídricos, explicado detalladamente en el Anejo 5. El modelo contempla un módulo de cálculo de fallos en el suministro de los caudales ambientales.

Los caudales ambientales se incorporan al modelo en forma de caudales mínimos en cada tramo del río o conducción. En cada mes ocurre un fallo en el suministro de estos caudales cuando no llega a suministrarse en un cierto porcentaje del caudal mínimo fijado.

La optimización se realiza en todos los casos con la serie histórica de aportaciones de los años entre 1940-2005 y con los nodos de demanda descritos en el Anejo 5.

Los caudales mínimos fijados en cada tramo de río o conducción son los presentados a continuación, adaptados de la tabla 1 para el modelo, donde se incorporan como valores mensuales en  $\text{hm}^3$ .

Tabla 4: Caudales mínimos en el modelo

Tramos	Descripción	Qmín $\text{hm}^3/\text{mes}$	Qmín $\text{m}^3/\text{s}$
Fu-Ce	E. Fuensanta - E. Cenajo	2,3	0,9
Ce-Co	E. Cenajo - confluencia río Mundo	3,6	1,4
Ta-Ca	E. Talave - E. Camarillas	1,1	0,4
	E. Camarillas - confluencia Mundo-		
Ca-Co	Segura	1,5	0,6
Se1	Confluencia - Quípar	5,2	2,0
Se2	Quípar - Ojós	5,6	2,2
Se3	Ojós - Murcia	7,8	3,0
Se4	Murcia - Contraparada	7,8	3,0
Se5	Contraparada - Entrada Pedrera	10,4	4,0
Se6	Entrada Pedrera - San Antonio	10,4	4,0

Para cada uno de los tipos de usos discretizados se adoptará una dotación tipo en función de las tendencias actuales de las mismas.

#### 2.1.1.1 Escenario 1

Situación de partida:

- Esquema y demandas del escenario actual
- Caudales mínimos impuestos
- Suministro al mismo nivel de prioridad de demandas y caudales ambientales

Resultados:

- Garantía de caudal ambiental en tramos aguas abajo de Contraparada: 69,2% y 98,3%.
- En el resto de tramos: garantías del 100%
- Caudal medio de salida: 133,20  $\text{hm}^3/\text{año}$
- Déficit medio en la satisfacción de la demanda de 65,2  $\text{hm}^3/\text{año}$  (6%).

Los cambios de prioridad entre los distintos caudales mínimos no dan resultados significativamente distintos y por lo tanto, se desestiman.

### 2.1.1.2 Escenario 2

Las pérdidas de caudal que son vertidas al mar no responden a una situación real. En el modelo, la manera de simular las tomas hacia los riegos de levante es aumentar la capacidad del canal hacia El Hondo, donde está simulada la toma hacia los riegos.

Aumentando el doble esta capacidad los resultados son bastante distintos:

- Garantía de caudal ambiental en tramos aguas abajo de Contraparada: 73,3% y 99,2%.
- Caudal medio de salida: 117,45 hm<sup>3</sup>/año.
- Satisfacción de la demanda: 52,2 hm<sup>3</sup>/año (4,8%)

### 2.1.1.3 Escenario 3

El programa de optimización permite priorizar el caudal ambiental por encima de la satisfacción de la demanda, de manera que la explotación obedecería a la nueva ley de aguas. Esto se realiza aplicando un coste mayor al suministro a la demanda que al suministro a los tramos de río, siempre y cuando a éstos se les imponga un caudal mínimo.

El escenario 3 incorpora esta nueva metodología de cálculo, volviendo al esquema del escenario actual sin aumentar la capacidad del canal situado en el tramo más bajo del río.

Resultados:

- Garantía de caudal ambiental en todos los tramos: 100%.
- Caudal medio de salida: 141,73 hm<sup>3</sup>/año.
- Satisfacción de la demanda: 74,5 hm<sup>3</sup>/año (6,8%)

Lógicamente, el caudal ambiental en este caso no presenta fallos, pero el déficit en satisfacción de la demanda y el caudal de salida aumentan (nuevamente en una cantidad muy parecida) respecto al escenario 1. Aun así, el aumento del déficit (0,8 puntos) no es en absoluto significativo, y además, no respondería a la realidad ya que todos los caudales que llegan a la presa de San Antonio son utilizados. La realidad sería que la satisfacción de la demanda, en vez de producirse en la parte más alta del Segura se produciría en la parte más baja.

#### 2.1.1.4 Escenario 4

La situación de partida es la misma que en el escenario 3 pero aumentando la capacidad del canal en la desembocadura para simular el consumo del agua por los Riegos de Levante.

Resultados:

- Garantía de caudal ambiental en todos los tramos: 100%.
- Caudal medio de salida: 122,43 hm<sup>3</sup>/año.
- Satisfacción de la demanda: 57,2 hm<sup>3</sup>/año (5,2%)
- El déficit medio anual en los Riegos de Levante de la Margen Izquierda pasa de 8,8 hm<sup>3</sup> a 2,4 hm<sup>3</sup>.
- Resumen de la garantía anual de la satisfacción de las demandas:
  - o Urbana: 93,8% - 98,5%
  - o Riegos tradicionales: 70,8% - 93,8%
  - o Riegos del trasvase: 70,8% - 83,1%
  - o Humedales: 78,5%

#### 2.1.1.5 Escenario 5

En este caso se evalúan las posibles reducciones de caudales mínimos en caso de sequía, con el ánimo de complementar la restricción en las demandas. La reducción propuesta consiste en considerar el caudal mínimo como el 10% del caudal en régimen natural en todos los tramos, incluso entre el Azud de Ojós y la desembocadura donde el caudal ambiental es mayor.

*Tabla 5: Caudales mínimos reducidos en el modelo*

Tramos	Descripción	Qmín hm <sup>3</sup> /mes	Qmín m <sup>3</sup> /s
Fu-Ce	E. Fuensanta - E. Cenajo	2,3	0,9
Ce-Co	E. Cenajo - confluencia río Mundo	3,6	1,4
Ta-Ca	E. Talave - E. Camarillas	1,1	0,4
Ca-Co	E. Camarillas - confluencia Mundo-Segura	1,5	0,6
Se1	Confluencia - Quípar	5,2	2,0
Se2	Quípar - Ojós	5,6	2,2
Se3	Ojós - Murcia	6,1	2,4
Se4	Murcia - Contraparada	6,1	2,4
Se5	Contraparada - Entrada Pedrera	6,8	2,6
Se6	Entrada Pedrera - San Antonio	6,8	2,6

**Resultados:**

- Garantía de caudal ambiental en todos los tramos: 100%.
- Caudal medio de salida: 111,29 hm<sup>3</sup>/año.
- Satisfacción de la demanda: 47,0 hm<sup>3</sup>/año (4,3%)
- Resumen de la garantía anual de la satisfacción de las demandas:
  - o Urbana: 93,8% - 100%
  - o Riegos tradicionales: 72,3% - 92,3%
  - o Riegos del trasvase: 72,3% - 87,7%
  - o Humedales: 86,2%

Como es de esperar, la reducción de los caudales mínimos hace incrementar la satisfacción de la demanda en sus valores medios. En general, se puede considerar que el descenso del déficit ocurrido, o el caudal que se puede ahorrar para el consumo, sería de 10,2 hm<sup>3</sup> anuales.

### **2.1.2. Conclusiones**

En las distintas modelizaciones realizadas se observa cómo el incremento de la restricción por caudal mínimo hace aumentar el déficit en satisfacción de la demanda y, a su vez, el caudal vertido al mar. Este fenómeno en realidad es ficticio ya que en la explotación actual de la cuenca no se vierte caudal al mar. Los caudales mínimos ambientales se deben cumplir hasta la presa de San Antonio, situada prácticamente en la desembocadura. En esta presa existen las tomas para los riegos de levante que aprovechan todos los caudales que se almacenan.

Los cambios de prioridad de los distintos caudales mínimos hacen cambiar muy poco los resultados obtenidos. Por lo tanto, no se han incorporado aquí por no ser significativas.

El escenario 4 se considera el más representativo de la explotación de la cuenca cumpliendo las restricciones de caudal mínimo y optimizando la satisfacción de la demanda. El cumplimiento de los caudales ambientales en todos los tramos tiene una garantía del 100% en todo el periodo analizado (1940-2005). La garantía en la satisfacción de los usos consuntivos del agua presenta una garantía anual de 82,5% de media para todos ellos.

## PLAN DE ACTUACIÓN EN SITUACIONES DE ALERTA Y EVENTUAL SEQUÍA EN LA CUENCA DEL SEGUERA

La tabla siguiente muestra los nodos de demanda y sus déficit medios anuales comparados entre los distintos escenarios evaluados. El incremento de déficit entre los escenarios 2 y 4 tiene más repercusión en las Vegas que en el resto de demandas.

Tabla 6: Resumen de resultados de los déficit en la satisfacción de la demanda obtenidos.

Demandas consuntivas del modelo			Escenario 2		Escenario 4		Escenario 5	
Nº nodo	Descripción	Demanda (hm <sup>3</sup> )	Deficit (hm <sup>3</sup> )	Déficit (%)	Deficit (hm <sup>3</sup> )	Déficit (%)	Deficit (hm <sup>3</sup> )	Déficit (%)
1	MCT-Sierra Espada	20,8	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
2	MCT-Campotejar	33,3	0,1	0,3%	0,1	0,3%	0,0	0,1%
3	MCT-Torrealta	84,5	0,7	0,8%	0,7	0,8%	0,6	0,7%
4	MCT-Pedreira	67,8	0,3	0,5%	0,3	0,5%	0,3	0,4%
5	MCT-Lorca	13,3	0,0	0,2%	0,0	0,2%	0,0	0,2%
6	Río Segura y varios	10,0	0,0	0,1%	0,0	0,2%	0,0	0,0%
7	Hellín*	26,2	2,4	9,2%	2,5	9,5%	2,1	7,9%
8	Vega Alta antes de Ojós	51,4	3,5	6,8%	3,8	7,4%	3,0	5,9%
9	Vegas alta (parcial), media y baja(p.)	159,8	11,2	7,0%	12,1	7,6%	9,9	6,2%
10	Vega Baja (parcial)	78,4	2,4	3,0%	3,7	4,7%	1,5	1,9%
11	Vega Baja(parcial) y RLMD	78,0	0,1	0,1%	0,1	0,2%	0,1	0,2%
12	Trasvase antes de Ojós	25,9	2,0	7,7%	2,2	8,4%	1,9	7,2%
13	La Pedreira	14,1	1,4	9,6%	1,5	10,7%	1,2	8,6%
14	Campo de Cartagena Oriental	99,0	9,2	9,3%	9,3	9,4%	8,5	8,5%
15	Campo de Cartagena Occidental	23,0	2,1	9,1%	2,2	9,5%	1,9	8,2%
16	Margen Izq. antes del partidor	34,4	3,5	10,3%	3,7	10,8%	3,2	9,3%
17	Margen Der. antes de Algeciras	29,5	2,9	9,8%	3,2	10,7%	2,6	8,9%
18	Guadalentín después de Algeciras	16,5	1,6	9,9%	1,8	10,8%	1,5	9,1%
19	Almería	15,0	1,5	10,0%	1,6	10,9%	1,3	8,7%
20	RLMI	140,9	2,1	1,5%	2,4	1,7%	2,8	2,0%
21	Lorca	45,7	4,3	9,4%	5,0	10,9%	3,7	8,2%
22	Def. M.Izquierda	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
23	Def. Guadalentín	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
24	Def. Mazarrón-Águilas	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
25	Def. Altiplano	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
26	Def. ZRT Vegas-Mula	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
27	Def. ZRT Guadalentín	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
28	Def. ZRT Alicante	0,0	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%
29	Conserv. humedales	20,0	1,0	4,8%	1,1	5,3%	0,8	3,9%
30	Def. Abastecimiento Altiplano	5,5	0,0	0,2%	0,0	0,2%	0,0	0,2%
<b>Totales:</b>		<b>1092,9</b>	<b>52,2</b>	<b>4,8%</b>	<b>57,2</b>	<b>5,2%</b>	<b>47,0</b>	<b>4,3%</b>

El escenario 5 es representativo de la situación de sequía donde se reducen los caudales mínimos a cumplir, dejando el caudal ambiental equivalente al 10% del régimen natural. En estas condiciones la reducción de déficit medio obtenida en la cuenca, según la explotación optimizada, es de 10,2 hm<sup>3</sup> anuales.