MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

VALENCIA, 27 DE NOVIEMBRE DE 2007

“EVOLUCION DE LA MODELACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SEGURA”

MARIO URREA MALLEBRERA
JEFE DE LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

LAS HERRAMIENTAS DE DECISION Y LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

1. La **planificación hidrológica supone retos técnicos crecientes** de primer orden para las cuencas hidrográficas.
2. **Gran complejidad del sistema de explotación**:

- Intensivo aprovechamiento de aguas superficiales
- Integración de recursos propios (superficiales, subterráneos, reutilización y desalinización) y externos (ATS)
- Demandas consolidadas muy superiores a los recursos renovables propios.
- Incorporación de criterios de calidad de aguas
- Incorporación de análisis económicos

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

AQUATOOL - CUENCA DEL SEGURA

- Disponibilidades, regulación y balances hidráulicos de la cuenca del Segura (1989).Modelo SGC precursor de SIMGES

- Aplicación de modelos de evaluación y gestión de los recursos hidráulicos de la cuenca del Segura (1996). PHC Segura

- Desarrollo del programa de utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas para la optimización de los recursos hidráulicos de la cuenca del Segura (2001)

- Plan especial de Actuación en situación de alerta y eventual sequía (2006/07)

- Análisis de las actuaciones del programa A.G.U.A .

  Confederación Hidrográfica del Segura - acuaMed- Universidad Politécnica de Valencia.

Las necesidades derivadas de la complejidad del sistema de explotación único de la cuenca del Segura han obligado a la **mejora técnica continua de las herramientas de modelación.**

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

AQUATOOL - CUENCA DEL SEGURA

Principales modelos utilizados:

1. Optiges Plan Hidrológico de la cuenca
2. Optiges Plan Hidrológico Nacional
3. SIMGES
4. GESCAL
5. ECOWIN

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

AQUATOOL - CUENCA DEL SEGURA

- Esta previsto continuar con la herramienta Aquatool como la herramientas básica en la modelación del sistema de explotación para el nuevo PHC Segura.
- Una primera aproximación a la nueva situación ha consistido en la utilización de Aquatool para diseñar/modelar las distintas actuaciones derivadas del Programa A.G.U.A

MODELO DE GESTIÓN DE LA CUENCA DEL SEGURA

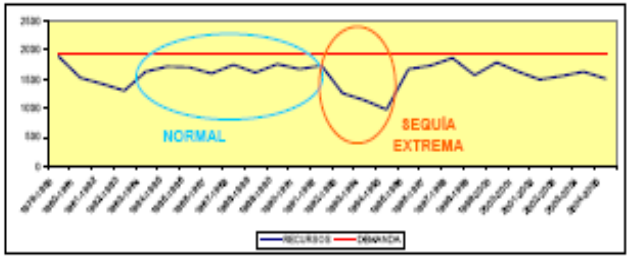
SITUACIÓN ACTUAL

DÉFICIT ACTUAL

El déficit medio del sistema para los usos agrícolas es de 458 Hm^3/año, que se reparte entre las diferentes zonas según la tabla siguiente. Este déficit se compone de 169 hm^3/año en sobreexplotación de acuíferos (BNOR) y 289 como déficit de aplicación (DFAD).

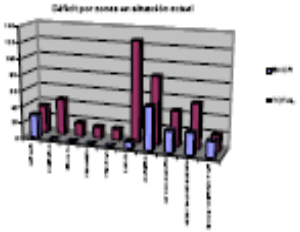
UD	DEMANDA	DOTACIÓN ATS	DÉFICIT BNOR	DÉFICIT DFAD	DÉFICIT TOTAL		DÉFICIT ATS	
	hm3/año	hm3/año	hm3/año	hm3/año	hm3/año	%	hm3/año	%
ALTIPLANO	85		33	5	38	38%		
CABECERAS	83		0	45	45	33%		
VEGA ALTA	18	1	0	17	17	61%	0	26%
VEGA MEDIA	20		0	9	9	17%		
VEGA BAJA	82	1	0	9	9	9%		
SCRATS	471	304	0	98	128	16%	109	26%
ACUÍFEROS	170	2	65	30	95	53%	1	26%
ALTO GUADALENTÍN	65	1	28	17	45	61%		
MEDIO Y BAJO GUADALENTÍ	104	15	28	28	56	51%	3	26%
ÁGULAS - MAZARRÓN - PULPÍ	55		20	0	20	36%		
SUMA	1052	324	169	289	458	39%	112	26%

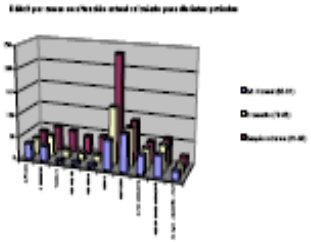
La mayor parte del déficit se concentra en unos pocos años:



Si se distingue entre dos situaciones diferentes, la primera que se podría denominar "normal" como diferencia respecto a la segunda, que sería aquella situación que se da en épocas de "sequía extrema" se obtiene resultados que en el primer caso permiten deducir los problemas permanentes del sistema y en el segundo las condiciones extremas a que puede enfrentarse el sistema.

UD	DÉFICIT 1983-84 a 1990-91 TOTAL		DÉFICIT ATS		DÉFICIT 1991-92 a 1994-95 TOTAL		DÉFICIT ATS	
	hm3/año	%	hm3/año	%	hm3/año	%	hm3/año	%
ALTIPLANO	35	37%			39	40%		
CABECERAS	34	24%			54	38%		
VEGA ALTA	6	5%	0	17%	49	42%	1	65%
VEGA MEDIA	7	9%			40	46%		
VEGA BAJA	7	4%			43	27%		
SCRATS	55	10%	84	17%	231	34%	249	65%
ACUÍFEROS	84	50%	0	17%	88	52%	1	65%
ALTO GUADALENTÍN	43	70%			45	62%		
MEDIO Y BAJO GUADALENTÍN	49	47%	2	17%	57	55%	7	65%
ÁGULAS - MAZARRÓN - PULPÍ	20	34%			22	38%		
SUMA	352	31%	96	17%	668	49%	258	65%



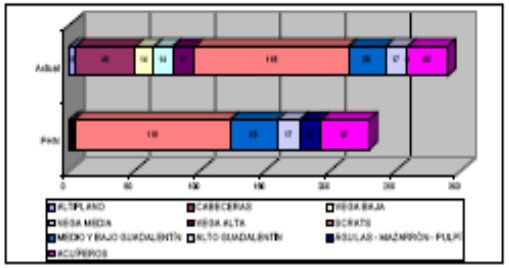


COMPARACIÓN CON EL PLAN HIDROLÓGICO

Se reproducen, en general, los resultados del PHN con alguna diferencia debido a que:

- para el escenario actual se han agregado al sistema 21 Hm^3/año más de agua desalada que reducen el déficit en las demandas que dependen principalmente de aguas subterráneas en el sur.
- el modelo simula un déficit de 45 Hm^3/año en las cabeceras que no se debe anteriormente .
- el modelo resulta un déficit en las vegas mayor que en el PHN debido a que los recursos disponibles son inferiores al restringir los cálculos a la serie corta de aportaciones.
- se ha impuesto a la simulación un menor volumen de reutilización por causa de haber reducido la capacidad de las tomas para ajustarlas a datos mas recientes.

Los resultados de déficit medio comparados con los resultados del PHN son:



SITUACIÓN ACTUAL Y SITUACIÓN REAL

En la tabla siguiente se resumen los resultados de déficit para cada escenario. Dentro del escenario A1 (real) el resultado comparable al escenario A2 (actual) es el denominado "DFAD" (déficit de aplicación) calculado como diferencia entre el déficit calculado por el modelo "TOTAL" y la parte correspondiente a bombeo no renovable:

UD	ESCENARIO A2 DÉFICIT	DÉFICIT ATS		ESCENARIO A1 DÉFICIT BNOR	DÉFICIT DFAD	DÉFICIT TOTAL hm3/año	%
ALTIPLANO	4			33	5	38	38%
CABECERAS	45			0	45	45	33%
VEGA ALTA	44	0	26%	0	17	17	61%
VEGA MEDIA	42			0	16	9	17%
VEGA BAJA	42			0	16	9	9%
SCRATS	80	109	26%	0	198	128	16%
ACUÍFEROS	38	1	26%	65	30	95	53%
ALTO GUADALENTÍN	47			28	17	45	61%
MEDIO Y BAJO GUADALENTÍN	48	3	26%	28	28	56	51%
ÁGULAS - MAZARRÓN - PULPÍ	6			20	0	20	36%
SUMA	247	112	26%	169	289	458	39%

Las diferencias entre el escenario actual y el escenario real son:

- permitir o no la sobreexplotación de acuíferos: Se comprueba que el déficit calculado si se descuenta la sobreexplotación del escenario "real" es prácticamente el mismo (289 y 287 en cada caso).
- prioridad de suministro a la Vega Baja: Se comprueba que al reducir la prioridad de suministro a Vega Baja aumenta el déficit en esta zona, beneficiando en igual medida al resto de demandas.

DEMANDAS EN LAS CABECERAS:

El caso de las demandas de aguas fluyentes en las cabeceras de los ríos es un caso especial. En la práctica no existe ninguna constancia de problemas de suministro en estas zonas, sin embargo los resultados de las simulaciones sí dan un déficit en estas zonas.

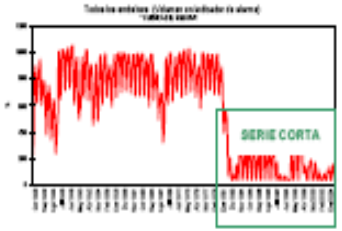
La única explicación razonable es que las demandas definidas en el modelo se corresponden a derechos reconocidos que son superiores al uso real del agua que se hace en estas zonas.

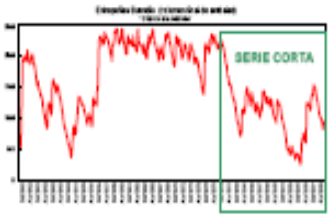
RECURSOS

LONGITUD DE LAS SERIES

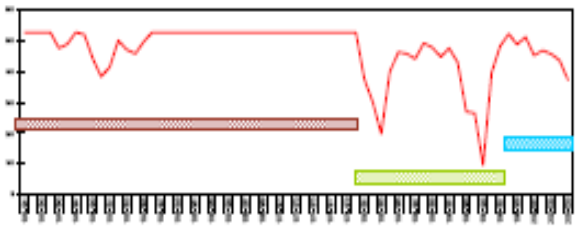
SERIE COMPLETA	1940 / 2005	65 años
SERIE CORTA	1979 / 2005	26 años

Las aportaciones naturales acusan una importante reducción de la media a partir del año 1980. En consecuencia los resultados de la simulación de la gestión difieren mucho de considerar la serie completa (desde 1940) o una serie restringida a los últimos años (el déficit medio para todo el sistema se incrementa en 131 hm3/año al pasar de la serie larga a la corta).
La diferencia entre un periodo y otro se aprecia de forma significativa en el de evolución de reservas en embalses:

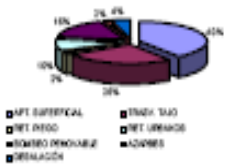




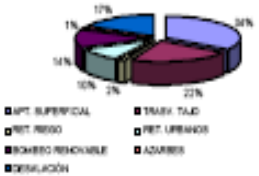
Serie completa del Trasvase Tajo - Segura:



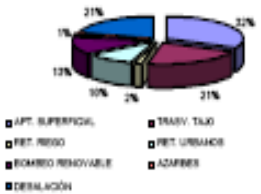
Actual



Futuro 1



Futuro 2

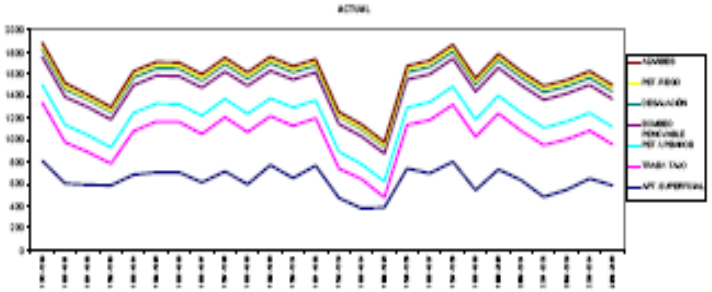


ORIGEN DEL RECURSO

En el escenario actual los recursos principales de que se abastece el sistema son los naturales superficiales de la cuenca, el trasvase del Tajo y los bombeos.

También se dispone en menor medida de la reutilización de aguas residuales urbanas, retornos de riego y del agua captada del acuífero salobre y azarbes en Vega Baja y agua de mar desalada.

Para los escenarios futuros los recursos aumentan significativamente con la producción de agua de mar desalada que pasa de un 4% a un 21% de los recursos totales de la cuenca. Además, previa desalobración también se incrementa el volumen de reutilización de aguas residuales urbanas que son efectivamente aptas para su uso.



TRASVASE TAJO - SEGURA

DATOS DISPONIBLES
Serie histórica de aportaciones en la cabecera del Tajo desde 1940 hasta 2000

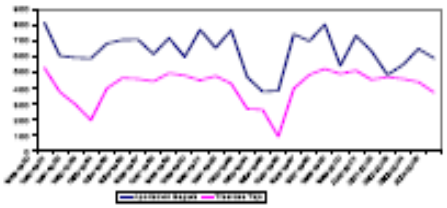
AMPLIACIÓN DE SERIES
Para resolver las simulaciones con las series completas se ha optado por sustituir el modelo de la cabecera del Tajo por una serie de trasvases desde 1940 hasta 2004 elaborada de la siguiente manera:

1940 - 1979	Resultados de trasvase obtenidos de la simulación con la serie histórica
1979 - 1997	Resultados de trasvase obtenidos de la simulación con la "serie corta", partiendo de un volumen de recursos en Entrepeñas y Buendía inferior al que resulta de la simulación de los años anteriores
1997 - 2004	Datos históricos de trasvases efectuados. Estos datos se obtienen reduciendo en un 10% los datos de suministro bruto al trasvase en Bolarque

SIMULACIÓN DEL TRASVASE

i Con aportación constante (481 hm3)
ii Con aportación calculada
- con la serie completa: el trasvase medio del periodo es similar aunque el valor anual del trasvase se reduce en episodios de sequía
- con la serie corta: los resultados de las simulaciones tienen cierta dependencia de la situación de "embalse inicial" definida para los embalses de cabecera del Tajo
- la distribución mensual de los valores anuales de trasvase cambia

SITUACIONES DE SEQUÍA
Las situaciones de sequía en el Tajo coinciden con las del Segura, lo que hace mucho más acusada la reducción de recursos en estos casos:



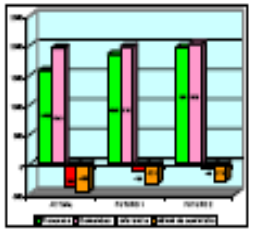
MEJORA GENERAL DEL SISTEMA

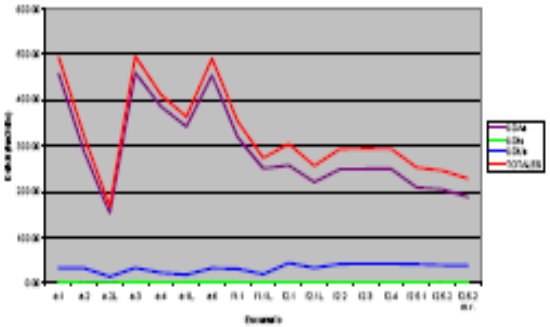
BALANCE EN EL AÑO MEDIO

DEFICIT UDIs y UDUs (hm3/año)

	Actual							Futuro 1		Futuro 2							
	a1	a2	a3L	a3	a4	a5L	a6	f1.1	f1.1L	f2.1	f2.1L	f2.2	f2.3	f2.4	f2.5.1	f2.5.2	f2.5.3 (UD 2005)
UDIs	458.4	297.3	153.4	499.0	385.7	342.8	454.5	318.0	251.1	258.0	229.9	249.5	250.0	248.0	330.8	335.1	180.4
UDIs	3.2	0.7	0.1	3.2	2.5	2.8	3.2	2.8	2.6	2.3	2.1	1.8	1.8	1.7	1.0	1.4	1.1
UDUs	33.5	33.0	14.5	33.5	33.2	18.8	32.3	31.8	20.0	44.3	33.7	42.4	42.8	42.5	41.7	39.8	39.3
TOTALES	495.1	331.0	168.0	495.7	419.5	364.1	490.0	353.6	273.8	304.6	265.7	293.6	294.5	292.1	293.2	296.3	220.8

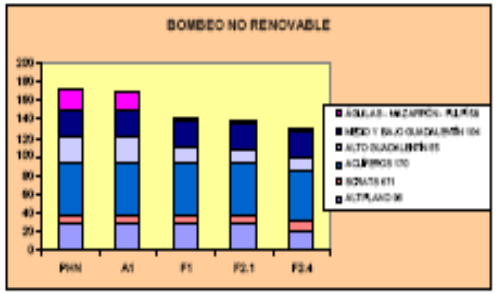
DÉFICIT TOTAL DE LA CUENCA





EVOLUCIÓN DE LOS RECURSOS SUBTERRÁNEOS

El déficit en la cuenca puede asignarse o explicarse según diferentes orígenes. Las figuras siguientes muestran el déficit repartido según déficit de aplicación y bombeo no renovable; descontando el dudoso déficit calculado para las cabeceras de los ríos; y separando el que sería achacable a los recursos de la cuenca del correspondiente a los del trasvase.



DÉFICIT EN CONDICIONES NORMALES Y DE SEQUÍA EXTREMA

Para evaluar la situación según condiciones hidrológicas normales y de sequía extrema se ha procedido a simular los periodos de aportaciones de 1983-84 a 1990-91 y 1991-92 a 1994-95 como representativos de cada situación. Los resultados comparados para situación actual, futuro 2008 y futuro 2018 son los siguientes:

NORMAL

SEQUÍA EXTREMA

DÉFICIT TOTAL

Zonas	DÉFICIT TOTAL 1983-84 a 1990-91		
	Actual	Futuro 1	Futuro 2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	[illegible]	[illegible]	[illegible]

demandas	DÉFICIT TOTAL 1991-92 a 1994-95		
	Actual	Futuro 1	Futuro 2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	[illegible]	[illegible]	[illegible]

DÉFICIT DEBIDO AL ATS

Zonas	DÉFICIT ATS 1983-84 a 1990-91		
	Actual	Futuro 1	Futuro 2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	[illegible]	[illegible]	[illegible]

demandas	DÉFICIT ATS 1991-92 a 1994-95		
	Actual	Futuro 1	Futuro 2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	[illegible]	[illegible]	[illegible]

DÉFICIT DESCONTANDO EL BOMBEO NO RENOVABLE

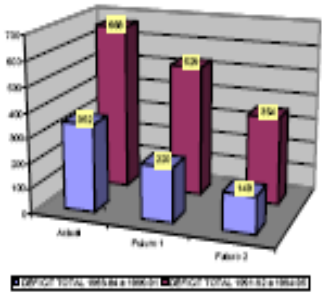
demandas	DÉFICIT ACCIDENTAL 1983-84 a 1990-91		
	Actual	Futuro 1	Futuro 2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	[illegible]	[illegible]	[illegible]

demandas	Actual	Futuro 1	Futuro 2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
TOTAL	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Los resultados de déficit asignados a recursos de la cuenca en el escenario futuro se deben al pequeño incremento de salidas al mar, que son motivadas por el incremento de recursos.

Los resultados finales de sobreexplotaolón se reducen al Altiplano, medio Guadalentín y demandas que se abastecen solamente de acuíferos.

EL aumento de recursos cubre en primer lugar el déficit de recursos, y el bombeo no renovable se reduce en las zonas que tienen cubierto el déficit de aplicación.



DOTACIÓN DE RECURSOS AL ALTIPLANO

ALTERNATIVAS

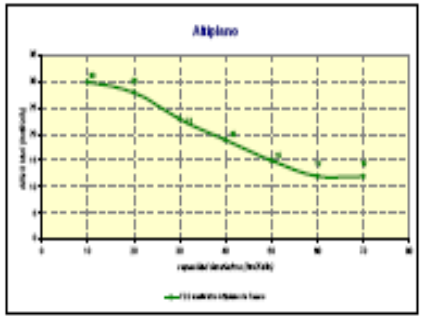
La dotación de recursos al Altiplano pasa necesariamente por un intercambio de caudales procedentes de la desalación con los que disponen los concesionarios de las cuencas de cabecera o ATS cuyas demandas se atienden en zonas próximas al nivel del mar

Estos tres escenarios comparan distintas alternativas para llevar recursos al Altiplano, desde el río Mundo, desde la salida del trasvase a más cota y la misma agregando un embalse para regular los caudales procedentes del trasvase.

TRASVASE DESDE EL EMBALSE DE TALAVE

El déficit disminuye según se incrementa el volumen a intercambiar pero que esto tiene un límite, en el orden de los 30 hm3 , a partir del cual la curva se hace asintótica con el eje x.

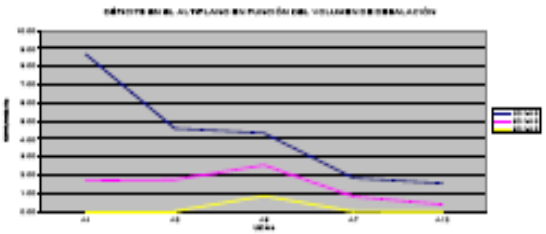
Si se deriva en el embalse de Talave, hay que cuidarse de no utilizar los recursos de las cuencas de cabecera que no son intercambiables por estar a alturas similares al Altiplano.



SUMINISTRO AL ALTIPLANO DESDE EL ACUEDUCTO TAJO SEGURA CON REGULACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS

Para alcanzar el cumplimiento de los criterios de vulnerabilidad es necesario hacer el intercambio con caudales procedentes del Acueducto Tajo Segura ya que salvo los recursos con destino a las Vegas Alta y Media todos los demás son potencialmente intercambiables.

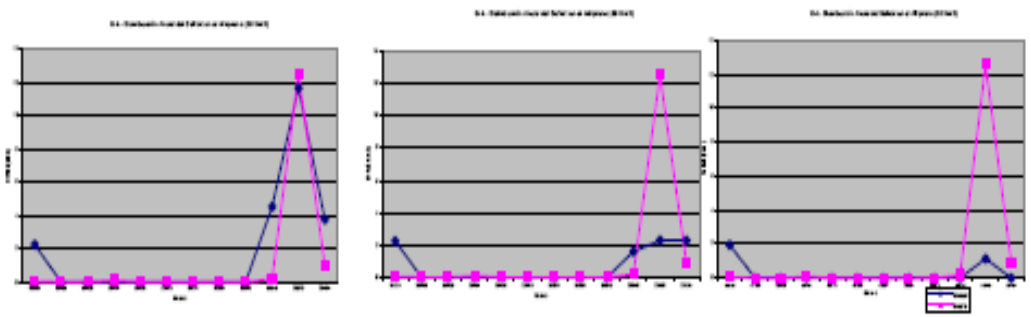
DÉFICITS REMANENTES EN LOS REGADÍOS DEL ALTIPLANO TRAS LA ACTUACIÓN (CON MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS):



DÉFICITS ALTIPLANO

UDA	f252 30	f252 60 hm3	f252 80 hm3
A1	8,67	1,71	0,02
A2	4,58	1,76	0,02
A5	4,33	2,37	0,07
A7	1,06	0,04	0,02
A12	1,56	0,39	0,00

DÉFICITS MENSUALES EN PERÍODO NORMAL Y EXTREMA S



SUMINISTRO DE CAUDALES PROCEDENTES DEL INTERCAMBIO CON 30 HM3 DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESALADA:

UDA	F2.2	F2.3	F2.4	F2.5.2	
				sin mod	con mod
ALTIPLANO					
A1-R.YECLA-CORRAL RUBIO	4,87	5,56	6,13	6,28	6,18
A2-R.JUMILLA	4,65	4,13	4,33	4,30	4,46
A5-R.SERRAL-SALINAS	4,00	3,24	3,62	3,62	3,60
A7-R.ACU.HELLIN-TOBARRA	3,01	4,15	4,05	4,05	4,16
A12-R.SUP.TOBARRA-ALBATANA-	1,70	2,39	2,50	2,41	2,30
	18,23	19,48	20,63	20,66	20,70

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA

CONCLUSIONES

- Herramienta de apoyo para el PHCS, PHN PES y Programa A.G.U.A.
- Posibilitado el análisis de uso conjunto de recursos superficiales y subterráneos en un sistema altamente complejo.
- Análisis incorporación regímenes de caudales ecológicos en relación a las garantías de las demandas.
- Análisis calidad fisicoquímica de las aguas.
- Análisis hidrológico de los programas de medidas.