

***ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LA RESPUESTA
QUE OFRECE EL USO CONJUNTO ANTE LA
DUALIDAD PRECIO-DEMANDA.
COMPARACIÓN CON OTRAS FILOSOFÍAS DE
GESTIÓN HÍDRICA. APLICACIÓN A LA
CORNISA DE LA VEGA DE GRANADA***



RESUMEN y CONCLUSIONES

El presente informe forma parte de los trabajos contemplados en el Convenio de Colaboración establecido entre el IGME y la Agencia Andaluza del Agua para el periodo 2003-2006. El equipo de realización ha estado constituido por el siguiente personal técnico:

Dirección del proyecto:

José Manuel Murillo Díaz (Instituto Geológico y Minero de España)

Isabel Clara Rodríguez Medina (Agencia Andaluza del Agua)

María Estirado Oliet (Agencia Andaluza del Agua)

Hidrogeología Regional:

Juan Carlos Rubio Campos (Oficina de Granada del Instituto Geológico y Minero de España)

Antonio González Ramón (Oficina de Granada del Instituto Geológico y Minero de España)

Elaboración del modelo matemático de uso conjunto y autoría del informe:

José Manuel Murillo Díaz (Instituto Geológico y Minero de España)

Juan Antonio Navarro Iañez (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas-UPM)

Tratamiento informático de datos:

Catalina Sesmero Cediel (Hidrogeólogo)

Cálculo de los caudales ecológicos:

Domingo Baeza (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid)

Este informe contempla las siguientes asistencias técnicas:

- Realización del modelo de uso conjunto de la cornisa de la Vega de Granada.
- Estudio de la metodología para la integración de recursos hídricos subterráneos, superficiales y alternativos en la cornisa de la Vega de Granada. Tratamiento de datos, modelación matemática de acuíferos y modelación matemática del sistema superficial.
- Determinación y evaluación de la influencia que tienen las descargas subterráneas en el régimen ecológico que precisan los ríos que drenan la cornisa de la Vega de Granada para lograr un uso sostenible en los acuíferos de la cabecera del río Genil.
- Elaboración de una memoria síntesis sobre el empleo de técnicas de uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas al objeto de mejorar el actual abastecimiento a Granada capital y comarca.

Los trabajos recogidos en la presente memoria han sido posibles gracias a la colaboración de diferentes organismos públicos y empresas de carácter privado y estatal. En particular se agradece la colaboración de EMASAGRA, AGUASVIRA, Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Diputación Provincial de Granada y muy especialmente al profesor **Andrés Sahuquillo** por su constante asesoramiento en la aplicación del método de los autovalores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. RESUMEN	4
1.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	6
1.3 COMPONENTES HIDROLÓGICOS DEL SISTEMA. RECURSOS	11
1.4 FUENTES DE SUMINISTRO E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	18
1.5 DEMANDAS	27
1.5.1 Abastecimiento urbano	29
1.5.2 Demanda agrícola	33
1.5.3 Caudales Ecológicos	37
1.6 MODELO DE USO CONJUNTO	43
2. CONCLUSIONES	57
3. RECOMENDACIONES	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Escorrentía Total del Sistema Cornisa-Vega de Granada	14
Tabla 2.	Resumen Años Tipo Sistema Cornisa-Vega de Granada (periodo 1951-2004)	16
Tabla 3.	Resumen de datos relevantes sobre los acuíferos vinculados al Sistema Cornisa-Vega de Granada	25
Tabla 4.	Demandas consolidadas en el Sistema Cornisa-Vega de Granada	28
Tabla 5.	Demanda urbana en el sistema Cornisa-Vega de Granada	31
Tabla 6.	Demanda para regadíos Sistema Cornisa-Vega de Granada	33
Tabla 7.	Distribución mensual de las demandas de riego para el sistema Cornisa-Vega de Granada	34
Tabla 8.	Datos resumen de zonas regables Sistema Cornisa-Vega de Granada	36
Tabla 9.	Régimen de caudales ecológicos fijados para los cauces relacionados con los espacios naturales de Sierra de Huétor y Sierra Nevada	41
Tabla 10.	Comparativa de los caudales ecológicos críticos fijados y los caudales correspondientes a la escorrentía superficial obtenidos en la restitución al régimen natural en años tipo MEDIO	42
Tabla 11.	Hipótesis de simulación consideradas en el modelo SIMGES desarrollado para el Sistema Cornisa-Vega de Granada	45
Tabla 12.	Análisis comparativo escenarios de gestión conjunta simulados. Garantía mensual (Gm)	48
Tabla 13.	Análisis comparativo escenarios de gestión conjunta simulados. Garantía volumétrica (Gv)	48
Tabla 14.	Análisis comparativo escenarios de gestión conjunta simulados. Máximo Déficit Mensual (MDM)	49
Tabla 15.	Respuesta de los embalses en los diferentes escenarios de simulación	50
Tabla 16.	Demandas servidas desde los embalses para los diferentes escenarios de simulación	51
Tabla 17.	Demandas satisfechas y déficits totales en las simulaciones de gestión realizadas para el sistema Cornisa-Vega de Granada	54
Tabla 18.	Influencia en la satisfacción de las demandas consuntivas del sistema de la imposición del régimen de caudales ecológicos críticos	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Panorámica tridimensional del Sistema Cornisa-Vega de Granada	7
Figura 2. Subsistema de explotación hidráulica del Sistema Cornisa-Vega de Granada.....	8
Figura 3. Subcuencas definidas en el Sistema Cornisa-Vega de Granada	13
Figura 4. Cuencas vertientes del Sistema Cornisa-Vega de Granada	15
Figura 5. Comparación de las aportaciones anuales (serie obtenida mediante simulación) y las demandas máximas registradas en el Sistema Cornisa-Vega de Granada	17
Figura 6. Ajuste de Goodrich para las aportaciones del Sistema Cornisa-Vega de Granada (subcuencas Genil, Cubillas y Cacín)	17
Figura 7. Infraestructuras hidráulicas del Sistema Cornisa-Vega de Granada	20
Figura 8. Escorrentía Total que reciben los embalses del Sistema Cornisa-Vega de Granada	24
Figura 9. Distribución de las demandas consuntivas que registra el Sistema Cornisa-Vega de Granada según usos.....	29
Figura 10. Subsistemas de abastecimiento del Sistema Cornisa-Vega de Granada	32
Figura 11. Zonas regables en el Sistema Cornisa-Vega de Granada.	35
Figura 12. Distribución mensual de la demanda de riego en el Sistema Cornisa-Vega de Granada	35
Figura 13. Zonas de interés hidroecológico en el sistema Cornisa-Vega de Granada.....	38
Figura 14. Análisis de caudales en el Alto Genil (cauces asociados a los PN S ^a Huétor y S ^a Nevada)	41
Figura 15. Comparativa del régimen de caudales ecológico y la escorrentía para los años Tipo Medio y Seco.....	43
Figura 16. Análisis de la respuesta de los embalses en los escenarios de simulación considerados. Demanda servida.....	50
Figura 17. Aportación del Sistema Cornisa-Vega de Granada al embalse de Iznajar en las condiciones de régimen influenciado que suponen los escenarios de simulación considerados.....	55

1. RESUMEN

La realización del “ESTUDIO METODOLÓGICO PARA LA INTEGRACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS, SUPERFICIALES Y ALTERNATIVOS EN LAS COMARCAS DE LA VEGA DE GRANADA y CORNISA DE GRANADA” ha permitido analizar las **alternativas de uso conjunto** de los recursos superficiales y subterráneos que presenta el Sistema Cornisa–Vega de Granada e incorporar **criterios de gestión de recursos hídricos fundamentados en la protección medioambiental de cauces**.

El presente estudio surge del Convenio de Colaboración que, en materia de recursos hídricos, mantienen el **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)** y el **Instituto del Agua de Andalucía** (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía), con el objetivo de profundizar en el conocimiento de los recursos hídricos asociados al ámbito geográfico de la Comunidad Autónoma de Andalucía y toma como antecedente el Programa Estatal del Ministerio de Medio Ambiente para la integración de los acuíferos en los sistemas de explotación, donde se recogía el interés de analizar el sistema de explotación Alto Genil, que queda incluido dentro del Sistema Cornisa–Vega de Granada.

El análisis de los caudales ambientales en los cauces del Alto Genil asociados a los Parques Naturales de Sierra Huétor (río Darro) y Sierra Nevada (ríos Genil, Aguas Blancas, Monachil y Dílar) sobreviene del interés de analizar la afección ecológica que podría producirse en estos cauces, como consecuencia de la detracción de caudales derivada de la interposición de infraestructuras para la captación de aguas subterráneas en los acuíferos de la Cornisa de Granada (unidades hidrogeológicas 05.31/La Peza y 05.06/Padúl) para apoyar el abastecimiento a la zona metropolitana de Granada.

1.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El desarrollo metodológico empleado en la realización del presente estudio se inspira en el procedimiento general que normalmente se utiliza en los estudios de uso conjunto. Así, se han llevado a cabo una serie de trabajos parciales concatenados que pueden concretarse en los siguientes apartados:

- **Cálculo de las aportaciones** (superficiales y subterráneas) en régimen natural que registra el sistema.
- **Caracterización de las infraestructuras hidráulicas** referidas tanto al almacenamiento superficial (embalses) como al subterráneo (acuíferos) y a las infraestructuras de conexión entre elementos.
- Análisis de las posibilidades de **utilización de recursos no convencionales** (aguas depuradas).
- **Cuantificación de las demandas** consuntivas y no consuntivas.
- Construcción de una herramienta de decisión para la optimización de la gestión hídrica (**modelo de uso conjunto**).
- **Simulación** sobre dicha herramienta de las **alternativas de gestión** y cálculo de los índices de garantía.

A este planteamiento metodológico tradicional en estudios de uso conjunto se ha sumado la consideración de criterios ambientales estrictos que han permitido cuantificar el régimen ambiental de caudales a respetar en la explotación del sistema y fijar, así, cuáles son los recursos hídricos realmente disponibles que se pueden destinar para usos consuntivos y no consuntivos.

En relación con la protección de cauces sensibles se han seleccionado como zonas de interés hidroecológico las siguientes:

- Cauces del Parque Natural Sierra Huétor: ríos Darro y Beas.
- Cauces del Parque Natural Sierra Nevada: Aguas Blancas, Genil, Monachil y Dílar.

El régimen de caudales ambientales o ecológicos fijados para estos cauces han sido evaluado mediante el método IFIM, que analiza las variaciones del hábitat con el caudal y las preferencias de la fauna por ese hábitat, fijando los caudales mínimos (caudales críticos) que es necesario respetar para mantener en los cauces las condiciones de habitabilidad que aseguren el desarrollo adecuado de la fauna piscícola.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema Cornisa–Vega de Granada (figura 1) constituye el entramado de satisfacción de demandas hídricas más importante de la provincia de Granada y uno de los más significativos de la Comunidad Autónoma Andaluza, tanto por el volumen anual de demanda consuntiva satisfecho (414,6 hm³/a) como por el número de municipios (59 municipios del sistema y 5 del Valle del Cacín) y número de habitantes a los que abastece (533.732 habitantes)¹.

El sistema hidráulico Cornisa–Vega de Granada (SCVG) se componen de un conjunto de elementos de regulación superficial (embalses) y grandes conducciones que permiten dotar los riegos de la Vega de Granada y satisfacer las demandas urbanas de la zona metropolitana de Granada. Además de estas grandes infraestructuras hidráulicas existen infraestructuras de captación de aguas subterráneas para dotar riegos de la Cornisa de Granada, para apoyar los riegos de la

¹ Si se incluye la demanda urbana del Valle de Cacín, ubicada fuera del sistema, pero servida desde el embalse de Bermejales, la demanda total asciende a 419,09 hm³/a y el total de habitantes abastecidos a 553.106.

Vega de Granada y dotar abastecimientos urbanos tanto de la Cornisa como de la Vega de Granada, e incluso una instalación de bombes para solventar situaciones de emergencia en el abastecimiento a Granada (campo de pozos de emergencia de la Ronda Sur).

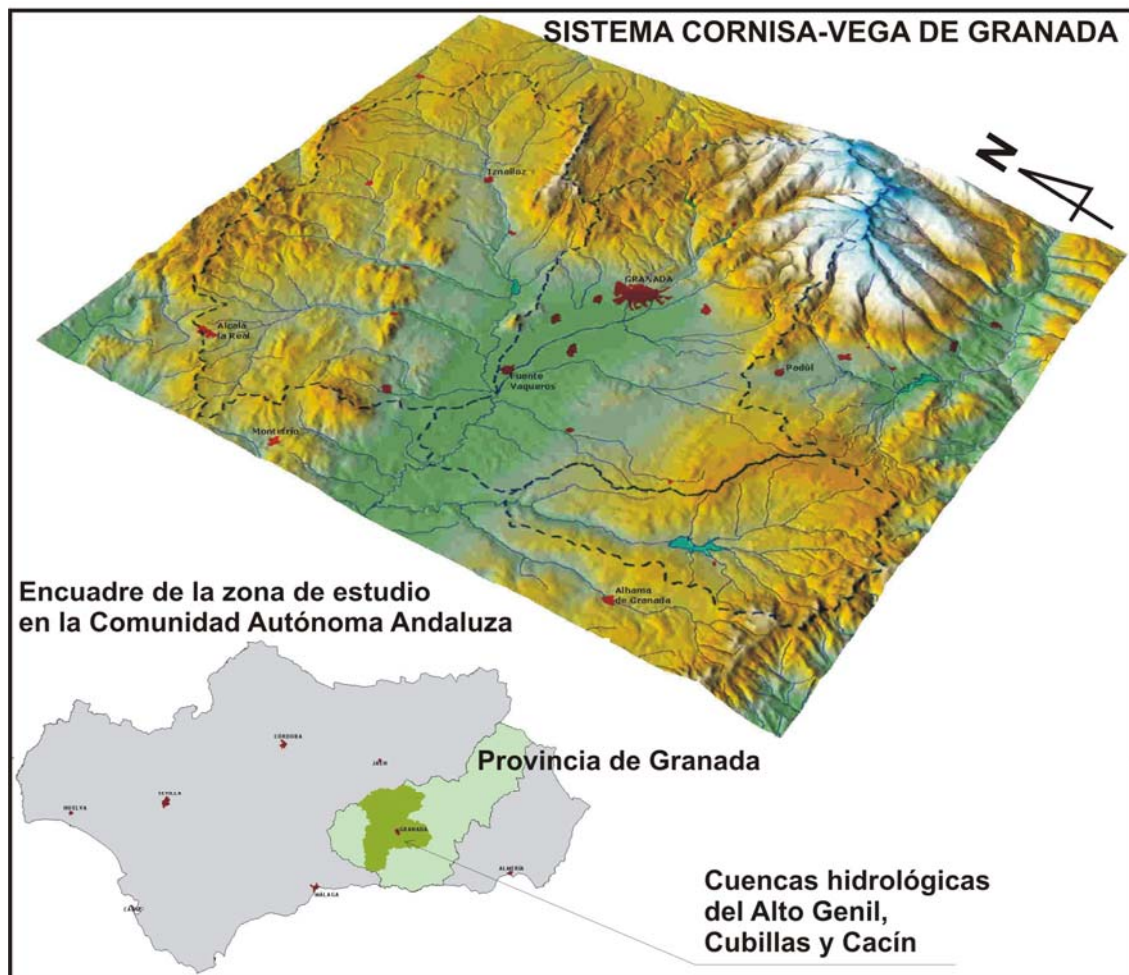


Figura 1. Panorámica tridimensional del Sistema Cornisa-Vega de Granada

En este sistema se pueden establecer varios subsistemas (figura 2) que funcionan de manera independiente: **Subsistema Canales-Quéntar**; **Subsistema Cubillas-Colomera** y **Subsistema Bermejales**, en función de las grandes infraestructuras de regulación-conducción existentes asociadas a las subcuencas hidrológicas del Genil, Cubillas y Cacín.

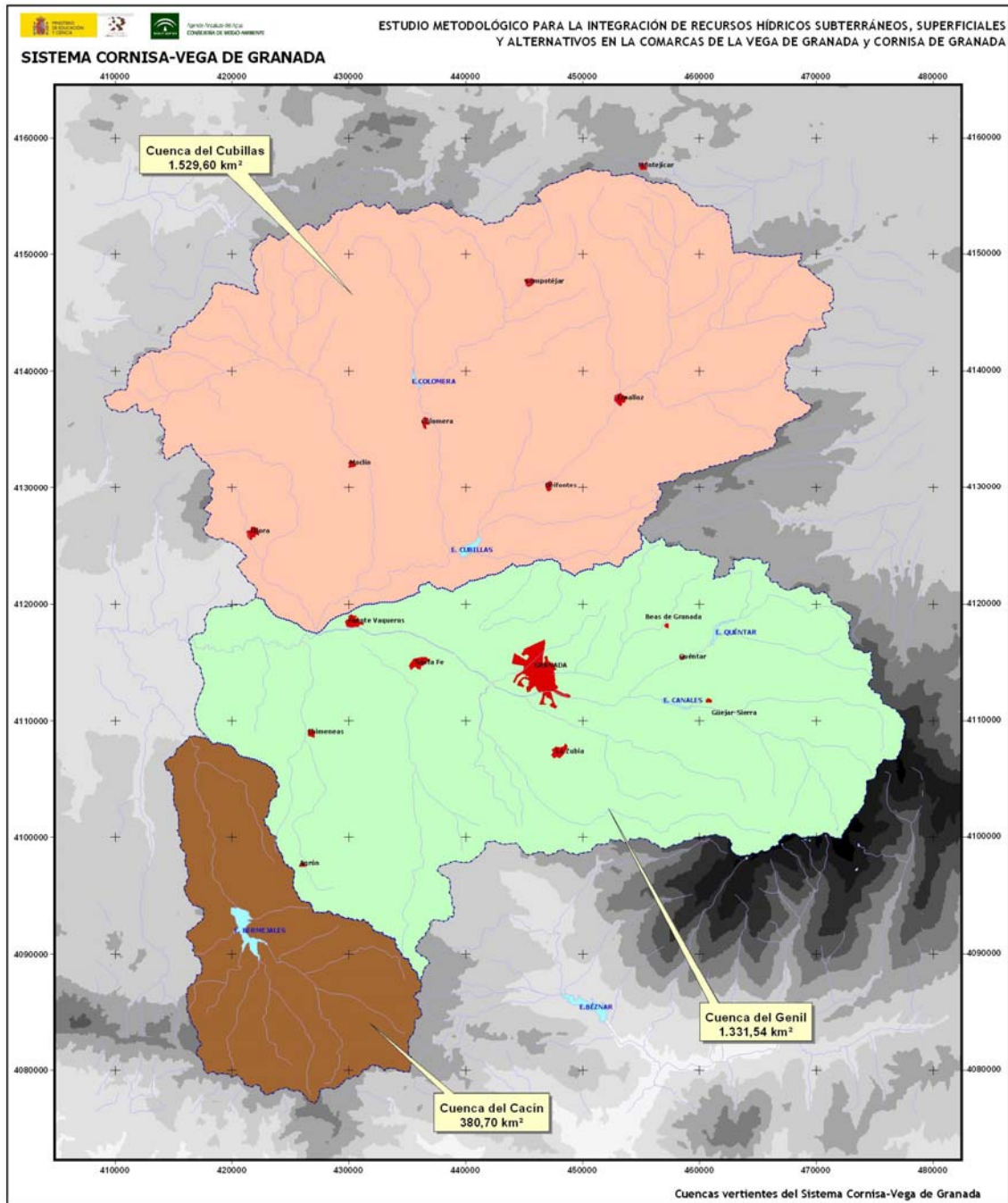


Figura 2. Subsistema de explotación hidráulica del Sistema Cornisa-Vega de Granada

El sistema de explotación Cornisa-Vega de Granada (SCVG) se ha desarrollado, fundamentalmente, para dotar los regadíos de la Vega de Granada (29.516 ha) y abastecer a la ciudad de Granada y su zona metropolitana.

Es un sistema marcado por la necesidad de satisfacer unas importantes demandas agrícolas (356,3 hm³/a), cuyos derechos concesionales de riegos entran en colisión con la pujante demanda urbana de la zona metropolitana de Granada. Esta circunstancia ha sido objeto de numerosos conflictos entre los agentes que constituyen el Sindicato Central de Usuarios del río Genil, integrado por Comunidades de Regantes (Acequia Gorda, Arabueila, Tarramonta y Santa Fe) y el Ayuntamiento de Granada.

La planificación que proyecta desarrollar la Junta de Andalucía para mejorar las condiciones del abastecimiento (conducción Deifontes-ETAP El Chaparral) y el saneamiento en la Vega de Granada es objeto de discusión por la misma razón aducida anteriormente: el conflicto entre los derechos concesionales del regadío y el incesante crecimiento de la demanda urbana.

Además, la demanda urbana no sólo es fuente de conflictos por su crecimiento en cuantía como consecuencia del desarrollo urbanístico de la zona metropolitana de Granada, además, parte de las fuentes tradicionales de suministro urbano corresponden a sondeos situados en la Vega de Granada, que captan recursos subterráneos del acuífero cuaternario de la Depresión de Granada afectados por problemas de contaminación de origen antrópico, que es necesario sustituir por fuentes de suministro de calidad suficiente para el abastecimiento urbano.

Partiendo de esta situación, mediante el presente estudio se ha pretendido dar respuesta tecnológica a una serie de interrogantes que acompañan a las posibles decisiones que puedan tomarse sobre la gestión de los recursos hídricos del sistema Cornisa-Vega de Granada.

Bajo esta premisa los esquemas de gestión analizados no consideran la prevalencia de los derechos concesionales existentes y sólo pretenden optimizar la

gestión de los recursos hídricos disponibles en el sistema, partiendo de las prioridades fijadas en la satisfacción de las demandas (derivadas del Plan Hidrológico de Cuenca) y las reglas de operación concedidas a los elementos de regulación del sistema.

No obstante, el modelo desarrollado para la simulación de la gestión conjunta de los recursos hídricos del **Sistema Cornisa-Vega de Granada** se convierte en una herramienta de decisión, en la que pueden establecerse diferentes hipótesis de gestión ya que responde a un esquema topológico que refleja la realidad existente en las relaciones entre las fuentes de suministro y los centros de demanda.

Así, en las diferentes hipótesis de simulación consideradas se han incluido los siguientes elementos de gestión:

- Mantenimiento de un régimen de caudales ecológicos en los cauces asociados a los Parques Naturales Sierra Huétor y Sierra Nevada.
- Análisis de la influencia que tiene sobre el sistema el declarar como prioritario el abastecimiento urbano sobre las dotaciones agrícolas.
- Análisis de la influencia que tendrá sobre el sistema la puesta en funcionamiento de la conducción Deifontes–El Chaparral e infraestructuras asociadas (ETAP El Chaparral y Arteria Norte²) sobre las dotaciones agrícolas del Canal de Albolote.
- Análisis de la mejora que supondrá en la satisfacción de las demandas de la zona regable Cubillas–Colomera la puesta en servicio del embalse de Velillos y obras asociadas.
- Análisis de la respuesta del embalse subterráneo Vega de Granada ante el incremento de la explotación para abastecimiento urbano en el Campo de Pozos Ronda Sur, que permita, junto con la conducción Deifontes–El Chaparral,

² Esta conducción permite trasvasar recursos desde el sistema Canales–Quéntar al Consorcio La Vega–Sierra Elvira

la sustitución de los actuales abastecimientos con problemas de calidad, asociados a sondeos que captan el acuífero cuaternario de la Vega de Granada.

- Análisis de la respuesta hidrodinámica del embalse subterráneo Vega de Granada ante la posible recarga artificial programada con excedentes invernales de los ríos Genil y Monachil.
- Análisis de la influencia de apoyar el abastecimiento a la zona metropolitana de Granada con aguas subterráneas de la UH 05.31/La Peza (acuíferos de la Cornisa de Granada).
- Análisis de la respuesta del sistema hidráulico Cornisa-Vega de Granada ante el ahorro de agua que acompañaría a la adopción de medidas para la mejora de la eficiencia en los regadíos de las zonas regables del Canal del Cacán, Vegas de Granada y Cubillas-Colomera.
- Análisis de la situación que generaría en el sistema el incremento de la demanda urbana como consecuencia del desarrollo de los proyectos urbanísticos existentes en la zona metropolitana de Granada.

1.3 COMPONENTES HIDROLÓGICOS DEL SISTEMA. RECURSOS

El Sistema Cornisa-Vega de Granada se caracteriza por unas **aportaciones de acusada estacionalidad** anual e hiperanual. La restitución al régimen natural de las cuencas objeto de análisis se ha realizado aplicando el modelo precipitación-escorrentía de Temez modificado, partiendo de datos fisiográficos de las subcuencas analizadas y de datos hidrometeorológicos. Los modelos precipitación-escorrentía han sido calibrados utilizando las estaciones de aforos de la CH Guadalquivir y los datos de aportaciones a los embalses de Canales, Quéntar, Colomera y Bermejales.

La cuenca de recepción del sistema Cornisa-Vega de Granada analizada presenta una extensión superficial de 3.241,8 km², que corresponde a la suma de las cuencas vertientes de los ríos Genil (cabecera de cuenca), Cubillas y Cacín.

El río Genil constituye el colector general del sistema y en su cuenca de recepción se pueden establecer tres subcuencas (figura 3):

- El Alto Genil (río Genil hasta estación aforos nº100), que recoge la aportación de Sierra Nevada, con una cuenca de recepción de 343,38 km² y una esorrentía total promedio de 112,78 hm³, lo que implica una esorrentía específica promedio de 0,328 hm³/km² (328 mm).
- Genil-Vega, que incluye las subcuencas de los ríos Darro y Beiro, además de la Vega de Granada, con una cuenca de recepción de 449,68 km² y una esorrentía total promedio de 100,98 hm³, lo que implica una esorrentía específica promedio de 0,225 hm³/km² (225 mm).
- Genil Margen Izquierda, donde se incluyen los ríos Monachil y Dílar y una serie de cauces estacionales (arroyos Salado y Noniles), con una cuenca de recepción de 538,48 km² y una esorrentía total promedio de 47,54 hm³, lo que implica una esorrentía específica promedio de 0,088 hm³/km² (88 mm).

En conjunto, el río Genil presenta una cuenca de recepción de 1.331,55 km² y registra una esorrentía total promedio de 261,30 hm³/a, lo que implica una esorrentía específica promedio de 0,196 hm³/km² (196 mm).

El Cubillas es afluente del río Genil por la margen derecha, presenta una cuenca de recepción de 1.529,60 km² y registra una esorrentía total promedio de 230,12 hm³/a, lo que implica una esorrentía específica promedio de 0,150 hm³/km² (150 mm).

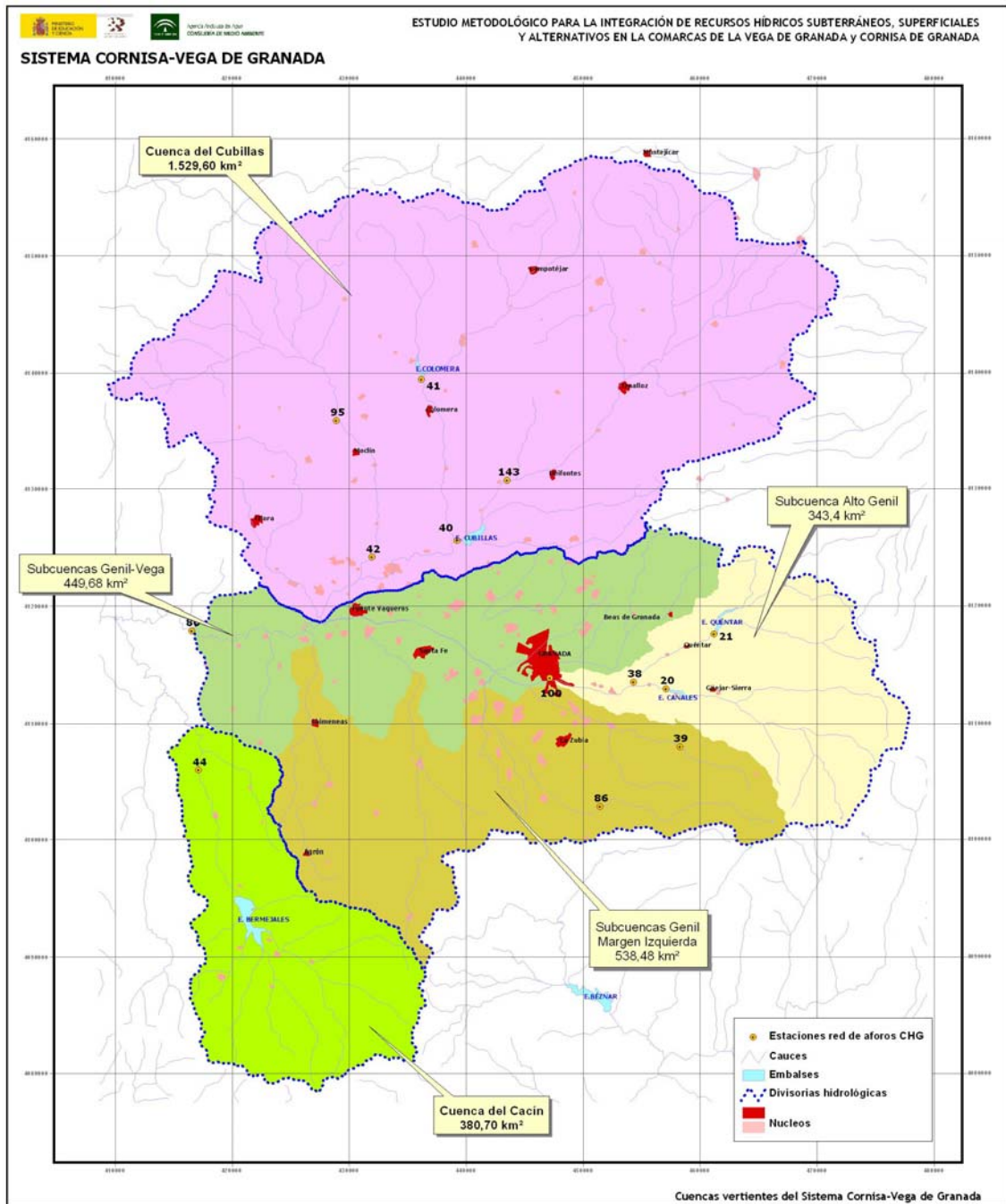


Figura 3. Subcuencas definidas en el Sistema Cornisa-Vega de Granada

El Cacín es afluente del río Genil por la margen izquierda, dispone de una cuenca de recepción de 380,70 km² y registra una escorrentía total promedio de 77,92 hm³/a, lo que implica una escorrentía específica promedio de 0,205 hm³/km² (205 mm).

El Sistema Cornisa-Vega de Granada dispone de una cuenca de recepción de 3.241,85 km² y registra una escorrentía total promedio de 569,34 hm³/a, lo que implica una escorrentía específica promedio de 0,176 hm³/km² (176 mm) (tabla 1).

La cuenca de recepción del río Genil dentro del sistema Cornisa-Vega de Granada (hasta la estación de aforos n°80-Puente Tocón), presenta una superficie de 2.861,14 km² y registra una escorrentía total anual promedio de 491,41 hm³, lo que supone una escorrentía específica promedio de 0,172 hm³/km² (172 mm).

Cuencas	Ríos	Escorrentía Subterránea	Escorrentía Superficial	Escorrentía Total	Cuenca recepción (km ²)	Aportac. Especifica	Escorrentía Total (hm ³ /a)	Cuenca recepción (km ²)	Escorrentía Especifica (hm ³ /km ²)
		(hm ³ /a)	(hm ³ /a)	(hm ³ /a)		(hm ³ /km ²)			
Genil	Aguas Blancas	11,40	22,43	33,83	139,4	0,243	261,30	1.331,55	0,196
	Genil	11,99	66,96	78,95	204,0	0,387			
	Darro	10,25	13,69	23,93	83,0	0,288			
	Monachil	6,21	14,75	20,95	103,5	0,202			
	Dílar	5,36	13,99	19,35	161,4	0,120			
	Salado-Noniles	1,58	5,65	7,23	273,5	0,026			
Vega de Granada	Genil	31,38	45,67	77,05	366,6	0,210	230,12	1.529,60	0,150
Cubillas	Cubillas	47,88	83,96	131,84	729,6	0,181			
	Colomera	6,64	32,81	39,45	327,2	0,121			
	Velillos	2,50	41,00	43,50	355,2	0,122			
	Charcón (Escóznar)	2,72	12,61	15,32	117,6	0,130			
Genil	Estación aforos n° 80	137,91	353,51	491,41	2.861,14	0,172			
Cacín	Cacín	41,93	35,99	77,92	380,7	0,205	77,92	380,70	0,205
Sistema Cornisa-Vega de Granada		179,84	389,50	569,34 ⁽¹⁾	3.241,85	0,176			
⁽¹⁾ Existe una diferencia entre los valores obtenidos mediante la aplicación del modelo de Temez modificado (569,34 hm ³ /a) y la aportación total obtenida mediante la simulación de SIMGES en Régimen Natural (563,73 hm ³ /a), como consecuencia de la simulación del acuífero de la Vega de Granada mediante el modelo de autovalores en SIMGES y la inclusión del trasvase desde el río Alhama al Cacín en SIMGES (10,03 hm ³ /a de promedio)									
Sistema Cornisa-Vega de Granada (SIMGES)		195,36	368,40	563,76	3.241,85	0,174			

Tabla 1. Escorrentía Total del Sistema Cornisa-Vega de Granada

En resumen, la aportación específica promedio del sistema Cornisa-Vega de Granada es de 176 mm, lo que implica una aportación promedio de 569,34 hm³, con una oscilación de entre 43,14 hm³/a a 1.452,96 hm³ para el periodo analizado (1951-2004). Para el año tipo seco, la aportación que registra el sistema es de 222,57 hm³/a, para el año tipo medio es de 552,24 hm³ y para el año tipo húmedo 1.002,35 hm³ (figura 4 y tabla 2).

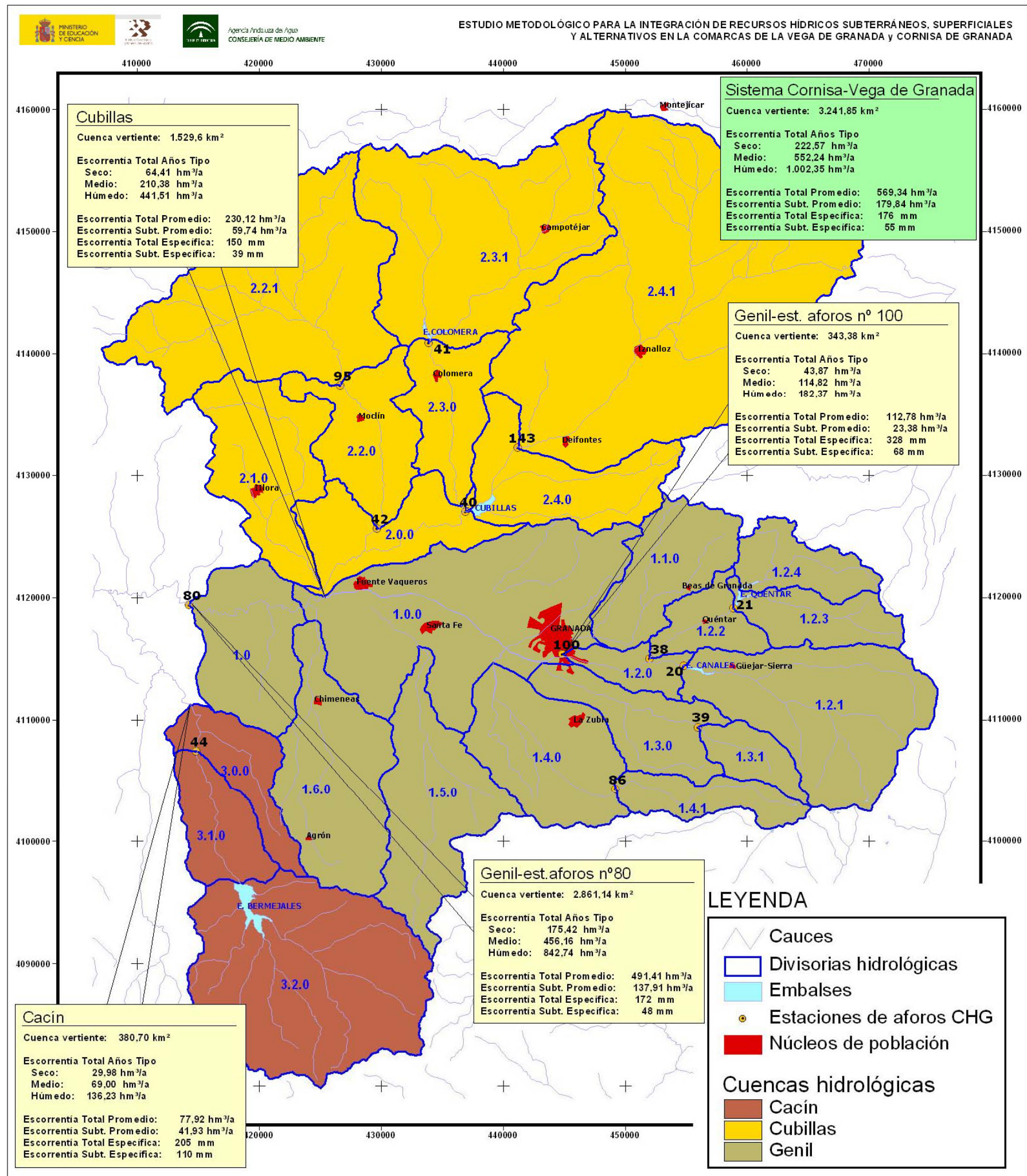


Figura 4. Cuencas vertientes del Sistema Cornisa-Vega de Granada

ESCORRENTÍA TOTAL (hm ³ /a)			
SISTEMA CORNISA-VEGA DE GRANADA			
AÑOS TIPO	SECO	MEDIO	HÚMEDO
Mínimo	43,14	338,62	774,77
Cuartil 25%	151,79	421,37	902,67
Promedio	222,57	552,24	1.002,35
Mediana	241,86	548,48	940,06
Cuartil 75%	290,54	659,65	1.107,13
Máximo	332,63	744,69	1.452,96
Desv. Estándar	85,41	127,93	178,65
Cv	2,61	4,32	5,61

ESCORRENTÍA SUBTERRÁNEA (hm ³ /a)			
SISTEMA CORNISA-VEGA DE GRANADA			
AÑOS TIPO	SECO	MEDIO	HÚMEDO
Mínimo	36,25	137,17	223,87
Cuartil 25%	67,55	156,95	240,31
Promedio	99,86	179,81	267,15
Mediana	113,91	179,20	247,97
Cuartil 75%	129,82	207,39	293,58
Máximo	133,99	220,34	338,65
Desv. Estándar	34,04	28,00	37,28
Cv	2,93	6,42	7,17

Tabla 2. *Resumen Años Tipo Sistema Cornisa-Vega de Granada (periodo 1951-2004)*

En la figura 5 se muestra una comparativa de la escorrentía total y subterránea simuladas mediante el modelo P-E de Temez modificado, utilizado para el conjunto del SCVG en el periodo 1951-2004, y la demanda consuntiva dependiente de este sistema de explotación de recursos hídricos. Según se desprende de esta figura es necesario proceder a la regulación de los recursos hídricos naturales, ya que en numerosos años se obtiene que los recursos hídricos son insuficientes para satisfacer la demanda. En la figura 6 se muestra el ajuste de la distribución de Goodrich para la escorrentía total

simulada para el SCVG mediante el modelo P-E de Temez modificado, en el periodo 1951–2004.

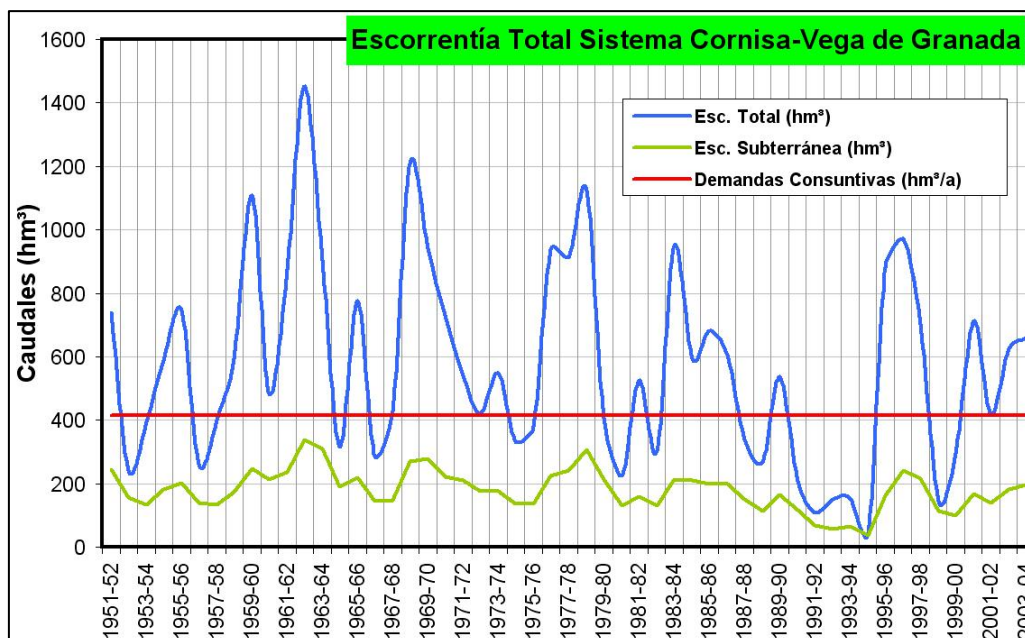


Figura 5. Comparación de las aportaciones anuales (serie obtenida mediante simulación) y las demandas máximas registradas en el Sistema Cornisa-Vega de Granada

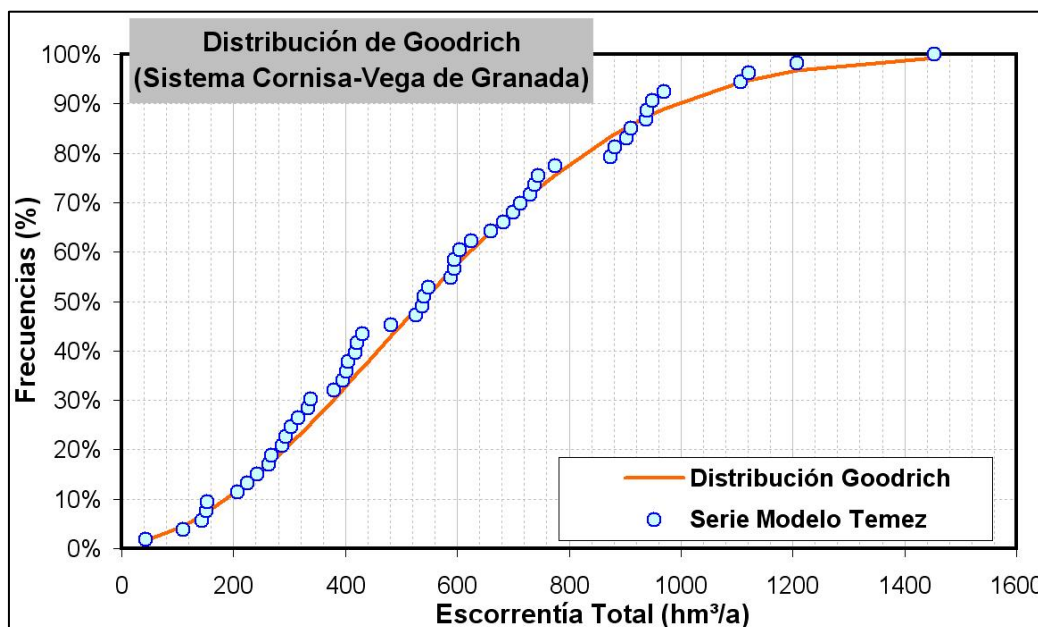


Figura 6. Ajuste de Goodrich para las aportaciones del Sistema Cornisa-Vega de Granada (subcuencas Genil, Cubillas y Cacán)

1.4 FUENTES DE SUMINISTRO E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

El Sistema Cornisa-Vega de Granada comprende tres subsistemas que presentan en la actualidad un funcionamiento independiente: Subsistema Canales-Quéntar, Subsistema Cubillas-Colomera y Subsistema Bermejales.

Estos subsistemas disponen de elementos de regulación superficial, captaciones de aguas subterráneas y conducciones que permiten suministrar las demandas consuntivas urbanas y agrícolas que dependen de cada subsistema (figura 7).

No obstante, las infraestructuras proyectadas por la Junta de Andalucía para mejorar las condiciones de abastecimiento y saneamiento en la Vega de Granada, implican la conexión parcial de los subsistemas Canales-Quéntar y Cubillas-Colomera, en razón de la conducción Artería Norte Circunvalación que permite el trasvase de recursos del subsistema Canales-Quéntar al Cubillas-Colomera.

Esta actuación se enmarca dentro de un programa más amplio que pretende mejorar el abastecimiento al Consorcio La Vega-Sierra Elvira y que tiene como principal actuaciones en términos de gestión, la captación para abastecimiento urbano de recursos del manantial de Deifontes, tradicionalmente destinado a dotar regadíos en la Vega de Granada (zona regable Canal de Albolote, 2.013 ha y 19,1 hm³/a de demanda).

El subsistema Canales-Quéntar se sustenta en la capacidad de regulación que presentan los embalses de Canales (río Genil) y de Quéntar (río Aguas Blancas); en las captaciones directas en cauces de los ríos Genil, Aguas Blancas, Monachil y Dílar; en las captaciones de la descarga de los acuíferos La Peza, Padul y Vega de Granada; y en captaciones de aguas subterráneas existentes en el acuífero de la Vega de Granada.

Desde los citados embalses parten grandes conducciones para transportar el agua que se utiliza en el abastecimiento a Granada (Canal de Quéntar y Canal de Pinos), alcanzando la ETAP que explota Emasagra. Asimismo, estos embalses permiten la regulación de los recursos que son utilizados en la Vega de Granada (zonas regables de la Vega Alta y Vega Media MI) a través de una complicada red de acequias.

La captación de recursos circulantes por los ríos Monachil y Dílar (escorrentía superficial estricta y descarga del acuífero del Padúl) se utiliza para dotar riegos de la zona regable Monachil-Dílar de la Vega de Granada y en el abastecimiento a núcleos del Consorcio Sierra Nevada-Vega Sur (Alhendín, Cajar, Las Gabias, Huétor-Vega, Puliana, Las Gabias, Dílar, Monachil y Otura).

Por otra parte, la captación de recursos circulantes por los ríos Aguas Blancas y Genil (escorrentía superficial estricta y descarga del acuífero de La Peza) se emplean para dotar riegos de la zona regable Alto Genil y en el abastecimiento a núcleos del Consorcio Sierra Nevada-Vega Sur (Pulianas, Quéntar y Güejar-Sierra).

La captación de los drenajes asociados al acuífero de La Peza que alcanzan el río Darro y afluentes son utilizados para dotar riegos en la Vega de Granada (zona regable de los Manantiales Triásico -Alfacar-Beas-) y en el abastecimiento a núcleos del Consorcio La Vega-Sierra Elvira (Güevejar, Nívar, Peligros, Alfacar, Beas de Granada, Cogollos-Vega, Huétor-Santillán y Víznar).

El **subsistema Cubillas-Colomera** comprende la subcuenca del río Cubillas y sus afluentes Colomera, Velillos y Escóznar. En este subsistema aparecen dos embalses de regulación (Colomera y Cubillas) y la descarga del manantial de Deifontes.

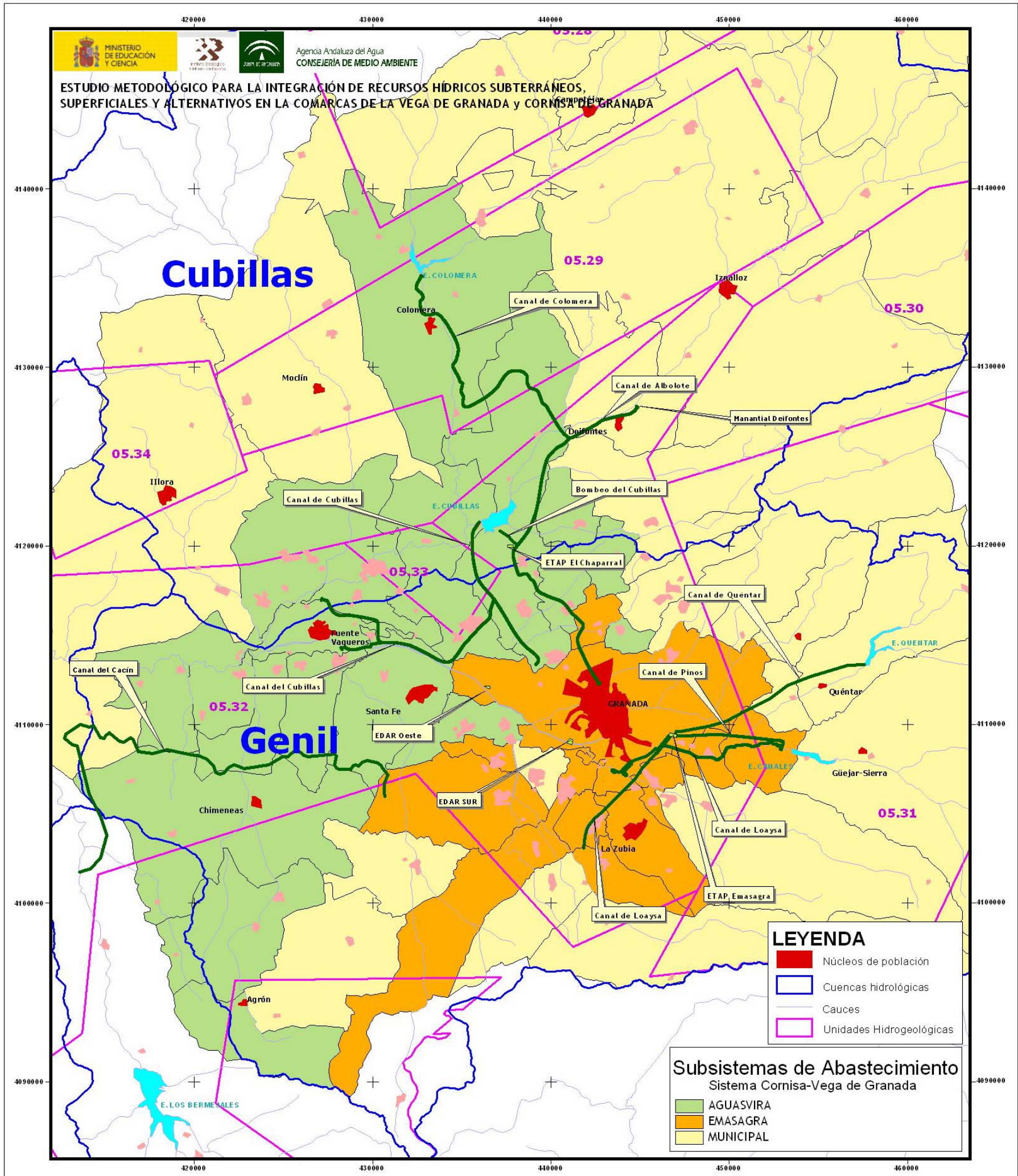


Figura 7. Infraestructuras hidráulicas del Sistema Cornisa-Vega de Granada

El manantial de Deifontes corresponde a la descarga natural del acuífero de Sierra Arana, con un caudal promedio mensual de 2,466 hm³ (según datos de aforos realizados por la CHG –periodo feb 1960 a sep 2004–) y una aportación regulada por el propio acuífero. Este manantial es captado mediante el Canal de Albolote para riegos en la Vega de Granada.

Además, el canal de Albolote recibe la esorrentía regulada en el embalse de Colomera mediante el Canal de Colomera, de manera que los riegos de la Vega de Granada dependientes del Canal de Albolote reciben recursos del manantial de Deifontes y del embalse de Colomera.

La esorrentía que recibe el embalse de Cubillas está laminada por el denominado túnel de desvío del Cubillas, mediante el cual se desvían los caudales de avenida desde el río Cubillas (en cabecera del embalse del Cubillas) hacia el río Colomera. Esta obra tiene como objetivo disminuir las aportaciones de finos al embalse de Cubillas, el cual estaba registrando una significativa disminución de capacidad de almacenamiento como consecuencia de la alta erosividad de los materiales geológicos aflorantes en su cuenca de recepción.

Desde el embalse de Cubillas parte el Canal de Cubillas, que dota el riego a determinadas áreas de la Vega de Granada. Asimismo, en este embalse existe una estación de bombeo que permite transportar agua embalsada hacia el Canal de Albolote.

Uno de los objetivos contemplados en el “Estudio Previo de Infraestructuras del Ciclo Integral del Agua y Análisis Económico y de Gestión de los Sistemas: Granada, Sierra Nevada–Vega Sur y La Vega–Sierra Elvira (Junta de Andalucía–2003)” consiste en la ejecución de una obra que permita captar recursos en el manantial de Deifontes y conducirlos hasta una nueva ETAP (ETAP El Chaparral) para abastecimiento a la zona

metropolitana de Granada. Esta obra está en fase de ejecución y ha sido considerada en una de las hipótesis de simulación ejecutadas en el presente trabajo.

Por otra parte, en los diversos acuíferos asociados al subsistema Cubillas-Colomera: unidades hidrogeológicas 28–Montes Orientales, 29–Sierra Colomera, 30–Sierra Arana y 34–Madrid–Parapanda , existen captaciones directas en manantiales y mediante sondeos de las aguas subterráneas para dotar riegos de las Comarcas de Montefrío e Iznalloz y para sustentar los abastecimiento urbano a los municipios de la zona (Moraleda de Zafayona, Íllora, Iznalloz, Moclín, Deifontes, Benalúa de las Villas, Campotéjar, Montillana, Guadahortuna, Montejícar, Torre–Cardela y Piñar)

Este **subsistema Bermejales** se vincula con la regulación que ejerce el embalse de Bermejales de los recursos del alto Cacín, recogiendo la descarga subterránea del acuífero Sierra Tejada–Almijara.

El embalse de Los Bermejales dispone de una capacidad de regulación hiperanual dada su elevada capacidad de almacenamiento (102,6 hm³) frente a la esorrentía que recibe (72,05 hm³ de promedio anual para el año tipo medio).

Asimismo, este embalse recibe una aportación adicional desde el río Alhama (evaluada en 10 hm³/a de promedio).

Aguas abajo del embalse de Los Bermejales parte el Canal del Cacín, infraestructura que permite el riego de unas 4.475 has en la Vega de Granada y aporta recursos para el abastecimiento a municipios de la Vega de Granada adscritos a la Mancomunidad La Vega–Sierra Elvira (Cijuela–Láchar) y de la Vega de Granada (Moraleda de Zafayona), además de otros fuera del Sistema Cornisa–Vega de Granada (SCVG), pertenecientes al valle del Cacín (Cacín, Arenas del Rey, Villanueva de Mesía y Huétor–Tajar).

Las **fuentes de suministro** del Sistema Cornisa–Vega de Granada corresponden a los embalses de Canales, Quéntar, Cubillas, Colomera y Bermejales y a una serie de acuíferos (embalses subterráneos, en total se han considerado 20 repartidos en 9 unidades hidrogeológicas).

El embalse de Quéntar (río Aguas Blancas) presenta una capacidad de 13,60 hm³. Según los datos de explotación del embalse de que dispone la CH Guadalquivir, la evaporación anual promedio es de 1.098 mm. El embalse de Canales (río Genil) presenta una capacidad de 70,70 hm³. Según los datos de explotación del embalse de que dispone la CH Guadalquivir, la evaporación anual promedio es de 1.276 mm. El volumen de entrega anual promedio del conjunto Canales–Quéntar para suministrar demandas es de 82,54 hm³.

El embalse de Cubillas (río Cubillas) presenta una capacidad de 18,60 hm³. Según los datos de explotación del embalse de que dispone la CH Guadalquivir, la evaporación anual promedio es de 874 mm. El embalse de Colomera (río Colomera) presenta una capacidad de 42,45 hm³. Según los datos de explotación del embalse de que dispone la CH Guadalquivir, la evaporación anual promedio es de 831 mm. El volumen de entrega anual promedio del conjunto Cubillas–Colomera para suministrar demandas es de 34,69 hm³.

El embalse de Los Bermejales (río Cacán) presenta una capacidad de 102,60 hm³. Según los datos de explotación del embalse de que dispone la CH Guadalquivir, la evaporación anual promedio es de 763 mm. Este embalse se comporta, en su regulación, como hiperanual. El volumen de entrega anual promedio del conjunto Cubillas–Colomera para suministrar demandas es de 37,19 hm³.

En conjunto, los embalses del sistema Cornisa–Vega de Granada presentan una capacidad de almacenamiento de 248,05 hm³ (figura 8) y el volumen de entrega anual

promedio es de 154,42 hm³/a (39,07 hm³/a para satisfacer demandas urbanas y 115,42 hm³/a para dotar regadíos).

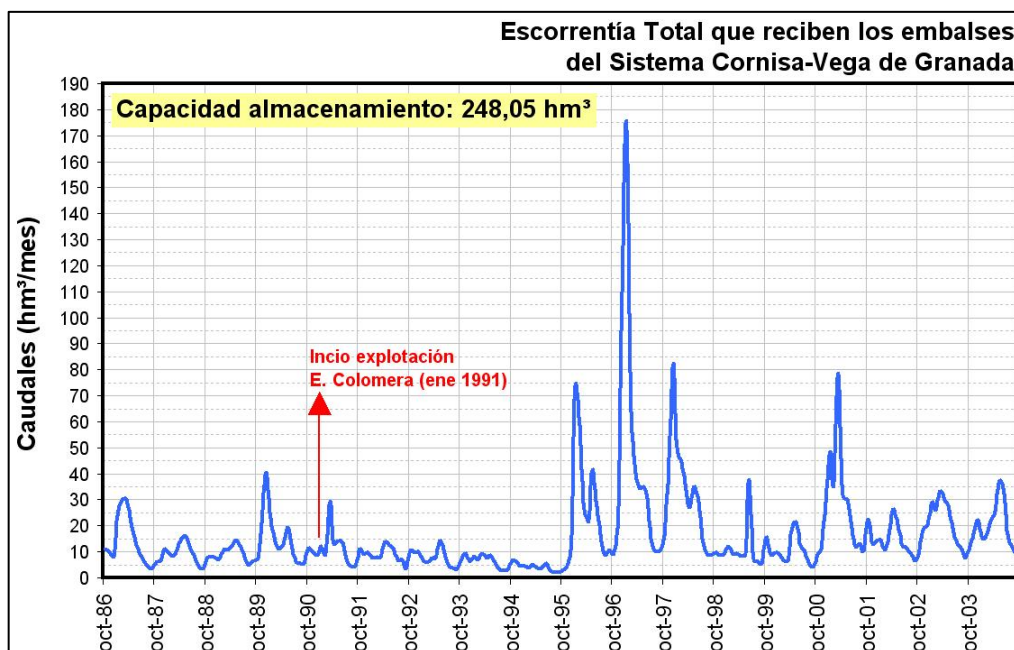


Figura 8. Esorrentía Total que reciben los embalses del Sistema Cornisa-Vega de Granada

Respecto a los **embalses subterráneos** asociados al Sistema Cornisa-Vega de Granada, los recursos renovables medios anuales que presentan, en régimen natural, se cifran en 179,80 hm³ (tabla 3). Existen infraestructuras de regulación para captar unos 124,7 hm³/a de aguas subterráneas, algo más del 69% de los recursos renovables en régimen natural, destinándose la mayor parte de las aguas subterráneas captadas para dotar regadíos (97,09 hm³/a) y en menor medida para satisfacer demandas urbanas (27,61 hm³/a). Las reservas hidrogeológicas estimadas para los acuíferos superan los 2.900 hm³, presentando, por lo general y salvo sectores localizados, aguas de buena a aceptable calidad para abastecimiento urbano, predominando la facies bicarbonatada cálcica de media salinidad.

UHs	Acuíferos	Superf. Afloram. (km ²)	Recursos Renovables (hm ³ /a)	Recursos Regulados (hm ³ /a)	Usos abto. Urbano (hm ³ /a)	Reservas (hm ³)	Transmisividad (m ² /d)	Coefic. Agotamiento (días ⁻¹)	Salinidad (µS/cm)
UH 05.31/La Peza	31a Noroccidental	52,9	12,3	7,50	3,20	260	40-3500	0,0042	213-1370
	31b Aguas Blancas	32,0	7,3						
	31c Aº Padules	13,7	3,3						
	31e Cerro Carcabal	3,3	0,7						
	31d Güejar-Sierra	30,2	7,8						
UH 05.65/Sierra del Padúl	65a Genil	16,5	17,5	4,50	1,66	105	600-900	0,0035	255-820
	65b Víboras-Monachil	43,3							
	65c Dilar	22,8							
UH 05.28/Montes Orientales	28a Montillana	27,6	3,0	1,00	0,55	100	1100-3000	0,0065	200-2860
	28b Manzanillo	14,2	5,1						
	28c Montejícar	12,9							
UH 05.29/Sierra Colomera	29a Los Morrones	23,5	3,8	4,60	0,60	156	10-750	0,0065	265-1400
	29b Colomera	15,2							
	29c Pozuelo-Las Cabras	59,2							
UH 05.30/Sierra Arana	30a Periarde-Moreda-Piñar	17,7	3,8	37,2	4,2	30	50-30000	0,0016	210-1810
	30b Sierra Arana	86,4	28,3			178			
	30c Despeñadero-Cañamaya	7,0	1,2			48			
UH 05.34/Madrid-Parapanda	34a Sierra Pelada	4,6	0,5	8,6	2,1	14-26	1000-28500	0,0065	170-958
	34b Sierra Madrid	10,2	1,2						
	34c Sierra Obéilar	2,8	0,3						
	34d Sierra Parapanda	7,1	0,6						
UH 05.42/Sierra Tejada-Almijara	42a Sierra Tejada	94,3	20,8	3,10	2,10	505	20-170	0,0035	340-1680
	42b Almijara	73,2	16,1						
	42c Agrón	73,7	6,5						
UH 05.32/Vega de Granada	32 Vega de Granada	206,1	28,1 ⁽¹⁾	56,2	13,2	1.500	125-17000	0,0015	350-3000
UH 05.33/Sierra Elvira	33 Sierra Elvira	8,2	3,2	2,00	-	32	10000-40000	0,0035	405-3515
SISTEMA CORNISA-VEGA de GRANADA		958,6	179,8	124,70	27,61	2.914	⁽¹⁾ Sólo se incluyen los correspondientes al régimen natural		

Tabla 3. *Resumen de datos relevantes sobre los acuíferos vinculados al Sistema Cornisa-Vega de Granada*

El sistema Cornisa-Vega de Granada presenta una paradoja en lo referente a **infraestructuras hidráulicas**, ya que dispone de importantes infraestructuras de conducción para dotar los regadíos, junto con sistemas de distribución de estas aguas para riegos (acequias), sobre todo en las zonas regables tradicionales de la Vega de Granada, con importantes deficiencias.

Las infraestructuras de potabilización y saneamiento son insuficientes y existe, por ello, un programa de la Junta de Andalucía para mejorar esta situación.

Actualmente, las **infraestructuras hidráulicas** más relevantes corresponden a:

- Planta potabilizadora (ETAP) de Lancha de Genil (450 l/s de capacidad de tratamiento). En construcción está la ETAP El Chaparral (400 l/s de capacidad de tratamiento).
- Conducciones para abastecimiento urbano en el Consorcio Sierra Nevada–Vega Sur: Canal de Quéntar o de Los Franceses (con una capacidad de transporte de 1,60 m³/s) conduce el agua de abastecimiento desde el embalse de Quéntar hasta la ETAP de Lancha de Genil; y el Canal de Pinos, que conduce el agua de abastecimiento desde el embalse de Canales hasta la ETAP de Lancha de Genil.
- Conducciones para dotar regadíos: Canal de Colomera (con una capacidad de transporte de 2,50 m³/s) conduce el agua desde el embalse de Colomera hasta el Canal de Albolote; Canal de Albolote (con una capacidad de transporte de 2,80 m³/s) capta la descarga del manantial de Deifontes y la conduce hasta la Vega de Granada³; el Canal de Cubillas (con una capacidad de transporte de 1,80 m³/s) que conduce los recursos regulados en el embalse de Cubillas hasta las zonas regables de la Vega de Granada; y el Canal de Loaysa (con una capacidad de transporte de 4,00 m³/s) conduce los recursos regulados por el embalse de Canales para riegos a la Vega Alta del Genil.
- Otras conducciones: el túnel de desvío existente en la cabecera del embalse de Cubillas permite la derivación de avenidas desde el río Cubillas hacia el Colomera, con el objetivo de impedir el aporte excesivo de finos al embalse de Cubillas.
- Captaciones de aguas subterráneas mediante la captación directa de manantiales (drenaje natural de los embalses subterráneos) o sondeos que permiten la regulación de recursos subterráneos en los acuíferos de la Cornisa Septentrional, Vega de Granada, Cornisa Meridional y Padul–La Peza. Los datos

³ También suministra agua potable a Pinos Puente (90 l/s) y esporádicamente a Maracena, Atarfe, Peligros y El Chaparral

de capacidad de regulación de recursos subterráneos indican una cuantía de 124,70 hm³/a.

- Estaciones de tratamiento de aguas residuales (EDAR) vinculadas al Consorcio Sierra Nevada–vega Sur operadas por la empresa EMASAGRA: EDAR Sur, con una capacidad de depuración de 51.000 m³/d y EDAR Oeste con una capacidad de depuración de 22.410 m³/d. El Plan de Saneamiento proyectado por la Junta de Andalucía permitirá incrementar la capacidad de tratamiento a 165.950 m³/d.

1.5 DEMANDAS

La demanda total del Sistema Cornisa–Vega de Granada (SCVG) asciende a un promedio anual de 479,7 hm³, de la que un 86,4% es demanda consuntiva (414,60 hm³/a) y el 13,6% restante corresponden a caudales ecológicos (65,1 hm³/a)⁴. Las demandas consuntivas máximas, como consecuencia del incremento de demanda urbana prevista, se han fijado en 479,6 hm³/a (tabla 4).

Considerando sólo las demandas consuntivas, el sistema Cornisa–Vega de Granada presenta una demanda anual de 414,6 hm³/a, de la que un 85,9% corresponde a demandas agrícolas (356,3 hm³/a) y tan sólo un 14,1% a demandas urbanas (58,3 hm³/a), donde se incluye la demanda industrial, incluida en las redes de abastecimiento urbano.

⁴ En el estudio no se han considerado las demandas hidroeléctricas existentes en el Alto Genil, ya que son de escasa importancia (minicentrales) y quedan enmascaradas por las demandas ecológicas impuestas.

SECTOR DE DEMANDA		DEMANDAS CONSUNTIVAS (hm ³ /año)		DEMANDAS NO CONSUNTIVAS (hm ³ /año)
		Actuales	Futuras ^(a)	
URBANA	Consorcio La Vega–Sierra Elvira	15,3	51,0	
	Consorcio Sierra Nevada–Vega Sur	38,9	68,3	
	Municipios de la zona septentrional	3,4	–	
	Mancomunidad del Temple	0,7	–	
RIEGOS	Comarcas de la Cornisa de Granada	64,0	–	
	Regadíos de la Vega de Granada	292,2	–	
CAUDAL ECOLÓGICO ^(b)	Cauces P.N. Sierra Huétor			8,19
	Cauces P.N. Sierra Nevada			56,9
SISTEMA CORNISA–VEGA DE GRANADA		414,6		65,1

(a) Considerando los planes de desarrollo urbano municipales

Tabla 4. Demandas consolidadas en el Sistema Cornisa–Vega de Granada

Asimismo, de la demanda agrícola la mayor cuantía se asocia a los riegos de la Vega de Granada, que absorbe el 70,5% de la demanda de recursos hídricos (292,25 hm³/a), mientras que los regadíos de las comarcas situadas en la Cornisa de Granada (comarcas de Alhama, Iznalloz y Montefrío) aglutinan el 15,4 % de la demanda consuntiva del sistema.

Los grandes centros de demanda urbana se ubican en la Vega de Granada, distribuidos según dos grandes sistemas de abastecimiento: el Consorcio La Vega–Sierra Elvira (gestionado por la empresa Aguasvira) que absorbe el 3,7% de la demanda total; y el Consorcio Sierra Nevada–Vega Sur (gestionado por la empresa Emasagra y que incluye la zona metropolitana de Granada) que aglutina el 9,4% de la demanda consuntiva del sistema (figura 9).

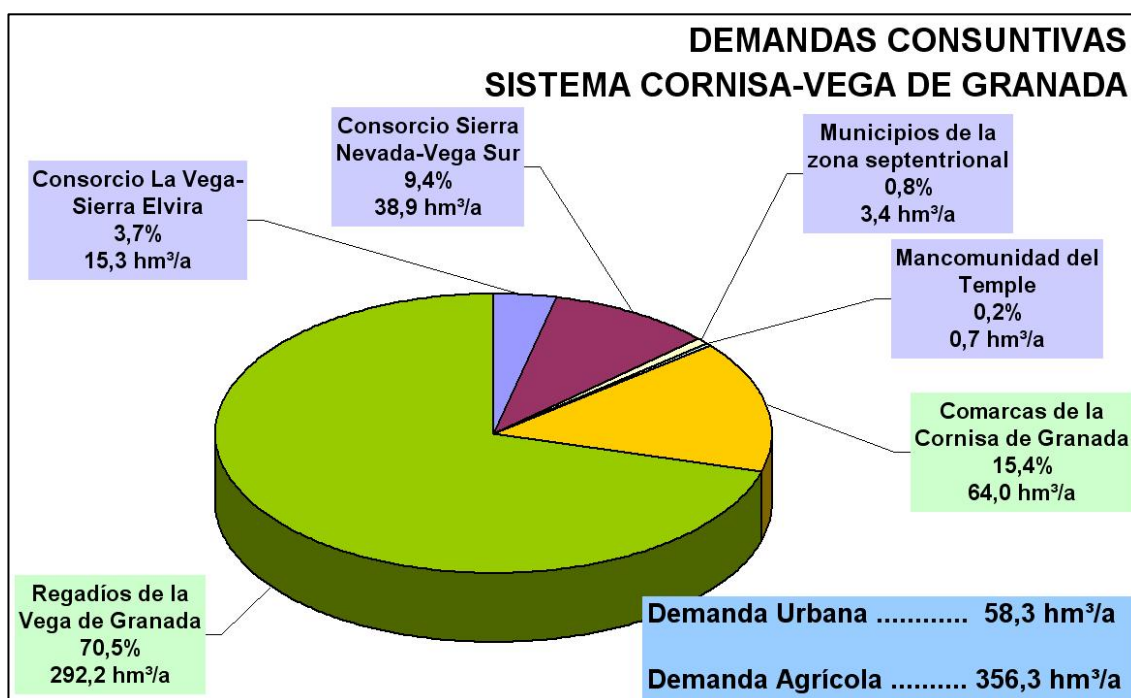


Figura 9. Distribución de las demandas consuntivas que registra el Sistema Cornisa-Vega de Granada según usos

1.5.1 Abastecimiento urbano

La demanda urbana del Sistema Cornisa-Vega de Granada ha sido estructurada en 4 grandes subsistemas de abastecimiento urbano (figura 10) que responden a la gestión que actualmente se lleva a cabo en este sistema para satisfacer las demandas urbanas, incluyendo el suministro de agua potable a la población y a las industrias que se abastecen de la red de distribución de aguas potables.

- **Consorcio Sierra Nevada-Vega Sur**, este subsistema aglutina los abastecimientos dependientes de la empresa EMASAGRA y una serie de municipios del Alto Genil (Sierra Nevada) y Vega Sur de Granada. La empresa EMASAGRA gestiona el ciclo integral del agua de la ciudad de Granada y un

total de 12 municipios del área Metropolitana (Vega Sur de Granada), suministrando aguas potables a una población de 340.204 habitantes. Los municipios de la Vega Sur de Granada cuya gestión de abastecimiento y saneamiento desarrolla EMSAGRA corresponden a: Alhendín, Armilla, Cájar, Cenes de la Vega, Cúllar Vega, Las Gabias, Gójar, Granada capital, Huétor Vega, Ogíjares, Pinos Genil, Pulianas y la Zubia.

- **Consorcio La Vega-Sierra Elvira**, este subsistema incluye los abastecimientos que gestiona la empresa AGUASVIRA, que aglutina a 17 municipios de este subsistema (Albolote, Atarfe, Calicasas, Chauchina, Chimeneas, Cijuela, Colomera, Fuente Vaqueros, Güevejar, Jun, Láchar, Maracnea, Nívar, Peligros, Pinos-Puentes, Santa Fé y Vegas del Genil) y una serie de municipios situados en la zona septentrional de la unidad Padúl-La Peza (Alfacar, Beas de Granada, Gogollos-Vega, Huétor-Santillán y Víznar). En total bajo este subsistema se agrupan 22 municipios que suponen una población de 121.840 hab, que presentan una demanda anual media de 15,3 hm³.
- **Zona septentrional de La Cornisa de Granada**, bajo este subsistema se agrupan un total de 12 municipios situado en la franja septentrional del Sistema Cornisa-Vega de Granada y que corresponden a: Benalúa de las Villas, Campotéjar, Deifontes, Guadahortuna, Íllora, Iznalloz, Moclín, Montejícar, Montillana, Moraleda de Zafayona, Piñar y Torre-Cardela). En total, el subsistema septentrional de La Cornisa de Granada aglutina una población de 37.821 hab con una demanda media anual de 3,38 hm³.
- **Mancomunidad del Temple**, que acoge 4 municipios situados en el sector su-occidental de la Vega de Granada, de los cuales 2 se incluyen dentro del sistema que gestiona AGUASVIRA (Agrón y Ventas de Huelma); mientras que los dos restantes disponen de una gestión municipal (Escúzar y La Malahá). En

total, el subsistema de la Mancomunidad del Temple aglutina una población de 3.700 hab con una demanda media anual de 0,68 hm³.

Agrupando los datos de demandas urbanas correspondientes a los subsistemas definidos se obtiene que el sistema Cornisa-Vega de Granada abastece a una población de 533.732 hab, distribuidos en 58 municipios, que presentan una demanda media anual de 5.830,63 m³. El incremento de demanda urbana que se fija como consecuencia del desarrollo urbanístico de la Vega de Granada asciende a 65,13 hm³/a (tabla 5).

GESTION	Población (hab)		Suministro (m ³ /a)		Incremento Suministro (m ³)	
AGUASVIRA	111.374	20,9%	13.807.448	23,7%	32.645.467	50,1%
EMASAGRA	340.204	63,7%	36.240.763	62,2%	25.721.729	39,5%
MUNICIPAL	82.154	15,4%	8.258.178	14,2%	6.763.443	10,4%
Suma	533.732		58.306.389		65.130.638	

SUBSISTEMAS	Población (hab)		Suministro (m ³ /a)		Incremento Suministro (m ³)	
LA VEGA-SIERRA ELVIRA	121.840	22,8%	15.298.818	26,2%	35.750.645	54,9%
MANCOMUNIDAD EL TEMPLE	3.700	0,7%	681.171	1,2%	0	0,0%
SEPTENTRIONAL DE LA CORNISA	37.821	7,1%	3.381.907	5,8%	0	0,0%
SIERRA NEVADA-VEGA SUR	370.371	69,4%	38.944.493	66,8%	29.379.994	45,1%
Suma	533.732		58.306.389		65.130.638	

Tabla 5. *Demanda urbana en el sistema Cornisa-Vega de Granada*

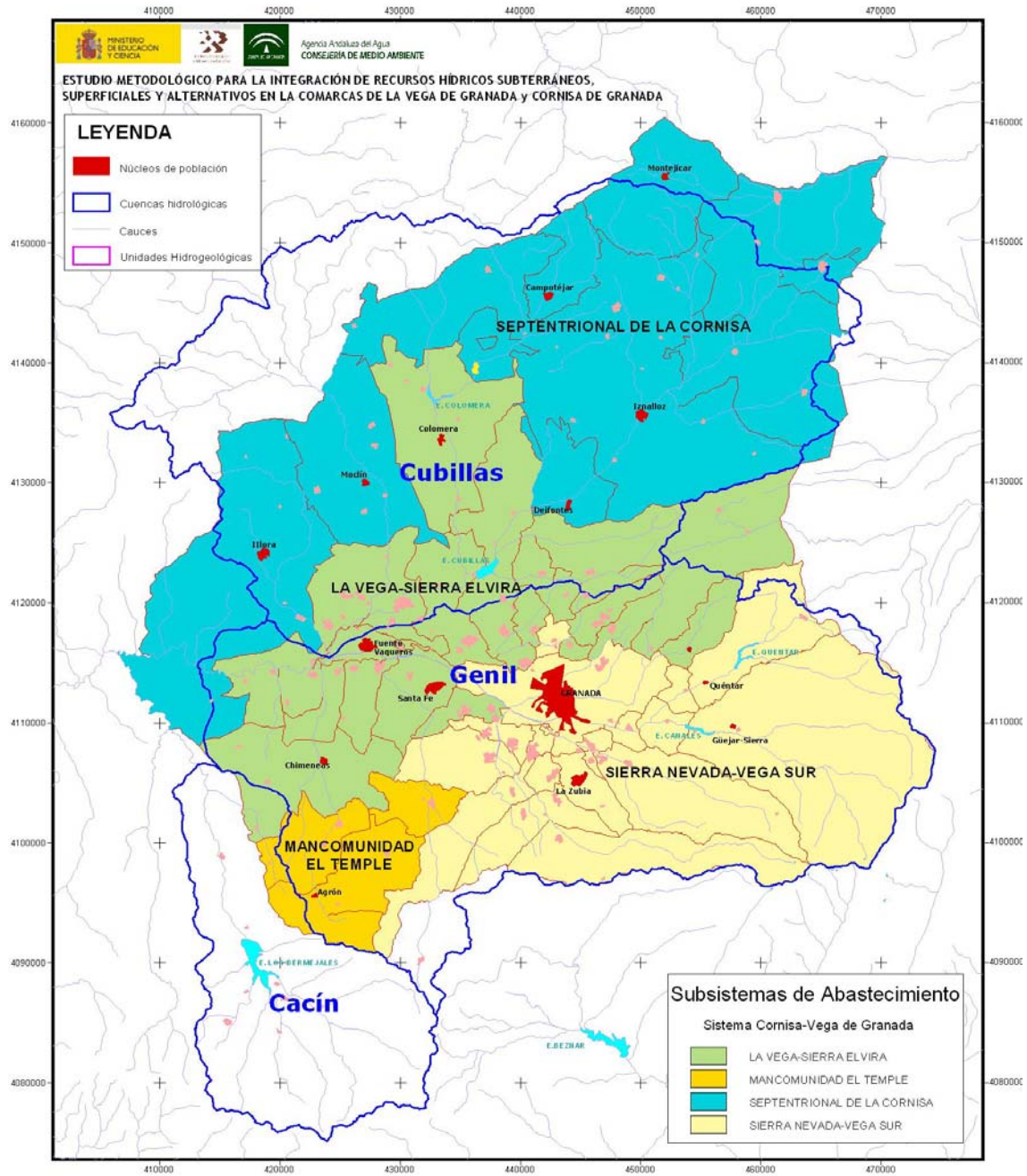


Figura 10. Subsistemas de abastecimiento del Sistema Cornisa-Vega de Granada

1.5.2 Demanda agrícola

Para el conjunto del Sistema Cornisa-Vega de Granada se ha fijado una superficie regada de 46.893 ha, a la que corresponde una demanda anual media de 356,28 hm³ y un consumo de 254,86 hm³, por lo que la eficacia media de los regadíos sería del 71,54% (considerando en la eficacia los sistemas de conducción, distribución y aplicación). Las cifra de dotación para el conjunto del sistema es de 7.598 m³/ha/año y de 5.435 m³/ha/a para las necesidades hídricas en el año tipo medio.

En la tabla 6 se incluyen de forma resumida los datos correspondientes a la demanda agrícola del sistema Cornisa-Vega de Granada (figura 11).

Cultivos	Superficie Regada (ha)	Demanda (hm ³)	Consumo (hm ³)	Eficiencia (%)	DOTACIÓN (m ³ /ha/a)	NECESIDAD HÍDRICA (m ³ /ha/a)
Extensivos de invierno	796	1,84	1,19	67,03%	2.308	1.500
Extensivos de verano	3.034	29,49	20,03	67,90%	9.721	6.600
Frutales	2.972	25,82	17,53	67,90%	8.689	5.900
Hortícolas aire libre	17.920	162,62	116,08	73,33%	9.075	6.478
Olivar	11.571	36,44	31,96	88,65%	3.149	2.762
Otros (Alfalfa)	10.600	100,06	68,08	68,03%	9.440	6.422
Tipo de Riego	Superficie Regada (ha)	Demanda (hm ³)	Consumo (hm ³)	Eficiencia (%)	DOTACIÓN (m ³ /ha/a)	NECESIDAD HÍDRICA (m ³ /ha/a)
Aspersión	79	0,56	0,51	90,00%	7.136	6.422
Gravedad	34.738	308,52	207,82	67,17%	8.881	5.982
Localizado y gravedad	1.069	4,90	4,38	89,42%	4.581	4.100
Localizado	11.007	42,30	42,16	99,84%	3.843	3.830
Origen del Agua	Superficie Regada (ha)	Demanda (hm ³)	Consumo (hm ³)	Eficiencia (%)	DOTACIÓN (m ³ /ha/a)	NECESIDAD HÍDRICA (m ³ /ha/a)
Mixto	2.115	15,27	10,55	71,87%	7.221	4.987
Subterránea	11.031	46,09	44,41	95,65%	4.179	4.026
Superficial	33.747	294,91	199,90	70,69%	8.739	5.924
Reutilizada	0	0,00	0,00			
ZONAS REGABLES	Superficie Regada (ha)	Demanda (hm ³)	Consumo (hm ³)	Eficiencia (%)	DOTACIÓN (m ³ /ha/a)	NECESIDAD HÍDRICA (m ³ /ha/a)
Comarca de Alhama	2.771	23,73	21,42	90,25%	8.565	7.730
Comarca Iznalloz	7.710	23,73	21,42	90,25%	3.078	2.778
Comarca Montefrío	3.915	22,67	22,39	98,78%	5.791	5.720
Comarca Vega Granada	21.408	195,09	132,90	68,12%	9.113	6.208
Comarca Vega Baja Granada	6.614	63,53	42,59	67,04%	9.605	6.439
Z.R. Cacin	4.475	33,63	21,72	64,58%	7.515	4.853
Sistema Cornisa-Vega de Granada	46.893	356,28	254,86	71,54%	7.598	5.435

Tabla 6. Demanda para regadíos Sistema Cornisa-Vega de Granada

Según se observa en estos datos destacan los siguientes aspectos:

- La mayor parte del riego se efectúa mediante el sistema de gravedad (74,51% de la superficie regada), que presenta una menor eficacia (67,18%) y unas mayores dotaciones (8.888 m³/ha/a).
- Los riegos que se dotan con aguas subterráneas presentan unas mayores eficacias, ya que suelen corresponder a riegos localizados o por aspersión.
- Un 70,76% de la superficie regada se dota con aguas reguladas mediante infraestructuras superficiales.

Según los datos oficiales no se reutilizan aguas residuales urbanas en los riegos del Alto Genil.

Para fijar las dotaciones mensuales de riego se ha utilizado información procedente de diferentes estudios agronómicos, considerando cada tipo de cultivo por separado (tabla 7 y figura 12).

DISTRIBUCIÓN MENSUAL DEL RIEGO (hm ³ /mes) Sistema Cornisa-Vega de Granada												
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	1,26	0,23	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	2,95	7,85	8,58	7,20	2,74
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	2,93	7,84	8,89	4,94
	17,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,25	17,89	27,65	27,66	39,03	29,26
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	4,01	8,38	9,47	8,02	5,47
	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	4,00	11,01	22,01	25,02	22,01	11,01
Suma	21,89	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	8,87	38,35	69,06	78,56	85,15	53,41
	6,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	2,5%	10,8%	19,4%	22,1%	23,9%	15,0%

Tabla 7. *Distribución mensual de las demandas de riego para el sistema Cornisa-Vega de Granada*

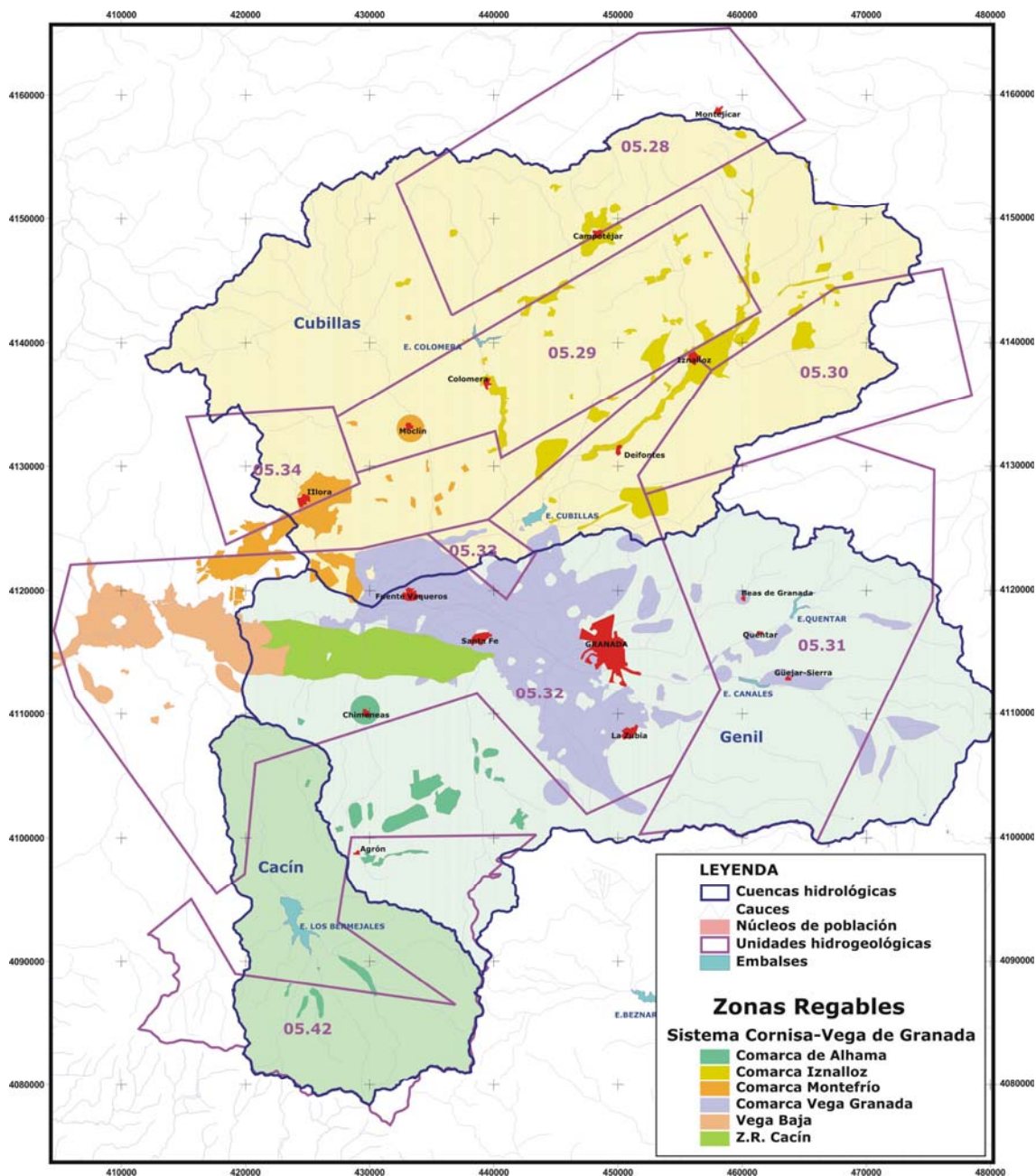


Figura 11. Zonas regables en el Sistema Cornisa-Vega de Granada.

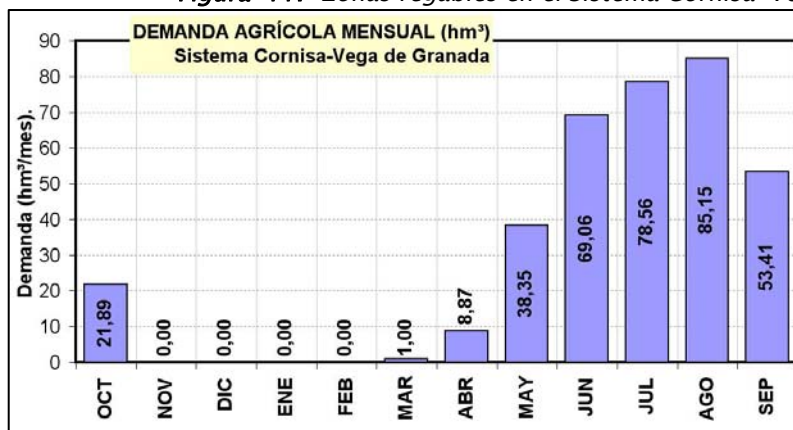


Figura 12. Distribución mensual de la demanda de riego en el Sistema Cornisa-Vega de Granada

Para establecer los centros de demanda agrícola del sistema Cornisa-Vega de Granada (tabla 8) se ha partido de:

- Los datos del inventario de regadíos de la Junta de Andalucía (IRJA) y de la Oficina de Planificación Hidrológica de la C.H. del Guadalquivir respecto al Sistema de Explotación 05103/Alto Genil.
- Del funcionamiento de las infraestructuras de regulación-aducción que dotan las zonas regables del sistema, en el ámbito del sistema.

Zonas Regables		Superf. Regada (ha)	Demanda (hm ³ /a)	Necesidad Hídrica (hm ³ /a)	Eficiencia	Sistemas riegos	
Cubillas- Colomera	Riegos del Canal de Albolote	2.013	19,12	12,98	68%	Gravedad	
	Riegos del Canal de Cubillas	2.283	21,46	14,57	68%	Gravedad	
	Riegos del Pantano de Cubillas	1.140	11,08	7,52	68%	Gravedad	
	Riegos del Velillos	772	5,42	3,95	73%	Gravedad (61%) Localizado (39%)	
Genil	Alto Genil	Riegos del Alto Genil	2.981	26,23	17,81	68%	Gravedad
	Canales- Quéntar	Vega Alta del Genil	3.931	36,78	24,98	68%	Gravedad
		Vega Media del Genil Margen Izquierda	1.939	18,17	12,46	69%	Gravedad (96%) Aspersión (4%)
		Alfacar-Beas de Granada (manantiales triásicos)	2.164	17,41	11,86	68%	Gravedad
		Riegos de Monachil-Dílar	3.152	29,82	20,25	68%	Gravedad
		Lachar-Cijuela	376	3,30	2,24	68%	Gravedad
		Fuentevaqueros-Valdecaballeros	657	6,30	4,28	68%	Gravedad
		Vega Baja	3.493	33,80	22,63	67%	Gravedad
Cacín	Zona Regable del Canal del Cacín	4.475	33,63	21,72	65%	Gravedad	
Cornisa de Granada	Sector Septentrional	Comarca de Iznalloz	7.710	23,73	21,42	90%	Gravedad (19%) Localizado (72%) Mixtos (9%)
		Comarca de Montefrío	3.915	22,67	22,39	100%	Localizado (100%)
	Sector Meridional	Comarca de Alhama de Granada	2.771	17,62	13,84	79%	Gravedad (45%) Localizado (55%)
SISTEMA CORNISA-VEGA de GRANADA		43.772	326,54	234,90			

Tabla 8. Datos resumen de zonas regables Sistema Cornisa-Vega de Granada

1.5.3 Caudales Ecológicos

Los **caudales ecológicos** se fijan como un tipo de **demanda no consuntiva** dentro del sistema de explotación y han sido evaluados siguiendo una metodología específica de cálculo. Para seleccionar los cauces donde fijar el régimen de caudales ecológicos se han considerado las características hidrológicas del Sistema Cornisa-Vega de Granada y la relación de Espacios naturales Protegidos de la Junta de Andalucía para la provincia de Granada (figura 13). Así, se han concretado como **zonas de interés hidroecológico** las siguientes:

- Cauces del Alto Genil asociados al **Parque Natural de Sierra Nevada**: Aguas Blancas, Genil, Monachil y Dílar.
- Cauces asociados al **Parque Natural de Sierra de Huétor**: ríos Darro y Beas.

En total se han analizado 6 cauces que presentan como característica común el que parte de su cuenca de recepción se ubica dentro de los límites de los Parques Naturales de Sierra Nevada o Sierra de Huétor y además, reciben la descarga subterránea de los acuíferos carbonatados de las unidades hidrogeológicas 05.31/La Peza y 05.65/Padúl-La Peza

Con objeto de cuantificar la demanda del sistema en concepto de caudales ecológicos, se ha empleado una metodología que permite determinar los caudales que deben circular por los cursos fluviales que garanticen la conservación de los procesos que se producen en los sistemas fluviales en condiciones no influenciadas (Anejo 5).

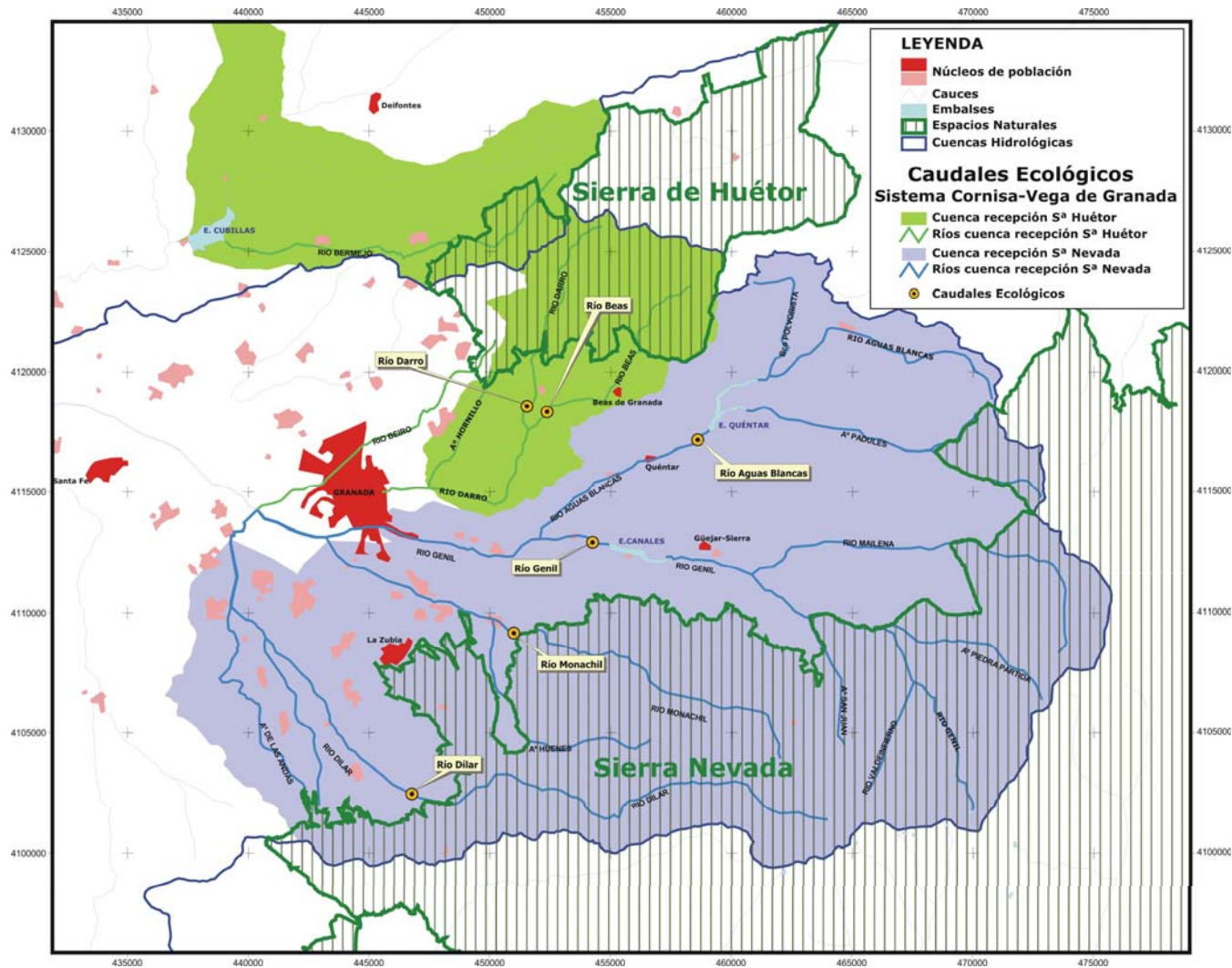


Figura 13. Zonas de interés hidroecológico en el sistema Cornisa-Vega de Granada

Previamente, se considera importante distinguir entre **caudales ecológicos**, considerados aquellos que se asemejan a los caudales circulantes en condiciones naturales y que reproducen las variables naturales que definen el sistema fluvial, tanto en magnitud como en frecuencia y fecha de ocurrencia; y los **caudales ecológicos mínimos o caudal crítico**, entendiéndose como tales aquellos que mantengan las poblaciones naturales del río y sus valores ecológicos, y que cualquier disminución de su cuantía implique una pérdida drástica de las condiciones de habitabilidad del río.

La metodología empleada en el marco del presente estudio está fundamentada en las características que adquiere el hábitat con la geomorfología del cauce y los condicionantes que las variables del hábitat imponen a los seres vivos que constituyen las comunidades naturales de los ríos estudiados.

En concreto, se ha utilizado una doble metodología, que se explica brevemente a continuación:

- El **método IFIM**, que analiza las variaciones del hábitat con el caudal y las preferencias de la fauna por ese hábitat (Anejo 5). En dicho método se obtiene, a partir de la morfología del cauce y de las curvas de preferencia de las especies, el área habitable (APU) para las especies consideradas en función del caudal circulante. En este caso la especie seleccionada ha sido la trucha. De la representación gráfica del área habitable (APU) frente al caudal circulante, se obtiene el caudal crítico, por debajo del cual el área habitable sufre una disminución tal que no es soportable por la especie estudiada, para los diferentes estadios de crecimiento de la trucha. El punto máximo de dicha curva correspondería al caudal óptimo para el desarrollo del individuo y el caudal intermedio entre ambos correspondería al caudal medio.

El régimen de caudales se ha diseñado a partir del caudal ecológico mínimo, obtenido con el método IFIM, aplicándole mensualmente un índice de variación que es la raíz cuadrada del cociente entre el caudal medio mensual, y el caudal medio mensual del mes mínimo. Esto permite obtener doce valores de caudal al multiplicar los doce índices por el caudal ecológico mínimo.

$$I_n = \sqrt{\frac{Q_n}{Q_{n,\min}}}$$

- El **método hidrológico** fundamentado en el análisis de los caudales históricos registrados en las estaciones de aforos, obteniendo los índices mensuales de variación del régimen natural de caudales, a partir de los cuales se han reconstruido los caudales ecológicos mensuales de los ríos analizados.

Para el conjunto Darro-Beas se han elaborado unas curvas de preferencia para macroinvertebrados basadas en trabajos previos, además de las obtenidas para ríos españoles. La finalidad en este caso es obtener un hábitat que potencie la máxima diversidad y abundancia de los individuos de este grupo biológico.

En la tabla 9 se incluyen los resultados obtenidos para los diferentes cauces considerados (figura 13). Para el río Genil no se han efectuado cálculos concretos de caudal ecológico, por tratarse de un cauce muy influenciado. No obstante, a partir de los caudales ecológicos obtenidos en el resto de cauces se ha fijado el régimen de caudales ecológicos en el Genil, considerando que se presenta unas condiciones hidroecológicas similares.

En la figura 14 se comparan los caudales ecológicos obtenidos mediante la aplicación de la metodología expuesta anteriormente y los fijados al aplicar el Proyecto de Directrices del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir (PDPHCG).

Meses	REGÍMENES DE CAUDALES ECOLÓGICOS CAUDAL ECOLÓGICO CRÍTICO (m ³ /s)					
	Río Darro y Beas	Río Aguas Blancas	Río Monachil	Río Dílar	Río Genil	SUMA
Octubre	0,633	0,652	0,841	0,685	3,123	5,93
Noviembre	0,632	0,744	0,775	0,469	2,945	5,57
Diciembre	0,548	0,739	0,561	0,504	1,618	3,97
Enero	0,609	0,724	0,546	0,488	1,980	4,35
Febrero	0,818	0,860	0,790	0,561	2,789	5,82
Marzo	0,889	1,009	0,998	0,773	4,905	8,57
Abril	1,059	1,197	1,207	0,987	4,586	9,04
Mayo	0,848	0,871	1,117	0,804	4,380	8,02
Junio	0,633	0,557	0,722	0,499	2,407	4,82
Julio	0,527	0,499	0,459	0,414	1,215	3,11
Agosto	0,492	0,467	0,441	0,392	1,140	2,93
Septiembre	0,501	0,468	0,443	0,389	1,163	2,96
ANUAL	8,190	8,786	8,899	6,966	32,252	65,09
PROMEDIO	0,682	0,732	0,742	0,580	2,688	5,424

Tabla 9. Régimen de caudales ecológicos fijados para los cauces relacionados con los espacios naturales de Sierra de Huétor y Sierra Nevada

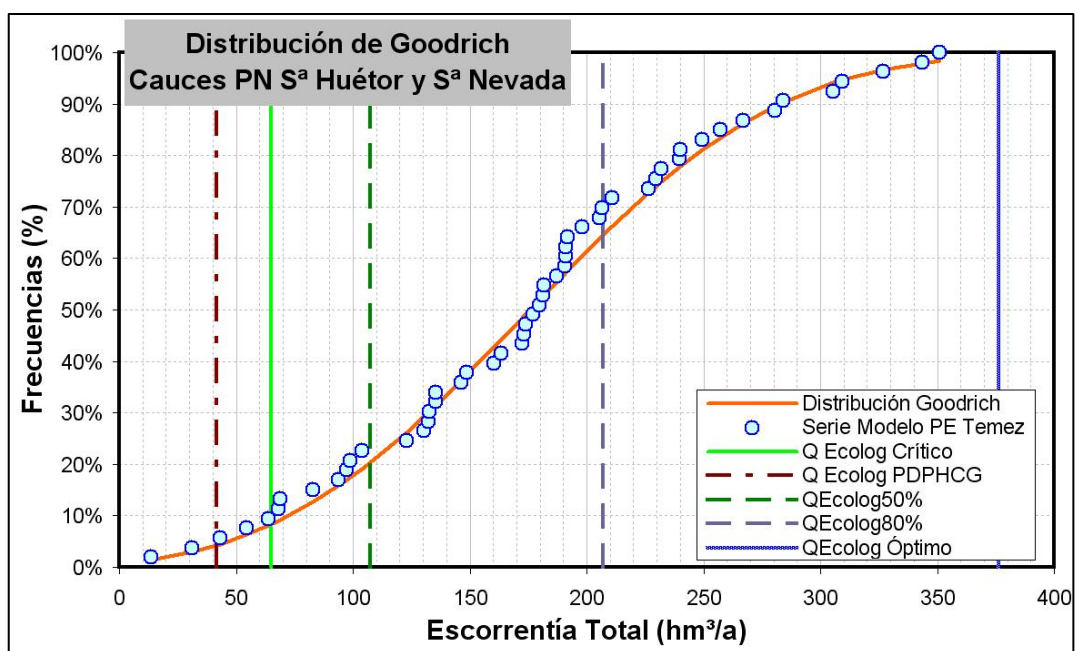


Figura 14. Análisis de caudales en el Alto Genil (cauces asociados a los PN Sª Huétor y Sª Nevada)

Atendiendo a las circunstancias mencionadas y que el modelo de simulación adoptado (SIMGES) sólo permite considerar una única serie de datos mensuales para los caudales ecológicos, la cual se fija para todo el periodo de simulación considerado, si se concreta como caudal ecológico en el modelo de simulación los resultados de caudal ecológico medio u óptimo se obtendrían resultados sesgados respecto a las garantías de las demandas consuntivas del sistema (abastecimiento y agrícola), sobre todo en años secos. Parece, por tanto, más lógico fijar como caudales ecológicos los correspondientes al caudal crítico, de manera que en las simulaciones de gestión que se formulen, la restricción que supone la prioridad de satisfacer la demanda ecológica, no condicione excesivamente los resultados del modelo. Al mismo tiempo que se obliga al sistema a atender una demanda ecológica mínima que asegure un buen estado ecológico de los cauces.

Según los datos fijados para el régimen de caudales ecológicos de los ríos asociados al conjunto Sierra Huétor-Sierra Nevada, estos caudales constituyen el 36,7% del caudal circulante para el año tipo Medio y el 95,5% del caudal correspondiente al año tipo Seco (tabla 10 y figura 15).

MESES	CAUDAL ECOLÓG. CRÍTICO (hm ³)						ESCORRENTÍA RÉG. NATURAL (AÑO TIPO MEDIO) (hm ³)						Ratio entre el Caudal Ecológ. Crítico y el Rég. Nat. año TIPO MEDIO
	Río Darro y Beas	Río Aguas Blancas	Río Monachil	Río Dílar	Río Genil	SUMA	Río Darro y Beas	Río Aguas Blancas	Río Monachil	Río Dílar	Río Genil	SUMA	
Octubre	0,633	0,652	0,841	0,685	3,123	5,93	0,99	1,37	1,37	0,95	4,70	9,37	63,3%
Noviembre	0,632	0,744	0,775	0,469	2,945	5,57	1,36	1,84	1,66	1,49	6,80	13,15	42,3%
Diciembre	0,548	0,739	0,561	0,504	1,618	3,97	2,45	4,26	2,21	1,84	9,00	19,75	20,1%
Enero	0,609	0,724	0,546	0,488	1,980	4,35	2,61	4,76	1,41	1,71	5,36	15,85	27,4%
Febrero	0,818	0,860	0,790	0,561	2,789	5,82	3,58	5,26	1,82	2,26	7,74	20,66	28,2%
Marzo	0,889	1,009	0,998	0,773	4,905	8,57	3,28	5,00	2,52	2,58	10,81	24,20	35,4%
Abril	1,059	1,197	1,207	0,987	4,586	9,04	3,25	4,74	3,06	2,41	12,63	26,09	34,6%
Mayo	0,848	0,871	1,117	0,804	4,380	8,02	2,37	3,25	2,97	2,12	11,59	22,30	36,0%
Junio	0,633	0,557	0,722	0,499	2,407	4,82	1,12	1,44	1,92	1,27	7,00	12,74	37,8%
Julio	0,527	0,499	0,459	0,414	1,215	3,11	0,91	1,05	0,91	0,58	2,36	5,81	53,6%
Agosto	0,492	0,467	0,441	0,392	1,140	2,93	0,81	0,92	0,53	0,46	1,03	3,74	78,4%
Septiembre	0,501	0,468	0,443	0,389	1,163	2,96	0,72	0,82	0,51	0,43	1,06	3,54	83,8%
ANUAL	8,190	8,786	8,899	6,966	32,252	65,09	23,45	34,69	20,89	18,09	80,08	177,20	36,7%
PROMEDIO	0,682	0,732	0,742	0,580	2,688	5,424	1,95	2,89	1,74	1,51	6,67	14,77	

Tabla 10. Comparativa de los caudales ecológicos críticos fijados y los caudales correspondientes a la escorrentía superficial obtenidos en la restitución al régimen natural en años tipo MEDIO.

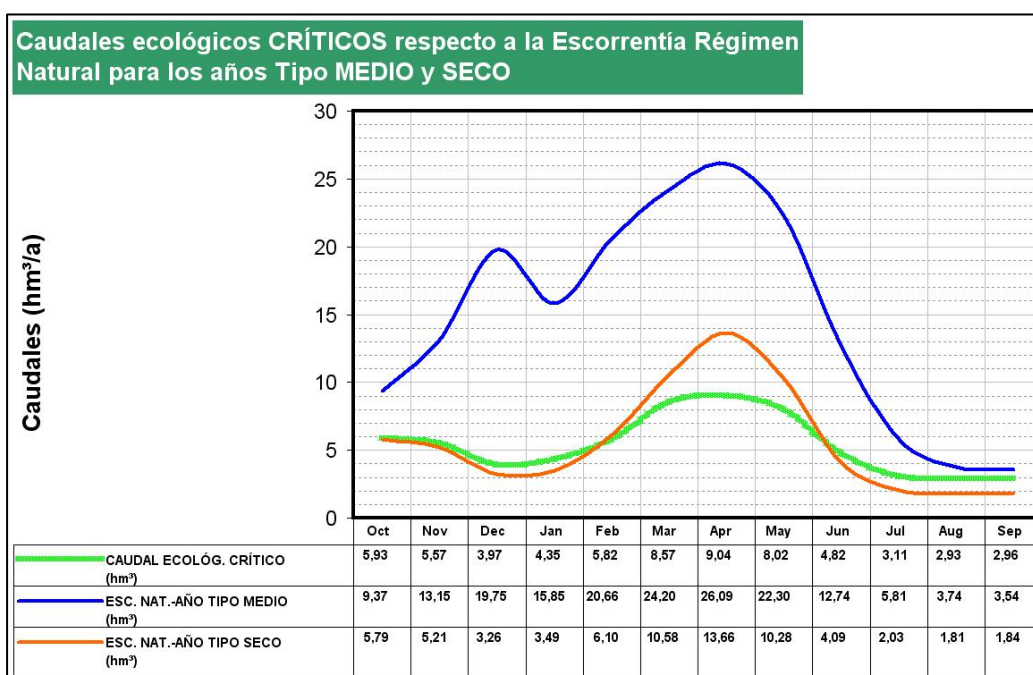


Figura 15. Comparativa del régimen de caudales ecológico y la escorrentía para los años Tipo Medio y Seco

1.6 MODELO DE USO CONJUNTO

Teniendo en cuenta los objetivos del estudio y el encuadre hidrológico del área de trabajo, la metodología que se ha aplicado para el análisis de la gestión integrada de recursos hídricos ha contemplado el importante papel que puedan jugar los recursos subterráneos en un marco de utilización conjunta.

Por ello, la simulación del uso conjunto del Sistema Cornisa-Vega de Granada se ha realizado mediante el paquete AQUATOOL, basado en el código SIMGES, el cual responde al esquema de un modelo general para la simulación de sistemas complejos de explotación de recursos hídricos, presentando notables ventajas sobre otras aplicaciones en razón de la versatilidad para la simulación de las relaciones río-acuífero, la consideración de embalses superficiales y subterráneos y otra serie de

elementos que intervienen en la gestión hídrica, tales como aportaciones, demandas (consuntivas y no consuntivas, así como consumos y retornos), caudales ecológicos, conducciones (canalizaciones y cauces de diferente forma de funcionamiento – gravedad, diferencia de potencial, etc.–), bombes adicionales y dispositivos de recarga artificial.

El esquema topológico considerado para la simulación del estado actual del sistema de explotación Cornisa-Vega de Granada (ESTADO CERO) aglutina 457 elementos: 141 nodos, 5 embalses, 109 tramos río Tipo 1; 25 tramos río Tipo 2; 20 tramos ríos Tipo 3; 47 aportaciones intermedias; 29 demandas consuntivas; 43 tomas en demandas; 20 acuíferos; 2 bombes adicionales y 13 elementos de retorno.

El modelo desarrollado, mediante el uso de la herramienta AQUATOOL, para la simulación de la gestión conjunta del sistema Cornisa-Vega de Granada ha permitido evaluar la respuesta de este sistema hidráulico bajo diferentes hipótesis de simulación, las cuales se resumen en la tabla 11.

Mediante las simulaciones efectuadas se puede evaluar la respuesta del sistema ante la implantación de las diferentes infraestructuras o mejoras de regulación previstas para este sistema; la imposición de restricciones ambientales mediante la priorización del mantenimiento de un régimen de caudales ecológicos en los cauces de mayor interés hidroecológico; o la modificación de la cuantía de las demandas consuntivas, bien por incremento de la demanda urbana (desarrollo urbanístico) o ahorro de agua para el regadío (mejora eficiencia).

Hipótesis de simulación		Infraestructuras				Demandas		
		Embalse de Velillos	Conducción y ETAP El Chaparral	Recarga artificial Vega de Granada	Mejora eficiencia riegos Vega de Granada	Caudales ecológicos PHCG ^(a)	Régimen de caudales ecológicos críticos	Desarrollo urbanístico
1	Estado cero	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
3	Caudales Ecológicos PHCG	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
4	Conducción El Chaparral	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO
5	Embalse Velillos	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO
6	Recarga artificial Vega Granada	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO
7	Incremento demanda urbana	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI
8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas tratadas	SI	SI	SI	SI	NO	SI	NO

^(a) Caudales ecológicos considerados en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir para los ríos asociados a los Parques Naturales de Sierra Huétor y Sierra Nevada (Darro-Beas, Aguas Blancas, Genil, Monachil y Dílar)

Tabla 11. *Hipótesis de simulación consideradas en el modelo SIMGES desarrollado para el Sistema Cornisa-Vega de Granada*

A continuación se resumen los condicionantes considerados en las diferentes hipótesis de simulación de gestión conjunta considerados:

- **Hipótesis 1-Estado cero:** mediante este escenario de simulación se pretende reflejar la situación actual, considerando los elementos de regulación, conducción, potabilización y depuración de que dispone el sistema; y las demandas consuntivas existentes, sin considerar la necesidad de respetar unos caudales ecológicos en los cauces de los Parques Naturales de Sierra Huétor y Sierra Nevada.
- **Hipótesis 2-Régimen Caudales Ecológicos Críticos:** mediante este escenario de simulación se pretende analizar la situación actual, considerando los elementos

de regulación, conducción, potabilización y depuración de que dispone el sistema; y las demandas consuntivas existentes, pero respetando el régimen de caudales ecológicos calculado en los cauces de los Parques Naturales de Sierra Huétor y Sierra Nevada.

- **Hipótesis 3–Régimen Caudales Ecológicos PHCG:** mediante este escenario de simulación se pretende analizar la situación actual, considerando los elementos de regulación, conducción, potabilización y depuración de que dispone el sistema; y las demandas consuntivas existentes, pero respetando el régimen de caudales ecológicos derivado de la aplicación del Proyecto de Directrices del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir.
- **Hipótesis 4–Conducción El Chaparral;** con esta simulación se pretende analizar el efecto que sobre el sistema tendría la puesta en funcionamiento de la conducción y la ETAP El Chaparral, proyecto objetivo de la Junta de Andalucía para mejorar el abastecimiento a la zona metropolitana de Granada, tomando recursos del manantial de Deifontes, actualmente comprometidos en la dotación de riegos de la Vega de Granada (Zona Regable Canal de Albolote).
- **Hipótesis 5–Embalse de Velillos;** partiendo de la simulación correspondiente al escenario 4–Conducción El Chaparral, mediante esta simulación se pretende analizar la influencia que tendría sobre el sistema, una vez derivados recursos desde Deifontes para abastecimiento a la zona metropolitana de Granada, la puesta en funcionamiento del embalse de Velillos, como complemento a la regulación que ejercen los embalses de Cubillas–Colomera en la cuenca del río Cubillas.
- **Hipótesis 6–Recarga artificial Vega de Granada;** mediante esta simulación se pretende analizar la influencia que tendría sobre el sistema un aumento en la capacidad de regulación del embalse subterráneo Vega de Granada mediante la recarga artificial con excedentes invernales de los ríos Genil–Monachil–Dílar, una vez entraran en funcionamiento la conducción de El Chaparral y el embalse de Velillos.

- **Hipótesis 7-Incremento de la Demanda Urbana:** esta hipótesis pretende analizar la respuesta del sistema ante un aumento de la demanda urbana como consecuencia del desarrollo urbanístico previsto para el área metropolitana de Granada y los municipios de la Vega de Granada, considerando el conjunto de medidas para el incremento de la regulación incluidas en los escenarios de simulación previos.
- **Hipótesis 8- Mejora eficiencia riegos:** mediante esta simulación se pretende analizar la influencia que tendría sobre un futuro sistema, la reducción de la demanda agrícola tanto por la vía de la mejora en la eficiencia de los riegos como por la reutilización de aguas tratadas en las EDARs del sistema.

Partiendo del escenario de gestión correspondiente a la hipótesis-4, se ha analizado la posibilidad de **apoyar el abastecimiento urbano a la zona metropolitana de Granada con recursos subterráneos captados en los acuíferos de la Cornisa de Granada**, valorando el volumen de recursos necesarios para complementar, en situaciones de escasez, al Campo de Pozos de Emergencia de la Ronda Sur y evaluando como estos bombeos pueden afectar a los caudales ecológicos de los cauces del Alto Genil, al conllevar detracciones en los cauces conectados con los acuíferos objeto de captación (UH 05.31 /La Peza).

Para el análisis comparativo de los resultados que ofrecen los diferentes escenarios de gestión considerados se puede utilizar los indicadores de garantía en la satisfacción de las demandas obtenidos en cada hipótesis de simulación, los cuales se resumen en las tablas 12 a 14.

Índices de garantía		Garantía mensual (Gm)						
		Demandas Urbanas				Demandas Agrícola		Caudales ecológicos
		Consorcio La Vega-S ^a Elvira	Consorcio S ^a Nevada-Vega Sur	Mancom. del Temple	Municipios Sector Septent.	Regadíos Vega Granada	Regadíos Cornisa	
1	Estado cero	99,7%	99,4%	100,0%	100,0%	66,8%	60,4%	-
2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	93,2%	81,8%	100,0%	100,0%	61,3%	50,0%	81,4%
3	Caudales Ecológicos PHCG	99,7%	94,5%	100,0%	100,0%	63,8%	61,5%	91,7%
4	Conducción El Chaparral	100,0%	80,2%	100,0%	100,0%	62,9%	60,4%	68,1%
5	Embalse Velillos	100,0%	80,5%	100,0%	100,0%	62,9%	60,4%	68,1%
6	Recarga artificial Vega Granada	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	62,9%	60,4%	68,1%
7	Incremento demanda urbana	86,9%	58,0%	100,0%	55,3%	58,3%	60,4%	68,1%
8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas depuradas	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	62,9%	60,4%	68,1%

Tabla 12.

*Análisis comparativo escenarios de gestión conjunta simulados.
Garantía mensual (Gm)*

Índices de garantía		Garantía volumétrica (Gv)						
		Demandas Urbanas				Demandas Agrícola		Caudales ecológicos
		Consorcio La Vega-S ^a Elvira	Consorcio S ^a Nevada-Vega Sur	Mancom. del Temple	Municipios Sector Septent.	Regadíos Vega Granada	Regadíos Cornisa	
1	Estado cero	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	87,9%	74,7%	-
2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	99,3%	98,6%	100,0%	100,0%	85,1%	61,8%	94,5%
3	Caudales Ecológicos PHCG	100,0%	99,6%	100,0%	100,0%	87,5%	73,5%	98,3%
4	Conducción El Chaparral	100,0%	97,1%	100,0%	100,0%	85,4%	74,3%	89,7%
5	Embalse Velillos	100,0%	97,2%	100,0%	100,0%	86,9%	78,6%	89,7%
6	Recarga artificial Vega Granada	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	87,2%	78,6%	89,7%
7	Incremento demanda urbana	98,8%	83,6%	100,0%	98,4%	82,2%	77,8%	87,7%
8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas depuradas	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	89,2%	78,8%	91,9%

Tabla 13.

*Análisis comparativo escenarios de gestión conjunta simulados.
Garantía volumétrica (Gv)*

Índices de garantía		Máximo Déficit Mensual hm ³ (MDM)						
		Demandas Urbanas				Demandas Agrícola		Caudales ecológicos
Hipótesis de simulación		Consortio La Vega-S ^a Elvira	Consortio S ^a Nevada-Vega Sur	Mancom. del Temple	Municipios Sector Septent.	Regadíos Vega Granada	Regadíos Cornisa	
1	Estado cero	0,09	0,16	0,00	0,00	56,09	10,63	-
2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	0,17	0,43	0,00	0,00	55,58	12,12	5,18
3	Caudales Ecológicos PHCG	0,14	0,43	0,00	0,00	56,44	10,68	4,50
4	Conducción El Chaparral	0,00	1,06	0,00	0,00	56,38	10,62	7,99
5	Embalse Velillos	0,00	1,06	0,00	0,00	56,38	10,62	7,99
6	Recarga artificial Vega Granada	0,00	0,00	0,00	0,00	54,72	10,62	7,99
7	Incremento demanda urbana	3,61	4,29	0,00	0,02	54,01	10,62	7,99
8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas depuradas	0,00	0,00	0,00	0,00	44,92	10,60	7,99

Tabla 14.

*Análisis comparativo escenarios de gestión conjunta simulados.
Máximo Déficit Mensual (MDM)*

Analizando la respuesta de los **embalses** ante los diferentes escenarios de simulación fijados se obtienen como principales conclusiones las siguientes (tablas 15 y 16):

- La implicación de los embalses en el mantenimiento del exigente régimen de caudales ecológicos en los cauces vinculados a los parques naturales de S^a Huétor y S^a Nevada supone una merma considerable en los caudales que los embalses del sistema Canales-Quéntar pueden suministrar para la satisfacción de las demandas consuntivas dependientes (figura 16).
- El incremento de regulación que supondría la puesta en funcionamiento el embalse de Velillos no es suficientemente significativo (comparación de la hipótesis-5 respecto a la hipótesis-4 en la figura 16)

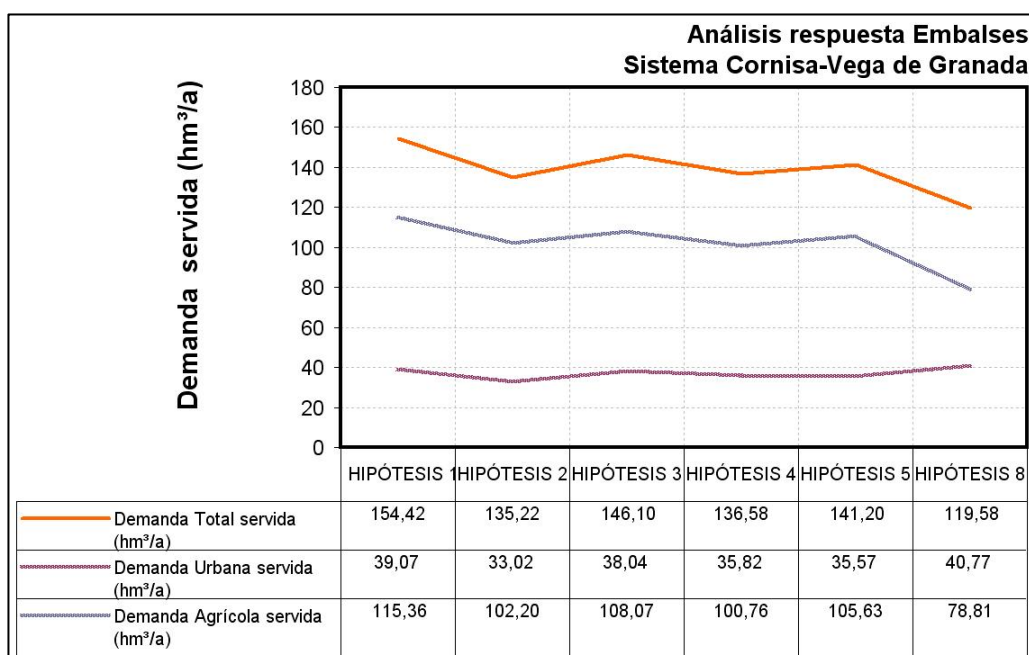


Figura 16. Análisis de la respuesta de los embalses en los escenarios de simulación considerados. Demanda servida

- La implantación de mejoras en los regadíos (aumento eficiencia) y la reutilización de aguas depuradas implica una situación más favorable en los almacenamientos superficiales y mayor seguridad en el abastecimiento urbano.

HIPÓTESIS SIMULACIÓN		Almacenamiento (hm³/mes)	Evaporación (hm³/a)	Suministros (hm³)
HIP-1	Estado cero	158,68	7,25	154,42
HIP-2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	140,72	6,73	135,22
HIP-3	Caudales Ecológicos PHCG	156,32	7,19	146,10
HIP-4	Conducción El Chaparral	143,65	6,81	136,58
HIP-5	Construcción Embalse Velillos	189,95	9,33	141,20
HIP-8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas depuradas	216,32	10,23	119,58

Tabla 15. Respuesta de los embalses en los diferentes escenarios de simulación

HIPÓTESIS		Demanda Urbana servida (hm ³ /a)	Demanda Agrícola servida (hm ³ /a)	% Demanda Urbana satisfecha	% Demanda Agrícola satisfecha
HIPÓTESIS 1	Estado cero	39,07	115,36	66,5%	43,4%
HIPÓTESIS 2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	33,02	102,20	56,2%	38,4%
HIPÓTESIS 3	Caudales Ecológicos PHCG	38,04	108,07	64,7%	40,6%
HIPÓTESIS 4	Conducción El Chaparral	35,82	100,76	61,0%	37,9%
HIPÓTESIS 5	Construcción Embalse Velillos	35,57	105,63	60,5%	39,7%
HIPÓTESIS 8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas depuradas	40,77	78,81	69,4%	35,0%

Tabla 16. *Demandas servidas desde los embalses para los diferentes escenarios de simulación*

En lo referente al **abastecimiento urbano** de la Vega de Granada, las diferentes hipótesis de simulación permiten obtener las siguientes conclusiones:

- La puesta en servicio de la conducción Deifontes–El Chaparral y las infraestructuras de abastecimiento asociadas (ETAP, depósito regulador y Arteria Norte) supondrán una mejora en el abastecimiento urbano, tanto en términos de garantía como en la calidad del agua servida al Consorcio La Vega–Sierra Elvira, por cuanto permitirá que no sea necesario bombear del embalse subterráneo Vega de Granada aguas con problemas de calidad para el consumo humano.
- La puesta en servicio de la Arteria Norte de Circunvalación, que permitirá conducir agua desde el sistema Canales–Quéntar hasta el depósito regulador de El Chaparral, exigirá el incremento en el régimen de bombeos en la Vega de Granada (Campo de Pozos Ronda Sur) para asegurar el abastecimiento urbano.
- La sustitución total de los bombeos para abastecimiento urbano de la Vega de Granada que presentan problemas de calidad, exigiría aumentar la capacidad de bombeo en el Campo de Pozos Ronda Sur hasta los 5,00 hm³/mes, para lo

que sería conveniente disponer sistemas de recarga artificial programada (ASR) del embalse subterráneo en esta zona aprovechando como agua de recarga los excedentes invernales de los ríos Genil y Monachil. Otra alternativa, es complementar el caudal aportados por los Pozos de Emergencia de la Ronda Sur con aguas subterráneas captadas en la UH 05.31/La Peza, se estima que sería necesario disponer de una capacidad de captación de 1,00 hm³/mes.

- El incremento previsto en la demanda como consecuencia de los desarrollos urbanísticos proyectados no parece sostenible por el sistema, ya que no existe capacidad de suministro suficiente, al menos que sea factible imponer unos regímenes de bombeo muy exigentes en el embalse subterráneo Vega de Granada (por ejemplo aumentar la capacidad de bombeo en el Campo de Pozos Ronda Sur a 11,5 hm³/mes).

La evolución del **suministro agrícola** para los diferentes escenarios de simulación planteados permiten obtener las siguientes conclusiones:

- La importancia que presentan los embalses en el suministro agrícola, aportando por encima del 40% de los recursos demandados.
- Los acuíferos constituyen la única alternativa para dotar regadíos en la mayor parte de las zonas regables de la Cornisa de Granada (comarcas de Montefrío, Iznalloz y Alhama), donde se aprovecha el drenaje de los acuíferos o se captan recursos mediante sondeos. En la Vega de Granada, los recursos subterráneos aprovechados proceden de la descarga del embalse subterráneo Vega de Granada y se disponen sondeos para complementar los riegos cuando las dotaciones procedentes de los sistemas superficiales son insuficientes.
- La reutilización de aguas residuales urbanas tratadas es una alternativa que no constituye una solución al suministro de agua para riegos, dada la ingente cuantía de estas demandas frente al abastecimiento urbano.

- La puesta en servicio del embalse de Velillos no supondrá un aumento considerable de la regulación efectiva del sistema, de hecho sólo generaría un aumento en el suministro agrícola de 3,781 hm³/a (hipótesis 5 frente a hipótesis 4) sin resolver las situaciones coyunturales de déficits que se registran en los periodos de sequía.

Si se considera el conjunto del Sistema Cornisa-Vega de Granada en los diferentes escenarios de gestión analizados se obtienen las siguientes respecto a las actuaciones simuladas (tabla 17 y figura 17):

- La imposición del régimen de caudales ecológicos críticos en los cauces asociados a los parques naturales de S^a Huétor y S^a Nevada supone un aumento de los déficits vinculados a las demandas consuntivas del sistema, pero por el contrario originaría un aumento de la aportación al embalse de Iznajar (receptor de la escorrentía del sistema Cornisa-Vega de Granada en régimen influenciado).
- La puesta en servicio de la conducción para abastecimiento urbano Deifontes-El Chaparral y sus infraestructuras de abastecimiento asociadas, junto con la eliminación de los sondeos de abastecimiento urbano existentes en la Vega de Granada que presentan problemas de calidad, supone un aumento de los déficits vinculados a las demandas consuntivas del sistema, aunque mejoren las condiciones del abastecimiento urbano a la Vega de Granada. Asimismo, este escenario implica un aumento de la aportación al embalse de Iznajar.
- La puesta en servicio del embalse de Velillos no supone una mejora reseñable de la capacidad de regulación del sistema. La aportación de recursos al sistema Cubillas-Colomera, en periodos de sequía, sería poco significativa, por la inexistencia de escorrentía subterránea en la aportación que registra el embalse de Velillos. Si bien, su puesta en funcionamiento permitiría una disminución de los bombeos agrícolas en la Vega de Granada (excepto en periodo de intensa

sequía) y el consiguiente aumento de la aportación del sistema al embalse de Iznajar, en valores promedio.

- La puesta en servicio de la instalación de recarga artificial en el embalse subterráneo Vega de Granada implica una mejora de los indicadores de garantía vinculados a las demandas consuntivas del sistema, pero no originaría un aumento apreciable de la aportación del sistema al embalse de Iznajar.
- El incremento de la demanda urbana fijado como consecuencia de los potenciales desarrollos urbanísticos de la Vega de Granada impondrían al sistema un aumento significativo en los déficits vinculados a las demandas consuntivas del sistema, con una merma muy significativa en la aportación del sistema al embalse de Iznajar.
- El ahorro de agua asociado a la mejora de la eficiencia de los regadíos de la Vega de Granada y la reutilización de aguas residuales urbanas tratadas supone una notable disminución de los déficits vinculados a las demandas consuntivas del sistema, así como un aumento considerable de la aportación del sistema al embalse de Iznajar frente al resto de hipótesis de simulación.

Hipótesis de simulación Máximo Déficit Mensual hm ³ /mes (MDM)		Aport.Rég. Natural (hm ³ /a)	Aport.Rég. Influenc. Iznajar (hm ³ /a)	Demandas (hm ³ /a)	Demandas Servidas (hm ³ /a)	% Demanda total servida	Déficit promedio anual (hm ³)
1	Estado cero	563,80	337,3	412,0	361,2	87,7%	50,8
2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos		343,8	412,0	352,5	85,6%	59,5
3	Caudales Ecológicos PHCG		374,9	412,0	358,4	87,0%	53,6
4	Conducción El Chaparral		352,9	412,0	351,9	85,4%	60,1
5	Embalse Velillos		346,0	412,0	352,2	85,5%	59,8
6	Recarga artificial Vega Granada		345,5	412,0	360,8	87,6%	51,2
7	Incremento demanda urbana		348,7	477,1	399,2	83,7%	78,0
8	Mejora eficiencia riegos y reutilización aguas depuradas		365,7	371,3	330,6	89,0%	40,7

Tabla 17. Demandas satisfechas y déficits totales en las simulaciones de gestión realizadas para el sistema Cornisa-Vega de Granada

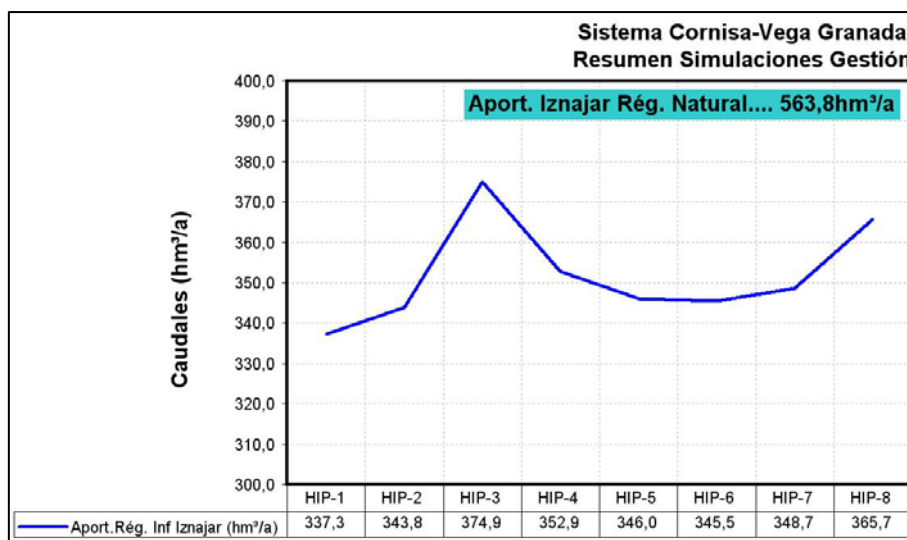


Figura 17. Aportación del Sistema Cornisa-Vega de Granada al embalse de Iznajar en las condiciones de régimen influenciado que suponen los escenarios de simulación considerados

La influencia que tiene el mantenimiento del régimen de caudales ecológicos críticos como prioridad máxima del sistema Cornisa-Vega de Granada sobre los indicadores de satisfacción de la demanda consuntiva se observa comparando los resultados de la hipótesis 1 (escenario actual o estado cero) y la hipótesis 2 (hipótesis 1 con las restricciones de los caudales ecológicos), como se muestra en la tabla 18.

Indicador de Garantía	Hipótesis de simulación Garantía mensual (Gm)		Consorcio La Vega-Sª Elvira	Consorcio SªNevada-Vega Sur	Mancom. del Temple	Municipios Sector Septent.	Regadíos Vega Granada	Regadíos Cornisa	Caudales ecológicos
Garantía mensual (Gm)	1	Estado cero	99,7%	99,4%	100,0%	100,0%	66,8%	60,4%	-
	2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	93,2%	81,8%	100,0%	100,0%	61,3%	50,0%	81,4%
Garantía volumétrica (Gv)	1	Estado cero	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	87,9%	74,7%	-
	2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	99,3%	98,6%	100,0%	100,0%	85,1%	61,8%	94,5%
Máximo Déficit Mensual (hm³)	1	Estado cero	0,09	0,16	0,00	0,00	56,09	10,63	-
	2	Régimen Caudales Ecológicos Críticos	0,17	0,43	0,00	0,00	55,58	12,12	5,18

Tabla 18. Influencia en la satisfacción de las demandas consuntivas del sistema de la imposición del régimen de caudales ecológicos críticos

El déficit máximo mensual fijado para estas demandas no consuntivas es de 7,99 hm³ (en la hipótesis-2 el déficit máximo mensual es de 5,18 hm³/a, tabla 14), una cuantía muy importante que no permite plantear la utilización de las reservas de los embalses subterráneos de cabecera para el mantenimiento de caudales ecológicos en periodos de intensa sequía en todos estos cauces, mediante la disposición de bombeos ecológicos de aguas subterráneas en los embalses subterráneos de cabecera de las cuencas del Alto Genil, esto es, mediante la implantación de **sondeos ecológicos de regulación en manantiales (sondeos tipo SER)**, captaciones que tendrían un objetivo medioambiental.

Los déficits ecológicos en los ríos Aguas Blancas y Genil, regulados mediante los embalses de Quéntar y Canales, presentan un carácter coyuntural asociado a los años más secos de la serie simulada, donde no es posible satisfacer la demanda ecológica fijada. En el resto de cauces, donde no existen embalses de regulación, los déficits ecológicos son casi permanentes, quizás en estos cauces podría plantearse y dada la menor cuantía de los déficits ecológicos, la implantación de **sondeos ecológicos de regulación en manantiales (sondeos tipo SER)**.

Según las simulaciones realizadas para el escenario de la hipótesis 2 (Régimen Caudales Ecológicos Críticos), se obtiene que, para conseguir una garantía ecológica mensual superior al 95%, es necesario disponer unas infraestructuras de regulación que permitan aportar al cauce del río Monachil un total de 0,50 hm³/mes, de 0,40 hm³/mes al río Dílar y de 0,60 hm³/mes al río Darro.

2. CONCLUSIONES

El análisis del Sistema Cornisa–Vega de Granada bajo la óptica de la gestión conjunta de los recursos hídricos convencionales y no convencionales ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

1. El Sistema Cornisa–Vega de Granada está **equilibrado en términos de balance si se consideran las cifras correspondientes al año tipo medio**, ya que las demandas máximas se cifran en 479,7 hm³/a (demandas consuntivas máximas de 414,60 hm³/a y no consuntivas –ecológicas– de 65,1 hm³/a) mientras que la aportación media anual del sistema en régimen natural es de 569,3 hm³.
2. La **estacionalidad en las aportaciones** que registra el sistema **de rango mensual** (el 70,9% de la aportación se registra en el periodo noviembre–abril) **e hiperanual** (en el periodo 1951–2002 un 37% de los años se registró una aportación inferior a la demanda consuntiva máxima –414,60 hm³/a–, siendo especialmente delicada la situación en el periodo 1991–1995 donde se registraron 4 años consecutivos con aportaciones por debajo de los 70 hm³), exige implementar esquemas de gestión conjunta que aseguren una regulación eficaz de sus aportaciones, para alcanzar índices de garantía aceptables en la satisfacción de las demandas consuntivas (urbanas y agrícolas) y no consuntivas (ecológicas).

La presencia de embalses subterráneos con importantes recursos renovables (179,8 hm³/a en régimen natural e ingentes reservas hidrogeológicas (2.914 hm³), permite plantear esquemas de uso conjunto enfocados a mejorar los índices de garantía en la satisfacción de demandas e incluso podrían constituir alternativas de menor coste económico y ambiental, aportando al planificador herramientas para avanzar en un uso sostenible de los recursos hídricos.

De hecho, el uso combinado de recursos superficiales y subterráneos es una práctica que se viene utilizando en el Sistema Cornisa-Vega de Granada para garantizar los suministros a las demandas urbanas, no obstante, se lleva a efecto sin atender a criterios objetivos de gestión conjunta, razón por la que se ha estimado conveniente llevar a cabo el presente estudio, incluyendo, además de criterios garantistas y criterios ambientales (régimen de caudales ecológicos).

3. La satisfacción de la demanda urbana está asegurada, considerando los datos utilizados en las simulaciones de gestión conjunta como demanda actual del sistema (62,82 hm³/a con la siguiente distribución: Consorcio La Vega-Sierra Elvira: 15,3 hm³/a; Consorcio Sierra Nevada-Vega Sur: 38,9 hm³/a; Mancomunidad del Temple 0,7 hm³/a; municipios de la zona septentrional de la Cornisa de Granada: 3,4 hm³/a; y municipios del Valle del Cacín: 4,51 hm³/a), mediante la utilización del embalse subterráneo Vega de Granada como apoyo a los sistemas superficiales.
4. La sustitución de los sondeos para abastecimiento que existen en la Vega de Granada, afectados por la contaminación de origen antrópico que sufre este embalse subterráneo, es factible si se procede a aportar recursos de fuentes alternativas como son recursos procedentes de Deifontes (infraestructuras El Chaparral -10,2 a 10,9 hm³/a-) y por el incremento de los bombeos en zonas de este embalse subterráneo no afectadas por la contaminación (Campo de Pozos Ronda Sur -4,5 a 4,6 hm³/a-). Esta última actuación podría ir acompañada de la recarga artificial de este embalse subterráneo con excedentes invernales de los ríos Genil y Monachil (8,7 a 8,8 hm³/a), al objeto de mejorar la respuesta hidrodinámica del acuífero ante los bombeos tan exigentes que será necesario imponer en situaciones de sequía; y por la captación de aguas subterráneas en los acuíferos de la Cornisa de Granada (1,00 hm³/mes).

5. El régimen de caudales ecológicos fijados para los cauces asociados a los parques naturales de Sierra Huétor y Sierra Nevada, simulados como una demanda no consuntiva, presenta unos indicadores de garantía muy desfavorables en el conjunto de simulaciones realizadas. La razón reside en lo exigente del régimen hidroecológico fijado, ya que suponen un 36,7% de la aportación que registran estos ríos para el año tipo medio y un el 95,5% del caudal correspondiente al año tipo seco, por lo que en los años más secos el propio sistema en régimen natural no consigue satisfacer las exigencias impuestas por el régimen de caudales ecológicos, a pesar que han sido considerados los denominados caudales ecológicos críticos. El déficit máximo mensual fijado para estas demandas no consuntivas es de 5,18 a 7,99 hm³/mes. Si se considera el escenario asociado a los caudales ecológicos mínimo que se derivan de aplicar el Plan de Directrices del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir a los cauces considerados (hipótesis 3), los índices de garantía mejoran sensiblemente y el máximo déficit mensual de estas demandas se fija en 4,50 hm³/mes.

6. La puesta en funcionamiento del embalse de Velillos como alternativa para redotar las zonas regables del sistema Cubillas-Colomera no aporta una mejora sustancial en la situación de estos regadíos, ya que en periodos de intensa sequía la aportación de este embalse es muy limitada en función de que la escorrentía que recibe no dispone de un caudal base significativo (carece, en su cuenca de aportación de drenajes relevantes procedentes de embalses subterráneos) y no presenta una regulación hiperanual. De hecho los indicadores de garantía de las zonas regables del sistema Cubillas-Colomera no registran una respuesta significativamente positiva de relevancia con la puesta en funcionamiento de este embalse (hipótesis 5).

7. Los regadíos de la Vega de Granada presentan unos indicadores de garantía bastante positivos, excepto las zonas regables de Alfacar-Beas (manantiales

triásicos) y Alto Genil, como consecuencia de la competencia con otras demandas declaradas como prioritarias (caudales ecológicos y demandas urbanas). Por otra parte, los déficits tan elevados que se registran en las demandas agrícolas de la Vega de Granada se asocian a periodos de intensa sequía, donde el sistema prima la satisfacción de las demandas urbanas en detrimento de las demandas agrícolas. Los indicadores de garantía de estas demandas mejoran sustancialmente cuando se simula la opción de ahorro de agua por aumento de la eficiencia en el riego (hipótesis 8).

Los déficits obtenidos en las zonas regables de Montefrío y Alhama de Granada (riegos de la Cornisa de Granada) se fundamentan en la escasa cuantía concedida a los bombeos de aguas subterráneas destinados a satisfacer dichas demandas en los modelos de gestión conjunta utilizados, así, se fijaron unos caudales mensuales de 2,5 y 1,5 hm³, respectivamente, cuando es más probable que las cifras de bombeos sean 5,5 y 3,5 hm³, respectivamente.

8. El incremento en la demanda urbana pronosticado en función del potencial desarrollo urbanístico de la zona metropolitana de Granada (aumento de la demanda urbana en 65,1 hm³/a respecto a la demanda actual) sumiría al sistema en una situación crítica, alcanzándose déficits máximos mensuales de 7,90 hm³ en el abastecimiento urbano.
9. Respecto al **régimen de caudales ecológicos fijados en los cauces asociados a los PN Sierra Huétor y Sierra Nevada** se obtienen unos índices de garantía mensual y volumétrica deficientes, para cualquiera de los escenarios de simulación considerados. Esta situación exige analizar dos alternativas:
 - Fijar en que medida una reducción temporal de los caudales circulantes por debajo del límite que constituyen los caudales ecológicos críticos pueden

afectar al sistema (análisis de la resiliencia del sistema, bajo la perspectiva de la capacidad del sistema hidroecológico para absorber la perturbación que supone un caudal inferior al caudal ecológico crítico – análisis de la capacidad del sistema para mantener su estructura y asegurar su continuidad, evolucionando e integrando las transformaciones que se le impongan–).

- Analizar la posibilidad de complementar los caudales ecológicos críticos, que es necesario mantener en los cauces en periodos de intensa sequía, con bombeos ecológicos de aguas subterráneas en los embalses subterráneos de cabecera de la cuenca del Genil (Padul–La Peza), mediante la implantación de **sondeos ecológicos de regulación en manantiales (sondeos tipo SER)**, construyendo un **sistema de regulación de los embalses subterráneos para uso ecológico**. Estas captaciones tendrían un objetivo medioambiental, no comprometiendo, los abastecimientos urbanos y las dotaciones para riegos dependientes de estos embalses subterráneos.

3. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados del estudio realizado para el Sistema Cornisa–Vega de Granada parece razonable plantear esquemas de uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas bajo las siguientes pautas generales:

- Mejora de los sistemas de vigilancia y control de los acuíferos del Sistema Cornisa–Vega de Granada.
- Las instalaciones de regulación de aguas subterráneas mediante sondeos en acuíferos deficitarios deben utilizarse ante situaciones de escasez y en los supuestos que no existan otras fuentes de recursos, estableciendo las medidas de control y gestión necesarias para asegurar su sostenibilidad e incluso disponer medidas correctoras para la recuperación de los embalses subterráneos más afectados.
- Sustituir los suministros a demandas urbanas procedentes de sondeos que presentan problemas calidad, debido a la contaminación del acuífero captado, por recursos de una calidad adecuada al consumo humano.
- Llevar a efecto estudios hidrogeológicos detallados de los acuíferos más significativos del sistema que incluyan el desarrollo de modelos matemáticos de parámetros distribuidos. En particular, es conveniente desarrollar un modelo matemático del acuífero Vega de Granada, mediante el que se revise el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidrogeológico y permita disponer de un modelo de simulación de flujo calibrado en régimen transitorio, mediante el que se puedan simular futuras actuaciones sobre este embalse subterráneo, que se muestra estratégico en el sistema de explotación de recursos hídricos Cornisa–Vega de Granada.
- Analizar con mayor detalle el efecto ecológico que tendría sobre los cauces analizados una reducción temporal en los caudales fijados para el régimen ambiental (caudales críticos) ante situaciones de intensa sequía.

- La puesta en funcionamiento de los sondeos tipo SER en Padúl-La Peza exige desarrollar un estudio hidrogeológico detallado de este embalse subterráneo y del coste del agua bombeada para considerarla como un sobrecoste del macro-sistema de abastecimiento dependiente del sistema Canales-Quéntar.