

4.9. DEMANDA Y CONSUMO DE AGUA PARA RIEGO

4.9.1. Introducción

El estudio de la demanda de agua para riego tiene por objeto identificar, comparar y analizar las diferencias obtenidas entre la demanda, el suministro y el consumo de agua para riego en cada unidad de superficie, al objeto de evaluar la viabilidad de las actuaciones programadas al horizonte 2008 con las demandas definidas en los Planes Hidrológicos de Cuenca que garanticen su suministro. El cálculo se realiza tanto para los regadíos existentes como para el resto de las zonas estudiadas. Los cálculos se han realizado con los datos meteorológicos medios para los periodos y estaciones disponibles en la base de datos original de los estudios agroclimáticos del MAPA. Como resultado se genera una base de datos que será el instrumento básico del propio análisis y del seguimiento y desarrollo de las actuaciones del PNR. Los principales aspectos que se analizan son:

Regadíos existentes.

- Cálculo de las demandas actuales y futuras necesarias para satisfacer las necesidades de los cultivos.
- Estado actual de los regadíos en relación con el suministro.
- Definición del suministro actual.
- Cálculo de los retornos de riego.
- Estimación de los consumos.
- Cálculo de los recursos adicionales necesarios en los regadíos infradotados.

- Determinación del ahorro de agua derivado de los programas de actuación.

Regadíos en ejecución y nuevas transformaciones en regadío.

- Estimación de demandas y consumo.
- Variación de la demanda entre la situación actual y la situación futura.

4.9.2. Metodología

Los cálculos del estudio de la demanda se establecen tomando como unidad territorial el área de riego, definida en los estudios de caracterización y tipificación de regadíos existentes como el ámbito territorial resultante de subdividir las unidades de gestión hidráulica, dentro del cual los regadíos presentan un grado de uniformidad y un origen del agua suficientemente homogéneo para su caracterización agrupada.

Para el cálculo de las necesidades teóricas de agua de los cultivos (demanda neta teórica) se han seleccionado y asignado a cada una de las áreas de regadío las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología necesarias para el cálculo de la evapotranspiración potencial por el método de Penman-Monteith. Calculada la evapotranspiración potencial, con la aplicación de los correspondientes coeficientes de cultivo y de acuerdo con la superficie ocupada por cada uno de ellos en la alternativa correspondiente al área, se obtienen las necesidades netas de agua del área.

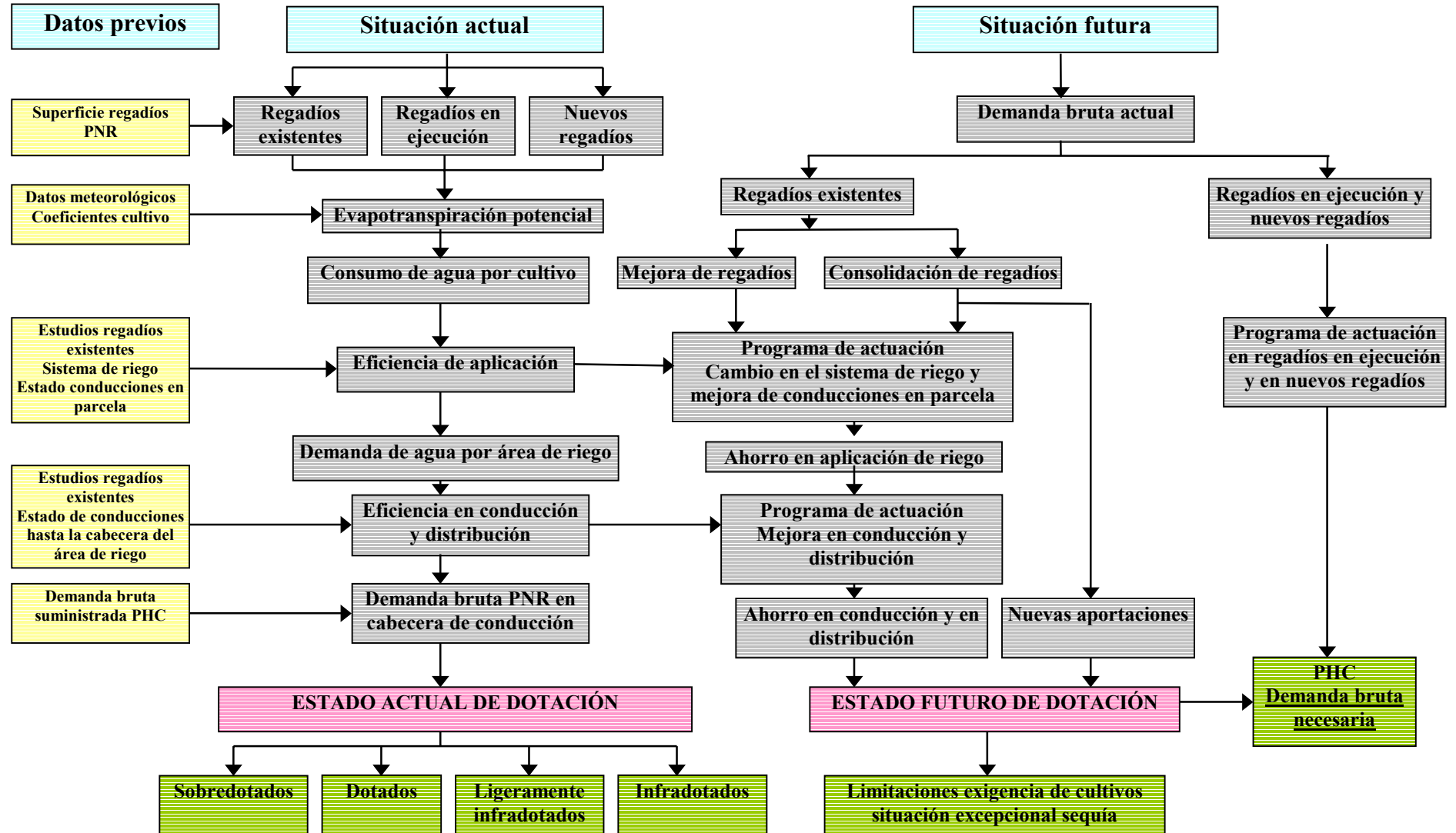
La demanda bruta teórica en la situación actual equivale al cociente entre las necesidades netas teóricas de agua en el área y el coeficiente de eficiencia global del riego. Este coeficiente de eficiencia global es producto del coeficiente de eficiencia de aplicación, que está en consonancia con el sistema de riego actualmente aplicado, y de los coeficientes de eficiencia de conducción y distribución, el cual está en relación directa con el estado de las infraestructuras hidráulicas, información proporcionada por los estudios de caracterización y tipificación de los regadíos existentes y contrastada con los datos de los PHC.

El proceso metodológico consta de las siguientes fases:

- Asignación de las estaciones meteorológicas a cada una de las áreas.
- Cálculo de la evapotranspiración potencial. La evapotranspiración potencial de referencia se ha determinado por el método de Penman-Monteith. Los coeficientes de cultivo se tomaron de distintos estudios realizados por las Universidades, el CEDEX y las Comunidades Autónomas.
- Alternativas de cultivo. Para el cálculo de la demanda actual se han considerado las alternativas de cultivo en cada una de las áreas de riego, obtenidas de los estudios de caracterización y tipificación de los regadíos existentes. Para el cálculo de la demanda futura, debido a que las posibilidades de modificación de las alternativas de cultivo para las mismas condiciones agroclimáticas son muy reducidas y a que la influencia de estos cambios en el consumo de agua es poco significativa, en los regadíos existentes se mantienen las mismas alternativas y en los nuevos regadíos se consideran los cultivos actualmente en regadío en las áreas donde estos regadíos están ubicados.
- Eficiencias actuales. La estimación de las eficiencias actuales se ha realizado en función de los sistemas de riego (eficiencia de aplicación) y del estado de las infraestructuras hidráulicas determinado por el PNR en base al material y al estado de conservación de estas infraestructuras.
- Eficiencias futuras. Las eficiencias futuras se estiman para una situación posterior a la ejecución del programa de actuación previsto para los regadíos existentes. El programa de actuación de los regadíos existentes tiene la doble dificultad de establecer un estado de conservación, del conjunto de los regadíos, variable en el tiempo, y fijar la superficie concreta a aplicar cada una de las actuaciones cuando la decisión pueda tener origen múltiple (el propio PNR, los agricultores y las Administraciones Públicas). Por todo ello se ha seguido el método siguiente:
 - La eficiencia de aplicación se relaciona y cuantifica con la conveniencia de cambios en los sistemas de riego estimada en los trabajos de caracterización.
 - Las eficiencias de distribución y conducción se establecen a partir del ahorro de agua determinado en el plan de actuaciones establecido en los estudios de caracterización.

- Demanda futura. Se obtiene para cada área mediante el cociente entre las necesidades de agua de los cultivos que integran las correspondientes alternativas y la eficiencia global (aplicación, distribución y conducción) estimada para la situación resultante de la aplicación de los programas del PNR.
- Retornos generados, que se estiman de acuerdo con la metodología utilizada por el MIMAM.
- Índice de dotación actual. Para el cálculo del índice de dotación de agua de la superficie de regadío existente en cada una de las áreas y en la situación actual, se compara la demanda bruta teórica para cada una de ellas con el suministro bruto. Para la clasificación de la superficie regada según el índice de dotación, se han establecido cuatro grandes grupos en relación con la demanda bruta teórica calculada y los suministros brutos.
 - Superficie sobredotada: cuando el suministro bruto supera en un 10% a la demanda bruta calculada por el PNR.
 - Superficie dotada: cuando el suministro bruto está incluido en el intervalo entre el 90% y el 110% de las demandas brutas calculadas.
 - Superficie ligeramente infradotada: cuando esta relación se encuentra entre el 75% y el 90%.
 - Superficies infradotadas: cuando el suministro bruto es inferior al 75% de la demanda bruta calculada por el PNR.
- Ahorro bruto de agua, que se puede obtener con el programa de consolidación y mejora de regadíos. Se compone de la suma de las disminuciones de pérdidas de agua en la distribución y aplicación de la misma en los regadíos dotados o sobredotados, lo que provoca una disminución de las necesidades de agua en cabecera de área, y las disminuciones de pérdidas de agua en la distribución y aplicación de la misma en los regadíos infradotados, lo que provoca una disminución de los recursos adicionales necesarios.
- Recursos adicionales. Los recursos adicionales expresados en los trabajos de caracterización y tipificación de regadíos del PNR y contemplados en los programas de actuación serán objeto de tratamiento desde el punto de vista del suministro sin indicar su procedencia, por corresponder ésta a la Planificación Hidrológica.

4.9.2.1. Esquema metodológico



4.9.3. Demanda en la situación actual

4.9.3.1. Demanda bruta en cabecera de área

La demanda bruta de los cultivos equivale al cociente entre las necesidades netas de los cultivos y el coeficiente de eficiencia en riego. Este último está en consonancia con el sistema de riego actualmente aplicado.

Para el cálculo de la demanda bruta en cabecera de conducción o cabecera de área de riego, debemos dividir la demanda bruta de la alternativa por el coeficiente de eficiencia de las redes de distribución en la situación actual, el cual está en relación directa con el estado de las infraestructuras hidráulicas, información proporcionada por los estudios de caracterización y tipificación de los regadíos existentes y contrastada con los de los PHC.

4.9.3.2. Demanda bruta por área, sistema de explotación y cuenca hidrográfica

Una vez calculada la demanda bruta en cabecera de área (811 áreas en todo el territorio nacional), ésta se integra en los sistemas de explotación, y éstos en las cuencas hidrográficas a las que correspondan. A continuación se detallan las dotaciones brutas medias en cabecera de área para cada cuenca hidrográfica.

**DEMANDA NETA Y BRUTA TEÓRICA DE AGUA (hm³) EN LA SITUACIÓN ACTUAL
POR COMUNIDAD AUTÓNOMA**

Comunidad Autónoma	Demanda neta teórica (m³/ha)	Demanda bruta teórica (m³/ha)	Superficie regada (ha)	Demanda bruta teórica (hm³)
Andalucía	4.151	7.128	779.880	5.559
Aragón	4.580	8.741	394.522	3.448
Asturias	1.749	3.668	4.342	16
Baleares	3.534	4.804	17.376	83
Canarias	6.261	8.030	29.379	236
Cantabria	3.305	5.574	2.603	15
Castilla-La Mancha	3.587	5.908	353.801	2.090
Castilla y León	4.083	7.302	486.676	3.554
Cataluña	3.537	6.201	264.793	1.642
Extremadura	5.118	9.602	210.488	2.021
Galicia	2.078	4.096	85.490	350
Madrid	4.806	9.333	27.973	261
Murcia	3.843	5.749	192.698	1.108
Navarra	3.804	7.353	81.673	601
País Vasco	2.873	3.940	13.126	52
Rioja	2.978	5.818	49.335	287
Valenciana	3.514	6.361	350.482	2.229
Total	4.116	7.042	3.344.637	23.552

**DEMANDA NETA Y BRUTA TEÓRICA DE AGUA (hm³) EN LA SITUACIÓN ACTUAL
POR CUENCA HIDROGRÁFICA**

Cuenca	Demanda neta teórica (m³/ha)	Demanda bruta teórica (m³/ha)	Superficie regada (ha)	Demanda bruta teórica (hm³)
Galicia Costa	1.670	2.946	26.371	78
Norte	2.401	4.618	74.032	342
Duero	4.135	7.354	447.576	3.292
Tajo	4.905	9.131	201.336	1.838
Guadiana	4.046	6.512	335.590	2.185
Guadalquivir	4.392	7.160	602.966	4.317
Sur	4.623	7.397	142.457	1.054
Segura	3.855	5.876	276.316	1.624
Júcar	3.743	6.373	384.802	2.452
Ebro	4.192	7.793	738.662	5.756
Cataluña CI	2.835	4.352	67.774	295
Baleares	3.599	4.804	17.376	83
Canarias	6.261	8.030	29.379	236
Total	4.116	7.042	3.344.637	23.552

4.9.4. Demanda futura

Las demandas futuras de agua para regadíos han sido fijadas de forma general en los PHC recientemente aprobados. Considerando tales previsiones, y con el objeto específico de evaluar los resultados de las medidas previstas en este Plan Nacional de Regadíos con horizonte temporal y objetivos diferentes, se ha procedido a evaluar la demanda futura de agua en los regadíos existentes teniendo en cuenta las actuaciones previstas por este Plan y que deben estar garantizadas por los Planes Hidrológicos de Cuenca.

Tal cálculo se incluye en el epígrafe 10.1.2, corrigiendo la demanda total actual de acuerdo con los programas de actuación de consolidación y mejora de regadíos, lo que provocará, por una parte una disminución de la demanda (ahorro por mejora de la eficiencia de riego en los sistemas de aplicación y en las infraestructuras hidráulicas dentro del área) y por otra un aumento de la demanda debido a los recursos adicionales necesarios para la rehabilitación y consolidación de los regadíos infradotados. Los cálculos de ahorro de agua y recursos adicionales derivados de estas actuaciones se incluyen en el epígrafe 10.1.

Una vez definido el programa de actuaciones para los regadíos existentes, y la superficie de regadíos a consolidar y mejorar en el epígrafe 9.1, se calcula la demanda futura de estos regadíos (epígrafe 10.1) donde corregimos la demanda total actual de acuerdo con las actuaciones de consolidación y mejora de los regadíos definidas.

Asimismo, una vez establecidas las nuevas superficies a transformar en regadío (regadíos en ejecución y nuevas transformaciones), epígrafes 9.2 y 9.3, se calcula la demanda futura asignada por estos programas en el epígrafe 10.1.

4.9.5. Consumo actual de agua de riego

El consumo actual de agua en un área de regadío se compone del agua suministrada en cabecera de área (suministro bruto) menos los retornos de agua originados por el riego. Se define como área de regadío el ámbito territorial resultante de subdividir las unidades de gestión hidráulicas de las cuencas hidrográficas dentro del cual los regadíos presentan un grado de uniformidad y un origen del agua suficientemente homogéneo para su caracterización agrupada. El PNR subdivide el territorio nacional en un total de 811 áreas de regadío.

El agua suministrada en cabecera de área se ha estimado a partir de los datos recogidos en las encuestas de campo, realizadas a las comunidades de regantes y regantes individuales y del análisis de las demandas agrarias incluidas en los Planes Hidrológicos de Cuenca, ya que su conocimiento exacto exigiría disponer de elementos de control y medida, que en la actualidad no existen en los puntos de suministro.

Dividiendo el agua suministrada en cabecera de área entre la superficie regada obtenemos el suministro actual por unidad de superficie (ha). Los retornos de agua de riego que se producen en cada una de las áreas se han estimado de acuerdo con la norma recogida en la Orden Ministerial de 27 de septiembre de 1992 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Agregando los datos anteriores obtenemos los datos medios de demanda de agua por Comunidad Autónoma y el total nacional, y restando los retornos obtenemos el consumo anual de agua para riego.

El consumo actual total de agua de riego asciende a 20.432 hm³, que por Comunidad Autónoma y Cuenca Hidrográfica es el siguiente:

**SUMINISTRO BRUTO Y CONSUMO DE AGUA (hm³)
EN REGADÍOS EXISTENTES POR COMUNIDAD AUTÓNOMA**

Comunidad Autónoma	Suministro bruto (m ³ /ha)	Superficie regada (ha)	Suministro bruto (hm ³)	Retornos de agua de riego (hm ³)	Consumo de agua (hm ³)
Andalucía	6.443	779.880	5.025	600	4.425
Aragón	8.174	394.522	3.225	555	2.670
Asturias	5.758	4.342	25	1	24
Baleares	7.827	17.376	136	25	111
Canarias	7.148	29.379	210	27	183
Cantabria	5.763	2.603	15	2	13
Castilla-La Mancha	6.408	353.801	2.267	171	2.096
Castilla y León	6.888	486.676	3.352	355	2.997
Cataluña	8.380	264.793	2.219	347	1.872
Extremadura	8.052	210.488	1.695	275	1.420
Galicia	7.241	85.490	619	81	538
Madrid	9.580	27.973	268	40	228
Murcia	6.388	192.698	1.231	127	1.104
Navarra	6.293	81.673	514	59	455
País Vasco	3.047	13.126	40	0	40
Rioja	6.932	49.335	342	41	301
Valenciana	6.035	350.482	2.115	160	1.955
Total	6.965	3.344.637	23.298	2.866	20.432

**SUMINISTRO BRUTO Y CONSUMO DE AGUA (hm³)
EN REGADÍOS EXISTENTES POR CUENCA HIDROGRÁFICA**

Cuenca	Suministro bruto (m ³ /ha)	Superficie regada (ha)	Suministro bruto (hm ³)	Retornos de agua de riego (hm ³)	Consumo de agua (hm ³)
Galicia Costa	8.337	26.371	220	44	176
Norte	7.734	74.032	573	63	510
Duero	6.801	447.576	3.044	322	2.722
Tajo	8.262	201.336	1.663	230	1.433
Guadiana	6.657	335.590	2.234	236	1.998
Guadalquivir	6.635	602.966	4.000	505	3.495
Sur	5.620	142.457	801	75	725
Segura	6.240	276.316	1.724	157	1.567
Júcar	6.122	384.802	2.356	184	2.172
Ebro	8.033	738.662	5.934	962	4.971
Cataluña CI	5.962	67.774	404	36	368
Baleares	7.804	17.376	136	25	111
Canarias	7.147	29.379	210	27	183
Total	6.965	3.344.637	23.298	2.866	20.432

4.9.6. Índice de dotación

Para el cálculo del índice de dotación de la superficie en riego existente, se comparó la demanda bruta requerida por los cultivos con dos referencias de suministro:

- La proporcionada por los trabajos de caracterización del PNR.
- La asignada, corregida en ciertos puntos por las garantías de suministro.

La determinación de la demanda bruta teórica se ha realizado considerando los coeficientes de eficiencia actuales de aplicación del agua en parcela y de distribución en las conducciones.

Para la clasificación de la superficie regada según el índice de dotación se han establecido cuatro grandes grupos en relación con la demanda bruta teórica calculada por el PNR y el suministro expresado:

- Superficie sobredotada: cuando el suministro bruto supera en un 10% a la demanda bruta en cabecera calculada por el PNR.
- Superficie dotada: cuando el suministro bruto está incluida en el intervalo entre el 90% y el 110% de las demandas brutas en cabecera.
- Superficie ligeramente infradotada: cuando esta relación se encuentra entre el 75% y el 90%.
- Superficies infradotadas: cuando el suministro bruto es inferior al 75%.

Integradas por Comunidad Autónoma las superficies por áreas calculadas según índice de dotación, se obtiene la superficie total nacional clasificada según el grado de dotación.

**SUPERFICIE REGADA (ha) SEGÚN ÍNDICE DE DOTACIÓN
POR CUENCA HIDROGRÁFICA**

Cuenca Hidrográfica	Sobredotada	Dotada	Ligeramente infradotada	Infradotada	Total Superficie Regada
Galicia costa	26.371	0	0	0	26.371
Norte	49.943	15.474	8.615	0	74.032
Duero	131.017	91.599	82.582	142.379	447.577
Tajo	26.137	22.691	73.128	79.380	201.336
Guadiana	163.533	27.935	113.698	30.424	335.590
Guadalquivir	95.431	42.051	114.520	350.963	602.965
Sur	21.643	12.174	18.814	89.827	142.458
Segura	22.823	149.353	29.284	74.856	276.316
Júcar	41.176	128.843	105.991	108.790	384.800
Ebro	247.060	123.118	126.828	241.657	738.663
Cataluña CI	34.196	21.861	11.717	0	67.774
Baleares	15.097	2.279	0	0	17.376
Canarias	3.947	5.242	9.146	11.044	29.379
Total	878.374	642.620	694.323	1.129.320	3.344.637

NOTA.- Al calcular como índice de dotación el porcentaje de demanda bruta suministrada en relación con la demanda bruta exigida por los cultivos, se da la circunstancia de que superficies abastecidas de acuíferos sobreexplotados pueden estar perfectamente dotadas actualmente, lo cual puede agudizar el proceso de sobreexplotación.

**SUPERFICIE REGADA (ha) SEGÚN EL ÍNDICE DE DOTACIÓN
POR COMUNIDAD AUTÓNOMA**

Comunidad Autónoma	Sobredotada	Dotada	Ligeramente infradotada	Infradotada	Total superficie regada
Andalucía	130.355	68.904	137.846	442.775	779.880
Aragón	82.942	84.379	81.217	145.985	394.522
Asturias	3.097	14	1.232	0	4.342
Baleares	15.097	2.279	0	0	17.376
Canarias	3.947	5.242	9.146	11.045	29.379
Cantabria	1.349	50	0	1.204	2.603
Castilla-La Mancha	160.650	22.852	106.154	64.145	353.801
Castilla y León	140.341	95.096	88.152	163.088	486.676
Cataluña	167.709	38.712	15.502	42.870	264.793
Extremadura	5.656	19.732	143.178	41.921	210.488
Galicia	66.164	11.942	7.383	0	85.490
Madrid	10.049	147	4.211	13.566	27.973
Murcia	22.823	87.877	24.680	57.318	192.698
Navarra	8.315	12.771	24.344	36.242	81.673
País Vasco	1.720	2.665	0	8.741	13.126
Rioja	23.262	9.934	14.191	1.948	49.335
Valenciana	34.897	180.023	37.088	98.473	350.482
Total	878.374	642.620	694.323	1.129.320	3.344.637

NOTA.- Al calcular como índice de dotación el porcentaje de demanda bruta suministrada en relación con la demanda bruta exigida por los cultivos, se da la circunstancia de que superficies abastecidas de acuíferos sobreexplotados pueden estar perfectamente dotadas actualmente, lo cual puede agudizar el proceso de sobreexplotación.

4.9.7. Exceso de agua suministrada y recursos adicionales necesarios

En el apartado anterior se han obtenido los índices de dotación de agua de las distintas áreas de regadío comparando la demanda bruta teórica para cada una de ellas, de acuerdo con los coeficientes de eficiencias en la situación actual, con el suministro bruto.

Esta clasificación se origina por el hecho de la existencia de áreas de regadío que reciben un suministro superior a las demandas brutas necesarias en la actualidad, lo que provoca un exceso de agua suministrada, o una sobredotación, y otras reciben volúmenes de agua inferiores a los actualmente necesarios, lo que significa una situación de infradotación y por tanto una necesidad de aporte de recursos adicionales. Entre los recursos adicionales se incluyen los recursos necesarios para corregir la sobreexplotación de los acuíferos.

En la situación actual se han calculado los recursos adicionales necesarios para la consolidación de la totalidad de la superficie de regadíos infradotados. Estos recursos adicionales, incluyendo los recursos necesarios para corregir la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos ascienden a 4.287 hm³/año.

El exceso de agua suministrada en los regadíos sobredotados asciende a 3.366 hm³/año. Parte de este exceso de agua se pierde por evaporación y el resto vuelve al ciclo natural del agua pudiendo ser reutilizado para:

- Regadíos existentes.
- Nuevos regadíos.
- Recarga de acuíferos.
- Otros usos.

Este exceso de agua de 3.366 hm³/año supone en la actualidad un incremento de los retornos calculados del agua de riego de 887 hm³.

Estos datos (recursos adicionales, excesos de agua, retornos) están referidos a los volúmenes de agua que reciben las áreas de riego (superficies de regadío de demarcación igual o superior a una zona regable) y por tanto no son sumables a efectos de balances hídricos por cuenca hidrográfica.

Por esta razón no se ofrecen datos agregados por cuencas hidrográficas, pues tal agregación carecería de sentido físico, induciendo a confusión. Para la determinación de los recursos adicionales requeridos por cuencas es necesario construir modelos de los sistemas hidráulicos, que no se limiten a la mera suma aritmética de las zonas, y que reproduzcan con detalle los flujos, demandas, suministros, retornos y almacenamientos del sistema. De este modo pueden evaluarse a la escala de la cuenca los efectos globales de determinadas actuaciones sobre demandas concretas. Esta labor se ha desarrollado en el marco de los Planes de Cuenca y el Plan Hidrológico Nacional, y queda fuera de los objetivos de este Plan Nacional de Regadíos.

**RECURSOS ADICIONALES NECESARIOS PARA SATISFACER LAS DEMANDAS
EN LAS ÁREAS DE RIEGO INFRADOTADAS (hm3)**

Comunidad Autónoma	Recursos adicionales necesarios
Andalucía	1.458
Aragón	515
Asturias	2
Baleares	14
Canarias	77
Cantabria	4
Castilla-La Mancha	394
Castilla y León	572
Cataluña	82
Extremadura	360
Galicia	6
Madrid	41
Murcia	226
Navarra	126
País Vasco	16
Rioja	24
Valenciana	370
Total	4.287

Nota.- La cifra de recursos adicionales para los regadíos insuficientemente dotados en la situación actual incluye los recursos necesarios para corregir la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos.

4.9.8. Consumo futuro de agua de riego

El cálculo del consumo futuro de agua en los regadíos se incluye en el epígrafe “El PNR y los planes hidrológicos de cuenca”.