

# Trabajo Fin de Máster

## *DESARROLLO DE UN MODELO DE ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL RÍO EUME PARA LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA*

**Intensificación: *RECURSOS HÍDRICOS***

**Autor:**

**ÁNGEL FERNÁNDEZ RAMOS**

**Director:**

**DR. ABEL SOLERA SOLERA**

**<SEPTIEMBRE, 2015>**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería  
hidráulica y medio ambiente  
**mihma**

## ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES DE LA PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS .....	9
2.	LA PLANIFICACIÓN EN LA DEMARCACIÓN DE GALICIA COSTA .....	13
3.	MARCO DEL TRABAJO DE FIN DE MASTER.....	15
4.	OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA. ....	17
5.	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.....	20
5.1.	HIDROLOGÍA .....	22
5.1.1.	Masas de Agua Superficial .....	22
5.1.2.	Masas de Agua Subterránea .....	24
5.1.3.	Principales Estadísticos Hidrológicos .....	29
5.2.	EMBALSES .....	32
5.2.1.	Embalse del Eume .....	32
5.2.2.	Embalse de la Ribiera .....	34
5.3.	UNIDADES DE DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA .....	35
5.3.1.	Demanda Urbana .....	35
5.3.2.	Demanda Agraria.....	39
5.3.3.	Demanda Ganadera .....	39
5.3.4.	Demanda industrial para producción de energía eléctrica.....	41
5.3.5.	Otros usos industriales.....	43
5.3.6.	Demanda ambiental.....	46
5.4.	TRASVASES.....	48
6.	CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE DISEÑO .....	49
6.1.	REGLAS DE ASIGNACIÓN EL AGUA .....	51
6.2.	DEMANDAS.....	51

6.2.1.	Demanda Urbana .....	51
6.2.2.	Demanda Ganadera .....	57
6.2.3.	Demanda Industrial .....	58
6.3.	APORTACIONES.....	60
6.4.	RETORNOS .....	62
6.5.	TRASVASES.....	62
6.6.	CAUDALES ECOLOGICOS.....	62
6.7.	REGLAS DE OPERACIÓN .....	63
6.8.	ACUIFEROS.....	63
6.9.	EMBALSES .....	64
7.	CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	67
7.1.	DATOS DISPONIBLES PARA LA CALIBRACIÓN .....	67
7.2.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	69
7.2.1.	Relaciones Río-Acuífero .....	69
7.2.2.	Perdidas por evaporación en los Embalses.....	74
7.2.3.	Volumen objetivo de los Embalses. ....	79
7.2.4.	Pérdidas por infiltración en los Embalses .....	80
7.3.	COMPARACIÓN CON DATOS OBSERVADOS DE AFOROS .....	85
7.4.	VALIDACIÓN CON VOLÚMENES DE EMBALSE .....	88
8.	ANÁLISIS DE ESCENARIOS (2021-2033) .....	95
8.1.	DEMANDA URBANA.....	95
8.2.	DEMANDA GANADERA .....	98
8.3.	DEMANDA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	101
8.4.	OTRAS DEMANDAS INDUSTRIALES.....	103
8.5.	APORTACIONES (AFECCIÓN DEL CAMBIO CLÍMATICO).....	103

8.5.1.	Antecedentes .....	103
8.5.2.	Escenarios a considerar .....	106
9.	RESULTADOS .....	107
9.1.	ESCENARIO ACTUAL.....	107
9.2.	ESCENARIO 2021.....	111
9.3.	ESCENARIO 2033.....	116
10.	RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	121

## TABLAS

Tabla 1:	Masas de agua superficial tipo Río .....	23
Tabla 2:	Masas de agua subterránea.....	25
Tabla 3:	Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm <sup>3</sup> /año) y precipitación (mm/año). Serie 1980/81-2011/12.....	29
Tabla 4:	Promedios mensuales. Serie 1980/81-2011/12. ....	29
Tabla 5:	Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm <sup>3</sup> /año) y precipitación (mm/año) en el SE 13. Serie 1940/41-2011/12 .....	30
Tabla 6:	Promedios mensuales. Serie 1940/41-2011/12 .....	30
Tabla 7:	Estadísticos básicos de las series mensuales de aportación (hm <sup>3</sup> /año). SIMPA MODIFICADO (1980/81 – 2011/12). ....	31
Tabla 8:	Estadísticos básicos de las series mensuales de aportación (hm <sup>3</sup> /año). SIMPA MODIFICADO (1940/41 – 2011/12). ....	31
Tabla 9:	Embalses en el S.E. Río Eume e Ría de Ares.....	32
Tabla 10:	Volúmenes máximos registrados Embalse Eume, serie 1989-2015. ....	33
Tabla 11:	Evaporación mm/mes, Embalse Eume.....	33
Tabla 12:	Volúmenes máximos registrados Embalse Ribiera, serie 1989-2015. ....	35
Tabla 13:	Evaporación mm/mes, Embalse Ribiera. ....	35
Tabla 14:	Términos municipales que comprenden el S.E. Río Eume e Ría de Ares.....	36
Tabla 15:	Número de cabezas de ganado y demanda de agua asociada (año 2013).....	40
Tabla 16:	Centrales hidroeléctricas en el Sistema de Explotación .....	41
Tabla 17:	Volúmenes de agua extraídos por las centrales hidroeléctricas .....	42
Tabla 18:	Unidades de demanda industrial. ....	43
Tabla 19:	Caudales Ecológicos Hm <sup>3</sup> /mes .....	47
Tabla 20:	Dotación urbana (l/persona/día) según la población del municipio .....	52
Tabla 21:	Población existente en el Sistema de Explotación. 2013.....	53

Tabla 22:	Demandas de agua por municipio. 2013 .....	54
Tabla 23:	Población con servicio y sin servicio municipal de abastecimiento.....	56
Tabla 24:	Dotaciones por tipo de cabeza de ganado.....	57
Tabla 25:	Dotaciones por tipo de tipo de Industria .....	58
Tabla 26:	Resultados Demandas Industriales en el S.E.....	59
Tabla 27:	Tasas de evaporación de los embalses (mm/mes) .....	65
Tabla 28:	Volúmenes máximos de los embalses (mm/mes) .....	65
Tabla 29:	Relación cota/superficie/volumen embalse Eume .....	66
Tabla 30:	Relación cota/superficie/volumen embalse Ribiera .....	66
Tabla 31:	Aforos existentes en el S.E .....	68
Tabla 32:	Tasas de evaporación de los escenarios de análisis en el E. Ribiera.....	74
Tabla 33:	Tasas de evaporación de los escenarios de análisis en el E. Eume.....	75
Tabla 34:	Correlación lineal datos E.A 455 y simulaciones parámetro b (Ribiera).....	86
Tabla 35:	Correlación lineal datos E.A 458 y simulaciones parámetro b (Eume).....	88
Tabla 36:	Correlación lineal Volumen Embalse Ribiera y simulaciones parámetro b .....	89
Tabla 37:	Correlación lineal Volumen Embalse Eume y simulaciones parámetro b .....	91
Tabla 38:	Correlación lineal Volumen Embalse Eume y simulaciones parámetro b (ambos embalses)	92
Tabla 39:	Correlación lineal Volumen Embalse Ribiera y simulaciones parámetro b (ambos embalses) .....	93
Tabla 40:	Proyecciones de población. Fuente INE.....	95
Tabla 41:	Tasas de crecimiento poblacional .....	96
Tabla 42:	Proyecciones de población permanente 2021 y 2033.....	96
Tabla 43:	Tasas de crecimiento poblacional .....	97
Tabla 44:	Proyecciones de población secundaria y turismo 2021 y 2033.....	97
Tabla 45:	Proyecciones demanda urbana 2021 y 2033 .....	98



Tabla 46:	Evolución del número de cabezas de ganado de cada tipo. 2006-2033.....	99
Tabla 47:	Proyecciones demanda ganadería 2021 y 2033 .....	100
Tabla 48:	Proyecciones demanda de agua ganadera 2021 y 2033.....	101
Tabla 52:	Cumplimiento de garantías demanda Urbana escenario actual. ....	108
Tabla 53:	Cumplimiento de garantías demanda Ganadera escenario actual.....	109
Tabla 54:	Cumplimiento de garantías demanda Industrial escenario actual. ....	110
Tabla 55:	Cumplimiento de caudales ecológicos. Escenario Actual .....	111
Tabla 56:	Cumplimiento de garantías demanda Urbana escenario 2021. ....	113
Tabla 57:	Cumplimiento de garantías demanda Ganadera escenario 2021. ....	114
Tabla 58:	Cumplimiento de garantías demanda Industrial escenario 2021.....	115
Tabla 59:	Cumplimiento de caudales ecológicos. Escenario 2021 .....	116
Tabla 60:	Cumplimiento de garantías demanda Urbana escenario 2033. ....	117
Tabla 61:	Cumplimiento de garantías demanda Ganadera escenario 2033. ....	118
Tabla 62:	Cumplimiento de garantías demanda Industrial escenario 2033.....	119
Tabla 63:	Cumplimiento de caudales ecológicos. Escenario 2033 .....	120

## FIGURAS

Fig. 1.	Encuadre geográfico del S.E. Río Eume e Ría de Ares .....	21
Fig. 2.	Ubicación de las centrales Hidroeléctricas.....	42
Fig. 3.	Ubicación de las Unidades de Demanda Industrial.....	44
Fig. 4.	UDIs As Pontes de García Rodríguez .....	45
Fig. 5.	UDI Pontedeume .....	46
Fig. 6.	Diseño del Sistema en Aquatool.....	50
Fig. 7.	Estaciones de aforo .....	68
Fig. 8.	Simulación tramo C3-100 variación $\alpha$ (MAS Coruña).....	70
Fig. 9.	Detalle años 1940-1943 cambio parámetro $\alpha$ (MAS Coruña).....	71
Fig. 10.	Cambio $\alpha$ y volumen inicial (MAS Coruña) 1940-1943 .....	72
Fig. 11.	Cambio $\alpha$ y volumen inicial (MAS Eume) 1940-1942 .....	73
Fig. 12.	Volúmenes Embalsados Ribeira (análisis parámetro $\alpha$ ) .....	73
Fig. 13.	Afección Evaporación- Vol Almacenado E. Ribiera.....	76
Fig. 14.	Afección Evaporación- Vol Almacenado E. Ribiera (1989/1991).....	77
Fig. 15.	Afección Evaporación- Caudal tramo aforo 455 (2009/2011).....	78
Fig. 16.	Afección Evaporación- Vol Almacenado E.Eume.....	78
Fig. 17.	Afección Evaporación- Caudal tramo aforo 458 (2009/2011).....	79
Fig. 18.	Efecto parámetro b del E. Ribiera en el Vol. Embalsado .....	81
Fig. 19.	Afección infiltración E.Ribiera- Caudal tramo aforo 455 (2009/2011) .....	82
Fig. 20.	Análisis efecto infiltración E. Ribiera en el E. Eume.....	82
Fig. 21.	Efecto parámetro b del E. Eume en el Vol. Embalsado .....	83
Fig. 22.	Afección infiltración E.Eume- Caudal tramo aforo 458 (2009/2011) .....	84



Fig. 23.	Afección infiltración E.Eume- Caudal tramo aforo 458 (2009/2011) .....	84
Fig. 24.	Comparación parámetro b en E. Ribiera con aforo 455 .....	86
Fig. 25.	Comparación parámetro b en E. Eume con aforo 458 .....	87
Fig. 26.	Comparación efecto parámetro b en E. Ribiera con volúmenes observados .....	89
Fig. 27.	Comparación efecto parámetro b en E. Eume con volúmenes observados .....	90
Fig. 28.	Comparación volúmenes Eume parámetro b en ambos embalses.....	92
Fig. 29.	Comparación volúmenes Ribiera parámetro b en ambos embalses.....	93
Fig. 30.	Evolución de la precipitación anual media (mm) según el escenario de emisión SRES (IPCC) para España.....	104

## 1. ANTECEDENTES DE LA PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La planificación hidrológica, tal y como la entendemos actualmente, es un requerimiento legal que se establece con los objetivos de conseguir el buen estado y adecuada protección de las masas de agua, la satisfacción de las demandas de agua, el uso racional de los recursos hídricos, el desarrollo regional de forma sostenible y el fomento de la participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones.

Debido a las particularidades y la irregularidad de la distribución de los recursos hídricos en España, la elaboración de planes para resolver los problemas hídricos ha sido una constante en este país a lo largo de muchos años, siendo también fruto de controversia política y social.

Si bien, los inicios de la planificación en materia hidrológica en España se remontan a finales del siglo XIX, como los planes de defensa del Júcar o Segura, el enfoque de la planificación hidrológica ha dado un cambio muy importante. Algunos ejemplos de los comienzos fueron el Plan Gasset o de Plan de 1902, el Plan Nacional de Obras Hidráulicas para regadío de 1933, el Plan General de Obras Públicas de 1939-41, etc. Todos estos ejemplos de los inicios de la política hidráulica, estuvieron muy ligados a la política agraria, dada la importancia que el sector agrícola ha tenido en la economía española. Es por ello que, en estos primeros inicios de la planificación, se seguía un modelo tradicional de satisfacción de demandas mediante el aumento de la disponibilidad de los recursos hídricos.

La aprobación de la Ley de Aguas en 1985, marcó el comienzo de un nuevo proceso de planificación hidrológica en España de carácter normativo. Esta ley marcaba la obligación de la elaboración, seguimiento y revisión del plan hidrológico de cuenca, sobre las Confederaciones Hidrográficas, para el caso de cuencas intercomunitarias, y sobre los

Organismos de Cuenca de las Comunidades Autónomas, en el caso de cuencas intracomunitarias.

La redacción de los planes hidrológicos de cuenca, previstos en la Ley de Aguas de 1985, se concluyó a finales de 1997. Estos planes fueron elaborados por los Organismos de Cuenca y elevados por el Ministerio de Medio Ambiente (actual Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) al Gobierno para su aprobación mediante Real Decreto, dando lugar a los primeros planes hidrológicos de cuenca en España.

El 23 de octubre del año 2000 se aprueba la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de agua (Directiva Marco del Agua). Esta directiva, supuso un cambio sustancial de la legislación europea en materia de aguas, lo que implicó un cambio en todos los Estados miembros en la forma de gestionar los recursos hídricos.

Los principales objetivos que establece la Directiva Marco del Agua son prevenir el deterioro y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos; y promover el uso sostenible del agua. Esta directiva establece una serie de tareas con un estricto calendario para su cumplimiento, que repercute en todos los aspectos de la gestión de las aguas.

Este cambio en la forma de entender la planificación hidrológica supuso un acercamiento a los criterios de sostenibilidad en el uso del agua mediante: la gestión integrada y protección a largo plazo de los recursos hídricos; la prevención del deterioro del estado de las aguas; la protección y mejora del medio acuático y de sus ecosistemas; y la reducción de la contaminación.

Este nuevo enfoque de la planificación de los recursos hídricos implica que los objetivos de protección ambiental han de alcanzarse incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales, considerando siempre la participación de

la ciudadanía en los procesos de toma de decisiones en el marco de la planificación hidrológica.

La Directiva Marco del Agua concedió un plazo hasta finales del 2003, para que los Estados miembros la transpusieran debidamente en su ordenamiento jurídico. Para cumplir con estos requerimientos, la legislación española modificó y adaptó su legislación nacional a los nuevos objetivos de la planificación hidrológica. A tal efecto, el artículo 129 de la Ley 62/2003 de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y de orden social, produjo la modificación y adición de diversos preceptos al Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA) aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. El TRLA ha sufrido modificaciones posteriores, la última mediante el Real Decreto-ley 17/2012.

El Texto Refundido de la Ley de Aguas, incorporó al ordenamiento jurídico español, a través del artículo 40 (objetivos y criterios de la planificación hidrológica) y del artículo 92 (objetivos de protección), el objetivo general establecido por la Directiva Marco del Agua, de prevenir el deterioro del estado ecológico y la contaminación de las aguas para conseguir un buen estado, refiriéndose al dominio público hidráulico y a las aguas “objeto de esta ley”.

Tras el TRLA, se aprobó por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio y modificado por el Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre, Reglamento de Planificación Hidrológica (RPH) en el cual se definen las estrategias para la consecución de los objetivos de la planificación, desarrollándose reglamentariamente el contenido de los planes y el proceso de elaboración. Este reglamento abrió la necesidad de adaptar algunas de las recomendaciones y ampliar el detalle de las instrucciones que se daban, por lo que en 2008 se aprobó la Instrucción de Planificación Hidrológica, IPH (Orden ARM/2656/2008 del 10 de septiembre, modificada por la Orden ARM/1195/2011, de 11 de mayo). La IPH desarrolla las instrucciones con un mayor grado de detalle, adaptando la utilización de instrumentos tecnológicos y posibilidades de tratamiento de datos y de acceso a la información. A pesar de que, las recomendaciones

técnicas de la IPH, no son de obligado cumplimiento para las cuencas intracomunitarias, gran parte de dichas cuencas han seguido estas recomendaciones.

Tras la trasposición de la Directiva Marco del Agua a la legislación nacional, todas las demarcaciones hidrográficas de España comenzaron con los trabajos de redacción y adaptación de sus planes de cuenca a los nuevos requerimientos. Si bien, la Directiva Marco del Agua, marcaba como hito de finalización de estos planes diciembre del 2009, estos trabajos en prácticamente todas las demarcaciones españolas sufrieron importantes retrasos. La mayor parte de los planes hidrológicos de las demarcaciones españolas, tanto intercomunitarias como intracomunitarias, se aprobaron entre los años 2012 y 2014, en lo que se ha llamado el primer ciclo de planificación 2009-2015.

La Directiva Marco del Agua, establece en su artículo 13 que los planes hidrológicos deben revisarse y actualizarse a más tardar quince años después de la entrada en vigor de la DMA, y posteriormente cada seis años. Por lo tanto, a pesar del retraso en la aprobación de los planes hidrológicos de las demarcaciones españolas, se ha comenzado con la revisión de dichos documentos en lo que constituye el segundo ciclo de planificación 2015-2021.

## 2. LA PLANIFICACIÓN EN LA DEMARCACIÓN DE GALICIA COSTA

Algunas de las cuencas hidrográficas existentes en Galicia, están íntegramente ubicadas dentro de la Comunidad Autónoma de Galicia. Estas cuencas son llamadas cuencas intracomunitarias. Debido a ello, mediante el Decreto 2792/1986 de 30 de diciembre y el Decreto 24/1987 de 29 de enero, la Comunidad Autónoma de Galicia asumió las competencias y funciones en materia de programación, aprobación, ejecución y explotación de aprovechamientos hidráulicos dentro de su territorio, así como en la ordenación y concesión de los recursos hidráulicos de sus cuencas intracomunitarias y la propia elaboración del Plan Hidrológico de Galicia-Costa.

Siguiendo los pasos que se estaban dando en el resto del territorio Nacional, y en base a la Ley de Aguas en 1985, en Galicia Costa se comenzó con los trabajos de Planificación Hidrológica en el año 1987. Estos trabajos se iniciaron con la realización del “Avance del Plan Hidrológico de Galicia-Costa”, que sirvió como primer instrumento de trabajo. A finales de 1988, se elaboró la Documentación Básica de Galicia-Costa con el objetivo de recopilar y sintetizar los estudios y trabajos realizados para la planificación. El siguiente paso fue la elaboración del Proyecto de Directrices, que fue objeto de la correspondiente información pública. Tras este proyecto, se redactaron definitivamente las Directrices bajo las que debía desarrollarse el Plan Hidrológico de Galicia- Costa. En 1993 se constituyeron los Órganos de Gobierno de Augas de Galicia, Organismo responsable de las cuencas de Galicia Costa y en 1997 se aprobaron finalmente las Directrices del Plan Hidrológico, lo que dio el empuje definitivo para la elaboración del primer Plan Hidrológico de Galicia-Costa. La propuesta de este primer Plan fue aprobada por la junta de Gobierno de Augas de Galicia con fecha de 17 de octubre de 2000. Después de esto, se remitió al Consejo de la Xunta de Galicia para que fuera elevado al Consejo Nacional del Agua, que emitió informe favorable al mismo en su

reunión del 11 de marzo de 2002. Finalmente, el primer Plan Hidrológico de Galicia-Costa se aprobó por el Real Decreto 103/2003.

Después de la trasposición de la Directiva Marco del Agua a la legislación nacional, y tal y como se ha explicado anteriormente, todas las demarcaciones hidrográficas de España comenzaron con los trabajos de redacción y adaptación de sus planes de cuenca a los nuevos requerimientos. Para el caso de Galicia Costa, a pesar de que las recomendaciones de la IPH no son de obligado cumplimiento, en la elaboración del Plan Hidrológico conforme la DMA, se siguieron las instrucciones de la IPH.

El primer plan hidrológico según la Directiva Marco del Agua de la demarcación hidrográfica Galicia-Costa fue aprobado mediante el Real Decreto 1332/2012, de 14 de septiembre. Este plan fue el resultado de la incorporación de los nuevos requisitos derivados de la DMA, en lo que se ha llamado el ciclo de planificación 2009-2015. En este plan aprobado en 2012, llamado Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa (PHGC) 2009-2015, de los 19 sistemas de explotación existentes en la demarcación, se simuló mediante sistema de soporte a la decisión para planificación y gestión de cuencas Aquatool, 6 de ellos. La cuenca del río Eume, que se encuentra emplazada en la Demarcación de Galicia Costa, fue uno de los sistemas de explotación en los que no se modelizó la gestión de los recursos.

Dado que el proceso de planificación hidrológica definido por la Directiva Marco del agua, tiene un carácter cíclico y continuado, cada 6 años se debe elaborar un nuevo Plan Hidrológico de cuenca revisado y actualizado partiendo del anterior. Por ello, una vez terminado el 1º ciclo (2009-2015), marcado por el hito de aprobación del Plan Hidrológico de cuenca, se ha comenzado a trabajar en el 2º ciclo (2015-2021), para lo cual es necesario obtener a finales del 2015 un nuevo Plan Hidrológico Galicia Costa revisado y actualizado.

### 3. MARCO DEL TRABAJO DE FIN DE MASTER

Dado que en el Plan Hidrológico Demarcación Hydrográfica de Galicia Costa (2009-2015) no se simuló la gestión de los recursos hídricos para el sistema de explotación de la cuenca del río Eume (llamado sistema de explotación del Río Eume y ría de Ares), en el marco de este trabajo de fin de Master, se han realizado los trabajos de estudio, actualización de los datos de diseño a las nuevas series temporales y la modelización de la cuenca del río Eume, con el fin de analizar los diversos problemas relacionados con la gestión del agua en dicha cuenca y que los resultados se puedan utilizar en la planificación del ciclo 2015-2021. Por ello, el objetivo de este trabajo es el estudio y la modelización de la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Eume.

Para el desarrollo de este trabajo se ha utilizado AQUATOOL, sistema de soporte a la decisión (SSD) para planificación y gestión de cuencas, desarrollado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Además, se han utilizado herramientas de análisis y visualización de datos como los Sistemas de Información Geográfica.

El trabajo abarca tanto el estudio de aportaciones y demandas existentes en la cuenca como la evaluación del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas, el análisis del cumplimiento de la garantía de la demanda, tanto para el escenario actual como para futuros con posibles cambios en las demandas y reducción de aportaciones, en escenarios previsibles de cambio climático. Dado que el presente trabajo pretende ser utilizado en el proceso de planificación, se ha adaptado el estudio a la legislación y directrices en materia de planificación que actualmente se están siguiendo tanto a nivel estatal como de la Comunidad Autónoma de Galicia.

A través de este estudio se dará apoyo a la planificación y gestión de los recursos hídricos en la cuenca, enmarcados dentro de ciclo de planificación 2015 - 2021. No habiéndose realizado



estos estudios en profundidad, para esa zona, ni en el primer ciclo de planificación ni en los trabajos realizados hasta el momento, para el ciclo actual.

Con este trabajo se pretende dotar de una herramienta de planificación y gestión del sistema de explotación de la cuenca del río Eume y ria de Ares y avanzar en el conocimiento de la zona. Si bien la calibración del modelo de gestión irá perfeccionándose con el tiempo y a medida que existan mayores datos observados, este TFM será un primer adelanto y una herramienta inicial de trabajo para las personas encargadas de la gestión de la cuenca.

#### 4. OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA.

La actual planificación hidrológica, como se ha explicado anteriormente, está marcada por las directivas europeas y su trasposición a nivel nacional. A pesar de que la Directiva Marco del Agua ha marcado las principales directrices en materia de planificación hidrológica, existen muchas otras que se integran en los procesos de planificación como son por ejemplo, entre otras:

- Directiva 2006/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE.
- Directiva 2006/11/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de febrero de 2006, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas al medio acuático de la Comunidad.
- Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

- Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Directiva 91/414/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1991, relativa a la comercialización de productos fitosanitarios.
- Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.

En el actual ciclo de planificación hidrológica, en el que se están revisando, actualizando y mejorando los planes hidrológicos existentes, se está incluyendo en los procesos de planificación el calendario que marca la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de las inundaciones que ha sido transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación.

Como se ha mencionado anteriormente la Directiva Marco del Agua, supuso un cambio sustancial en la forma de gestionar los recursos hídricos, marcando como objetivos generales: ***Conseguir el buen estado y la adecuada protección de las aguas, la satisfacción de las demandas de agua, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio***

***ambiente y los demás recursos naturales***, considerando siempre la participación de la ciudadanía en los procesos de toma de decisiones en el marco de la planificación hidrológica.

Estos objetivos que marca la nueva idea de planificación hidrológica, enmarca la gestión de las aguas en criterios de sostenibilidad y de protección a largo plazo de los recursos hídricos, con una importante mirada a paliar los efectos de las inundaciones y sequías.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del río Eume, se incluye dentro de la gestión de la Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa como un Sistema de Explotación independiente con nombre “río Eume y ría de Ares”. Este sistema de explotación está emplazado en el Norte de Galicia y comprende un área total de aproximadamente 578,64 Km<sup>2</sup>.

El sistema está integrado por el río Eume y parte de la unidad de la Ría de Ares/Betanzos, en concreto la Ría de Ares desde la margen derecha de la Ría de Betanzos hasta la margen izquierda de la bocana de la Ría de Ferrol. El sistema de explotación engloba dos comarcas fundamentalmente: Ferrolterra y Betanzos, aunque también se introduce parcialmente en las comarcas de A Mariña y Terra Chá.

La red hidrográfica del sistema incluye principalmente la cuenca del río Eume y, por otro lado, las zonas costeras, formadas por pequeñas cuencas que se dividen en dos partes:

- La primera, Ares, que pertenece a los términos municipales de Ares, Mugardos, Fene y Cabana y cuenta con arroyos de pequeña entidad, como son el Boza, Xunqueira, Ares, Redes y Castro.
- La segunda, Miño, que pertenece a los términos municipales de Vilamaior, Miño, Pontedeume y Monfero. Cuenta con ríos pequeños como Baxoi o Anduriña, Vidrieiro y Vilariño, Outeiro, Da Cuba, San Ballo y Vilanova.

A nivel de gestión se han considerado para este trabajo las cuencas principales del río Eume y la del río Baxoi o Anduriña. La cuenca del río Eume, principal transmisor de recursos hidráulicos, tiene una superficie de 470 Km<sup>2</sup>. Las fuentes del cauce principal se sitúan en la Sierra do Xistral, a alturas algo superiores a los 900 m, en el municipio de Muras, muy cerca del pico Xistral. Desemboca en la Ría de Ares, en Pontedeume.

En la siguiente figura se muestra el encuadre geográfico del Sistema de Explotación.

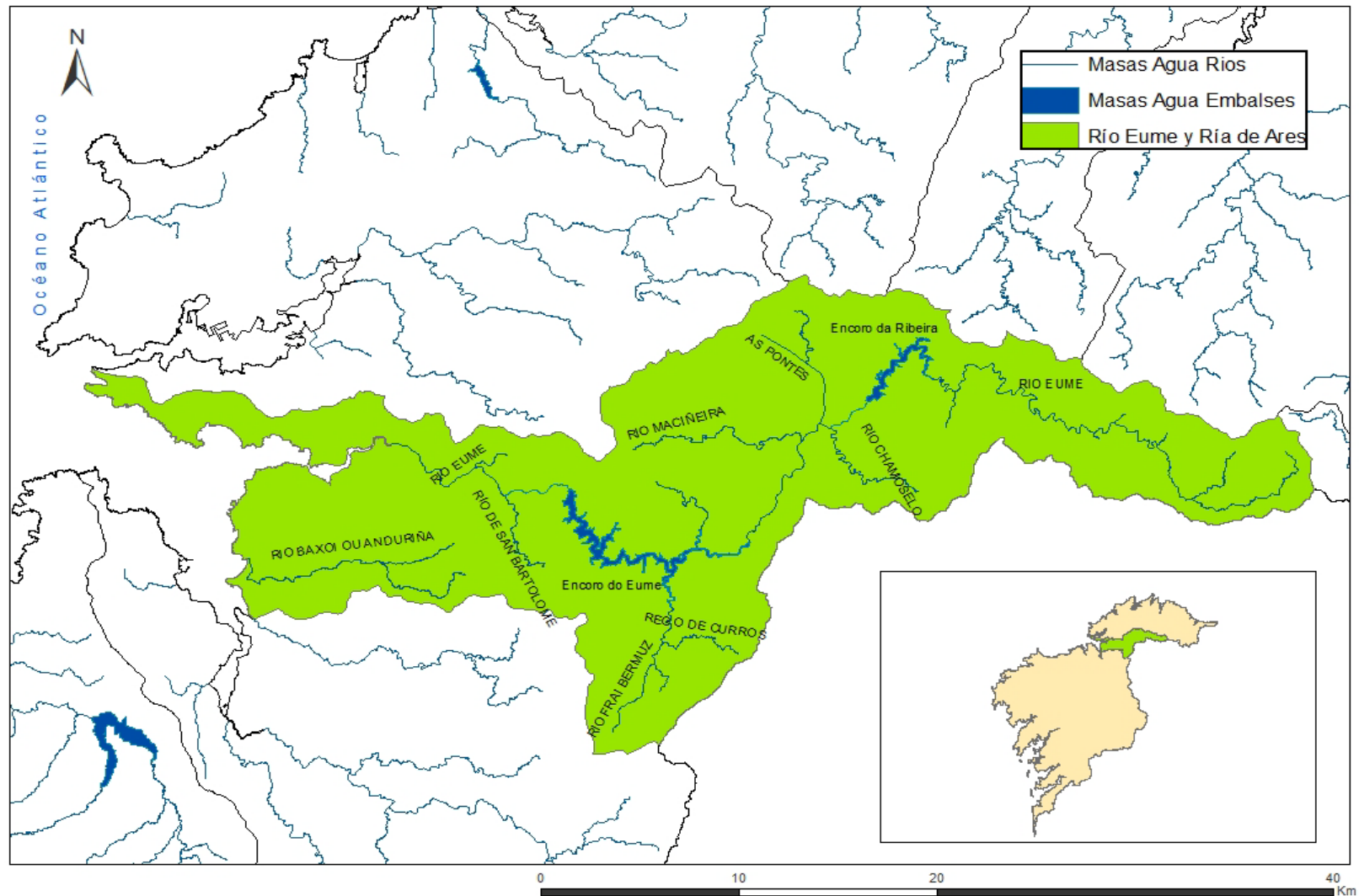


Fig. 1. Encuadre geográfico del S.E. Río Eume e Ría de Ares



La cuenca del río Eume se caracteriza por estar poco poblada, siendo As Pontes de García Rodríguez su núcleo más importante. La fuente principal de recursos hidráulicos superficiales se presenta para el sistema en la zona interior, cuenca del río Eume, que cuenta con los ríos Brea, Rebordillo y Maciñeira como afluentes más importantes por la margen derecha, mientras que por la margen izquierda, los afluentes principales son los ríos Campiña, Feigado, Chamoselo, San Bartolomé y Frai Bermúdez.

A nivel de gestión de agua, los municipios que forman parte de este sistema de explotación de manera total son: **Ares, As Pontes de García Rodríguez, Cabanas, Miño, Monfero, Muras, Pontedeume y Vilarmaior.**

Existen otros dos municipios con un pequeño porcentaje de territorio en la cuenca que son Vilalba y Xermade, pero que principalmente captan el agua en las zonas del municipio pertenecientes a la cuenca del Miño Sil.

## 5.1. HIDROLOGÍA

### 5.1.1. MASAS DE AGUA SUPERFICIAL

El Sistema de Explotación del “Eume y la ria de Ares”, cuenta con 15 masas de agua superficiales tipo río, 2 embalses, 2 masas de agua de transición y una costera.

Las masas de agua tipo río, se definieron en el Plan Hidrológico de Galicia Costa 2009-2015, a partir de la red hidrográfica básica que se estableció siguiendo los criterios marcados en la IPH para su definición, es decir, teniendo en cuenta que todo punto perteneciente a la misma debe poseer una cuenca vertiente de al menos 10 km<sup>2</sup> y una aportación media anual en régimen natural superior a 0,1 m<sup>3</sup>/s. En la siguiente tabla se numeran las masas de agua tipo río:

NOMBRE RIO	Código*	Orden STRALER	Tipo	Longitud Km
AS PONTES	ES.014.MR.101.036.01.00		Masa de agua muy modificada	6,465
RIO EUME	ES.014.NR.101.000.01.00	3	Masa de agua natural	13,603
RIO EUME	ES.014.NR.101.000.02.01	4	Masa de agua natural	15,445
RIO EUME	ES.014.NR.101.000.02.02	4	Masa de agua natural	18,382
RIO EUME	ES.014.NR.101.000.04.00	4	Masa de agua natural	9,565
RIO EUME	ES.014.NR.101.000.07.00	5	Masa de agua natural	11,254
RIO CHAMOSELO	ES.014.NR.101.031.01.00	3	Masa de agua natural	10,368
RIO PONTE DA PEDRA	ES.014.NR.101.036.03.00	3	Masa de agua natural	4,632
RIO MACIÑEIRA	ES.014.NR.101.038.01.00	2	Masa de agua natural	13,170
RIO DE REBORDILLE	ES.014.NR.101.046.01.00	2	Masa de agua natural	5,903
RIO FRAI BERMUZ	ES.014.NR.101.047.01.00	3	Masa de agua natural	11,577
REGO DE CURROS	ES.014.NR.101.047.08.00	3	Masa de agua natural	6,089
RIO DE SAN BARTOLOME	ES.014.NR.101.057.01.00	2	Masa de agua natural	7,273
RIO BAXOI OU ANDURIÑA	ES.014.NR.108.000.01.00	2	Masa de agua natural	11,468
RIO BAXOI OU ANDURIÑA	ES.014.NR.108.000.02.00	3	Masa de agua natural	9,860

Tabla 1: Masas de agua superficial tipo Río

En el Sistema de Explotación existen 2 dos masas de agua tipo embalse que son el Embalse del Eume y el Embalse de la Ribera. La información sobre estos dos embalses se amplía en el siguiente apartado.





Las masas de agua de transición se definen como masas de agua superficiales próximas a la desembocadura de los ríos, parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce. Conforme a las indicaciones de la IPH, en el PHGC 2009-2015 se consideraron como masas de agua significativas de esta categoría aquellas aguas de transición con una superficie superior a 0,5 km<sup>2</sup>. Para el caso del Sistema de Explotación de estudio, se ha identificado una masa de agua de transición en el Río Eume. La Ría de Ares se ha considerado como Masa de agua costera.

### 5.1.2. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

La definición de las masas de agua subterránea en la Demarcación de Galicia Costa realizada para el PHGC 2009-2015, presentó algunas características propias que condicionaron las labores de delimitación. Estas son las siguientes:

1. Condicionantes administrativos:

- La propia delimitación de Galicia–Costa como cuenca hidrológica intracomunitaria.
- La abundancia de recursos hídricos superficiales ha llevado a que la atención prestada a las aguas subterráneas haya sido escasa y por lo tanto el número y alcance de los estudios realizados al efecto es escaso y de ámbito general. Una consecuencia directa de ello, es que en la presente Demarcación no se ha definido por parte de la Administración Hidráulica ningún gran Sistema o Unidad Hidrogeológica.

2. Condicionantes hidrogeológicos:

- La delimitación de las masas de agua subterránea presenta importantes dificultades en un área como Galicia–Costa, caracterizada por los materiales cristalinos con distinto grado de permeabilidad fisural, y con escasos (o ausentes) potenciales acuíferos detríticos.

- Todos los acuíferos son de carácter local y normalmente muy superficiales.
- Existe un uso generalizado por parte de la población dispersa y en las zonas rurales, donde es frecuente la captación de aguas subterráneas tanto de forma particular como mediante traídas vecinales a pequeños núcleos rurales

En resultado de la delimitación para la cuenca de estudio dio como resultado la definición de 3 masas de agua subterránea.

NOMBRE	PROVINCIA	SUPERFICIE MASA (Km <sup>2</sup> )	NOMBRE ACUÍFERO	LITOLÓGÍA	Íntegramente en el Sistema de Explotación
CORUÑA-BETANZOS-ARES-FERROL	Coruña (A)	860,97	San Sadurniño	Esquistos con paragneises, limolitas, anfibolitas y grauvacas. Granitos alcalinos y calcoalcalinos.	NO
EUME	Lugo	427,31	San Sadurniño	Pizarras, cuarcitas y areniscas. Gneises.	SI
	Coruña (A)				
AS PONTES	Lugo	42,91	As Pontes de García Rodríguez	Cuencas terciarias. Pizarras, cuarcitas y areniscas	SI
	Coruña (A)				

Tabla 2: Masas de agua subterránea.

Este sistema se ubica sobre las masas de agua subterráneas “As Pontes”, “Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol” y “Eume”, cuyos recursos renovables son 13, 204 y 127 hm<sup>3</sup>/año respectivamente. (165 hm<sup>3</sup>/año se sitúan dentro del sistema de explotación)

La masa de agua de As Pontes es una masa pequeña, con pocas demandas de agua, por lo que no se ha considerado en este estudio. A continuación se da una información más detallada de cada una de las masas de agua subterránea:



- **Código 014.011. Coruña – Betanzos – Ares - Ferrol.**

**Límites geográficos:** Se sitúa en la costa Norte de la provincia de A Coruña. El límite con el océano Atlántico comienza en la punta das Olas en el Sur, hasta la ría de Cedeira en el Norte, pasando por las rías de Burgo, Betanzos, Ares y por Ferrol. Al Este limita con las cuencas río de Cedeira, río As Forcadas, río Grande de Xubia, río Bellele, y del río Eume. Al Sur el límite lo marcan las cuencas altas de los ríos Mero y Mandeo.

**Geología e hidrogeología:** El ámbito geológico de esta masa de agua subterránea se caracteriza por la presencia de esquistos con paragneises limolitas, anfibolitas y grauvacas. También están presentes en menor proporción granitos calcoalcalinos y alcalinos, gneises, migmatitas, rocas básicas, pizarras, cuarcitas y areniscas y cuaternario.

Contenido en la masa de agua subterránea se encuentra el acuífero San Sadurniño de materiales pertenecientes a depósitos cuaternarios.

**Zona no saturada:** esquistos y gneises, granitos, rocas básicas y migmatitas.

**Límites de la masa:** La masa, con forma alargada en dirección aproximadamente Este – Oeste, se extiende por materiales de distinta naturaleza y en dirección perpendicular a las principales lineaciones de la Zona Centroibérica. El límite Este se sitúa a unos 3 km del contacto de las pizarras paleozoicas con granitos calcoalcalinos.

**Recarga:** El mecanismo principal es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local.

**Descarga natural:** A través de los principales ríos (Mandeo, Mero, Lambre, Castro, Ba, Pastoriza, etc.).



- **Código 014.012. Eume.**

**Límites geográficos:** Se sitúa entre las provincias de A Coruña y Lugo, en la cuenca del río Eume. Al Sur limita con la Demarcación Hidrográfica del Miño–Sil. En su extremo noroccidental limita con las poblaciones de As Neves y Figueras y el Concello de Somozas, y en su extremo nororiental con el nacimiento del río Landro. El límite Oeste se sitúa en las proximidades de las poblaciones de Ponte da Pedra y Monfero.

**Geología e hidrogeología:** El ámbito geológico de esta masa de agua subterránea se caracteriza por la presencia de pizarras, cuarcitas y areniscas. También se encuentran gneises, granitos alcalinos y calcoalcalinos, y de forma testimonial rellenos cuaternarios y terciarios.

El relleno cuaternario da lugar al acuífero San Sadurniño.

**Zona no saturada:** pizarras, cuarcitas, areniscas y granitos.

**Límites de la masa:** Los límites de la masa no responden a criterios litológicos o hidrogeológicos. El límite Norte por ejemplo atraviesa las alineaciones de pizarras y esquistos de la Zona Centroibérica. Sus límites responden más bien a criterios hidrológicos ya que coinciden cuenca del río Eume, excepto una pequeña porción correspondiente a la masa de agua 014.013 As Pontes, ubicada en el centro de la cuenca del río Eume.

**Recarga:** El mecanismo principal es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local.

**Descarga natural:** A través del río Eume y cauces secundarios asociados.



- **Código 014.013. As Pontes.**

**Límites geográficos:** Se sitúa entre las provincias de A Coruña y Lugo. Limita al Este con la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil. Al Oeste el límite está en el borde de la mina As Pontes.

**Geología e hidrogeología:** El ámbito geológico de esta masa de agua subterránea se caracteriza por la presencia de un relleno terciario de conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y evaporitas. También se encuentran pizarras, cuarcitas y relleno cuaternario aluvial.

En esta zona se encuentra la mina de carbón (lignito) a cielo abierto de As Pontes, ya en desuso y en proyecto de recuperación ambiental.

Se identifica el acuífero As Pontes de García Rodríguez en los rellenos terciarios y cuaternarios.

**Zona no saturada:** pizarras, cuarcitas, areniscas y granitos.

**Límites de la masa:** Los límites coinciden con el contacto entre los depósitos terciarios con los paleozoicos en los que se incluye la masa 014.012 Eume.

**Recarga:** El mecanismo principal es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa, si bien pueden existir otros procesos de importancia local.

**Descarga natural:** A través de los principales cauces.

### 5.1.3. PRINCIPALES ESTADÍSTICOS HIDROLÓGICOS

El sistema de explotación Río Eume e Ría de Ares tiene un volumen de precipitación media total de 845 hm<sup>3</sup>/año en la serie 1980/81-2011/12. De ellos, 363 hm<sup>3</sup>/año (43%) retornan a la atmósfera a través de la evaporación y el resto se convierten en escorrentía superficial y subterránea, como muestran las siguientes tablas.

Del total de recursos hídricos el 26% tienen origen subterráneo, según la serie 1980/81-2011/12 del SIMPA.

DATOS ANUALES	PRECIPITACIÓN N	AÑO OCURRENCIA	APORTACIÓN ANUAL	AÑO OCURRENCIA
VALOR MÍNIMO	963,08 mm	1988 / 1989	243,44 hm <sup>3</sup>	1988 / 1989
VALOR MEDIO	1459,64 mm		484,40 hm <sup>3</sup>	
VALOR MÁXIMO	2144,99 mm	2000 / 2001	873,58 hm <sup>3</sup>	2000 / 2001
COEF. VARIACIÓN	0,19		0,32	
COEF. SESGO	0,43		0,49	
AUTOCORRELACIÓN N 1	-0,32		-0,30	

Tabla 3: Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año) y precipitación (mm/año).  
Serie 1980/81-2011/12

VALORES MEDIOS	UNIDAD	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
PRECIPITACIÓN	mm	170,0	183,7	200,7	165,3	135,8	120,1	134,1	105,4	64,3	49,6	48,8	81,7	<b>1459,6</b>
ET POTENCIAL	mm	47,7	30,6	26,2	25,6	36,6	52,9	66,6	79,7	100,3	105,1	99,0	75,7	<b>745,8</b>
ET REAL	mm	44,6	29,2	25,1	24,5	35,1	50,2	62,7	73,3	85,2	77,2	64,0	56,6	<b>627,9</b>
RECARGA SUB.	hm <sup>3</sup>	11,2	14,0	16,7	15,8	15,3	13,4	13,5	10,7	5,2	2,5	1,7	4,2	<b>124,2</b>
Q SUP.	hm <sup>3</sup>	30,7	51,0	71,5	61,8	44,4	33,9	34,4	18,8	5,3	1,8	1,0	5,0	<b>359,7</b>
Q SUB.	hm <sup>3</sup>	6,2	8,5	11,0	12,9	13,8	13,9	13,7	13,1	11,1	8,5	6,3	5,3	<b>124,5</b>
Q TOTAL	hm <sup>3</sup>	37,0	59,6	82,6	74,7	58,3	47,9	48,1	31,9	16,5	10,3	7,3	10,3	<b>484,4</b>

Tabla 4: Promedios mensuales. Serie 1980/81-2011/12.

A continuación se muestran los diferentes estadísticos de las variables hidrológicas en la serie 1940/41 – 2011/12 del S.E. Río Eume e Ría de Ares, obtenidos del SIMPA.

DATOS ANUALES	PRECIPITACIÓN	AÑO OCURRENCIA	APORTACIÓN ANUAL	AÑO OCURRENCIA
VALOR MÍNIMO	900,77 mm	1975 / 1976	216,45 hm <sup>3</sup>	1975 / 1976
VALOR MEDIO	1516,90 mm		515,19 hm <sup>3</sup>	
VALOR MÁXIMO	3022,01 mm	1940 / 1941	1376,21 hm <sup>3</sup>	1940 / 1941
COEF. VARIACIÓN	0,21		0,36	
COEF. SESGO	1,56		1,60	
AUTOCORRELACIÓN 1	-0,01		-0,01	

Tabla 5: Estadísticos básicos de las series anuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año) y precipitación (mm/año) en el SE 13. Serie 1940/41-2011/12

VALORES MEDIOS	UNIDA D	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MA R	ABR	MAY	JU N	JUL	AG O	SE P	ANUA L
PRECIPITACIÓN	mm	149,1	188,9	203,4	188,5	153,2	142,5	124,0	108,1	69,5	44,3	57,0	88,3	<b>1516,9</b>
ET POTENCIAL	mm	48,4	30,4	26,0	25,5	36,3	52,6	66,0	78,8	99,3	104,0	97,2	74,1	<b>738,6</b>
ET REAL	mm	45,3	29,5	25,3	24,8	35,3	50,6	63,0	73,2	85,1	75,7	64,5	58,2	<b>630,5</b>
RECARGA SUB.	hm <sup>3</sup>	10,1	14,3	16,7	16,9	15,6	14,6	13,0	10,8	5,9	2,2	2,6	4,8	<b>127,5</b>
Q SUP.	hm <sup>3</sup>	25,0	52,0	71,9	73,1	54,4	44,6	30,2	20,3	6,5	1,7	2,5	6,3	<b>388,5</b>
Q SUB.	hm <sup>3</sup>	6,3	8,4	10,9	13,0	14,1	14,4	14,1	13,2	11,3	8,7	6,5	5,6	<b>126,5</b>
Q TOTAL	hm <sup>3</sup>	31,3	60,3	82,8	86,1	68,5	59,0	44,3	33,5	17,9	10,5	9,0	11,9	<b>515,2</b>

Tabla 6: Promedios mensuales. Serie 1940/41-2011/12

Estos son los estadísticos directamente obtenidos del modelo SIMPA. Ya en el PHCG 2009-2015, en el contraste de resultados del modelo SIMPA, con los aforos en régimen natural, se observaron algunas diferencias, por lo que se realizó un ajuste a los datos de escorrentía del modelo al que se ha llamado SIMPA Modificado.

En las siguientes tablas se muestran los estadísticos básicos de las series de aportaciones para el sistema de explotación, tanto para la serie larga como para la corta, en base al ajuste del modelo y actualizados al 2012.

CAUDAL TOTAL. SERIE CORTA (1980/81 - 2011/12)													
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL ANUAL
MAX	108,76	203,56	213,19	199,54	153,49	140,47	142,28	108,16	40,37	28,72	17,18	42,78	<b>1004,31</b>
MED	34,62	67,38	89,94	82,68	60,63	49,98	45,72	34,28	18,16	11,43	8,11	10,74	<b>513,67</b>
MIN	3,17	4,61	5,76	6,25	13,12	8,43	9,20	7,67	6,99	5,16	3,47	2,83	<b>240,21</b>

Tabla 7: Estadísticos básicos de las series mensuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año). SIMPA MODIFICADO (1980/81 – 2011/12).

CAUDAL TOTAL. SERIE LARGA (1940/41 - 2011/12)													
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL ANUAL
MAX	108,76	203,56	343,78	199,54	209,51	216,62	164,40	138,21	90,05	36,20	32,01	49,37	<b>1208,91</b>
MED	29,68	61,04	86,95	88,21	68,02	58,76	43,52	34,20	19,81	11,71	9,75	12,30	<b>523,92</b>
MIN	3,17	4,61	5,76	6,25	13,12	8,43	9,20	7,67	5,36	3,80	3,47	2,83	<b>215,02</b>

Tabla 8: Estadísticos básicos de las series mensuales de aportación (hm<sup>3</sup>/año). SIMPA MODIFICADO (1940/41 – 2011/12).

El sistema se ubica sobre las masas de agua subterráneas “As Pontes”, “Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol” y “Eume”, de los cuales aportan un recurso renovable en total de 165 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 147 hm<sup>3</sup>/año (89%) no estas sujetos a restricciones ambientales. **La aportación media total de la red hidrográfica en la serie 1980/81 – 2011/12 es de 514 hm<sup>3</sup>/año**, considerando la escorrentía superficial y subterránea en base al SIMPA MODIFICADO, de los cuales al menos 94 hm<sup>3</sup>/año se reservan para mantener la vida piscícola y la vegetación de Ribera. Por ello el recurso disponible en el S.E. Río Eume e Ría de Ares es de 420 hm<sup>3</sup>/año.



## 5.2. EMBALSES

Para la regulación de los recursos hidráulicos de la cuenca del río Eume, se cuenta con dos embalses, que están destinados principalmente a la generación de energía eléctrica. En primer lugar, por ser de mayor capacidad, se encuentra el Embalse del Eume, en el municipio de Monfero, y en segundo lugar está el Embalse de la Ribeira, en el municipio de de As Pontes.

Nombre	Capacidad (hm <sup>3</sup> )	Área Km <sup>2</sup>	GEOLOGIA	Uso
RIBEIRA	32,8	1,73	Silíceo	Energía
EUME	126	4,35	Silíceo	Energía

Tabla 9: Embalses en el S.E. Río Eume e Ría de Ares.

### 5.2.1. EMBALSE DEL EUME

El embalse del Eume se encuentra en el río Eume a su paso por los términos municipales de Capela y Monfero, en la provincia de La Coruña. La finalidad de la presa del Eume es el almacenamiento de agua para la producción de energía eléctrica. La población más cercana es Goente, perteneciente al Ayuntamiento de A Capela. Aguas arriba, la población más importante es As Pontes, a 14 km. Aguas abajo, las poblaciones demás entidad son Pontedeume y Cabañas, situadas en la desembocadura del Eume en el Atlántico, en sendas márgenes, a unos 22 km.

La presa es de bóveda de doble curvatura (cúpula) simétrica respecto del plano vertical de la ménsula central. La presa dispone de una galería perimetral que une ambos estribos entre sí y permite el acceso a la cámara de válvulas del desagüe de fondo.

El lugar del emplazamiento de la presa, es un terreno constituido por rocas cristalofílicas y pizarrosas con estratos próximos a la vertical y sensiblemente normales al cauce del río.

El río Eume, aguas debajo de la presa de Eume es un cauce con pendientes medias hasta alcanzar su desembocadura, en la ría de Ares. El punto más significativo susceptible de inundación es precisamente la Central del Eume. En la siguiente tabla se presentan los volúmenes almacenados máximos en la serie 1989-2015.

MES	Máy. de Volumen Embalsado Hm <sup>3</sup>
ENERO	125,94
FEBRERO	125,94
MARZO	125,94
ABRIL	125,94
MAYO	125,94
JUNIO	121,02
JULIO	119,72
AGOSTO	118,28
SEPTIEMBRE	115,13
OCTUBRE	125,94
NOVIEMBRE	125,94
DICIEMBRE	125,94

Tabla 10: Volúmenes máximos registrados Embalse Eume, serie 1989-2015.

El cálculo de las evaporaciones de los embalses se ha calculado mediante el modelo SIMPA (Modificado), los resultados para el área de este embalse en mm/mes son los siguientes.

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
54,24	34,99	30,22	29,29	41,63	60,27	76,98	91,46	114,74	120,10	112,67	85,92

Tabla 11: Evaporación mm/mes, Embalse Eume.



## 5.2.2. EMBALSE DE LA RIBIERA

La presa de La Ribeira está situada en el municipio de As Pontes (Coruña), sobre el río Eume. La carretera C-641 Lugo – Ferrol cruza el casco urbano de As Pontes, de donde parte la carretera de acceso a la presa, a 1.1 Km. de la salida.

El embalse está destinado a la producción de energía hidroeléctrica, suministro de agua para la refrigeración de las centrales Térmica y de Ciclo Combinado de As Pontes, abastecimiento de aguas a la población de As Pontes y actividades lúdicas y de recreo.

La región del embalse está integrada por rocas muy metamórficas, pizarras cristalinas, silúricas y cámbricas, con esquistos muy micáceos ondulados, con algunos filones de cuarzo. Los cimientos de la presa se reparten entre las grauvacas, pizarras cuarcíticas, esquistos ondulados y en la mitad de la estructura, las pizarras y esquistos cámbricos. El embalse tiene una capacidad de 32,8 hm<sup>3</sup> a cota de máximo embalse normal y 34,6 hm<sup>3</sup> a cota de coronación.

La presa es de gravedad de perfil triangular y planta recta con una longitud de coronación de 78,12 m. El cuerpo de la presa dispone de tres galerías de inspección de dos metros de altura or 1.2 m de ancho y situadas a 3.90 m del paramento aguas arriba. Existe una toma de agua para el turbinado de la central a pie de presa.

En la siguiente tabla se presentan los volúmenes almacenados máximos en la serie 1989-2015.

MES	Máx. de Volumen Embalsado Hm3
ENERO	32,80
FEBRERO	32,69
MARZO	32,80
ABRIL	32,80
MAYO	32,54

MES	Máx. de Volumen Embalsado Hm3
JUNIO	32,39
JULIO	31,64
AGOSTO	30,99
SEPTIEMBRE	30,45
OCTUBRE	32,80
NOVIEMBRE	32,80
DICIEMBRE	32,69

Tabla 12: Volúmenes máximos registrados Embalse Ribiera, serie 1989-2015.

El cálculo de las evaporaciones de los embalses se ha realizado mediante el modelo SIMPA (Modificado), los resultados para el área de este embalse en mm/mes son los siguientes.

OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
52,09	34,49	30,07	28,81	40,59	56,46	69,36	82,29	103,85	109,80	103,90	80,98

Tabla 13: Evaporación mm/mes, Embalse Ribiera.

### 5.3. UNIDADES DE DEMANDA DE AGUA EN LA CUENCA

#### 5.3.1. DEMANDA URBANA

La población que engloba los municipios del sistema se ha estimado en 37.730 habitantes, según la información del Instituto Gallego de Estadística para el año 2013. Siendo el núcleo más importante As Pontes de García Rodríguez, situado en el municipio del mismo nombre, con una población de 10.564 habitantes. El sistema de explotación del río Eume e ría de Ares se extiende a lo largo de 15 municipios, aunque únicamente hay 8 que se encuentran íntegramente en el sistema. Los 7 restantes solo tienen una parte dentro y su demanda principalmente

se abastece de otras cuencas limítrofes, por lo que no se ha tenido en cuenta en las simulaciones de este trabajo.

Los municipios que comprende el sistema de estudio son los siguientes:

PROVINCIA	MUNICIPIO	DEMANDA TOTAL (Hm <sup>3</sup> /Año)
<b>A CORUÑA</b>	Ares	0,609
	As Pontes de García Rodríguez	1,178
	Cabanas	0,399
	Miño	0,647
	Pontedeume	0,804
	Monfero	0,168
	Vilamaior	0,086
<b>LUGO</b>	Murás	0,0485

Tabla 14: Términos municipales que comprenden el S.E. Río Eume e Ría de Ares.

Los siguientes municipios se encuentran parcialmente integrados en el sistema de explotación y debido a que tienen una pequeña superficie dentro del sistema y que se abastecen de las cuencas limítrofes, no se han considerado en este trabajo.

- A Capela (A Coruña)
- Fene (A Coruña)
- Mugar dos (A Coruña)
- Somozas (A Coruña)
- Abadín (Lugo)
- Vilalba (Lugo)

- Xermade (Lugo)

A continuación se describe el funcionamiento del sistema por Unidad de Demanda Urbana considerada en este trabajo. En el apartado de “Cálculo y análisis de los datos de diseño” se ampliará la información del procedimiento de cálculo.

- **Ares** cuenta con una demanda de  $0,609\text{hm}^3/\text{año}$ . Actualmente se satisface aproximadamente el 63% de la demanda mediante la captación de las aguas de la ETAP de Catabais, que pertenece a la cuenca limítrofe, aunque geográficamente se encuentra en el S.E. Río Eume e Ría de Ares. El 37% restante se ha considerado como autoabastecimientos subterráneos a nivel domiciliar

Vierte sus aguas a la ría de Ares mediante una EDAR con capacidad para 32.367 habitantes equivalentes, que comparte con Mugarodos, Fene y Neda (Sistema de Explotación 14).

- **As Pontes de García Rodríguez** cuenta con una demanda total de  $1,178\text{hm}^3/\text{año}$ . Aproximadamente un 97% de esta demanda se ha considerado que se abastece mediante las redes de abastecimiento municipales, que actualmente se satisface mediante una ETAP que capta el agua del río Eume, aguas abajo del embalse del Eume. Aproximadamente un 3% se ha considerado que se satisface mediante captaciones pertenecientes a la masa de agua subterránea de Eume.

Vierte sus aguas al río Eume mediante una EDAR con capacidad para 10.695 habitantes equivalentes.

- **Cabanas** cuenta con una demanda de  $0,399\text{hm}^3/\text{año}$ . Se ha considerado que aproximadamente el 45% se satisface mediante una ETAP que capta el agua del río Eume, aguas abajo del embalse del Eume. El 55 % restante se satisface



mediante la captación de aguas subterráneas de la M.A.S Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol

Vierte sus aguas a la EDAR de Pontedeume, con capacidad para 13.315 habitantes equivalentes.

- **Miño** cuenta con una demanda de  $0,647 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Se ha estimado que aproximadamente un 98% de la demanda se satisface mediante ETAP que capta el agua río Lambre, perteneciente al sistema de explotación 12. El 2% de la demanda restante, se ha considerado que se satisface mediante la captación de aguas subterráneas de la M.A.S Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol.

Vierte sus aguas a la ría Ares mediante una EDAR con capacidad para 7.445 habitantes equivalentes.

- **Monfero** cuenta con una demanda de  $0,168 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Aproximadamente un 17% de la demanda se capta del río Eume, aguas abajo del embalse del Eume. El 83% restante se satisface mediante la captación de las aguas de manantiales subterráneos de la M.A.S Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol y la masa de agua subterránea de Eume.

- **Pontedeume** cuenta con una demanda de  $0,804 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Se ha considerado que un 62% de la demanda se satisface mediante la captación de las aguas mediante una ETAP con dos tomas de agua: una en el río Eume y otra en el rego Cobes, afluente de este. En el esquema del sistema se ha simplificado como que el 100% de la demanda superficial se toma del río Eume aguas abajo del Embalse del Eume. El 38% restante se mediante la captación de aguas subterráneas de la M.A.S Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol.

Vierte sus aguas a la ría de Ares mediante una EDAR con capacidad para 13.315 habitantes equivalentes, compartida con Cabanas.



- **Vilarmajor** cuenta con una demanda de  $0,086 \text{ hm}^3/\text{año}$ . El 70% de la demanda se satisface mediante una captación superficial del río Baxoi y el 30% restante mediante la captación de las aguas de manantiales subterráneos.
- **Murás** cuenta con una demanda de  $0,0485 \text{ hm}^3/\text{año}$ , que actualmente se satisface mediante la captación de las aguas de un trasvase del río Sor (Sistema de Explotación 16).

### 5.3.2. DEMANDA AGRARIA

El análisis de la estructura de las explotaciones agrarias se ha llevado a cabo principalmente a partir de los datos del Censo Agrario de 2009 por ser la única fuente que permite desagregar esta información por municipio. Este sistema de explotación no cuenta con ninguna Unidad de Demanda Agraria de regadío significativa.

### 5.3.3. DEMANDA GANADERA

Para el análisis de la influencia de la ganadería sobre el uso del agua en la Demarcación se tomaron como datos de partida el número de cabezas de ganado en 2013, obtenido mediante la explotación del Registro de ganado bovino hasta el nivel de desagregación municipal (del Instituto Gallego de Estadística). En la siguiente tabla se muestra el número de cabezas de ganado agregadas para el sistema de explotación de estudio.

En la siguiente tabla se muestran las cabezas de ganado y la demanda de agua asociada para cada uno de los municipios considerados en el sistema de explotación de estudio. En el apartado de “Cálculo y análisis de los datos de diseño” se ampliará la información del procedimiento de cálculo.



MUNICIPIO	Cab. Bovino	Cab. Ovino/Caprin o	Cab. Porcin o	Cab. Aves	Cab. Equi no	Dem bovino hm3/año	Dem ovino hm3/año	Dem porcino hm3/año	Dem aves hm3/año	Dem equino hm3/año
<b>ARES</b>	29	132	4	49	63	0,001	0,001	0	0,000	0,002
<b>CABANAS</b>	321	98	5	-	37	0,011	0,001	0,	-	0,001
<b>MIÑO</b>	819	69	4	25	143	0,027	0	0	0,000	0,005
<b>MONFERO</b>	6.558	729	895	241,870	158	0,215	0,004	0,016	0,044	0,005
<b>PONTEDEUME</b>	151	111	102	-	48	0,005	0,001	0,002	-	0,002
<b>AS PONTES DE GARCÍA RODRÍGUEZ</b>	3,352	765	1,003	-	407	0,110	0,004	0,018	-	0,013
<b>VILARMAIOR</b>	788	185	3	-	37	0,026	0,001	0	-	0,001
<b>MURAS</b>	5,584	480	61	-	1,090	0,183	0,003	0,001	-	0,036
<b>TOTALES</b>	17,602	2,569	2,077	241,944	1,983	0,578	0,014	0,038	0,044	0,065

Tabla 15: Número de cabezas de ganado y demanda de agua asociada (año 2013)



### 5.3.4. DEMANDA INDUSTRIAL PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los usos del agua para la producción de energía eléctrica comprenden la generación de energía en centrales hidroeléctricas, centrales térmicas, nucleares, termosolares y de biomasa, especialmente en refrigeración. El sistema de explotación de estudio, cuenta con 5 centrales hidroeléctricas y una central térmica.

#### 5.3.4.1. APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

En el Sistema de Explotación del Río Eume y Ria de Ares existen 5 centrales hidroeléctricas en explotación, que suponen una potencia total instalada de 63.370 MW.

Nº CENTRALES	POTENCIA INSTALADA (MW)	PRODUCIBLE HIDROELÉCTRICO (GWh año)	VOLUMEN TURBINADO (hm <sup>3</sup> año)	PRODUCTIVIDAD DEL USO DEL AGUA (GWh hm <sup>3</sup> )
5	63.370	257	562	0,46

Tabla 16: Centrales hidroeléctricas en el Sistema de Explotación

En la siguiente figura se muestra la situación de las centrales hidroeléctricas existentes

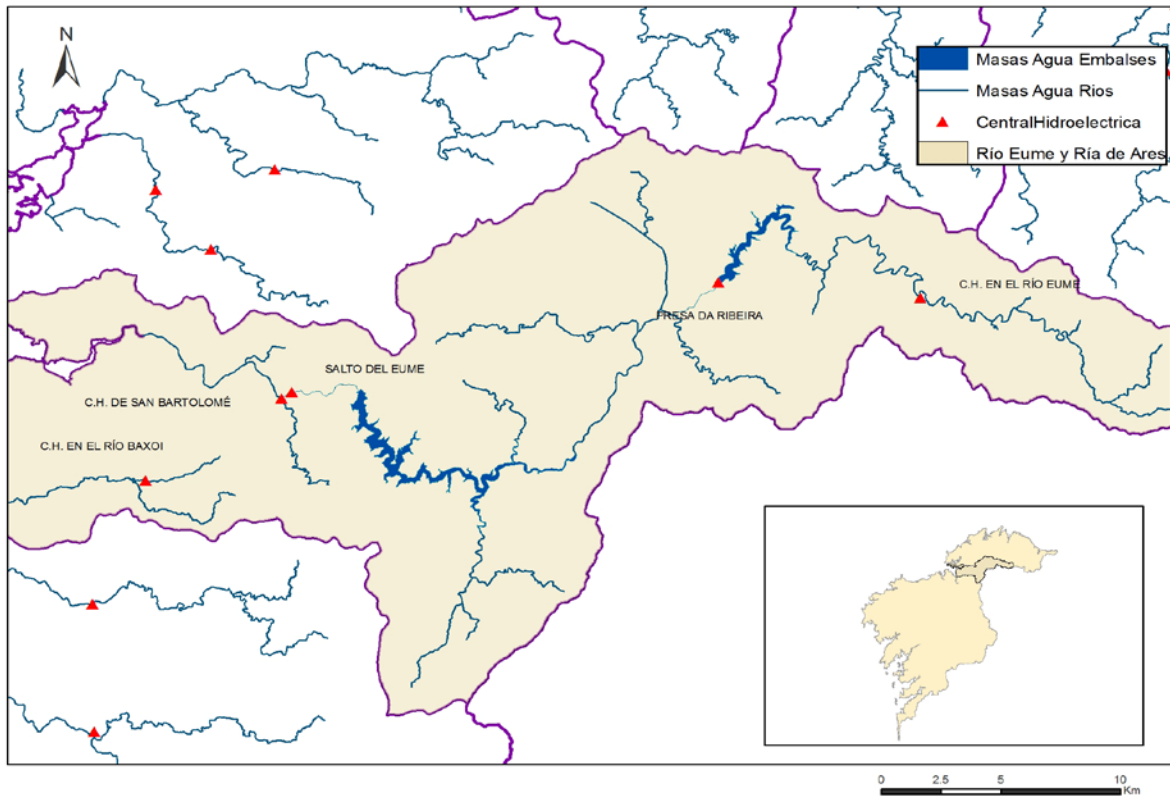


Fig. 2. Ubicación de las centrales Hidroeléctricas

En la siguiente tabla se muestran los volúmenes extraídos por central hidroeléctrica al año.

DENOMINACIÓN	Volúmenes Extraídos HM <sup>3</sup>											
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
PRESA DA RIBEIRA	5,75	11,00	15,48	16,32	13,02	11,36	8,25	6,37	3,32	1,93	1,72	2,34
SALTO DEL EUME	24,48	46,85	65,92	69,48	55,44	48,38	35,14	27,13	14,15	8,20	7,31	9,98
C,H, DE SAN BARTOLOMÉ	0,35	0,67	0,95	1,00	0,80	0,70	0,51	0,39	0,20	0,12	0,11	0,14
C,H, EN EL RÍO EUME	2,34	4,47	6,29	6,63	5,29	4,62	3,35	2,59	1,35	0,78	0,70	0,95
C,H, EN EL RÍO BAXOI	0,45	0,86	1,21	1,28	1,02	0,89	0,65	0,50	0,26	0,15	0,13	0,18

Tabla 17: Volúmenes de agua extraídos por las centrales hidroeléctricas

### 5.3.4.2. APROVECHAMIENTOS TERMOELÉCTRICOS

En el Sistema de Explotación del Río Eume y Ria de Ares existen hay 1 central termoeléctrica que se llama As Pontes. Tiene una demanda total de 23,06 Hm<sup>3</sup> al año, con un consumo del 20% y retornando el 80% al sistema. Tiene una producción de 10.589 (GWh/año). La demanda se satisface mediante una toma de agua superficial aguas abajo del Embalse Da Ribera.

### 5.3.5. OTROS USOS INDUSTRIALES

El sistema de estudio cuenta con 8 Unidades de Demanda Industrial (UDIs), que se han agrupado en la modelización del sistema en 5, según los polígonos industriales existentes.

NOMBRE ÁREA EMPRESARIAL	PROVINCIA	MUNICIPIO	DEMANDA (Hm <sup>3</sup> /año)
Polígono industrial de O Vidreiro	A Coruña	Pontedeume	0,179
Polígono industrial Os Airíos (ampliación)	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,362
Polígono industrial Os Airíos	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,367
Parque empresarial de Penapurreira i - fase c	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,512
Parque empresarial de Penapurreira i - fase b	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,307
Parque empresarial de Penapurreira i - fase a	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,395
Cruz das Cabezas	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,069
Zi - A Balsa	A Coruña	Pontes de García Rodríguez (As)	0,028

Tabla 18: Unidades de demanda industrial.

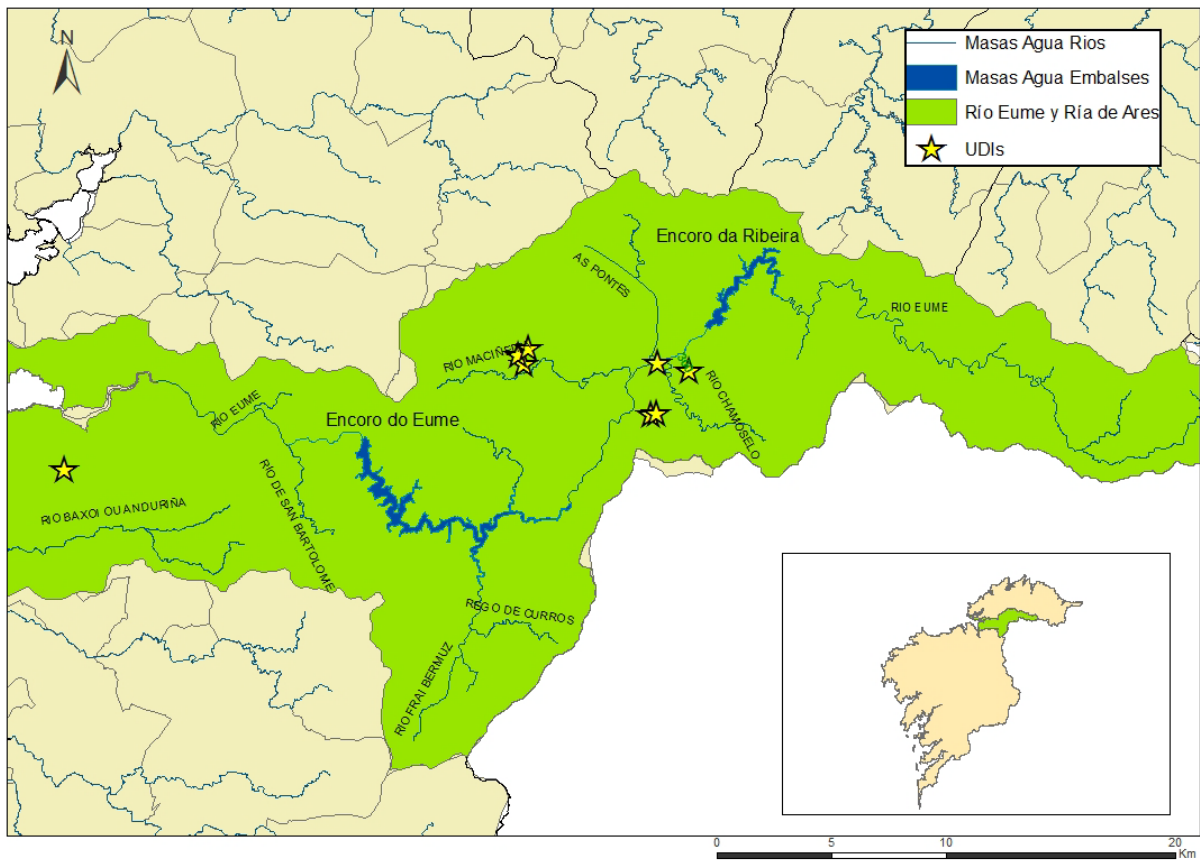


Fig. 3. Ubicación de las Unidades de Demanda Industrial

Las demandas industriales se han considerado constantes a lo largo de todo el año. Los polígonos industriales existentes en el Sistema de Explotación se agrupan en dos municipios. En el municipio de As Pontes de García Rodríguez, aguas abajo del Embalse da Ribera, se encuentran siete UDIs, que en el modelo de simulación se han agrupado en cuatro. Las demandas de estas unidades se satisfacen mediante tomas de agua superficial. En la siguiente figura se muestra la localización y captaciones de las UDIS existentes en As Pontes de García Rodríguez.

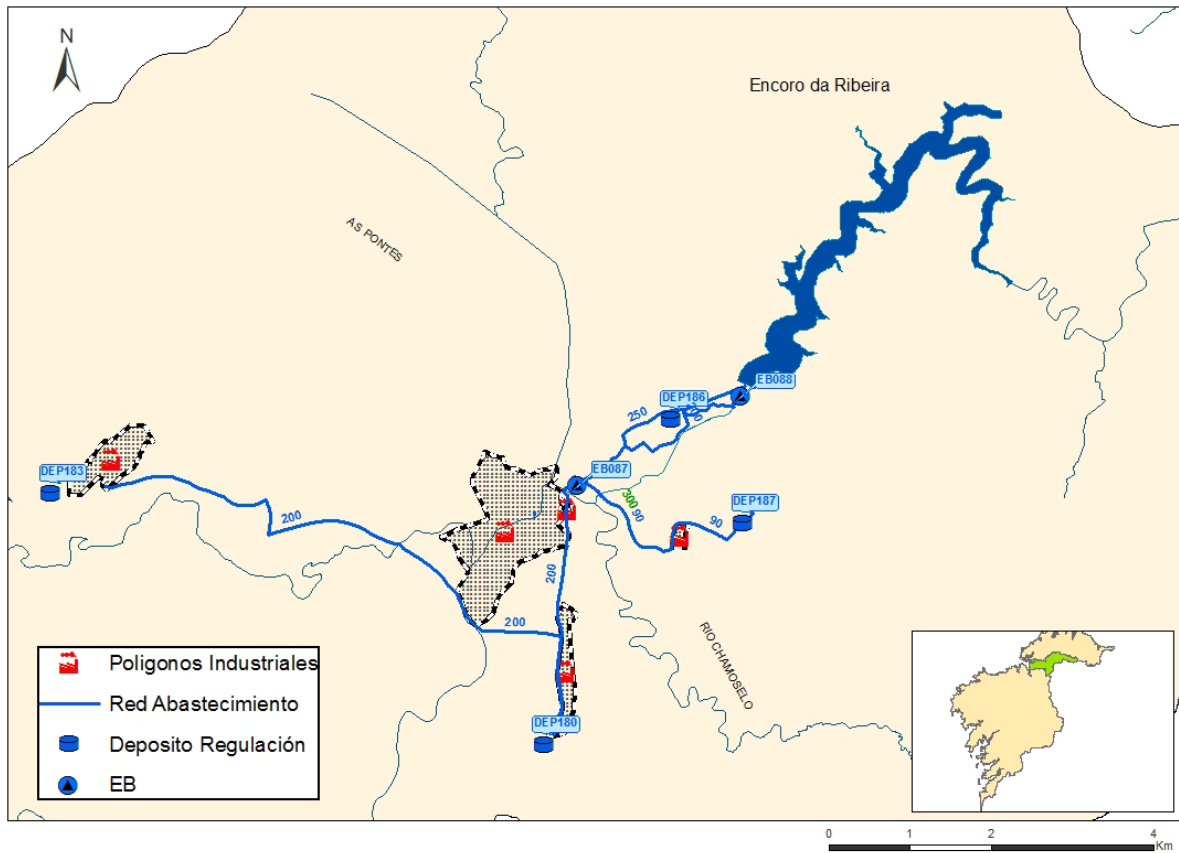


Fig. 4. UDIs As Pontes de García Rodríguez

La UDI restante corresponde al polígono industrial ubicado en Pontedeume, que se abastece mediante toma de agua superficial aguas abajo del Embalse del Eume. En la siguiente figura se muestra su localización.

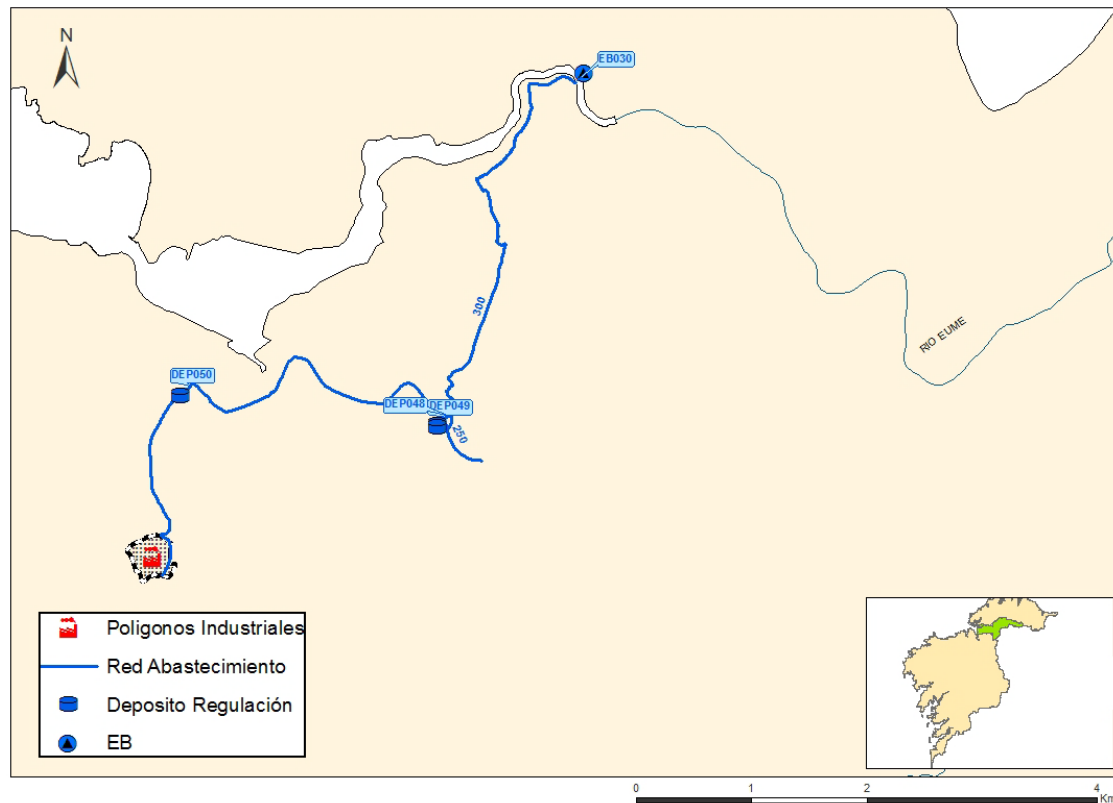


Fig. 5. UDI Pontedeume

### 5.3.6. DEMANDA AMBIENTAL

La demanda ambiental para las masas de agua superficial se ha estimado mediante métodos hidrológicos, calculándola como un 18,2% del caudal natural medio mensual. Estos caudales ecológicos fueron definidos en el PHGC 2009-2015.

NOMBRE	CÓDIGO MASA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG O	SEP
RIO BAXOI OU ANDURIÑA	ES.014,N R.108,00 0,02,00	0,363	0,530	0,671	0,736	0,648	0,647	0,604	0,518	0,373	0,363	0,363	0,351
RIO BAXOI OU ANDURIÑA	ES,014,N R,108,00 0,01,00	0,189	0,237	0,359	0,396	0,333	0,347	0,295	0,273	0,190	0,189	0,189	0,183
RIO EUME	ES,014,N R,101,00 0,07,00	4,502	6,201	8,879	9,690	8,267	8,063	6,937	6,649	5,047	4,502	4,502	4,357
ENCORRO DO EUME	ES,014,M R,101,00 0,05,00	4,196	6,004	8,257	8,986	7,679	7,466	6,500	5,936	4,553	4,196	4,196	4,061
RIO EUME	ES,014,N R,101,00 0,04,00	2,799	3,885	5,635	5,966	5,210	5,213	4,550	3,953	3,005	2,799	2,799	2,709

NOMBRE	CÓDIGO MASA	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
ENCORO RIBEIRA	ES,014,MR,101,000,03,00	1,476	1,940	2,722	2,974	2,726	2,674	2,320	2,151	1,656	1,476	1,476	1,428
RIO EUME	ES,014,NR,101,000,02,02	1,166	1,628	2,056	2,383	2,024	2,118	1,851	1,647	1,293	1,166	1,166	1,128
RIO EUME	ES,014,NR,101,000,02,01	0,691	0,966	1,230	1,404	1,260	1,298	1,093	0,973	0,759	0,691	0,691	0,668
RIO EUME	ES,014,NR,101,000,01,00	0,284	0,376	0,499	0,554	0,526	0,521	0,459	0,397	0,308	0,284	0,284	0,274
RIO DE SAN BARTOLOME	ES,014,NR,101,057,01,00	0,168	0,247	0,315	0,345	0,296	0,292	0,248	0,252	0,192	0,168	0,168	0,163
RIO FRAI BERMUZ	ES,014,NR,101,047,01,00	0,416	0,610	0,716	0,843	0,744	0,697	0,667	0,600	0,444	0,416	0,416	0,402
REGO DE CURROS	ES,014,NR,101,047,08,00	0,107	0,128	0,170	0,191	0,171	0,181	0,163	0,159	0,124	0,107	0,107	0,103
RIO CHAMOS ELO	ES,014,NR,101,031,01,00	0,294	0,392	0,553	0,590	0,540	0,514	0,457	0,395	0,295	0,294	0,294	0,284
REGO DE REBORDILLE	ES,014,NR,101,046,01,00	0,141	0,183	0,268	0,307	0,252	0,253	0,226	0,206	0,150	0,141	0,141	0,137
RIO MACIÑEIRA	ES,014,NR,101,038,01,00	0,184	0,274	0,352	0,396	0,318	0,320	0,291	0,256	0,190	0,184	0,184	0,178
AS PONTES	ES,014,MR,101,036,01,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RIO PONTE DA PEDRA	ES,014,NR,101,036,03,00	0,181	0,234	0,340	0,400	0,368	0,369	0,309	0,285	0,213	0,181	0,181	0,175

Tabla 19: Caudales Ecológicos Hm<sup>3</sup>/mes





#### 5.4. TRASVASES

El sistema cuenta con dos trasvases provenientes del S.E. número 14. Uno abastece a la UDU de Ares y proviene de la ETAP de Catabois. Cede un volumen de  $0,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

El segundo trasvase proviene del río Lambre y abastece al municipio de Miño.

También cuenta con un trasvase proveniente del S.E. número 16, que abastece a la UDU de Muras y toma las aguas del río Sor. Cede un volumen de  $0,14 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

## 6. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DE DISEÑO

De los 19 sistemas de explotación existentes, en el Plan Hidrológico Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa (2009-2015), sólo se simuló la gestión de los recursos hídricos en 7 de ellos. Para el resto de sistemas se realizaron balances simples, como es el caso del sistema de explotación de la cuenca del río Eume.

Si bien, para la cuenca del río Eume, no se simuló la gestión de los recursos hídricos, sí se definieron unos esquemas en los que se mostraban las principales demandas y elementos de regulación en la cuenca. Para el diseño y comprensión del sistema de explotación, en el presente trabajo, se ha utilizado tanto el esquema de la cuenca y la información se incluyó en el PHCG (2009-2015), como otra información más actualizada. Para el conocimiento de los puntos de retorno y la ubicación de las tomas de demanda se ha comprobado también los esquemas existentes en el “Plan Agua” de Galicia.

El “Plan Agua”, es un plan que elaboró el organismo autónomo Augas de Galicia, con un horizonte temporal que alcanzó el año 2025. En este plan se establecieron criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y sirvió para definir la política a seguir en materia de aguas para el consumo de la población en el territorio gallego. En este plan se definieron los esquemas de abastecimiento de agua por municipio, tanto los existentes como la previsión de ampliaciones. Se ha utilizado esta información para definir el diseño del sistema en Aquatool y conocer la ubicación de las tomas de demanda y mejorar el entendimiento del sistema.

En base a esta información y a datos actualizados, que se detallan en los siguientes apartados, se ha definido el esquema del sistema de explotación del Río Eume y Ria de Ares, con el programa Aquatool, que se presenta en la siguiente figura.





## 6.1. REGLAS DE ASIGNACIÓN EL AGUA

Las demandas existentes en este sistema de explotación se han priorizado de la siguiente manera:

1. Demanda Urbana
2. Demanda Ambiental
3. Demanda Ganadera
4. Demandas Industriales
5. Demanda Energía Hidroeléctrica

Se ha dado prioridad al abastecimiento superficial respecto al subterráneo, para el caso del mismo tipo de demanda.

Los caudales ecológicos se han incluido como restricciones de caudal mínimo en las conducciones. Se han incluido reglas de operación para el cumplimiento de caudales ecológicos en las demandas subterráneas para aquellos casos en los que se han incluido relaciones río-acuífero. Estas restricciones no se han incluido para las demandas urbanas, puesto que se han considerado prioritarias al cumplimiento de los caudales ecológicos.

## 6.2. DEMANDAS

### 6.2.1. DEMANDA URBANA

La estimación de las demandas urbanas de agua se ha realizado utilizando las dotaciones recomendadas para usos urbanos en las Instrucciones Técnicas para las Obras Hidráulicas en Galicia (Augas de Galicia, 2009).

Se ha utilizado la información del Plan Hidrológico 2009-2015, que clasifica a los municipios de la Demarcación en Residencial-Turístico (RT), Industrial-Energía (IE), Sector Primario (SP) o Área Urbana (AU). Se ha asignado a cada una de esas tipologías un nivel de actividad industrial comercial:

- Residencial-Turístico (RT): actividad industrial comercial media
- Industrial-Energía (IE): actividad industrial comercial alta
- Sector Primario (SP): actividad industrial comercial baja
- Áreas urbanas (AU): actividad industrial comercial media

Con esta información y los datos de población de cada municipio se establece una dotación teórica por habitante y día para cada uno de ellos, con base en las indicaciones de las Instrucciones Técnicas para Obras Hidráulicas en Galicia (ITOHG):

POBLACIÓN	DOTACIONES (l/d)		
	ACTIVIDAD INDUSTRIAL COMERCIAL		
	ALTA	MEDIA	BAJA
<2000 hab	210	195	180
2000-10000 hab	270	240	210
10000-50000 hab	300	270	210
50000-250000 hab	350	310	240
>250000 hab	410	370	280

Tabla 20: Dotación urbana (l/persona/día) según la población del municipio

*(Augas de Galicia, 2009)*

Dentro de esta dotación urbana se incluyen los usos domésticos, industriales urbanos, comerciales urbanos y municipales, así como las pérdidas del sistema. La población

considerada es la población equivalente, que incluye la población permanente, la estacional por segunda vivienda y la ocupación turística.

El cálculo de los habitantes tanto permanente como la población estacional y el turismo se ha calculado a través de los datos del IGE 2013.

La población estacional se calcula según las viviendas secundarias existentes y asignando una media de 3 habitantes por vivienda y el turismo según las plazas turísticas (Hoteles, casas rurales, camping, etc.) existentes en el municipio. Los datos resultantes de los municipios considerados en este sistema son los siguientes:

MUNICIPIO	POBLACIÓN PERMANENTE	POB. Estacional Viv. Sec. 2013	POB. TUR 2013
<b>Ares</b>	5801	3294	155
<b>Cabanas</b>	3287	2019	268
<b>Miño</b>	5786	4419	372
<b>Monfero</b>	2109	147	89
<b>Pontedeume</b>	8213	2552	330
<b>Pontes de García Rodríguez, As</b>	10564	518	53
<b>Vilarmaior</b>	1247	171	8
<b>Murás</b>	723	45	0

Tabla 21: Población existente en el Sistema de Explotación. 2013

Para el cálculo de la demanda total de agua por año se ha aplicado un consumo de 365 días al año a la población permanente y de 122 (4 meses) a la población estacional y turismo. Las dotaciones utilizadas por municipio son las recomendadas para usos urbanos en las Instrucciones Técnicas para las Obras Hidráulicas en Galicia, explicado anteriormente. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Nombre Municipio	Segmento Poblacional	TIP O MUN	Cog Tipo	DOT (l/día.hab)	Demanda Población Permanente Hm <sup>3</sup> /Año	Demanda Turismo +Pob.Est Hm <sup>3</sup> /Año	Demanda TOTAL Hm <sup>3</sup> /Año
Ares	b	RT	2	240	0,508	0,101	0.609
Cabanas	b	IE	1	270	0.324	0,075	0,399
Miño	b	RT	2	240	0,507	0,140	0,647
Monfero	b	SP	3	210	0,162	0,006	0,168
Pontedeume	b	RT	2	240	0,719	0,084	0,804
Pontes de García Rodríguez, As	c	IE	1	300	1,157	0,021	1,178
Vilarmaior	a	SP	3	180	0,082	0,004	0,086
Muras	a	SP	3	180	0,048	0	0,048

Tabla 22: Demandas de agua por municipio. 2013

### Origen del agua para demandas urbanas

Para conocer la toma de cada demanda, se han utilizado los esquemas de abastecimiento por municipio existentes en el Plan Auga.

Por otro lado, es característico en toda la Demarcación de Galicia Costa, la existencia de autoabastecimiento. Existen en prácticamente todos los municipios un porcentaje de población que se abastece de las redes de distribución municipales y otro porcentaje que se abastece mediante traídas vecinales o pozos privados.

Es por ello que se conoce que el autoabastecimiento es una realidad en la Demarcación y por ello en el Borrador del PHGC2015-2021, del segundo ciclo de planificación hidrológica, se incluyó una referencia al autoabastecimiento, pero no se tuvo en cuenta en los cálculos. Para evaluar los porcentajes de autoabastecimiento se han analizado las fuentes de información disponibles para evaluarlo:



- Instituto Galego de Estatística: Datos sobre población conectada a redes de abastecimiento por concello (2012)
- PHGC 2009-2015
- Plan Auga

Se han analizado los datos de esas fuentes a nivel municipal. En el PHGC 2009-2015, a pesar de que muchos sistemas de explotación no se modelizó la gestión de los recursos hídricos, se analizaron los porcentajes de población abastecida por redes municipales y aquellos que no.

Se ha observado que el porcentaje de autoabastecimiento proporcionado por el IGE por municipio es en general sensiblemente más bajo que el del PHGC 2009-2015 y el del Plan Auga. Se ha tomado como referencia la información del IGE, por ser la más reciente, y en los municipios en los que no está disponible se utiliza del PHGC 2009-2015. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis.



Nombre Municipio	Datos de 2012 (IGE)					Datos PHGC 2009-2015 (Pob 2005)		Datos del Plan Auga (Pob. 2006)				
	Habitantes			%Pob. Abastecida	% Pob. Autoabastecida	%Pob. Abastecida	% Pob. Autoabastecida	Habitantes			%Pob. Abastecida	% Pob. Autoabastecida
	Con servicio	Sen servicio	Total					Totales	Con servicio	Sin servicio		
<b>Ares</b>	3620	2130	5750	63%	37%	60%	40%					
<b>Cabanas</b>	1305	1622	2927	45%	55%	46%	54%					
<b>Miño</b>	5332	129	5461	98%	2%	78%	22%					
<b>Monfero</b>	..	..		-	-	17%	83%	3069	144	2925	5%	95%
<b>Pontedeume</b>	..	..		-	-	62%	38%	12145	10951	1194	90%	10%
<b>Pontes de García Rodríguez, As</b>	10472	306	10778	97%	3%	70%	30%					
<b>Vilarmaior</b>	670	281	951	70%	30%	0%	100%	1835	526	1309	29%	71%

Tabla 23: Población con servicio y sin servicio municipal de abastecimiento.

El municipio de Murás no se incluye porque se ha considerado que toda la demanda urbana se abastece a través del trasvase.

Los valores de los porcentajes de autoconsumo utilizados han sido los del IGE, exceptuado los municipios de Monfero y Pontedeume que se han utilizado los datos del PHGC 2009-2015, por no existir otros más coherentes. Todo el autoconsumo se ha asignado a fuentes subterráneas.

### 6.2.2. DEMANDA GANADERA

Las dotaciones utilizadas para la demanda ganadera han sido las recomendadas por las Instrucciones Técnicas para las Obras Hidráulicas en Galicia.

	Dotación l/cabeza día
Bovino	90
Ovino	15
Porcino	50
Aves	0,5
Equino	90

Fuente: Instrucciones Técnicas para las Obras Hidráulicas en Galicia (Augas de Galicia, 2009)

Tabla 24: Dotaciones por tipo de cabeza de ganado

El número de cabezas de ganado por municipio y sistema de explotación se ha obtenido a través del Registro de Explotaciones Ganaderas de Galicia (REGA), que contiene datos de cada una de las explotaciones de la Demarcación. Los resultados se han presentado en la tabla del apartado de Demanda Ganadera en la Descripción de la Cuenca.

### 6.2.3. DEMANDA INDUSTRIAL

Para valorar aquellas demandas industriales que cuentan con tomas propias y no han sido valoradas en la demanda urbana. Se ha utilizado la información procedente de las siguientes fuentes de información:

- Plan Hidrológico de Galicia-Costa 2009-2015.
- Estudio sobre infraestructuras de abastecimiento y saneamiento en zonas industriales de Galicia.
- Información sobre polígonos en funcionamiento proporcionada por el Instituto Galego de Vivenda e Solo (IGVS), actualizada a 2013
- Información de facturación del Canon del Agua para captaciones propias en el año 2013

La información del IGVS es la más actualizada en cuanto a polígonos existentes. Proporciona localización y superficie de las zonas industriales de Galicia. En cuanto al Estudio sobre infraestructuras de abastecimiento, proporciona información sobre localización y delimitación de polígonos industriales, superficie y demanda (utilizando las dotaciones propuestas en las ITOHG: 21,6, 43,2, 87,4 m<sup>3</sup>/Ha día, según el tipo de actividad). Las dotaciones propuestas por las ITOHG son las siguientes:

Tipo de industria y/o comercio	Dotación (l/s ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha día)
Bajo consumo de agua	0,25	21,6
Consumo medio de agua	0,5	43,2
Alto consumo de agua	1	86,4

*Fuente: Instrucciones Técnicas para las Obras Hidráulicas en Galicia (Augas de Galicia, 2009)*

Tabla 25: Dotaciones por tipo de tipo de Industria

En la siguiente tabla se muestra el resultado de las demandas de la Industria en el sistema de explotación de estudio, la fuente de información dónde se encontraba registrada la Industria, e información adicional.

NOMBRE ÁREA EMPRESARIAL	FUENTE DEL DATO	MUNICIPIO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	DEMANDA (Hm <sup>3</sup> /año)	DOTACIÓN (m <sup>3</sup> /Ha.día)	FUENTE
POLÍGONO INDUSTRIAL DE OVIDREIRO	IGVS	Pontedeume	113.266	0,179	43,2	Superficial
POLÍGONO INDUSTRIAL OS AIRÍOS (AMPLIACIÉN)	IGVS	Pontes de García Rodríguez (As)	229.700	0,362	43,2	Superficial
POLÍGONO INDUSTRIAL OS AIRÍOS	IGVS	Pontes de García Rodríguez (As)	232.508	0,367	43,2	Superficial
PARQUE EMPRESARIAL DE PENAPURREIRA I - FASE C	IGVS	Pontes de García Rodríguez (As)	325.000	0,512	43,2	Superficial
PARQUE EMPRESARIAL DE PENAPURREIRA I - FASE B	IGVS	Pontes de García Rodríguez (As)	194.946	0,307	43,2	Superficial
PARQUE EMPRESARIAL DE PENAPURREIRA I - FASE A	IGVS	Pontes de García Rodríguez (As)	250.592	0,395	43,2	Superficial
CRUZ DAS CABEZAS	Estudio infr. Abastecimiento y saneamiento	Pontes de García Rodríguez (As)	43.630	0,0694	43,6	Superficial
ZI - A BALSA	Estudio infr. Abastecimiento y saneamiento	Pontes de García Rodríguez (As)	18.979	0,0284	41,0	Superficial

Tabla 26: Resultados Demandas Industriales en el S.E

Para el caso de las Demandas Hidroeléctricas y la central Térmica, se han utilizado los datos existentes en el PHGC 2009-2015, que son los existentes en las concesiones de los aprovechamientos.



### 6.3. APORTACIONES

Para el cálculo de las aportaciones se han utilizado los datos del modelo SIMPA (Simulación Precipitación-Aportación). Este es un modelo hidrológico que se ha denominado cuasidistribuido, pues integra un modelo agregado para cada una de las subdivisiones de la cuenca. Ha sido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural, desarrollado por el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) durante la elaboración del Libro Blanco del Agua en España.

Lleva a cabo una modelación distribuida de los componentes básicos del ciclo hidrológico con periodo temporal. Se simula el proceso de generación de la escorrentía a partir de información meteorológica y de las características de las cuencas, permitiendo estimar los caudales medios mensuales en régimen natural en cualquier punto de la red hidrográfica de una cuenca.

A partir de las precipitaciones, las evapotranspiraciones potenciales y los parámetros hidrológicos, el modelo obtiene como resultado capas Raster con celdas de 1 km<sup>2</sup> de los distintos almacenamientos, humedad en el suelo y volumen de acuífero, y de las variables de salida del ciclo hidrológico, evapotranspiración y escorrentía total, obtenida esta última como suma de la escorrentía superficial y la subterránea. Los caudales mensuales, en cada intervalo de tiempo, se obtienen integrando la escorrentía total en las cuencas vertientes a los puntos de simulación.

Para el PHGC 2009-2015, se obtuvieron estos datos para el análisis de los recursos hídricos, con las series hasta el año 2005/06. Para este estudio, se ha actualizado la información al año 2011/12.

El método utilizado para calcular los valores de la aportación mensual a fin de masa para este Trabajo de Fin de Master, ha sido mediante la herramienta de acumulación



de flujo con el sistema de información geográfica ARC GIS. La herramienta Acumulación de flujo en ARCGIS, calcula el flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida. El resultado de Acumulación de flujo es un ráster de flujo acumulado para cada celda, determinado por la acumulación del peso de todas las celdas que fluyen hacia cada celda de pendiente descendente.

Tal y como se ha explicado, del modelo SIMPA se obtienen, entre otros, una capa ráster de aportación específica de escorrentía total. Es decir, una capa para cada mes desde la serie 1940/41-2011/12 en la que en cada celda tiene información sobre el caudal específico, sin considerar el flujo aguas arriba. Estas capas ráster han sido facilitadas por el CEDEX. Por ello, se han acumulado los flujos específicos de cada mediante la herramienta Acumulación de flujo con las direcciones de drenaje de la cuenca. Las celdas con dirección de flujo indefinida sólo reciben un flujo; no contribuirán a ningún flujo aguas abajo. Dado que las celdas de salida con una acumulación de flujo alta son áreas de flujo concentrado, de los resultados de la acumulación de flujo se pueden identificar los ríos o zonas de flujo preferente en la cuenca.

Para facilitar el proceso de cálculo y sistematizar la obtención de los datos de flujo acumulado en los puntos finales de cada masa de agua, se ha utilizado la herramienta Model Builder en ArcGIS.

Tal y como se ha explicado anteriormente, ya en los estudios realizados, para el PHCG 2009-2015, de contraste entre aportaciones del modelo SIMPA y los datos medidos por los aforos en régimen natural, se observaron algunas diferencias, por lo que se realizó un ajuste a los datos de escorrentía del modelo, para que reprodujeran mejor los datos observados. A esta variación se le ha llamado SIMPA Modificado. Los datos resultantes de la actualización a series de aportaciones hasta el año 2012 del modelo



SIMPA, realizados en el marco de este TFM, han sido ajustados con la misma metodología utilizada en el PHGC 2009-2015 del SIMPA modificado. Por ello las series han sido actualizadas a lo que se ha llamado SIMPA modificado y han sido las consideradas en el modelo.

#### **6.4. RETORNOS**

Los retornos al medio natural incluyen tanto las pérdidas físicas como el volumen que retorna a través de los sistemas de evacuación de aguas residuales. A falta de datos medidos, se han tomado los retornos recomendados por la IPH, siendo:

- Demandas Urbanas: 80%
- Demandas Industriales: 80%
- Demanda Ganadera/Agraria: 20%

Los puntos de retorno se han definido según la información disponible en el Plan Agua y el PHGC 2009-2015.

#### **6.5. TRASVASES**

Se ha utilizado la información disponible en el PHGC 2009-2015. Los trasvases existentes satisfacen algunas de las demandas, en concreto a los municipios de Murás, Miño y Ares.

#### **6.6. CAUDALES ECOLOGICOS**

Tal y como se hizo en el PHGC 2009-2015, los caudales ecológicos se han calculado como un 18,2% del caudal natural medio mensual, para la serie corta, es decir desde el año hidrológico 1980/81. Para este trabajo se ha actualizado la información del PHCG



2009-2015, que disponía de series hasta 2005/06, con la series de aportaciones hasta el año 2011/12.

## 6.7. REGLAS DE OPERACIÓN

Además de las reglas de operación que se han definido en cada uno de los elementos de forma individual, como caudales mínimos, volúmenes mínimos de embalse, prioridades en las demandas, etc., se han incluido dos reglas de explotación particulares para los dos acuíferos existentes, con el objetivo de limitar las demandas que tienen una prioridad menor que los caudales ecológicos a su cumplimiento.

El criterio de evaluación utilizado para las reglas de explotación ha sido “Umbral variable mensual”. Este criterio se interpola en el proceso iterativo para que el resultado de las sueltas no descienda por debajo del “umbral” dado para cada mes.

Los elementos definidos sobre los que se calcula la regla de operación han sido las aportaciones que afectan a cada masa de agua y la curva que se ha dado han sido los caudales ecológicos para la última masa de agua con relación con los acuíferos.

Se han incluido estas reglas de explotación a las tomas de unidades de demanda de agua subterránea con una prioridad menos que el caudal ecológico, que para el caso del sistema de explotación de estudio han sido las ganaderas.

## 6.8. ACUIFEROS

Este sistema de explotación se ubica sobre tres masas de agua subterráneas “As Pontes”, “Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol” y “Eume”.

Según los estudios realizados en el inventario de recursos, se ha estimado que los recursos renovables anuales de estas masas son 13 hm<sup>3</sup>/año, para el caso de “As Pontes”; 204 hm<sup>3</sup>/año la masa de agua subterránea de “Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol”



y 127 hm<sup>3</sup>/año la MAS “Eume”. Las masas “As Pontes” y “Eume” se encuentran ubicadas íntegramente en el sistema de explotación, sin embargo “Coruña-Betanzos-Ares-Ferrol” es una gran masa de agua que abarca varios sistemas.

La masa de agua de As Pontes es una masa pequeña, con pocas demandas de agua, por lo que no se ha considerado en este estudio.

El modelo de acuífero utilizado para la simulación de este sistema ha sido Unicelular, para las dos masas de agua consideradas. Este tipo supone un acuífero conectado hidráulicamente con el sistema superficial, con un coeficiente de desagüe,  $\alpha$  que sirve para definir las relaciones río-acuífero. Los valores de este coeficiente se han utilizado en la calibración que se explica más adelante.

## 6.9. EMBALSES

Para realizar la estimación de las pérdidas por evaporación de los embalses existentes en la cuenca, se han utilizado los ráster resultados del Modelo SIMPA en los que se da la evaporación real por celda y se ha calculado la medida de área que ocupa cada uno de los embalses, para cada mes. Posteriormente se han analizado las series disponibles para mismos meses y se ha calculado la media de todos, obteniendo los siguientes resultados de pérdidas por evaporación:

MES	Tasas Evaporación Embalse Ribiera (mm)	Tasas Evaporación Embalse Eume (mm)
Oct	52,08	54,24
Nov	34,49	34,99
Dic	30,07	30,22
Ene	28,81	29,29
Feb	40,59	41,63
Mar	56,46	60,27
Abr	69,36	76,98
May	82,29	91,46
Jun	103,85	114,74
Jul	109,80	120,10

MES	Tasas Evaporación Embalse Ribiera (mm)	Tasas Evaporación Embalse Eume (mm)
Ago	103,90	112,67
Sep	80,98	85,917

Tabla 27: Tasas de evaporación de los embalses (mm/mes)

Para el cálculo de los volúmenes máximos y mínimos de los embalses se han analizado tanto las fichas técnicas de cada uno de los dos embalses, como las series de datos históricos de volúmenes almacenados. Llegando a los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Volúmenes máximos mensuales (Hm <sup>3</sup> )		
MES	Embalse Ribiera	Embalse Eume
Oct	32,8	125,94
Nov	32,8	125,94
Dic	32,69	125,94
Ene	32,8	125,94
Feb	32,69	125,94
Mar	32,8	125,94
Abr	32,8	125,94
May	32,54	125,94
Jun	32,39	121,02
Jul	31,64	119,72
Ago	30,99	118,28
Sep	30,45	115,13

Tabla 28: Volúmenes máximos de los embalses (mm/mes)

Los volúmenes mínimos y los objetivos se han adaptado para realizar las simulaciones y la calibración.

Las tasas de infiltración de los embalses se han utilizado para realizar las calibraciones y se explicarán en el respectivo apartado de calibración.

En cuanto a la relación entre los volúmenes y cotas de los embalses se ha extractado la información de sus respectivas fichas técnicas.

Relación cota/superficie/volumen embalse Eume		
Cota	Superficie (Ha)	Volumen (Hm3)
225	0	0,001
244	63,46	1,63
254	96,86	4,08
265	133,6	9,3
275	167	17,5
285	200,4	29,25
295	233,8	48
305	267,38	74,2
315	327,73	109,5
321	366,59	135,91

Tabla 29: Relación cota/superficie/volumen embalse Eume

Relación cota/superficie/volumen embalse Ribiera		
Cota	Superficie (Ha)	Volumen (Hm3)
376,8	57,5	5,25
380	73,79	7,22
382,6	88,46	9,28
385,3	105,0	11,63
387,9	122,14	14,51
390,7	141,88	17,78
393,3	161,37	21,45
397	190,94	27,07
399,8	214,69	31,6
402,35	236,94	36,40

Tabla 30: Relación cota/superficie/volumen embalse Ribiera



## 7. CALIBRACIÓN DEL MODELO

### 7.1. DATOS DISPONIBLES PARA LA CALIBRACIÓN

El proceso de calibración de un modelo se centra en minimizar las diferencias entre los datos observados y los datos simulados. En este proceso se identifican los valores de los parámetros del modelo para los cuales la serie de datos simulado se ajusta de manera óptima a la serie de datos observados y tras el proceso, se evalúa la bondad del modelo.

La realidad de la gestión de los recursos hídricos y de su modelización es que en gran multitud de ocasiones no se cuenta con series de datos adecuadas, por lo que estos procesos en muchas ocasiones resultan complicados. En España, se suelen utilizar los datos de la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA), que proporciona información de los datos de niveles y caudales en puntos aforados en ríos y embalses. Existe también otra red, la red SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica), que proporciona datos en tiempo real y que fue diseñada principalmente para el estudio de episodios de avenida, pero que actualmente se está utilizando también para mejorar la información sobre los recursos hídricos. En la Demarcación de Galicia Costa, por el momento, la red SAIH no ha sido implementada en ningún lugar de la demarcación.

En el caso de la cuenca del Eume existen dos estaciones de aforo a lo largo de río, que pertenecen a la ROEA, y que están aguas debajo de cada uno de los embalses. Estas dos estaciones han sido las utilizadas para la calibración.

Estas dos estaciones de aforo se encuentran instaladas en el cauce del río y en la siguiente tabla se muestran sus principales características:

NOMBRE	CÓDIGO	RIO	ESTADO	AÑO INICIO	TERMINO MUNICIPAL
RIBEIRANOVA	1455	EUME RIBEIRA	Alta	2008	AS PONTES DE GARCÍA RODRÍGUEZ
SANTA CRISTINA	1458	EUME AS FRAGAS	Alta	2008	MONFERO

Tabla 31: Aforos existentes en el S.E

La serie de datos disponible para ambas estaciones de aforo es muy corta, desde el año 2008 al 2011.

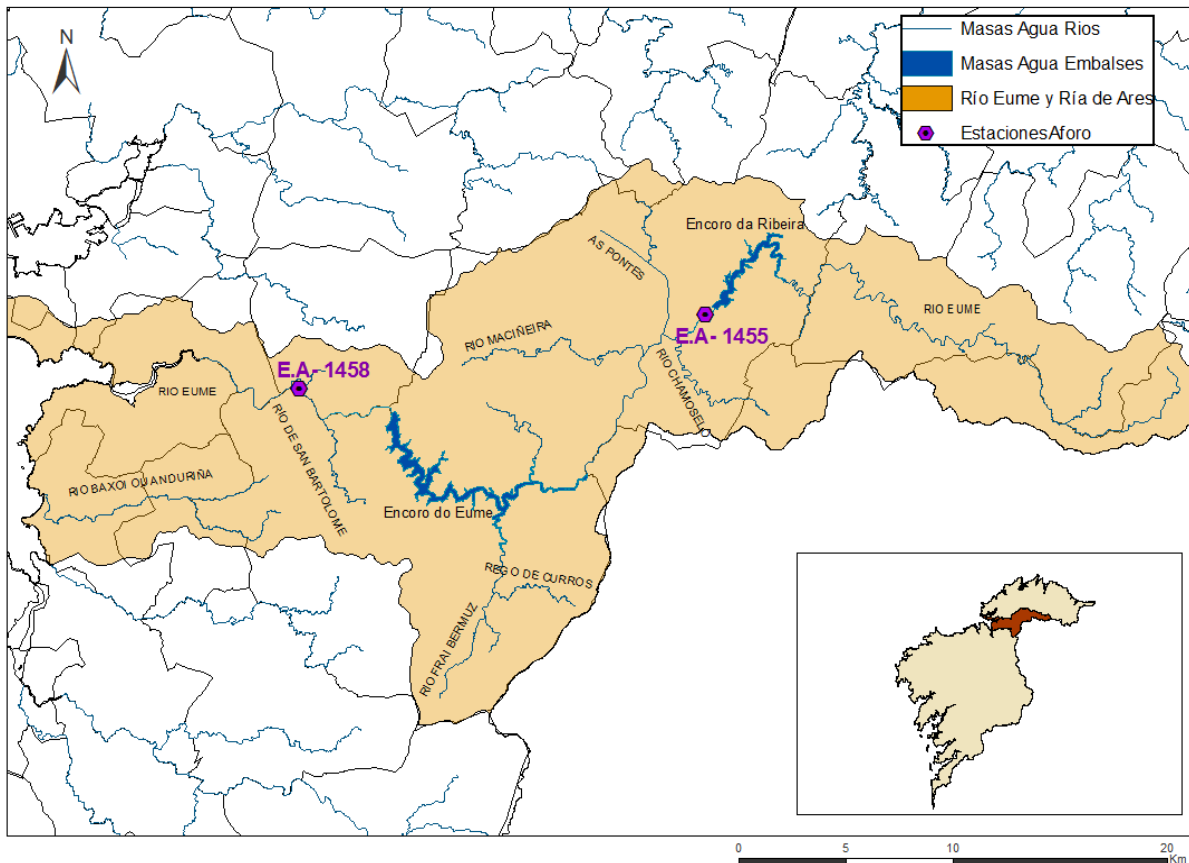


Fig. 7. Estaciones de aforo

Por otro lado para la validación se ha utilizado la serie histórica de los valores de volumen medio mensual de agua almacenada en los dos embalses de la cuenca. Se

cuenta con una serie para los dos embalses desde enero de 1981 hasta septiembre del 2012, para comparar con los resultados del modelo.

Es muy importante remarcar, que el proceso de calibración y de decisión de los valores finales a elegir, se han tenido en consideración que se cumplieran las demandas en la cuenca y que no hubiera fallos en la garantía.

El método que se ha utilizado en la calibración ha sido el “Prueba y error”, que implica un ajuste manual de parámetros basado en el criterio del investigador. A continuación se describe el proceso de calibración que se ha seguido.

## 7.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Los parámetros que se han considerado en la calibración de este modelo han sido los siguientes:

- Relaciones Río Acuífero: Los acuíferos existentes se han definido como acuíferos unicelulares y el valor  $\alpha$  (que relaciona el flujo de descarga entre el acuífero y el río) ha servido como parámetro de análisis.
- Evaporación de Embalses
- Volúmenes objetivo de los embalses.
- Infiltración en los embalses

Para comenzar con la calibración, se ha realizado un análisis de cómo los diferentes parámetros afectan a los resultados del modelo.

### 7.2.1. RELACIONES RÍO-ACUÍFERO

Los acuíferos que se han definido han sido modelo unicelular. Este modelo de acuífero está conectado hidráulicamente con el sistema superficial mediante un coeficiente de desagüe. Este coeficiente requiere un solo parámetro de funcionamiento que es el

coeficiente  $\alpha$  que regula su conexión con el río (para las conducciones conectadas con el acuífero, conducción tipo 3)

Se ha iniciado el análisis estudiando el acuífero M.A.S Coruña y la afección de su relación con el tramo del río C3-100 (Rio Baxoi ou Anduriña). A pesar de que en este tramo del río no se cuenta con datos de aforos, se ha analizado los cambios en el coeficiente  $\alpha$  en las relaciones con este tramo del río, puesto que es el único tramo del sistema conectado hidráulicamente con el acuífero. Las demás conexiones se han establecido con el acuífero Eume.

Se han realizado tres simulaciones variando tanto el coeficiente como el volumen inicial del acuífero. En concreto

- $\alpha=1$  que establece el flujo más alto entre el acuífero y el río
- $\alpha=0,2$
- Vol. Inicial del acuífero= $30 \text{ hm}^3$  y  $1000\text{hm}^3$

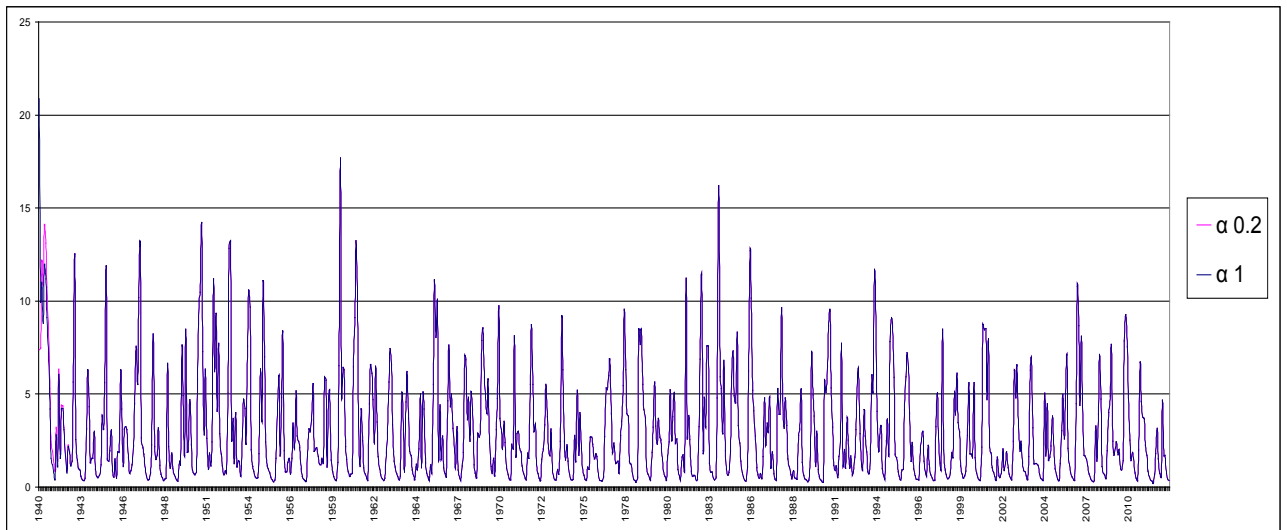


Fig. 8. Simulación tramo C3-100 variación  $\alpha$  (MAS Coruña)

De la simulación se observa como en los primeros meses de la serie, para el caso del  $\alpha$  mayor, el acuífero desagua más rápido y los caudales son mayores al principio. A partir

del segundo año las gráficas se igualan. Se destaca que el volumen inicial del acuífero es el mismo en las dos simulaciones y que los caudales no comienzan en el mismo volumen debido a las demandas subterráneas y a la simulación del sistema conjunto.

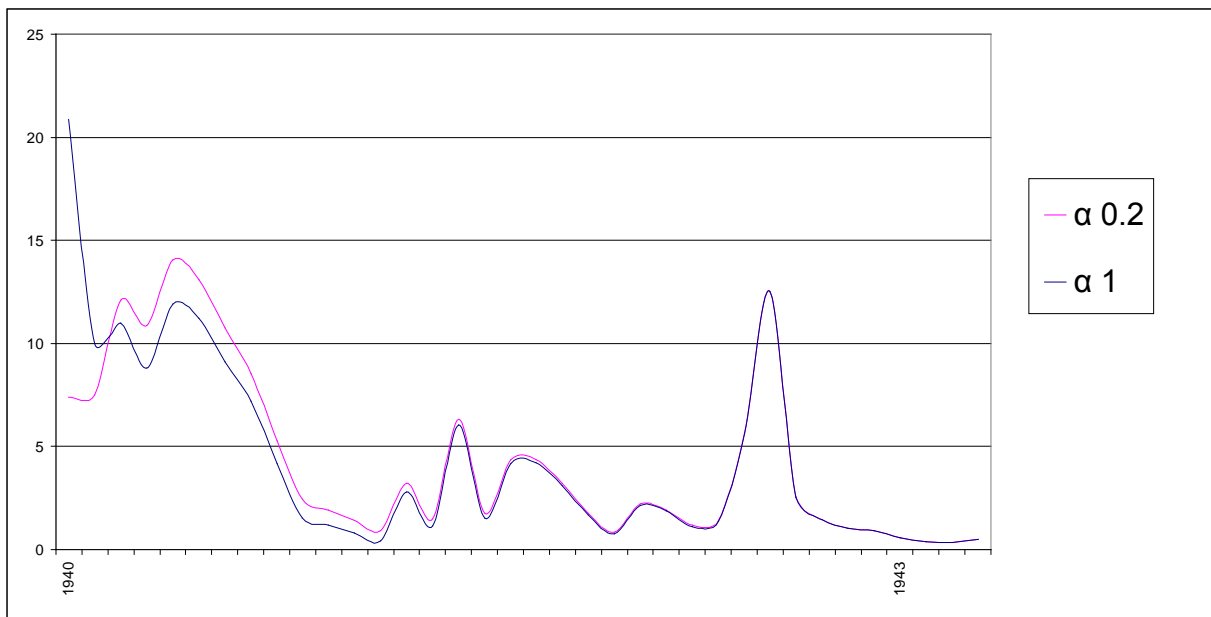


Fig. 9. Detalle años 1940-1943 cambio parámetro  $\alpha$  (MAS Coruña)

En la siguiente figura se muestra afecta en los caudales del tramo la variación del volumen inicial del acuífero. Principalmente afecta en que a mayor volumen inicial hay un flujo mayor durante os primeros años y a medida de el parámetro  $\alpha$  es más bajo este desagüe se realiza de una manera más lenta. A partir del tercer año las gráficas se iguales.



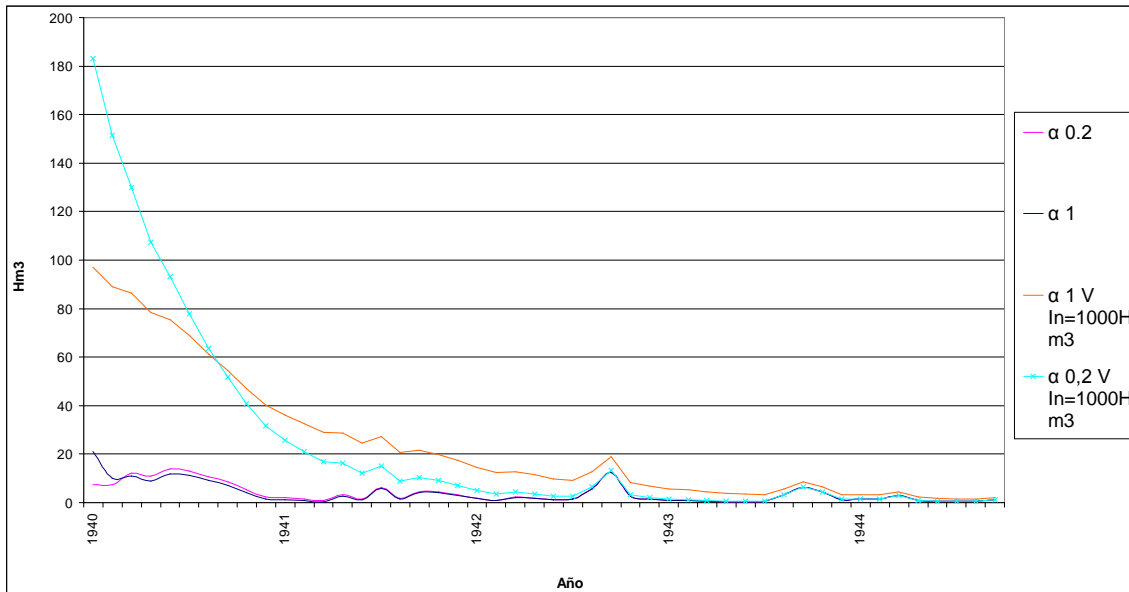


Fig. 10. Cambio  $\alpha$  y volumen inicial (MAS Coruña) 1940-1943

Se ha comprobado cómo estas variaciones no han afectado a las demandas tanto ganaderas como urbanas que se abastecen de este acuífero.

Como siguiente análisis de la afección de las relaciones río acuífero mediante el parámetro  $\alpha$  para la MAS Eume. Este acuífero se encuentra conectado hidráulicamente con cinco conducciones por lo que su afección es menor. Para analizar esta afección se ha analizado los caudales del tramo del Eume 122, porque es ahí donde se encuentra uno de las estaciones de aforo. Para este caso, sucede algo similar al anterior, la afección se observa exclusivamente en los primeros años y el comportamiento es similar al anterior. En la siguiente imagen se muestra el detalle.

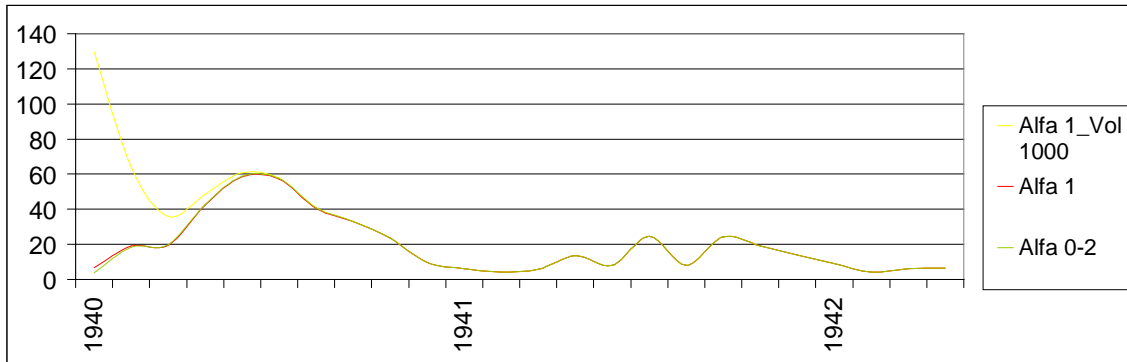


Fig. 11. Cambio  $\alpha$  y volumen inicial (MAS Eume) 1940-1942

Para la serie de datos del 2009 al 2011, para los que existe dato de esta estación de aforo, las gráficas son iguales con los cambios tanto del volumen inicial como del parámetro  $\alpha$ .

Se ha comprobado cómo estas variaciones tampoco han afectado a las demandas tanto ganaderas como urbanas que se abastecen de este acuífero. Los volúmenes almacenados en el embalse de la Ribiera, en el tramo del río aguas arriba se encuentra conectado con el acuífero, tampoco se han visto afectados. Los resultados se muestran en la siguiente imagen:

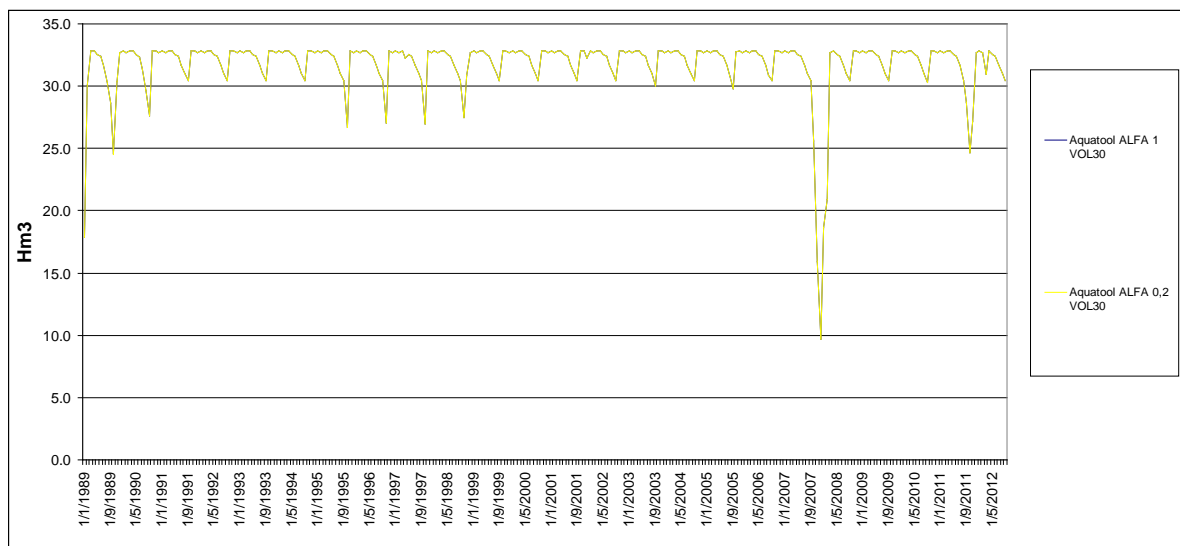


Fig. 12. Volúmenes Embalsados Ribeira (análisis parámetro  $\alpha$ )

Se concluye que los cambios en el parámetro  $\alpha$  no tiene un efecto significativo en el modelo del sistema analizado.

## 7.2.2. PERDIDAS POR EVAPORACIÓN EN LOS EMBALSES

Para realizar la estimación de las perdidas por evaporación, como se ha explicado anteriormente, se ha utilizado los resultados del modelo SIMPA y se han hecho los respectivos análisis en las áreas de los embalses y las pertinentes medias por mes de la serie de datos. Con el objetivo de evaluar la afección de la evaporación de los embalses al modelo del sistema de estudio se han simulado para el embalse de la Ribiera 3 escenarios con un aumento del 30% y del 100% de las tasas de evaporación y para el embalse del Eume la situación inicial y un aumento de la evaporación del 100%. En las dos siguientes tablas se muestran los resultados.

Análisis evaporaciones embalse Ribiera (mm/mes)			
MES	Tasas evaporación Inicial	Aumento evap 30%	Aumento evap 100%
Oct	52,08	67,71	104,17
Nov	34,49	44,84	68,98
Dic	30,07	39,09	60,14
Ene	28,80	37,44	57,61
Feb	40,58	52,76	81,17
Mar	56,46	73,40	112,92
Abr	69,35	90,16	138,71
May	82,28	106,97	164,57
Jun	103,85	135,01	207,70
Jul	109,80	142,74	219,60
Ago	103,90	135,072	207,80
Sep	80,980	105,27	161,96

Tabla 32: Tasas de evaporación de los escenarios de análisis en el E. Ribiera

Análisis evaporaciones embalse Eume (mm/mes)		
MES	Tasas evaporación Inicial	Aumento evap 100%
Oct	54,24	108,48
Nov	34,99	69,98
Dic	30,22	60,44
Ene	29,28	58,57
Feb	41,63	83,26
Mar	60,26	120,53
Abr	76,97	153,95
May	91,46	182,92
Jun	114,74	229,48
Jul	120,10	240,20
Ago	112,66	225,33
Sep	85,91	171,83

Tabla 33: Tasas de evaporación de los escenarios de análisis en el E. Eume

Tras realizar las simulaciones se han evaluado las afecciones tanto en los volúmenes de los embalses como en los caudales en los tramos de los ríos aguas debajo de los embalses.

A continuación se muestran los análisis en el embalse de la Ribiera.

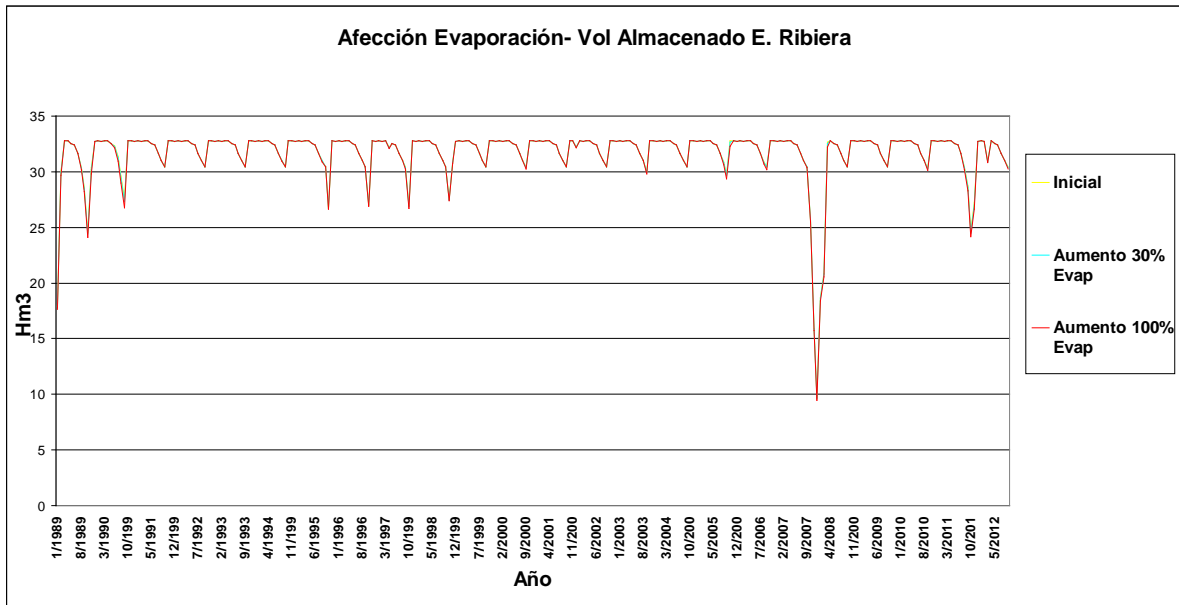


Fig. 13. Afección Evaporación- Vol Almacenado E. Ribiera

Tal y como se puede observar no existe prácticamente diferencia del cambio de las tasas de evaporación en los volúmenes embalsados, en la siguiente figura se muestra el detalle de dos años en los que se puede observar un ligero descenso de los volúmenes almacenados al aumentar las tasas de evaporación, pero que resulta muy poco significativo.

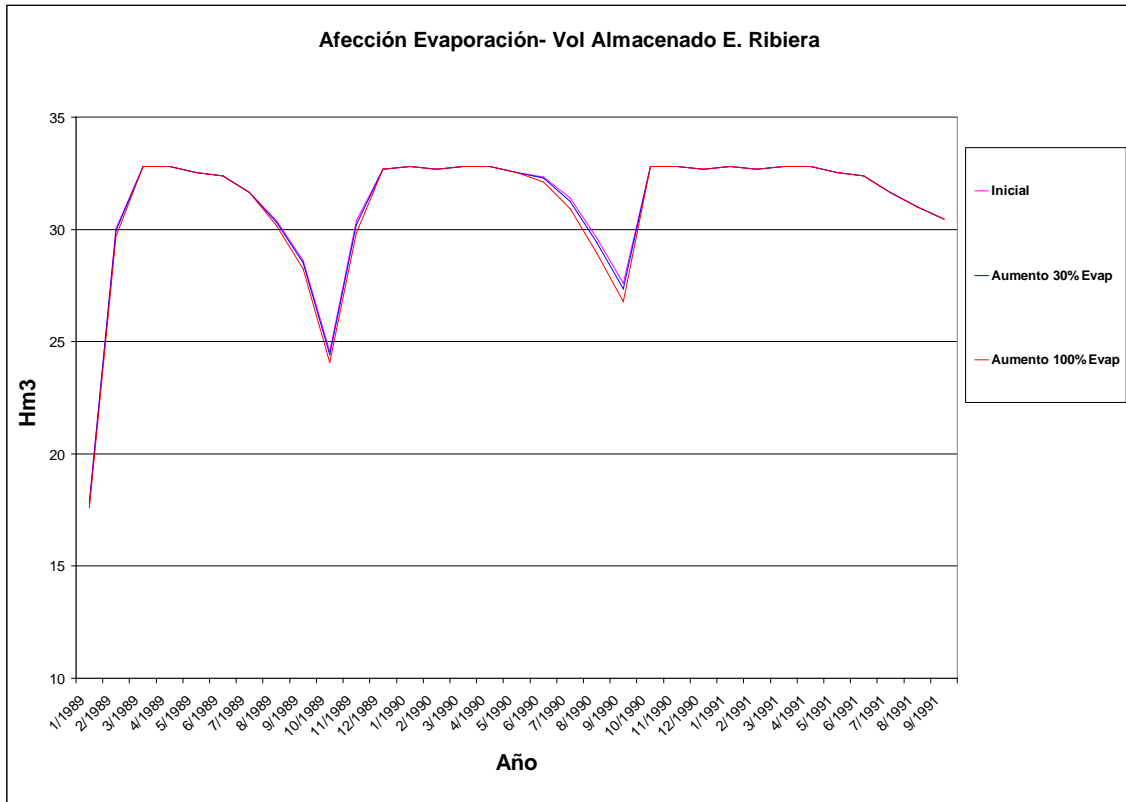


Fig. 14. Afección Evaporación- Vol Almacenado E. Ribiera (1989/1991)

De la siguiente imagen se puede observar como la reducción de los caudales en el tramo del río aguas abajo del embalse y coincidente con la estación de aforo, es muy poco significativa al aumentar las tasas de evaporación. A continuación se muestran los caudales fluyentes por el tramo del río aguas abajo del embalse, coincidente con el aforo 455.

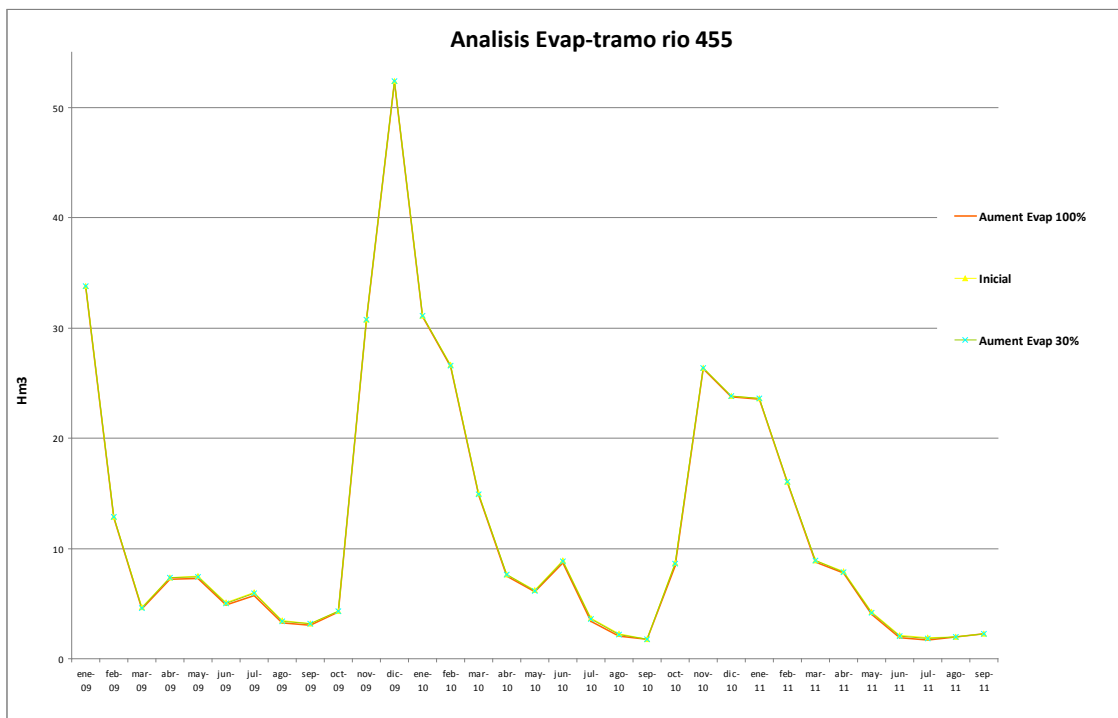


Fig. 15. Afección Evaporación- Caudal tramo aforo 455 (2009/2011)

Para el caso del Embalse del Eume los resultados han sido similares, no se aprecia ninguna afección significativa ni a los caudales fluyentes aguas abajo del embalse ni a los volúmenes almacenados. En las dos siguientes figuras se muestran las gráficas de resultados.

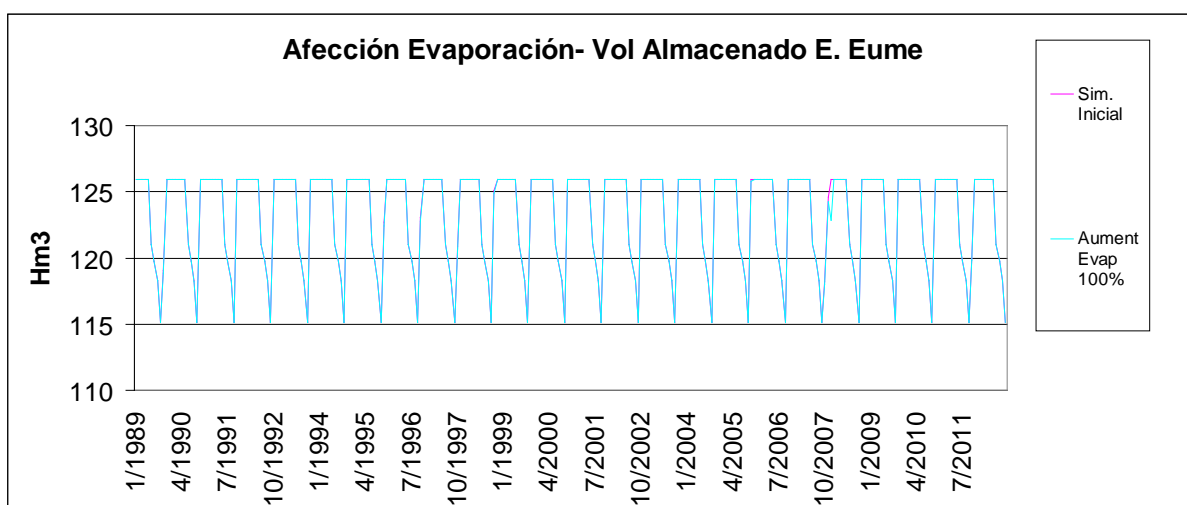


Fig. 16. Afección Evaporación- Vol Almacenado E.Eume

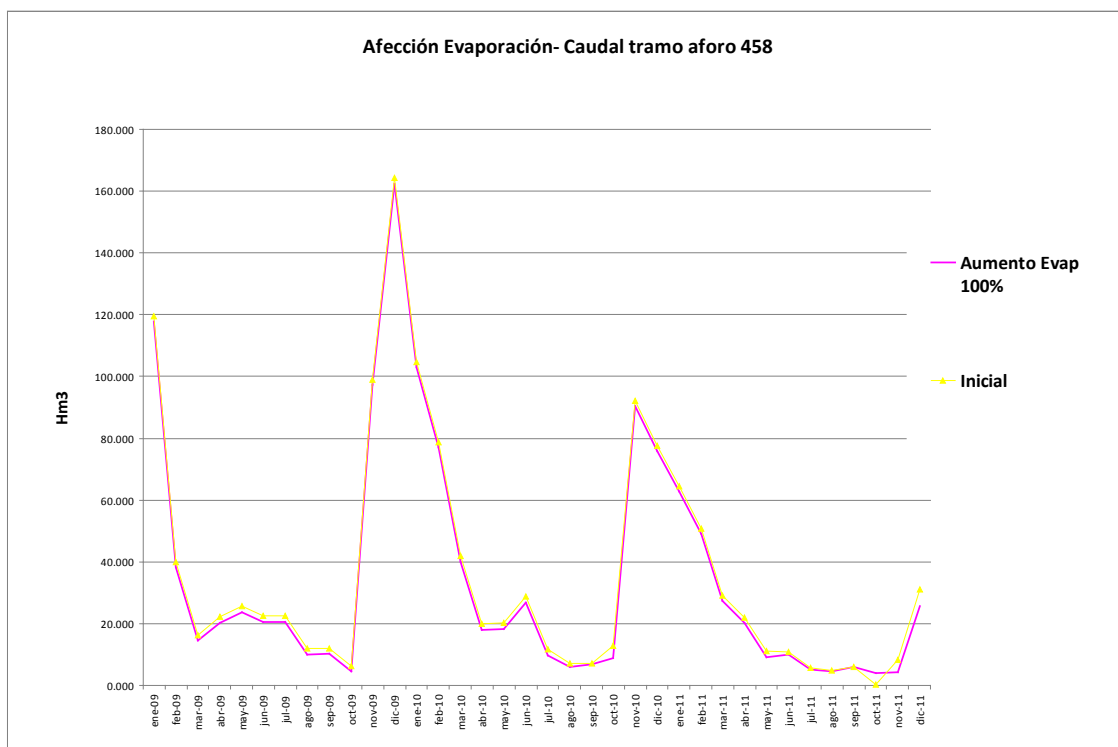


Fig. 17. Afección Evaporación- Caudal tramo aforo 458 (2009/2011)

Se concluye que los cambios en las tasas de evaporación de los embalses o tienen un efecto significativo en el modelo. Por otro tampoco ha afectado al cumplimiento de las garantías de la demanda.

### 7.2.3. VOLUMEN OBJETIVO DE LOS EMBALSES.

Se ha observado que la tendencia del modelo es a guardar la mayor parte de agua posible. En las simulaciones realizadas con unos volúmenes objetivos próximos al volumen máximo en muchas ocasiones no se cumplían algunas de las demandas. Se ha optado por definir unos volúmenes objetivos próximos al volumen mínimo para que el modelo no restringiera el cumplimiento de demandas por en virtud del volumen almacenado en el embalse. A pesar de tener definidos para los dos embalses unos volúmenes objetivos próximos al minino, se ha observado que la tendencia del modelo



es salvar agua, a pesar de que la prioridad dada a los embalses ha sido mucho menor que la utilizada en el resto de demandas.

#### 7.2.4. PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN EN LOS EMBALSES

Para el cálculo de las pérdidas por filtración en los embalses, Aquatool considera una ley del tipo:

$$P=a+bV^c$$

Donde,

- P: pérdidas instantáneas
- V: volumen instantáneo
- a, b y c son parámetros suministrados

Por ello, las pérdidas por filtración en los embalses dependen directamente del volumen embalsado.

Para simplificar el análisis de sensibilidad del modelo respecto a la infiltración, se han mantenido fijos los parámetros a y c, dándole un valor de a=0 y c=1. Por ello la variación de b supone una infiltración lineal, directamente proporcional al volumen embalsado.

El análisis de este parámetro se ha realizado, al igual que los anteriores para los dos embalses de la cuenca y se han evaluado tanto la evaluación en los volúmenes almacenados como los caudales fluyentes aguas debajo de los embalses.

A continuación se describen los análisis realizados para el embalse de la Ribiera. En los gráficos que se muestran de los embalses, a pesar de que la simulación da resultados de la serie 1940-2012, para facilitar la visualización y dado que las series de datos observados de volúmenes embalsados es desde el año 1989, en este documento se muestran las series desde el 1989.

En la siguiente figura se puede observar como la variación del parámetro  $b$  en el embalse de la Ribiera tiene un efecto muy alto en el volumen embalsado de dicho embalse. Se muestran los resultados para

- Sim. Inicial,  $b=0$
- $b=0,2$
- $b=0,1$
- $b=0,05$

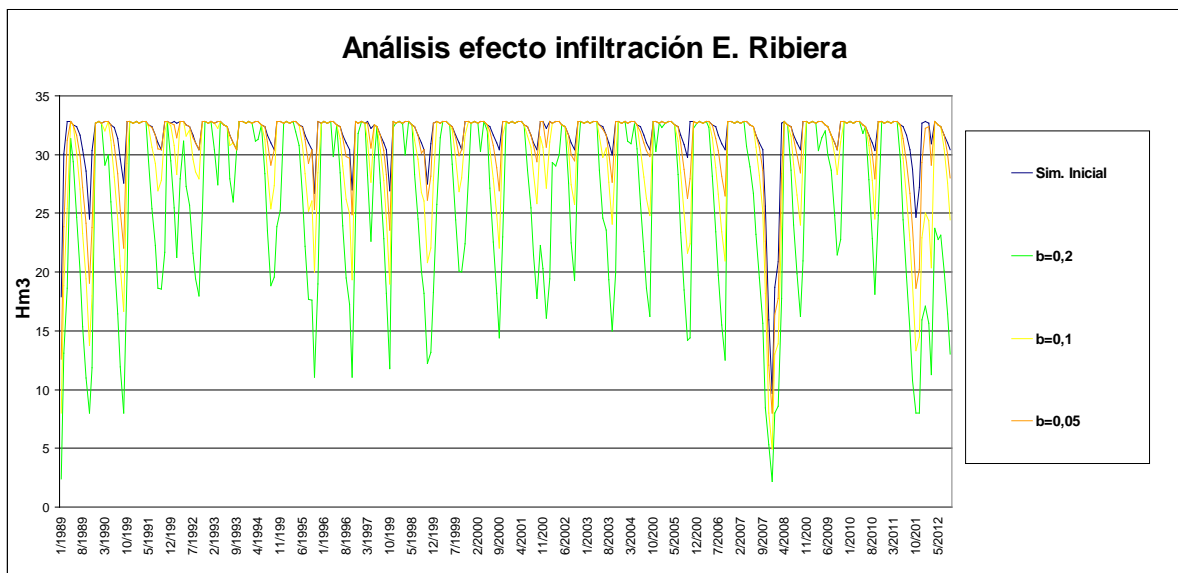


Fig. 18. Efecto parámetro  $b$  del E. Ribiera en el Vol. Embalsado

Como se ha mencionado, el efecto de variar el parámetro  $b$ , tiene una repercusión altísima en los volúmenes embalsados, llegando a variar en algunos puntos más de 10  $\text{Hm}^3$ . Dicho parámetro también tiene un efecto significativo en los caudales aguas abajo del embalse en el tramo de la estación de aforo 455. Se puede observar como aumentar el parámetro  $b$ , y por lo tanto las pérdidas por infiltración del embalse de la Ribiera, repercuten en una reducción de los caudales fluyentes aguas abajo.

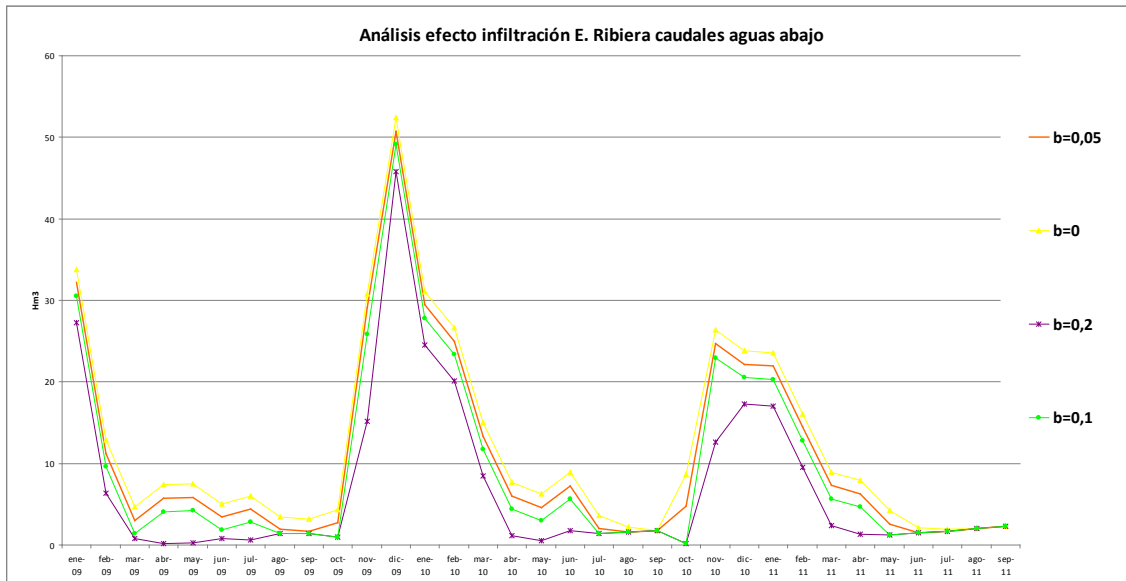


Fig. 19. Afección infiltración E.Ribiera- Caudal tramo aforo 455 (2009/2011)

Se ha evaluado efecto del aumento de la infiltración del embalse de la Ribiera en el E. Eume. Los resultados del análisis han sido que la afección no es significativa, como se puede observar en el siguiente grafico.

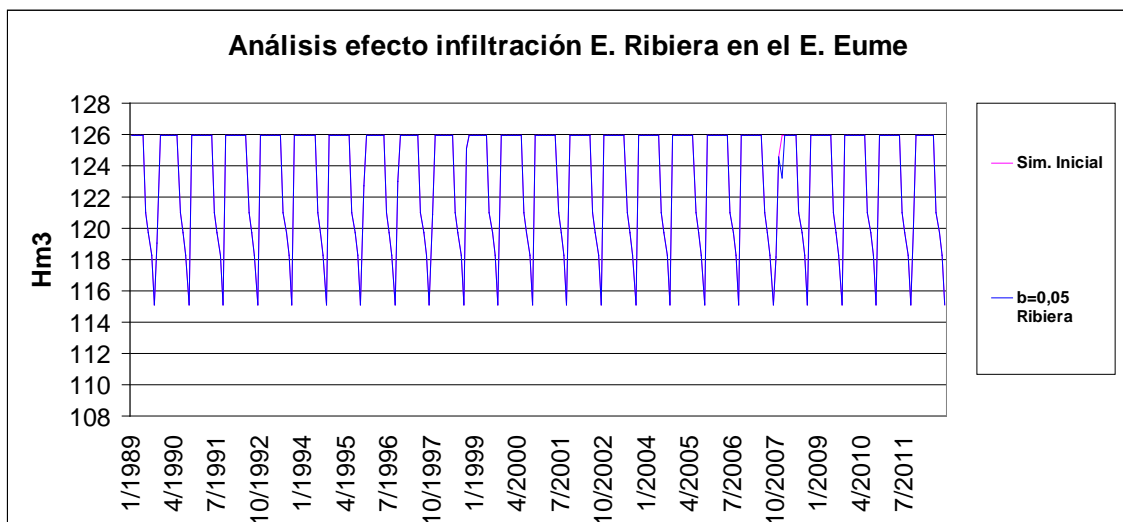


Fig. 20. Análisis efecto infiltración E. Ribiera en el E. Eume

Se ha observado que en las simulaciones del parámetro  $b$  de 0,1 y 0,1, algunas demandas industriales que se encuentran aguas debajo de la Ribiera y que se suministran mediante aguas superficiales, presentan algunos fallos en sus garantías.

Al igual que en el embalse de la Ribiera, para el caso del Eume, las variaciones en el parámetro  $b$  tienen un efecto muy notable en los volúmenes embalsados.

En la siguiente figura se pueden observar dos simulaciones de los volúmenes embalsados del E. Eume, la primera de ellas llamada "Sim. Inicial", con un parámetro  $b=0$  y la segunda con un parámetro  $b=0,1$ .

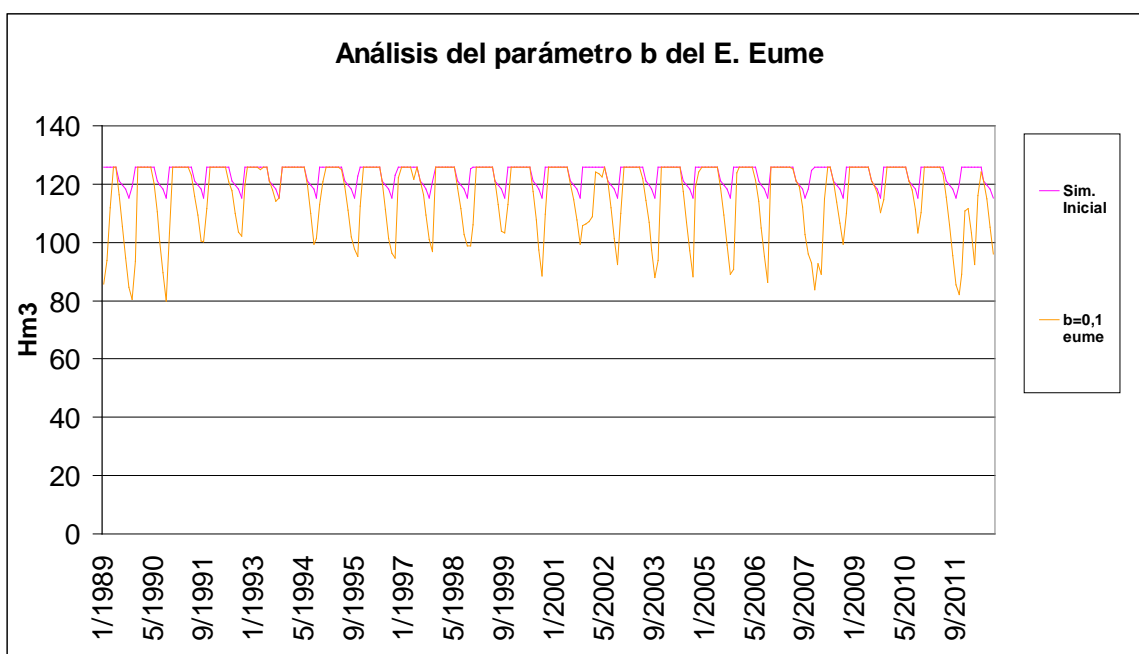


Fig. 21. Efecto parámetro  $b$  del E. Eume en el Vol. Embalsado

Por otro lado, se han analizado los resultados del efecto aguas abajo del embalse en el tramo del río Eume con la estación de aforo 458. Al igual que en el caso del embalse de la Ribiera, se observa como un aumento del parámetro  $b$  y por lo tanto de la infiltración del embalse del Eume tiene una repercusión directa en la reducción de los caudales aguas abajo.

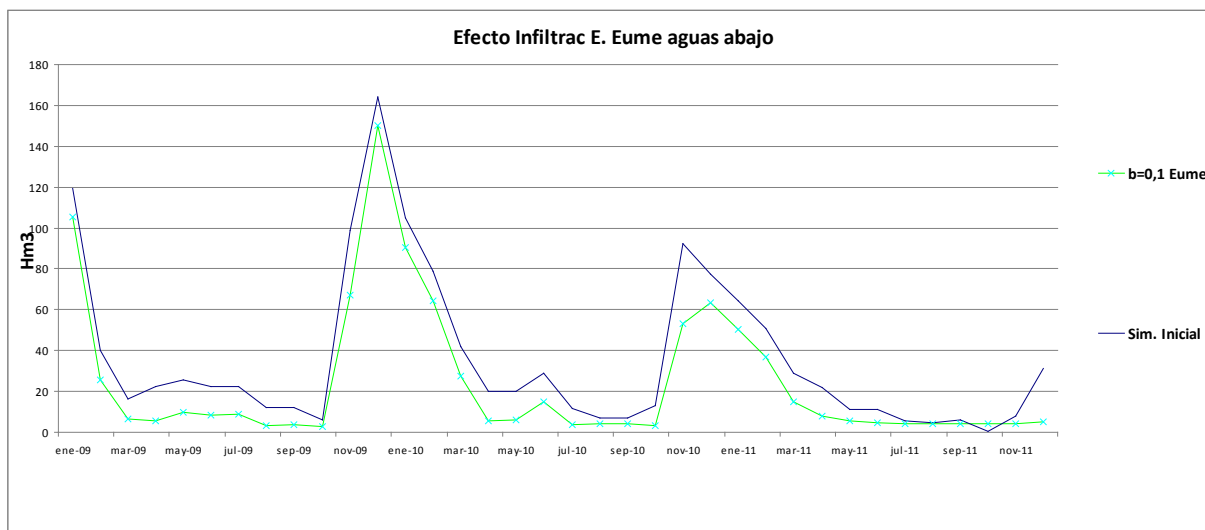


Fig. 22. Afección infiltración E.Eume- Caudal tramo aforo 458 (2009/2011)

Como se mencionó anteriormente, para el caso de un aumento de la infiltración en el embalse de la Ribiera, no se observaban variaciones significativas en el Eume. Sin embargo, el aumento de la infiltración en el Eume conlleva cambios muy importantes en el E. Ribiera, como se puede observar en la siguiente gráfica.

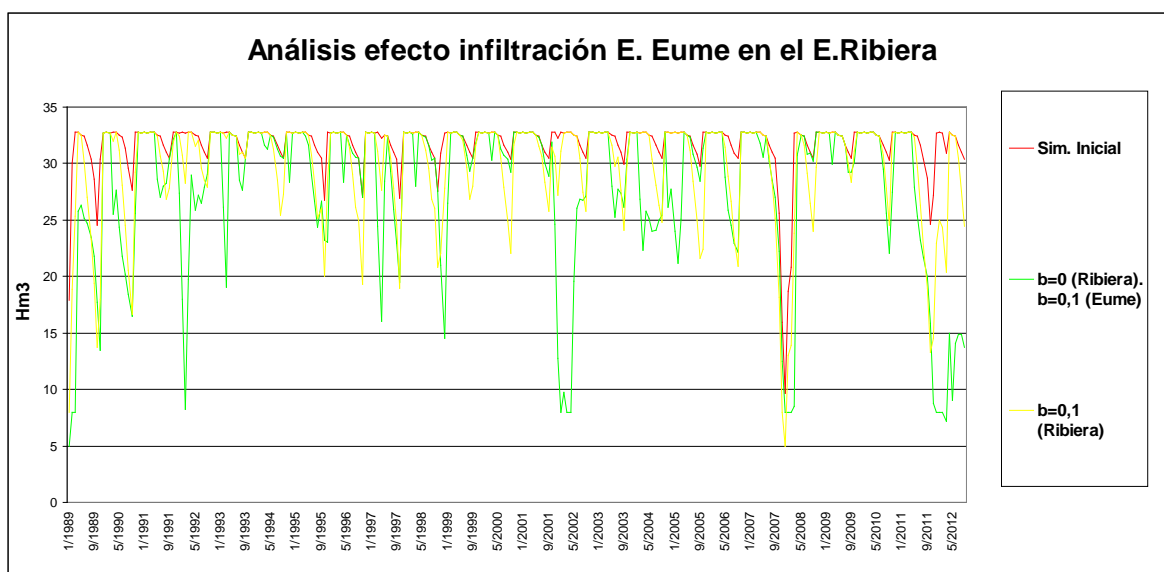


Fig. 23. Afección infiltración E.Eume- Caudal tramo aforo 458 (2009/2011)

### 7.3. COMPARACIÓN CON DATOS OBSERVADOS DE AFOROS

De los resultados del análisis de sensibilidad se ha concluido que los cambios en el parámetro  $b$  de las infiltraciones de los embalses, afectan de forma muy importante al comportamiento del sistema. Por ello, para la calibración y la comprobación de las simulaciones con los datos observados ese parámetro va a ser al que especial atención se le muestre, manteniendo los demás fijos como en las simulaciones iniciales, debido a su poca repercusión.

En el caso de la cuenca del Eume existen dos estaciones de aforo a lo largo de río, que pertenecen a la ROEA, y que están aguas debajo de cada uno de los embalses. Estas dos estaciones son las que se utilizan para la comparación con los datos observados.

Es importante destacar que para la decisión del valor final de parámetro además de la proximidad de los datos simulados a los observados se tendrán en cuenta el cumplimiento de las demandas.

A continuación se muestra el análisis realizado con el parámetro  $b$  relativo a la infiltración del embalse de la Ribiera en comparación con los datos observados en la estación de aforos aguas abajo del embalse.

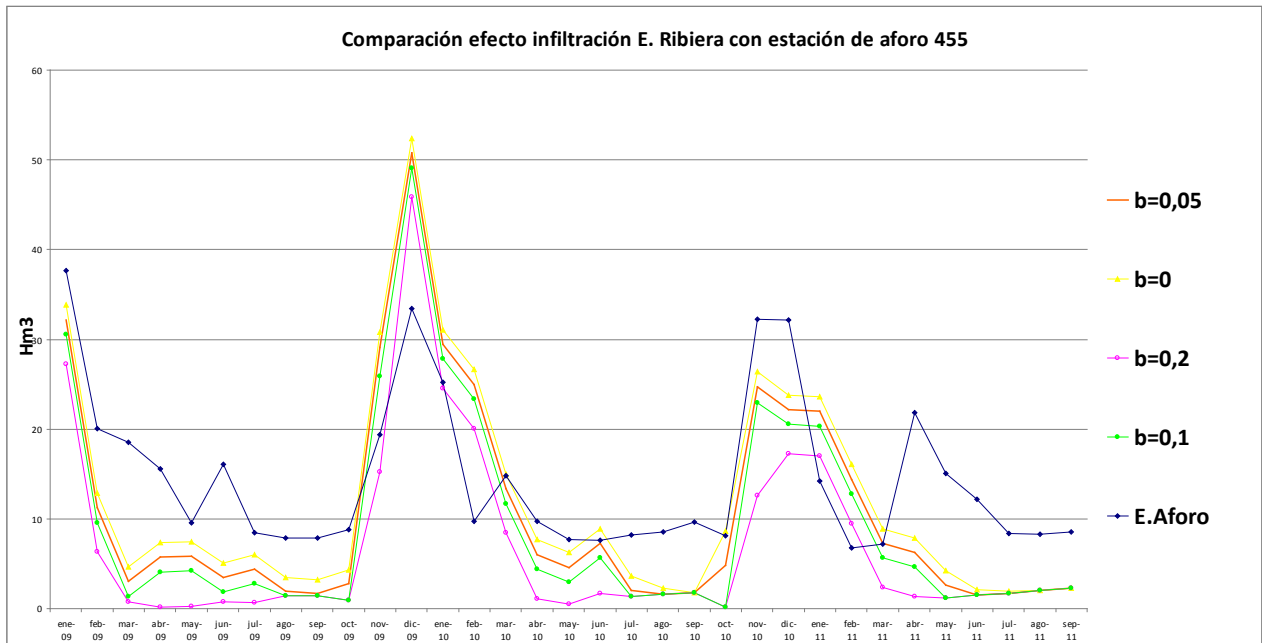


Fig. 24. Comparación parámetro b en E. Ribiera con aforo 455

De la figura se puede observar cómo valores más bajos del parámetro se acercan más a los datos observados. Si bien existen diferencias en volúmenes, se observa como el modelo reproduce la tendencia de los datos observados en la estación de aforo.

En la siguiente tabla se muestra la correlación lineal entre las series mostradas en el gráfico, variando el parámetro de infiltración del embalse de la Ribiera, y la serie de datos observados en la estación de aforo 455.

Parámetro b Embalse Ribiera	Coef. Correlación lineal
b=0,05	0,751
b=0,1	0,751
b=0,2	0,723
b=0	0,749

Tabla 34: Correlación lineal datos E.A 455 y simulaciones parámetro b (Ribiera)

En cuanto a los datos de garantías a partir de un parámetro  $b$  de infiltración mayor a 0,05, empiezan a incumplirse las garantías en las demandas industriales aguas abajo del embalse.

En la siguiente figura se presenta el mismo análisis para el embalse del Eume y su estación de aforos aguas abajo.

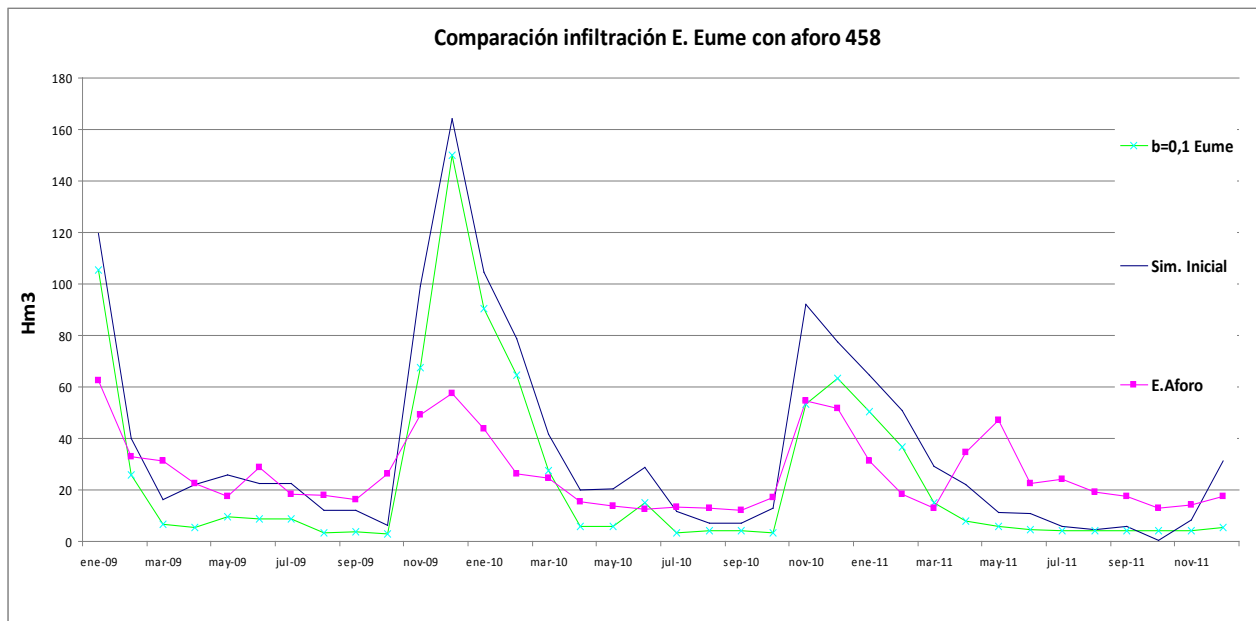


Fig. 25. Comparación parámetro  $b$  en E. Eume con aforo 458

Al igual que en el caso anterior, se puede observar cómo valores más bajos del parámetro se acercan más a los datos observados. Si bien existen diferencias en volúmenes, se observa como el modelo reproduce la tendencia de los datos observados en la estación de aforo.

En la siguiente tabla se muestra la correlación lineal entre las series mostradas en el gráfico, variando el parámetro de infiltración del embalse del Eume, y la serie de datos observados en la estación de aforo 458.



Parámetro b Embalse Eume	Coef. Correlación lineal
b=0,1 Eume	0,780
b=0 Eume	0,795

Tabla 35: Correlación lineal datos E.A 458 y simulaciones parámetro b (Eume)

#### 7.4. VALIDACIÓN CON VOLÚMENES DE EMBALSE

Dado que los datos disponibles de las estaciones de aforos son muy escasos, pues sólo se disponen de dos años de datos observados por estación, se ha verificado el efecto de los cambios en el parámetro de b de infiltración de los embalses con los datos observados de volumen embalsado.

Existe una serie diaria de volumen almacenado en  $\text{Hm}^3$  para cada uno de los dos embalses existentes en la cuenca. Dado que la simulación se realiza a nivel mensual, para poder comparar la información se ha hecho una media mensual de los volúmenes embalsados diarios, para obtener el valor mensual.

A continuación se muestran los análisis realizados y la comparación con los volúmenes observados en el embalse de la Ribiera. En estas simulaciones el parámetro b del embalse del Eume se ha mantenido en cero.

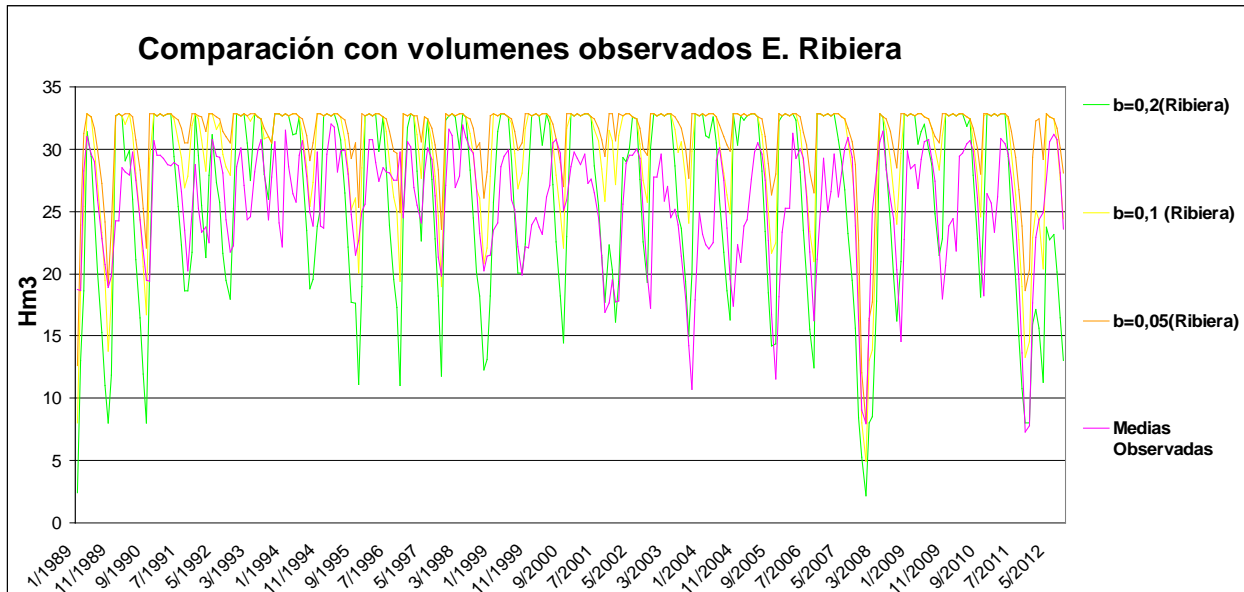


Fig. 26. Comparación efecto parámetro b en E. Ribiera con volúmenes observados

En cuanto a los volúmenes de embalse, se observa que con respecto al valor del parámetro  $b=0$  en el embalse de la Ribiera, al aumentar su valor se acerca a la serie observada hasta un punto que supera los valores observados como es el caso del valor  $b=0,2$ . Se puede observar también como el modelo reproduce la tendencia del volumen embalsado.

En la siguiente tabla se muestra la correlación lineal entre las series mostradas en el gráfico, variando el parámetro de infiltración del embalse de la Ribiera, y la serie de datos observados de volúmenes embalsados en el embalse de la Ribiera.

Parámetro b Embalse Ribiera	Coef. Correlación lineal
$b=0,05$ (Ribiera)	0,570
$b=0,1$ (Ribiera)	0,604
$b=0,2$ (Ribiera)	0,606

Tabla 36: Correlación lineal Volumen Embalse Ribiera y simulaciones parámetro b

A diferencia de la serie con la estación de aforo, se observa como valores más altos del parámetro  $b$  en el embalse de la Ribiera dan correlaciones lineales más altas con los datos de volumen embalsado.

A continuación se muestran los análisis realizados y la comparación con los volúmenes observados en el embalse del Eume. En estas simulaciones el parámetro  $b$  del embalse de la Ribiera se ha mantenido en cero.

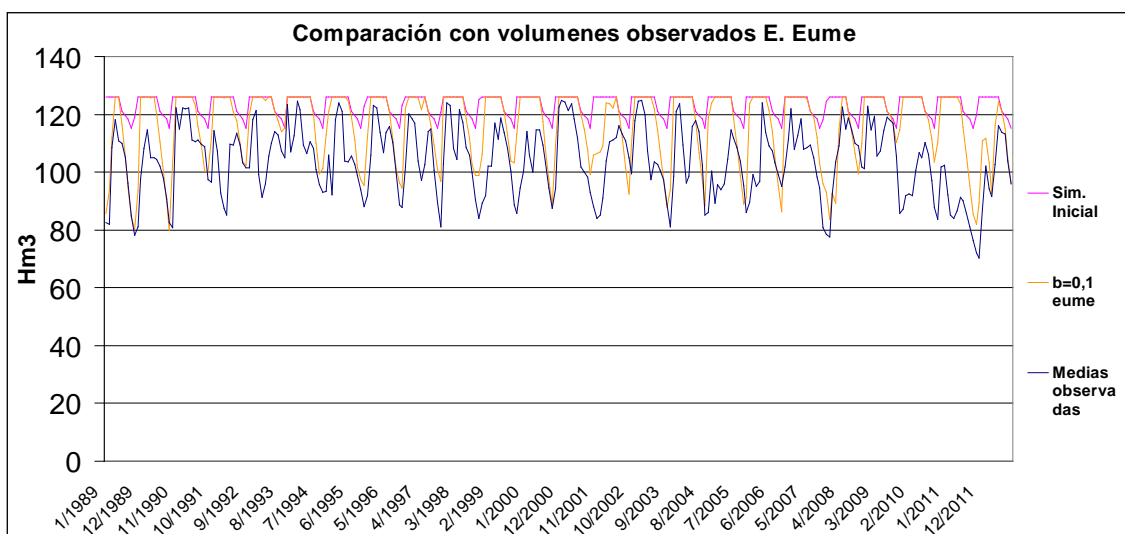


Fig. 27. Comparación efecto parámetro  $b$  en E. Eume con volúmenes observados

En cuanto a los volúmenes de embalse en el E.Eume, se observa que con respecto al valor del parámetro  $b=0$  que al aumentar su valor se acerca a la serie observada. Para el valor  $b=0,1$  se ha conseguido el mayor acercamiento a la serie observada. Se comprueba que simula bien la tendencia de la serie. En la siguiente tabla se muestra la correlación lineal entre las series mostradas en el gráfico, variando el parámetro de infiltración del embalse del Eume, y la serie de datos observados de volúmenes embalsados en el embalse del Eume.

Parámetro b Embalse Eume	Coef. Correlación lineal
b=0,1 Eume	0,610
b=0 Eume	0,226

Tabla 37: Correlación lineal Volumen Embalse Eume y simulaciones parámetro b

Analizando el cumplimiento de las garantías de demanda, para valores superiores del parámetro b en el embalse del Eume de 0,04, se comprueba que empiezan a dar fallos en las demandas industriales aguas abajo del embalse de la Ribiera.

Dado que como se ha explicado, a pesar de que en algunas de estas simulaciones se ha conseguido un mejor ajuste a las series observadas, las garantías se incumplen en algunas de las demandas industriales.

A continuación se ha realizado en análisis de cambios en el parámetro b de la infiltración de ambos embalses y se han analizado los resultados que se muestran en las siguientes gráficas.

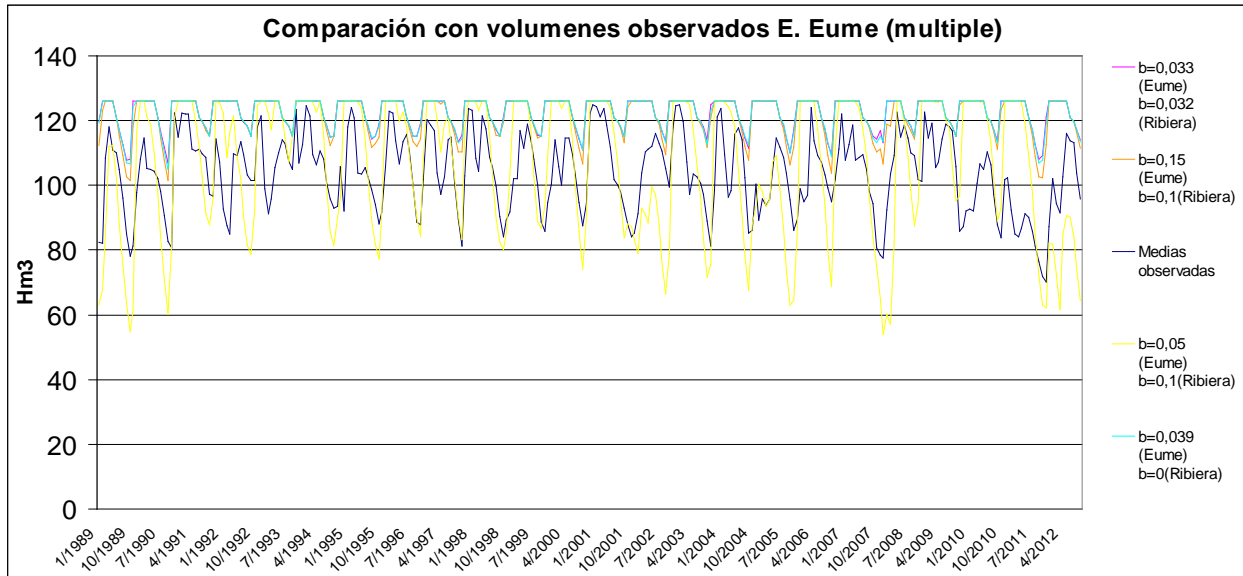


Fig. 28. Comparación volúmenes Eume parámetro b en ambos embalses

En la siguiente tabla se muestra la correlación lineal entre las series mostradas en el gráfico, variando los parámetros de infiltración en los dos embalses y la serie de datos observados de volúmenes embalsados en el embalse del Eume.

Parámetro b	Coef. Correlación lineal
b=0,039 (Eume) b=0(Ribiera)	0,393
b=0,05 (Eume) b=0,1(Ribiera)	0,622
b=0,15 (Eume) b=0,1(Ribiera)	0,453
b=0,033 (Eume) b=0,032 (Ribiera)	0,370

Tabla 38: Correlación lineal Volumen Embalse Eume y simulaciones parámetro b (ambos embalses)

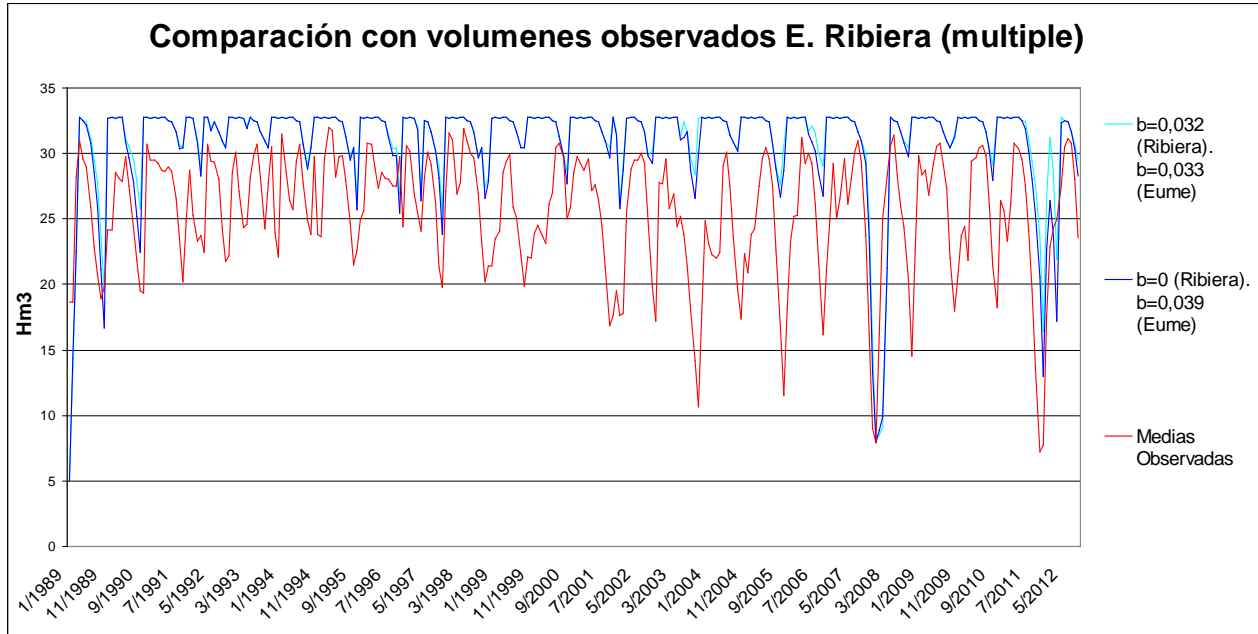


Fig. 29. Comparación volúmenes Ribiera parámetro b en ambos embalses

En la siguiente tabla se muestra la correlación lineal entre las series mostradas en el gráfico, variando los parámetros de infiltración en los dos embalses y la serie de datos observados de volúmenes embalsados en el embalse de la Ribiera.

Parámetro b	Coef. Correlación lineal
b=0 (Ribiera). b=0,039 (Eume)	0,536
b=0,032 (Ribiera). b=0,033 (Eume)	0,488

Tabla 39: Correlación lineal Volumen Embalse Ribiera y simulaciones parámetro b (ambos embalses)



Tal y como se ha explicado antes, existen algunas combinaciones con unas correlaciones lineales más altas pero que hacen que las garantías de la demanda se incumplan. Por ello, se ha concluido que la combinación que mejor se aproxima a los valores observados sin que existan incumplimientos de demandas es la siguiente:

- Parámetro b infiltración embalse Eume= 0,039
- Parámetro b infiltración embalse Ribiera= 0

## 8. ANÁLISIS DE ESCENARIOS (2021-2033)

### 8.1. DEMANDA URBANA

Los escenarios tendenciales que se recogen en la Instrucción de Planificación Hidrológica y son el 2015 y 2027. Teniendo en cuenta que los planes hidrológicos se deben actualizar cada 6 años, los escenarios elegidos para analizar la futura situación en la demarcación son el 2021 y el 2033.

Para actualizar proyectar los consumos de población de las demandas urbanas, se han utilizado las proyecciones de población que da el Instituto Nacional de Estadística (INE) por provincia. Se muestran en la siguiente tabla.

Año	Coruña, A	Lugo
<b>2013</b>	1.138.715	344.923
<b>2014</b>	1.134.288	342.159
<b>2015</b>	1.129.630	339.413
<b>2016</b>	1.124.716	336.682
<b>2017</b>	1.119.533	333.965
<b>2018</b>	1.114.074	331.262
<b>2019</b>	1.108.345	328.574
<b>2020</b>	1.102.358	325.905
<b>2021</b>	1.096.133	323.256
<b>2022</b>	1.089.697	320.633
<b>2023</b>	1.083.080	318.039

Tabla 40: Proyecciones de población. Fuente INE

Dado que los escenarios que se han planteado son el 2021 y el 2033, para estimar la proyección de la población se han calculado las tasas de crecimiento poblacional por año y se ha hecho una media que se ha utilizado para proyectar la población a 2021 y 2033. En la siguiente tabla se muestran las tasas de crecimiento poblacional para las provincias de Coruña y Lugo, según la información del INE.



Año	Coruña, A	Lugo
<b>2013-2014</b>	-0,4%	-0,8%
<b>2014-2015</b>	-0,4%	-0,8%
<b>2015-2016</b>	-0,4%	-0,8%
<b>2016-2017</b>	-0,5%	-0,8%
<b>2017-2018</b>	-0,5%	-0,8%
<b>2018-2019</b>	-0,5%	-0,8%
<b>2019-2020</b>	-0,5%	-0,8%
<b>2020-2021</b>	-0,6%	-0,8%
<b>2021-2022</b>	-0,6%	-0,8%
<b>2022-2023</b>	-0,6%	-0,8%
<b>Promedio de crecimiento</b>	-0,5%	-0,8%

Tabla 41: Tasas de crecimiento poblacional

Para estimar el crecimiento poblacional se ha aplicado la tasa de crecimiento de -0.5% a los municipios del sistema de explotación que pertenecen a Coruña y -0.8% a los municipios que se encuentran en la provincia de Lugo. Por lo que las estimaciones son de un descenso poblacional en los escenarios futuros. Los resultados para los escenarios planteados se muestran en la siguiente tabla.

MUNICIPIO	POBLACIÓN PERMANENTE	Tasa de crecimiento población	Población 2021	Población 2033
<b>Ares</b>	5.801	-0.5	5569	5221
<b>Cabanas</b>	3.287	-0.5	3156	2958
<b>Miño</b>	5.786	-0.5	5555	5207
<b>Monfero</b>	2.109	-0.5	2025	1898
<b>Pontedeume</b>	8.213	-0.5	7884	7392
<b>Pontes de García Rodríguez, As</b>	10.564	-0.5	10141	9508
<b>Vilarmador</b>	1.247	-0.5	1197	1122
<b>Murás</b>	723	-0.8	677	607

Tabla 42: Proyecciones de población permanente 2021 y 2033

Para el caso de las viviendas secundarias y el turismo, a partir de la información disponible sobre el parque de viviendas del Ministerio de Fomento en los años 2011 y 2013, se ha hecho una estimación de la proyección de turismo y población estacional, llegando a las tasas que se muestran en la siguiente tabla.

Año	Tasa crecimiento viviendas secundarias	Tasa crecimiento plazas turísticas
<b>Coruña</b>	2.4%	-3.9%
<b>Lugo</b>	2.4%	-2.9%

Tabla 43: Tasas de crecimiento poblacional

Los resultados para los escenarios planteados se muestran en la siguiente tabla.

MUNICIPIO	POB. Estacion al Viv. Sec. 2013	POB. TUR 2013	Tasa de crecimiento Viv estacional	TASA DE CRECIMIENTO turismo	POB. Estacion al Viv. Sec. 2021	POB. TUR 2021	POB. Estacional Viv. Sec. 2033	POB. TUR 2033
<b>Ares</b>	3294	155	2.4%	-3.9%	3300	155	3310	154
<b>Cabanas</b>	2019	268	2.4%	-3.9%	2023	267	2029	266
<b>Miño</b>	4419	372	2.4%	-3.9%	4427	371	4440	369
<b>Monfero</b>	147	89	2.4%	-3.9%	147	89	148	88
<b>Pontedeume</b>	2552	330	2.4%	-3.9%	2557	329	2564	327
<b>Pontes de García Rodríguez, As</b>	518	53	2.4%	-3.9%	519	53	520	53
<b>Vilarmajor</b>	171	8	2.4%	-3.9%	171	8	172	8
<b>Murás</b>	45	0	2.4%	-2.9%	45	0	45	0

Tabla 44: Proyecciones de población secundaria y turismo 2021 y 2033

De las tablas se puede comprobar como la tendencia es que la población en la cuenca se reduzca y por lo tanto se reduzcan las demandas, como se muestra en la siguiente tabla.

MUNICIPIO	Tipo de municipio	Dotación (l/hab/día)	Dem Pob Permanente Hm3 Año	Dem turismo +Estacional HM3/Año	DEMANDA TOTAL 2021	Dem Pob Permanente Hm3 Año	Dem turismo +Estacional Hm3/Año	DEMANDA TOTAL 2033 Hm3/Año
<b>Ares</b>	RT	240	0.488	0.101	0.59	0.457	0.101	0.56
<b>Cabanas</b>	IE	270	0.311	0.075	0.39	0.292	0.076	0.37
<b>Miño</b>	RT	240	0.487	0.140	0.63	0.456	0.141	0.60
<b>Monfero</b>	SP	210	0.155	0.006	0.16	0.145	0.006	0.15
<b>Pontedume</b>	RT	240	0.691	0.084	0.78	0.648	0.085	0.73
<b>Pontes de García Rodríguez, As</b>	IE	300	1.110	0.021	1.13	1.041	0.021	1.06
<b>Vilarmar</b>	SP	180	0.079	0.004	0.08	0.074	0.004	0.08
<b>Murás</b>	SP	180	0.044	0.001	0.05	0.040	0.001	0.04

Tabla 45: Proyecciones demanda urbana 2021 y 2033

## 8.2. DEMANDA GANADERA

Una metodología para poder realizar esta proyección podría haber sido analizar los datos referentes a las cabezas de ganado para el conjunto de la Demarcación de Galicia Costa, según censos ganaderos de 1999 y 2009. Sin embargo, dados los cambios previstos en el entorno internacional y la evidencia de que estos afectarán la rentabilidad de las actividades ganaderas, no parece recomendable mantener para el futuro las elevadas tasas de crecimiento interanual conocidas en la última década en el ámbito de la Demarcación.

En este sentido, se han considerado las tasas obtenidas para el conjunto de la actividad ganadera de la Unión Europea, donde las hipótesis de crecimiento de la ganadería muestran un escenario tendencial relativamente conservador. Las previsiones de crecimiento de la Unión Europea hasta el 2013 se han extrapolado hasta el 2021, considerando la media de los 10 años anteriores.



TIPO DE GANADO	2021	2033
PORCINO	0.42%	0.42%
OVINO/CAPRINO	-1.03%	-1.03%
BOVINO	-0.63%	-0.63%
EQUINO	-0.63%	-0.63%
AVES	0.51%	0.51%

Fuente: European Commission (2007) *Prospects for agricultural Markets in the European Union 2006-2013*.  
Directorate General for Agriculture.

Tabla 46: Evolución del número de cabezas de ganado de cada tipo. 2006-2033

Haciendo uso de las anteriores tasas de crecimiento se obtienen las cabezas de ganado para los años 2021 y 2033.

NOMBRE	2013					Proyección 2021					Proyección 2033				
	Cab. Bovino	Cab. Ovino/Caprino	Cab. Porcino	Cab. Aves	Cab. Equino	Cab. Bovino	Cab. Ovino/Caprino	Cab. Porcino	Cab. Aves	Cab. Equino	Cab. Bovino	Cab. Ovino/Caprino	Cab. Porcino	Cab. Aves	Cab. Equino
Ares	29	132	4	49	63	28	121	4	51	60	25	105	4	54	55
Cabanas	321	98	5	0	37	305	90	5	0	35	281	78	5	0	32
Miño	819	69	4	25	143	778	63	4	26	136	716	55	4	28	125
Monfero	6558	729	895	2418 70	158	6227	669	925	2517 38	150	5732	579	970	2665 41	138
Pontedeume	151	111	102	0	48	143	102	105	0	46	132	88	111	0	42
Pontes de García Rodríguez, As	3352	765	1003	0	407	3183	702	1037	0	386	2930	607	1087	0	356
Vilarmaior	788	185	3	0	37	748	170	3	0	35	689	147	3	0	32
Muras	5584	480	61	0	1090	5303	440	63	0	1035	4880	381	66	0	953

Tabla 47: Proyecciones demanda ganadería 2021 y 2033

En cuanto a las demandas de agua se calculan tal y como se explicó en el apartado de cálculo de los datos de diseño. Los resultados de las demandas ganaderas para los escenarios previstos son los siguientes:

Proyección de la demanda en la Ganadería (Hm <sup>3</sup> /Año)				
Municipio	Código	2013	2021	2033
Ares	15004	0,0038	0,0036	0,0033
Cabanas	15015	0,0124	0,0118	0,0108
Miño	15048	0,0321	0,0304	0,0280
Monfero	15050	0,2851	0,2760	0,2623
Pontedeume	15069	0,0090	0,0087	0,0082
Pontes de García Rodríguez, As	15070	0,1460	0,1400	0,1311
Vilarmaior	15091	0,0282	0,0267	0,0246
Muras	27033	0,2230	0,2118	0,1949

Tabla 48: Proyecciones demanda de agua ganadera 2021 y 2033

### 8.3. DEMANDA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Recientemente ha sido plasmado en un acuerdo de todos los grupos parlamentarios en la Comunidad Autónoma de Galicia, a través de la Moción aprobada por la sesión del Pleno celebrada el 8 de febrero de 2011, (Boletín Oficial del Parlamento de Galicia nº 410, de 15 de febrero), en la que se instaba a la Xunta de Galicia a incluir en el Plan Hidrológico de Galicia-Costa, los siguientes objetivos:

- Reconocimiento de la sobreexplotación de los ríos.
- No otorgar nuevos aprovechamientos hidroeléctricos salvo repotenciaciones, siempre que se mantenga el mismo vaso y no se altere el caudal ecológico.
- Desestimar los aprovechamientos hidrológicos suspendidos por el Decreto 555/2005.



- Continuar el proceso de negociación con las compañías hidroeléctricas que tienen otorgados y no iniciados aprovechamientos con el objeto de que desistan de ellos.
- Realizar los trámites necesarios para evitar la construcción de las 33 nuevas centrales hidroeléctricas que figuran en el borrador del Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica de Galicia-Costa.

En base a esto, des de la Comunidad Autónoma de Galicia existe una política de compatibilizar el desarrollo económico y social de la Comunidad Autónoma con la preservación del buen estado de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados y por ello, tal y como se ha plasmado en el Borrador del PHGD2012-2021, se ha decidido anteponer la conservación del recurso a su explotación. Por tanto, en la Comunidad Autónoma de Galicia se ha adoptado medidas tendentes a la eliminación de presiones y a la recuperación de la continuidad fluvial de nuestros ríos.

, y se dio prioridad a la profundización en el conocimiento del estado de las masas de agua y a la consecución de objetivos medioambientales, sobre el otorgamiento de usos privativos del recurso que puedan suponer nuevas afecciones ambientales y nuevas presiones con efectos potencialmente adversos sobre el medio natural fluvial. Por ello, en la actualidad, no se permiten nuevos aprovechamientos hidroeléctricos que supongan nuevos obstáculos transversales en los ríos.

*Es por ello que las demandas de energía eléctrica se han mantenido constantes en los dos escenarios futuros.*

## **8.4. OTRAS DEMANDAS INDUSTRIALES**

Teniendo en cuenta la actual situación económica en España y en el conjunto de la UE, resulta como hipótesis más plausible suponer que se mantendrán constantes los índices de productividad de cada uno de los subsectores industriales y, por lo tanto, no habrá variaciones significativas en las demandas unitarias de agua.

## **8.5. APORTACIONES (AFECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO)**

### **8.5.1. ANTECEDENTES**

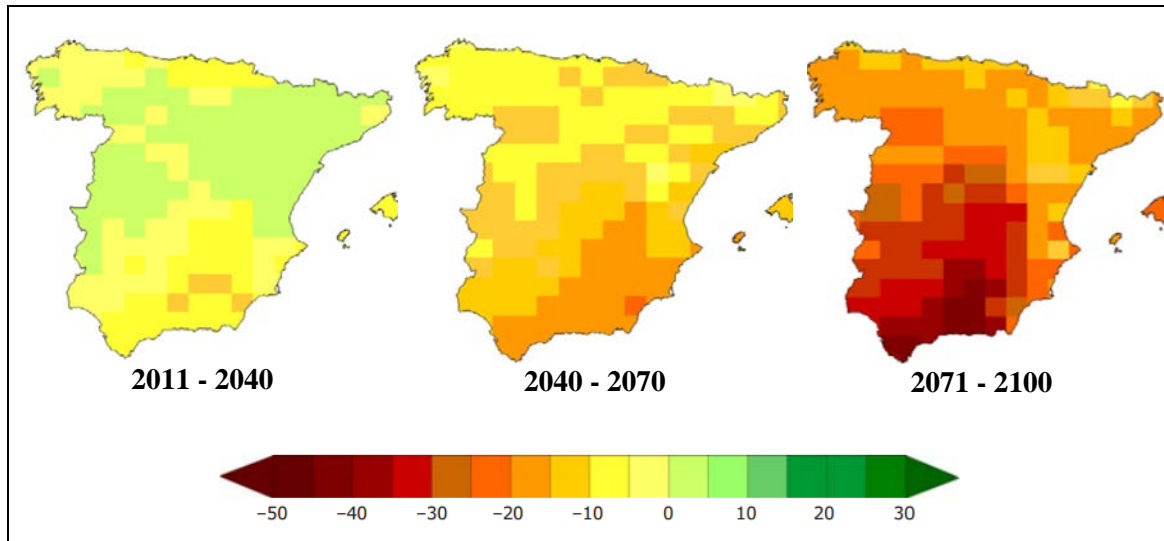
La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) ha llevado a cabo una generación de proyecciones regionalizadas de cambio climático para suministrar estimaciones de la evolución del clima en el siglo XXI, según los resultados del cuarto informe del IPCC (IPCC, 2007).

Es importante tener en consideración que la realización de estas estimaciones ha resultado muy compleja debido a desigual distribución espacial de la precipitación en España, no solo en su cuantía, sino también en su reparto estacional y en su concentración temporal.

A pesar de la gran complejidad y de que existe una gran incertidumbre en este tipo de escenarios, el promedio de los 9 modelos regionales utilizados por la Ahmet muestran una reducción de la precipitación anual media para toda la península.

En la siguiente figura se muestran las previsiones de evolución de la precipitación en la península.





Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). AÑO 2009

Fig. 30. Evolución de la precipitación anual media (mm) según el escenario de emisión SRES (IPCC) para España

A partir de los trabajos realizados por la AEMET, el CEDEX realizó un estudio de afección del cambio climático a los recursos hídricos en estado natural. Este trabajo con título “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos en Régimen Natural” (EICCRHRN), parte de los escenarios climáticos regionalizados elaborados por la AEMET y analiza el efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural en España.

Los resultados agregados de la evaluación indican una reducción generalizada de recursos hídricos en España, más acentuada conforme avanza el siglo XXI.

Los dos escenarios a los que hace referencia el estudio del CEDEX para estudiar la influencia del cambio climático en los recursos hídricos son los siguientes:

- **A2.** *La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. El índice de natalidad en el conjunto de las regiones converge muy lentamente, con lo que se obtiene una población en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.*
- **B2.** *La línea evolutiva y familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental.*

*Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas A1 y B1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.*

Por otro lado en el Libro Blanco del Agua en España, LBAE (MIMAM, 2000), se estudió el impacto de tres escenarios climáticos en el horizonte del año 2030, basándose en que se habría duplicado el CO<sub>2</sub> atmosférico. En la siguiente tabla, extractada de la memoria de la publicación “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los recursos Hídricos en Régimen Natural del CEDEX” se muestran los resultados de los diferentes escenarios descritos anteriormente.

ESCENARIO	Disminución (%) para 2030 respecto al periodo 1940- 1995 LBAE (MIMAM, 2000)	Disminución (%) para 2011- 2040 respecto al periodo 1940-2005 Informe CEDEX	
		A2	B2
Disminución (%)	2	7	4

Fuente “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los recursos Hídricos en Régimen Natural”, CEDEX 2010.

Tabla 49: Porcentajes de disminución en la disponibilidad de recursos hídricos según varios supuestos.

Por otro lado la Xunta de Galicia, ha elaborado su quinto informe sectorial sobre recursos hídricos. En este estudio se evalúa la evolución esperada de distintas variables hidrológicas en los horizontes 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, para los escenarios A2 y B2. La siguiente tabla describe los diferentes escenarios para los que se han realizado las proyecciones de los diferentes componentes del balance hídrico, en el quinto informe sobre recursos hídricos de la Xunta de Galicia.

ESCENARIO	Modelo Global	Regionalización
1	CGCM2	FIC
2	ECHAM4	FIC
3	HadAM3	FIC
4	HadCM3	SDSM
5	HadCM3	PROMES
6	ECHAM4	RCAO

Fuente: quinto informe sobre recursos hídricos de la Xunta de Galicia

Tabla 50: Relación de los escenarios con el modelo de previsión de emisión de CO<sub>2</sub> y el modelo utilizado para realizar la regionalización.

En cuanto a resultados en materia de escorrentía se presentan en la siguiente tabla:

	Escenario de Emisiones A2							Escenario de Emisiones B2						
	1	2	3	4	5	6	Med	1	2	3	4	5	6	Med
2011-2040	-1	-20		-1			<b>-6</b>	2	-13		-2			<b>-3</b>
2041-2070	-4	-31		-4			<b>-12</b>	-5	-21		-1			<b>-8</b>
2071-2100	-18	-36	11	-22	-16	-29	<b>-19</b>	-2	-23	4	6	-8	-9	<b>-5</b>

CAMBIO CLIMÁTICO DE LA XUNTA DE GALICIA

Tabla 51: Porcentaje de variación de la escorrentía en la demarcación para los diferentes horizontes.

### 8.5.2. ESCENARIOS A CONSIDERAR

Dado que los resultados del estudio realizado por la Xunta de Galicia en su quinto informe sectorial sobre recursos hídrico, son muy similares a los resultados del CEDEX, en la Demarcación de Galicia Costa se ha utilizado el porcentaje de reducción de la escorrentía del escenario de emisiones A2, de acuerdo con la recomendación de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Es por ello, que el coeficiente de reducción global de los recursos hídricos a utilizar en la Demarcación Hidrográfica de Galicia-Costa es del 7%. Esta reducción se ha considerado en el presente trabajo para el escenario 2033, suponiendo que en el 2021 no existe reducción en los recursos hídricos.



## 9. RESULTADOS

### 9.1. ESCENARIO ACTUAL

De las simulaciones realizadas para este sistema de explotación, en el escenario actual, en base a datos del 2013, se deduce que es un sistema con cantidad de agua suficiente para satisfacer las demandas consuntivas. En la serie histórica hay varios meses del 2007 en los que por la falta de lluvias se aprecia como el volumen del embalse de la Ribiera baja hasta casi el mínimo para poder satisfacer las demandas.

Si bien existen algunos déficits en el suministro de tres demandas urbanas, a los municipios de Miño, Muras y Monfero, no incumplen los criterios de la IPH de que el déficit en un mes no sea superior al 10% de la demanda mensual ni en 10 años consecutivos sea superior al 8% de la demanda anual.

Las demandas ganaderas también sufren algún déficit en el suministro pero sin llegar a causar fallo de garantía según los criterios de la IPH.

A continuación se muestran los resúmenes del cumplimiento de garantías en los distintos escenarios.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm <sup>3</sup> )	Nº de fallos mensuales	Garantía mensual (%)	Déficit max mensual (hm <sup>3</sup> )	Déficit max mensual (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm <sup>3</sup> )	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisfecha la Demanda según criterios IPH?
UDU Ares	0,608	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU As Pontes	1,177	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Cabanas	0,400	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Miño	0,645	0	100	0,001	0,155	0	100	0,017	2,636	99,736	SI
UDU Monfero	0,168	0	100	0,001	0,595	0	100	0,010	5,952	99,405	SI
UDU Muras	0,048	0	100	0,001	2,083	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Pontedeume	0,801	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Vilamaior	0,084	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI

Tabla 52: Cumplimiento de garantías demanda Urbana escenario actual.

Unidad de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos 1 año	Garantía anual (%)	Déficit max anual (hm3)	Déficit max anual (%)	Nº de fallos 2 años	Garantía anual 2 años (%)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía anual 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisface la Demanda según criterios IPH?
UDG Ares	0,000	0	100	-	0	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDG As Pontes	0,144	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDG Cabanas	0,012	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDG Miño	0,036	0	100	0,012	33,333	0	100	0,018	50,000	0	100	0,021	58,333	97,454	SI
UDG Monfero	0,288	0	100	0,040	13,889	0	100	0,060	20,833	0	100	0,070	24,306	98,939	SI
UDG Moras	0,228	0	100	0,057	25,000	0	100	0,095	41,667	0	100	0,114	50,000	98,032	SI
UDG Pontedeume	0,012	0	100	0,004	33,333	0	100	0,006	50,000	0	100	0,007	58,333	97,454	SI
UDG Vilamaior	0,024	0	100	0,008	33,333	0	100	0,012	50,000	0	100	0,014	58,333	97,454	SI

Tabla 53: Cumplimiento de garantías demanda Ganadera escenario actual.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos 1 año	Garantía anual (%)	Déficit max anual (hm3)	Déficit max anual (%)	Nº de fallos 2 años	Garantía anual 2 años (%)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía anual 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisfecha la Demanda según criterios IPH?
UDI Cruz Das Cabezas	0.072	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	SI
UDI O Vidreiro (Pontedeume)	0.384	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	SI
UDI P.E PENAPURREIRA	1.212	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	SI
UDI Pol Os Airios	0.732	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	SI
UDI ZI - A Balsa	0.024	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	SI

Tabla 54: Cumplimiento de garantías demanda Industrial escenario actual.

Se ha definido una garantía mensual de caudales ecológicos como el porcentaje de meses en los que existe déficit, entre el caudal circulante y el mínimo definido, del total de la serie.

Se ha definido también una garantía volumétrica para comprobar el cumplimiento de los caudales ecológicos como el porcentaje de déficit en toda la serie entre volumen total de caudales requeridos y el simulado, para cada uno de los tramos. En la siguiente tabla se muestran los resultados, en los que se puede ver que existe un alto cumplimiento de los caudales ecológicos.

Tramos	Garantía mensual (%)	Garantía volumétrica (%)
C3-86	93,75	99,13
C3-88b	100	100
C3-96b	94,56	99,13
C3-90	100	100
C3-100	97,57	99,51

Tabla 55: Cumplimiento de caudales ecológicos. Escenario Actual

## 9.2. ESCENARIO 2021

El escenario en 2021, plantea solo un cambio en las demandas manteniendo fijas las aportaciones. Se han mantenido constantes las demandas industriales en este escenario y existe una reducción en las demandas tanto ganaderas como las urbanas. Esto es debido a las proyecciones de descenso poblacional en la zona. Por lo tanto las garantías de las demandas consuntivas siguen cumpliéndose. En las siguientes tablas se muestran los resultados.

Si bien existen algunos déficits en el suministro, se aprecia como con respecto al escenario actual se reducen, existiendo algún déficit en de dos demandas urbanas, en los municipios de Miño y Monfero. Estos déficits no son significativos y no incumplen los criterios de la IPH de que el déficit en un mes no sea superior al 10% de la demanda mensual ni en 10 años consecutivos sea superior al 8% de la demanda anual.





Dado que las demandas ganaderas son generalmente bajas, aunque hay una pequeña reducción en este escenario no existen cambios significativos y se reproducen resultados similares al escenario actual en el que existe algún déficit en el suministro pero sin llegar a causar fallo de garantía según los criterios de la IPH.

A continuación se muestran los resúmenes del cumplimiento de garantías en los distintos escenarios.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm <sup>3</sup> )	Nº de fallos mensuales	Garantía mensual (%)	Déficit max mensual (hm <sup>3</sup> )	Déficit max mensual (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm <sup>3</sup> )	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisfecha la Demanda según criterios IPH?
UDU Ares	0,596	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU As Pontes	1,138	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Cabanas	0,398	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Miño	0,632	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Monfero	0,160	0	100	0,001	0,625	0	100	0,010	6,250	99,375	SI
UDU Muras	0,048	0	100	0,001	2,083	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Pontedeume	0,779	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI
UDU Vilamaior	0,084	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100	SI

Tabla 56: Cumplimiento de garantías demanda Urbana escenario 2021.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos 1 año	Garantía anual (%)	Déficit max anual (hm3)	Déficit max anual (%)	Nº de fallos 2 años	Garantía anual 2 años (%)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía anual 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisface la Demanda según criterios IPH?
UDG Ares	0,000	0	100	-	0	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0	100	SI
UDG As Pontes	0,144	0	100	0	0	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0	100	SI
UDG Cabanas	0,012	0	100	0	0	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0	100	SI
UDG Miño	0,036	0	100	0,012	33,3	0	100	0,018	50,000	0	100	0,021	58,333	97,454	SI
UDG Monfero	0,276	0	100	0,044	15,942	0	100	0,066	23,913	0	100	0,242	87,681	91,863	SI
UDG Moras	0,216	0	100	0,054	25,0	0	100	0,090	41,667	0	100	0,108	50	98,032	SI
UDG Pontedeume	0,012	0	100	0,004	33,3	0	100	0,006	50	0	100	0,007	58,333	97,454	SI
UDG Vilamaior	0,024	0	100	0,008	33,3	0	100	0,012	50	0	100	0,014	58,333	97,454	SI

Tabla 57: Cumplimiento de garantías demanda Ganadera escenario 2021.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos 1 año	Garantía anual (%)	Déficit max anual (hm3)	Déficit max anual (%)	Nº de fallos 2 años	Garantía anual 2 años (%)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía anual 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisface la Demanda según criterios IPH?
UDI Cruz Das Cabezas	0,072	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	SI
UDI O Vidreiro (Pontedeume)	0,384	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	SI
UDI P.E PENAPURREIRA	1,212	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	SI
UDI Pol Os Airios	0,732	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	SI
UDI ZI - A Balsa	0,024	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	100	SI

Tabla 58: Cumplimiento de garantías demanda Industrial escenario 2021.

En la siguiente tabla se muestran los resultados, en los que se puede ver que existe un alto cumplimiento de los caudales ecológicos.

Tramos	Garantía mensual (%)	Garantía volumétrica (%)
C3-86	93,75	99,13
C3-88b	100	100
C3-96b	94,56	99,13
C3-90	100	100
C3-100	97,57	99,51

Tabla 59: Cumplimiento de caudales ecológicos. Escenario 2021

### 9.3. ESCENARIO 2033

El escenario en 2033, plantea tanto un cambio en las demandas según las previsiones de descenso poblacional, como una reducción en las aportaciones de un 7% por el escenario de cambio climático (A2) planteado por el estudio del CEDEX, para la demarcación de Galicia Costa. Se han mantenido constantes las demandas industriales en este escenario, reduciéndose tanto ganaderas como las urbanas. Esto es debido a las proyecciones de descenso poblacional en la zona.

Si bien la garantía de las demandas consuntivas se sigue cumpliendo, se aprecia como la reducción de las aportaciones implica un aumento en los déficits producidos en el suministro de las demandas.

A pesar de que la tendencia de las proyecciones de demanda urbana y ganadera es de reducirse, la posible afección del cambio climático conllevaría un aumento en los déficits, sin en ningún caso llegar a producirse incumplimiento según criterios de la IPH, como se ha mencionado anteriormente. En las siguientes tablas se muestran los resultados.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos mensuales	Garantía mensual (%)	Déficit max mensual (hm3)	Déficit max mensual (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisfecha la Demanda según criterios IPH?
UDU Ares	0,560	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDU As Pontes	1,069	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDU Cabanas	0,376	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDU Miño	0,596	0	100	0,000	0,017	0	100	0,002	0,336	99,966	SI
UDU Monfero	0,156	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDU Muras	0,043	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDU Pontedeume	0,740	0	100	0,001	0,135	0	100	0,040	5,405	99,459	SI
UDU Vilamaior	0,076	0	100	0,000	0,000	0	100,	0,000	0,000	100,000	SI

Tabla 60: Cumplimiento de garantías demanda Urbana escenario 2033.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos 1 año	Garantía anual (%)	Déficit max anual (hm3)	Déficit max anual (%)	Nº de fallos 2 años	Garantía anual 2 años (%)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía anual 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisface la Demanda según criterios IPH?
UDG Ares	0,000	0	100	0,000	0	0	100	0,000		0	100	0	0	100	SI
UDG As Pontes	0,132	0	100	0,000	0	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDG Cabanas	0,012	0	100	0,000	0	0	100	0,000	0,000	0	100	0,000	0,000	100,000	SI
UDG Miño	0,024	0	100	0,010	41,67	0	100	0,014	58,333	0	100	0,018	75,000	96,296	SI
UDG Monfero	0,264	0	100	0,055	20,83	0	100	0,077	29,167	0	100	0,173	65,530	94,855	SI
UDG Moras	0,192	0	100	0,048	25,00	0	100	0,080	41,667	0	100	0,096	50,000	98,032	SI
UDG Pontedume	0,012	0	100	0,005	41,67	0	100	0,007	58,333	0	100	0,009	75,000	96,296	SI
UDG Vilamaior	0,024	0	100	0,010	41,67	0	100	0,014	58,333	0	100	0,018	75,000	96,296	SI

Tabla 61: Cumplimiento de garantías demanda Ganadera escenario 2033.

Unidades de demanda	Demanda anual (hm3)	Nº de fallos 1 año	Garantía anual (%)	Déficit max anual (hm3)	Déficit max anual (%)	Nº de fallos 2 años	Garantía anual 2 años (%)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 2 años consecutivos (%)	Nº de fallos 10 años	Garantía anual 10 años (%)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (hm3)	Déficit max anual en 10 años consecutivos (%)	Garantía volumétrica (%)	¿Satisface la Demanda según criterios IPH?
UDI Cruz Das Cabezas	0.072	0	100	0.006	8.333	0	100	0.006	8.333	0	100	0.006	8.333	99.884	SI
UDI O Vidreiro (Pontedeume)	0.384	0	100	0.000	0.000	0	100	0.000	0.000	0	100	0.000	0.000	100.000	SI
UDI P.E PENAPURREIRA	1.212	0	100	0.101	8.333	0	100	0.101	8.333	0	100	0.101	8.333	99.884	SI
UDI Pol Os Airios	0.732	0	100	0.061	8.333	0	100	0.061	8.333	0	100	0.061	8.333	99.884	SI
UDI ZI - A Balsa	0.024	0	100	0.002	8.333	0	100	0.002	8.333	0	100	0.002	8.333	99.884	SI

Tabla 62: Cumplimiento de garantías demanda Industrial escenario 2033.





En la siguiente tabla se muestran los resultados, él lo que se puede ver que existe un alto cumplimiento de los caudales ecológicos.

Tramos	Garantía mensual (%)	Garantía volumétrica (%)
C3-86	92,36	98,81
C3-88b	100	100
C3-96b	92,82	98,82
C3-90	100	100
C3-100	96,41	99,36

Tabla 63: Cumplimiento de caudales ecológicos. Escenario 2033

## 10. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este Trabajo de Fin de Máster se ha enmarcado dentro de los trabajos de planificación hidrológica del segundo ciclo de planificación 2015-2021 de la Demarcación de Galicia Costa. Dado que en el Plan Hidrológico Demarcación Hidrográfica de Galicia Costa (2009-2015) no se simuló la gestión de los recursos hídricos para el sistema de explotación de la cuenca del río Eume (llamado sistema de explotación del Río Eume y ría de Ares), en el marco de este TFM, se han realizado los trabajos de estudio de los datos de diseño tanto de demandas como la actualización de las aportaciones a las nuevas series temporales y la modelización de la cuenca del río Eume, con el fin de analizar los diversos problemas relacionados con la gestión del agua en dicha cuenca y que los resultados se puedan utilizar en la planificación del ciclo 2015-2021.

El resultado de las simulaciones realizadas con el sistema de soporte a la decisión (SSD) para planificación y gestión de cuencas AQUATOOL, aprecia que existe suficiente cantidad de agua en el sistema de explotación para garantizar las demandas en los escenarios planteados, considerando que las previsiones en la zona son de descenso poblacional.

Debido a que el presente trabajo se pretende ser utilizado en el proceso de planificación, se ha adaptado el estudio a la legislación y directrices en materia de planificación que actualmente se están siguiendo tanto a nivel estatal como de la Comunidad Autónoma de Galicia.

Como conclusiones de este trabajo se plantean las siguientes:

- Las simulaciones realizadas para todos los escenarios ponen de manifiesto que en la cuenca existe suficiente cantidad de agua para satisfacer las demandas, por lo que no se considera que, según los escenarios planteados, que existan problemas significativos en materia de cantidad de agua.



- Las previsiones de descenso poblacional en la zona, garantizan el cumplimiento de demandas a largo plazo, a pesar de que puedan existir reducciones de aportaciones a causa del cambio climático.
- En cuanto a la calibración del modelo, es importante destacar los escasos datos de aforos existentes, por lo que se considera que a medida que existan más datos, las personas responsables de la gestión de la cuenca podrán continuar el perfeccionamiento de la calibración.
- A pesar de que han existido algunas simulaciones con unos coeficientes de simulación mejores se ha optado por la mejor de las soluciones que hacía que las garantías se satisficieran.
- Utilizar de forma continuada un modelo de gestión de cuencas, alimentarlo progresivamente con mejores datos e integrar su uso real en los procesos de planificación, permitirá tener herramientas más útiles y fiables, que se ajusten a las situaciones reales.