

PLAN HIDROLÓGICO

REVISIÓN 2015 - 2021

Parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental

MEMORIA - ANEJO XII

Sistema de indicadores de sequía y medidas de mitigación

Diciembre de 2015



COMPROMISO CON LAS PERSONAS



Índice

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes.....	3
3.	Terminología y definiciones	5
4.	Análisis de sequías históricas y caracterización de las sequías	7
4.1	Caracterización de la sequía meteorológica	7
4.1.1	Caracterización general.....	7
4.1.2	Caracterización de la sequía meteorológica por sistemas de explotación	9
4.2	Caracterización de la sequía hidrológica	20
4.2.1	Caracterización de la sequía hidrológica por sistemas de explotación	21
4.3	Experiencia en sequías históricas.....	32
5.	Sistema de indicadores, umbrales y fases de sequía.....	35
5.1	Introducción.....	35
5.2	Definición de índice de estado	36
5.3	Tipos de indicadores	38
5.3.1	Indicadores de reserva de embalse.....	38
5.3.2	Indicadores foronómicos.....	42
5.3.3	Indicadores pluviométricos	43
5.3.4	Indicadores piezométricos	47
5.3.5	Otros indicadores	48
5.4	Zonificación	49
5.5	Criterios generales	50
5.6	Propuesta de indicadores y umbrales en las Cuencas Internas de la CAPV	51
5.6.1	Sistema Bidasoa.....	51
5.6.2	Sistema Urumea-Oiartzun	54
5.6.3	Sistema Urola	63
5.6.4	Deba	72
5.6.5	Lea-Artibai	87
5.6.6	Oka	94
5.6.7	Butroe.....	101
5.6.8	Sistema Nerbioi-Ibaizabal.....	103
5.6.9	Barbadun	105
5.6.10	Resumen de indicadores	109

6.	Propuesta de medidas para la mitigación de las sequías	110
6.1	Tipología de las medidas	110
6.2	Medidas para la mitigación de los efectos de la sequía.....	112
6.2.1	Antecedentes	112
6.2.2	Propuesta de medidas	113

Índice de figuras

Figura 1	Delimitación de los Ámbitos de Planificación de la Cuenca Norte.....	3
Figura 2	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Oiartzun.....	9
Figura 3	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Urumea	10
Figura 4	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Oria	11
Figura 5	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Urola.....	12
Figura 6	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Deba.....	13
Figura 7	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Artibai.....	14
Figura 8	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Lea	15
Figura 9	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Oka	16
Figura 10	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Butroe.....	17
Figura 11	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Ibaizabal.....	18
Figura 12	Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Barbadun.....	19
Figura 13	Caracterización anual de la precipitación IEA por zonas de sequía	20
Figura 14	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Oiartzun.....	21
Figura 15	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Urumea.....	22
Figura 16	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Oria.....	23
Figura 17	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Urola.....	24
Figura 18	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Deba.....	25
Figura 19	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Artibai	26
Figura 20	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Lea	27
Figura 21	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Oka.....	28
Figura 22	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Butroe.....	29
Figura 23	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Ibaizabal	30
Figura 24	Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Barbadun	31
Figura 25	Índices de Estado pluviométrico (lluvia acumulada) para distintos periodos: Estación 1050	46
Figura 26	Índices Standarizados de Precipitación (ISP) para distintos periodos de acumulación: Estación 1050.....	47
Figura 27	Entes gestores de abastecimiento urbano (servicio en alta)	49
Figura 28	Captaciones superficiales para abastecimiento urbano	50
Figura 29	Captaciones superficiales para abastecimiento industrial	50
Figura 30	Propuesta de indicadores. Sistema Bidasoa.....	52
Figura 31	Propuesta de indicadores. Sistema Urumea-Oiartzun	54
Figura 32	Aportaciones al embalse de Añarbe	55
Figura 33	Aportaciones de recursos suplementarios	57
Figura 34	Esquema de simulación Urumea-Oiartzun (Estudio de demandas)	58
Figura 35	Umbrales obtenidos (hm ³): Añarbe	61
Figura 36	Umbrales propuestos (hm ³): Añarbe.....	61

Figura 37	Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 1017 Oiartzun	62
Figura 38	Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 1024E San Sebastián (Igueldo)	63
Figura 39	Propuesta de indicadores sistema Urola	64
Figura 40	Aportaciones al embalse de Ibaieder	65
Figura 41	Aportaciones al embalse de Barrendiola	65
Figura 42	Esquema del Sistema Urola (Estudio de Demandas)	67
Figura 43	Curva de embalse del sistema Ibaieder-Barrendiola	69
Figura 44	Umrales obtenidos (hm ³): Barrendiola-Ibaieder	70
Figura 45	Umrales propuestos (hm ³): Barrendiola-Ibaieder	71
Figura 46	Contraste de los umbrales obtenidos como resultados de la simulación (Ie): Sistema Ibaieder-Barrendiola	71
Figura 47	Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 10370 Azkoitia	72
Figura 48	Propuesta de indicadores. Sistema Deba.....	74
Figura 49	Aportaciones al embalse de Urkulu	75
Figura 50	Aportaciones al embalse de Aixola.....	75
Figura 51	Aportaciones de recursos suplementarios.....	77
Figura 52	Esquema del Sistema Deba (Estudio de Demandas)	79
Figura 53	Curva de embalse del sistema Aixola-Urkulu.....	82
Figura 54	Umrales obtenidos (hm ³): Aixola-Urkulu	83
Figura 55	Umrales propuestos (hm ³): Aixola-Urkulu.....	84
Figura 56	Contraste de los umbrales obtenidos como resultados de la simulación (Ie): Sistema Aixola-Urkulu.....	84
Figura 57	Cota piezométrica registrada en SP11. Kilimoi-3.....	85
Figura 58	Umbral de cota msnm para SP11. Kilimoi-3	85
Figura 59	Aplicación de los umbrales al piezómetro SP11. Kilimoi-3.....	86
Figura 60	Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 1045 Mondragón.....	86
Figura 61	Propuesta de indicadores. Sistema Lea-Artibai	88
Figura 62	AR02. Berriatua. Comparación TETIS-aforo.....	88
Figura 63	AR02. Berriatua. Episodios de recesión. Serie aforada ($\alpha = 0.0133$).....	89
Figura 64	AR02. Berriatua. Episodios de recesión. Serie TETIS ($\alpha = 0.0055$).....	89
Figura 65	Umbral de caudal (m ³ /s) para AR02. Berriatua.....	90
Figura 66	Aplicación de los umbrales a los caudales aforados en AR02. Berriatua.....	90
Figura 67	LE01 Oleta. Comparación TETIS-aforo	91
Figura 68	LE01 Oleta. Episodios de recesión. Serie aforada ($\alpha = 0.0110$)	91
Figura 69	LE01 Oleta. Episodios de recesión. Serie TETIS ($\alpha = 0.0040$)	92
Figura 70	Umbral de caudal (m ³ /s) para LE01 Oleta	92
Figura 71	Aplicación de los umbrales a los caudales aforados en LE01 Oleta	93

Figura 72	Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1055A Lekeitio-Agustinas	93
Figura 73	Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1053 Etxebarri (Artibai).....	93
Figura 74	Propuesta de indicadores. Sistema Oka.....	95
Figura 75	OK01 Muxika. Comparación TETIS-aforo.....	95
Figura 76	OK01 Muxika. Episodios de recesión. Serie aforada ($\alpha = 0.0180$).....	96
Figura 77	OK01 MUXika. Episodios de recesión. Serie TETIS ($\alpha = 0.0070$)	96
Figura 78	Umbral de caudal (m ³ /s) para OK01 Muxika.	97
Figura 79	Aplicación de los umbrales a los caudales aforados en OK01. Muxika.....	97
Figura 80	Cota piezométrica registrada en SP09 Tole.....	98
Figura 81	Umbral de cota msnm para SP09 Tole	98
Figura 82	Aplicación de los umbrales al piezómetro SP09 Tole	99
Figura 83	Cota piezométrica registrada en SP06 Olalde B.....	99
Figura 84	Umbral de cota msnm para SP06 Olalde B	100
Figura 85	Aplicación de los umbrales al piezómetro SP06 Olalde	100
Figura 86	Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro OK01 Muxika.....	101
Figura 87	Propuesta de indicadores. Sistema Barbadun	102
Figura 88	Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1057E Bakio	102
Figura 89	Propuesta de indicadores. Sistema Barbadun	106
Figura 90	Cota piezométrica registrada en SP26. Aguas Frías	106
Figura 91	Umbral de cota msnm para SP26. Aguas Frías	107
Figura 92	Aplicación de los umbrales al piezómetro SP26 Aguas Frías	107
Figura 93	Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1083 Arcentales	108
Figura 94	Tipología de medidas a incluir en los PES e incidencia en ellas del artículo 4.6 de la DMA	110
Figura 95	Propuesta de relación entre índice de estado y presión hidrológica	113

Índice de tablas

Tabla 1	Caracterización anual de la precipitación SPI por zonas de sequía.....	8
Tabla 2	Datos de precipitación. Sistema Oiartzun	9
Tabla 3	Datos de precipitación. Sistema Urumea.....	10
Tabla 4	Datos de precipitación. Sistema Oria	11
Tabla 5	Datos de precipitación. Sistema Urola.....	12
Tabla 6	Datos de precipitación. Sistema Deba.....	13
Tabla 7	Datos de precipitación. Sistema Artibai	14
Tabla 8	Datos de precipitación. Sistema Lea	15
Tabla 9	Datos de precipitación. Sistema Oka.....	16
Tabla 10	Datos de precipitación. Sistema Butroe.....	17
Tabla 11	Datos de precipitación. Sistema Ibaizabal	18
Tabla 12	Datos de precipitación. Sistema Barbadun.....	19
Tabla 13	Datos de aportación. Sistema Oiartzun	21
Tabla 14	Datos de aportación. Sistema Urumea.....	22
Tabla 15	Datos de aportación. Sistema Oria.....	23
Tabla 16	Datos de aportación. Sistema Urola	24
Tabla 17	Datos de aportación. Sistema Deba	25
Tabla 18	Datos de aportación. Sistema Artibai	26
Tabla 19	Datos de aportación. Sistema Lea.....	27
Tabla 20	Datos de aportación. Sistema Oka	28
Tabla 21	Datos de aportación. Sistema Butroe	29
Tabla 22	Datos de aportación. Sistema Ibaizabal	30
Tabla 23	Datos de aportación. Sistema Barbadun	31
Tabla 24	Estadísticos de las series de aportaciones del embalse de Urkulu.....	40
Tabla 25	Ejemplo del cálculo del umbral de prealerta (12 meses) en el mes de febrero (hm ³)	41
Tabla 26	Sistemas de explotación. Superficie y aportación.....	49
Tabla 27	Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1014 Hondarribia (Aeropuerto).....	53
Tabla 28	Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Añarbe (hm ³).....	55
Tabla 29	Parámetros estadísticos de la serie de excedentes de Erroizpe, Epele 1, Penadegi y Epele 2 (hm ³).....	57
Tabla 30	Demandas consideradas en el cálculo de umbrales: Añarbe (hm ³).....	58
Tabla 31	Caudales ecológicos del sistema Añarbe	59
Tabla 32	Embalse de Añarbe: relación superficie-volumen-ETP.....	59
Tabla 33	Embalse de Añarbe: curva de embalse	59
Tabla 34	Series de aportaciones para el cálculo de umbrales.....	60
Tabla 35	Resumen de demandas y requerimientos ambientales para cálculo de umbrales. Añarbe.....	60

Tabla 36	Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Ibaieder (hm ³).....	66
Tabla 37	Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Barrendiola (hm ³).....	66
Tabla 38	Demandas consideradas en el cálculo de umbrales: Ibaieder-Barrendiola (hm ³).....	67
Tabla 39	Caudales ecológicos del sistema Barrendiola-Ibaieder.....	68
Tabla 40	Curva de embalse: Sistema Ibaieder-Barrendiola. Embalse de Barrendiola.....	68
Tabla 41	Curva de embalse: Sistema Ibaieder-Barrendiola. Embalse de Ibaieder.....	68
Tabla 42	Series de aportaciones para el cálculo de umbrales.....	69
Tabla 43	Resumen de demandas y requerimientos ambientales para cálculo de umbrales. Barrendiola-Ibaieder.....	70
Tabla 44	Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Urkulu (hm ³).....	76
Tabla 45	Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Aixola (hm ³).....	76
Tabla 46	Parámetros estadísticos de la serie de excedentes de Antzuola, Muskiritxu y Beneras (hm ³).....	78
Tabla 47	Demandas consideradas en el cálculo de umbrales: Urkulu-Aixola (hm ³).....	79
Tabla 48	Caudales ecológicos del sistema Deba.....	80
Tabla 49	Curva de embalse: Sistema Urkulu-Aixola. Embalse de Urkulu.....	80
Tabla 50	Curva de embalse: Sistema Urkulu-Aixola. Embalse de Aixola.....	81
Tabla 51	Curva de embalse: Sistema Urkulu-Aixola. Embalse Agregado.....	81
Tabla 52	Series de aportaciones para el cálculo de umbrales.....	82
Tabla 53	Resumen de demandas y requerimientos ambientales para cálculo de umbrales. Aixola-Urkulu.....	83
Tabla 54	Resumen de indicadores de sequía para las Cuencas Internas de la CAPV.....	109

Acrónimos

Sigla	Descripción
CAPV	Comunidad Autónoma del País Vasco
CHC	Confederación Hidrográfica del Cantábrico
CIPV	Cuencas Internas del País Vasco
DGA	Dirección General del Agua
DH	Demarcación Hidrográfica
DMA	Directiva 2000/60/CE Marco del Agua
EAE	Evaluación ambiental estratégica
EPTI	Esquema Provisional de Temas Importantes
ETI	Esquema de Temas Importantes en materia de gestión de aguas
GV	Gobierno Vasco
IPH	Instrucción de Planificación Hidrológica
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
PdM	Programa de Medidas
PES	Plan Especial de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía
URA	Agencia Vasca del Agua
ZEC	Zona de Especial Conservación

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta un sistema de indicadores de sequía y medidas de mitigación en el ámbito de la DH del Cantábrico Oriental, en la que tanto el Gobierno Vasco a través de la Agencia Vasca del Agua como la Confederación Hidrográfica del Cantábrico ejercen sus competencias.

Los planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en los ámbitos de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias se han aprobado mediante ORDEN MAM/698/2007, de 21 de marzo.

De acuerdo con el mandato incluido en el artículo 27.1 de la Ley 10/2001, el objetivo general de los Planes Especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual Sequía [PES] es minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía.

Este objetivo general se persigue a través de los siguientes objetivos específicos, todos ellos en el marco de un desarrollo sostenible y equilibrado:

- Garantizar la disponibilidad de agua requerida para asegurar la salud y la vida de la población.
- Evitar o minimizar los efectos negativos de la sequía sobre el estado ecológico de las masas de agua, en especial sobre el régimen de caudales ecológicos, evitando, en todo caso, efectos permanentes sobre el mismo.
- Minimizar los efectos negativos sobre el abastecimiento urbano.
- Minimizar los efectos negativos sobre las actividades económicas, según la priorización de usos establecidos en la legislación de aguas y en el plan hidrológico.

A su vez, para alcanzar los objetivos específicos se plantean los siguientes objetivos instrumentales u operativos:

- Definir mecanismos para la previsión y detección de la presentación de situaciones de sequía.
- Fijar umbrales para la determinación del agravamiento de las situaciones de sequía (fases de gravedad progresiva).
- Definir las medidas para conseguir los objetivos específicos en cada fase de las situaciones de sequía.
- Asegurar la transparencia y participación pública en el desarrollo de los planes.

En este Anejo, se establece un sistema de indicadores y umbrales de sequía para el ámbito de las cuencas internas del País Vasco que serán calculados y monitorizados durante la fase de vigencia del nuevo Plan Hidrológico, de manera que, una vez sometida a prueba su adecuación, puedan convertirse en elementos sustantivos de las estrategias de gestión de la sequía de la Demarcación.

Así mismo, se proponen una serie de medidas orientadas a facilitar el cumplimiento de los objetivos específicos enunciados anteriormente. Estas medidas se activarían escalonadamente en respuesta a la evolución de los indicadores y habrán de ser igualmente validadas en los próximos años.

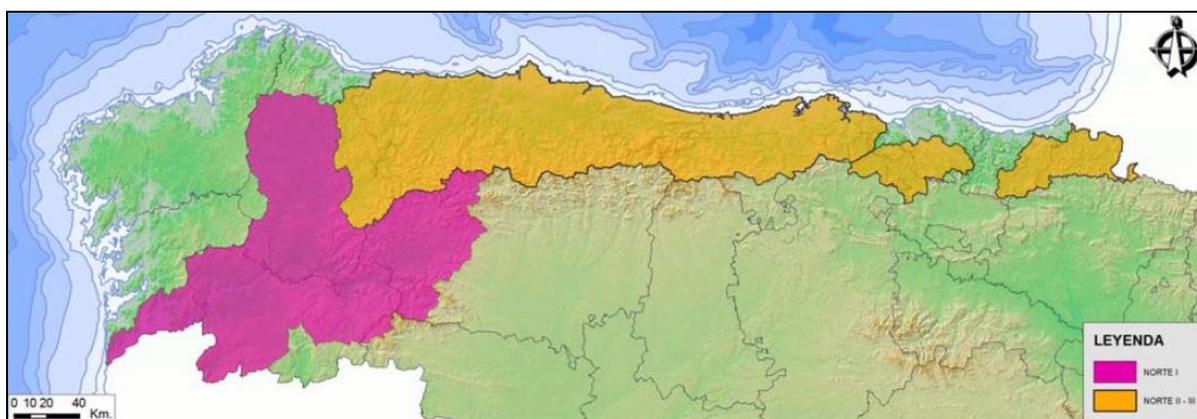
Se ha tenido especialmente en cuenta la imbricación de estas propuestas con el Plan Hidrológico, hecho que establece diversos condicionantes y oportunidades:

- Coherencia y consistencia de los datos de base necesarios para la elaboración de ambos documentos de planificación, en particular, recursos, demandas y caudales ecológicos.
- Simplificación de los contenidos de la Propuesta, en la medida en que puedan remitirse a los más detallados del Plan Hidrológico, en particular en lo que se refiere al marco general y contenidos de carácter descriptivo.

2. ANTECEDENTES

La Ley 10/2001 de 5 de julio del Plan Hidrológico Nacional estableció en su Artículo 27 sobre Gestión de Sequía la necesidad de llevar a cabo actuaciones entre las que se encontraban la elaboración de Planes Especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual Sequía [PES] que deberían haber estado operativos en julio del año 2003. El objetivo de estos planes era minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales originados por la sequía.

Con la Orden MAM/698/2007, de 21 de marzo, se aprobaban los planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en los ámbitos de los planes hidrológicos de cuencas intercomunitarias y, en particular, el PES de la cuenca hidrográfica del Norte [PES Norte-2007] que fuera informado por el Consejo del Agua de la cuenca el 12 de marzo de 2007. El ámbito de este Plan se dividió en dos áreas: Norte I (coincidente con la actual Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil) y Norte II-III, acorde con la delimitación del Decreto 125/2007.



Fuente: PES Norte-2007

Figura 1 Delimitación de los Ámbitos de Planificación de la Cuenca Norte

Con posterioridad, el Real Decreto 29/2011 vendría a modificar el RD 125/2007, pasando a definir el ámbito de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental como se encuentra en la actualidad.

Esta modificación se realizaba en cumplimiento de la Directiva 2000/60/CE, sin perjuicio de las competencias que corresponden a la Comunidad Autónoma del País Vasco [CAPV], con la que se coordinará la planificación y gestión hidrológica en los términos previstos en el mismo Real Decreto.

Por otra parte, el Esquema Provisional de Temas Importantes del segundo ciclo de planificación hidrológica: 2015-2021 establece en su Ficha 13 [Sequías] un marco de referencia adecuado para la comprensión de la problemática de la sequía en el ámbito de trabajo. Como síntesis, podemos destacar:

- Los sistemas cantábricos no padecen situaciones de escasez de agua, recurrente desequilibrio entre el consumo y los recursos renovables, similares a los de otras cuencas ibéricas. La severidad de los eventos de sequía desviación negativa y persistente de los valores medios de precipitación es también menor pero estos

sistemas no están a salvo del impacto de episodios críticos. El más significativo, entre 1988 y 1990, afectó al suministro del Gran Bilbao y a la ciudad de Vitoria, dependientes fundamentalmente del sistema Zadorra cuya explotación está regulada por PES del Ebro, aprobado en 2007, y por la curva de garantía y de inicio de vertido de los embalses acordada en marzo de 2008.

- Pese a las medidas adoptadas para una mejor gestión de la demanda y de los recursos en condiciones normales y durante los episodios extremos de sequía (racionalización del consumo, mejora en las infraestructuras, modificaciones en la explotación) persisten factores de riesgo:
 - La dependencia de caudales fluyentes en el abastecimiento de algunas áreas. La ausencia de regulación aumenta el riesgo de crisis en años secos.
 - Los limitados recursos hídricos de muchos de los acuíferos, que dificultan que jueguen un papel relevante en la superación de las fases más críticas.
 - La falta de una gestión mancomunada en determinadas unidades de demanda.
 - La mayor frecuencia e intensidad de los fenómenos hidrológicos extremos, cuya previsión anticipa el cambio climático.
- El seguimiento del PES de la cuenca hidrográfica del Norte ha revelado la falta de robustez y limitada capacidad predictiva de los indicadores seleccionados que se traducía en una excesiva frecuencia de periodos supuestamente secos sin correspondencia con la situación hidrológica real.
- Además, se han llevado a cabo nuevas estimaciones y determinaciones relevantes para mejorar el conocimiento de diversos elementos clave para el PES, en particular:
 - El estudio Actualización de la evaluación de recursos hídricos en la CAPV 2010
 - El nuevo estudio de demandas Análisis de los sistemas de abastecimiento y del balance entre recursos y demandas de agua en la CAPV mediante modelos de gestión,
 - Los nuevos regímenes de caudales mínimos ecológicos.
 - El Plan Director de Abastecimiento en Alta de la Comunidad Foral de Navarra, que debe aportar información de base para el cálculo de indicadores y umbrales en las cuencas compartidas por ambas comunidades (Oria, Urumea y Bidasoa).

3. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES

El documento *Working definitions of Water scarcity and Drought* ha revisado las diferentes definiciones y descripciones de los fenómenos de escasez de agua y la sequía con el fin de proponer una "definición de trabajo" más clara para su posterior utilización en el contexto de la Política de Agua de la Comisión Europea.

De acuerdo con este documento, la sequía es un fenómeno natural que consiste en una desviación negativa y persistente de los valores medios de precipitación (un déficit de lluvia) que, en función de su severidad y duración, puede conducir a la aparición de sequías agrícolas, hidrológicas y socioeconómicas. La sequía es, por tanto, un rasgo del clima y puede ocurrir en cualquier región. En consecuencia, es importante remarcar la distinción con los problemas de escasez de agua que se derivan de la acción humana y que se manifiestan en un recurrente desequilibrio entre el consumo y los recursos renovables.

El Observatorio Nacional de la Sequía incluye algunas definiciones de los tipos de sequía anteriormente mencionados:

Sequía meteorológica. Se dice que se está en sequía meteorológica cuando se produce una escasez continuada de las precipitaciones. Es la sequía que da origen a los restantes tipos de sequía y normalmente suele afectar a zonas de gran extensión. El origen de la escasez de precipitaciones está relacionado con el comportamiento global del sistema océano-atmósfera, donde influyen tanto factores naturales como factores antrópicos, como la deforestación o el incremento de los gases de efecto invernadero. La definición de sequía meteorológica está vinculada a una región específica, ya que las condiciones atmosféricas que producen déficit de precipitación son muy variables de una región a otra. Además este tipo de sequía también puede implicar temperaturas más altas, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello puede traducirse finalmente en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas. En muchos casos el indicador primario de disponibilidad de agua es la precipitación.

Sequía hidrológica. Puede definirse como aquella relacionada con periodos de caudales circulantes por los cursos de agua o de volúmenes embalsados por debajo de lo normal. Una definición más precisa sería la disminución en las disponibilidades de aguas superficiales y subterráneas en un sistema de gestión durante un plazo temporal dado, respecto a los valores medios, que puede impedir cubrir las demandas de agua al cien por cien. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede demorarse durante meses o algún año desde el inicio de la escasez pluviométrica o si las lluvias retornan en poco tiempo, no llegar a manifestarse.

Sequía agrícola o hidroedáfica. Puede definirse como déficit de humedad en la zona radicular para satisfacer las necesidades de un cultivo en un lugar en una época determinada. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para un área geográfica. En zonas de cultivos de secano va ligada a la sequía meteorológica con un pequeño desfase temporal de-

pendiente de la capacidad de retención de humedad del suelo edáfico. En zonas irrigadas la sequía agrícola está más vinculada a la sequía hidrológica.

Sequía socioeconómica. Entendida como afección de la escasez de agua a las personas y a la actividad económica como consecuencia de la sequía. Para hablar de sequía socioeconómica no es necesario que se produzca una restricción del suministro de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica con consecuencias económicas desfavorables.

En sucesivos apartados del presente documento se introducirá la terminología necesaria para facilitar la comprensión de sus contenidos y alcance.

4. ANÁLISIS DE SEQUÍAS HISTÓRICAS Y CARACTERIZACIÓN DE LAS SEQUÍAS

La caracterización de las sequías en cada sistema de explotación se ha basado en la información generada en el trabajo de actualización de recursos en la CAPV 2010 realizado por la Agencia Vasca del Agua. Para el cálculo, se ha considerado el territorio completo del sistema de explotación con independencia de su adscripción competencial. No se incluye la caracterización del sistema Bidasoa por no disponerse de información de base necesaria para la unidad completa.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA SEQUÍA METEOROLÓGICA

4.1.1 Caracterización general

En lo que se refiere a la sequía meteorológica, se han obtenido parámetros estadísticos clásicos de las series representativas de precipitación (medias, mínimas, máximas, percentiles), con una adecuada definición espacial que ha permitido discriminar comportamientos diferenciales en los diversos ámbitos hidrográficos.

Igualmente, se ha procedido a calcular otros indicadores específicos orientados a identificar y caracterizar los periodos secos tales como:

- Índice de Precipitación Estandarizado [Standard Precipitation Index - SPI] definido por la expresión:

$$SPI = \frac{(X_i - MX_i)}{S}$$

En donde:

X_i : es la precipitación anual del año i

MX_i : es la media de la precipitación anual en el período 1980-2010

S : es la desviación típica o estándar de la serie de precipitación anual del período

- SPI acumulado

Previa categorización de las sequías como **leves**, **moderadas** o **graves**, se han generado gráficos zonales de síntesis. En la siguiente figura se muestra la distribución de los ciclos secos para cada sistema (zona de sequía) según los valores de SPI.

Sistemas de explotación	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Barbadun															
Ibaizabal															
Butroe															
Oka															
Lea															
Artibai															
Deba															
Urola															
Oria															
Urumea															
Oiartzun															

Sistemas de explotación	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Barbadun															
Ibaizabal															
Butroe															
Oka															
Lea															
Artibai															
Deba															
Urola															
Oria															
Urumea															
Oiartzun															

Tabla 1 Caracterización anual de la precipitación SPI por zonas de sequía

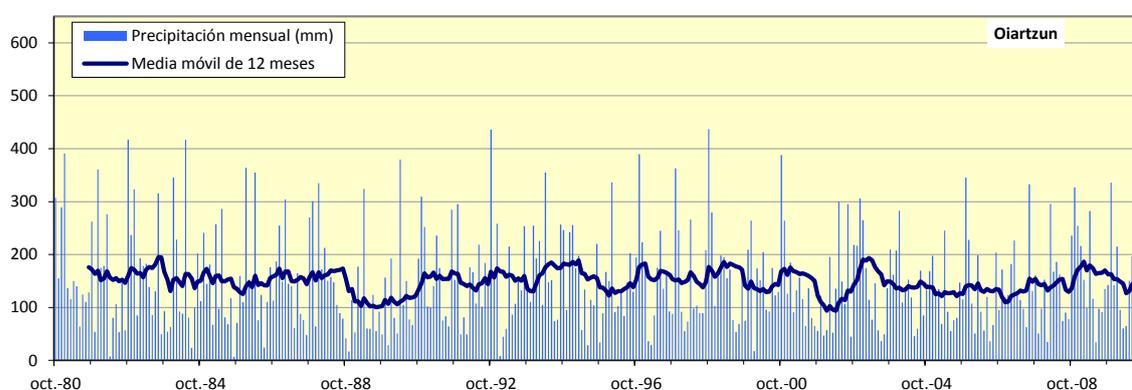
En las páginas sub-siguientes, se presentan los principales datos y figuras de cada zona.

4.1.2 Caracterización de la sequía meteorológica por sistemas de explotación

Sistema Oiartzun

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	183	201	185	174	143	139	174	141	108	90	125	131	1.794
Máxima	437	389	361	391	336	296	379	417	245	174	333	285	2.336
Mínima	34	16	29	8	35	29	7	56	29	24	49	7	1.219
Percentil 1%	36	26	34	11	35	35	22	57	30	24	51	18	1.287
Percentil 5%	45	52	48	34	40	51	61	61	39	30	59	46	1.485
Percentil 10%	55	54	61	57	49	59	76	74	54	37	67	50	1.548
Percentil 25%	94	131	111	103	83	92	99	96	68	61	77	78	1.661
Percentil 50%	148	179	202	169	152	134	154	123	95	86	95	129	1.775
Desv. típica	118,95	103,21	91,90	99,92	76,35	70,16	95,57	76,72	53,91	39,21	75,01	70,01	230,73

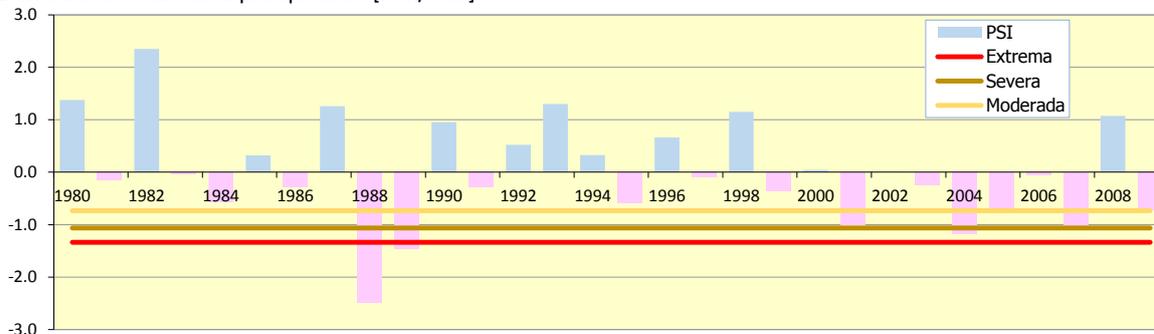
Tabla 2 Datos de precipitación. Sistema Oiartzun



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



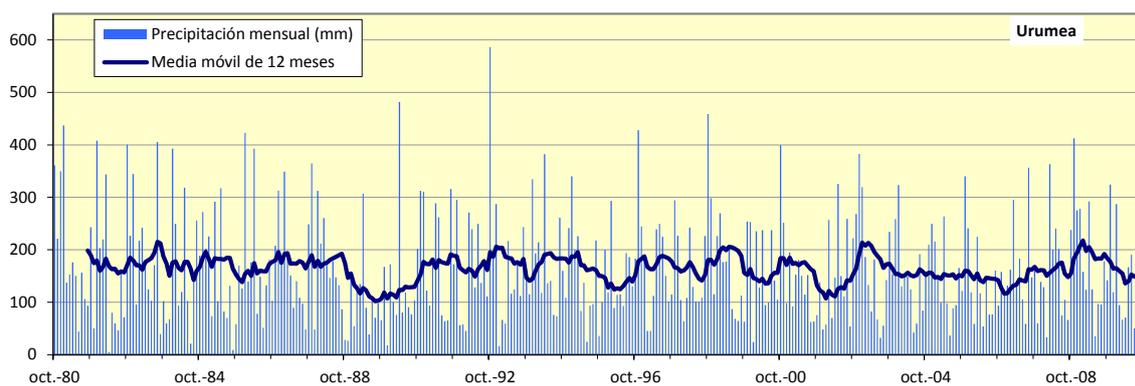
Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 2 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Oiartzun

Sistema Urumea

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	195	216	207	197	156	168	194	156	111	104	133	131	1.968
Máxima	587	428	408	437	349	363	482	326	249	237	405	316	2.548
Mínima	28	27	18	17	32	45	5	54	25	21	55	9	1.238
Percentil 1%	30	33	27	19	36	49	24	61	28	24	57	18	1.329
Percentil 5%	46	54	48	37	45	62	76	79	36	39	63	43	1.605
Percentil 10%	62	60	55	57	57	69	83	80	39	450	65	53	1.674
Percentil 25%	102	141	116	118	92	101	118	102	69	65	81	74	1.822
Percentil 50%	161	215	234	186	144	151	177	133	103	92	107	108	1.932
Desv. típica	132,81	107,64	109,76	117,05	83,20	86,49	105,06	75,05	59,91	55,59	81,46	75,46	278,06

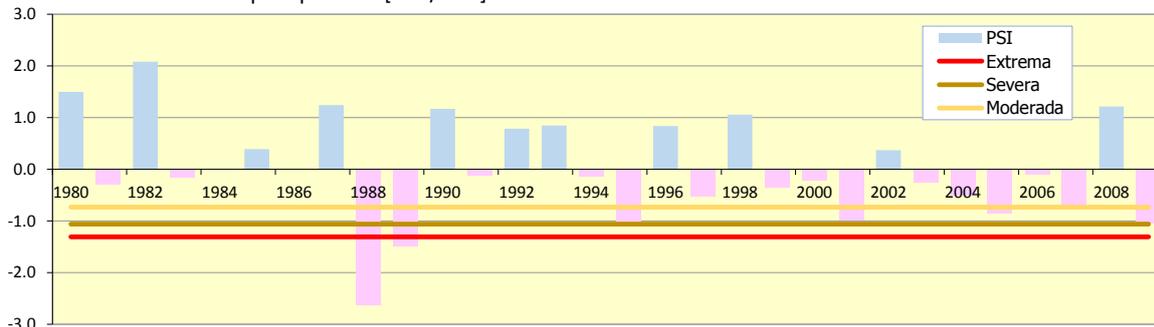
Tabla 3 Datos de precipitación. Sistema Urumea



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 3 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Urumea

Sistema Oria

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	156	191	182	169	139	147	164	128	90	73	94	101	1.634
Máxima	566	355	347	367	299	318	371	269	195	169	363	246	2.165
Mínima	23	33	25	12	32	46	37	44	24	10	30	6	1.073
Percentil 1%	24	37	29	17	33	52	43	49	26	14	34	12	1.117
Percentil 5%	37	51	40	36	39	67	61	61	30	24	47	29	1.253
Percentil 10%	51	57	50	45	60	68	73	66	31	27	53	48	1.388
Percentil 25%	73	137	112	93	78	85	88	92	55	39	57	60	1.517
Percentil 50%	135	196	197	174	153	129	151	115	82	67	75	89	1.580
Dev. típica	113,3 3	90,11	94,01	94,24	67,35	75,41	86,39	61,64	46,46	41,80	62,24	57,97	253,62

Tabla 4 Datos de precipitación. Sistema Oria

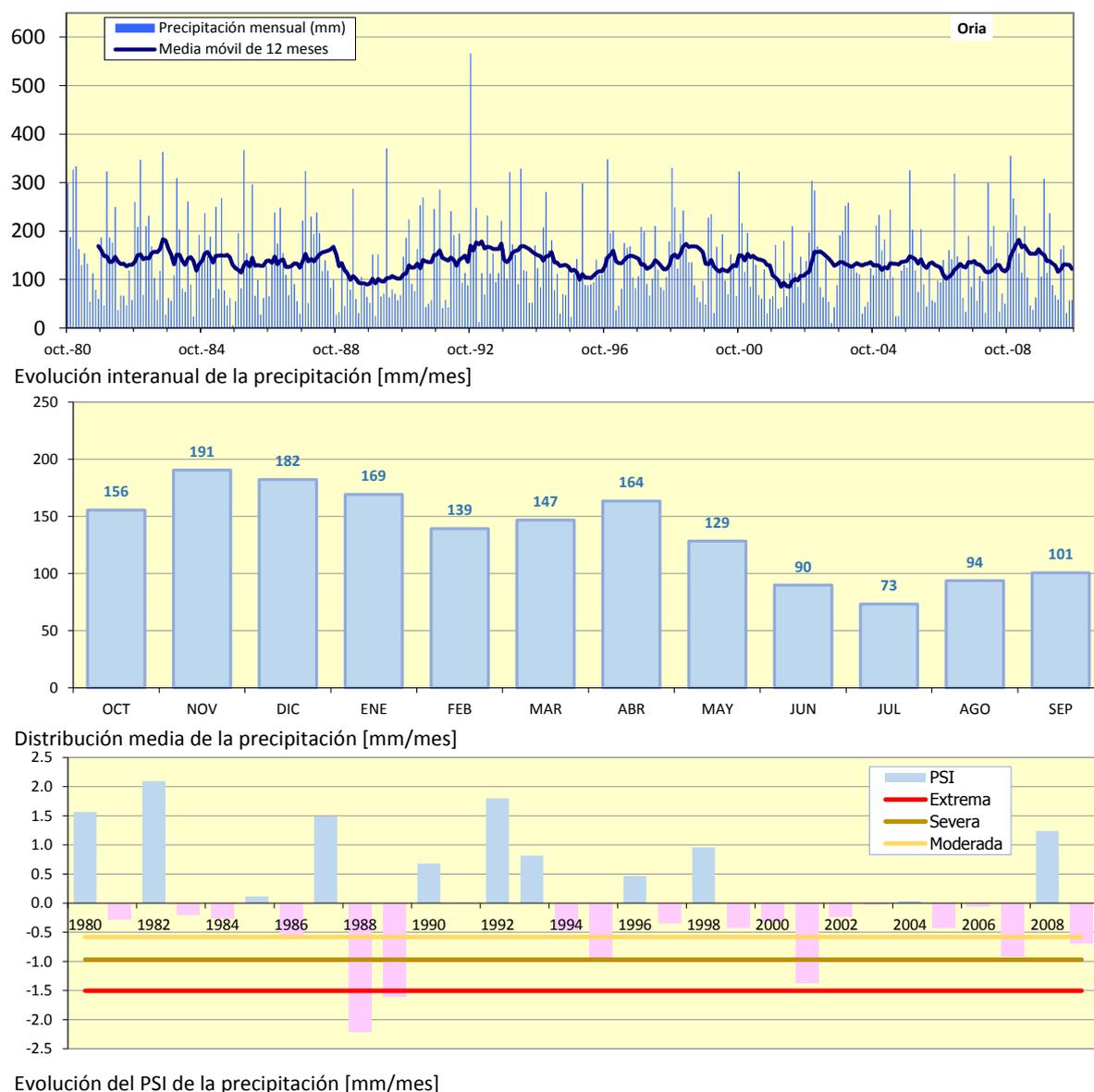


Figura 4 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Oria

Sistema Urola

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	148	178	172	153	129	133	147	113	78	62	82	91	1.485
Máxima	564	326	354	346	294	297	299	238	186	154	331	224	2.047
Mínima	24	27	18	12	27	35	37	40	11	10	26	3	985
Percentil 1%	25	31	23	17	28	39	40	43	14	11	28	8	1.004
Percentil 5%	29	44	39	35	33	52	52	52	24	15	33	23	1.121
Percentil 10%	43	52	46	42	54	64	63	57	32	18	37	37	1.221
Percentil 25%	65	109	100	86	75	76	87	71	42	33	45	54	1.346
Percentil 50%	133	189	182	148	137	120	135	99	70	55	56	82	1.448
Desv. típica	111,88	85,96	92,74	85,83	61,16	65,53	75,50	56,85	44,74	38,44	61,37	52,52	249,87

Tabla 5 Datos de precipitación. Sistema Urola

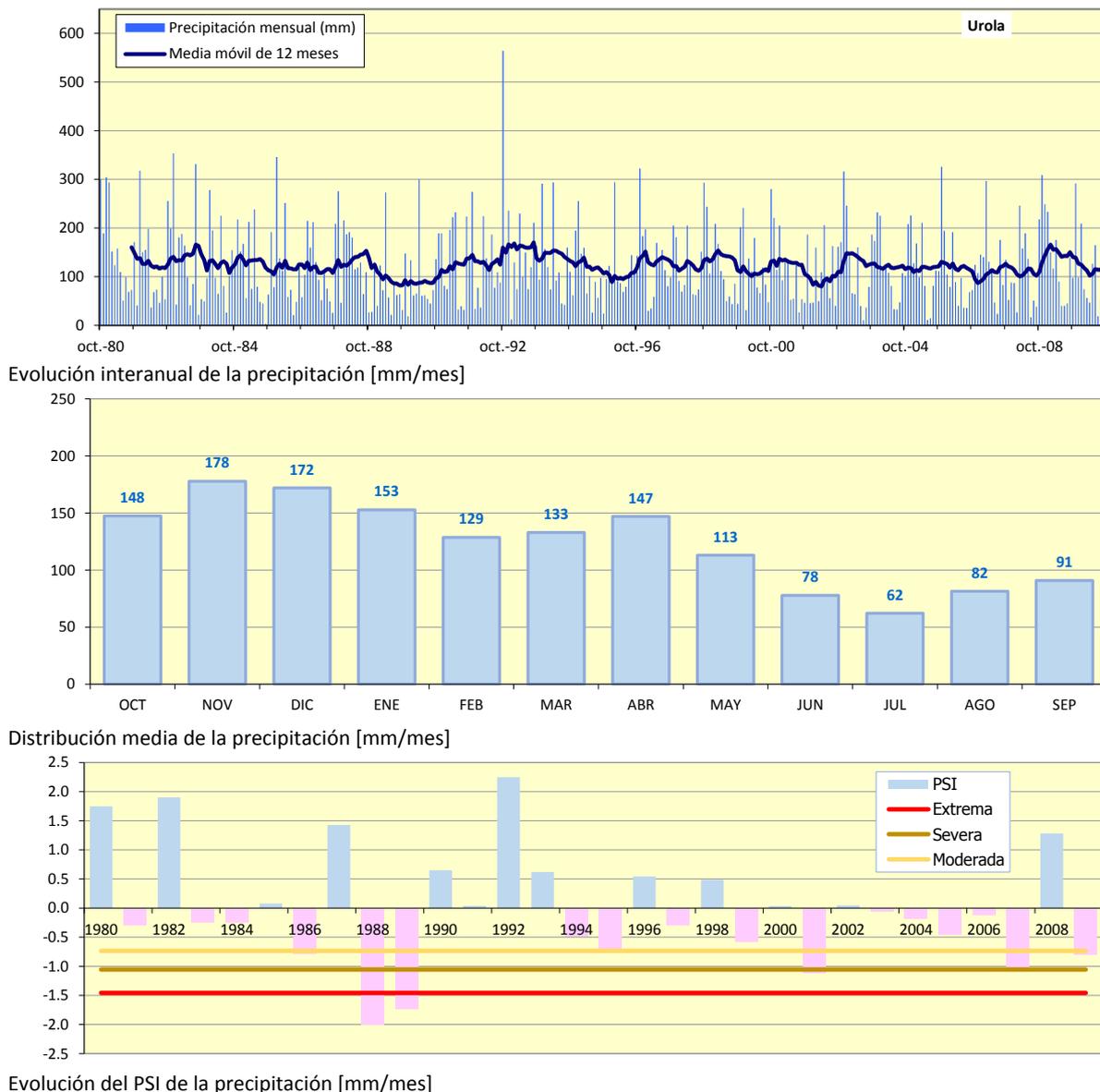
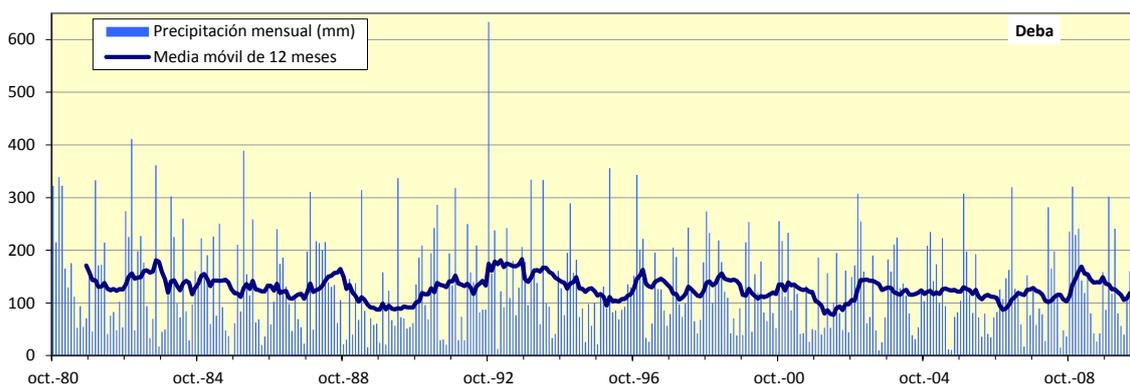


Figura 5 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Urola

Sistema Deba

Valores medios	oct	Nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	147	186	181	165	138	140	156	122	78	58	77	91	1.540
Máxima	633	343	411	389	356	320	337	286	209	134	361	206	2.197
Mínima	22	30	21	13	28	26	40	36	12	6	21	2	1.048
Percentil 1%	22	35	23	21	28	34	40	37	13	7	22	7	1.062
Percentil 5%	23	48	34	42	31	54	50	44	20	10	26	20	1.128
Percentil 10%	38	57	49	48	57	57	71	61	29	15	34	35	1.231
Percentil 25%	66	116	109	91	80	85	79	80	42	29	41	53	1.396
Percentil 50%	131	195	191	157	148	124	139	104	70	48	56	75	1.503
Dev. típica	122,40	89,17	100,55	94,57	70,32	74,79	86,71	66	47,67	37,94	65,29	53,70	280,40

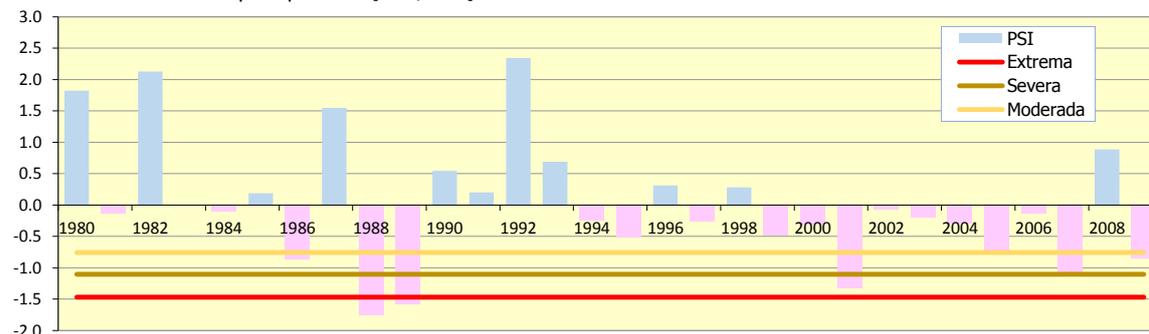
Tabla 6 Datos de precipitación. Sistema Deba



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



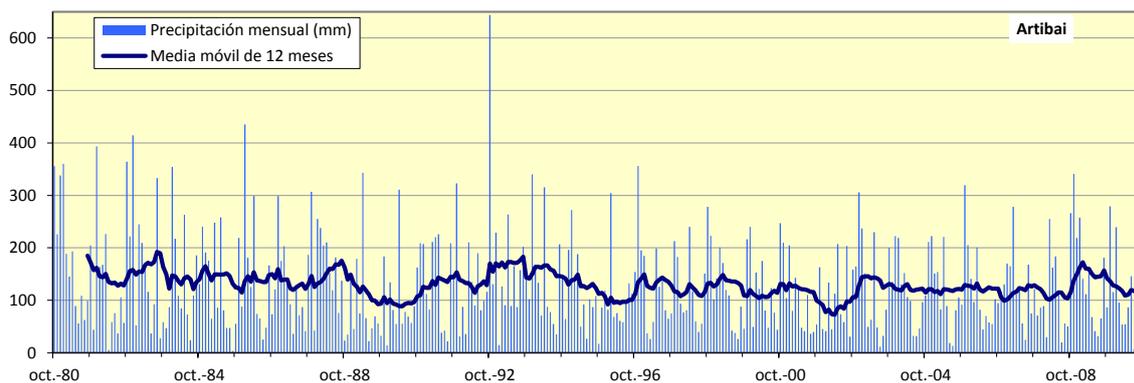
Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 6 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Deba

Sistema Artibai

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	158	186	184	170	141	138	154	117	74	62	85	100	1.569,8
Máxima	644	356	415	435	305	278	343	263	190	181	333	209	2.276
Mínima	17	35	14	15	30	26	5	36	18	7	22	4	1.112
Percentil 1%	19	37	19	22	32	32	18	39	19	8	23	11	1.126
Percentil 5%	27	45	36	43	36	47	52	46	24	12	29	29	1.163
Percentil 10%	44	63	45	49	62	53	58	55	32	19	35	39	1.206
Percentil 25%	75	118	102	90	86	76	85	69	42	32	47	56	1.386
Percentil 50%	138	209	193	166	143	128	130	90	63	51	67	92	1.525
Desv. típica	129,52	92,40	106,60	101,24	66,07	71,45	89,86	66,25	43,46	42,13	63,75	57,53	314,06

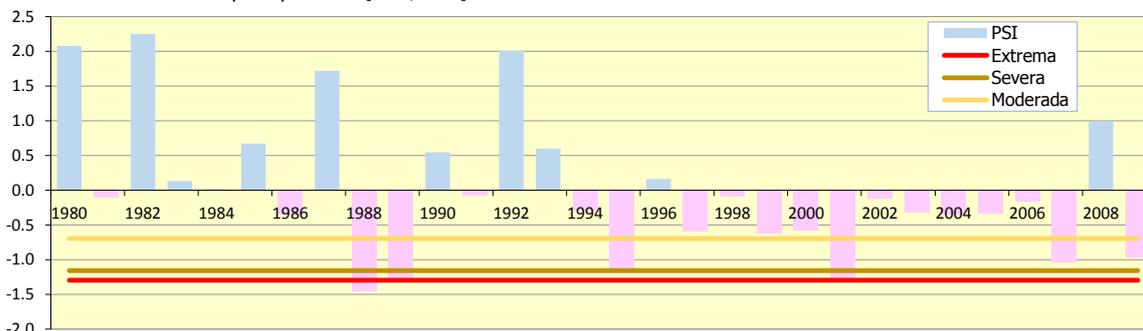
Tabla 7 Datos de precipitación. Sistema Artibai



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 7 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Artibai

Sistema Lea

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	153	177	160	148	119	121	137	103	71	63	86	100	1.438
Máxima	510	416	303	330	254	278	292	221	226	165	320	261	2.290
Mínima	22	17	19	11	25	21	6	28	78	15	21	3	915
Percentil 1%	22	22	21	16	26	26	18	30	11	15	21	9	921
Percentil 5%	25	36	31	35	40	39	49	39	22	15	26	31	1.021
Percentil 10%	50	59	50	41	57	51	58	51	30	18	38	41	1.148
Percentil 25%	70	110	100	88	79	65	72	60	45	35	48	53	1.232
Percentil 50%	129	171	163	127	130	111	137	88	63	55	67	96	1.425
Desv. típica	116,59	102,42	81,59	84,72	49,05	64,93	70,42	57,24	43,48	40,11	62,43	55,38	291,14

Tabla 8 Datos de precipitación. Sistema Lea

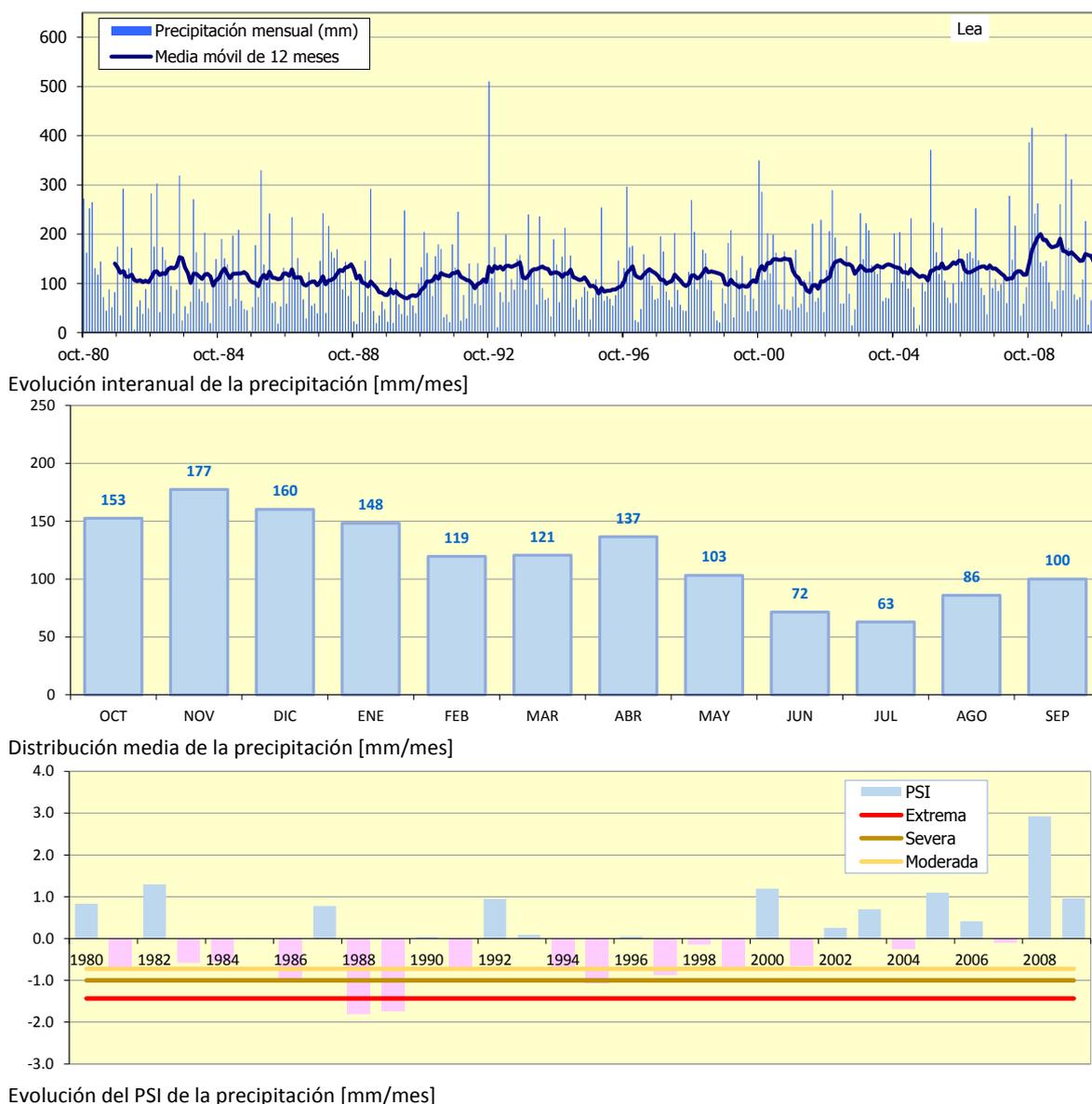
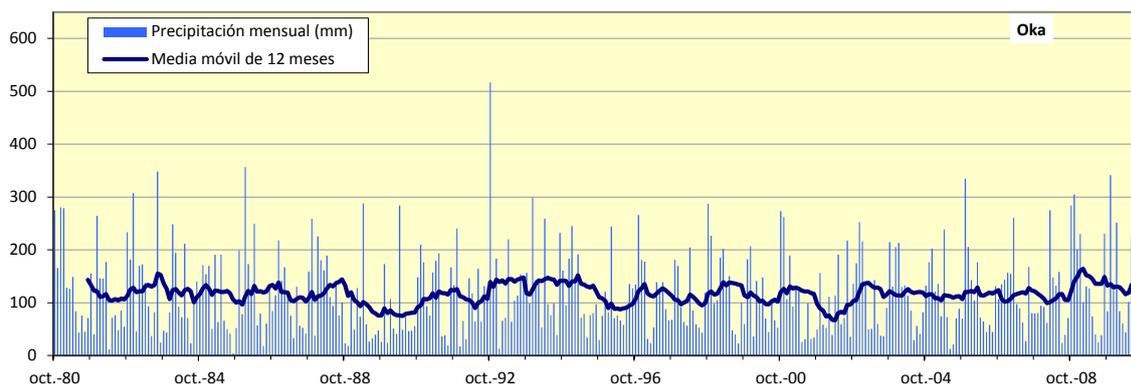


Figura 8 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Lea

Sistema Oka

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	143	172	160	149	121	123	137	98	72	61	80	94	1.409
Máxima	517	341	307	357	244	275	288	212	225	139	348	232	1.833
Mínima	23	19	17	13	31	23	11	25	12	18	19	4	906
Percentil 1%	24	25	19	20	31	28	21	28	16	18	20	10	927
Percentil 5%	27	42	30	41	40	40	47	40	27	20	27	29	1.056
Percentil 10%	45	72	56	49	51	49	53	57	31	23	36	35	1.168
Percentil 25%	68	117	100	91	78	71	73	65	41	34	40	55	1.260
Percentil 50%	133	174	173	143	129	123	124	84	59	54	50	85	1.409
Desv. típica	106,24	83,63	79,39	83,18	52,49	65,09	75,75	49,26	47,14	34,29	69,19	53,91	233,41

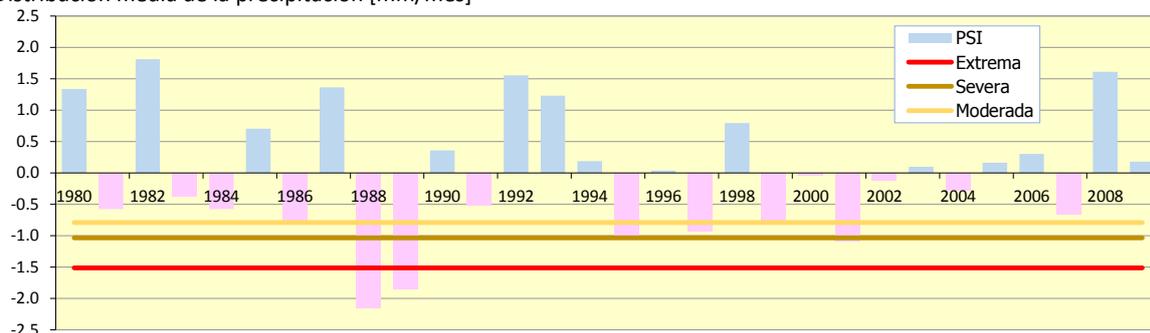
Tabla 9 Datos de precipitación. Sistema Oka



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



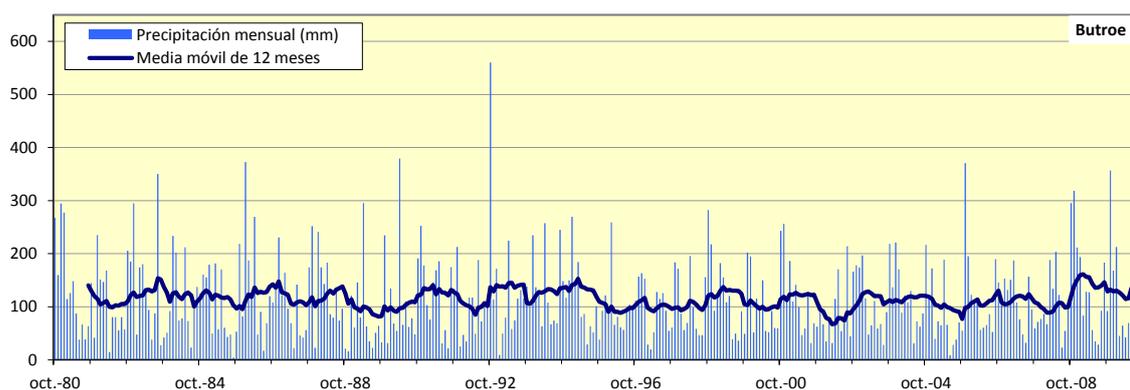
Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 9 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Oka

Sistema Butroe

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	148	171	154	142	114	110	137	95	73	63	81	97	1.386
Máxima	560	371	295	373	259	188	379	212	268	132	350	245	1.815
Mínima	21	16	22	9	28	19	14	22	9	15	21	4	974
Percentil 1%	24	23	23	16	30	23	23	29	15	16	23	11	995
Percentil 5%	35	46	28	37	39	39	47	47	30	20	30	35	1.063
Percentil 10%	42	69	63	46	49	54	56	49	31	23	35	48	1.158
Percentil 25%	59	107	97	86	69	67	78	61	38	35	47	60	1.218
Percentil 50%	136	160	166	133	112	113	116	83	59	63	62	93	1.351
Desv. típica	111,29	88,12	72,17	84,04	56,72	49,88	83,36	49,66	52,78	33,25	65,28	52,37	224,74

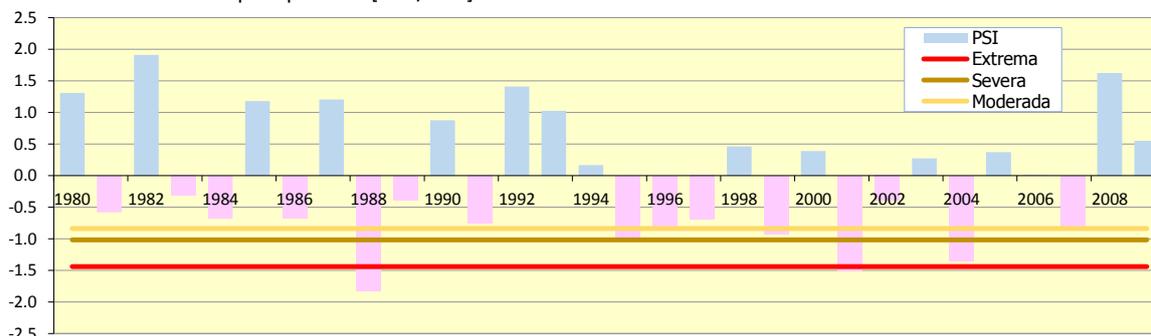
Tabla 10 Datos de precipitación. Sistema Butroe



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 10 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Butroe

Sistema Ibaizabal

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	125	163	153	145	118	122	133	102	69	53	66	79	1.327
Máxima	518	285	342	321	281	309	295	248	185	141	375	163	1.929
Mínima	15	26	14	11	26	23	11	27	17	7	19	3	901
Percentil 1%	17	28	18	20	26	28	18	30	17	7	20	8	918
Percentil 5%	25	36	31	47	33	41	42	43	20	10	24	27	991
Percentil 10%	40	65	45	54	43	47	57	55	26	16	26	36	1.080
Percentil 25%	60	93	90	78	77	67	71	66	39	3	31	50	1.209
Percentil 50%	109	178	159	139	111	117	112	87	58	45	41	68	1.289
Dev. típica	101,70	77,74	83,65	76,99	59,11	70,16	77,57	52,12	42,72	33,84	66,41	41,44	228,23

Tabla 11 Datos de precipitación. Sistema Ibaizabal

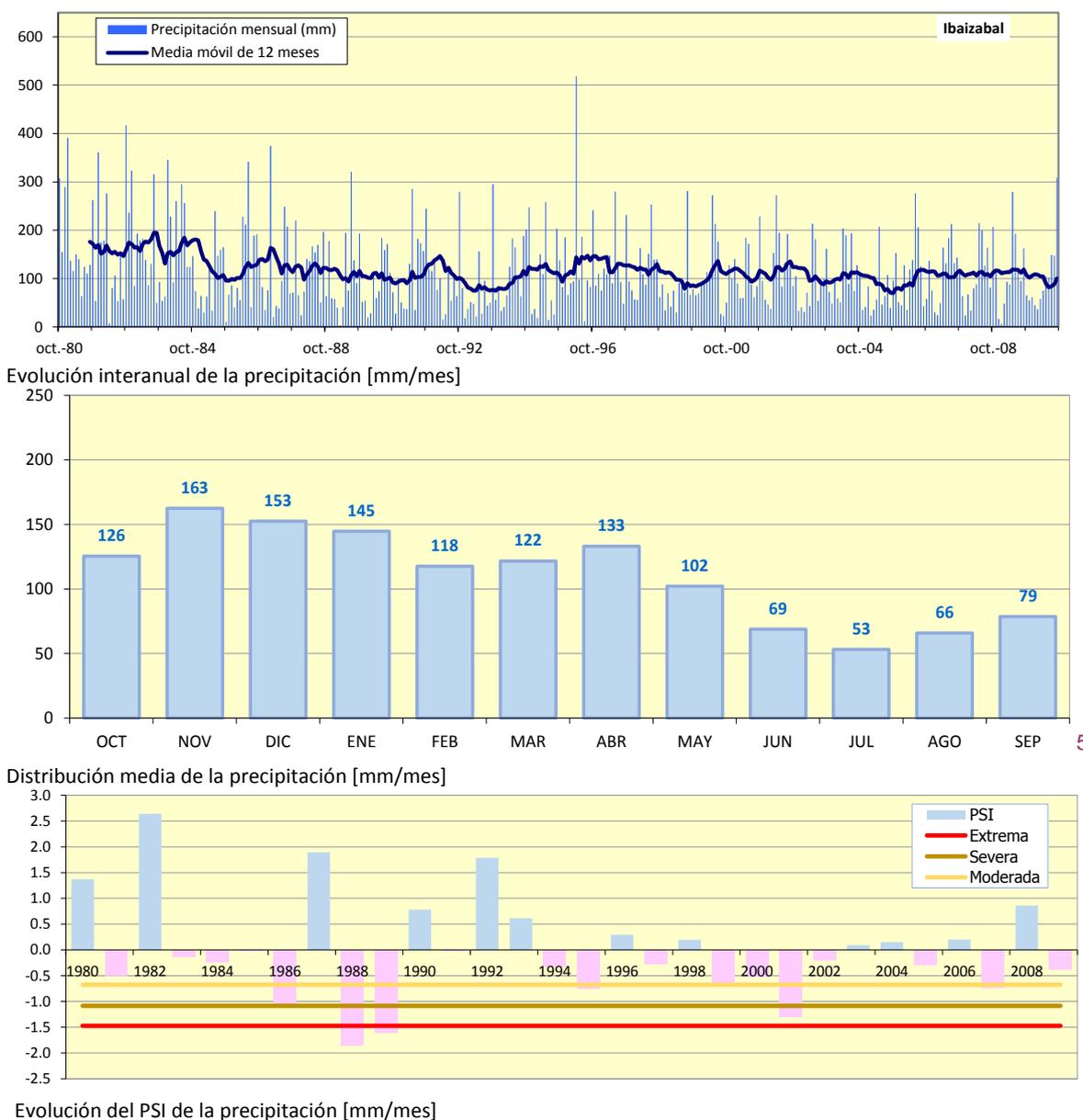
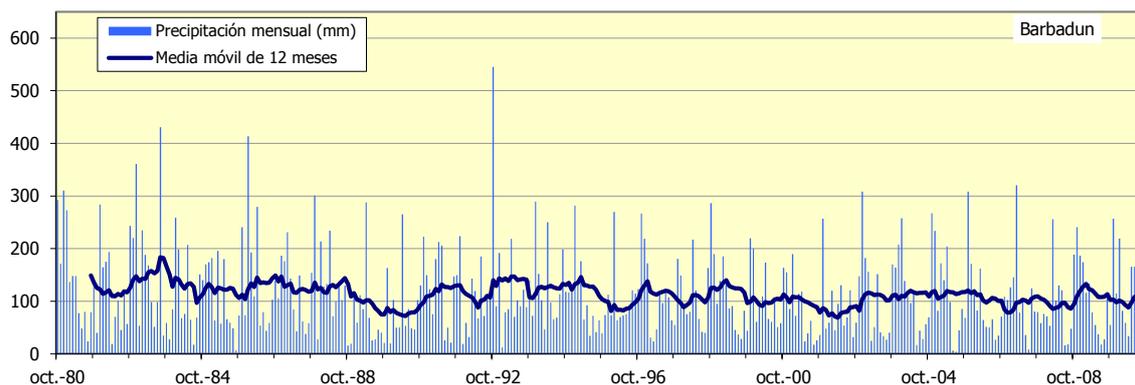


Figura 11 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Ibaizabal

Sistema Barbadun

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	129	169	157	151	124	124	133	98	70	57	74	81	1.368
Máxima	545	308	361	413	270	320	288	207	185	133	431	198	2.182
Mínima	15	19	19	12	31	24	19	24	6	4	17	7	895
Percentil 1%	17	22	19	24	31	24	23	29	9	5	17	12	928
Percentil 5%	28	33	23	56	40	34	40	47	21	12	20	29	1.017
Percentil 10%	39	57	46	59	53	46	51	53	26	17	24	34	1.062
Percentil 25%	59	106	88	75	76	71	71	67	39	34	28	50	1.226
Percentil 50%	120	171	149	145	118	123	99	92	63	54	46	74	1.334
Desv. típica	106,84	83,08	91,60	88,27	62,23	67,84	80,85	46,82	42,94	32,09	77,41	44,77	267,65

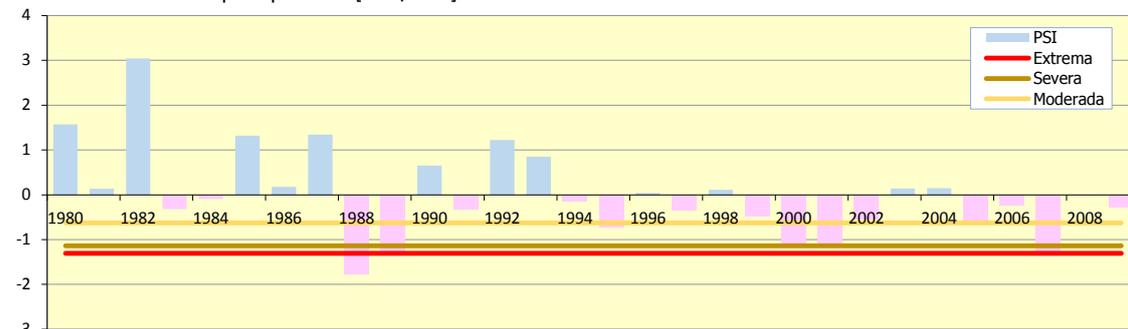
Tabla 12 Datos de precipitación. Sistema Barbadun



Evolución interanual de la precipitación [mm/mes]



Distribución media de la precipitación [mm/mes]



Evolución del PSI de la precipitación [mm/mes]

Figura 12 Precipitación en el periodo 1980-2010. Sistema Barbadun

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA SEQUÍA HIDROLÓGICA

En cuanto a la sequía hidrológica, se han utilizado indicadores similares, en particular el índice estandarizado de aportación [IEA] con procedimiento de obtención idéntico al SPI y definido por la siguiente expresión:

$$IEA = \frac{(X_i - MX_i)}{S}$$

Bajo la hipótesis estadística de que ambas series de datos se ajustan a una distribución normal de media cero y desviación típica 1. En la fórmula:

Xi: es la aportación total anual del año i

MXi es la media de la aportación total anual en la cuenca

S: es la desviación típica o estándar de la serie de aportación total anual

En la siguiente figura se muestra la distribución de ciclos secos para cada zona de sequía según los valores de IEA.

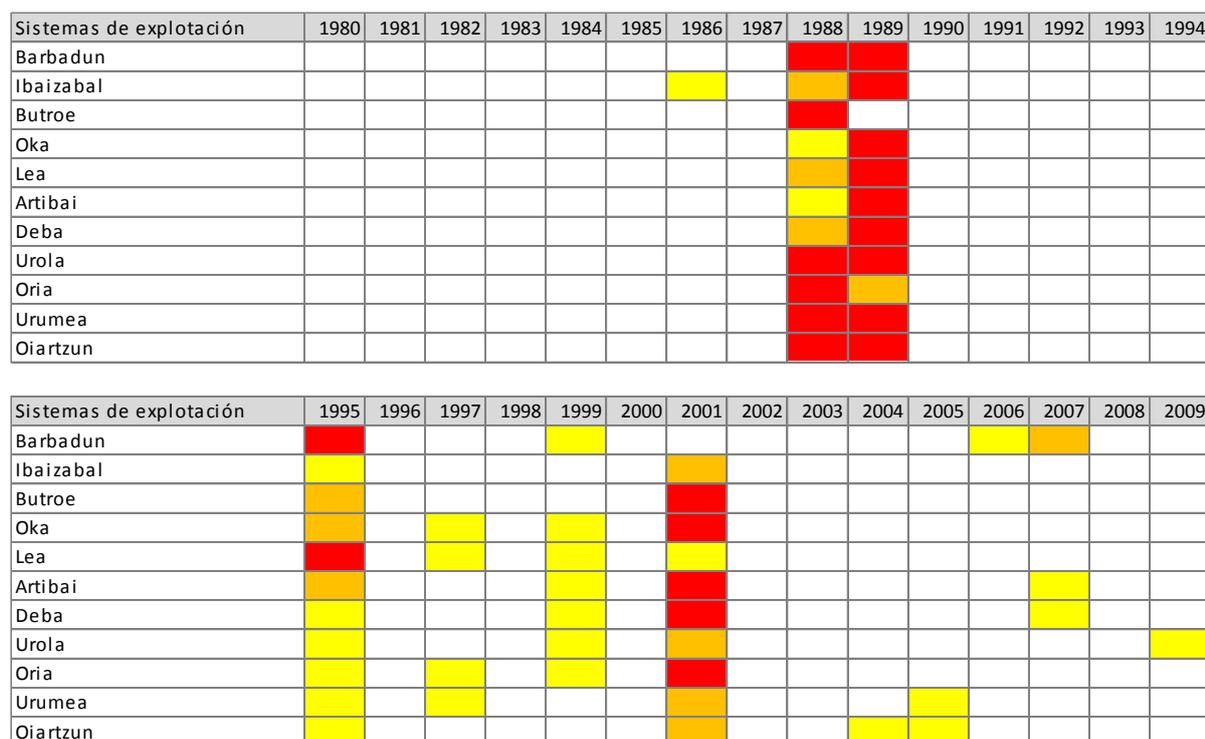


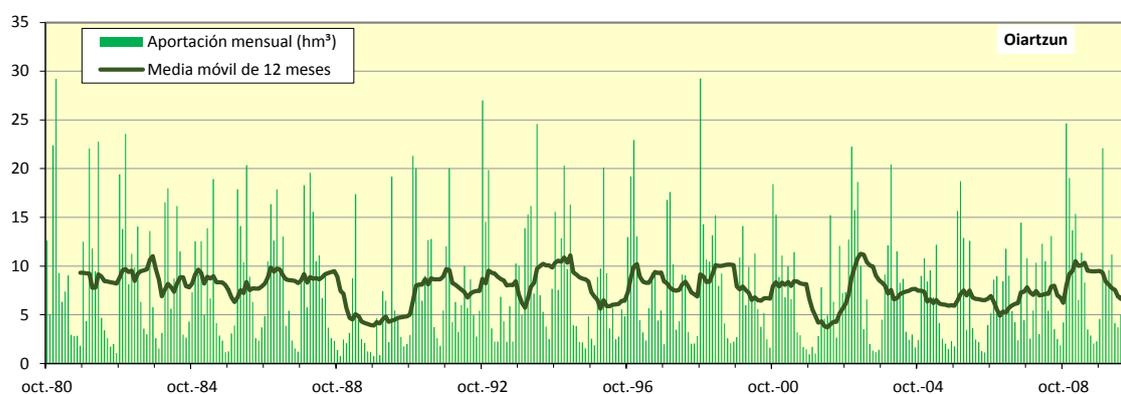
Figura 13 Caracterización anual de la precipitación IEA por zonas de sequía

4.2.1 Caracterización de la sequía hidrológica por sistemas de explotación

Sistema Oiartzun

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	8,27	10,91	12,36	11,71	9,67	8,97	9,62	7,49	4,95	3,05	3,39	3,43	93,81
Máxima	29,24	24,64	23,56	29,23	20,12	22,78	24,59	18,93	13,07	9,18	14,46	10,26	132,36
Mínima	0,75	0,75	0,87	2,08	2,25	2,19	2,35	2,46	1,99	1,26	1,14	1,07	47,49
Percentil 1%	0,81	0,98	0,91	2,29	2,48	2,21	2,69	2,73	2,05	1,28	1,14	1,09	50,59
Percentil 5%	1,08	1,61	1,66	3,17	3,08	2,67	3,56	3,60	2,21	1,51	1,19	1,18	62,31
Percentil 10%	1,35	1,84	3,07	5,24	3,23	4,04	3,61	3,87	2,23	1,99	1,47	1,22	71,18
Percentil 25%	2,55	4,72	6,48	8,17	5,35	6,07	5,35	5,07	2,69	2,27	1,74	1,63	81,62
Percentil 50%	5,02	10,68	11,48	10,77	9,38	9,12	8,87	6,04	3,73	2,69	2,30	2,31	95,70
Desv. típica	7,59	6,97	7,23	5,95	5,33	4,51	5,44	3,96	3,04	1,55	3,52	2,31	18,96

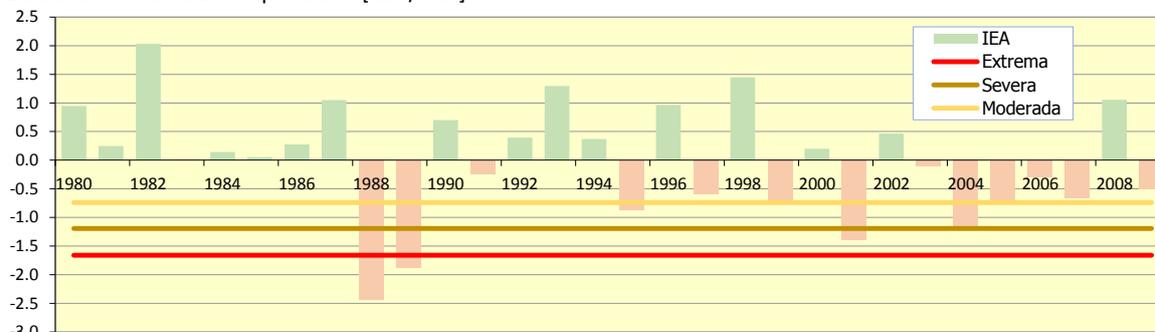
Tabla 13 Datos de aportación. Sistema Oiartzun



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



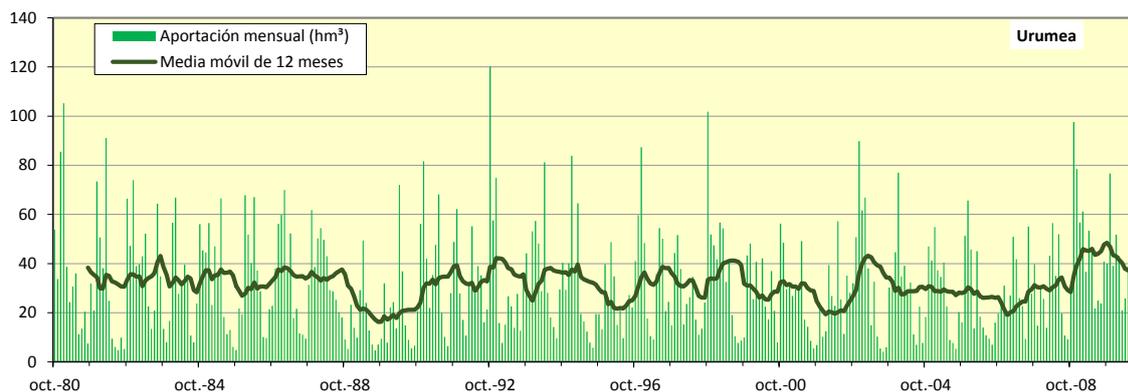
Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 14 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Oiartzun

Sistema Urumea

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	35,00	40,81	48,33	45,06	36,19	36,45	38,23	32,98	21,38	16,04	16,76	17,94	385,16
Máxima	120,22	97,55	89,84	105,27	69,91	91,15	81,16	68,16	54,47	50,15	64,32	40,80	572,17
Mínima	4,75	5,20	7,76	12,49	7,70	10,50	9,14	9,45	6,07	4,83	4,18	5,20	195,24
Percentil 1%	5,37	6,02	8,45	12,87	8,33	11,41	10,81	10,75	6,90	5,00	4,33	5,28	212,31
Percentil 5%	7,87	10,42	13,08	14,71	10,26	14,34	14,99	15,05	9,26	6,10	4,97	5,69	273,63
Percentil 10%	9,39	14,60	19,07	16,93	13,33	20,43	18,04	17,66	10,26	7,04	5,53	6,10	299,28
Percentil 25%	16,68	25,76	29,92	25,76	22,21	27,12	26,00	22,61	12,46	9,32	7,73	7,76	339,92
Percentil 50%	31,07	43,81	44,55	47,05	37,73	35,10	33,77	32,44	17,68	11,30	11,85	19,02	378,18
Desv. típica	26,53	20,73	23,81	22,19	18,27	16,01	17,74	14,10	12,90	10,66	14,06	10,21	78,61

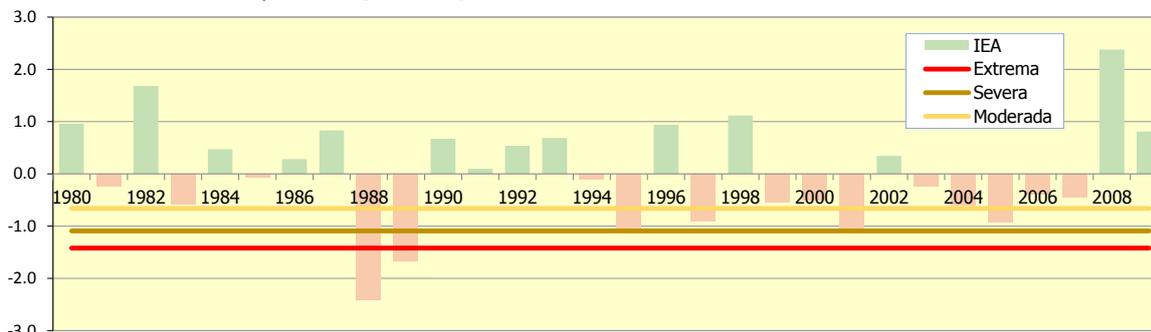
Tabla 14 Datos de aportación. Sistema Urumea



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



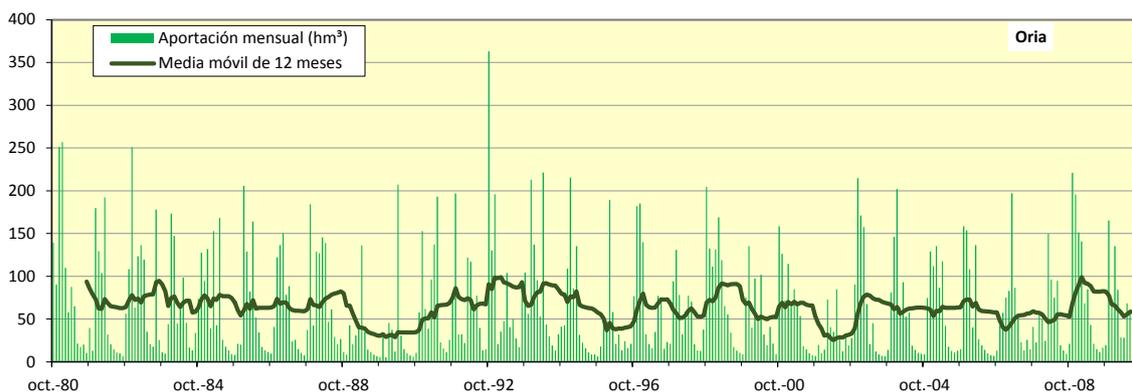
Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 15 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Urumea

Sistema Oria

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	54,37	87,25	115,69	110,99	88,69	88,52	86,05	56,55	31,53	19,28	19,19	17,30	775,42
Máxima	363,16	220,93	251,38	256,79	189,30	197,06	221,37	193,20	94,52	74,04	178,03	85,18	1.134,57
Mínima	5,53	8,19	5,11	14,28	21,90	12,03	15,62	18,98	11,95	8,60	7,13	5,73	369,48
Percentil 1%	5,72	8,58	6,45	16,12	22,66	14,54	17,09	19,34	12,36	8,95	7,16	5,89	371,72
Percentil 5%	6,39	11,10	14,38	20,69	27,43	24,16	20,81	21,12	13,62	10,00	7,42	6,31	392,00
Percentil 10%	7,87	17,51	30,53	30,85	31,87	39,35	25,65	23,50	14,16	10,73	8,25	6,72	487,63
Percentil 25%	10,59	32,22	51,39	53,35	38,60	48,96	36,82	34,83	17,73	12,77	10,42	8,25	684,65
Percentil 50%	20,94	77,94	116,86	121,47	84,96	80,07	85,71	45,83	21,84	15,22	13,00	10,99	758,99
Desv. típica	76,78	62,79	72,78	64,01	49,57	49,54	53,85	38,89	21,90	12,95	30,54	15,71	208,07

Tabla 15 Datos de aportación. Sistema Oria



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



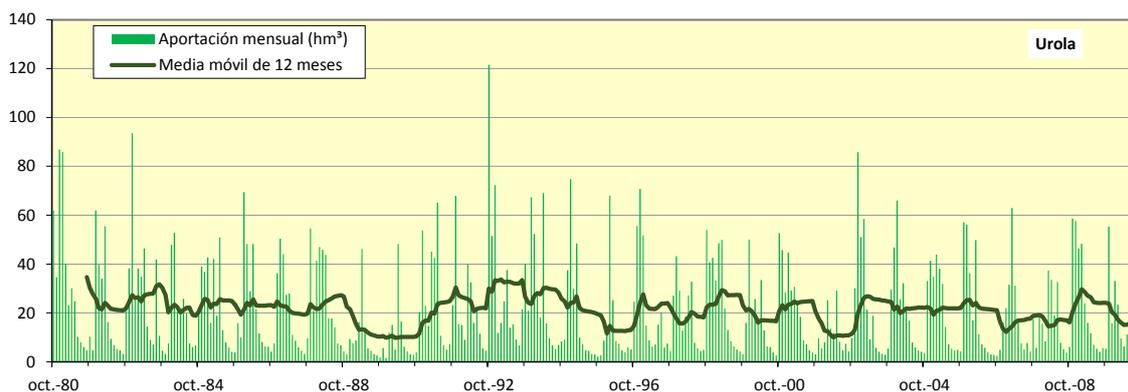
Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 16 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Oria

Sistema Urola

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	17,94	28,24	39,92	36,84	30,74	30,58	27,78	18,64	10,59	6,91	6,24	5,22	259,64
Máxima	121,55	67,94	93,60	85,89	67,97	62,87	68,96	65,11	32,70	20,17	41,94	21,38	415,82
Mínima	1,86	2,63	1,53	7,51	8,31	5,00	6,25	6,98	4,64	3,98	3,05	2,55	122,05
Percentil 1%	1,93	2,77	2,68	7,64	8,44	6,10	6,26	7,04	4,67	3,98	3,07	2,55	122,95
Percentil 5%	2,27	3,18	6,42	9,68	8,85	9,09	7,25	7,19	5,09	4,03	3,13	2,59	127,46
Percentil 10%	2,95	4,55	8,53	11,88	12,39	13,14	9,09	7,34	5,68	4,29	3,17	2,79	153,34
Percentil 25%	3,96	7,89	15,81	21,24	15,92	19,22	15,93	11,97	6,81	4,83	4,15	3,20	212,91
Percentil 50%	5,73	28,30	39,39	35,53	28,80	28,12	27,52	15,74	8,49	6,04	4,96	4,23	262,17
Desv. típica	25,75	20,66	26,67	20,53	16,24	14,81	15,39	12,54	6,10	3,37	6,87	3,57	75,72

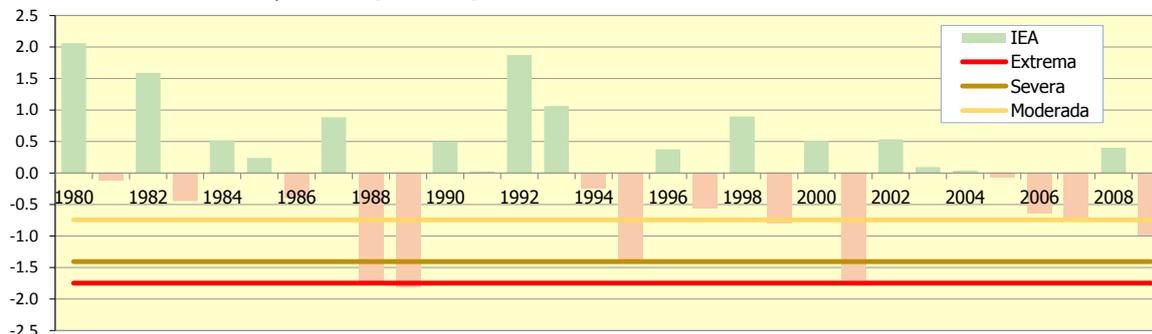
Tabla 16 Datos de aportación. Sistema Urola



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



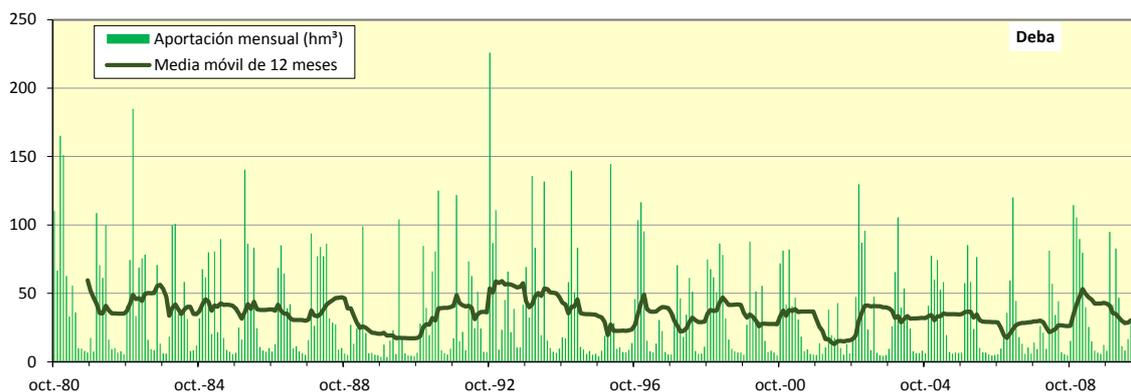
Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 17 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Urola

Sistema Deba

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	29,24	46,43	67,92	64,65	52,32	50,17	47,68	28,68	15,26	8,85	9,05	8,54	428,81
Máxima	225,97	121,84	184,92	151,04	144,42	120,13	131,79	125,05	51,24	27,41	70,70	41,68	714,58
Mínima	3,68	5,02	3,42	8,94	8,50	5,53	6,88	6,87	5,80	4,76	4,34	4,24	186,70
Percentil 1%	3,78	5,28	4,09	9,35	8,80	6,14	7,28	7,52	5,88	4,78	4,34	4,31	192,03
Percentil 5%	4,45	6,67	9,82	11,62	12,14	9,32	8,31	9,22	6,13	4,96	4,47	4,55	223,76
Percentil 10%	5,11	7,95	16,15	15,23	17,81	18,60	9,40	9,86	6,47	5,37	5,07	4,83	279,65
Percentil 25%	6,25	13,10	26,05	31,90	23,53	28,74	18,37	15,31	7,31	6,20	5,62	5,15	348,50
Percentil 50%	11,75	33,49	63,62	65,38	49,54	42,66	43,30	18,91	9,57	7,18	6,69	6,26	419,30
Desv. típica	45,64	36,43	48,25	39,95	32,24	29,03	33,11	25,46	12,67	5,58	11,81	6,88	130,09

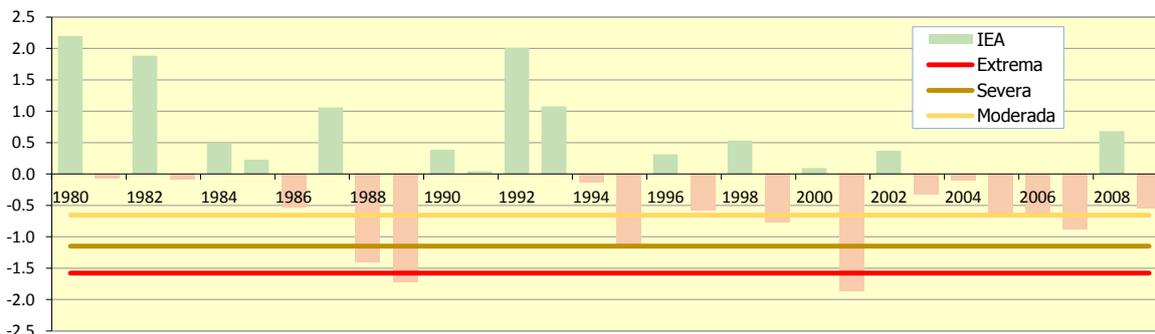
Tabla 17 Datos de aportación. Sistema Deba



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



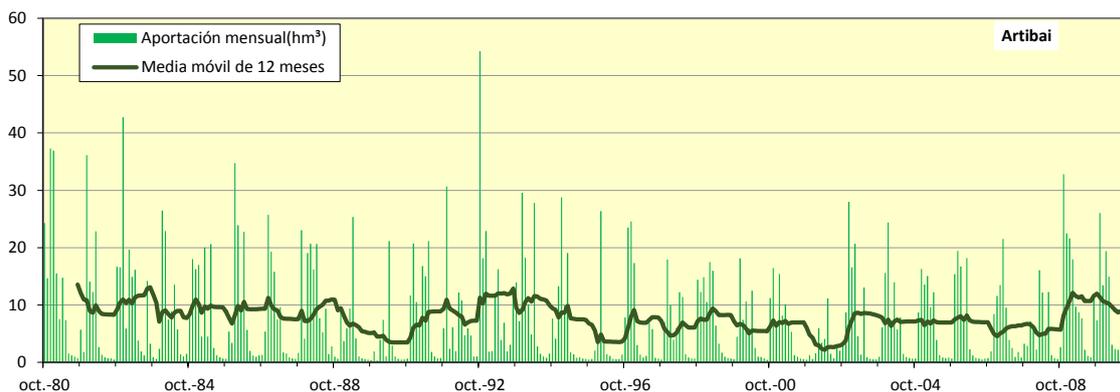
Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 18 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Deba

Sistema Artibai

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	6,63	10,93	16,08	14,74	11,78	10,85	10,56	6,12	2,71	1,55	1,41	1,82	95,18
Máxima	54,28	32,81	42,74	36,92	26,38	22,84	27,80	21,15	12,29	9,35	14,23	11,53	162,90
Mínima	0,38	0,57	0,33	1,60	1,95	1,02	0,85	1,13	0,61	0,57	0,47	0,44	35,42
Percentil 1%	0,40	0,58	0,40	1,67	1,96	1,12	1,00	1,13	0,67	0,58	0,48	0,45	37,26
Percentil 5%	0,47	0,62	1,24	2,69	2,09	2,14	1,40	1,18	0,82	0,62	0,53	0,49	42,50
Percentil 10%	0,50	1,20	2,34	3,92	2,96	3,42	1,74	1,31	0,89	0,65	0,57	0,51	60,02
Percentil 25%	0,67	3,20	7,09	6,47	6,02	6,01	4,18	2,60	1,11	0,84	0,68	0,61	78,89
Percentil 50%	2,14	7,95	15,93	14,74	10,37	9,76	9,61	4,05	1,53	0,98	0,76	0,71	91,54
Desv. típica	10,79	9,35	11,49	9,31	7,15	6,21	7,59	5,34	2,63	1,85	2,49	2,78	32,12

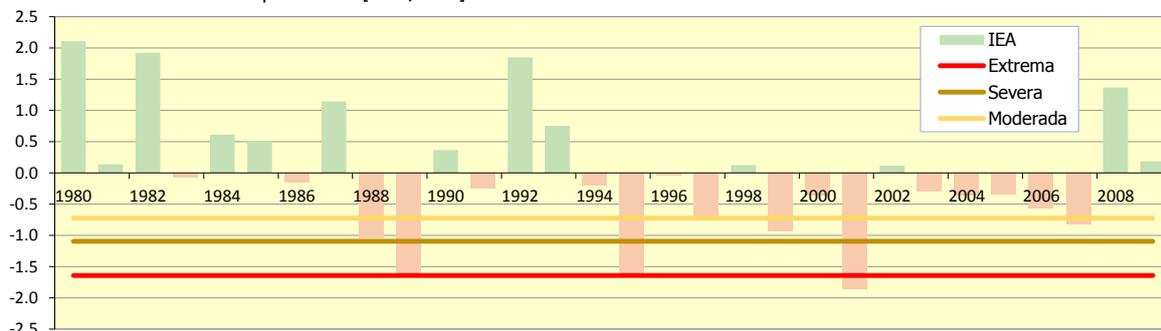
Tabla 18 Datos de aportación. Sistema Artibai



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 19 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Artibai

Sistema Lea

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	4,72	7,87	9,57	8,67	6,46	6,14	5,87	3,45	1,71	0,94	1,07	1,31	57,79
Máxima	28,60	31,86	21,28	18,78	14,12	13,87	14,09	10,37	9,89	3,07	8,80	9,46	118,13
Mínima	0,28	0,39	0,27	1,12	0,71	0,51	0,60	0,63	0,44	0,37	0,28	0,33	18,18
Percentil 1%	0,30	0,39	0,36	1,15	0,75	0,62	0,70	0,67	0,48	0,38	0,32	0,34	19,74
Percentil 5%	0,34	0,43	0,74	1,31	1,18	1,22	1,03	0,79	0,56	0,44	0,42	0,37	26,21
Percentil 10%	0,46	0,85	0,95	1,48	2,05	1,77	1,18	0,94	0,62	0,52	0,45	0,41	34,49
Percentil 25%	0,67	2,63	2,92	4,11	2,82	2,95	3,29	1,61	0,84	0,60	0,52	0,52	42,39
Percentil 50%	3,01	7,08	10,37	8,44	6,50	4,84	5,07	2,44	1,07	0,73	0,60	0,75	58,08
Desv. típica	6,51	7,36	6,47	5,34	3,68	3,99	3,60	2,73	2,19	0,64	1,67	1,74	21,53

Tabla 19 Datos de aportación. Sistema Lea

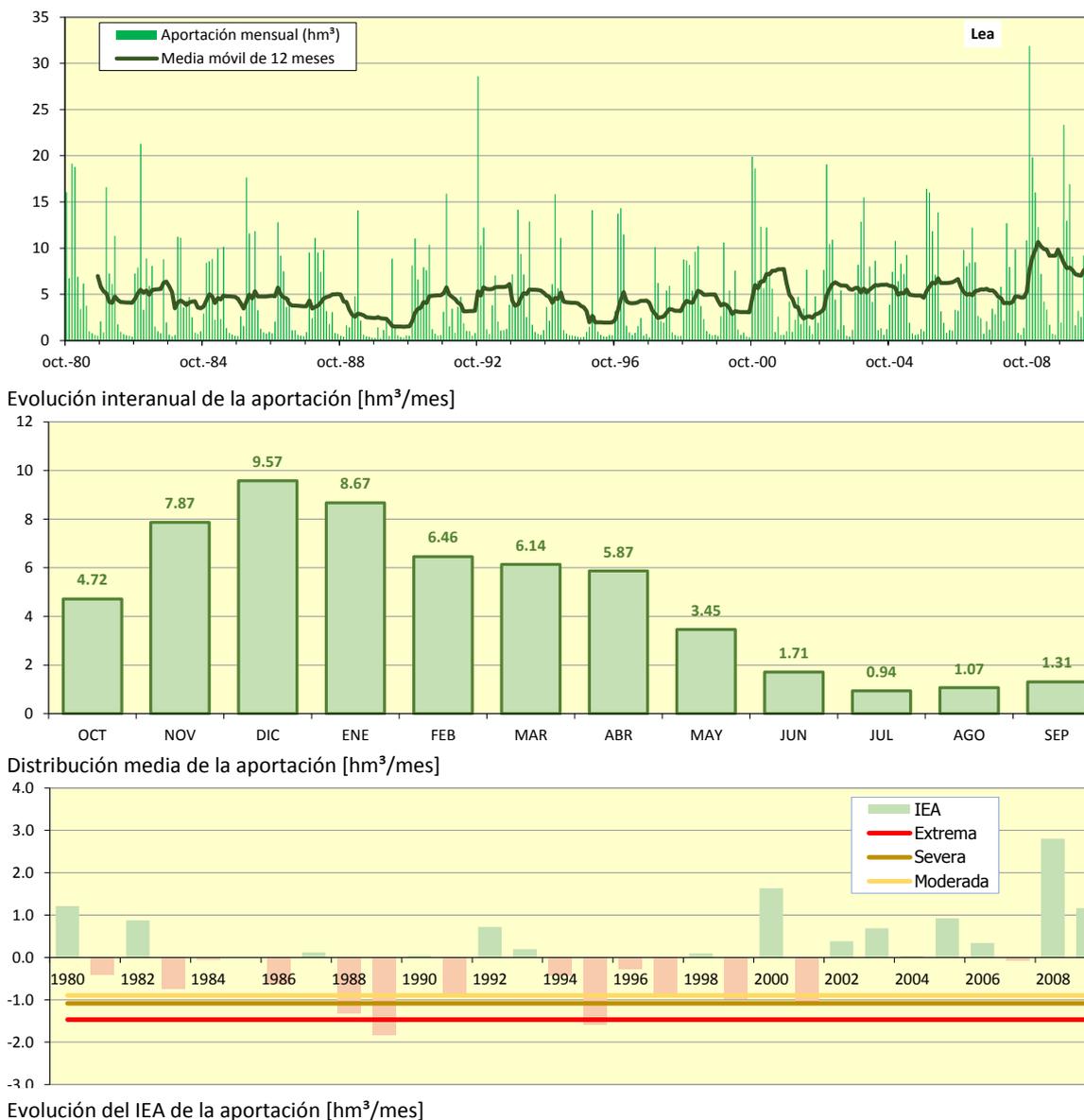
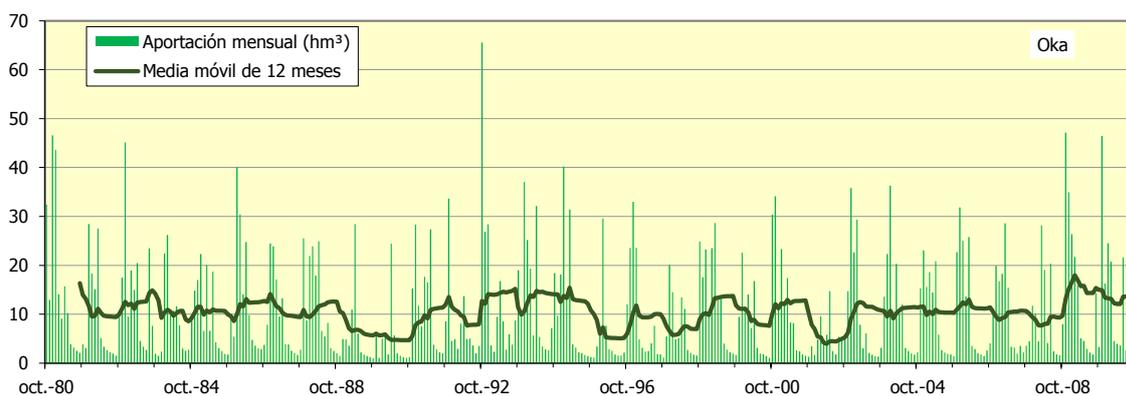


Figura 20 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Lea

Sistema Oka

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	9,52	15,52	20,40	18,91	14,76	14,21	13,38	7,58	4,49	2,87	2,92	3,00	127,58
Máxima	65,56	47,11	46,56	43,58	30,42	31,38	32,13	27,32	21,61	8,23	23,46	14,31	196,09
Mínima	1,02	1,14	1,06	3,63	2,33	1,76	2,35	2,49	1,77	1,52	1,23	1,07	56,10
Percentil 1%	1,06	1,24	1,24	3,98	2,49	2,16	2,50	2,50	1,82	1,53	1,29	1,08	57,20
Percentil 5%	1,17	1,48	2,00	4,85	3,18	3,54	2,94	2,68	1,97	1,65	1,44	1,15	60,66
Percentil 10%	1,23	2,92	3,28	4,90	4,32	4,49	3,48	3,11	2,05	1,76	1,45	1,33	68,23
Percentil 25%	1,80	6,24	9,46	9,75	6,84	7,66	5,31	3,67	2,51	1,97	1,72	1,56	104,77
Percentil 50%	3,64	13,24	21,20	20,10	14,04	12,50	13,53	5,74	3,13	2,46	1,94	1,93	129,66
Desv. típica	13,76	12,36	13,02	11,25	8,52	8,76	8,40	5,54	4,66	1,62	3,97	2,89	38,38

Tabla 20 Datos de aportación. Sistema Oka



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 21 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Oka

Sistema Butroe

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	10,53	15,93	20,72	19,54	13,86	12,69	13,69	7,37	4,48	2,19	2,27	2,42	125,69
Máxima	66,69	48,39	50,66	47,72	35,80	32,61	40,58	27,21	30,02	6,41	22,69	9,38	201,75
Mínima	0,61	0,47	0,80	2,37	1,67	2,39	1,71	1,99	1,62	1,01	0,81	0,69	40,63
Percentil 1%	0,64	0,59	0,83	2,51	2,02	2,43	2,03	2,08	1,62	1,05	0,83	0,70	49,45
Percentil 5%	0,75	0,90	1,72	3,24	2,94	2,69	3,03	2,32	1,62	1,18	0,91	0,78	73,32
Percentil 10%	0,84	1,23	3,00	5,17	3,81	3,84	3,46	2,36	1,62	1,31	1,02	0,84	86,19
Percentil 25%	1,20	7,76	8,98	10,90	7,12	7,41	5,60	3,41	1,86	1,48	1,23	1,16	92,68
Percentil 50%	4,46	13,98	23,15	20,13	12,75	11,95	12,67	4,55	2,69	1,78	1,49	1,38	121,64
Dev. típica	14,23	12,58	13,41	12,01	9,15	7,66	9,98	5,71	6,48	1,24	3,92	2,30	38,93

Tabla 21 Datos de aportación. Sistema Butroe

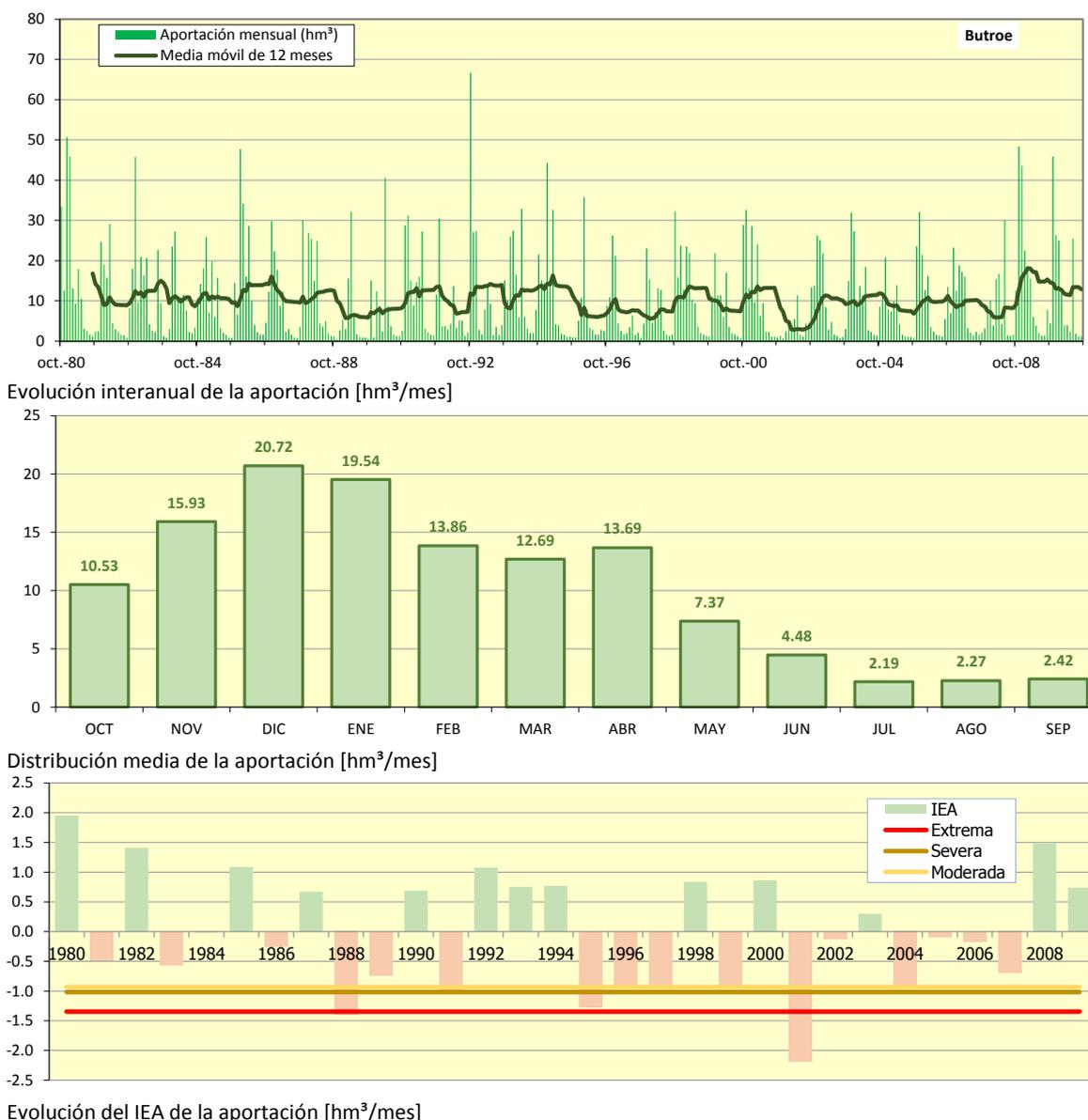
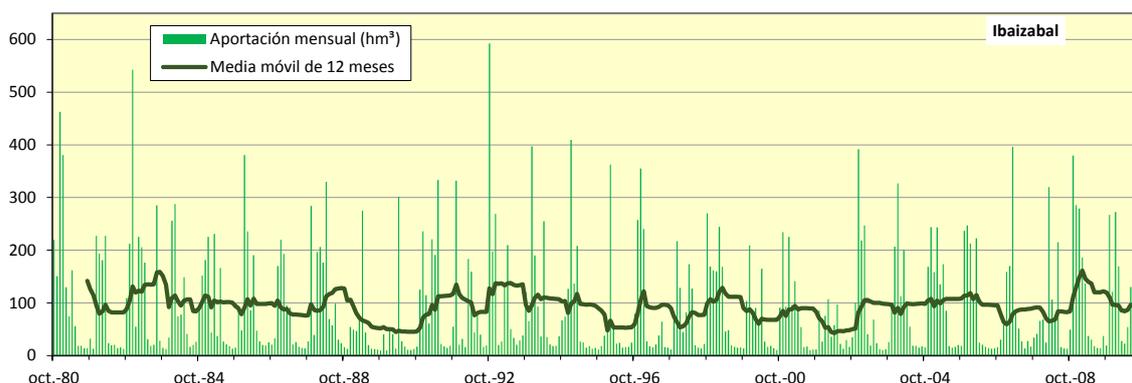


Figura 22 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Butroe

Sistema Ibaizabal

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	70,13	134,99	185,03	180,84	138,52	135,87	121,35	65,02	35,12	21,46	25,58	18,95	1.132,86
Máxima	592,28	379,60	542,87	409,29	362,36	396,24	329,75	333,28	215,20	98,63	284,97	37,97	1.908,94
Mínima	9,36	12,21	10,13	19,80	15,88	13,16	15,71	19,52	14,78	10,96	10,35	10,53	541,98
Percentil 1%	9,94	12,27	13,12	23,24	18,35	14,41	16,65	19,87	14,80	11,29	10,36	10,81	552,45
Percentil 5%	11,49	12,58	23,16	39,22	25,37	21,89	20,59	20,75	15,35	12,42	10,46	11,56	599,41
Percentil 10%	11,69	17,32	33,29	49,07	27,20	34,85	22,73	20,78	16,21	12,86	12,40	12,08	645,18
Percentil 25%	15,54	47,39	57,06	77,11	50,29	64,05	36,93	27,84	18,19	14,67	13,63	13,25	982,47
Percentil 50%	26,50	101,68	175,63	191,78	121,04	136,14	95,08	49,17	20,93	16,64	14,79	15,98	1.140,15
Desv. típica	116,10	102,52	141,54	109,45	91,09	93,67	92,37	62,81	41,25	17,63	49,29	7,81	323,22

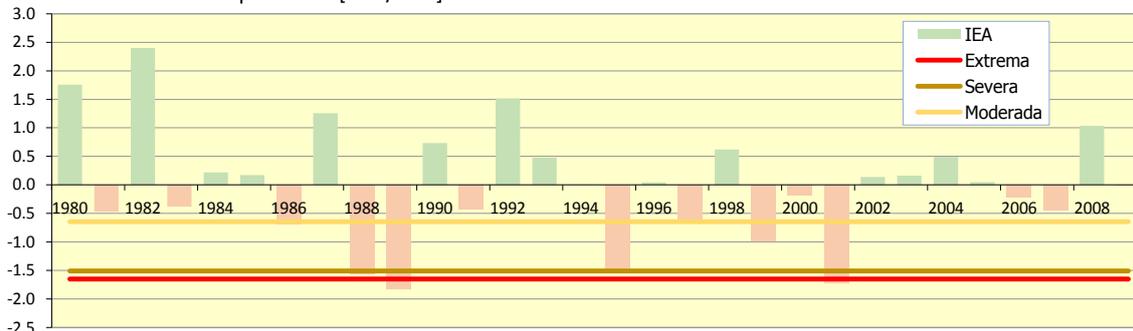
Tabla 22 Datos de aportación. Sistema Ibaizabal



Evolución interanual de la aportación [hm³/mes]



Distribución media de la aportación [hm³/mes]



Evolución del IEA de la aportación [hm³/mes]

Figura 23 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Ibaizabal

Sistema Barbadun

Valores medios	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	5,39	8,37	13,07	13,15	10,43	9,76	8,86	4,30	2,01	1,14	1,96	1,13	79,58
Máxima	45,89	19,73	40,71	35,89	23,70	26,89	22,91	18,85	9,04	7,07	25,49	6,37	152,97
Mínima	0,15	0,19	0,13	1,18	0,83	0,53	0,76	0,94	0,55	0,36	0,24	0,21	29,61
Percentil 1%	0,18	0,28	0,40	1,41	0,95	0,70	0,85	0,95	0,55	0,36	0,25	0,21	32,06
Percentil 5%	0,26	0,54	1,37	2,09	1,33	1,45	1,09	0,99	0,56	0,39	0,26	0,21	39,76
Percentil 10%	0,29	0,63	1,77	2,67	1,94	1,88	1,23	1,02	0,59	0,44	0,29	0,24	42,55
Percentil 25%	0,40	3,69	2,93	5,70	4,68	5,49	2,26	1,78	0,80	0,56	0,39	0,32	63,67
Percentil 50%	1,67	9,51	13,33	14,47	9,50	8,61	8,03	2,53	1,11	0,71	0,51	0,57	78,68
Dev. típica	9,61	5,84	10,90	8,94	6,96	6,43	6,95	4,37	2,18	1,35	5,00	1,37	27,93

Tabla 23 Datos de aportación. Sistema Barbadun

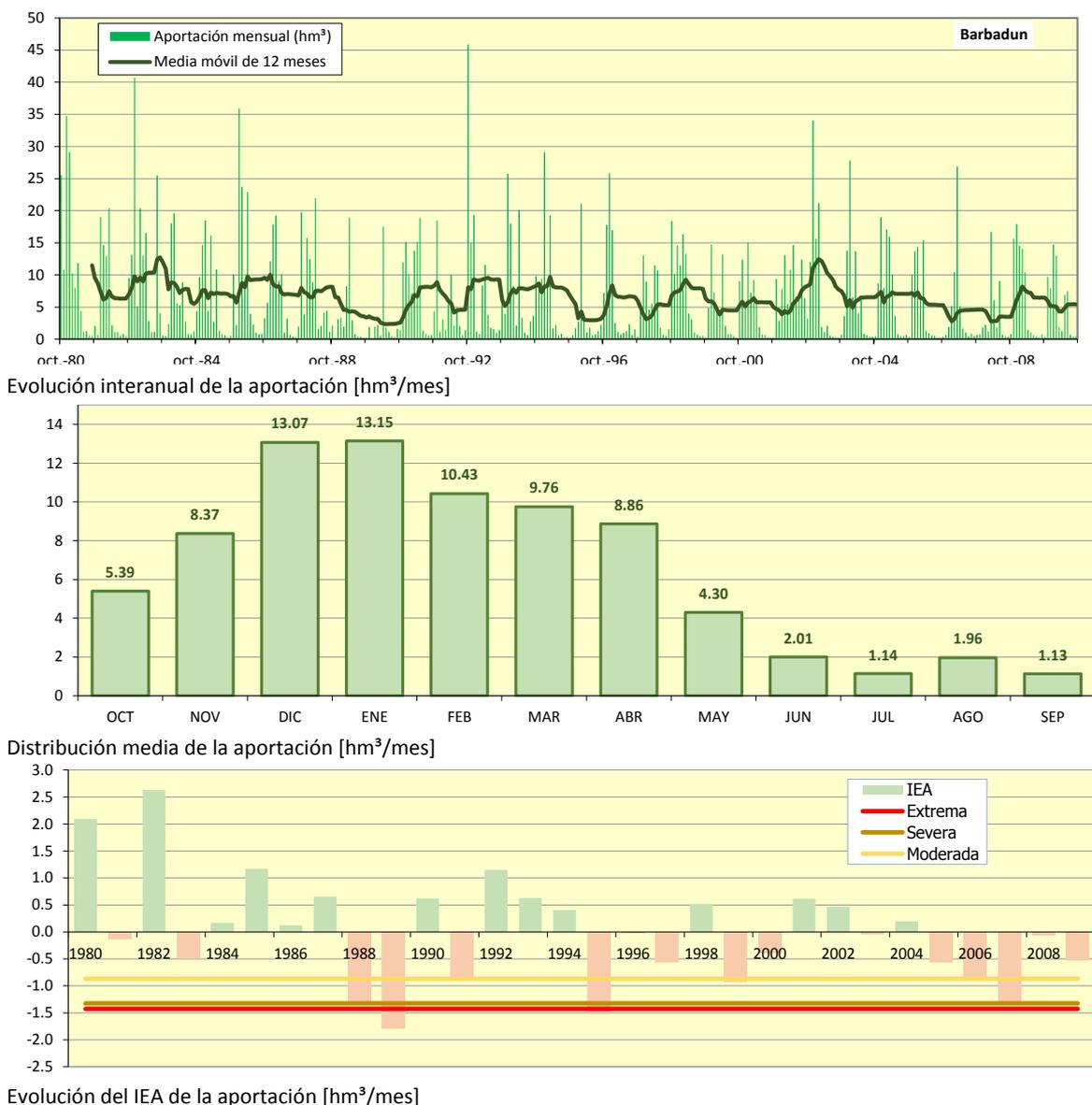


Figura 24 Aportación en el periodo 1980-2010. Sistema Barbadun

4.3 EXPERIENCIA EN SEQUÍAS HISTÓRICAS

El PES Norte-2007 se focaliza en la sequía acaecida entre agosto de 1988 y noviembre de 1990 en el País Vasco, y sus efectos en el área metropolitana de Bilbao y a la ciudad de Vitoria, con restricciones que afectaron a más de 1.200.000 habitantes y una parte importante del sector industrial. Este sistema de abastecimiento se sustenta fundamentalmente en recursos transferidos desde la cuenca del Zadorra (embalses de Ullívarri y Urrunaga) y en el embalse de Ordunte.

Los embalses se llenan en el período invernal (octubre-marzo) y se van vaciando progresivamente hasta que en septiembre-octubre alcanzan su nivel más bajo, hasta que las habitualmente abundantes lluvias del nuevo invierno vuelven a llenar los embalses... y así sucesivamente. Los embalses del Zadorra son de regulación anual, es decir, dependen de que las lluvias vengan cada año, y en el momento y cantidad adecuadas¹.

La capacidad de En el periodo de crisis, las bajas precipitaciones y las altas temperaturas provocaron una acusada disminución del volumen de agua almacenada. En diciembre de 1988, tras un otoño muy seco, se interrumpió la libre explotación del sistema Zadorra, cuando ya contaba con menos de 70 hm³ almacenados).

La situación siguió deteriorándose hasta que a principios de 1989, se pone en marcha el primer plan de medidas correctoras, a desarrollar en tres fases:

1ª Fase	a. Inventariar la capacidad de ahorro de agua.
	b. Limitar los caudales de servidumbre al Zadorra
	c. Recopilar información e implicar a otras instituciones de la regulación de distintos grados de alarma por carencia de aguas.
	d. Estudiar las dificultades que entrañan la restricción de agua a la población.
	e. Iniciar una campaña publicitaria llamando al ahorro voluntario de agua.
	f. Suprimir riegos nocturnos, diurnos y consumos no fundamentales de agua
	g. Intensificar la búsqueda y reparación de fugas en las redes municipales.
2ª Fase:	h. Formar una Comisión de seguimiento de sequía.
	i. Incrementar la campaña publicitaria.
	j. Organizar jornadas de trabajo con los responsables municipales para realizar las
	k. Penalizar consumos excesivos.
3ª Fase:	l. Limitar el agua incluso a la industria.
	m. Prolongar de forma progresiva las restricciones.
	n. Estudiar la explotación de reservas.
	o. Intensificar los procesos de vigilancia de la calidad de las aguas en origen y en red.

Acciones correspondientes al periodo enero-abril de 1989

El inventario y análisis de la capacidad de ahorro de agua. Concluyó que las posibilidades de ahorro eran limitadas y se dirigían a un cambio de la cultura de uso doméstico. Las restricciones deberían cumplir dos condiciones: ser ejemplarizantes para fomentar el ahorro y ser solidarias con otras instituciones; reducir las fugas de las redes mediante

¹ Tomado de "Sequía en el País Vasco 1989-90: Debate social y análisis de datos", comunicación presentada por Iñaki Antigüedad en el I Congreso ibérico sobre gestión y planificación aguas (Zaragoza, 1998).

cortes nocturnos, evitando que fueran contrarrestados por acopios que luego no fueran utilizados o por rotura de tuberías como consecuencia de las maniobras de redes.

Acciones correspondientes al periodo mayo – diciembre de 1989

Se intensificaron las campañas publicitarias (distribución de folletos, carteles, anuncios en prensa y radio) para la concienciación de la población y la divulgación de consejos para reducir el consumo. Se estima que estas medidas permitieron ahorrar un 2%.

A partir de junio de 1989 se limitaron determinados usos del agua como riegos de huertas, parques y jardines, limpieza de vías y vehículos con agua tomada de la red. El ahorro logrado se estima en el 4%.

Ante la persistencia de la situación de sequía El Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo aprobó el **Real Decreto 798/1989**, de 30 de junio, por el que se adoptaban medidas excepcionales para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos en varias cuencas. Se facultaba a las Juntas de Gobierno de las Confederaciones Hidrográficas afectadas para reducir las dotaciones de agua para una racional distribución de los escasos recursos disponibles, y para realizar obras de emergencia. Esta disposición permitió reducir los caudales de servidumbre del Zadorra.

En octubre de 1989 se acordó establecer restricciones en el suministro a los municipios e industrias y se inició una campaña intensiva para la detección y reparación de fugas de agua en las redes de distribución, con el objetivo de recuperar hasta un 10% del volumen suministrado. Simultáneamente se estudiaron alternativas de abastecimiento desde otras cuencas.

Acciones correspondientes al periodo enero – abril de 1990

El Consorcio de Aguas Bilbao-Bizkaia intensificó las restricciones, llegando a cortes en el suministro de hasta 12 horas diarias. La campaña de detección y reparación de fugas del año 1990 permitió inspeccionar 882 km de tuberías y localizar 1.278 fugas, propiciando un ahorro del 5% del consumo total de agua en el área metropolitana. Según el PES Ebro-2007, el calendario de restricciones fue el siguiente:

- Octubre-1989: Cortes de 0:00 a 6:00, para disminuir el volumen de fugas de red
- Noviembre-1989: Cortes de 22:00 a 6:00
- Enero-1990: Cortes de 18:00 a 6:00
- Mayo-1990: Los fines de semana las restricciones se reducen a 7 horas
- Junio-1990: Cortes de 20:00 a 6:00
- Julio-1990: Cortes de 22:00 a 6:00
- Noviembre/Diciembre-1990: Recuperación de la normalidad

Se acometieron obras de emergencia bajo la cobertura del **Real Decreto 296/1990**, de 2 de marzo, por el que se adoptaban medidas excepcionales para atender el abastecimiento de agua en el País Vasco, con plazo de vigencia hasta el 31 de diciembre de 1991.

El RD habilita a las Confederaciones Hidrográficas del Ebro y Norte a autorizar nuevas captaciones provisionales de aguas superficiales y subterráneas, obras que quedarían adscritas a las mismas. En el caso de que las aguas captadas se destinen a la producción de aguas potables de consumo público, deberá ser autorizada por la Administración Sanitaria competente. Los titulares de los abastecimientos, como beneficiarios de estas medidas deben comprometerse a afrontar a las oportunas indemnizaciones que se derivasen de perjuicios a aprovechamientos con derecho reconocido. Se arbitran el procedimiento de emergencia para la contratación de las obras y se habilita una partida de 650 millones de pesetas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro se otorgaron siete autorizaciones provisionales de diversos ríos y fuentes, fijando unos caudales máximos a derivar y unas servidumbres mínimas a mantener. Se autorizó la reducción de las servidumbres aguas abajo de los embalses del Zadorra a un caudal de 300 l/s. Se cofinanciaron junto con la Diputación Foral de Álava trabajos de investigación y prospección de aguas subterráneas, y con el Consorcio de Aguas del Gran Bilbao y Aguas Municipales de Vitoria, las obras de captación precisas para hacer efectivas las autorizaciones.

Las obras de emergencia de la cuenca Norte aportaron 25 hm³, de los cuales 12 procedían del sistema Kadagua. Las obras de la vertiente Ebro fueron más sensibles a la pluviometría, pero aportaron otros 19 hm³, de los que 8 fueron obtenidos por bombeo.

El PES Norte-2007 señala las siguientes conclusiones sobre la experiencia en la cuenca de la gestión de sequías históricas

- Con el grado de conocimiento y los medios técnicos actuales es imposible prever con suficiente antelación una sequía. La acción más efectiva es mantener en alerta la conciencia para alargar los periodos de retorno y si aun así sucede un periodo seco, proceder con medidas eficaces, priorizando el llenado de los embalses por encima de otros usos.
- En el caso de Bilbao, la implantación de fuertes restricciones supuso un ahorro de agua estimado en 27 hm³, aproximadamente el 8% del consumo total de los 14 meses que duraron las restricciones. También debe destacarse el efecto ejemplarizante y solidario, que se ha traducido en la introducción de una nueva cultura del agua, de manera que el consumo en el área metropolitana de Bilbao se mantiene estabilizado pese a los incrementos de población.
- Las obras de emergencia realizadas sirvieron de respuesta rápida a la situación de sequía pero también fueron incorporadas al sistema general de abastecimiento. Los Organismos de Cuenca y las entidades responsables del suministro cuentan con nuevos sistemas de suministro: bombeos del Kadagua como obra consolidada; bombeo del Nervión una vez se reviertan los problemas de contaminación; bombeo de Nanclares y conexión con la ETAP de Araka y resto de obras en la cuenca del Ebro.
- En general las medidas adoptadas fueron aplicadas de forma acertada tanto técnica como cronológicamente pero se puso de manifiesto la falta de recursos alternativos como reserva frente a averías o situaciones de emergencia, cuestión que debe ser objeto de análisis en el marco de la planificación hidrológica.

5. SISTEMA DE INDICADORES, UMBRALES Y FASES DE SEQUÍA

5.1 INTRODUCCIÓN

A efectos de gestión, la sequía debe entenderse como la falta de disponibilidad de recursos que puedan cubrir las demandas de agua y los caudales ecológicos con la garantía mínima que fija el Plan Hidrológico. Los indicadores de estado deben, por tanto, reflejar los recursos disponibles para los requerimientos ambientales y la actividad humana. Deben, adicionalmente, ser suficientemente representativos del nivel de riesgo de desabastecimiento en caso de prolongarse el episodio seco.

Los indicadores pueden ser de diversos tipos –de reserva en embalses, foronómicos, piezométricos, pluviométricos, ambientales, agronómicos...– y deben ser seleccionados en función de la naturaleza de recursos y demandas. Las características mínimas que deben cumplir los indicadores de sequía para cada sistema son las siguientes:

Disponibilidad de una serie de referencia. La serie debe ser lo suficientemente larga para, al menos cubra un periodo de sequía anterior.

Representatividad de la afección. El indicador debe representar a los elementos de demanda o de interés ambiental en relación con los recursos de los que dependen. El proceso de selección debe determinar cuál es el mejor indicador —eventualmente, combinación de indicadores— de la situación de los recursos disponibles para una demanda dada. Se pretende que queden representadas, al menos, las principales demandas y restricciones medioambientales de los ámbitos hidrográficos en estudio.

Facilidad de seguimiento. Debe disponerse de un sistema de medición que facilite información en tiempo real de las variables climáticas e hidrológicas necesarias para el cálculo del indicador.

Un aspecto fundamental en la selección de indicadores es su vocación de convertirse en herramientas de gestión, no de ser un mero registro de la situación hidrológica. No debe olvidarse que su sentido es servir de base al cálculo de umbrales operativos (prealerta, alerta, emergencia). No se trata, por tanto, de determinar si la situación corresponde a una sequía más o menos grave sino de servir como criterio desencadenante de medidas de gestión que permitan retardar la llegada de situaciones más extremas y minimizar los impactos socioeconómicos y ambientales.

En este sentido debe indicarse que los indicadores del PES Norte 2007 se basaban en un análisis meramente estadístico de los valores registrados, de manera que arrojan un determinado número de eventos de emergencia, alerta y pre-alerta con independencia de su relevancia en términos de afección al suministro de las demandas y al mantenimiento de los ecosistemas.

También parece conveniente reevaluar si los indicadores seleccionados son los óptimos en función de la información disponible y de las características de cada subsistema de explotación.

Además de los Indicadores de Estado, entendidos como aquéllos que se utilizan para determinar el estado de la sequía hidrológica, podrán proponerse Indicadores de Valoración para aportar información complementaria a los gestores del sistema que ayude

a valorar la incidencia de la sequía y la viabilidad de las posibles medidas correctoras. Como indicadores de valoración se utilizan frecuentemente parámetros asociados a la pluviometría, los niveles piezométricos o los caudales fluyentes.

5.2 DEFINICIÓN DE ÍNDICE DE ESTADO

Con el fin de homogeneizar los indicadores en un valor numérico adimensional capaz de cuantificar la situación actual respecto a la proximidad o gravedad de una sequía, y posibilitar la comparación cuantitativa de los diversos indicadores, se establece el denominado Índice de Estado [Ie]. El rango de valores del Índice de Estado va de 0 a 1 y permite clasificar la situación de sequía, a efectos de diagnóstico, en los cuatro niveles siguientes:

Umbral	Situación o Estado
	NORMALIDAD $[0,50 < Ie]$
PREALERTA	PREALERTA $[0,30 < Ie < 0,50]$
ALERTA	ALERTA $[0,15 < Ie < 0,30]$
EMERGENCIA	EMERGENCIA $[Ie < 0,15]$

De manera que:

- La situación (o estado) de prealerta viene dado cuando el indicador hidrológico está comprendido entre el umbral de prealerta y el umbral de alerta.
- La situación (o estado) de alerta viene dado cuando el indicador hidrológico está comprendido entre el umbral de alerta y emergencia.
- La situación (o estado) de emergencia viene dado cuando el indicador está por debajo del umbral de emergencia.

Para la definición del Ie se han empleado dos formulaciones, sobre la base de trabajos anteriores en diversos ámbitos hidrográficos:

1. Para los indicadores de **reserva en embalses**, y los foronómicos en los que, como veremos, se ha establecido una relación entre el indicador y la garantía de servicio a las demandas. Denominando:

V_i = Valor de indicador i

V_{max} = Valor máximo del indicador

V_{min} = Valor mínimo del indicador

U_{iP} = Valor del umbral de prealerta

U_{iA} = Valor del umbral de alerta

U_{iE} = Valor de umbral de emergencia

Si $V_i \geq U_{iP}$

$$I_E = 0,50 + 0,50 \cdot \left[\frac{V_i - U_{iP}}{V_{\max} - U_{iP}} \right]$$

Si $U_{iA} \leq V_i < U_{iP}$

$$I_E = 0,30 + 0,20 \cdot \left[\frac{V_i - U_{iA}}{U_{iP} - U_{iA}} \right]$$

Si $U_{iE} \leq V_i < U_{iA}$

$$I_E = 0,15 + 0,15 \cdot \left[\frac{V_i - U_{iE}}{U_{iA} - U_{iE}} \right]$$

Si $V_i < U_{iE}$

$$I_E = 0,15 \cdot \left[\frac{V_i - V_{\min}}{U_{iE} - V_{\min}} \right]$$

Con lo cual el Índice de Estado tomará los siguientes valores para los distintos umbrales:

Umbral de prealerta = 0,50

Umbral de alerta = 0,30

Umbral de emergencia = 0,15

2. Una formulación más sencilla remite, únicamente a valores estadísticos: promedio o mediana, mínimos y máximos históricos:

Si $V_i \geq V_{med}$

$$I_E = 1/2 \cdot \left[1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{\max} - V_{med}} \right]$$

Si $V_i < V_{med}$

$$I_E = 1/2 \cdot \left[\frac{V_i - V_{\min}}{V_{med} - V_{\min}} \right]$$

siendo:

V_i = Valor de la medida obtenida en el mes de seguimiento

V_{med} = Mediana² en el periodo histórico

V_{\max} = Valor máximo en el periodo histórico

V_{\min} = Valor mínimo en el periodo histórico

² Se ha optado por aplicar la mediana en lugar del valor promedio, en base al tipo de distribución estadística de las series manejadas.

Este tipo de índice puede ser aplicable al resto de indicadores (*piezométricos*, *pluviométricos*) en los que puede no ser posible la fijación de umbrales significativos aunque éstos pueden siempre calcularse a partir de los valores 0.50, 0.30 y 0.15 del Ie. Como norma general, es conveniente estacionalizar las variables que tengan una fuerte componente de variación intraanual. Cada valor debe tratarse en referencia a los históricos del mes o periodo en cuestión (mediana, máximo y mínimo) pues en caso contrario, el resultado gráfico no hará sino mostrar las habituales variaciones estacionales.

5.3 TIPOS DE INDICADORES

5.3.1 Indicadores de reserva de embalse

Introducción

En sistemas regulados se impone el empleo del **volumen almacenado en embalse(s)** como indicador fundamental de la situación de sequía. Su objetivo es evaluar la situación relativa en cuanto a volúmenes almacenados utilizables, de calidad adecuada, en los embalses de regulación del sistema de suministro de un grupo de demandas. En principio, sólo resulta de interés el valor actual.

Para el suministro futuro de las demandas asignadas cuenta con sus reservas más la aportación probable. Este aportación debe ser superior a la demanda asignada más las restricciones medioambientales que tenga impuestas el embalse más sus previsible pérdidas de evaporación y filtración. El riesgo de no atender la demanda con la aportación establecida como probable es la que determina el umbral de sequía.

Las aportaciones de cálculo deben fijarse mediante un indicador de probabilidad con significación estadística (por ejemplo, los percentiles 1 o 5) calculado a partir de las series históricas disponibles (1980-2010). Por otra parte, el periodo a considerar debe corresponderse con la capacidad de regulación disponible y su capacidad de manejar las demandas asignadas. Carece de sentido incorporar en el cálculo horizontes de aportación plurianuales si la capacidad de almacenamiento del sistema sólo permite cubrir las demandas de un año como, por cierto, es el caso en los sistemas regulados de la CAPV. Para calibrar cuales son los periodos significativos de cálculo, un buen indicador es el índice *Capacidad de regulación / Demanda anual*.

El número de estadios o fases de sequía, dependerá también de la operatividad del sistema y de la capacidad de adoptar medidas precautorias en el tiempo disponible. Así, aunque en sistemas hiperanuales se trabaja normalmente con niveles de prealerta, alerta y emergencia (a los que incluso puede añadirse un nivel de emergencia extrema), en sistemas con menor capacidad de regulación puede plantearse una reducción del número de fases en función de los resultados del cálculo.

Metodología

1. Caracterización básica del sistema de embalses, a partir de los modelos elaborados en el Estudio de Demandas. En particular, se trata de identificar si los embalses deben tratarse separadamente –se atienden demandas independientes– o de manera combinada –alguna(s) de las demandas pueden recibir recursos del conjunto de embalses.

2. Identificación y evaluación (obtención de series mensuales) de las entradas al sistema, tanto en forma de aportaciones a embalses, como de recursos complementarios, entendiendo como tales aquellos que contribuyen a atender las demandas dependientes, como, en su caso, de los recursos de apoyo y emergencia.
3. Identificación y evaluación de las salidas del sistema: demandas consuntivas dependientes de los embalses, requerimientos ambientales (caudales ecológicos aguas abajo de los embalses y en las tomas de derivación de recursos complementarios). También se determinan las curvas de evaporación desde los embalses.
4. Estadios de sequía para la fijación de umbrales. Siguiendo el criterio aplicado en la mayor parte de las cuencas intercomunitarias bajo la coordinación técnica de la Dirección General del Agua se adoptan, en primera instancia, tres niveles de gestión de la sequía – prealerta, alerta y emergencia– calculados sobre la base de las demandas y aportaciones mínimas esperables en diversos plazos temporales, si bien adaptadas al carácter del sistema de regulación. En el caso de las cuencas cantábricas, el índice Capacidad de regulación / Demanda anual presenta valores en el entorno de la unidad, lo que apunta que no serán significativos umbrales calculados con pronósticos de aportación superiores a 1 año, aconsejando trabajar con acumulados de 12, 6 y 3 meses.

Por otra parte, se ha adoptado con carácter general un criterio de probabilidad de aportación correspondiente al percentil 1% (sequía de periodo de retorno de 100 años) indicado para sistemas de abastecimiento, en los que resulta especialmente vital garantizar el suministro y no son posibles recortes drásticos del consumo por lo que se utilizan supuestos pesimistas de aportaciones futuras.

En consecuencia, se establecen los siguientes umbrales:

Prealerta - No es posible garantizar 1 año de abastecimiento e industria y los requerimientos ambientales, si las aportaciones que reciba el sistema en el próximo año hidrológico son iguales o inferiores a las calculadas con el percentil 1% (sequía de período de re-torno de 100 años).

Alerta - No es posible garantizar 6 meses de abastecimiento e industria y los requerimientos ambientales, si las aportaciones que reciba el sistema en los próximos 6 meses son iguales o inferiores a las calculadas con el percentil 1%.

Emergencia - No es posible garantizar 3 meses de abastecimiento e industria y los requerimientos ambientales, si las aportaciones que reciba el sistema en los próximos 3 meses son iguales o inferiores a las calculadas con el percentil 1%.

- 5.5. Determinación de las aportaciones en sequía para el cálculo de umbrales. A partir de las series mensuales, se han calculado los agregados de aportación efectiva acumulada en diversos periodos. Se han obtenido los estadísticos indicativos de los periodos secos (mínimo, P1 y P5) de estos agregados para las distintas series empleadas. Como ejemplo, se presentan los estadísticos obtenidos para el embalse de Urkulu (UH Deba).

	2 meses			3 meses			6 meses			12 meses		
	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5
Oct	0,16	0,19	0,37	0,69	0,73	0,90	1,61	1,82	2,76	6,77	6,78	7,21
Nov	0,63	0,66	0,79	1,01	1,01	1,08	3,61	4,09	5,57	7,05	7,09	7,39
Dic	0,42	0,43	0,60	0,88	0,88	1,22	4,72	4,93	5,78	7,62	7,65	7,90
Ene	0,57	0,63	0,86	0,92	1,09	1,82	4,95	4,99	5,33	7,56	7,82	8,91
Feb	0,50	0,51	0,85	0,68	1,12	2,32	2,20	2,87	4,55	6,70	6,77	7,01
Mar	0,31	0,37	0,77	0,83	0,97	1,30	2,13	2,19	2,39	6,91	6,97	7,24
Abr	0,49	0,50	0,55	0,63	0,66	0,78	1,13	1,14	1,45	5,84	6,16	7,09
May	0,33	0,34	0,45	0,52	0,54	0,68	0,89	0,94	1,18	5,35	5,82	7,14
Jun	0,19	0,20	0,24	0,28	0,31	0,40	1,07	1,16	1,46	6,68	6,76	7,09
Ago	0,12	0,13	0,18	0,32	0,32	0,34	1,47	1,47	1,58	6,82	6,92	7,29
Sep	0,18	0,18	0,19	0,32	0,34	0,38	1,42	1,48	1,66	6,40	6,52	7,14
Oct	0,21	0,22	0,25	0,51	0,52	0,59	1,68	1,82	2,36	6,63	6,69	7,26
Opción-1	2,05	2,19	3,05	2,53	2,83	3,94	4,48	4,82	6,01	6,69	6,83	7,39
Opción-2	0,70	1,11	1,59	1,10	1,37	1,95	1,78	2,29	3,45	5,35	6,66	7,09
										6,77 Año mínimo		

Tabla 24 Estadísticos de las series de aportaciones del embalse de Urkulu

Se presentan diversas opciones para el cálculo de umbrales:

- Los percentiles utilizados pueden ser los acumulados mensuales, al promedio de éstos (opción 1 de las tablas) o al de la serie completa de valores acumulados (opción 2). En el segundo y tercer caso, los resultados han de homogeneizarse al año para poder emplear el valor con independencia del mes de inicio.
- Para establecer las hipótesis de aportes mínimos al conjunto de embalses correspondientes a cada duración, puede utilizarse el percentil de la serie agregada de aportaciones o de la suma de los estadísticos de cada una de las series.

Tras diversos análisis de los resultados obtenidos en diversos sistemas, aplicando uno u otro criterio se ha optado por:

- Emplear un valor único correspondiente al P1 de la serie completa de valores acumulados para cada duración. Se consigue así una muestra notablemente más amplia (doce veces) que la utilizada para la estimación de los percentiles mensuales. Se han constatado notables variaciones entre los percentiles mensuales que se deben más bien a efectos aleatorios en la serie analizada (en qué mes se produjeron las primeras lluvias abundantes tras el periodo de sequía más extremo), que a razones de significación estadística.
- Utilizar los valores resultantes de sumar los estadísticos obtenidos para cada una de las tres series constitutivas, en lugar de los estadísticos de la serie agregada. De esta manera se preserva la significación estadística de los parámetros, evitando posibles efectos de compensación entre las distintas series.
- Para la modulación del valor anual obtenido se utiliza el Percentil 10 (mensual) de la serie hidrológica considerada; en este caso, la suma de los P10 mensuales de las tres series.

6. Determinación de las demandas en sequía para el cálculo de umbrales

En ausencia de una valoración más matizada del ahorro potencial en cada fase –ahorro que se debe asociarse a las medidas del Programa tales como campañas de concienciación, restricción de riegos y baldeos, de llenado de piscinas (ver n 6)– se han

adoptado ahorros tentativos del 5, 10 y 20% en las sucesivas fases de pre-alerta, alerta y emergencia.

Se ha considerado la relajación del régimen de caudales ecológicos por sequía prolongada en fase de emergencia, tal y como establece el Plan Hidrológico del Cantábrico Oriental.

Por último, a efectos de cálculo, las demandas industriales se tratan como urbanos, sin que este criterio comporte alteración alguna en las prioridades de asignación establecidas reglamentariamente.

7. Proceso de cálculo

La obtención de los umbrales se ha realizado mediante un balance entre las demandas y aportaciones acumuladas correspondientes a cada situación de sequía, de acuerdo a los criterios avanzados en epígrafes anteriores.

A partir de los resultados de dicho balance, se selecciona como umbral para cada mes del año el valor máximo de la serie de déficit acumulados, de manera que se garantiza que, bajo el supuesto considerado de demandas y aportaciones, si se iniciara el periodo con un volumen almacenado igual al umbral, podría superarse la totalidad sin incurrir en déficit en ningún mes. Las pérdidas por evaporación se han tenido en cuenta por interpolación simple entre los valores incluidos en la curva de evaporación del embalse (o embalses)³. Los resultados obtenidos por este procedimiento se establecen en términos de reserva útil por lo que, en caso de que exista un embalse muerto y/o resguardo, los umbrales han de incrementarse en un volumen equivalente.

A título de ejemplo, en la tabla siguiente se reproduce el cálculo para el umbral obtenido para pre-alerta (12 meses) en el mes de febrero en el sistema Urkulu - Aixola.

	Demanda	Aportación a embalses	Recursos suplementarios	Recursos de apoyo/emergencia	Evaporación	Demanda acumulada	Aportación acumulada	Febrero
Feb	1,35	1,12	0,43	0,00	0,00	0,92	1,12	-0,20
Mar	1,44	1,51	0,41	0,00	0,00	1,96	2,63	-0,67
Abr	1,42	0,91	0,07	0,00	0,00	3,31	3,53	-0,22
May	1,32	0,81	0,27	0,00	0,00	4,37	4,34	0,03
Jun	1,29	0,52	0,05	0,00	0,00	5,61	4,86	0,74
Jul	1,26	0,37	0,08	0,00	0,00	6,79	5,23	1,56
Ago	1,26	0,32	0,06	0,00	0,00	7,99	5,55	2,45
Sep	1,23	0,32	0,06	0,00	0,00	9,16	5,87	3,29
Oct	1,21	0,32	0,04	0,00	0,02	10,35	6,19	4,16
Nov	1,28	0,83	0,16	0,00	0,00	11,47	7,03	4,45
Dic	1,31	1,13	0,52	0,00	0,00	12,27	8,15	4,11
Ene	1,44	1,09	0,47	0,00	0,00	13,24	9,24	4,00
	15,81	9,24	2,62	0,00	0,05			4,45

Nota: en verde, el umbral obtenido. No incluye el volumen adicional de reserva por embalse muerto y/o resguardo

Tabla 25 Ejemplo del cálculo del umbral de prealerta (12 meses) en el mes de febrero (hm³)

El detalle de los cálculos puede consultarse en Anejo.

³ Se parte del valor promedio de los umbrales obtenidos por la misma metodología antes de incorporar la evaporación.

8. Selección del nivel de los umbrales

Ocasionalmente, el orden de valor de los umbrales no es el esperado, resultando que umbrales calculados con periodos más largos quedan por debajo de los calculados para periodos más cortos. Esta inversión se debe a que el desequilibrio máximo entre demandas y aportaciones esperadas corresponde al periodo más corto, esto es, no se producen sequías de mayor duración cuya gravedad relativa sea comparable a la del periodo corto. Ante este tipo de resultados se ha optado por asignar los niveles de pre-alerta y emergencia a la envolvente superior e inferior de las curvas, calculando el nivel intermedio (alerta) como el simple promedio de los dos anteriores.

Aunque se pierda, en cierta medida, el significado en términos de gestión de cada umbral, se ha estimado conveniente mantener los tres niveles para articular de manera progresiva las medidas de ahorro. Esta decisión se consolida en el proceso de validación.

9. Validación de los umbrales

Los umbrales y estrategias de apoyo y emergencia se han validado sobre los resultados de la simulación de la situación actual realizada en el Estudio de Demandas. La evolución de las reservas se pone en relación a los umbrales determinados, tanto en términos volumétricos como tras la conversión de éstos en su correspondiente Índice de Estado para calibrar la coherencia de los resultados obtenidos.

5.3.2 Indicadores foronómicos

Introducción

El **caudal circulante**, preferentemente medido en un punto anterior a las principales tomas, es una variable de especial interés para calibrar la situación de los aprovechamientos de recursos hídricos que se asientan sobre tramos de río no regulados.

Para obtener umbrales significativos, se propone su cálculo a partir de los caudales ambientales y las demandas reales de las derivaciones ubicadas aguas abajo con su distribución mensual, facilitada por el estudio de demandas.

Para que estos indicadores tengan validez como herramienta de gestión preventiva deberían incrementarse adicionalmente con una fracción de caudal correspondiente al decrecimiento esperable en un periodo determinado (en principio, 1 o 2 meses aunque podría ajustarse a los condicionantes propios del régimen hidrológico en el tramo y de gestión de las demandas afectadas), decaimiento que podría determinarse a partir de la pendiente de vaciado correspondiente al tramo en el que se ubica el punto de control. De esta manera, el índice puede definir un umbral significativo para la gestión que permitiría anticipar medidas para preparar el sistema ante la probabilidad de que el evento de sequía se confirmase (por ejemplo, para garantizar que los depósitos estén llenos si se confirma la emergencia).

En el ámbito de la CAPV, los modelos desarrollados en el Estudio de Recursos permiten el cálculo de esta pendiente en todas las estaciones de aforo utilizadas para calibrar.

Metodología aplicada

Se han seguido las siguientes etapas y adoptado los siguientes criterios:

1. Comparación de las series de caudales circulantes obtenidas mediante TETIS y la serie de aforos disponible y contraste con los caudales ecológicos de normalidad y sequía (en su caso). Se identifica el caudal de sequía declarada con la fase de emergencia, tal y como se indica en el artículo 13 de la Normativa del Plan. Este caudal corresponde al 50% del vigente en caso de normalidad.
2. Identificación de episodios de recesión tanto en la serie de régimen natural TETIS como en la aforada. Para ello se toma como referencia el momento en el que el caudal circulante es inferior al ecológico.
3. Determinación del coeficiente α de vaciado. En el caso del régimen determinado por TETIS es un parámetro del modelo. En el caso del caudal aforado, se aplica la fórmula $Qt = Qo \times e^{-\alpha t}$ para el episodio con valor de caudal más bajo⁴ en el día -30 respecto al de referencia (día en que el caudal cae por debajo del ecológico).
4. Se estima el umbral de emergencia por tres métodos:
 - Caudal de sequía en normalidad.
 - Caudal necesario para cubrir el caudal de sequía en emergencia (50% de normalidad) más la demanda aguas debajo de la estación de aforo, considerando un periodo de seguridad entre 30 y 60 días (dependiendo de la pendiente de agotamiento) considerando el coeficiente de vaciado resultante de la serie de aforos.
 - Igual que el anterior pero con el coeficiente de vaciado de la serie TETIS.

Se justifica la selección del caudal adoptado entre los tres anteriores.

5. Se estima el umbral de alerta con un margen adicional de 30 días en función de la curva de recesión.
6. Se estima el umbral de prealerta con un colchón adicional de 15 días sobre la alerta.

5.3.3 Indicadores pluviométricos

Introducción

Los indicadores pluviométricos son de utilidad para identificar sequías agronómicas, déficits severos de humedad en ecosistemas naturales no fluviales, y como indicadores indirectos de sequía de disponibilidades de recursos, particularmente en ausencia de infraestructuras de regulación o de estaciones de aforo o piezométricas que permitan construir indicadores directos.

El más comúnmente usado es el SPI (ver 4.1.1) pero la simple consideración de la precipitación acumulada en diversos periodos temporales también puede funcionar como

⁴ Se adopta el caudal más bajo porque se asocia al mínimo histórico de precipitación en el periodo disponible, dado que se trata de trasladar un riesgo de ausencia de precipitación en los días / semanas subsiguientes

indicador simple de la situación en relación con el ciclo meteorológico y, por derivación, hidrológico:

La precipitación acumulada en **2 ó 3 meses** (en ausencia de datos del NDVI [*Normalized Differential Vegetation Index - Índice Diferencial de Vegetación Normalizado*], que se comenta en el epígrafe 5.3.5) por comparación de la lluvia acumulada en los dos (o tres) últimos meses con los valores normales históricos puede ser un indicador válido para ayudar a identificar situaciones de precariedad en las áreas cultivadas. La elección del intervalo, 2 ó 3 meses, puede variar en función del tipo de suelos, alternativas de cultivo o la época del año.

La precipitación acumulada en **6 meses** es un indicador de situaciones de stress hídrico en las masas vegetales naturales frente a los valores históricos equivalentes. La misma variable puede ser de utilidad como indicador indirecto de sequías de disponibilidades, concretamente de recursos procedentes de regulación natural y de recarga de acuíferos en sistemas de “memoria corta” o poca capacidad de regulación: acuíferos muy transmisivos (kársticos) y acuíferos costeros.

La precipitación acumulada en **12 meses** puede ser también indicador indirecto de sequía de disponibilidades, identificando anomalías negativas en recursos de regulación natural y recarga de acuíferos de sistemas de “memoria larga” o gran capacidad de regulación: acuíferos detríticos del interior y acuíferos carbonatados menos transmisivos.

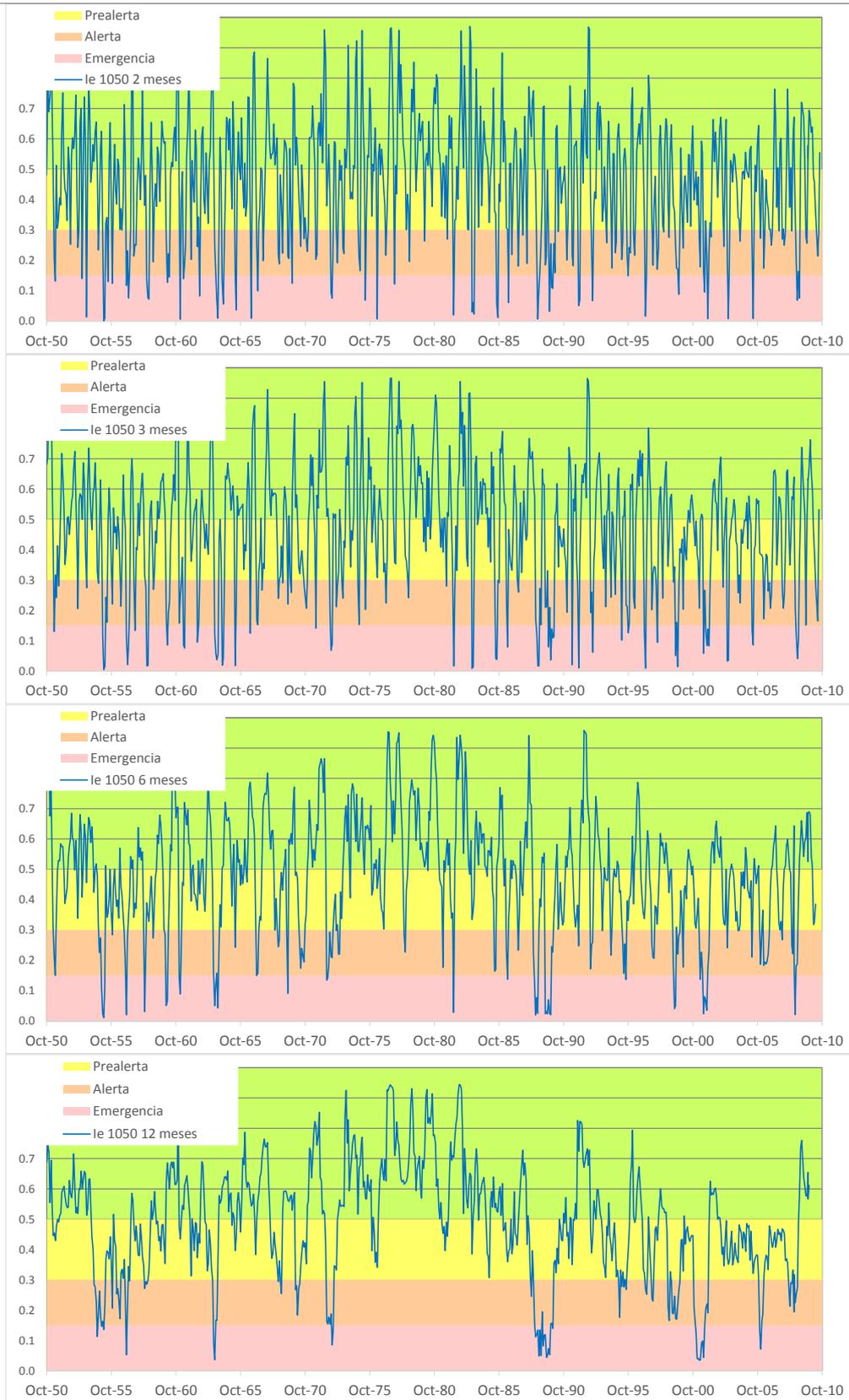
Indicadores para intervalos de tiempo más prolongados, por ejemplo para **2 y 3 años**, son útiles para la caracterización y seguimiento de sequías pluviométricas particularmente persistentes, y suministran información indirecta sobre la situación en los sistemas de recursos no regulados durante estos eventos excepcionales.

Metodología aplicada

Para todas las estaciones meteorológicas se han calculado indicadores de valoración pluviométricos lluvia acumulada e ISP (Índice Estandarizado de Precipitación) para los siguientes periodos de acumulación: 2, 3, 6, 12, 18, 24 y 36 meses. Se presentan en Anejo en forma de hojas de cálculo dinámicas en las que se puede seleccionar cualquier estación de la unidad hidrológica.

El tratamiento estadístico de las series se ha realizado sobre la base de las series mensuales previa agregación de las lluvias diarias. Los valores estadísticos máximos y mínimos han sido modificados en un 5% (aumentados o reducidos, respectivamente) para admitir un cierto margen de rebasamiento en el futuro.

Se presentan como ejemplo, los resultados obtenidos para el Pluviómetro 1050 ubicado en Eibar.



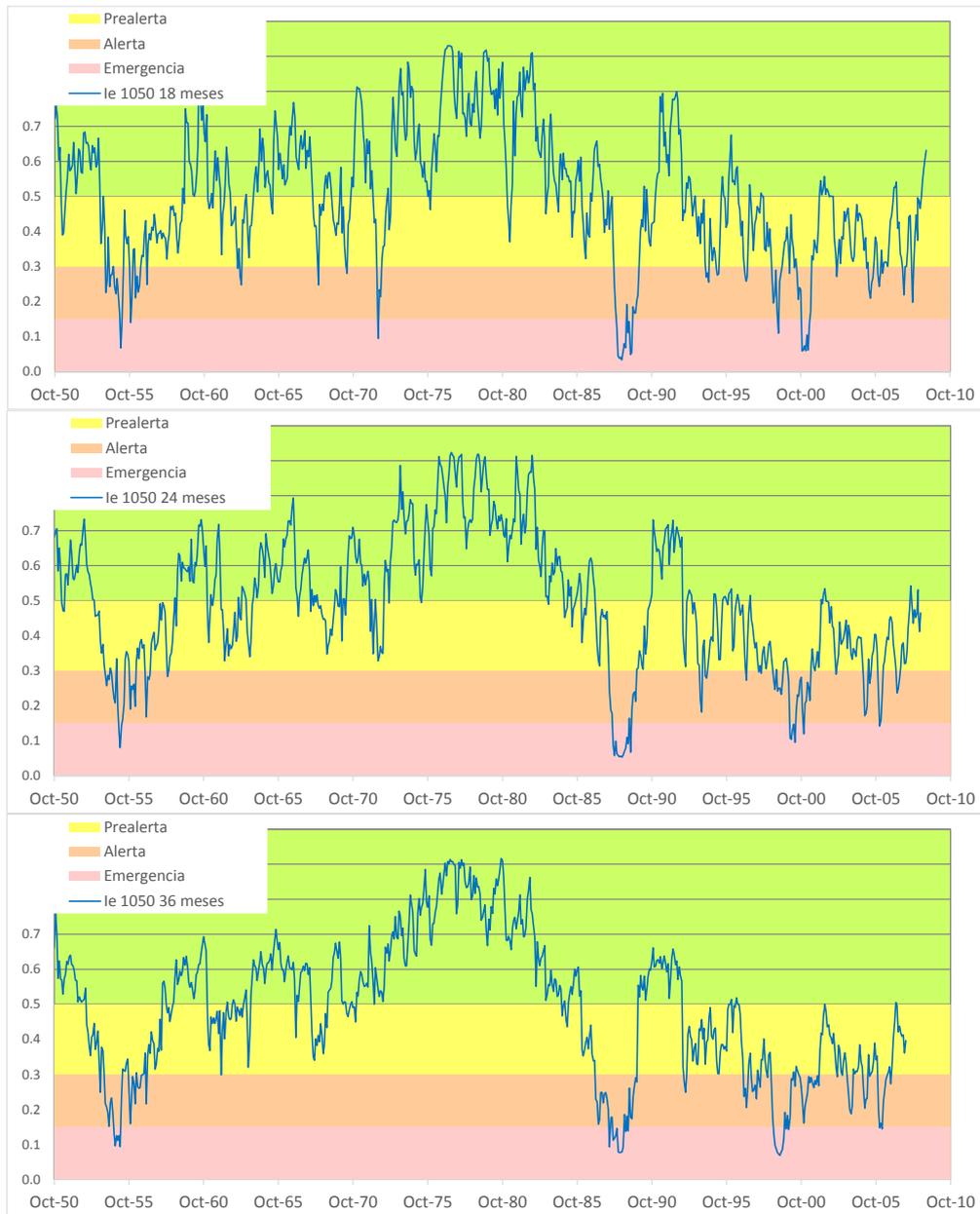


Figura 25 Índices de Estado pluviométrico (lluvia acumulada) para distintos periodos: Estación 1050

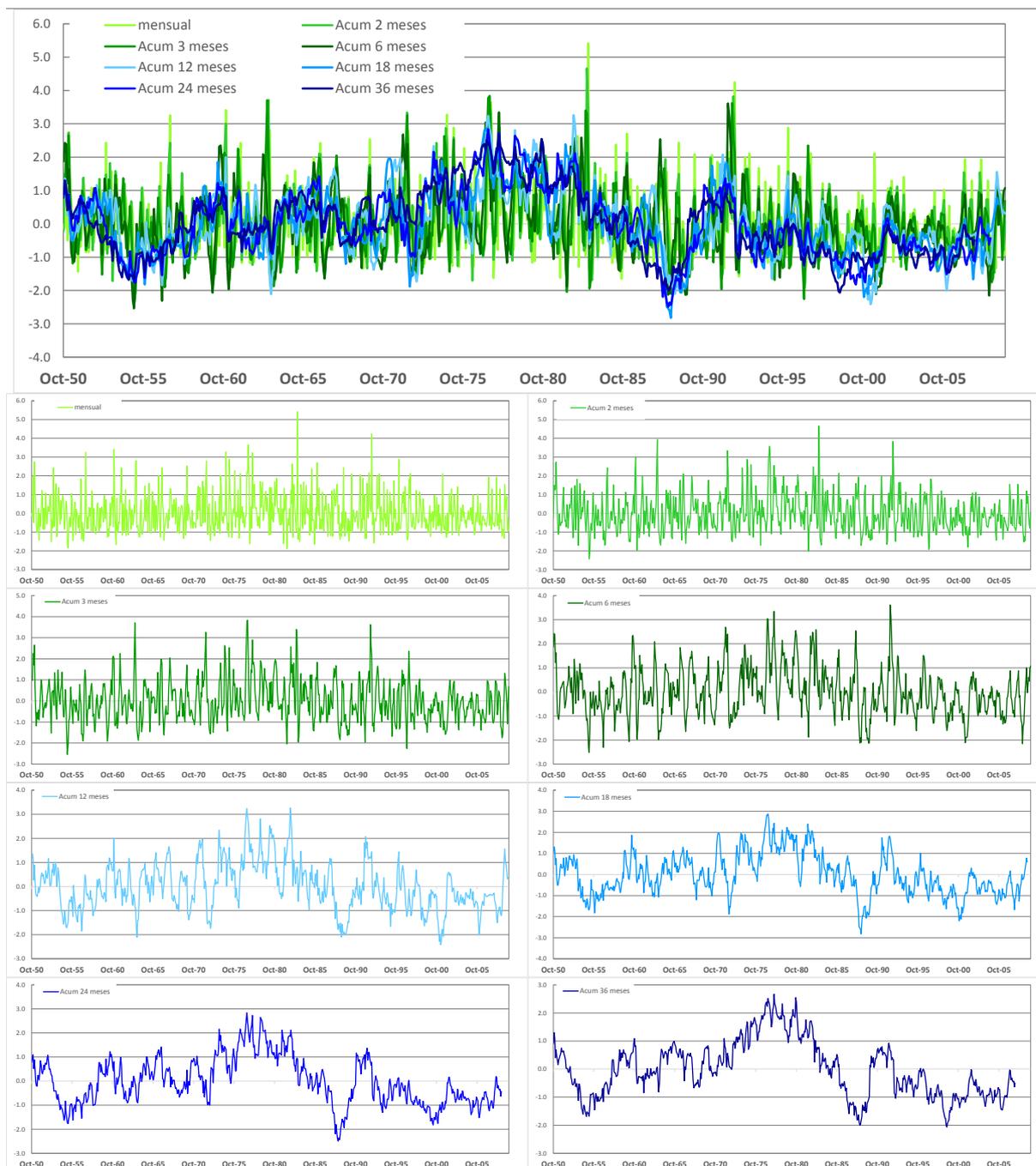


Figura 26 Índices Standardizados de Precipitación (ISP) para distintos periodos de acumulación: Estación 1050

5.3.4 Indicadores piezométricos

Introducción

Los **indicadores piezométricos** se dirigen a determinar la situación de acuíferos que son el origen principal o secundario de los recursos utilizados para satisfacer determinadas demandas. Dado que el volumen de reservas subterráneas disponibles es difícil de evaluar, las variables a medir podrían ser: el *nivel piezométrico actual*, obtenido a partir de los registros en un número de puntos que puede ser variable en función de las características y dimensiones del acuífero nivel [un único piezómetro, o una media ponderada de varios]; el caudal drenado si se dispone de manantiales aforados

Metodología aplicada

Ante la dificultad de establecer una relación directa entre nivel piezométrico y suministro, se ha aplicado una metodología de base estadística a partir de los datos históricos de los puntos de Control Piezométrico de la Red Básica de Control de las Aguas Subterráneas de la Agencia Vasca del Agua <http://www.telur.es/redbas/LPIEZO.html>. La metodología aplicada se describe a continuación.

1. Tratamiento de los datos disponibles (profundidad del nivel y Cota absoluta msnm), identificando los días con ausencia de dato.
2. Análisis estadístico de las series de datos, determinando promedio, máximo, mínimo, P50 (mediana) y otros percentiles significativos, tanto a nivel diario como mensual.
3. Se establece el P50 como asimilable al nivel de pre-alerta⁵. El resto de niveles se obtiene por interpolación, aplicando la formulación tipo 2 descrita en el epígrafe 5.2. Los máximos y mínimos se han modificado de manera que los valores resultantes se muevan entre 0.1 y 0.9.
4. Se han obtenido niveles-umbral mediante tres métodos: con análisis estadístico diferenciado para los tres periodos (aguas altas, aguas medias y aguas bajas); con análisis no diferenciado (anual); por último, un sistema híbrido en el que se hace coincidir el nivel de prealerta con el del primer método, pero los niveles inferiores se calculan interpolando en relación al mínimo anual. El método seleccionado debe, en cualquier caso, reflejar la estacionalidad. En particular, debe evitarse la distorsión que genera la aparición de mínimos en cualquier momento del año, más ligada a la explotación de los bombeos que a la variabilidad hidrológica.

5.3.5 Otros indicadores

Los **indicadores ambientales** o agronómicos, entre los que se destaca por su amplia aplicación a nivel mundial el NDVI [*Normalized Differential Vegetation Index - Índice Diferencial de Vegetación Normalizado*], que se obtiene a partir del tratamiento de imágenes de satélite en dos bandas del espectro electro-magnético de las radiaciones: la región del rojo y el infrarrojo cercano (canales 1 y 2 de las imágenes NOAA). El fundamento del método radica en que, en condiciones óptimas de humedad, la vegetación refleja mucho menos en la primera banda (región de absorción de la clorofila) que en la segunda (región de alta reflectancia de la celulosa); cuando la vegetación sufre stress hídrico, los valores de la primera aumentan, mientras que los de la segunda decrecen.

Este tipo de indicador no ha sido utilizado en el presente Plan, específicamente orientado a la gestión de los recursos hídricos. No obstante tiene un indudable interés para el seguimiento de la actividad agrícola y forestal, en particular, para el manejo gestión de cultivos y la prevención de incendios.

⁵ En casos en los que resulte justificado podría revisarse la fijación de este nivel en un percentil distinto del 50

5.4 ZONIFICACIÓN

Un aspecto fundamental en la definición del PES es la zonificación de los ámbitos de estudio. A estos efectos, la GUÍA 2005 recomienda el sistema de explotación como ámbito de referencia, apuntando la posibilidad de su posterior agrupación en conjuntos de varios sistemas de explotación suficientemente homogéneos a efectos de su comportamiento frente a las sequías. Este criterio representa una simplificación razonable en el caso de sistemas que dependan fundamentalmente de recursos regulados en embalses y/o conjuntos de embalses que estén sujetos a una gestión coordinada pero, sin embargo, puede reflejar insuficientemente la situación de las áreas que se surten de recursos fluyentes o en los que las aguas subterráneas jueguen un papel destacado.

Sistemas de explotación	Superficie (km ²)	De la cual, pertenece a las Cuencas Internas	Aportación media mensual (hm ³ /año)
Barbadun	134	134	71
Nerbioi-Ibaizabal	1.820	225	1.203
Butroe	236	236	100
Oka	219	219	136
Lea	128	128	63
Artibai	110	110	81
Deba	554	554	445
Urola	349	349	328
Oria	908	92	785
Urumea	302	56	386
Oiartzun	93	93	93
Bidasoa	751	71	774
Ríos Pirenaicos	186	0	194
TOTAL	5.794	2.267	4.659

Fuente: Plan Hidrológico de la Demarcación Cantábrico oriental. RD 400/2013

Tabla 26 Sistemas de explotación. Superficie y aportación

En particular, deberán singularizarse, en su caso, sistemas de abastecimiento diferenciados que compartan pertenencia al mismo sistema de explotación e individualizarse las diversas captaciones para abastecimiento. El análisis del *Estudio de Demandas* ha sido fundamental para identificar estos casos, al facilitar una valoración de las demandas dependientes aguas abajo de cada estación de aforo, así como su estacionalidad.

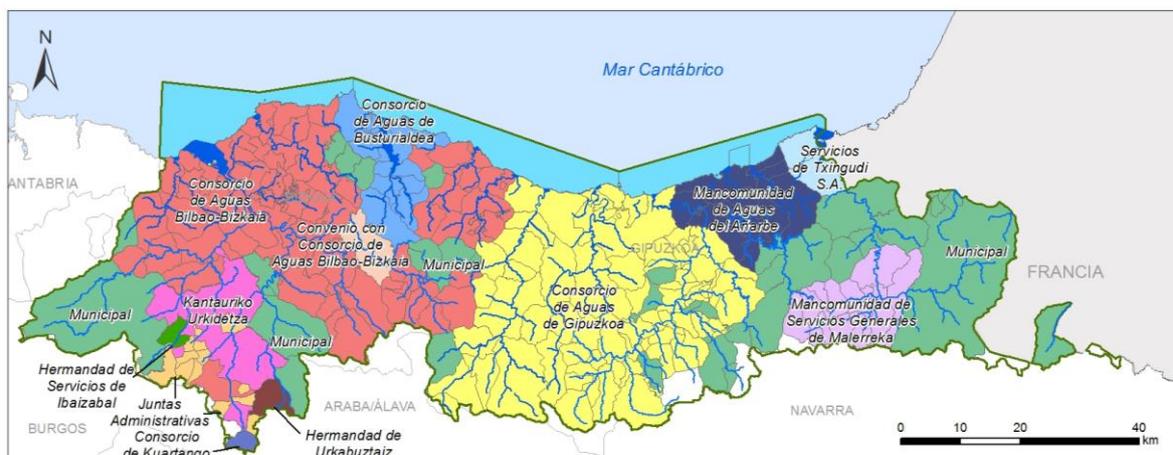
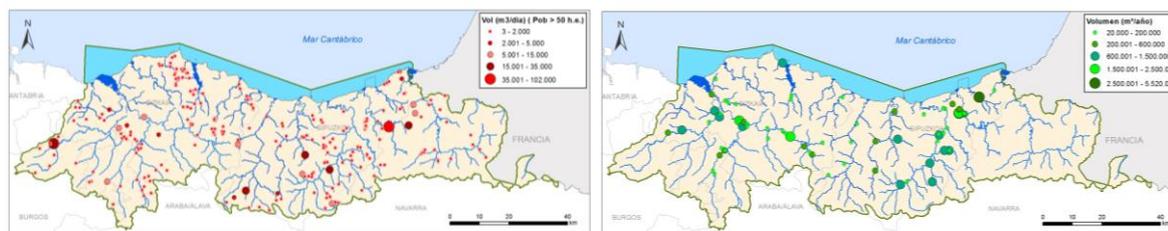


Figura 27 Entes gestores de abastecimiento urbano (servicio en alta)



Fuente: Esquema Provisional de Temas importantes del segundo ciclo de planificación hidrológica 2015-2021. Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental. Ámbito de las Cuencas Internas del País Vasco

Figura 28 Captaciones superficiales para abastecimiento urbano

Figura 29 Captaciones superficiales para abastecimiento industrial

5.5 CRITERIOS GENERALES

Para la propuesta y definición de Indicadores de Estado se adoptan, con carácter general los siguientes criterios:

1. Para las demandas que dependan, fundamentalmente, de un embalse o sistema de embalses, se sugiere emplear como indicador E0 (volumen almacenado). La fijación de umbrales se llevará a cabo desde una consideración específica de los condicionantes de cada embalse o sistema de embalses, fundamentalmente, las demandas a servir (incluido régimen de caudales ecológicos aguas abajo) y las aportaciones previsibles.
2. Para demandas que dependan de recursos fluyentes o manantiales, se propone el uso del indicador Q_0 caudal circulante (m^3/s) en la estación de aforos que mejor pueda representar la situación hidrológica. En aquellos sistemas que disponen de múltiples estaciones de aforo, la selección ha tenido en cuenta la longitud y calidad de las series y su posición en el esquema de suministro (preferentemente, aguas arriba de la(s) toma(s) de las demandas principales. En el cálculo, se consideran caudales ecológicos y demandas aguas abajo.

No obstante, tras analizar las series hidrológicas en aplicación de la metodología descrita en la sección 4.2, se ha optado por excluir alguno de los indicadores foronómicos inicialmente seleccionados, a la espera de que se pueda disponerse de series más sólidas.

3. Para las demandas que dependan de recursos subterráneos, el indicador será el nivel piezométrico de referencia, definido como cota absoluta (msnm). No ha sido posible establecer una relación entre niveles y fallos de servicio por lo que estos indicadores se proponen, con carácter general, como de valoración.
4. Como indicadores complementarios de valoración se proponen indicadores pluviométricos acumulativos de periodo variable que puede variar entre P2-P3 (precipitación acumulada en 2-3 meses) en acuíferos muy transmisivos o P24 (precipitación acumulada en 24 meses) en acuíferos muy poco transmisivos. Por las características hidrológicas de las cuencas cantábricas se ha optado por utilizar como indicador preferente la lluvia acumulada en 2 meses aunque se han calculado umbrales para múltiples periodos de acumulación.

Para la definición de los elementos determinantes de los umbrales, se ha adoptado el escenario correspondiente a la situación actual del Plan Hidrológico que traslada, a su vez, la descrita y analizada en el Estudio de Demandas, tanto en lo que se refiere a los aspectos cuantitativos (recursos, demandas, requerimientos ambientales) como descriptivos (sistema hidráulico). Las normas de gestión, en particular las estrategias de movilización de recursos de apoyo y emergencia, también se fundamentan en las consideradas en el Plan y el citado Estudio de Demandas.

Se ha priorizado el esfuerzo en la determinación de umbrales en sistemas que dependen de recursos propios frente a los que dependen (o van a depender en un futuro cercano) de recursos transferidos cuya gestión en sequía se contempla en los PES de las cuencas cedentes. Este es el caso de los sistemas más occidentales (Ibaizabal, Barbadun, Butroe) dependientes de los recursos procedentes de la cuenca del Ebro por vía de los trasvases Zadorra-Arratia y, en menor medida, Cerneja-Ordunte.

Para los sistemas de competencia compartida sigue siendo de aplicación el PES Norte 2007, si bien se están elaborando propuestas para la mejora de los indicadores y umbrales fijados en dicho Plan en línea con las metodologías establecidas en la sección 5.3.

En los epígrafes siguientes, se lleva a cabo un análisis por sistemas con dos secciones: 1) Información básica y propuesta de indicadores; 2) Cálculo de los indicadores seleccionados.

5.6 PROPUESTA DE INDICADORES Y UMBRALES EN LAS CUENCAS INTERNAS DE LA CAPV

5.6.1 Sistema Bidasoa

Diagnóstico partida	de	<p>El abastecimiento urbano de los municipios de Irun y Hondarribia, gestionado por la Mancomunidad de Servicios del Txingudi a través de su sociedad Servicios de Txingudi - Txingudiko Zerbitzuak (STTZ). La fuente principal de recursos hídricos es el embalse de San Antón, sobre la regata de Endara, con el complemento de agua procedente de Jaizkibel que es tomada en varias captaciones superficiales y un grupo de sondeos. En función del volumen de llenado del embalse, la central hidroeléctrica de Irusta puede recibir parte de la aportación de Endara derivada hacia la central a través del canal de Domiko.</p> <p>Está en proceso de redacción un Protocolo específico para la detección de caudales de las regatas y acuíferos de la ladera norte de Jaizkibel, tal y como era requerido por el Decreto 357/2013, de 4 de junio, por el que se designan las Zonas Especiales de Conservación Uliá (ES2120014) y Jaizkibel (ES2120017).</p> <p>Tanto las demandas urbanas como industriales ofrecen garantías satisfactorias bajo este protocolo.</p>
Propuestas futuro	de	<p>La activación de los sondeos de Jaizkibel bajo el nuevo protocolo debe permitir compatibilizar el servicio de las demandas con la protección ambiental de una zona de alto valor natural.</p>

Posibles indicadores

El Protocolo pone en relación los niveles de **reserva en el embalse de San Antón** con la activación de las captaciones superficiales de la ladera norte y de los sondeos de Jaizkibel. Se establecen reglas de explotación que permiten cubrir con aceptable garantía el abastecimiento de Txingudi (horizonte año 2021), compatible con el cumplimiento de unos caudales ecológicos en la presa de San Antón y otros puntos de captación, y optimizando la extracción de agua de los sondeos de Jaizkibel.

El PES Norte 2007 establecía como indicador el **caudal aforado en la EA 1106 Bidasoa en Endarlaza**.

Los habituales **indicadores pluviométricos** para las estaciones **1013 Irun (Fitosanitaria)**, **1014 Hondarribia (Aeropuerto)**, **1015 Fuenterrabia (Guadalupe)** y **1013I Fuenterrabia-Zubieta**.

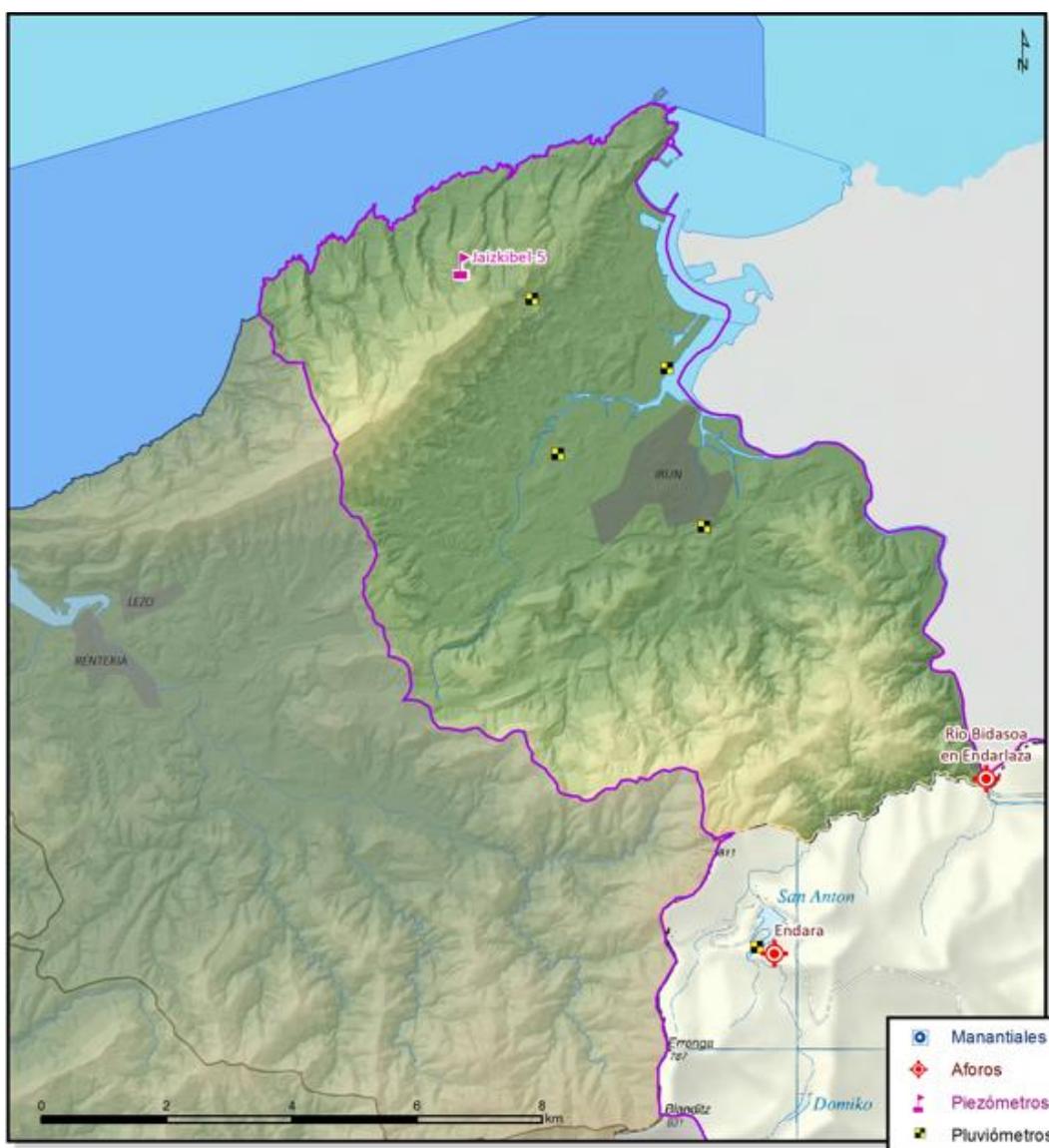


Figura 30 Propuesta de indicadores. Sistema Bidasoa

Reserva en el embalse de Endara

No se ha planteado en este momento el cálculo de indicador y umbrales a la espera de que se concluya la redacción del Protocolo específico, que debe establecer las normas de explotación del embalse, poniendo en relación los volúmenes embalsados con la

activación de las fuentes de suministros de apoyo y emergencia: captaciones superficiales de la ladera norte (Artzu, Molino y Justiz) y sur de Jaizkibel (Goikoerrota y Esteutz). y sondeos de Jaizkibel. Además de estas normas, se establecerán directrices para el seguimiento de los elementos que determinan y/o condicionan el régimen de explotación de embalse y captaciones.

Indicador foronómico: EA 1106 Bidasoa en Erdarlaza

Incluido en el PES Norte 2007. Se propone volver a calcular el indicador con las series actualizadas y siguiendo la metodología de la sección 5.3.2.

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la estación 1014 Hondarribia (Aeropuerto).

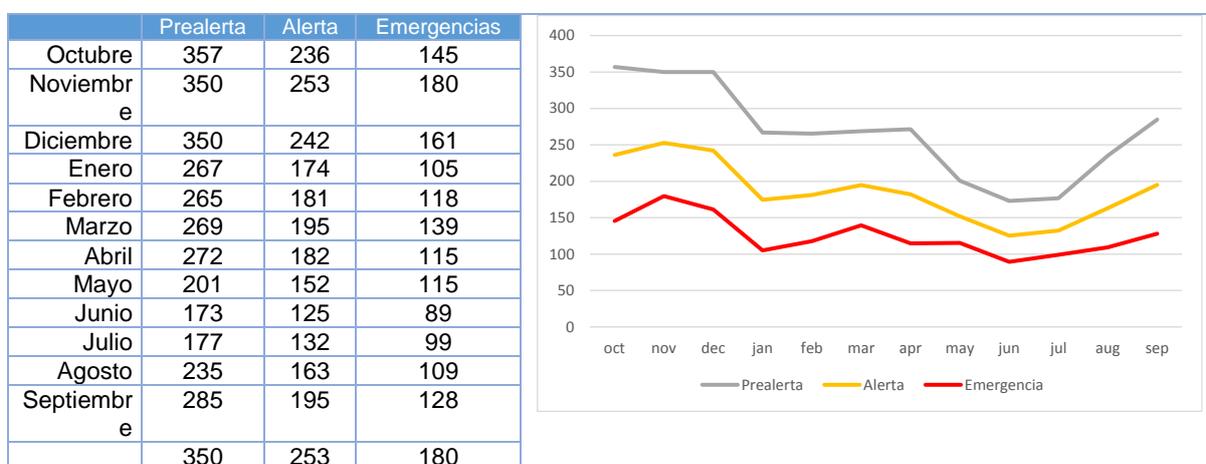


Tabla 27 Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1014 Hondarribia (Aeropuerto)

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en Anejo.

5.6.2 Sistema Urumea-Oiartzun

Información básica

Diagnóstico de partida	de El abastecimiento de ambas unidades hidrológicas tiene como origen fundamental el embalse de Añarbe (45 hm ³ de capacidad), situado en la cuenca del Urumea, en el ámbito de del actual PES del Norte. Los análisis realizados en el marco del Estudio de Demandas y el presente estudio muestran la robustez del sistema, dado que no se producen situaciones hidrológicas que se aproximen a los umbrales de sequía. Se cuenta con garantía de suministro suficiente en las UD's principales, pero aparecen problemas menores en varias UD's.
Propuestas de futuro	Dada la buena situación general del sistema, no se plantean actuaciones significativas.
Posibles indicadores	<p>El volumen almacenado en el embalse de Añarbe que suministra las demandas principales. Se plantea como Indicador de Estado para el sistema Oiartzun (Cuencas Internas).</p> <p>El PES Norte 2007 utiliza como indicador de estado, el caudal aforado en la EA 1105 (rio Urumea en Ereñozu). Se ha calculado un indicador de aforo en esta estación, siguiendo la metodología expuesta en la sección 5.3.2, aunque se propone que pase a ser indicador de valoración.</p> <p>Los habituales indicadores pluviométricos para las estaciones 1016 Arditurri (Oiartzun), 1017 Oiartzun, 1018 Renteria-Villa, 1018A Renteria (Landarbarso), 1019A Pasajes (Escuela Náutica) y E1W1 Oiartzun en el Oiartzun; 1022 Hernani (Ereñozu), 1023 Astigarraga, 1024 San Sebastián (Ategorrieta), 1021E Renteria (Presa del Añarbe), 1021O Hernani-Central de Santiago, 1022A Hernani (Zicuñaga), 1024B San Sebastián (Faro de Igeldo), 1024E San Sebastián (Igeldo), D1W1 Añarbe, D2W1 Ereñozu, IGEL Igeldo, 1020 Goizueta y 1021 Artikutza en el Urumea. Goizueta y Artikutza se localizan en la Comunidad Foral de Navarra.</p>

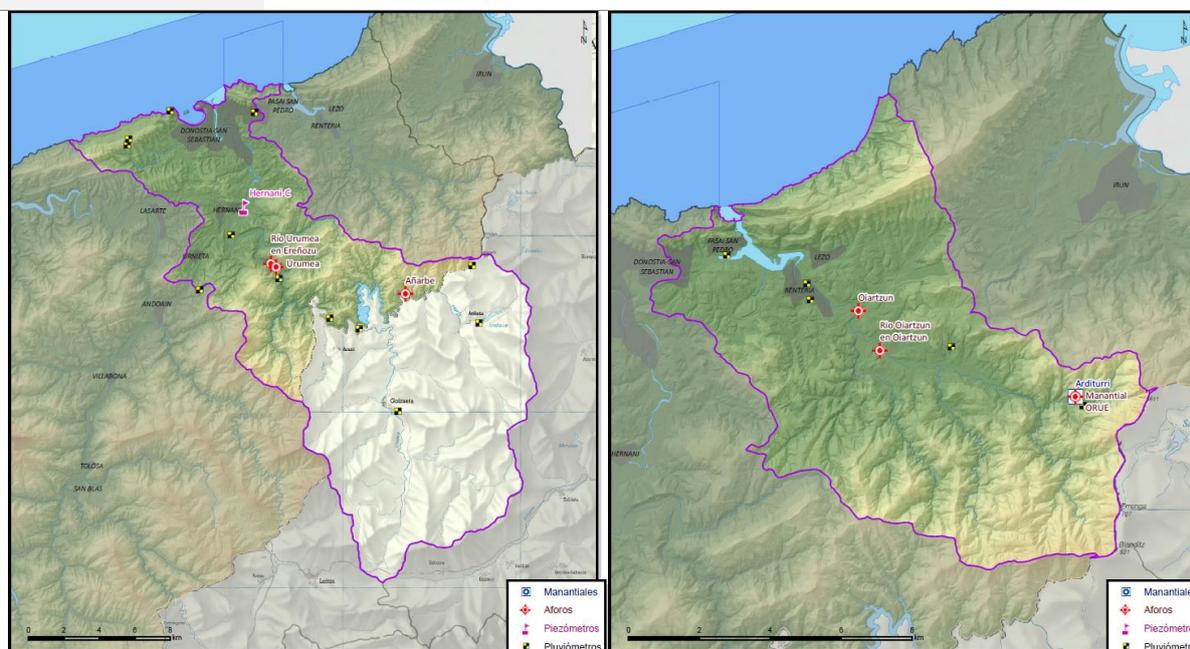


Figura 31 Propuesta de indicadores. Sistema Urumea-Oiartzun

Cálculo de indicadores

Reserva en el embalse de Añarbe

Recursos

Aportaciones a embalses

Se consideran los recursos afluentes al embalse de Añarbe, cuyo volumen máximo de almacenamiento alcanza los 44,86 hm³. Como series de aportación directa se han adoptado las del PH para el periodo 1980/81-2009/10 que permiten obtener estadísticos representativos. En las figuras adjuntas se presentan las series mensuales y su agregación por campaña hidrológica.

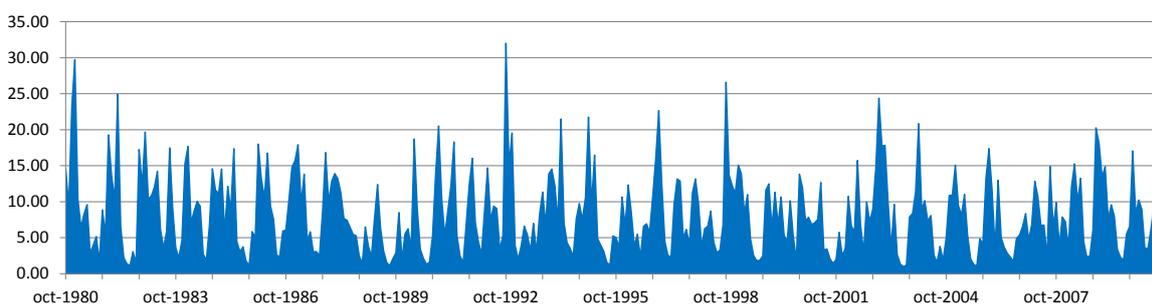


Figura 32 Aportaciones al embalse de Añarbe

Los principales parámetros estadísticos se muestran en la siguiente tabla.

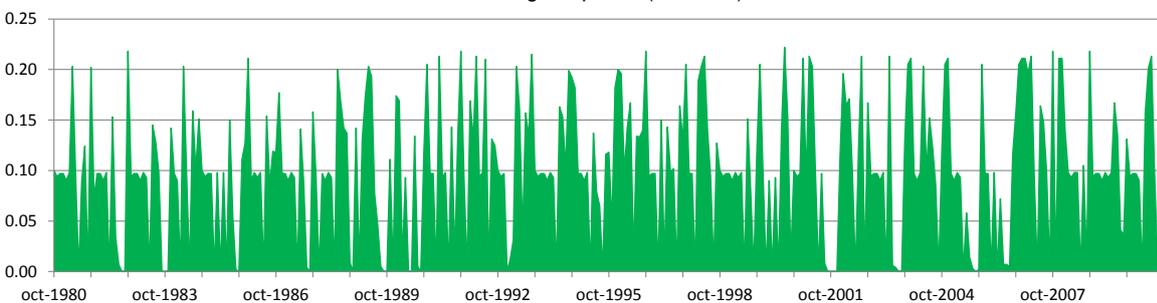
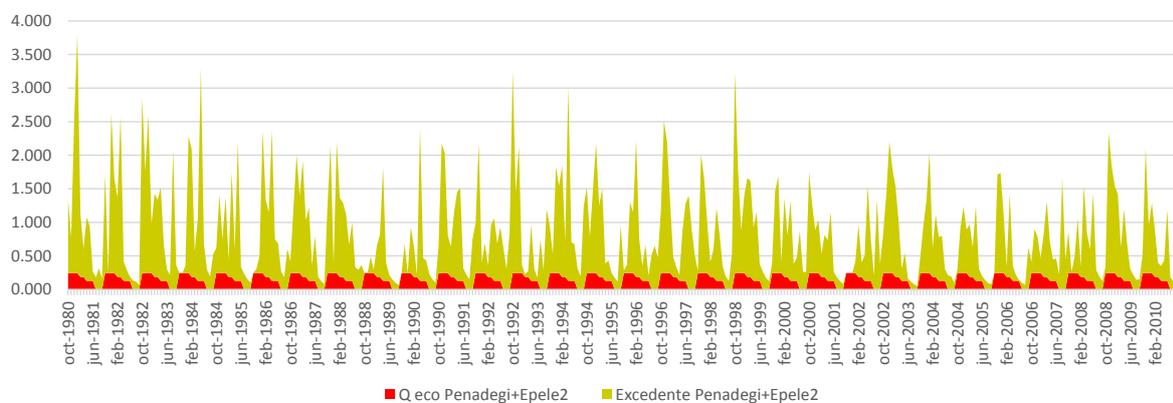
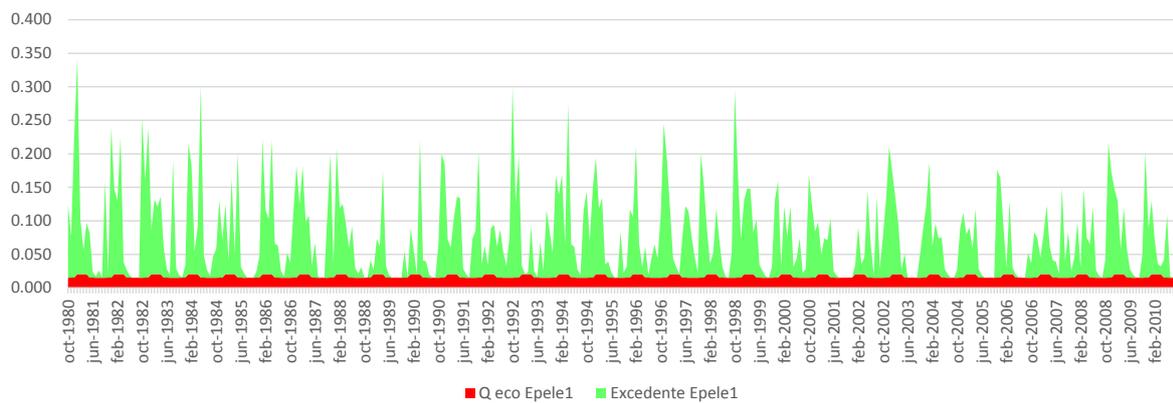
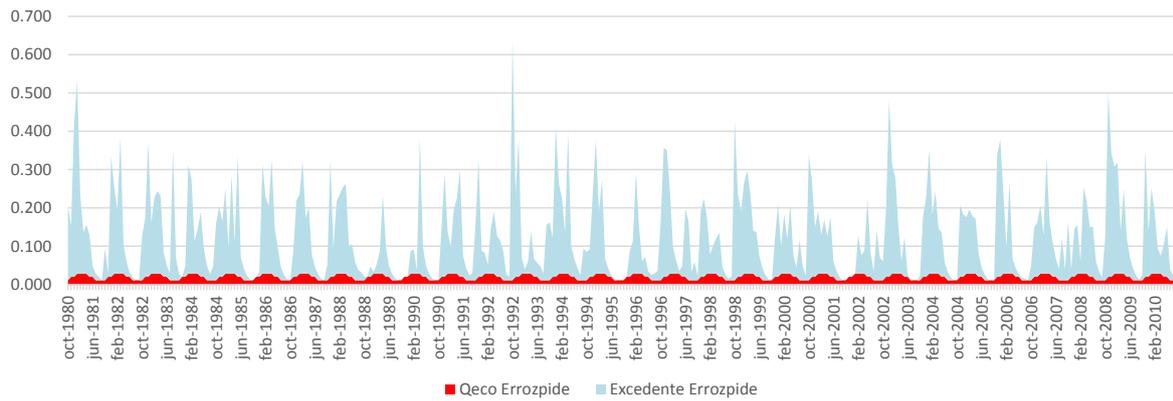
	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	8.97	10.39	12.52	11.77	9.30	9.38	9.68	8.36	5.21	3.87	3.93	4.35	97.73
Máxima	32.00	20.25	24.38	29.72	17.91	24.91	21.47	18.30	13.24	12.86	17.47	9.02	138.62
Mínima	1.15	1.42	2.00	3.48	1.99	2.53	2.32	2.23	1.39	1.10	0.96	0.88	50.81
Percentil 1%	1.39	1.65	2.15	3.58	2.10	2.81	2.67	2.65	1.58	1.17	0.98	0.98	54.86
Percentil 5%	2.19	2.88	3.47	3.87	2.53	3.51	3.58	3.80	2.17	1.33	1.05	1.31	70.66
Percentil 10%	2.50	3.83	5.00	4.41	3.38	3.88	3.82	4.56	2.58	1.53	1.16	1.53	78.67
Percentil 25%	4.37	6.61	8.00	6.82	5.47	6.90	6.50	5.64	3.13	2.30	1.73	1.85	85.10
Percentil 50%	7.21	11.05	11.26	11.45	9.55	8.66	8.74	7.85	4.32	2.94	2.72	5.05	96.99

Tabla 28 Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Añarbe (hm³)

Recursos suplementarios

Además de las aportaciones directas a embalse, debe contarse con las series de aportaciones de Erroizpe, Epele1, Penadegi y Epele2 que sirven de apoyo al servicio de determinadas unidades de demanda servidas desde Añarbe. Para su cálculo se ha dado prioridad al respeto de los caudales ecológicos en los puntos de derivación.

PLAN HIDROLÓGICO
PARTE ESPAÑOLA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRAFICA DEL CANTÁBRICO ORIENTAL
REVISIÓN 2015-2021



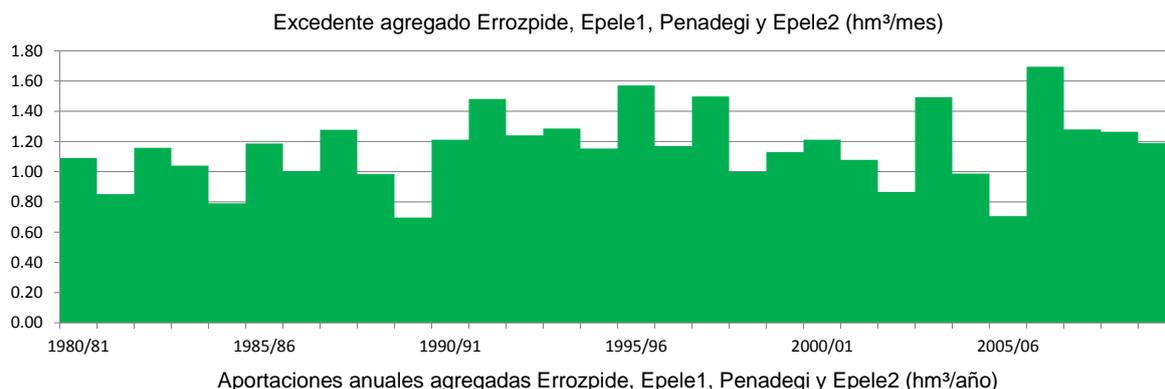


Figura 33 Aportaciones de recursos suplementarios

Los principales parámetros estadísticos se muestran en la siguiente tabla.

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	0.12	0.11	0.11	0.11	0.09	0.11	0.11	0.09	0.08	0.10	0.06	0.06	1.15
Máxima	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.21	0.20	0.21	0.21	0.22	0.21	0.22	1.70
Mínima	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
Percentil 1%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
Percentil 5%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74
Percentil 10%	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.85
Percentil 25%	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.02	0.00	0.07	0.01	0.00	1.00
Percentil 50%	0.12	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.07	0.12	0.07	0.01	1.16

Tabla 29 Parámetros estadísticos de la serie de excedentes de Erroizpe, Epele 1, Penadegi y Epele 2 (hm³)

Recursos de apoyo y emergencia

En este sistema no se han considerado recursos adicionales para apoyo y emergencia en sequía.

Demandas y requerimientos ambientales

Demandas consuntivas

Para construir el umbral de reserva, se han tenido en cuenta las demandas abastecidas desde el sistema de embalses, incluyendo aquéllas que dependen parcialmente de suministros suplementarios. Para un mayor detalle de la asignación de demandas a fuentes de suministro puede consultarse el Estudio de Demandas del que se ha extraído el siguiente esquema.

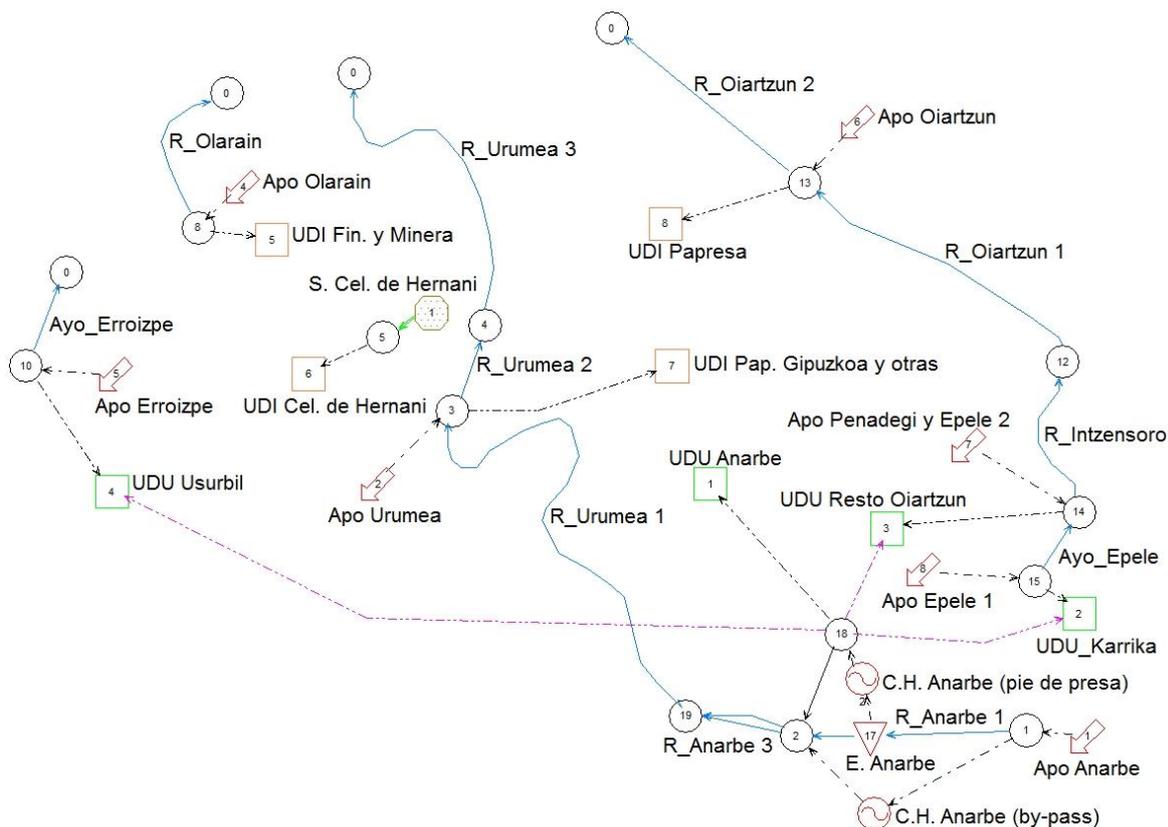


Figura 34 Esquema de simulación Urumea-Oiartzun (Estudio de demandas)

Las demandas consideradas en el sistema Añarbe, sus fuentes de recursos y su modulación se muestran en las siguientes tablas:

Unidad de demanda	Municipios	Fuente de suministro
UDU Añarbe	Urnieta, Hernani (97%), Astigarraga, Donostia, Errenteria, Lasarte-Oria y Pasaia (85%)	Emb. Añarbe+ complementarios
UDU Karrika	Oiartzun (2,5%)	Emb. Añarbe+ complementarios
UDU Resto Oiartzun	Oiartzun (97,5%)	Emb. Añarbe+ complementarios
UDU Usurbil	Usurbil	Emb. Añarbe+ complementarios

Tabla 30 Demandas consideradas en el cálculo de umbrales: Añarbe (hm³)

UD	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
UDU Añarbe	2.228	2.098	2.163	2.163	2.012	2.186	2.077	2.186	2.186	2.272	2.186	2.207	25.962
UDU Karrika	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.034
UDU Resto Oiartzun	0.115	0.108	0.111	0.111	0.103	0.112	0.107	0.112	0.112	0.117	0.112	0.113	1.335
UDU Usurbil	0.100	0.094	0.097	0.097	0.090	0.098	0.093	0.098	0.098	0.102	0.098	0.099	1.164
Suma	2.445	2.302	2.374	2.374	2.208	2.399	2.280	2.399	2.399	2.493	2.399	2.422	28.495

De acuerdo con las simulaciones realizadas, algunas de las demandas no atendidas desde Añarbe no cumplen las garantías requeridas, en concreto, las UDIs de *Financiera* y *Minería*, *Celulosas Hernani* y *Papresa*.

Caudales ecológicos

Los caudales ecológicos que afectan a las sueltas desde Añarbe así como los que condicionan los suministros complementarios se presentan en la tabla adjunta.

UD	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Vol anual (hm³)
R_Añarbe3	0.855	1.218	1.218	1.788	1.788	1.788	1.788	1.218	1.218	0.855	0.855	0.855	15.45
Ayo_Erroizpe	0.011	0.020	0.020	0.028	0.028	0.028	0.028	0.020	0.020	0.011	0.011	0.011	0.24
Ayo_Epele	0.015	0.015	0.015	0.020	0.020	0.020	0.020	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.20
R_Intensoro	0.129	0.186	0.186	0.245	0.245	0.245	0.245	0.186	0.186	0.129	0.129	0.129	2.24

Tabla 31 Caudales ecológicos del sistema Añarbe

En este caso, no pueden rebajarse los caudales ecológicos, al verse afectados as ZEC Urumea y Aiako-Harria.

Evaporación desde embalses

Aunque la evaporación no es propiamente una demanda, representa una detracción de recursos para el sistema. En la tabla adjunta se presenta la estimación de la evaporación el embalse de Añarbe según su nivel de reservas y en distintos meses del año. Dado que se trata de aproximar la evaporación en ciclo seco, se ha optado por adoptar el criterio conservador de despreciar la aportación de la lluvia sobre la lámina de agua del embalse.

Volumen (hm³)	0.00	0.47	2.38	6.28	12.80	24.94	28.64	31.46	37.28	44.86	0.00
Superficie (ha)	0.00	9.00	25.00	44.00	73.00	125.00	142.00	155.00	201.00	250.00	0.00
ETP (hm³)	0.01	0.02	0.04	0.06	0.11	0.12	0.13	0.17	0.21	0.21	0.01
	0.00	0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.07	0.10	0.12	0.12	0.00
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.00
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.11	0.11	0.00
	0.00	0.01	0.02	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.14	0.14	0.00
	0.01	0.02	0.04	0.07	0.12	0.13	0.14	0.18	0.23	0.23	0.01
	0.01	0.03	0.05	0.09	0.15	0.17	0.18	0.24	0.30	0.30	0.01
	0.01	0.04	0.07	0.12	0.20	0.22	0.24	0.32	0.40	0.40	0.01
	0.02	0.04	0.08	0.13	0.22	0.25	0.27	0.35	0.43	0.43	0.02
	0.02	0.05	0.08	0.13	0.23	0.26	0.28	0.37	0.46	0.46	0.02
	0.01	0.04	0.07	0.12	0.21	0.23	0.25	0.33	0.41	0.41	0.01
	0.01	0.03	0.06	0.09	0.16	0.18	0.20	0.26	0.32	0.32	0.01
Total	0.00	0.12	0.32	0.56	0.94	1.60	1.82	1.99	2.58	3.21	0.00

Tabla 32 Embalse de Añarbe: relación superficie-volumen-ETP

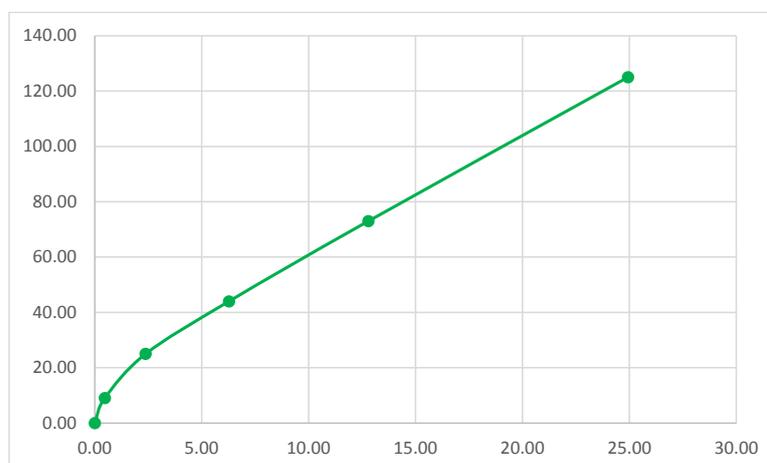


Tabla 33 Embalse de Añarbe: curva de embalse

Cálculo de umbrales

Hipótesis de aportación

Tras la aplicación de la metodología descrita en el epígrafe 5.3.1, los valores utilizados como aportación de cálculo se resaltan en verde.

	2 meses			3 meses			6 meses			12 meses		
	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5
Oct	0.84	0.95	1.57	0.92	1.27	1.81	2.07	2.30	2.92	3.32	3.57	4.16
Nov	1.29	1.46	2.41	1.41	1.95	2.78	3.17	3.53	4.47	5.10	5.48	6.39
Dic	1.69	1.90	3.14	1.84	2.55	3.63	4.14	4.61	5.84	6.66	7.15	8.34
Ene	1.49	1.68	2.77	1.62	2.24	3.20	3.65	4.07	5.15	5.87	6.30	7.35
Feb	1.14	1.28	2.12	1.24	1.72	2.45	2.79	3.11	3.94	4.49	4.83	5.63
Mar	1.31	1.48	2.44	1.43	1.97	2.82	3.21	3.58	4.53	5.16	5.55	6.47
Abr	1.29	1.45	2.40	1.41	1.94	2.77	3.16	3.52	4.46	5.08	5.46	6.37
May	1.54	1.73	2.86	1.68	2.32	3.31	3.77	4.20	5.33	6.07	6.52	7.60
Jun	0.87	0.98	1.62	0.95	1.31	1.87	2.14	2.38	3.02	3.44	3.69	4.30
Jul	0.52	0.58	0.96	0.56	0.78	1.11	1.27	1.41	1.79	2.04	2.19	2.55
Ago	0.39	0.44	0.73	0.43	0.59	0.84	0.96	1.07	1.35	1.54	1.66	1.93
Sep	0.52	0.58	0.96	0.56	0.78	1.11	1.27	1.41	1.79	2.04	2.19	2.55
Op1	12.89	14.53	23.97	14.05	19.43	27.72	31.59	35.21	44.59	50.81	54.58	63.64

Tabla 34 Series de aportaciones para el cálculo de umbrales

No se han considerado recursos de apoyo y emergencia en la definición de umbrales

Escenarios de demanda y requerimientos ambientales

Las hipótesis de demanda y las restricciones ambientales a considerar en cada fase ya se han descrito en epígrafes anteriores. Siguiendo los criterios expresados en el epígrafe 5.3.1 se obtienen los siguientes resultados.

	Demanda normalidad	Demanda prealerta	Demanda alerta	Demanda emergencia
Oct	3.30	3.18	3.06	2.81
Nov	3.52	3.41	3.29	3.06
Dic	3.59	3.47	3.35	3.12
Ene	4.16	4.04	3.92	3.69
Feb	4.00	3.89	3.78	3.56
Mar	4.19	4.07	3.95	3.71
Abr	4.07	3.95	3.84	3.61
May	3.62	3.50	3.38	3.14
Jun	3.62	3.50	3.38	3.14
Jul	3.35	3.22	3.10	2.85
Ago	3.25	3.13	3.01	2.77
Sep	3.28	3.16	3.04	2.79
	43.94	42.52	41.09	38.24

Tabla 35 Resumen de demandas y requerimientos ambientales para cálculo de umbrales. Añarbe

La cifra de normalidad corresponde a la demanda consuntiva (43,94 hm³) y los requerimientos ambientales aguas abajo del embalse (15,45 hm³).

Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en la figura adjunta.

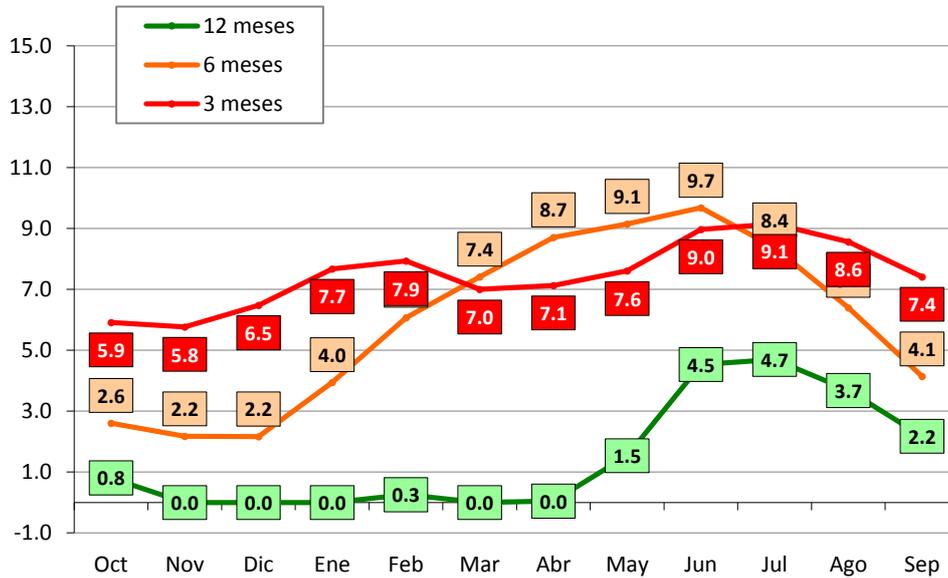


Figura 35 Umbrales obtenidos (hm³): Añarbe

Estos resultados muestran una inversión entre los umbrales correspondientes a los distintos periodos de cálculos. El desequilibrio máximo entre demandas y aportaciones esperadas se produce para los 6 meses en el periodo de aguas altas y para los 3 meses en el resto del año. Se observa además que no se producen sequías de un año de duración cuya gravedad relativa sea comparable a las de los periodos inferiores. Ante este resultado se ha optado por establecer prealerta y emergencia, respectivamente, como la envolvente de los máximos y mínimos umbrales obtenidos y calcular el nivel intermedio (alerta) como el simple promedio de los dos anteriores.

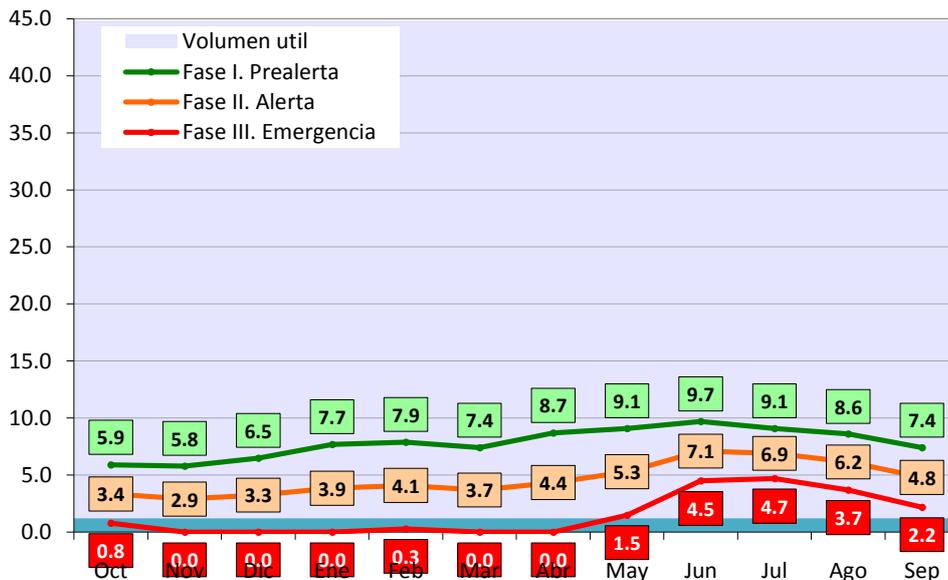


Figura 36 Umbrales propuestos (hm³): Añarbe

Se aprecian que los umbrales propuestos se ubican en niveles relativos muy bajos de embalse, lo que es muestra de la solidez del sistema.

Validación

Los umbrales se han validado sobre los resultados de la simulación de la situación actual realizada en el Estudio de Demandas. Debe recordarse que el modelo, antes de la incorporación de una gestión específica de las sequías, ofrecía garantías muy satisfactorias para las demandas servidas desde el sistema de embalses.

En la figura adjunta se aprecia la evolución de las reservas en relación a los umbrales determinados, tras la conversión de los volúmenes de reserva en su correspondiente Índice de Estado. No se registra ningún evento en el que el volumen embalsado se aproxime siquiera al nivel de alerta –de hecho las reservas apenas bajan de los 25 hm³, lo que viene a confirmar la robustez del sistema en término de servicio de las demandas asignadas, incluso tras la aplicación de un exigente régimen de caudales ecológicos no sujeto a reducción en caso de sequía extrema.

Estos resultados avalan la adecuación de la magnitud de los umbrales obtenidos en la medida son consistentes con la permanente normalidad del sistema.

Indicador foronómico: EA 1105 Urumea en Ereñozu

Incluido en el PES Norte 2007. Se propone volver a calcular el indicador con las series actualizadas y siguiendo la metodológica de la sección 5.3.2.

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la Estación 1017 Oiartzun (sistema Oiartzun) y la 1024E San Sebastián Igueldo (sistema Urumea).

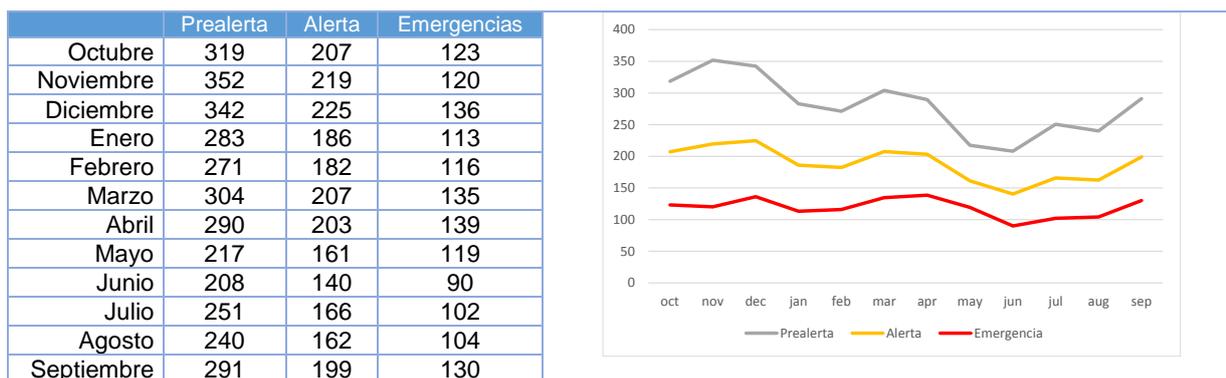


Figura 37 Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 1017 Oiartzun

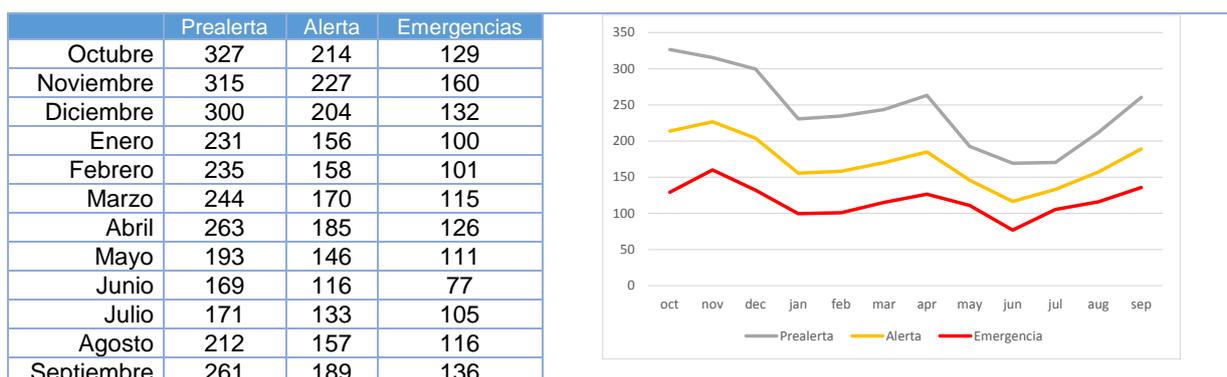


Figura 38 Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 1024E San Sebastián (Igueldo)

5.6.3 Sistema Urola

Información básica

Diagnóstico partida	de	<p>La garantía de servicio de las demandas principales es satisfactoria, facilitada por la disposición de diversas infraestructuras de regulación: Barrendiola (1,75 hm³ de capacidad) e Ibaieder (13,20 hm³) y Urtatza (0,44 hm³).</p> <p>No obstante, las simulaciones realizadas en el <i>Estudio de Demandas</i> y en el marco del presente estudio permiten constatar la ocurrencia de situaciones próximas a la emergencia en las condiciones actuales.</p>
Propuestas futuro	de	No se plantean intervenciones significativas dado que el sistema está dotado de suficientes infraestructuras de regulación.
Posibles indicadores		<p>Indicador de estado de reserva de embalse. Se ha planteado un <i>indicador conjunto para los embalses de Barrendiola e Ibaieder</i>, susceptibles de gestión coordinada para mejor servicio de sus demandas. Se ha desechado la integración del embalse de Urtatza en razón de que su papel se limita al servicio de UDIs. Por otra parte, considerando el grado de regulación en el sistema que permite obtener un indicador de reserva, no se han considerado indicadores foronómicos.</p> <p>Los habituales <i>indicadores pluviométricos</i> para las estaciones 1037 Legazpia, 1038 Beizama (Presa Ibaieder), 1039 Azpeitia, 1041 Zumaya-Carmelitas, 10360 Legazpia (Barrendiola), 1037E Zumarraga-Geriátrico, 1037O Azcoitia, 1037Q Azcoitia-Carmelitas, 1041A Zumaia (Faro), B1Z1 Aitzu (Alto Urola), B1Z2 Ibai Eder (Ibai Eder), B1Z3 Matxinbenta, B2Z1 Aizarnazabal (Urola), BARR Barrendiola y ERDO Erdoizta.</p>

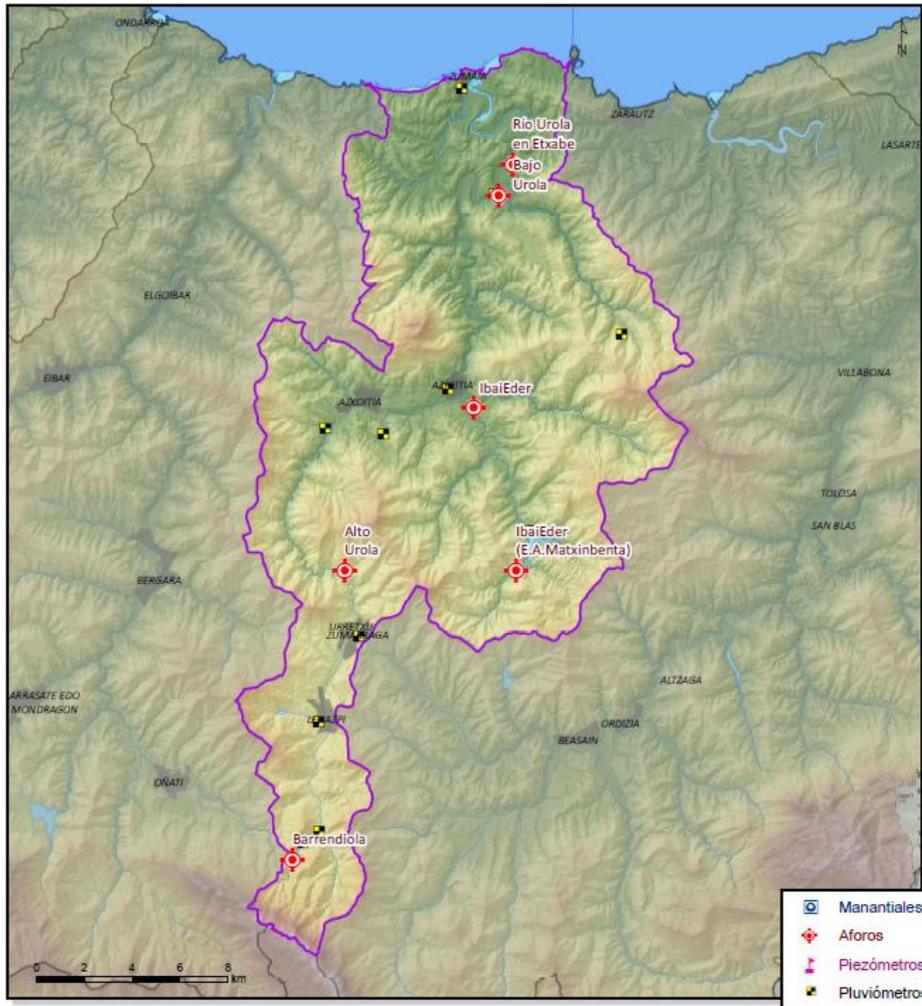


Figura 39 Propuesta de indicadores sistema Urola

Cálculo de indicadores

Reserva en los embalses de Barrendiola e Ibaieder

Recursos

Aportaciones a embalses

Se consideran los recursos afluentes a las principales infraestructuras de regulación del subsistema, en este caso, los embalses de Ibaieder y Barrendiola, cuyos volúmenes máximos de almacenamiento son respectivamente 13,20 hm³ y 1,75 hm³. Como series de aportación directa se han adoptado las del PH para el periodo 1980/81-2009/10 que permiten obtener estadísticos representativos. En las figuras adjuntas se presentan las series mensuales y su agregación por campaña hidrológica.

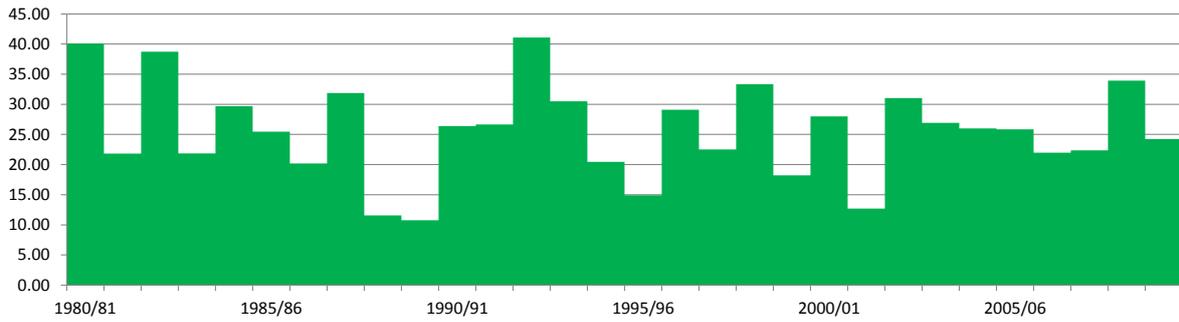
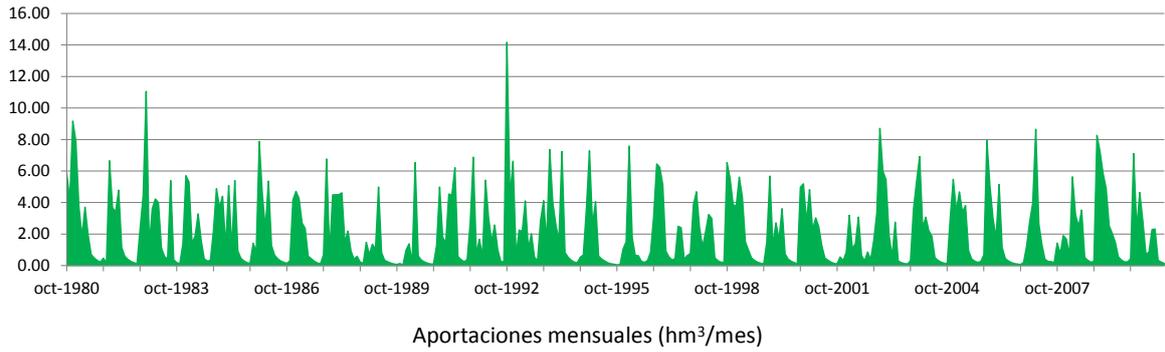


Figura 40 Aportaciones al embalse de Ibaieder

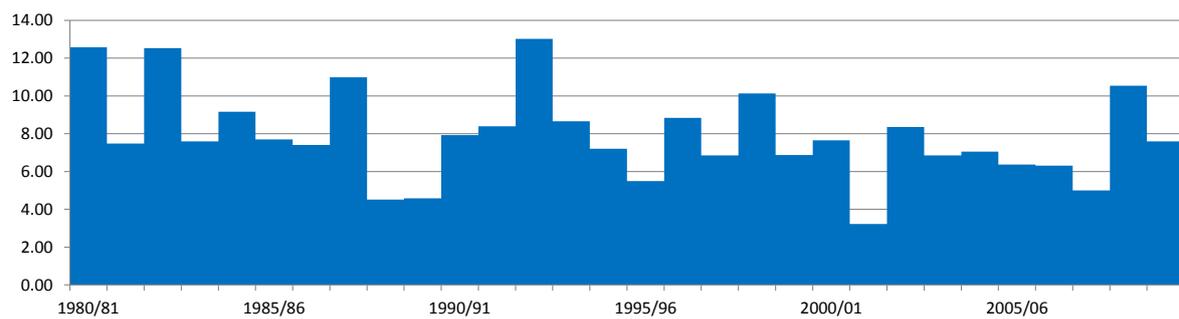
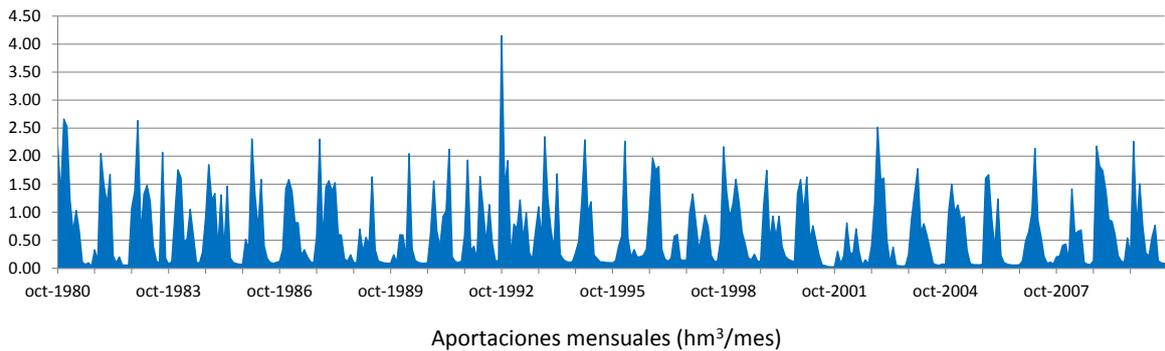


Figura 41 Aportaciones al embalse de Barrendiola

Los principales parámetros estadísticos se muestran en las siguientes tablas.

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	4.96	7.30	7.85	6.80	6.15	5.88	4.52	2.62	1.36	0.87	0.76	2.01	4.96
Máxima	18.52	15.50	17.06	12.39	12.61	11.30	10.69	6.78	4.89	5.79	5.77	14.38	18.52
Mínima	0.11	0.17	1.01	2.06	1.47	0.91	0.79	0.70	0.47	0.29	0.20	0.14	0.11
Percentil 1%	0.14	0.37	1.05	2.12	1.51	1.10	0.85	0.72	0.47	0.30	0.21	0.14	0.14
Percentil 5%	0.23	0.97	1.61	2.31	1.95	1.95	1.13	0.82	0.47	0.32	0.22	0.17	0.23
Percentil 10%	0.30	1.39	2.39	2.36	3.24	2.45	1.57	0.95	0.49	0.38	0.25	0.19	0.30
Percentil 25%	0.78	3.07	5.63	3.99	4.38	4.75	3.17	1.20	0.67	0.46	0.31	0.32	0.78
Percentil 50%	4.27	7.79	7.61	6.91	6.29	5.90	4.52	1.99	0.86	0.56	0.44	0.71	4.27

Tabla 36 Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Ibaieder (hm³)

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	0.60	1.00	1.25	1.17	0.93	0.87	0.80	0.52	0.30	0.14	0.17	0.15	7.90
Máxima	4.15	2.30	2.66	2.53	2.27	2.14	2.04	2.12	1.13	0.60	2.07	0.66	13.02
Mínima	0.02	0.09	0.08	0.20	0.16	0.16	0.10	0.09	0.05	0.04	0.03	0.02	3.22
Percentil 1%	0.03	0.10	0.09	0.20	0.17	0.17	0.10	0.09	0.05	0.04	0.03	0.03	3.60
Percentil 5%	0.06	0.12	0.20	0.25	0.25	0.22	0.15	0.13	0.06	0.05	0.04	0.04	4.55
Percentil 10%	0.07	0.13	0.34	0.38	0.33	0.28	0.22	0.18	0.08	0.05	0.05	0.05	4.96
Percentil 25%	0.09	0.31	0.55	0.60	0.52	0.51	0.27	0.32	0.13	0.07	0.08	0.07	6.85
Percentil 50%	0.22	0.99	1.27	1.19	0.87	0.77	0.82	0.40	0.20	0.11	0.10	0.09	7.60

Tabla 37 Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Barrendiola (hm³)

Recursos suplementarios y recursos de apoyo y emergencia

En este sistema no se han tenido en cuenta recursos adicionales ni suplementarios (las unidades dependientes de los embalses no reciben recursos de otras fuentes) ni en concepto de apoyo y emergencia.

Demandas y requerimientos ambientales

Demandas consuntivas

Para construir el umbral de reserva, se han tenido en cuenta las demandas abastecidas desde el sistema de embalses, incluyendo aquéllas que dependen parcialmente de suministros suplementarios. Para un mayor detalle de la asignación de demandas a fuentes de suministro puede consultarse el *Estudio de Demandas* del que se ha extraído el siguiente esquema.

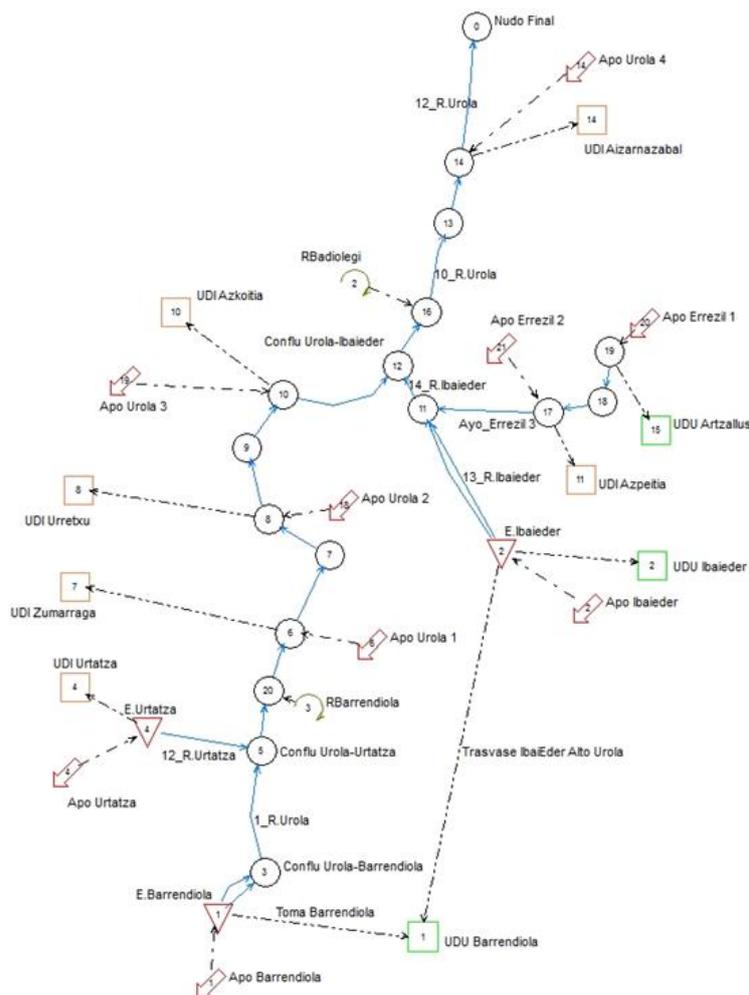


Figura 42 Esquema del Sistema Urola (Estudio de Demandas)

Las demandas consideradas en el sistema Ibaieder-Barrendiola, sus fuentes de recursos y su modulación se muestran en las tablas subsiguientes:

Unidad de demanda	Municipios	Fuente de suministro
UDU Barrendiola	Legazpi, Urretxu, Zumarraga y Ezkio-Itsaso	Servido desde E. Barrendiola+ E. Ibaieder
UDU Ibaieder	Azkoitia, Azpeitia, Zestoa, Aizarnazabal, Zumaia, Getaria, Orío, Zarautz y Aia (41%)	Servido desde E. Ibaieder

UD	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
UDU Barrendiola	0.261	0.253	0.261	0.258	0.235	0.258	0.254	0.262	0.254	0.273	0.273	0.264	3.104
UDU Ibaieder	0.751	0.699	0.728	0.728	0.661	0.735	0.691	0.735	0.751	0.832	0.817	0.773	8.902
Suma	1.012	0.951	0.989	0.986	0.896	0.993	0.945	0.998	1.004	1.105	1.090	1.037	12.006

Tabla 38 Demandas consideradas en el cálculo de umbrales: Ibaieder-Barrendiola (hm³)

De acuerdo con las simulaciones realizadas, las demandas servidas por los embalses cumplen con garantía satisfactoria pero otras, dependientes de fluyentes, no cumplen las garantía requeridas, en concreto, las UDUs de Artzallus, así como las UDIs de Urtatza, Zumarraga, Urretxu, Azkoitia, Azpeitia y Aizarnazabal.

Caudales ecológicos

Los caudales ecológicos que afectan a las sueltas desde los embalses se presentan en la tabla adjunta.

UD	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Vol anual (hm³)
11_R.Barrendiola	0.021	0.037	0.037	0.059	0.059	0.059	0.059	0.037	0.037	0.021	0.021	0.021	0.47
13_R.Ibaieder	0.150	0.225	0.225	0.356	0.356	0.356	0.356	0.225	0.225	0.150	0.150	0.150	2.92

Tabla 39 Caudales ecológicos del sistema Barrendiola-Ibaieder

En este caso, no pueden rebajarse los caudales ecológicos al embalse de Barrendiola al verse afectado el Lugar de Interés Comunitario Aizkorri Aratz.

Evaporación desde embalses

Aunque la evaporación no es propiamente una demanda, representa una detracción de recursos para el sistema. En la Tabla adjunta se presenta la estimación de la evaporación para ambos embalses según su nivel de reservas y en los distintos meses del año. Las curvas de ambos embalses, se han homogeneizado para obtener la de un teórico embalse agregado.

Dado que se trata de aproximar la evaporación en ciclo seco, se ha optado por adoptar el criterio conservador de despreciar la aportación directa de la lluvia sobre la lámina de agua del embalse.

Volumen (hm³)	0.00	0.02	0.08	0.17	0.33	0.56	0.87	1.27	1.75
Superficie (ha)	0.12	0.68	1.48	2.40	3.76	5.41	7.12	8.76	10.30
ETP (hm³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Total	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08

Tabla 40 Curva de embalse: Sistema Ibaieder-Barrendiola. Embalse de Barrendiola

Volumen (hm³)	0.00	0.20	0.70	1.90	4.20	7.50	12.20	13.20
Superficie (ha)	0.00	4.00	8.00	17.00	27.50	40.00	55.00	66.00
ETP (hm³)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03
	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.05
	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07
	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08
	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07
0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.06	
Total	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06

Tabla 41 Curva de embalse: Sistema Ibaieder-Barrendiola. Embalse de Ibaieder

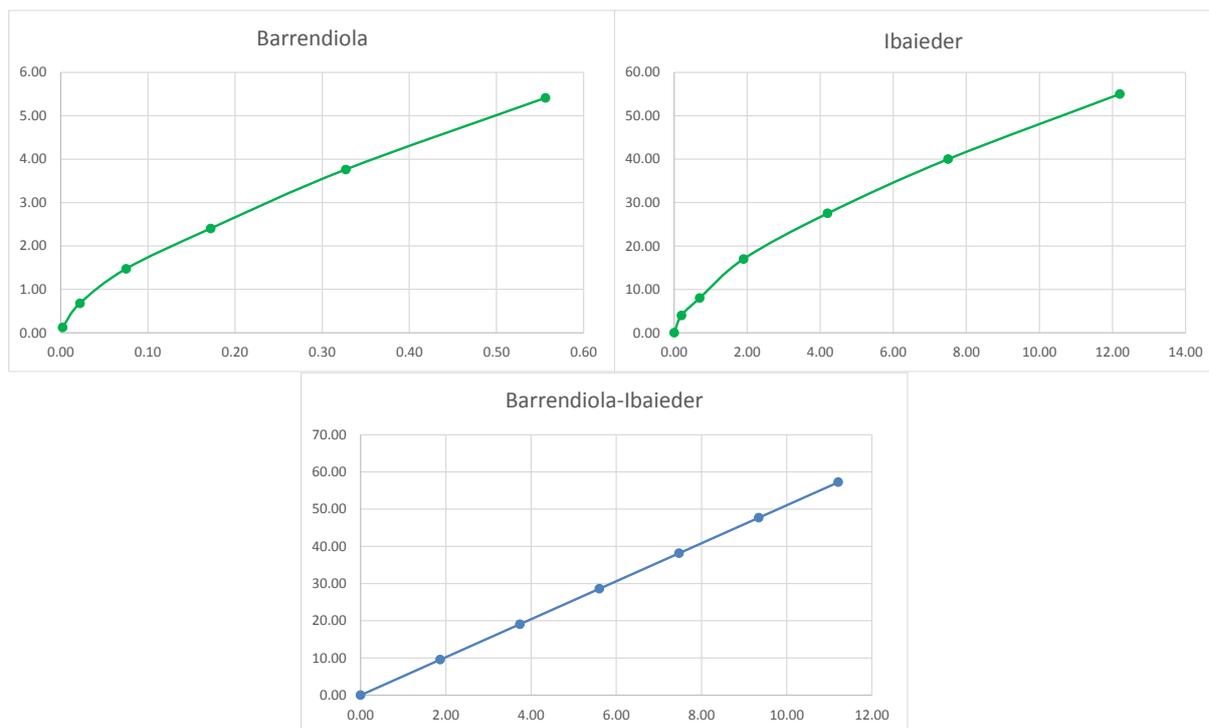


Figura 43 Curva de embalse del sistema Ibaieder-Barrendiola

Cálculo de umbrales

Hipótesis de aportación

Tras la aplicación de la metodología descrita en el epígrafe 5.3.1, los valores utilizados como aportación de cálculo se resaltan en verde.

	2 meses			3 meses			6 meses			12 meses		
	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5
Oct	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.06	0.05	0.06	0.12	0.21	0.24	0.30
Nov	0.03	0.05	0.09	0.04	0.06	0.11	0.08	0.11	0.20	0.36	0.41	0.53
Dic	0.13	0.20	0.34	0.14	0.23	0.42	0.31	0.42	0.82	1.54	1.74	2.16
Ene	0.15	0.24	0.42	0.18	0.28	0.51	0.37	0.51	1.00	1.90	2.13	2.63
Feb	0.17	0.27	0.46	0.20	0.31	0.57	0.40	0.56	1.11	2.16	2.41	2.92
Mar	0.15	0.23	0.39	0.17	0.26	0.49	0.35	0.48	0.96	1.86	2.07	2.51
Abr	0.10	0.15	0.27	0.11	0.18	0.33	0.24	0.33	0.64	1.23	1.38	1.68
May	0.09	0.13	0.23	0.10	0.15	0.29	0.20	0.28	0.56	1.09	1.21	1.47
Jun	0.15	0.07	0.11	0.05	0.08	0.14	0.10	0.14	0.28	0.54	0.61	0.73
Jul	0.03	0.05	0.08	0.03	0.05	0.10	0.07	0.10	0.19	0.37	0.41	0.50
Ago	0.02	0.04	0.06	0.03	0.04	0.08	0.06	0.08	0.15	0.29	0.33	0.40
Sep	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.06	0.04	0.06	0.11	0.21	0.24	0.30
Op-1	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.06	0.05	0.06	0.12	0.21	0.24	0.30

Tabla 42 Series de aportaciones para el cálculo de umbrales

No se han considerado recursos de apoyo y emergencia en la definición de umbrales

Escenarios de demanda y requerimientos ambientales

Las hipótesis de demanda y las restricciones ambientales a considerar en cada fase ya se han descrito en epígrafes anteriores. Siguiendo los criterios expresados en el epígrafe 5.3.1 se obtienen los siguientes resultados.

	Demanda normalidad	Demanda prealerta	Demanda alerta	Demanda emergencia
Oct	1.18	1.13	1.08	0.98
Nov	1.21	1.17	1.12	1.02
Dic	1.25	1.20	1.15	1.05
Ene	1.40	1.35	1.30	1.20
Feb	1.31	1.27	1.22	1.13
Mar	1.41	1.36	1.31	1.21
Abr	1.36	1.31	1.27	1.17
May	1.26	1.21	1.16	1.06
Jun	1.27	1.22	1.17	1.07
Jul	1.28	1.22	1.17	1.06
Ago	1.26	1.21	1.15	1.04
Sep	1.21	1.16	1.10	1.00
	15.40	14.80	14.20	13.00

Tabla 43 Resumen de demandas y requerimientos ambientales para cálculo de umbrales. Barrendiola-Ibaieder

La cifra de normalidad corresponde a las demandas consuntivas (12,01 hm³) y los requerimientos ambientales aguas debajo de los embalses (2,92 anuales en Ibaieder y 0,47 hm³ en Barrendiola)

Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en la figura adjunta.

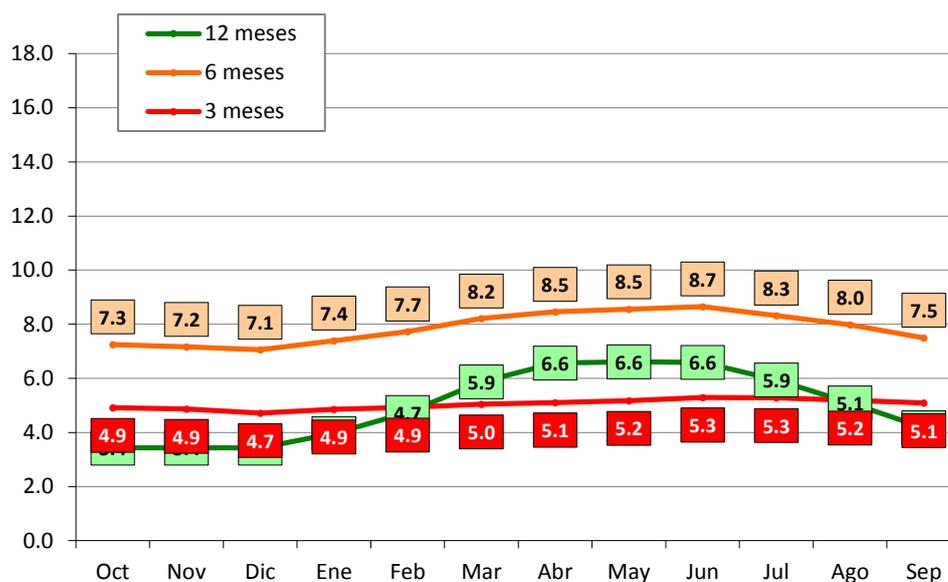


Figura 44 Umbrales obtenidos (hm³): Barrendiola-Ibaieder

Puede apreciarse que se produce una inversión entre los umbrales de 12 meses y 6 meses, quedando el segundo por encima del primero (también por debajo del umbral de 3 meses en aguas bajas y medias). Esta inversión se debe a que el desequilibrio máximo entre demandas y aportaciones esperadas corresponde al periodo de 6 meses. Se ha optado por establecer prealerta y emergencia, respectivamente, como la envolvente de los máximos y mínimos umbrales obtenidos y calcular el nivel intermedio (alerta) como el simple promedio de los dos anteriores.

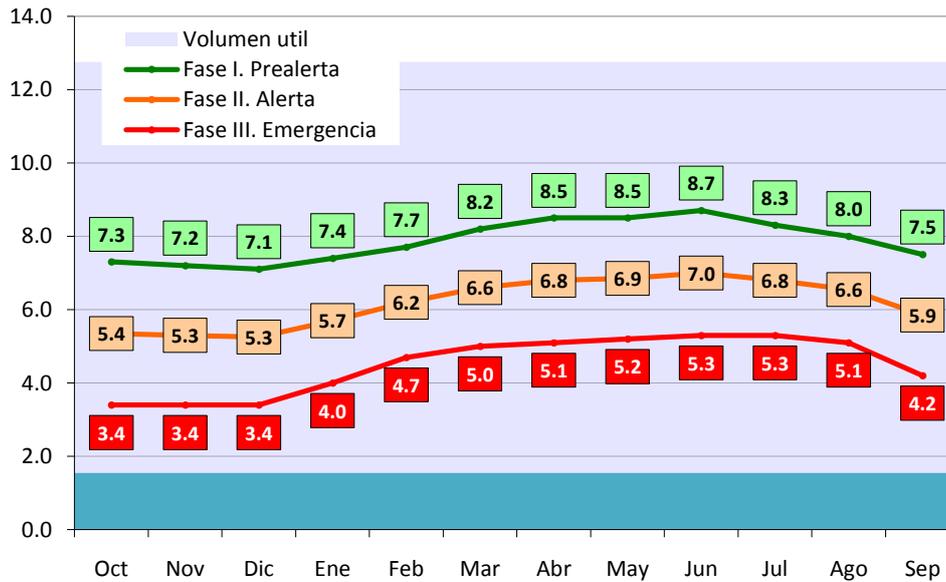


Figura 45 Umbrales propuestos (hm³): Barrendiola-Ibaieder

Validación

Los umbrales y estrategias de apoyo y emergencia se han validado sobre los resultados de la simulación de la situación actual realizada en el *Estudio de Demandas*. Debe recordarse que el modelo, antes de la incorporación de una gestión específica de las sequías, ofrecía garantía satisfactoria para las demandas servidas desde los embalses.

En la figura adjunta se aprecia la evolución de las reservas en relación a los umbrales determinados, tras la conversión de los volúmenes de reserva en su correspondiente Índice de Estado. En cuatro eventos se alcanzan situaciones de alerta iniciadas en dic-89, oct-95, dic-01 y oct-00, ligadas a un retraso en la llegada de las lluvias de otoño-invierno. En el primero de estos eventos, se habría alcanzado la situación de emergencia entre enero y marzo de 1990.

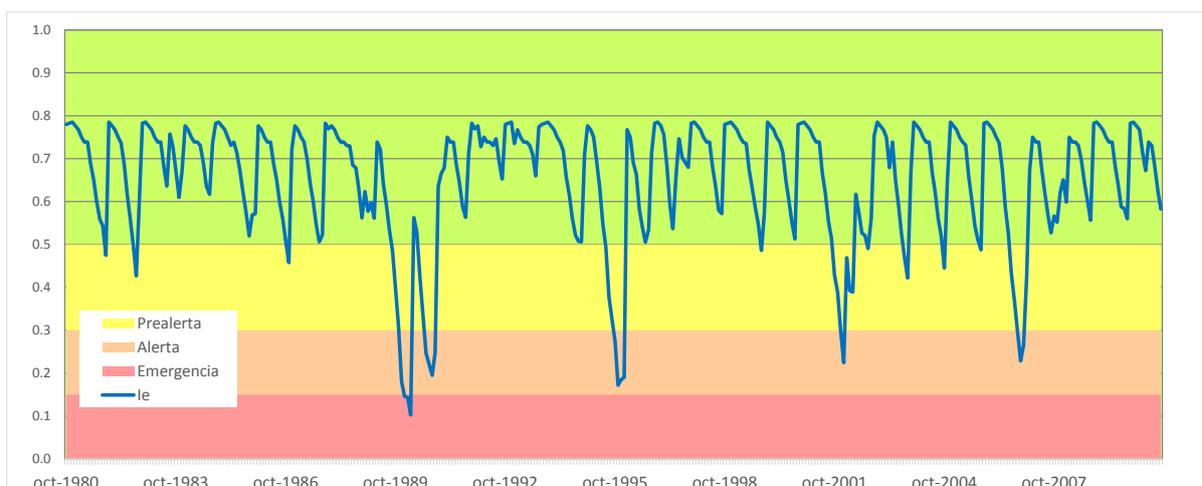


Figura 46 Contraste de los umbrales obtenidos como resultados de la simulación (Ie): Sistema Ibaieder-Barrendiola

Estos resultados avalan, además de la adecuación de la magnitud de los umbrales obtenidos, la necesidad de articular mecanismos de gestión para afrontar los periodos de sequía. Pese a la garantía total obtenida, los fallos han estado cerca de producirse. En

marzo de 1990, las reservas cubrían solamente el suministro de los cuatro meses siguientes.

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la Estación 10370 Azkoitia.

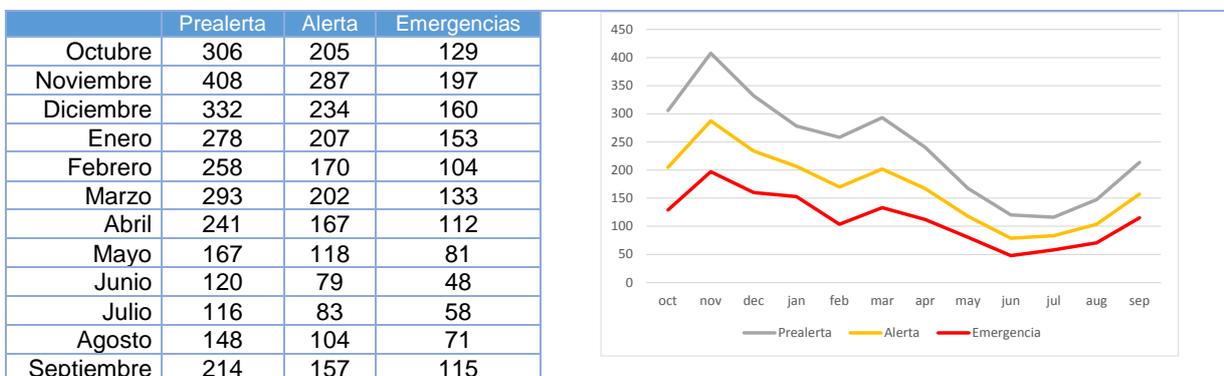


Figura 47 Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 10370 Azkoitia

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en el Anejo.

5.6.4 Deba

Información básica

Diagnóstico de partida	de	<p>El sistema suministra con garantía suficiente las UD's principales. La simulación realizada en el marco del Estudio de Demandas obtiene como resultado la plena garantía de servicio de las demandas de este grupo servidas, fundamentalmente desde los embalses de Aixola (3,20 hm³ de capacidad) y Urkulu (12,20 hm³).</p> <p>Al igual que en el sistema Urola, las simulaciones realizadas permiten constatar la ocurrencia de situaciones próximas a la emergencia en las condiciones actuales, máxime tras la aplicación de los nuevos regímenes de caudales ecológicos.</p>
Propuestas de futuro	de	<p>No se plantean intervenciones significativas, más allá de explorar la posibilidad de servir algunas demandas menores desde el sistema de embalses.</p>

Posibles indicadores	<p>Indicador de estado de reserva de embalse. Se plantea <i>indicador conjunto Aixola - Urkulu</i>, dado que hay posibilidades de suministro múltiple desde ambos embalses. Considerando el grado de regulación en el sistema y la consecuente disponibilidad de un indicador de reserva, no se han considerado indicadores foronómicos.</p> <p>El <i>piezómetro Kilimon</i>, aunque el sistema de suministro asociado no presenta fallos de garantía por lo que no se puede correlacionar con un umbral "significativo" de sequías de abastecimiento.</p> <p>Los habituales <i>indicadores pluviométricos</i> para las estaciones 1045 Mondragón, 1046 Arantzazu (Santuario), 1048 Urkulu (pluviometro-Embalse), 1049 Bergara (Albitxu), 1050 Eibar-Banco de Pruebas, 1044A Eskoriatza (Tesa), 1044D Aramaio Etxaguen, 1044U Mondragon (Olandixo), 1047B Oñati-Convento Santa Ana, 10490 Elgeta-Aixola, 1049U Ermua, 1050J Elgoibar (Iberdrola), 1050L Elgoibar-Santa Clara, A1Z1 San Prudentzio (Deba), A1Z2 Zubillaga (Oñati), A1Z3 Urkulu (Embalse), A2Z1 Aixola (Embalse), A3Z1 Alzola (Deba), ARAN Arantzazu, ELOS Elosua, LAST Lastur y MEND Mendaro.</p>
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

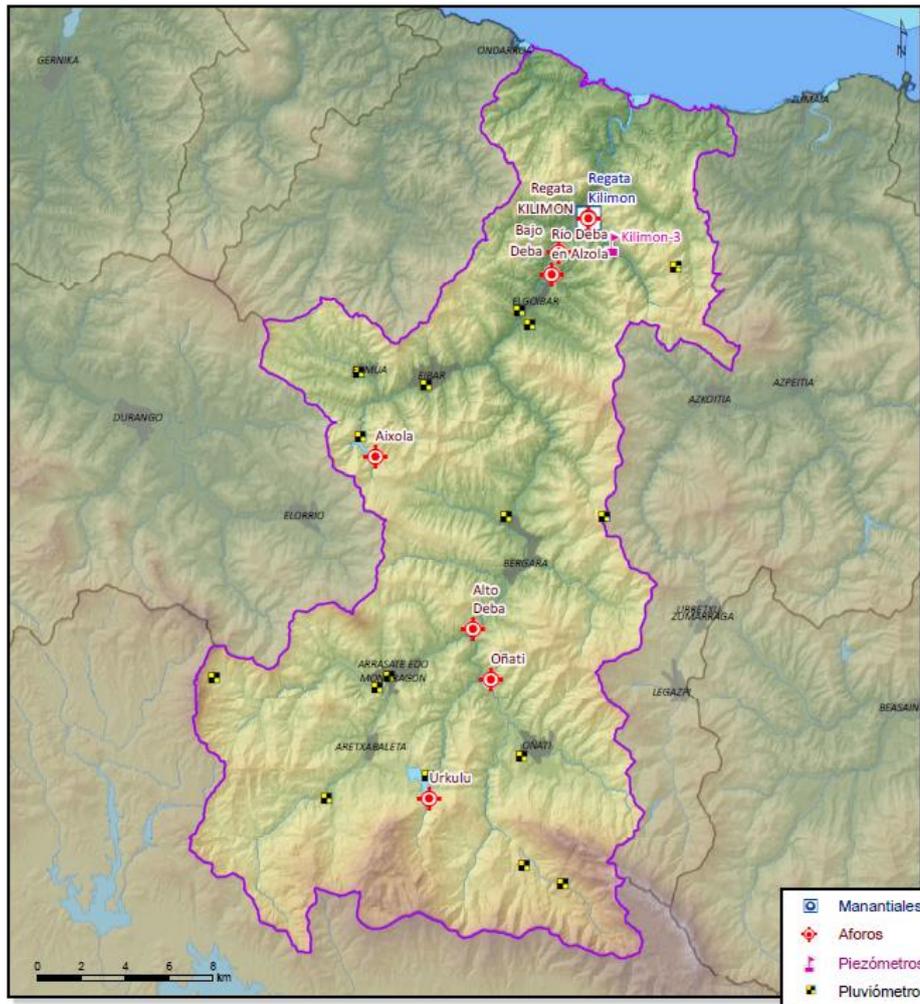


Figura 48 Propuesta de indicadores. Sistema Deba

Cálculo de indicadores

Indicador de reserva en los embalses de Urkulu y Aixola

Recursos aportación a embalses

Aportaciones a embalses

Se consideran los recursos afluentes a las principales infraestructuras de regulación del subsistema, en este caso, los embalses de Urkulu y Aixola, cuyos volúmenes máximos de almacenamiento son respectivamente 12,2 hm³ y 3,2 hm³. Como series de aportación directa se han adoptado las del PH para el periodo 1980/81-2009/10 que permiten obtener estadísticos representativos. En las figuras adjuntas se presentan las series mensuales y su agregación por campaña hidrológica.

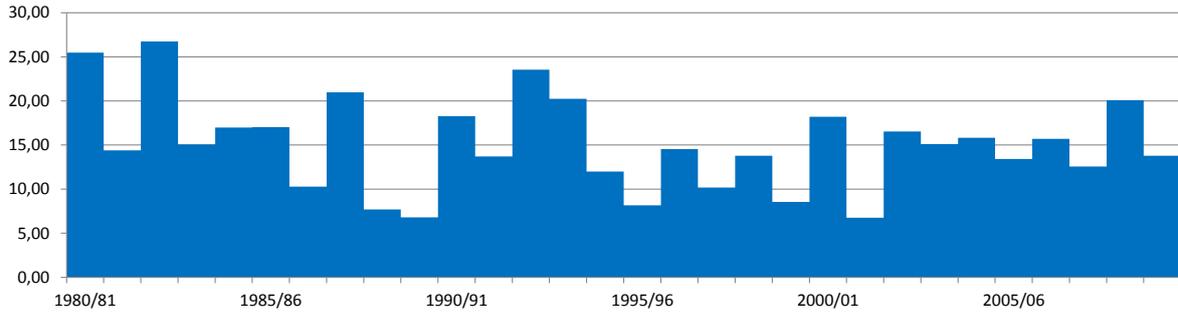
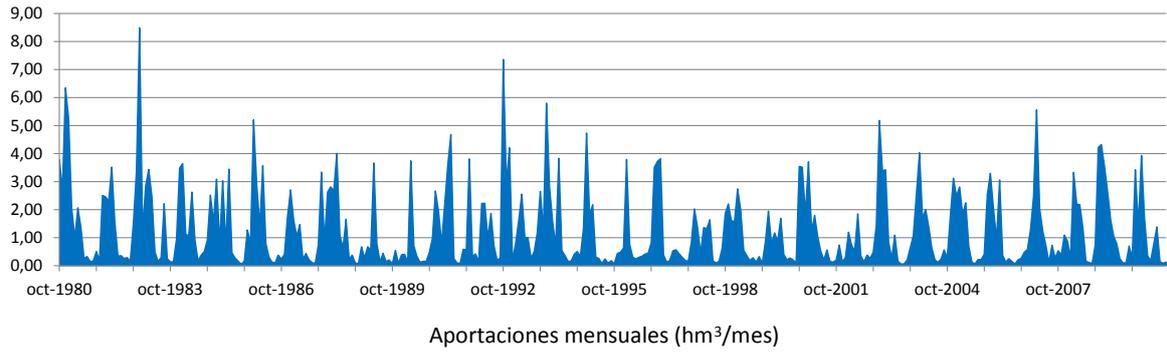


Figura 49 Aportaciones al embalse de Urkulu

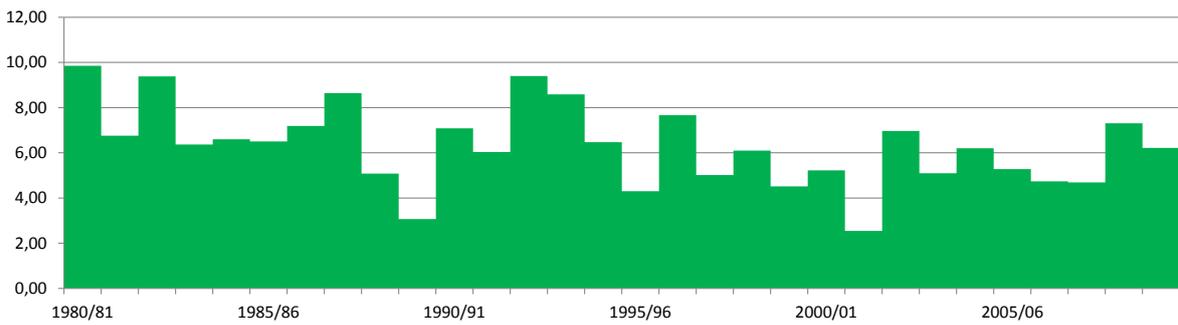
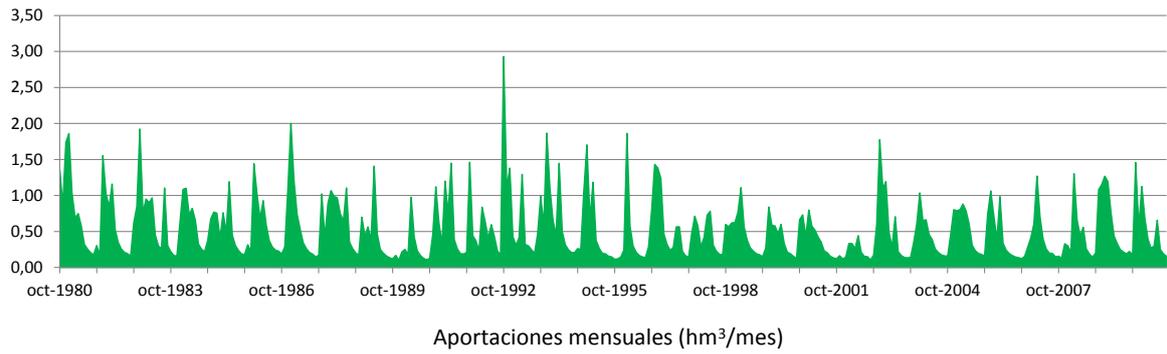


Figura 50 Aportaciones al embalse de Aixola

Los principales parámetros estadísticos se muestran en las siguientes tablas:

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	1,00	1,70	2,39	2,35	1,74	1,77	1,74	1,08	0,46	0,28	0,27	0,31	15,08
Máxima	7,36	4,21	8,49	5,27	3,79	5,56	4,01	4,68	1,86	1,65	2,21	1,16	26,74
Mínima	0,06	0,07	0,09	0,17	0,15	0,12	0,18	0,13	0,07	0,06	0,06	0,05	6,77
Percentil 1%	0,06	0,09	0,10	0,20	0,19	0,12	0,18	0,16	0,09	0,06	0,06	0,05	6,78
Percentil 5%	0,07	0,15	0,22	0,28	0,33	0,23	0,22	0,23	0,13	0,07	0,07	0,08	7,21
Percentil 10%	0,10	0,32	0,46	0,38	0,40	0,54	0,30	0,26	0,15	0,10	0,08	0,09	8,12
Percentil 25%	0,21	0,49	0,87	0,97	0,79	0,84	0,59	0,50	0,21	0,12	0,10	0,16	12,14
Percentil 50%	0,49	1,27	1,79	2,47	1,65	1,63	1,51	0,77	0,30	0,19	0,16	0,23	14,81

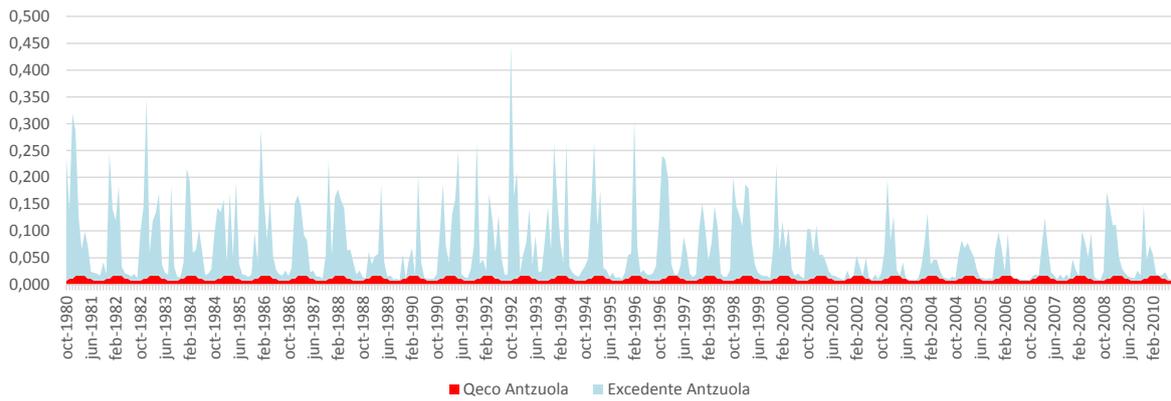
Tabla 44 Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Urkulu (hm³)

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	0,40	0,58	0,85	0,84	0,71	0,74	0,66	0,50	0,34	0,27	0,22	0,19	6,29
Máxima	2,93	1,46	1,92	2,00	1,86	1,30	1,45	1,45	0,66	1,10	1,10	0,46	9,85
Mínima	0,12	0,12	0,10	0,15	0,21	0,18	0,24	0,21	0,17	0,15	0,13	0,11	2,55
Percentil 1%	0,12	0,12	0,10	0,17	0,22	0,22	0,25	0,22	0,17	0,15	0,13	0,11	2,70
Percentil 5%	0,12	0,14	0,13	0,23	0,24	0,33	0,26	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12	3,62
Percentil 10%	0,12	0,16	0,15	0,30	0,28	0,38	0,28	0,28	0,21	0,17	0,15	0,13	4,50
Percentil 25%	0,15	0,19	0,42	0,47	0,39	0,45	0,43	0,34	0,24	0,20	0,16	0,15	5,08
Percentil 50%	0,19	0,47	0,74	0,76	0,65	0,72	0,62	0,42	0,29	0,23	0,19	0,17	6,29

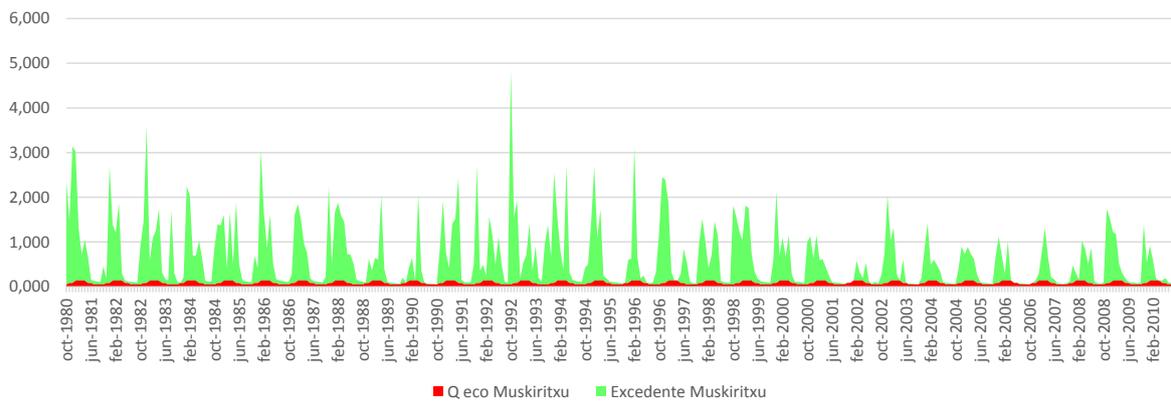
Tabla 45 Parámetros estadísticos de la serie de aportaciones al embalse de Aixola (hm³)

Recursos suplementarios

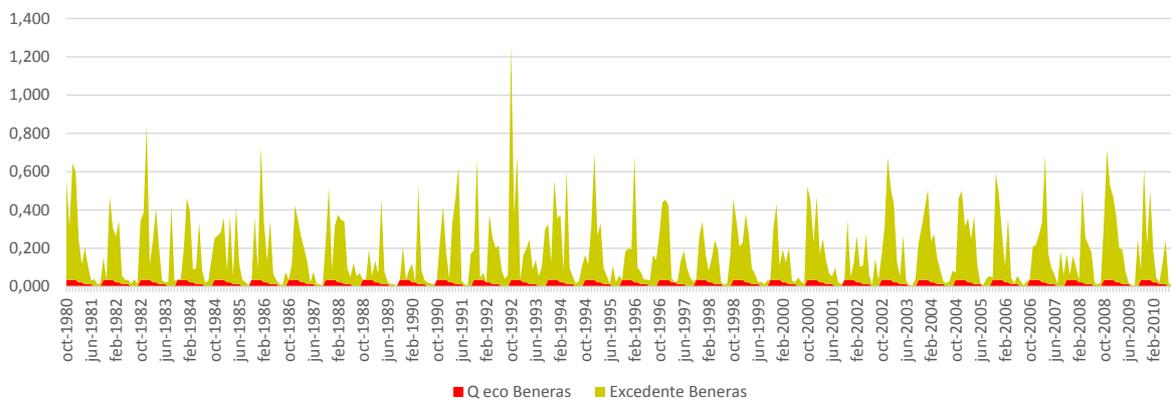
Además de las aportaciones directas a embalse, debe contarse con las series de aportaciones de Antzuola (agregación de manantiales Akiñabei, Bareño y Leskuba), Muskiritxu y Beneras que sirven de apoyo al servicio de las unidades de demanda servidas desde los embalses. Para su cálculo se ha dado prioridad al respeto de los caudales ecológicos en los puntos de derivación.



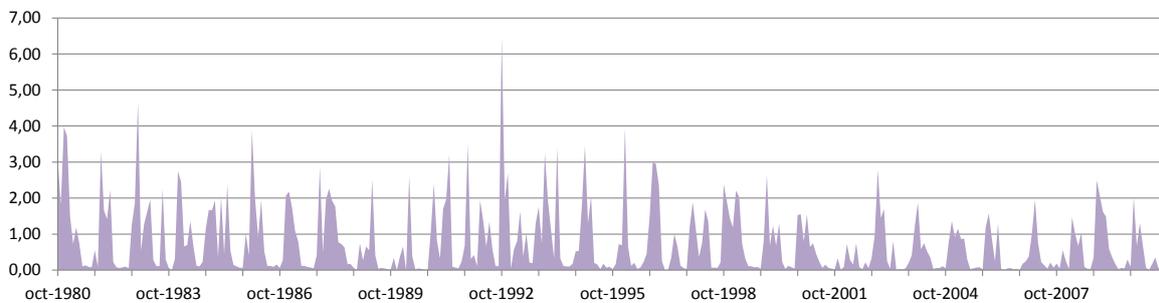
Antzuola (hm³/mes)



Muskiritxu (hm³/mes)



Beneras (hm³/mes)



Excedente agregado Antzuola, Muskiritxu y Beneras (hm³/mes)

Figura 51 Aportaciones de recursos suplementarios

Los principales parámetros estadísticos se muestran en la siguiente tabla.

	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
Media	0,76	1,16	1,63	1,41	1,13	1,03	1,03	0,60	0,27	0,14	0,16	0,16	9,48
Máxima	6,45	3,50	4,66	3,89	3,94	2,22	3,42	3,21	1,34	0,66	2,24	1,28	17,25
Mínima	0,01	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	2,74
Percentil 1%	0,01	0,01	0,00	0,06	0,06	0,00	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	3,25
Percentil 5%	0,02	0,03	0,12	0,16	0,17	0,03	0,03	0,10	0,02	0,04	0,03	0,03	4,82
Percentil 10%	0,02	0,09	0,30	0,27	0,25	0,24	0,04	0,15	0,03	0,05	0,03	0,04	5,37
Percentil 25%	0,05	0,33	0,58	0,58	0,58	0,61	0,26	0,22	0,03	0,06	0,05	0,05	6,25
Percentil 50%	0,19	0,99	1,51	1,24	1,06	0,78	0,77	0,35	0,10	0,09	0,08	0,08	9,11

Tabla 46 Parámetros estadísticos de la serie de excedentes de Antzuola, Muskiritxu y Beneras (hm³)

Recursos de apoyo y emergencia

En este sistema no se han considerado recursos adicionales para apoyo y emergencia en sequías.

Demandas y requerimientos ambientales

Demandas consuntivas

Para construir el umbral de reserva, se han tenido en cuenta las demandas abastecidas desde el sistema de embalses, incluyendo aquéllas que dependen parcialmente de suministros suplementarios. Para un mayor detalle de la asignación de demandas a fuentes de suministro puede consultarse el *Estudio de Demandas* del que se ha extraído el siguiente esquema.



Figura 52 Esquema del Sistema Deba (Estudio de Demandas)

Las demandas consideradas en el sistema Urkulu-Aixola, sus fuentes de recursos y su modulación se muestran en las tablas subsiguientes:

Unidad de demanda	Municipios	Fuente de suministro
UDU Alto Deba	Aretxabaleta, Elgeta, Eskoriatza, Soraluze, Oñati (95%)	Emb. Urkulu
UDU Arrasate	Arrasate	Emb. Urkulu + Beneras
UDU Bergara	Bergara	Emb. Urkulu + Muskiritxu
UDU Antzuola	Antzuola	Emb. Urkulu + Antzuola
UDU Eibar	Eibar	Emb. Aixola + Emb. Urkulu

UD	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Año
UDU Alto Deba	0,399	0,386	0,399	0,393	0,358	0,393	0,388	0,400	0,388	0,417	0,417	0,403	4,740
UDU Arrasate	0,204	0,197	0,204	0,201	0,183	0,201	0,198	0,205	0,198	0,213	0,213	0,206	2,423
UDU Bergara	0,151	0,146	0,151	0,149	0,135	0,149	0,146	0,151	0,146	0,157	0,157	0,152	1,791
UDU Antzuola	0,030	0,029	0,030	0,029	0,027	0,029	0,029	0,030	0,029	0,031	0,031	0,030	0,352
UDU Eibar	0,255	0,247	0,255	0,252	0,229	0,252	0,248	0,256	0,248	0,267	0,267	0,258	3,036
Suma	1,038	1,004	1,038	1,024	0,933	1,024	1,009	1,043	1,009	1,085	1,085	1,050	12,342

Tabla 47 Demandas consideradas en el cálculo de umbrales: Urkulu-Aixola (hm³)

El resto de las demandas del sistema Deba se surten de diversas tomas de fluyentes y bombes. Cabe destacar los pozos K 1-3 del sistema Kilimon (168 l/s) y los sondeos de

San Adrián 1-5 y San Asensio 1-3 del sistema Barajuen-Azkoaga-Untzilla (caudal máximo de extracción de 0,8 l/s).

Por último, debe indicarse que el sistema no cuenta con recursos transferidos o no convencionales (reutilización / desalación), aunque sí son relevantes los retornos de las demandas del Alto y Bajo Deba, consecuentes al vertido de las EDARs de Epele (Alto Deba-municipios de Eskoriatza, Aretxabaleta, Arrasate y Oñati) y Apraitz (Bajo Urola-municipios de Soralueze, Eibar y Elgoibar).

Caudales ecológicos

Los caudales ecológicos que afectan a las sueltas desde los embalses así como los que condicionan las derivaciones de los mismos se presentan en la tabla adjunta.

UD	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Vol anual (hm ³)
R_Urkulu	0,103	0,169	0,169	0,271	0,271	0,271	0,271	0,169	0,169	0,103	0,103	0,103	2,170
R_Aixola1	0,072	0,108	0,108	0,144	0,144	0,144	0,144	0,108	0,108	0,072	0,072	0,072	1,296

Tabla 48 Caudales ecológicos del sistema Deba

Tal y como se recoge en la Normativa del Plan vigente, los caudales ecológicos pueden rebajarse un 50% en caso de sequía declarada.

Evaporación desde embalses

Aunque la evaporación no es propiamente una demanda, representa una detracción de recursos para el sistema. En la Tabla adjunta se presenta la estimación de la evaporación para ambos embalses según su nivel de reservas y en los distintos meses del año. Las curvas de ambos embalses, se han homogeneizado para obtener la de un teórico embalse agregado.

Dado que se trata de aproximar la evaporación en ciclo seco, se ha optado por adoptar el criterio conservador de despreciar la aportación directa de la lluvia sobre la lámina de agua del embalse.

Volumen (hm ³)	0,00	0,30	1,50	4,70	11,50	12,20
Superficie (ha)	0,00	7,00	20,00	46,00	88,00	92,00
ETP (hm ³)	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,05
	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03
	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02
	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02
	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04
	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05
	0,00	0,01	0,02	0,04	0,07	0,08
	0,00	0,01	0,02	0,05	0,09	0,09
	0,00	0,01	0,02	0,05	0,10	0,11
	0,00	0,01	0,02	0,05	0,10	0,10
	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08
	Total	0,00	0,05	0,15	0,34	0,64

Tabla 49 Curva de embalse: Sistema Urkulu-Aixola. Embalse de Urkulu

Volumen (hm³)	0,00	0,36	0,64	1,03	1,57	2,26	3,20
Superficie (ha)	0,00	4,60	6,60	9,00	11,70	14,80	16,90
ETP (hm³)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Total	0,00	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11

Tabla 50 Curva de embalse: Sistema Urkulu-Aixola. Embalse de Aixola

Volumen (hm³)	0,00	2,57	5,13	7,70	10,27	12,84	15,40
Superficie (ha)	0,00	18,15	36,30	54,45	72,60	90,75	108,90
Oct	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Nov	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
Dic	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Ene	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Feb	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Mar	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04
Abr	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
May	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09
Jun	0,00	0,02	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11
Jul	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13
Ago	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12
Sep	0,00	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09
Total	0,00	0,13	0,26	0,40	0,53	0,66	0,79

Tabla 51 Curva de embalse: Sistema Urkulu-Aixola. Embalse Agregado

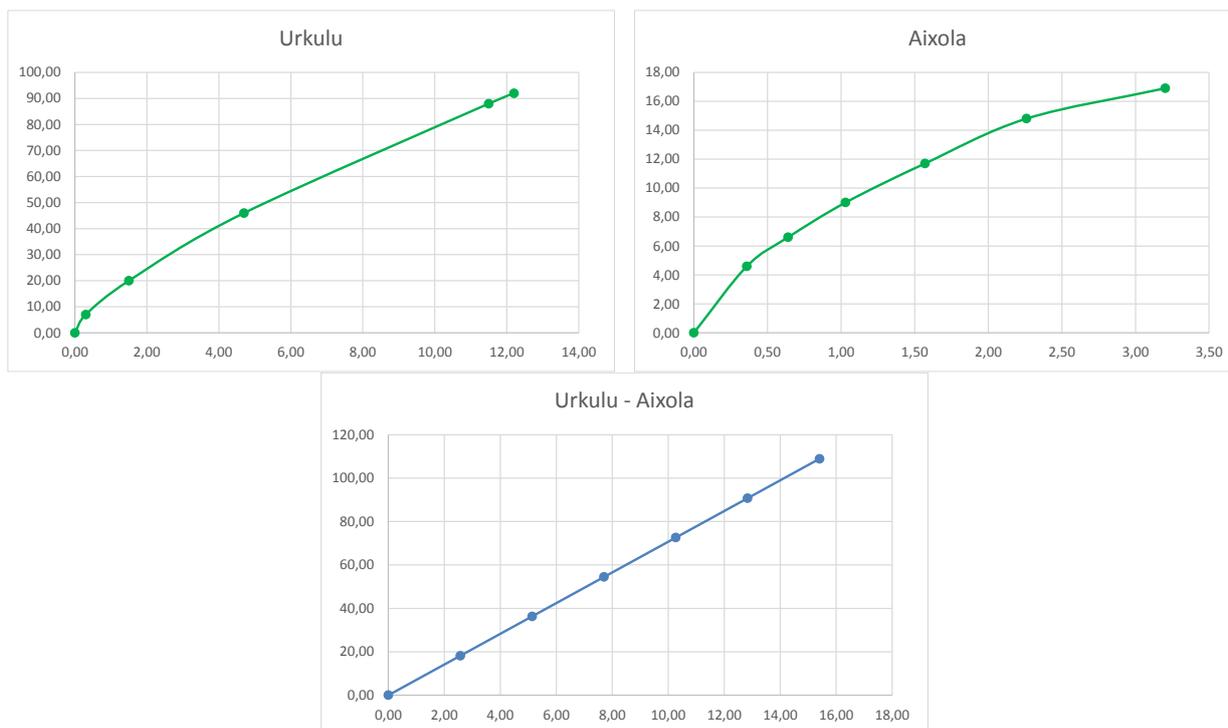


Figura 53 Curva de embalse del sistema Aixola-Urkulu

Cálculo de umbrales

Hipótesis de aportación

Tras la aplicación de la metodología descrita en la epígrafe 5.3.1, los valores utilizados como aportación de cálculo se resaltan en verde.

	2 meses			3 meses			6 meses			12 meses		
	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5	min	P1	P5
Oct	0,09	0,11	0,13	0,10	0,12	0,14	0,13	0,15	0,21	0,28	0,32	0,37
Nov	0,16	0,21	0,27	0,20	0,24	0,31	0,28	0,34	0,49	0,70	0,83	0,92
Dic	0,19	0,25	0,33	0,25	0,29	0,39	0,36	0,44	0,64	0,93	1,13	1,23
Ene	0,24	0,30	0,38	0,29	0,34	0,43	0,40	0,48	0,67	0,93	1,09	1,22
Feb	0,24	0,31	0,39	0,30	0,34	0,44	0,41	0,48	0,69	0,95	1,12	1,25
Mar	0,32	0,41	0,52	0,40	0,46	0,59	0,55	0,65	0,92	1,28	1,51	1,68
Abr	0,22	0,27	0,34	0,26	0,30	0,37	0,35	0,41	0,58	0,78	0,91	1,02
May	0,20	0,25	0,31	0,24	0,28	0,34	0,32	0,37	0,52	0,70	0,81	0,92
Jun	0,32	0,18	0,21	0,17	0,19	0,23	0,22	0,25	0,35	0,46	0,52	0,60
Jul	0,11	0,13	0,16	0,13	0,14	0,17	0,16	0,18	0,25	0,32	0,37	0,42
Ago	0,10	0,11	0,14	0,11	0,12	0,15	0,14	0,16	0,22	0,28	0,32	0,37
Sep	0,09	0,11	0,13	0,11	0,12	0,15	0,14	0,16	0,22	0,28	0,32	0,37
Op-1	2,28	2,64	3,30	2,55	2,95	3,70	3,46	4,08	5,77	7,90	9,24	10,37

Tabla 52 Series de aportaciones para el cálculo de umbrales

No se han considerado recursos de apoyo y emergencia en la definición de umbrales

Escenarios de demanda y requerimientos ambientales

Las hipótesis de demanda y las restricciones ambientales a considerar en cada fase ya se han descrito en epígrafes anteriores. Siguiendo los criterios expresados en el epígrafe 5.3.1 se obtienen los siguientes resultados.

	Demanda normalidad	Demanda prealerta	Demanda alerta	Demanda emergencia
Oct	1.19	1.13	1.08	0.90
Nov	1.91	1.86	1.81	1.26
Dic	1.94	1.89	1.84	1.28
Ene	1.37	1.32	1.27	0.99
Feb	1.28	1.23	1.19	0.92
Mar	1.37	1.32	1.27	0.99
Abr	1.36	1.31	1.26	0.98
May	1.95	1.90	1.84	1.29
Jun	1.92	1.87	1.81	1.26
Jul	1.23	1.18	1.12	0.94
Ago	1.23	1.18	1.12	0.94
Sep	1.20	1.15	1.09	0.91
	17.95	17.33	16.71	12.68

Tabla 53 Resumen de demandas y requerimientos ambientales para cálculo de umbrales. Aixola-Urkulu

La cifra de normalidad corresponde a las demandas consuntivas (12,34 hm³) y los requerimientos ambientales aguas debajo de los embalses (1,96 anuales en Urkulu y 3,65 hm³ en Aixola)

Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en la figura adjunta.

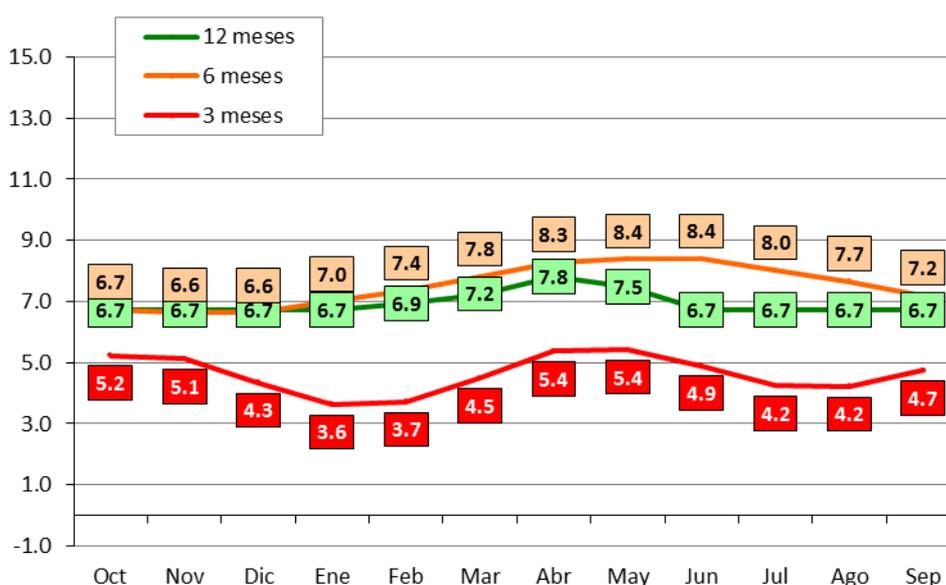


Figura 54 Umbrales obtenidos (hm³): Aixola-Urkulu

Puede apreciarse que se produce una inversión entre el resultado esperado entre los umbrales de 12 meses y 6 meses, quedando el segundo por encima del primero. Esta inversión se debe a que el desequilibrio máximo entre demandas y aportaciones esperadas corresponde al periodo de 6 meses, esto es, no se producen sequías de un año de duración cuya gravedad relativa sea comparable a la del periodo de 6 meses. Ante este resultado se ha optado por calcular el nivel intermedio (alerta) como el simple promedio de los dos anteriores.

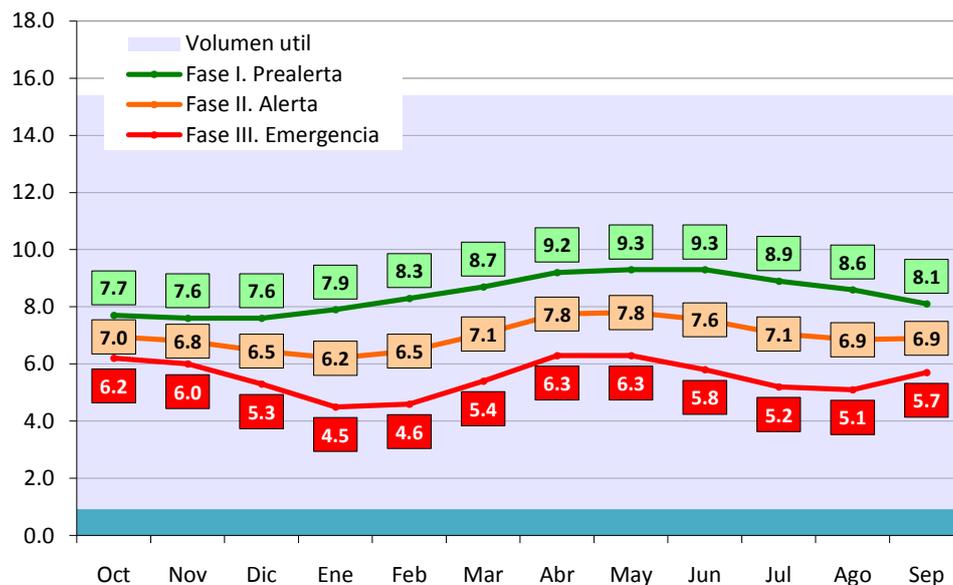


Figura 55 Umbrales propuestos (hm³): Aixola-Urkulu

Validación

Los umbrales y estrategias de apoyo y emergencia se han validado sobre los resultados de la simulación de la situación actual realizada en el Estudio de Demandas. Debe recordarse que el modelo, antes de la incorporación de una gestión específica de las sequías, ofrecía garantías satisfactorias para las demandas servidas desde el sistema de embalses.

En la figura adjunta se aprecia la evolución de las reservas en relación a los umbrales determinados, tras la conversión de los volúmenes de reserva en su correspondiente Índice de Estado. Solamente en dos eventos se alcanzan situaciones sostenidas de alerta: entre febrero y noviembre de 1990, llegándose incluso a la emergencia en los tres últimos meses; y entre septiembre y octubre de 2002.

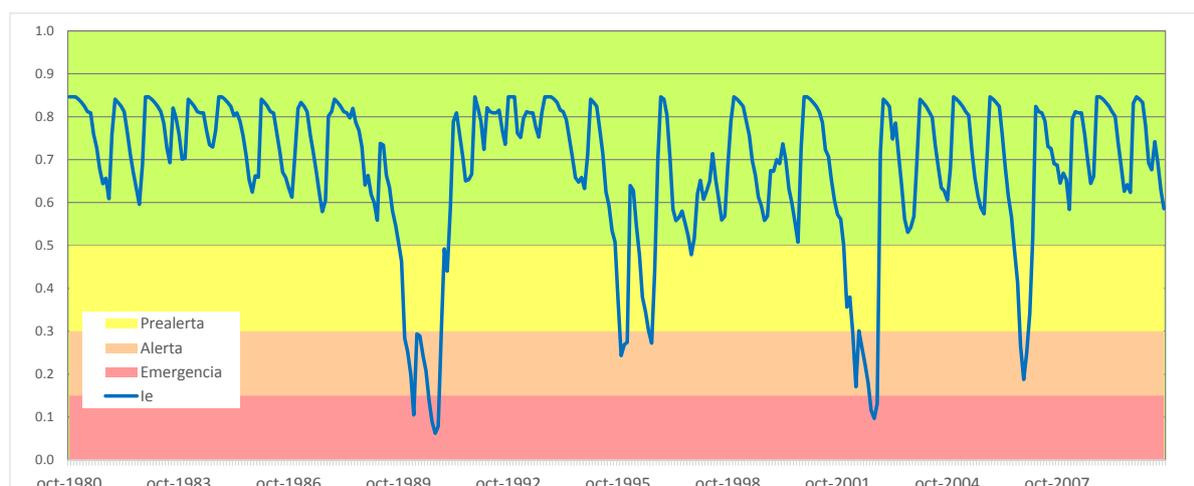


Figura 56 Contraste de los umbrales obtenidos como resultados de la simulación (le): Sistema Aixola-Urkulu

Estos resultados avalan, además de la adecuación de la magnitud de los umbrales obtenidos, la necesidad de articular mecanismos de gestión para afrontar los periodos de sequía. Pese a la garantía total obtenida, los fallos han estado cerca de producirse. En

octubre de 1989, las reservas eran sólo ligeramente superiores al suministro de los siguientes dos meses.

Indicadores piezométricos: SP11. Kilimoi-3

1) Descarga y tratamiento de datos. Se cuenta con registros en el periodo dic-1993 a sep-2010 (5.924 días)

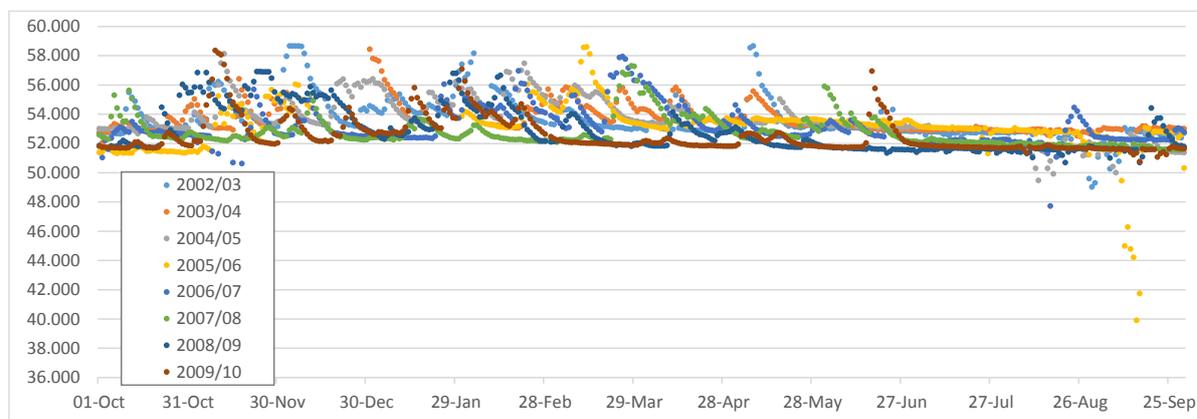


Figura 57 Cota piezométrica registrada en SP11. Kilimoi-3

2) Análisis estadístico de las series de datos.

	Aguas bajas	Aguas medias	Aguas altas	Único
Mediana	52.5	53.3	53.6	53.1
Máximo	59.1	60.0	59.9	60.0
Mínimo	36.7	42.3	47.2	36.7
Promedio	52.5	53.5	53.9	53.3

3) Obtención de umbrales

	Análisis diferenciado por periodos			Análisis anual	Método mixto		
Aguas bajas	52.5	53.3	53.6	53.1	52.5	53.3	53.6
Aguas medias	46.2	48.9	51.1	46.5	46.2	46.6	46.9
Aguas altas	41.4	45.6	49.1	41.6	41.4	41.7	41.8

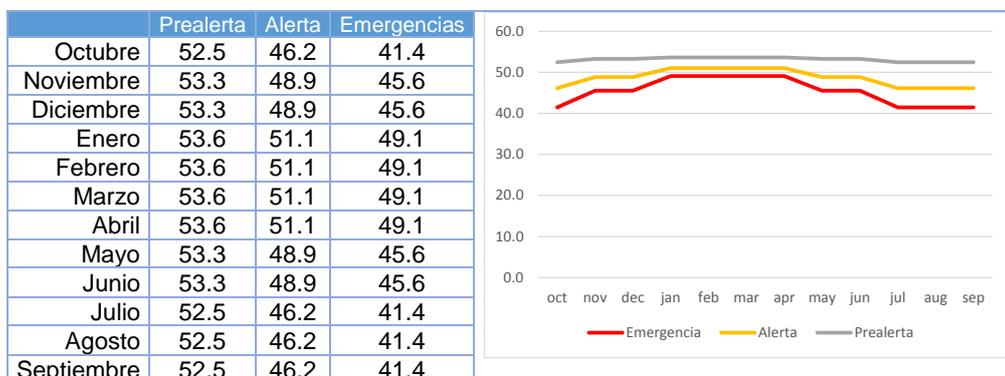
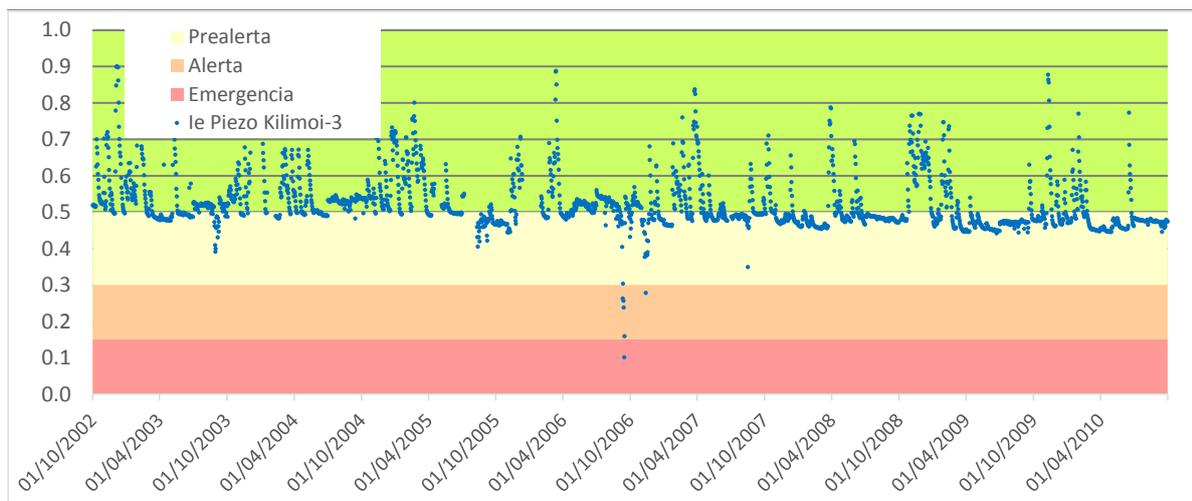


Figura 58 Umbral de cota msnm para SP11. Kilimoi-3

4) Resultados



	% días
normalidad	50.1%
pre-alerta	49.8%
alerta	0.1%
emergencia	0.0%

Figura 59 Aplicación de los umbrales al piezómetro SP11. Kilimoi-3

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la Estación 1045 Mondragón.

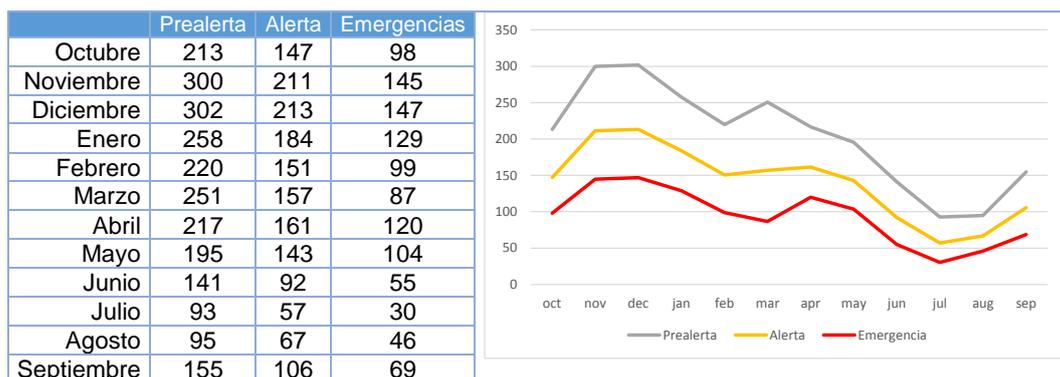


Figura 60 Umbral de precipitación acumulada de 2 meses. Pluviómetro 1045 Mondragón

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en el Anejo.

5.6.5 Lea-Artibai

Información básica

Diagnóstico partida	de	Ambos sistemas presentan problemas de garantía en la mayor parte de las UD's. El objetivo fundamental es garantizar abastecimiento en UDUs con mayor peso poblacional (Lekeitio, Markina y Ondarroa) a la vez que se preservan los caudales ambientales. No hay infraestructuras de regulación reseñables.
Propuestas futuro	de	<p>El CABB plantea perforar nuevos sondeos en el sistema, aunque se reconoce que el potencial de los mismos puede ser insuficiente.</p> <p>A plazo más largo, se estudia utilizar excedentes del Duranguesado (recursos subterráneos del Oiz).</p> <p>Otras opciones que se analizan son la integración de Berriatua en el sistema de Ondarroa (aunque Berriatua ya muestra incumplimientos ocasionales en la actualidad) y el apoyo de Lekeitio a Ondarroa en emergencias.</p>
Posibles indicadores		<p>Las estaciones de aforo de Iruzubieta y Berriatua en el Artibai. Las estaciones de aforo de Aulestia, Arbina y Oleta en el Lea. Todas estaciones están aguas arriba de las demandas principales. Tras analizar las características de las series hidrológicas disponibles, se ha optado por seleccionar una estación en cada sistema: <i>AR02. Berriatua</i> en el Artibai y <i>LE01. Oleta</i> en el Lea.</p> <p>Los habituales <i>indicadores pluviométricos</i> para las estaciones <i>1055A. Lekeitio-Agustinas</i> y <i>OKP1. Ereño</i> en el Lea y <i>1053. Etxebarria, ARP1. Ondarru</i> y <i>IBP6. Garai</i> en el Artibai.</p>

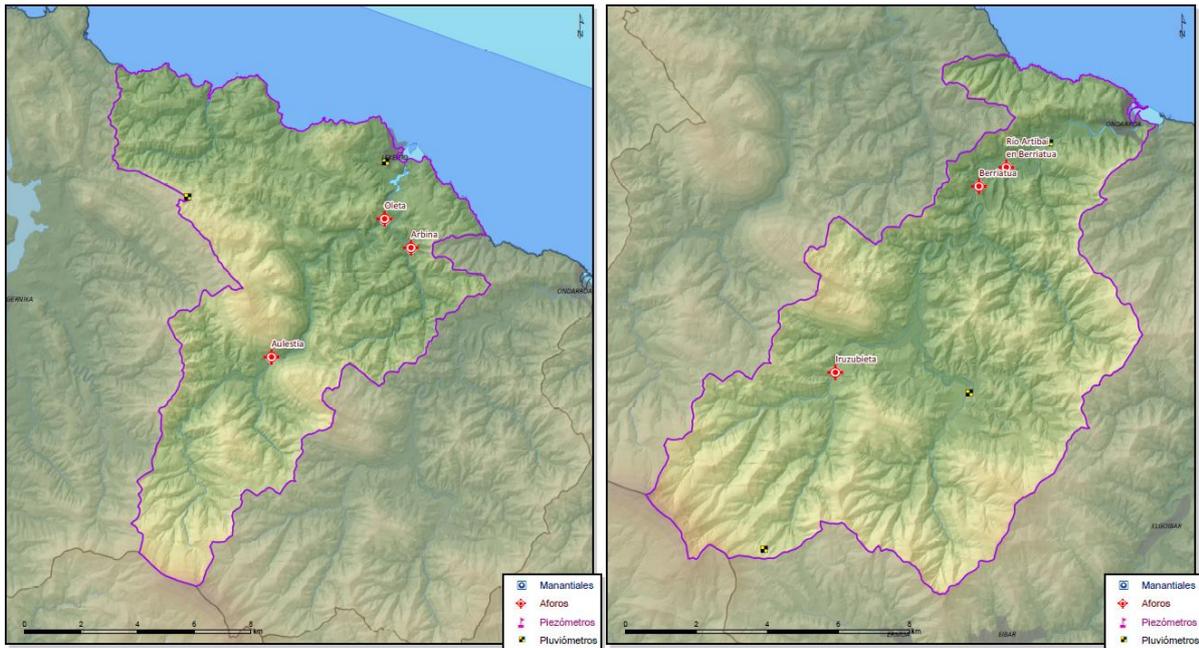


Figura 61 Propuesta de indicadores. Sistema Lea-Artibai

Cálculo de indicadores

Indicador foronómico: Estación de Aforos Berriatua

1) Comparación de las series de caudales circulantes obtenidas mediante TETIS y la serie de aforos disponible. Se cuenta con registros desde octubre de 2001, sin fallos (2.922 días en total).

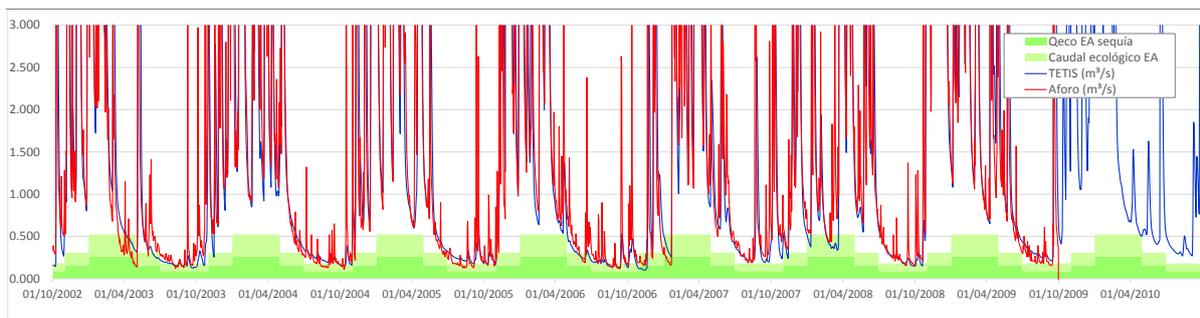


Figura 62 AR02. Berriatua. Comparación TETIS-aforo

Los fallos en el cumplimiento del régimen de caudales ecológicos son escasos en aguas medias y altas pero frecuentes en aguas bajas.

	Aforo	TETIS
Aguas altas	1.19%	0.00%
Aguas medias	1.41%	2.05%
Aguas bajas	23.34%	18.50%

2) Identificación de episodios de recesión, tomando como referencia el momento en el que el caudal circulante cae por debajo del ecológico. Se obtiene el coeficiente de variado (α) para ambas series. Dado que los fallos son escasos se determina la recesión conducente a los caudales mínimos anuales.

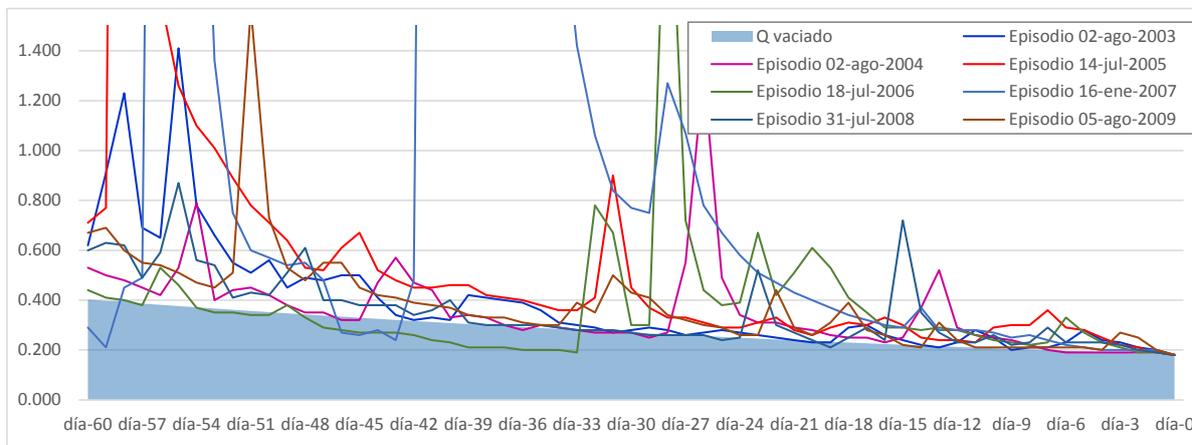


Figura 63 AR02. Berriatua. Episodios de recesión. Serie aforada ($\alpha = 0.0133$)

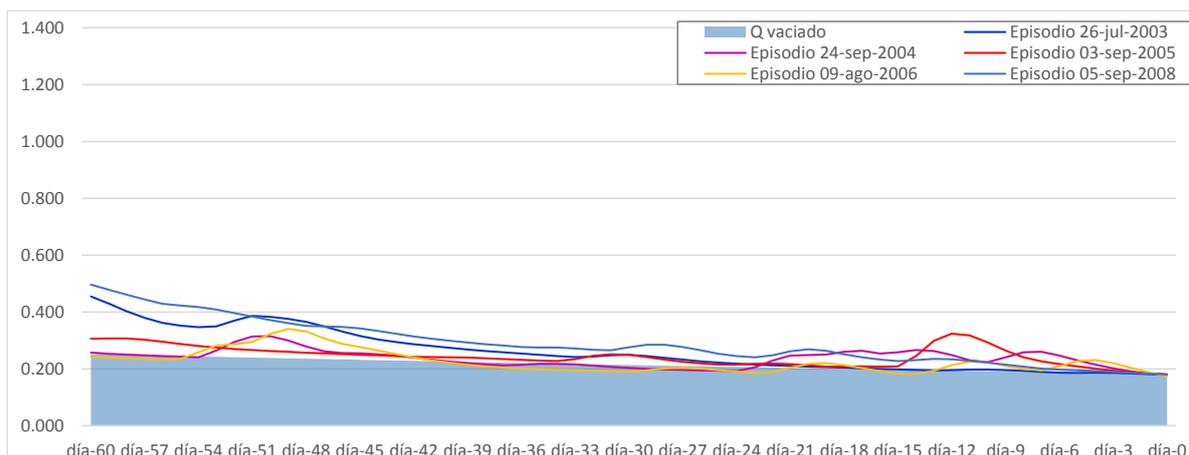


Figura 64 AR02. Berriatua. Episodios de recesión. Serie TETIS ($\alpha = 0.0055$)

3) Estimación del umbral de emergencia

	Caudal ecológico de normalidad	Caudal ecológico de sequía más 45 días de demanda (α aforos)	Caudal ecológico de sequía más 45 días de demanda (α TETIS)
Aguas bajas	0.181	0.165	0.116
Aguas medias	0.308	0.281	0.198
Aguas altas	0.525	0.478	0.336

Se opta por utilizar el caudal de recesión con la serie aforada, intermedia entre las otras dos opciones alternativas.

4) Estimación del umbral de alerta con un margen adicional de 30 días en función de la curva de recesión y el umbral de prealerta con un colchón de 15 días adicionales. El resultado se presenta en la figura adjunta.

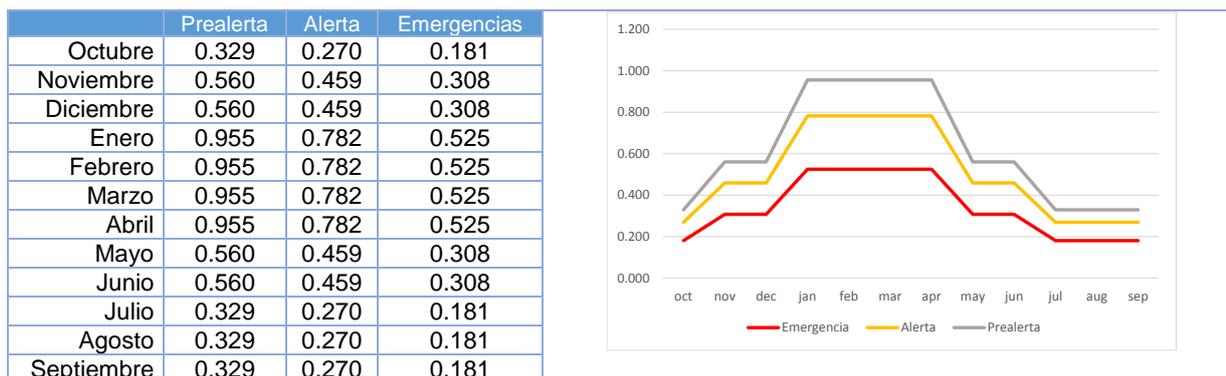


Figura 65 Umbral de caudal (m³/s) para AR02. Berriatua

5) Resultados de la aplicación de estos umbrales en la serie aforada.

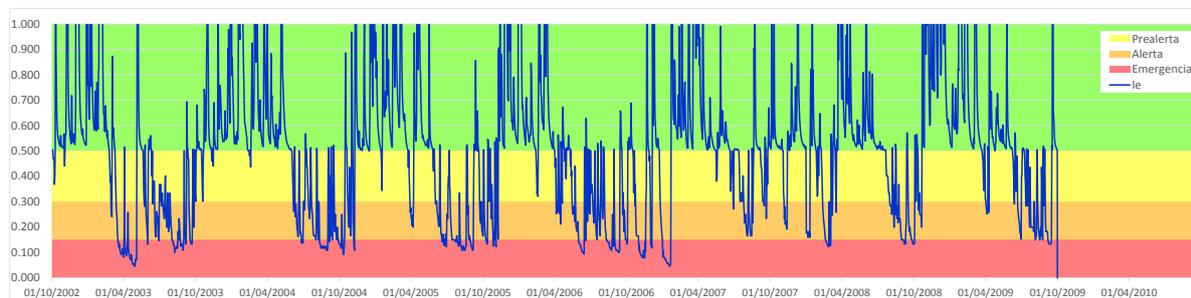


Figura 66 Aplicación de los umbrales a los caudales aforados en AR02. Berriatua

El tiempo en cada fase de sequía que se registraría en la aplicación de estos umbrales a los caudales aforados, se resume en la tabla adjunta.

	% días
normalidad	59.10%
pre-alerta	10.16%
alerta	16.29%
emergencia	14.44%

Indicador foronómico: Estación de Aforos LE01 Oleta

1) Comparación de las series de caudales circulantes obtenidas mediante TETIS y la serie de aforos disponible. Se cuenta con registros desde febrero de 1998 con algunos fallos, significativamente en el año 2001, sin fallos (4.543 días en total).

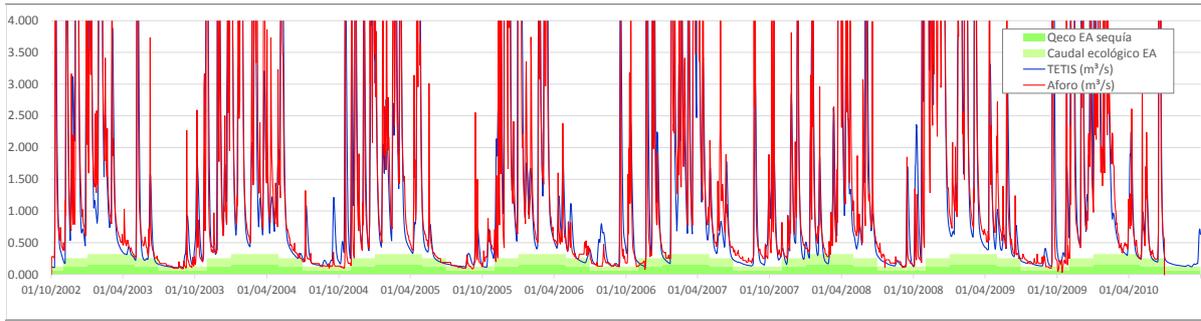


Figura 67 LE01 Oleta. Comparación TETIS-aforo

Los fallos en el cumplimiento del régimen de caudales ecológicos son escasos en aguas medias y altas pero frecuentes en aguas bajas.

	Aforo	TETIS
Aguas altas	0.00%	0.00%
Aguas medias	0.20%	0.00%
Aguas bajas	12.23%	7.52%

2) Identificación de episodios de recesión, tomando como referencia el momento en el que el caudal circulante cae por debajo del ecológico. Se obtiene el coeficiente de variado (α) para ambas series. Dado que los fallos son escasos se determina la recesión conducente a los caudales mínimos anuales.

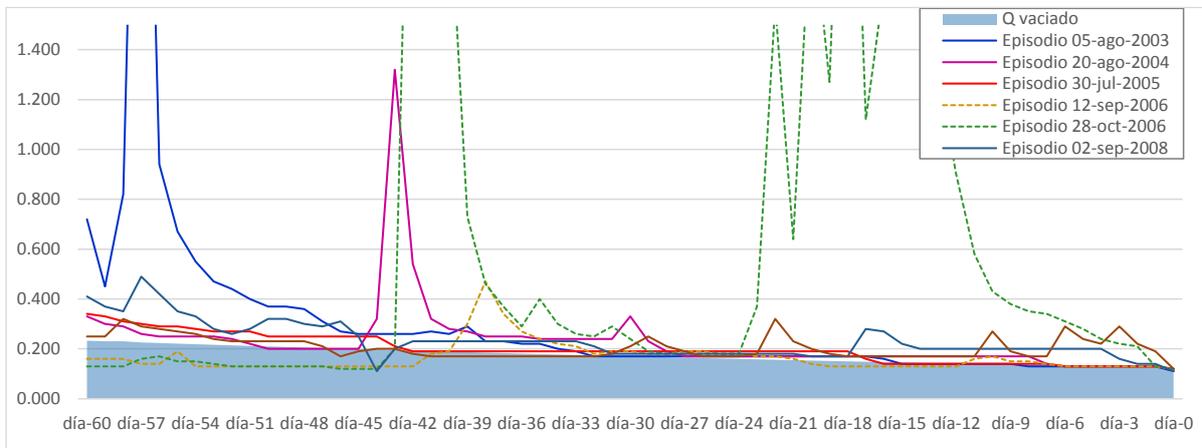


Figura 68 LE01 Oleta. Episodios de recesión. Serie aforada ($\alpha = 0.0110$)

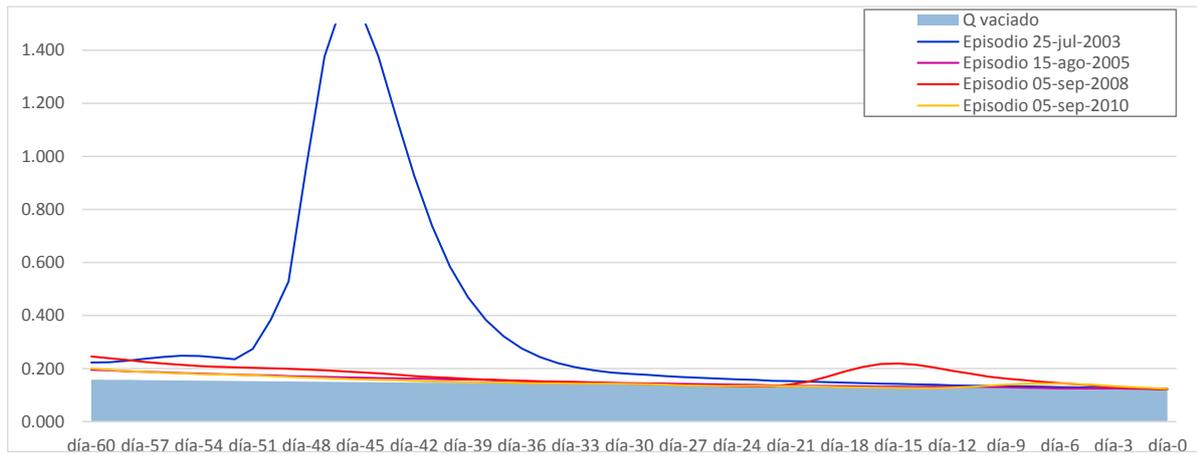


Figura 69 LE01 Oleta. Episodios de recesión. Serie TETIS ($\alpha = 0.0040$)

3) Estimación del umbral de emergencia

	Caudal ecológico de normalidad	Caudal ecológico de sequía más 45 días de demanda (α aforos)	Caudal ecológico de sequía más 45 días de demanda (α TETIS)
Aguas bajas	0.124	0.131	0.098
Aguas medias	0.255	0.235	0.198
Aguas altas	0.320	0.286	0.336

Se opta por utilizar el caudal de recesión con la serie aforada. En este caso presenta los valores más bajos, pese a incluir la cobertura de la demanda de la UD Lekeitio.

5) Estimación del umbral de alerta con un margen adicional de 30 días en función de la curva de recesión y el umbral de prealerta con un colchón de 15 días adicionales. El resultado se presenta en la figura adjunta.

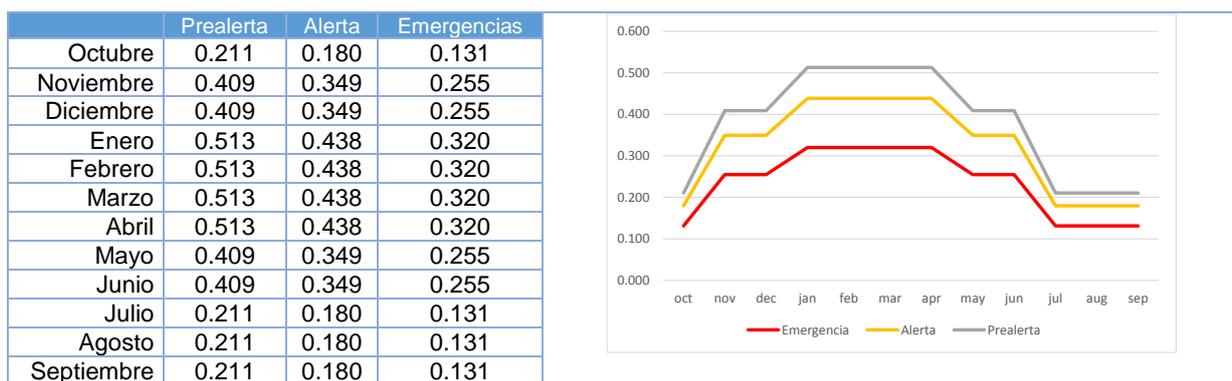


Figura 70 Umbral de caudal (m³/s) para LE01 Oleta

5) Resultados de la aplicación de estos umbrales en la serie aforada.

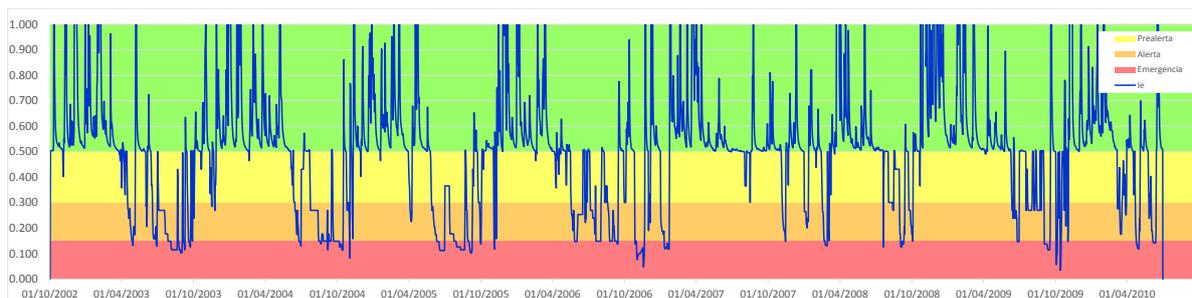


Figura 71 Aplicación de los umbrales a los caudales aforados en LE01 Oleta

El tiempo en cada fase de sequía que se registraría en la aplicación de estos umbrales a los caudales aforados, se resume en la tabla adjunta.

normalidad	70.20%
pre-alerta	8.34%
alerta	10.76%
emergencia	10.70%

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la Estación 1055A Lekeitio-Agustinas (Lea) y 1053 Etxebarria (Artibai).

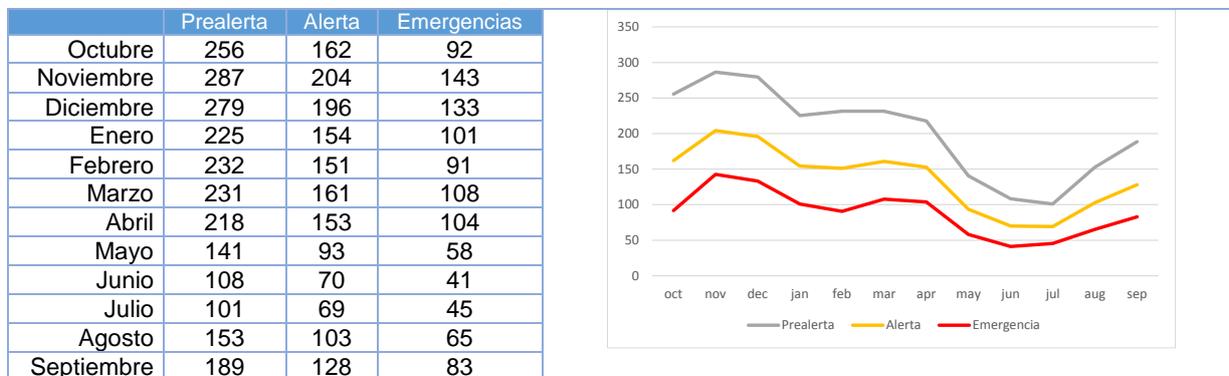


Figura 72 Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1055A Lekeitio-Agustinas

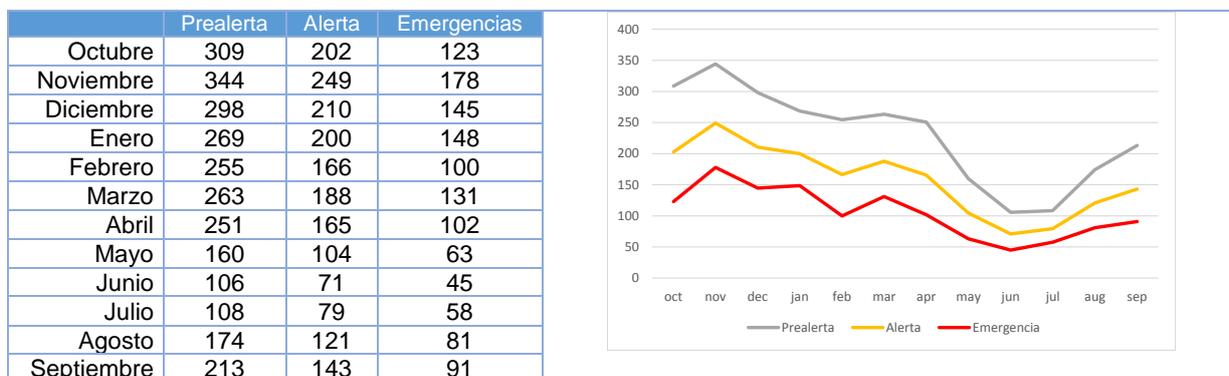


Figura 73 Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1053 Etxebarria (Artibai)

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en el Anejo.

5.6.6 Oka

Información básica

<p>Diagnóstico partida</p>	<p>de El Sistema Oka es, sin duda, el más complejo de las Cuencas Internas de la CAPV en términos de gestión de sequías, presentando problemas en el servicio de la mayor parte de las demandas resueltas a costa de un cumplimiento insatisfactorio del régimen de caudales ecológicos (una descripción del problema puede verse en el apéndice 9.2 del ETI de la Demarcación del Cantábrico Oriental).</p> <p>El objetivo fundamental es compatibilizar los caudales ecológicos con la garantía del abastecimiento de las demandas de Bermeo y Gernika. Estas poblaciones se surten actualmente de las siguientes fuentes:</p> <p>Gernika: Marraixo-Erreka (fluyentes), Kanpantxu (fluyentes, por bombeo), Oka (fluyentes), sondeos Vega III y Olalde.</p> <p>Bermeo: Río Golako (fluyentes), presa de San Andrés (20.000 m³), arroyo Sollube (fluyentes), Montemoro-Nafarrola-Burgetxe (fluyentes). Puede apoyarse con Vega III.</p>
<p>Propuestas futuro</p>	<p>de Refuerzo de los sistemas Gernika y Bermeo con recursos externos (Oiz y sistema Zadorra)</p> <p>Mejoras en la eficiencia de distribución.</p> <p>Incorporación de fuentes de suministro de la propia unidad hidrológica y, para determinados usos, sustitución del origen de los recursos hídricos</p> <p>Reducir demandas no prioritarias (riego, piscinas, baldeo...) en episodios secos.</p>
<p>Posibles indicadores</p>	<p>La Estación de Aforos de OK01. Muxika, si bien está a cola de sistema</p> <p>Los piezómetros SP09 Tole (representativo de Vega III) y SP06. Olalde B.</p> <p>El aforo del Manantial SA06. Olalde si bien el análisis de los datos disponibles ha aconsejado desechar este punto de control.</p> <p>Los habituales indicadores pluviométricos para las estaciones 1056M. Arteaga, 1057A. Bermeo (Iberduero), OK01. Muxika (Oka) y OKP2. Mundaka</p>

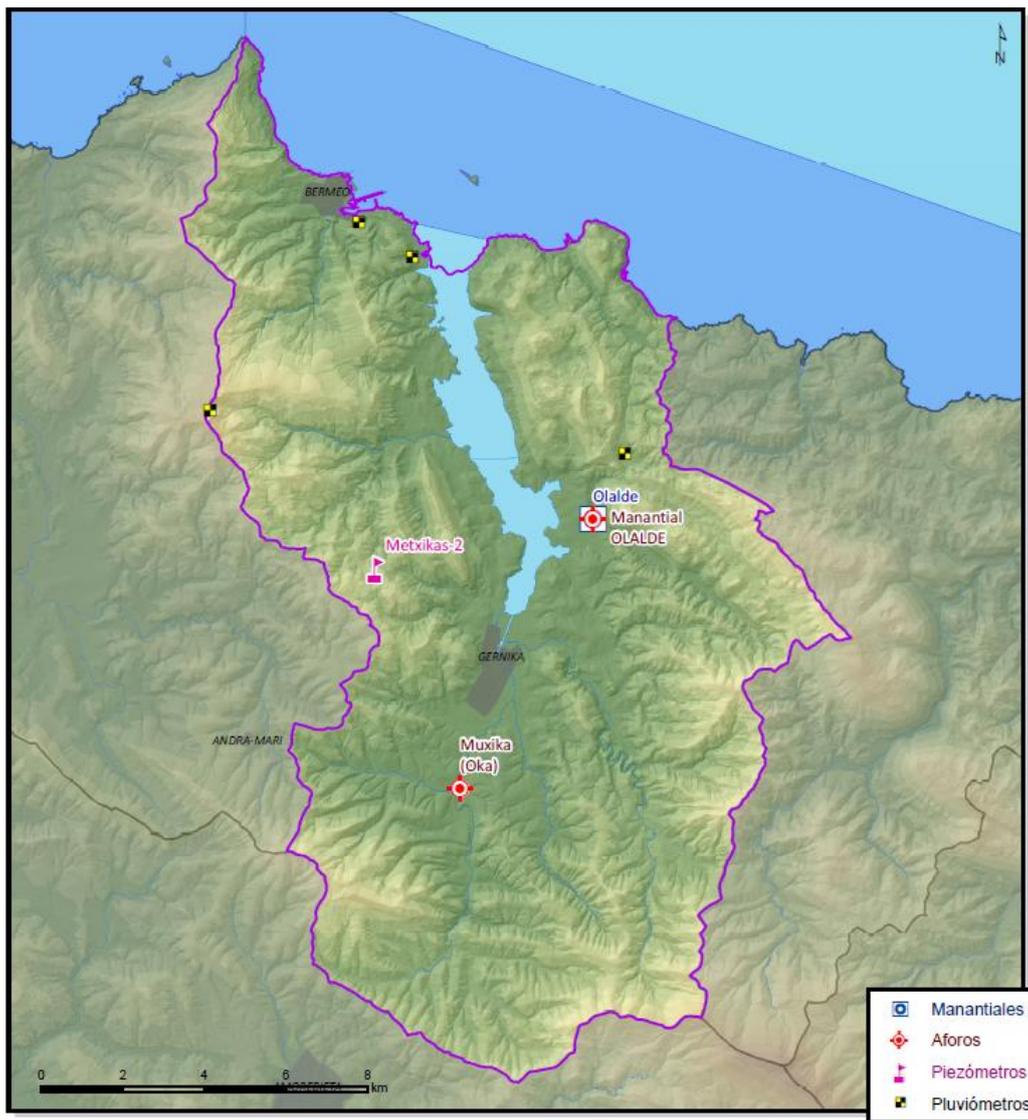


Figura 74 Propuesta de indicadores. Sistema Oka

Cálculo de indicadores

Indicador foronómico: Estación de Aforos OK01 Muxika

1) Comparación de las series de caudales circulantes obtenidas mediante TETIS y la serie de aforos disponible. Se cuenta con registros desde noviembre de 1998, con muy escasos fallos (3.943 días en total).

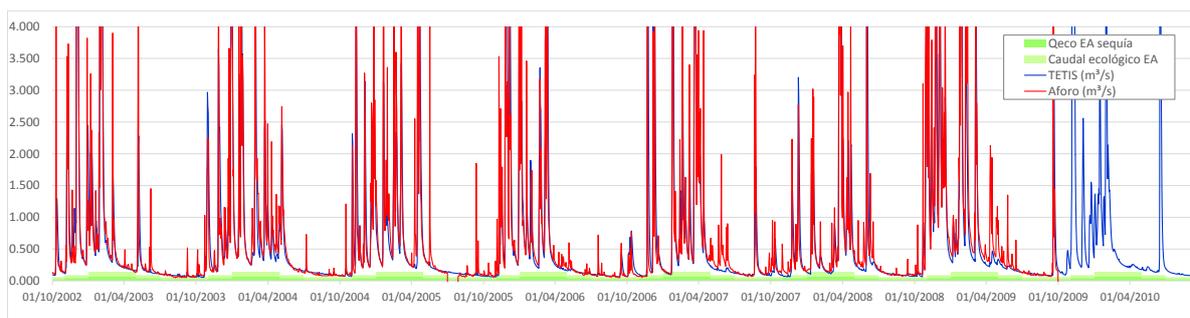


Figura 75 OK01 Muxika. Comparación TETIS-aforo

Los fallos en el cumplimiento del régimen de caudales ecológicos son muy escasos en ambas series.

	Aforo	TETIS
Aguas altas	0.00%	0.00%
Aguas medias	0.00%	0.00%
Aguas bajas	0.84%	0.51%

2) Identificación de episodios de recesión, tomando como referencia el momento en el que el caudal circulante cae por debajo del ecológico. Se obtiene el coeficiente de variado (α) para ambas series. Dado que los fallos son escasos se determina la recesión conducente a los caudales mínimos anuales.

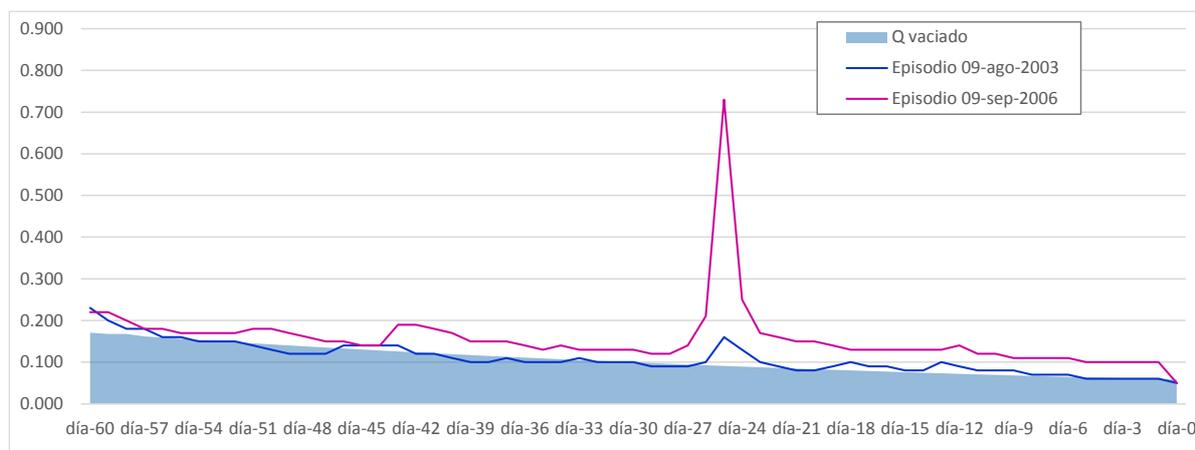


Figura 76 OK01 Muxika. Episodios de recesión. Serie aforada ($\alpha = 0.0180$)

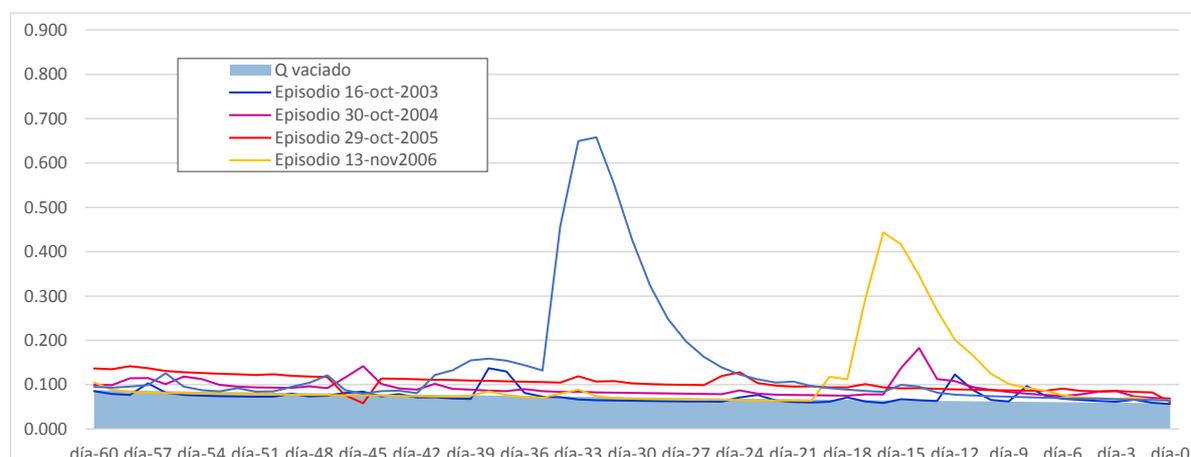


Figura 77 OK01 MUXika. Episodios de recesión. Serie TETIS ($\alpha = 0.0070$)

3) Estimación del umbral de emergencia

	Caudal ecológico de normalidad	Caudal ecológico de sequía más 45 días de demanda (α aforos)	Caudal ecológico de sequía más 45 días de demanda (α TETIS)
Aguas bajas	0.058	0.077	0.046
Aguas medias	0.090	0.111	0.068
Aguas altas	0.142	0.169	0.103

Se opta por utilizar el caudal de recesión con la serie aforada. En este caso se adopta el umbral más alto porque traslada mejor los problemas generales del sistema. Debe recordarse que las medidas programadas para la gestión de los episodios secos (movilización de recursos, ahorro y restricción del uso) afectarán no sólo a los usos ubicados aguas bajo sino a todos los del sistema.

4) Estimación del umbral de alerta con un margen adicional de 30 días en función de la curva de recesión y el umbral de prealerta con un colchón de 15 días adicionales. El resultado se presenta en la figura adjunta.

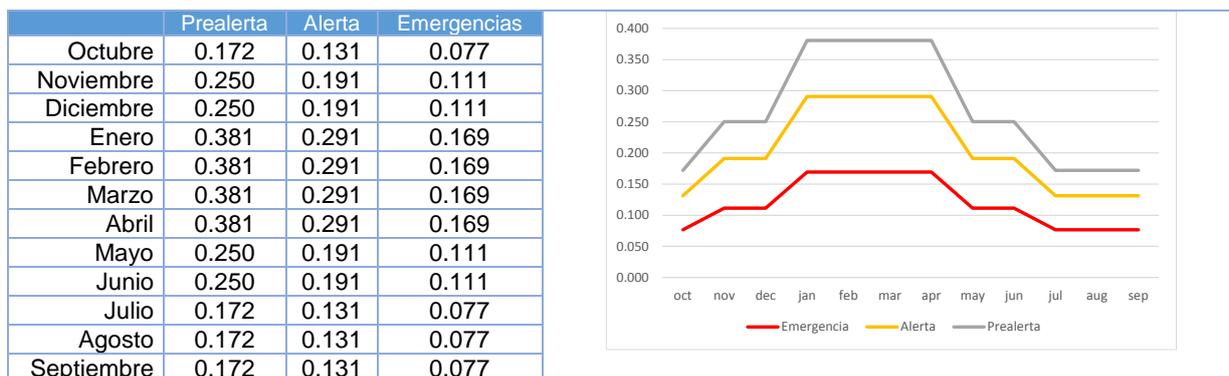


Figura 78 Umbral de caudal (m³/s) para OK01 Muxika.

5) Resultados de la aplicación de estos umbrales en la serie aforada.

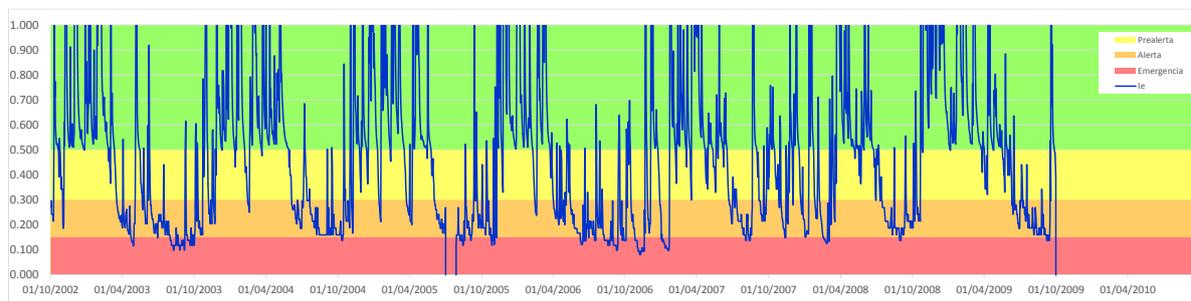


Figura 79 Aplicación de los umbrales a los caudales aforados en OK01. Muxika

El tiempo en cada fase de sequía que se registraría en la aplicación de estos umbrales a los caudales aforados, se resume en la tabla adjunta.

	% días
normalidad	46.69%
pre-alerta	11.89%
alerta	34.03%
emergencia	7.38%

Indicador piezométrico: SP09 Tole

1) Tratamiento de datos. Se cuenta con registros desde diciembre de 1993 (5.924 días).

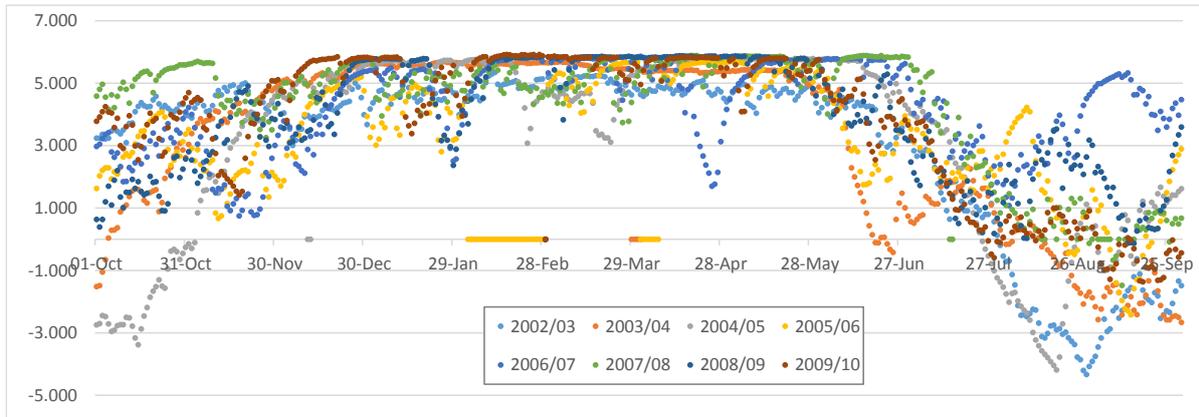


Figura 80 Cota piezométrica registrada en SP09 Tole

2) Análisis estadístico de las series de datos.

	Aguas bajas	Aguas medias	Aguas altas	Único
Mediana	1.5	4.0	4.5	3.7
Máximo	6.3	6.6	6.6	6.6
Mínimo	-3.0	-0.6	0.2	-4.4
Promedio	1.4	3.8	4.5	3.2

3) Obtención de umbrales

	Análisis diferenciado por periodos			Análisis anual	Método mixto		
Aguas bajas	1.5	4.0	4.5	3.7	1.5	4.0	4.5
Aguas medias	-0.3	2.2	2.8	-0.1	-1.4	0.1	0.4
Aguas altas	-1.6	0.8	1.5	-3.0	-3.6	-2.9	-2.7

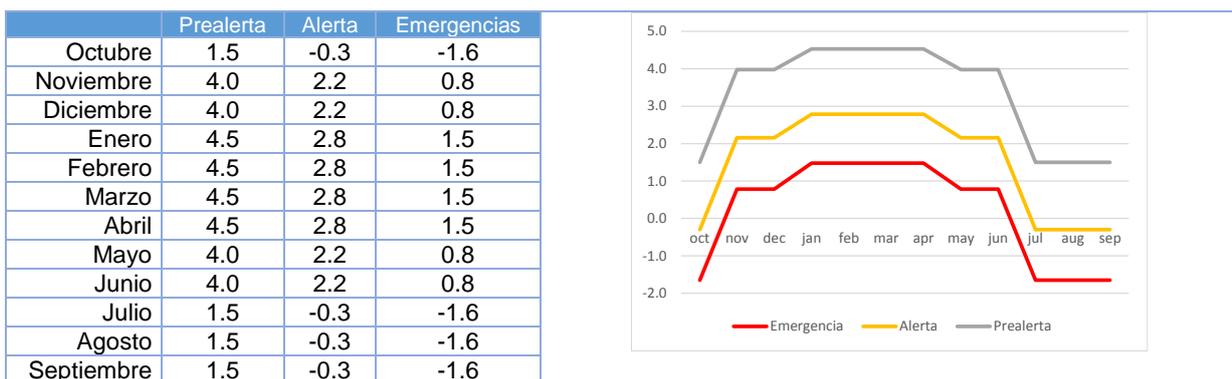


Figura 81 Umbral de cota msnm para SP09 Tole

4) Resultados

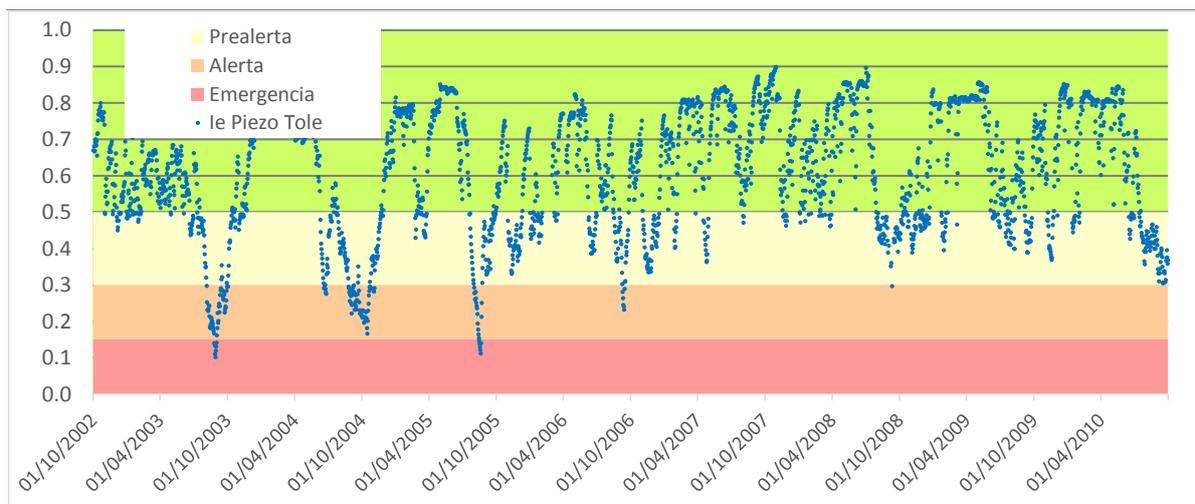


Figura 82 Aplicación de los umbrales al piezómetro SP09 Tole

	% días
normalidad	50.2%
pre-alerta	45.7%
alerta	3.8%
emergencia	0.4%

Indicador piezométrico: SP06 Olalde B

1) Tratamiento de datos. Se cuenta con registros desde mayo de 1996 (4.588 días).

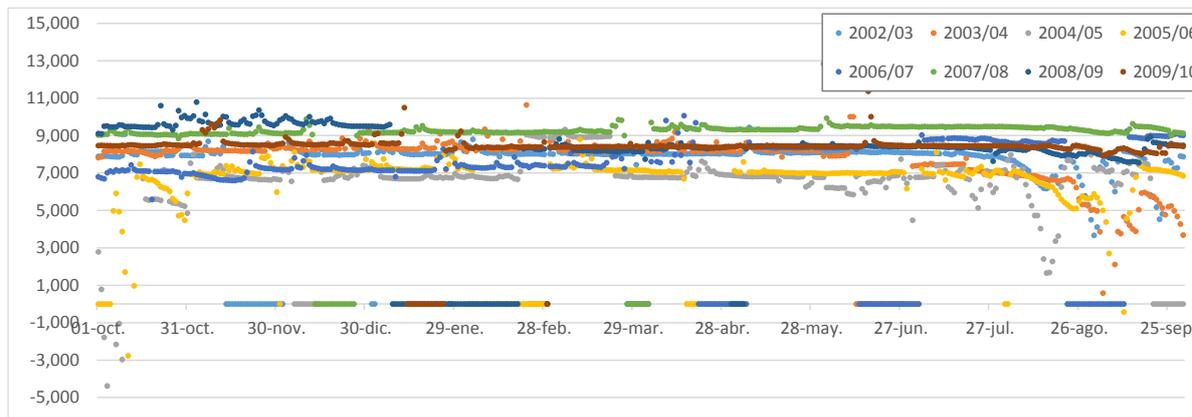


Figura 83 Cota piezométrica registrada en SP06 Olalde B

2) Análisis estadístico de las series de datos.

	Aguas bajas	Aguas medias	Aguas altas	Único
Mediana	8.4	8.6	8.7	8.5
Máximo	13.6	15.7	13.0	15.7
Mínimo	-13.6	-6.5	4.3	29.0
Promedio	8.1	8.8	9.0	8.6

3) Obtención de umbrales

	Análisis diferenciado por periodos			Análisis anual	Método mixto		
Aguas bajas	8.4	8.6	8.7	8.5	8.4	8.6	8.7
Aguas medias	-0.4	2.6	6.9	-6.5	-6.5	-6.4	-6.4
Aguas altas	-7.0	-1.9	5.6	-17.7	-17.7	-17.7	-17.7

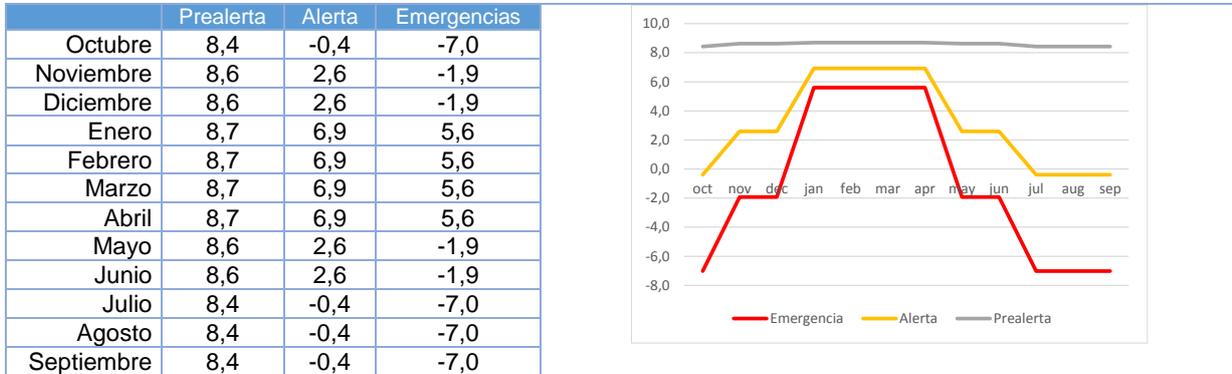


Figura 84 Umbral de cota msnm para SP06 Olalde B

4) Resultados

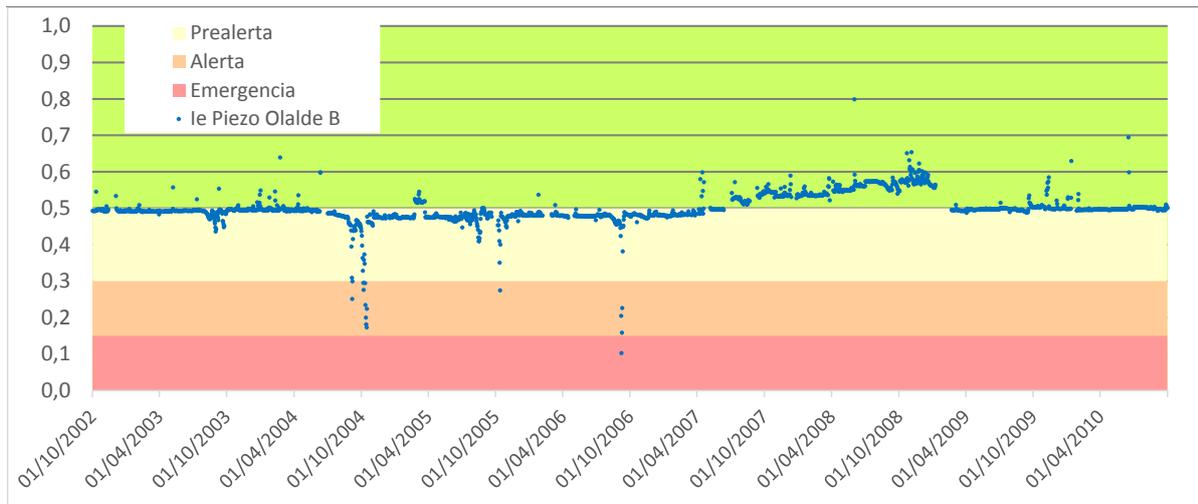


Figura 85 Aplicación de los umbrales al piezómetro SP06 Olalde

	% días
normalidad	50.1%
pre-alerta	49.5%
alerta	0.4%
emergencia	0.0%

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para el pluviómetro la Estación OK01 Muxika.

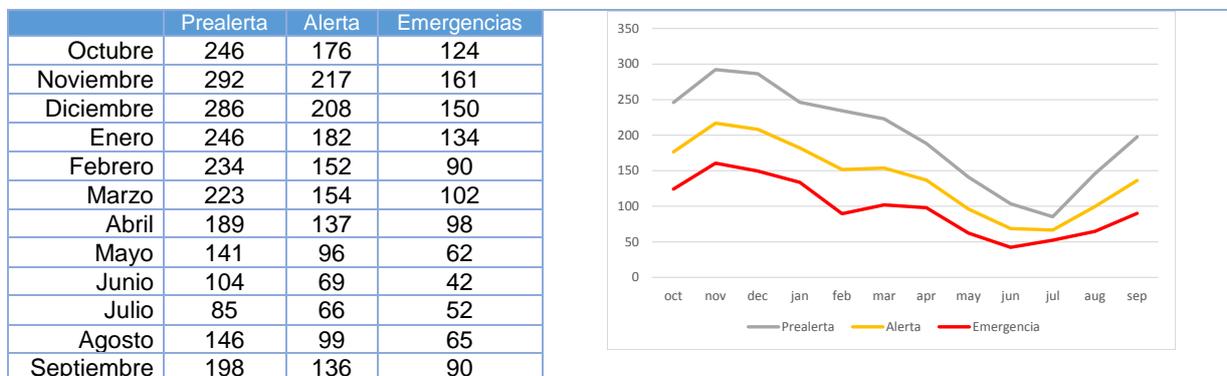


Figura 86 Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro OK01 Muxika

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en el Anejo.

5.6.7 Butroe

Información básica

Diagnóstico partida	de	Las UDUs principales, abastecidas por el sistema Zadorra, cumplen garantías, manifestándose problemas ocasionales en demandas menores.
Propuestas futuro	de	No se consideran necesario el refuerzo de los sistemas.
Posibles indicadores		<p>El único punto de control disponible en la unidad hidrológica es la Estación de Aforos de BU01Mungia. Se trata de una estación en sección natural, con serie corta, y con valores anómalos en varios periodos de estiaje. Su escasa fiabilidad, confirmada por los análisis hidrológicos realizados, ha aconsejado no utilizarla como indicador por el momento.</p> <p>Se cuenta con los indicadores de acumulación de lluvia obtenidos para la Estación pluviométrica 1057E. Bakio.</p>



Figura 87 Propuesta de indicadores. Sistema Barbadun

Cálculo de indicadores

Indicador pluviométrico

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la Estación 1057E Bakio.

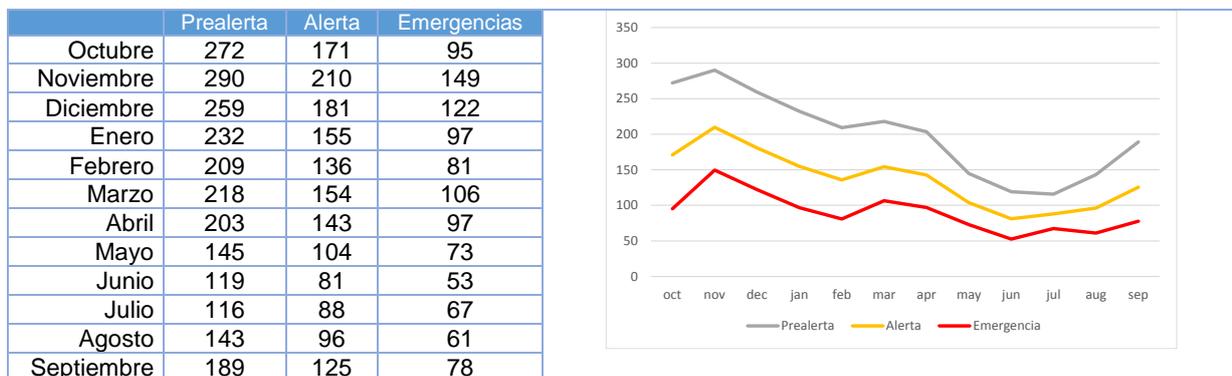


Figura 88 Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1057E Bakio

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en el Anejo.

5.6.8 Sistema Nerbioi-Ibaizabal

Diagnóstico partida	de	Las UDUs ubicadas en las Cuencas Internas del país Vasco correspondientes a este sistema de explotación (Bilbao metropolitano) se abastecen fundamentalmente, bien de recursos procedentes de la cuenca del Ebro, bien del Kadagua, por lo que serán Estas UDUs disfrutan en la actualidad de garantía adecuada, pero se precisan medidas importantes de refuerzo en el sistema para disminuir su vulnerabilidad.
Propuestas futuro	de	El Programa de Medidas del Plan Hidrológico incluye una amplia batería de actuaciones en materia de abastecimiento entre las que cabe destacar las actuaciones para el incremento de regulación en el sistema de suministro del Consorcio de aguas Bilbao Bizkaia.

Posibles indicadores	<p>El PES Norte 2007 considera los volúmenes de embalse en Ullibarri Urrunaga (Ebro) y Ordunte (en una proporción 70/30) y el caudal del Nerbioi aforado en Lemoa. Cabe hacer algunas consideraciones al respecto.</p> <p>El <i>volumen almacenado en Ullibarri y Urrunaga</i>, es establecido en el PES del Ebro como indicador para la <i>Junta de Explotación 17. Cuencas del Bayas, Zadorra e Inglares</i>, con los umbrales propuestos por el CAAB. En futuras revisiones de dicho PES deberán tenerse en cuenta los cambios en las demandas en la cuenca receptora y eventuales conexiones con nuevos usuarios.</p> <p>Por otra parte, el <i>volumen almacenado en el embalse de Ordunte</i> depende, parcialmente de los volúmenes transferidos desde el río Cerneja (DH Ebro), cifrados en aproximadamente un 30% de los totales.</p> <p>El <i>caudal aforado en la EA 116 Lemoa</i> mide los recursos fluyentes por el tramo bajo del Nerbioi pero todavía aguas arriba de diversas tomas destinadas a uso industrial.</p> <p>La cuenca dispone de otras múltiples estaciones de aforo entre las que se pueden citar las de Gardea y Zaratamo (Nerbioi), Balmaseda y Herrerías (Kadagua), Orozko (Altube) o Urkizu (Arrati).</p> <p>Los habituales <i>indicadores pluviométricos</i> para las estaciones 1059 Punta Galea (Golf), 1060 Amurrio (Instituto), 1063 Inoso (Iberduero), 1070 Abadiano (Mendiola), 1071 Durango-Vivero, 1075 Dima, 1082 Sondika (Aeropuerto), 1059I Délica (Iberduero), 1059L Orduña-Iberduero, 1059U Lezama (Iberduero), 1061º Respaldiza (Iberduero), 1063E Barambio (Iberduero), 1065º Llodio (Depuradora), 1067P Arrigorriaga-Iberduero, 1069C Garai-Iberduero, 1074E Larrea (Iberduero), 1075E Aránzazu, 1077H Bilbao-LABEIN, 1078E Valmaseda, 1079E Arceniega, 1079G Gordejuela (Iberduero), 1080E Menagaray-Iberduero, 1080I Okendo-Iberduero, 1081U Derio-SIMA, IB01 Elorrio, IB02 Berna (Ibaizabal), IB03 Amorebieta, IB32 Urkizu (Arratia), IBP1 Berriz, KD01 Balmaseda (Kadagua), KD02 Aranguren (Kadagua), KD12 Sodupe, NB01 Saratxo (Nerbioi), NB02 Gardea, NB04 Zarátamo (Nerbioi), NB05 Abusu (Nerbioi) y NB11 Orozko (Altube).</p>
----------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.6.9 Barbadun

Información básica

Diagnóstico partida	de	La UDU principal que se abastece con los recursos del sistema (Sopuerta) cumple garantías.
Propuestas futuro	de	En la actualidad, la mayor parte de Muskiz y los municipios de Abanto y Zierbana ya se surten del Sistema Zadorra (CAAB) y está prevista la conexión con Sopuerta, cuya finalización está prevista antes de fin del horizonte 2021.
Posibles indicadores		<p>El único punto de control posible es la Estación de Aforos de BA01. Arenaio. Se trata de una estación en sección natural con una serie disponible corta, con bastantes fallos, y con valores anómalos, especialmente al comienzo de la serie. Su escasa fiabilidad, confirmada por los análisis hidrológicos realizados ha aconsejado no utilizarla como indicador.</p> <p>Puede utilizarse como indicador de valoración el Piezómetro SP26. Aguas Frías.</p> <p>Por último, se cuenta con los indicadores de acumulación de lluvia obtenidos para la Estación pluviométrica 1083. Arcentales.</p>

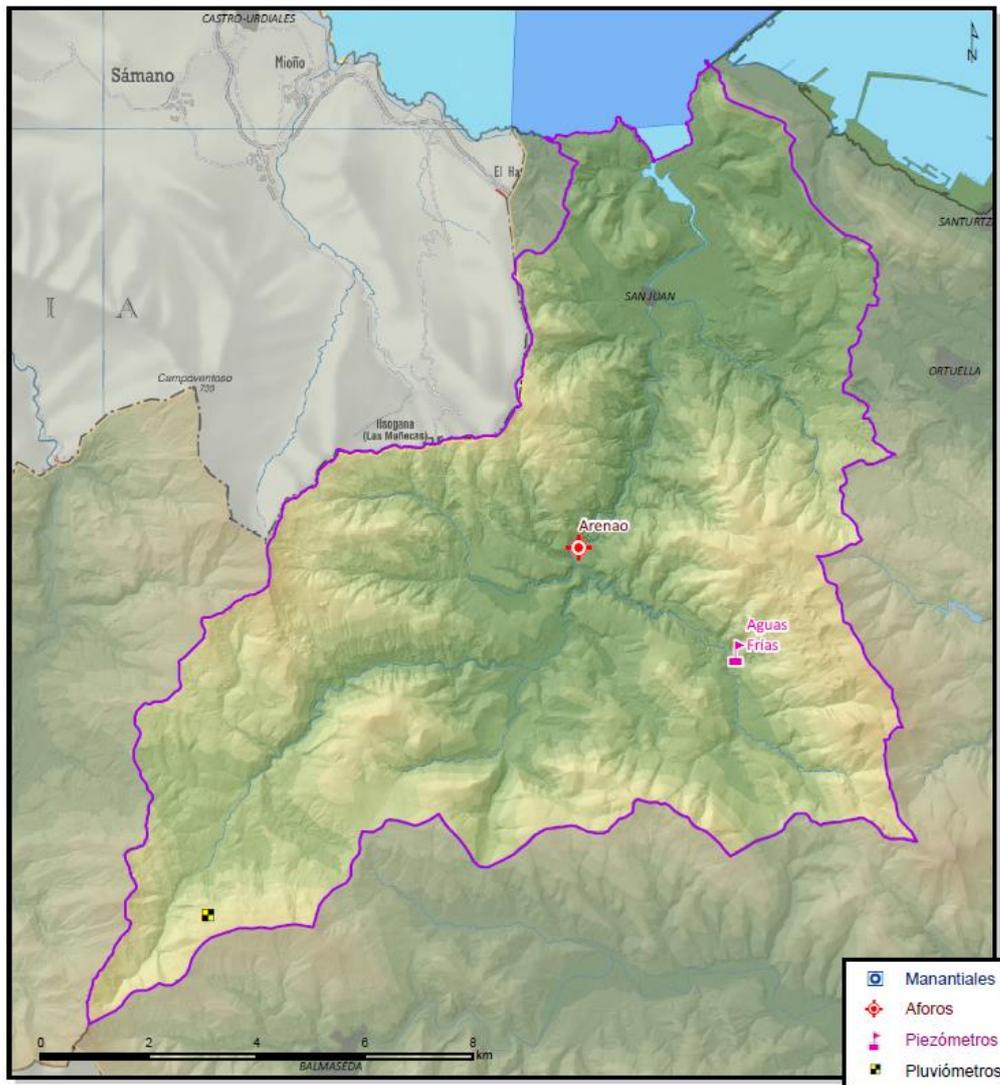


Figura 89 Propuesta de indicadores. Sistema Barbadun

Cálculo de indicadores

Piezómetro SP26 Aguas Frías

1) Tratamiento de datos. Se cuenta con registros desde marzo de 2007 (1.290 días).

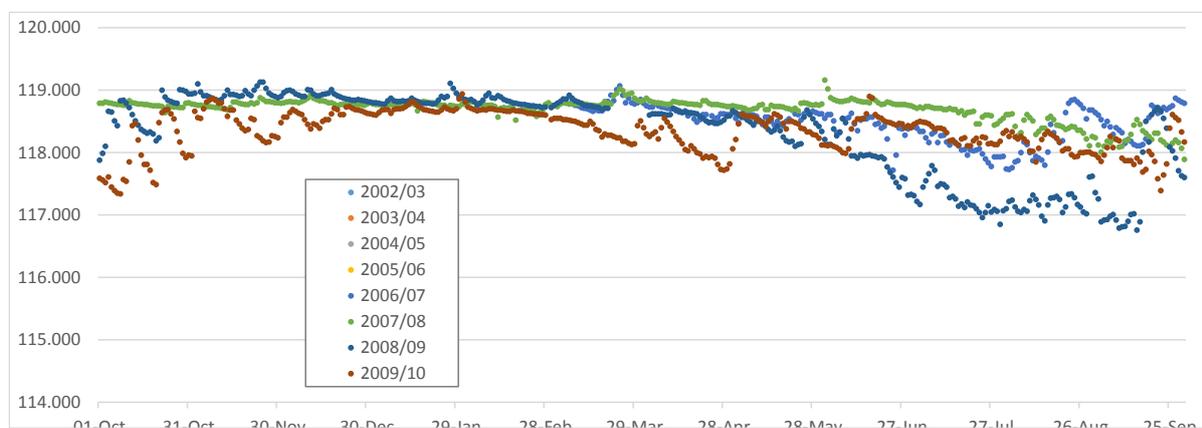


Figura 90 Cota piezométrica registrada en SP26. Aguas Frías

2) Análisis estadístico de las series de datos.

	Aguas bajas	Aguas medias	Aguas altas	Único
Mediana	118.2	118.6	118.7	118.6
Máximo	119.1	119.3	118.2	119.3
Mínimo	116.4	117.0	117.4	116.4
Promedio	118.1	118.6	118.7	118.4

3) Obtención de umbrales

	Análisis diferenciado por periodos			Análisis anual	Método mixto		
Aguas bajas	118.2	118.6	118.7	118.6	118.2	118.6	118.7
Aguas medias	117.5	118.0	118.2	117.7	117.5	117.7	117.8
Aguas altas	116.9	117.5	117.8	117.1	116.9	117.1	117.1

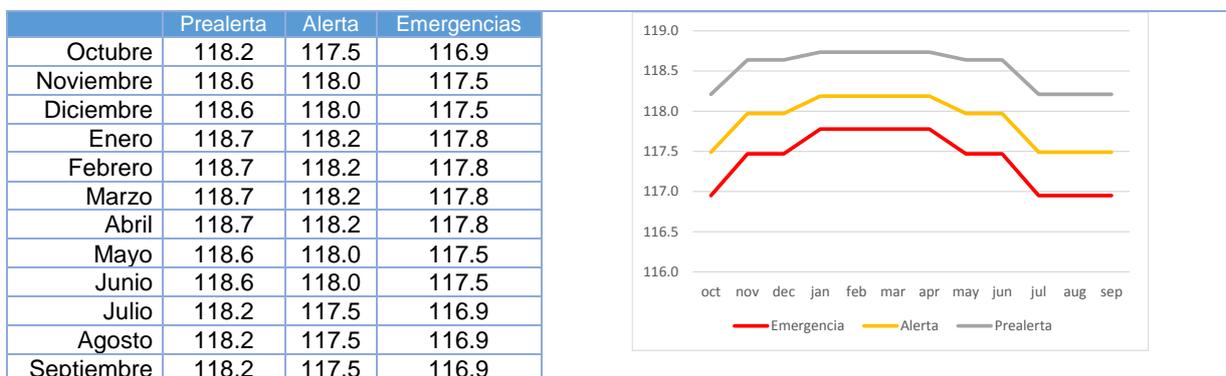


Figura 91 Umbral de cota msnm para SP26. Aguas Frías

4) Resultados

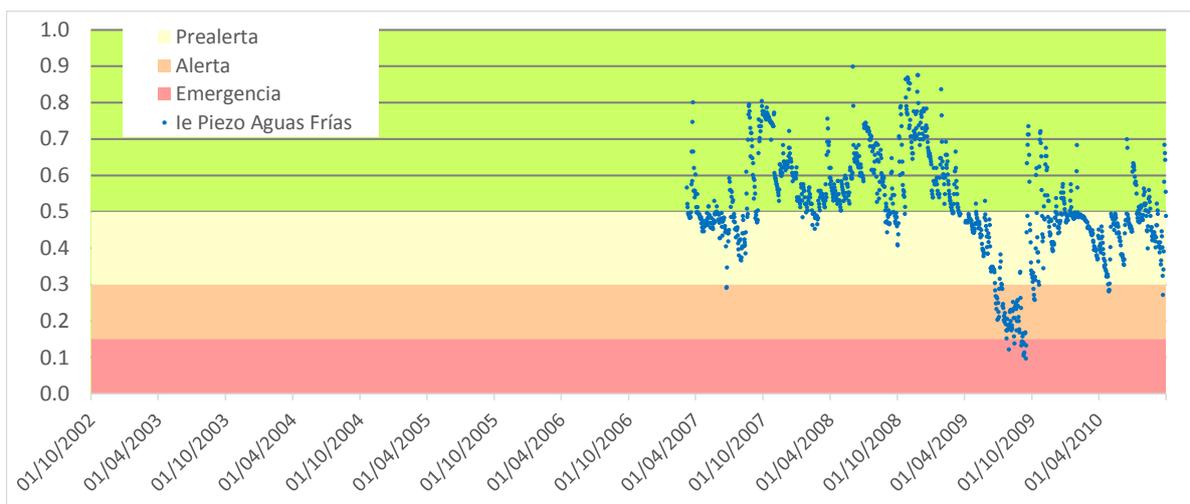


Figura 92 Aplicación de los umbrales al piezómetro SP26 Aguas Frías

	% días
normalidad	50.5%
pre-alerta	42.8%
alerta	5.8%
emergencia	0.9%

Indicadores pluviométricos

Se presentan los umbrales obtenidos para el indicador de precipitación acumulada en 2 meses para la Estación 1083 Arcentales.

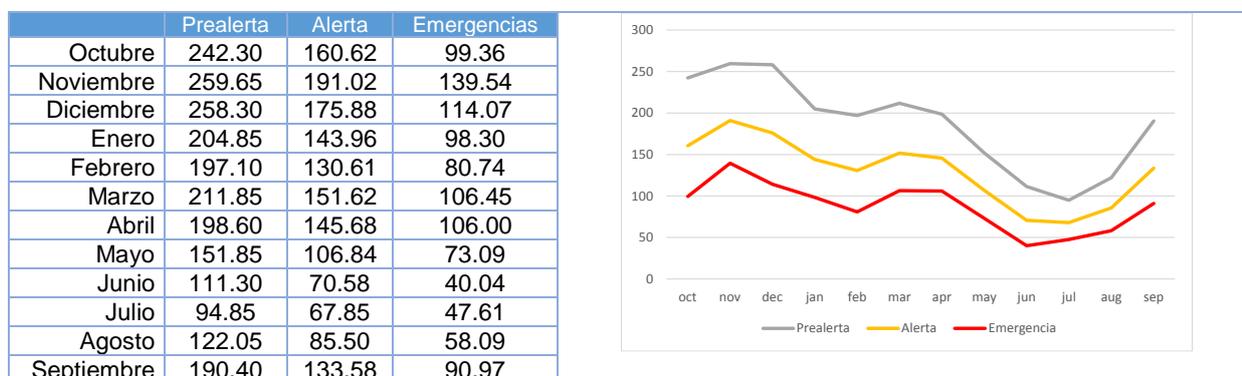


Figura 93 Umbral de precipitación acumulada en 2 meses. Pluviómetro 1083 Arcentales

Los resultados completos para distintos periodos de acumulación (precipitación e ISP) se presentan en el Anejo.

5.6.10 Resumen de indicadores

Un resumen de los indicadores propuestos, seleccionados de acuerdo a los criterios expuestos anteriormente, se presenta en la siguiente tabla.

	Indicador de estado	de	Indicadores de valoración	de	Observaciones
Bidasoa (Cuencas Internas)	Índice de fluyente: caudales aforados en EA 1106 Bidasoa en Endarlaza (PES Norte 2007).				Se propone que el volumen embalsado en San Antón (Endara) pase a indicador de estado, una vez concluya el Protocolo específico de Jaizkibel, quedando la EA 1106 como indicador de valoración. También se propone incluir como indicador de valoración la precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetros 1014 Hondarribia (Aeropuerto)
Oiartzun	Volumen almacenado en el embalse de Añarbe.		Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro 1017 Oiartzun.		
Urola	Volumen almacenado en los embalses de Barrendiola e Ibaieder		Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro 1037O Azcoitia.		
Deba	Volumen almacenado en los embalses de Aixola y Urkulu		Cota piezométrica [msnm] registrada en SP11. Kilimoi 3. Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro 1045 Mondragón.		
Artibai	Caudales aforados en AR02. Berriatua.		Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro 1053. Etxebarría.		
Lea	Caudales aforados en LE01.Oleta		Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetros 1055A. LeKeitio-Agustinas.		
Oka	Caudales aforados en OK01. Muxika		Cota piezométrica [msnm] registrada en SP09 Tole. Cota piezométrica [msnm] registrada en SP06 Olalde B Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro OK01. Muxika.		
Butroe	Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro 1057A. Bakio.				Los caudales aforados en BU01. Mungia deberían pasar a ser indicador de valoración cuando se cuente con series de aforo más robustas.
Barbadun	Precipitación acumulada en 2 meses en pluviómetro 1083. Arcentalles.		Cota piezométrica [msnm] registrada en SP26. Aguas Frias		Los caudales aforados en BA01. Arena deberían pasar a ser indicador de valoración cuando se cuente con series de aforo más robustas.

Tabla 54 Resumen de indicadores de sequía para las Cuencas Internas de la CAPV

6. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA LA MITIGACIÓN DE LAS SEQUÍAS

El objetivo de los umbrales es identificar situaciones que activen la adopción de medidas preventivas y/o correctoras. Estas medidas actuarán sobre los recursos disponibles —estableciendo alternativas de suministros y cambios en su gestión— y sobre la demanda —reduciendo el suministro y adaptándolo a la situación—, estableciendo protecciones ambientales adicionales y priorizando el uso de los recursos disponibles.

6.1 TIPOLOGÍA DE LAS MEDIDAS

Las medidas para afrontar las sequías hidrológicas se pueden agrupar en medidas preventivas o estratégicas, todas ellas de desarrollo y ejecución en situación normal, y medidas coyunturales o tácticas, de aplicación básicamente en situaciones de sequía.

Las medidas estratégicas pertenecen al ámbito de la planificación hidrológica y tienen como objetivo el refuerzo estructural del sistema para aumentar su capacidad de respuesta en el sentido de cumplimiento de garantías para atender demandas y requerimientos ambientales. En grandes líneas estas medidas se pueden agrupar en: medidas para el fortalecimiento de la oferta de agua con actuaciones infraestructurales o en el ámbito de la gestión; medidas para la racionalización de la demanda de agua; y medidas de conservación y protección del recurso y ecosistemas acuáticos.

Las medidas coyunturales o tácticas sí pertenecen al ámbito del PES. En la figura adjunta se ilustran los distintos tipos de medidas y su papel en el marco de la preparación y gestión de las sequías.



Fuente PES Norte 2007

Figura 94 Tipología de medidas a incluir en los PES e incidencia en ellas del artículo 4.6 de la DMA

A. Previsión:

A.1. Medidas de previsión de presentación de la sequía, consistentes en la definición y seguimiento de indicadores de presentación de la sequía.

A.2. Medidas de mejora del conocimiento y análisis de los recursos de la cuenca para su optimización, posible reasignación, reutilización e intercambio en determinadas coyunturas.

A.3. Medidas de establecimiento de reservas estratégicas (volúmenes de embalse, reservas en acuíferos) para su utilización en situaciones de sequía.

B. Operativas para adecuar la oferta y la demanda:

B.1. Medidas relativas a la atenuación de la demanda de agua (sensibilización ciudadana, modificación de garantías de suministro, restricciones de uso, penalización de consumos excesivos).

B.2. Medidas relativas al aumento de la oferta de agua con actuaciones infraestructurales (movilización de reservas estratégicas, transferencias de recursos desde sistemas vecinos).

B.3. Gestión combinada de recursos disponibles, necesidades hídricas y protección ambiental (modificaciones en la prioridad de suministro a los distintos usos, restricciones de suministro, activación de intercambios de derechos de uso).

C. Organizativas:

C.1. Establecimiento de responsables y organización para la ejecución y seguimiento.

C.2. Coordinación entre administraciones y entidades públicas o privadas vinculadas al problema.

D. Seguimiento, de aplicación en situación de normalidad, sequía y de postsequía, de la ejecución del plan y de sus efectos: seguimiento de indicadores de ejecución, de efectos (ambientales, económicos, territoriales) y de cumplimiento de objetivos.

E. Recuperación, de aplicación en situación de postsequía.

F. Coordinación de planificaciones, de aplicación en situación normal y de sequía, que contendrán directrices y normas a tener en cuenta en los planes de emergencia de los abastecimientos urbanos.

Los tipos de medidas contempladas en el PES se caracterizan, según esto, por los siguientes rasgos:

- Son básicamente medidas de gestión, no incluyendo en general desarrollo de obras o infraestructuras.
- Salvo las medidas de previsión (seguimiento de indicadores de alerta y mantenimiento de reservas estratégicas), el resto son medidas de aplicación temporal en situaciones de sequía y al finalizar ésta.
- Las medidas de mitigación de efectos son de aplicación progresiva estableciéndose umbrales de aplicación o profundización de las medidas conforme se agrave la situación de sequía.

6.2 MEDIDAS PARA LA MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA

6.2.1 Antecedentes

El Plan Hidrológico de la cuenca Norte de 1998 ya contemplaba determinadas líneas de actuación en situación de sequía que incidía en aspectos relativos a:

- El proyecto de las obras de atención a las demandas futuras en base a la obtención de garantías satisfactorias incluso en las sequías de los años 1941-43 y 1989- 90.
- La definición de curvas de garantía para embalses o acuíferos subterráneos (100%, 90%, 80%, 70%) cuyo alcance desencadenase una reducción de la demanda servida a los niveles de la curva inferior.
- El estudio de la correlación caudales - lluvia cuando los recursos procedan de manantiales o de cauces no regulados, de manera que se deberían ampliar los abastecimiento si no se daban garantías suficientes con el caudal mínimo conocido.
- La combinación de los abastecimientos urbanos, industriales y de otros usos para que la eventual falta de recurso pueda suplirse con indemnizaciones económicas, o bien mediante la reutilización de aguas residuales a cambio de un mayor costo en la depuración.

El PES Norte-2007 dedica sus capítulos 6 y 7 a tipificar y establecer las medidas de prevención y mitigación de la sequía. Incorporaba el concepto de presión hidrológica con objeto de tener en cuenta los valores de demanda asociada a cada sistema: $P = (RG - (Vna + DU)) / OD$ donde:

P: Presión hidrológica.

RG: Recursos disponibles garantizados con las infraestructuras de aprovechamiento actuales.

DU: Demanda para abastecimiento urbano.

Vna: Valor necesidades ambientales.

OD: Resto de las demandas

El valor de la presión hidrológica se clasificaba en:

>1	Compatible (demandas garantizadas)
1-0,75	Moderada
0,75-0,25	Severa
<0,25	Crítica

Con carácter tentativo, se planteaba la siguiente relación entre el índice de estado y la presión hidrológica, de manera que se afirmaba que debía considerarse por tanto como una decisión inicial, válida para esta primera edición del PES, pero que debería quedar sometida a revisión en función de la experiencia del seguimiento.

ÍNDICE DE ESTADO	MEDIDAS A ADOPTAR			
	PRESIÓN HIDROLÓGICA			
	COMPATIBLE	MODERADA	SERVERA	CRÍTICA
NORMALIDAD	NORMALIDAD	NORMALIDAD	PREALERTA	PREALERTA
PREALERTA	NORMALIDAD	PREALERTA	ALERTA	ALERTA
ALERTA	PREALERTA	ALERTA	ALERTA	EMERGENCIA
EMERGENCIA	ALERTA	EMERGENCIA	EMERGENCIA	EMERGENCIA

Fuente PES Norte 2007

Figura 95 Propuesta de relación entre índice de estado y presión hidrológica

El PES Norte 2007 establece una serie de medidas generales y específicas para las distintas fases, que se organizan de acuerdo a los bloques que se han descrito en la sección 6.1.

6.2.2 Propuesta de medidas

Con objetivos similares y similar orientación preventiva que los documentos anteriores, se plantean una serie de medidas que se incorporan buena parte de los programas y estrategias de mitigación de las sequías que se han puesto a punto durante el diseño y operación de la primera generación de PES (indicadores y umbrales), corrigiendo algunos de los problemas que han dificultado su aplicación práctica en el pasado.

En este sentido, se han desarrollado indicadores que relacionan las situaciones hidrológicas con una proyección pesimista de evolución futura (escenarios de aportaciones en el rango de las mínimas históricas) con las demandas a servir. Este enfoque mejora sustancialmente la valoración indirecta mediante el indicador de presión hidrológica y evita que se desencadenen alertas o incluso emergencias en situaciones que no comportan un riesgo real de desabastecimiento.

La estandarización y normalización que permite el empleo del concepto de Índice de Estado y de los niveles umbral (normalidad-prealerta-alerta-emergencia) de acuerdo a la Fig 94 permite homogeneizar el tipo de medidas desencadenadas por cada uno de estos niveles para ámbitos diferentes y tipos de indicadores de diversa naturaleza.

Medidas en situación de normalidad

Buena parte de las medidas que se proponían en los PES de primera generación han sido cubiertas en el marco del primer ciclo de planificación hidrológica y trabajos de apoyo. Sin ánimo de exhaustividad pueden citarse las siguientes:

- Estudio de los recursos, incluso modelos predictivos que incorporen la incidencia del cambio climático.
- Estudio de las demandas asociadas a la actividad humana.
- Estudio de requerimientos ambientales.
- Estudio e inventario de captaciones e infraestructuras.
- Estudio de posibilidades de reutilización de aguas residuales.
- Promoción de las mancomunidades y consorcios para optimizar la gestión de fuentes de suministro múltiples.

- Seguimiento de los datos recogidos en las estaciones de medida (aforos, embalses, red piezométrica).
- Control y vigilancia de la calidad de las aguas.

Aunque algunas de estas medidas o acciones son susceptibles de permanente actualización, revisión y mejora, tales actividades han de entenderse adscritas al ámbito de la planificación hidrológica general.

Por otra parte, corresponden a la fase de normalidad la activación y ejecución de los proyectos y actuaciones necesarias para consolidar o reforzar las garantías de suministro en aquellos sistemas que así lo requieran. Tales acciones deben estar incluidas en el Plan Hidrológico y han sido identificadas, en primera instancia, en los apartados descriptivos (información básica – propuestas de futuro) de la sección 5.6.

También corresponde a esta fase el normal mantenimiento de las infraestructuras, en particular, las específicamente destinadas al apoyo en sequías y emergencia.

Además de las anteriores, se han identificado necesidades específicas para una eficaz gestión de los eventos de sequía que se concretan en las siguientes acciones:

Análisis del potencial de ahorro. En la actualidad no se dispone de información contrastada de cuál es el potencial de ahorro de cada sistema de suministro ante distintos supuestos: campañas de concienciación pública (general y ante un riesgo inminente de sequía), limitación de usos no prioritarios, recortes temporales en el suministro. Los entes suministradores deberán abordar los análisis específicos para determinar este potencial, lo que permitirá una mejor modulación de las medidas y, en caso necesario, podrá fundamenta una revisión de los umbrales.

Creación de un observatorio de la sequía. Se considera necesaria la creación de una herramienta específica para facilitar el acceso público a la información disponible –en particular, el seguimiento de los indicadores–, la comunicación y el intercambio con los usuarios del agua, ciudadanos y agentes. Uno de los objetivos prioritarios es la concienciación y sensibilización social y puede ser el primer paso en el logro de los objetivos de ahorro.

Medidas en fase de pre-alerta

Activación de campañas de ahorro. En este nivel, se trata de la adopción de acciones destinadas a la comunicación al público y sensibilización social. En ausencia de los análisis del potencial de ahorro a los que se hace referencia en la sección 6.2 se fija un objetivo tentativo del 5% sobre el consumo habitual. Estas medidas deben hacerse extensibles a toda la unidad hidrológica. Cálculo y publicación semanal del valor de los indicadores de sequía.

Activación de recursos alternativos. En este nivel se plantea la movilización de recursos mediante las siguientes estrategias:

- En su caso, puesta en marcha de los protocolos de actuación acordados entre URA y los entes suministradores y/o contempladas en los planes de emergencia aprobados.

- *En su caso, puesta en marcha de las instalaciones de apoyo: bombeos de aguas fluyentes y subterráneas, dispositivos y conexiones de emergencia.*
- *Llenado y gestión preventiva de los depósitos de regulación, compatible con el respeto del régimen de caudales ambientales.*
- *Movilización de caudales fluyentes suplementarios o alternativos, compatible con el régimen de caudales ecológicos mínimos.*

Medidas en fase de alerta

Intensificación de las campañas de ahorro. *En este nivel, se trata de la adopción de acciones específicas que garanticen la reducción del consumo, tales como la prohibición de consumos no prioritarios tales como el baldeo de calles, el llenado de piscinas y el riego de jardines. En ausencia de los análisis del potencial de ahorro a los que se hace referencia en la sección 6.2 se fija un objetivo tentativo del 10% sobre el consumo habitual.*

Estas medidas deben extenderse a todas las demandas del sistema y, en particular, a las que afectan al indicador de estado tanto situadas aguas arriba –que, por tanto, condicionan las aportaciones afluentes a las estaciones de aforo o embalses en los que se establece el Índice de Estado–, como aguas abajo.

Activación de recursos alternativos. *En este nivel se plantea intensificar la movilización de recursos mediante las estrategias similares indicadas en pre-alerta en la medida en que sigan siendo aplicables de acuerdo a la situación en las masas de agua en las que se ubican las captaciones. El aprovechamiento de la capacidad natural de regulación de las masas de aguas subterráneas puede jugar un papel fundamental en esta fase.*

Medidas en fase de emergencia

Intensificación de las campañas de ahorro. *En este nivel, se trata de sumar a las anteriores medidas específicas de ahorro, la adopción de acciones enérgicas que aseguren una máxima reducción del consumo, pudiendo llegar a los cortes temporales durante el período nocturno para impedir pérdidas por fugas. En ausencia de los análisis del potencial de ahorro a los que se hace referencia en la sección 6.2 se fija un objetivo tentativo del 20% sobre el consumo habitual. Estas medidas deben extenderse a todas las demandas del sistema.*

Aplicación de la relajación del régimen de caudales mínimos ambientales *en aquellas masas en que el Plan Hidrológico determine la viabilidad de tal ajuste.*

Activación de recursos alternativos. *En este nivel se plantea el último escalón de movilización de recursos mediante la utilización a plena capacidad de infraestructuras de captación y bombeo, siempre compatible con los requerimientos ambientales correspondientes a esta fase. En casos extremos, particularmente en ámbitos rurales, puede habilitarse el suministro con cisternas.*

Medidas en fase de post-sequía: seguimiento y recuperación

Informe post-sequía que contendrá, al menos: una descripción de la evolución de los indicadores de estado y de valoración incluyendo los pluviométricos; una evaluación *expost* del grado de cumplimiento de las medidas previstas tanto operativas como organizativas; una evaluación, en su caso, del deterioro temporal causado en las masas de agua y en los ecosistemas dependientes; una evaluación de las lecciones aprendidas y, en particular, de la conveniencia de reajustar indicadores umbrales y medidas; en su caso, propuesta de medidas adicionales a las incluidas en este Programa.

Excepcionalmente, **aportación de caudales y volúmenes para la recuperación de ecosistemas, hábitat y especies.**