

Estrategias de adaptación al Cambio Climático basadas en mapas de indicadores de funcionamiento de las redes de distribución de agua potable referidas a los recursos hídricos

Jabier Almandoz Berrondo, Rubén Jiménez Redal, Asier Arrizabalaga Echeverría

jabier.almandoz@ehu.es, ruben.jimenez@ehu.es, asier.arrizabalaga@ehu.es

Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

1 Resumen

En la última década los Indicadores de Gestión en el Suministro de Agua de IWA se han convertido en una importante herramienta para poder evaluar la eficiencia de las redes de distribución y han contribuido de manera eficaz a la mejora tanto de la gestión financiera como operacional de los sistemas de agua. Utilizando los resultados comparativos de 27 sectores relativos a 10 municipios de la CAPV (Comunidad Autónoma del País Vasco), obtenidos gracias al proyecto de investigación K-EGOKITZEN del Gobierno Vasco, este estudio presenta unos resultados relativos a las pérdidas reales, ILI, rendimientos de medición y red, volúmenes incontrolados por medición y por fugas, dotaciones registradas domésticas y no domésticas, etc., como paso previo a la definición de cada una de las estrategias de adaptación acordes con las características de los sistemas de abastecimiento y las condiciones a las que pueden ser expuestas en un futuro escenario de Cambio Climático.

2 Introducción

Un elevado consumo de agua supone un riesgo de sobreexplotación de los recursos hídricos y si no se controla puede conducir a su agotamiento con consecuencias irreversibles. El desarrollar políticas que potencien la eficiencia hídrica se vuelve imprescindible. El recurso es abundante pero es limitado y aumentar la oferta en la CAPV aunque es posible en determinados sistemas, no es lo más aconsejable de acuerdo a la Directiva Marco del Agua (DMA) y a esto hay que añadir las grandes posibilidades existentes en la mejora de la gestión del agua sobre todo en los sistemas en baja. Por ello, se aboga por políticas de gestión de la demanda, que buscan la reducción del consumo por parte del usuario y además disminuir las pérdidas reales y aparentes en todas las etapas del ciclo del agua previas a su uso final.

El análisis de los recursos y usos del agua desde el punto de vista de las pérdidas de agua se considera un aspecto fundamental a la hora de establecer estrategias de eficiencia en la gestión de los abastecimientos y en estrategias de adaptación al CC.

3 Auditoría hídrica de los sistemas de abastecimiento

El objetivo de realizar una auditoría en un sistema completo de abastecimiento o simplemente en una red de distribución de agua no es otro que conocer en profundidad las características y parámetros que definan el estado general de la red o del sistema. Y lógicamente una de las características más importantes es conocer el valor de las pérdidas de agua o consumos no controlados por el gestor del sistema, pero no la única; aunque hoy en día es muy común diagnosticar únicamente el estado de una red por medio de su rendimiento global, hay que reconocer que éste no es el único parámetro que define el estado de la red; de todas maneras, querer conocer con precisión este valor obliga a los auditores a realizar unos análisis que van a permitir conocer el estado de nuestro sistema

con una mayor gama de propiedades que el simple rendimiento, y que a medida que la auditoría forme parte de un proceso de mejora continua, el aumento de esta precisión va a generar un mayor conocimiento de nuestra red.

De cara a poder establecer estrategias de adaptación al CC en relación a la disponibilidad y uso de los recursos hídricos, dos son los tipos de indicadores que se van a analizar en este trabajo: los indicadores absolutos o de ITA de la UPV de Valencia (Cabrera 1999) y los indicadores de la IWA (Alegre 2006) que son lo que más fuerza han tomado a nivel Internacional. Los indicadores de ITA más relevantes son el rendimiento global, el rendimiento de red y el rendimiento de medición del sistema. Los indicadores de la IWA más relevantes de cara a los recursos hídricos son el Índice de Fugas Estructurales IFE (ILI Infrastructure Leakage Index) y el NRW (Non Revenue Water).

4 Gráficas y mapas de la CAPV

A continuación se exponen las gráficas y mapas más relevantes correspondientes a los años 2008 y 2009, en las cuales se muestran las evidencias y en qué estado se encuentran estos sectores o abastecimientos de la CAPV.

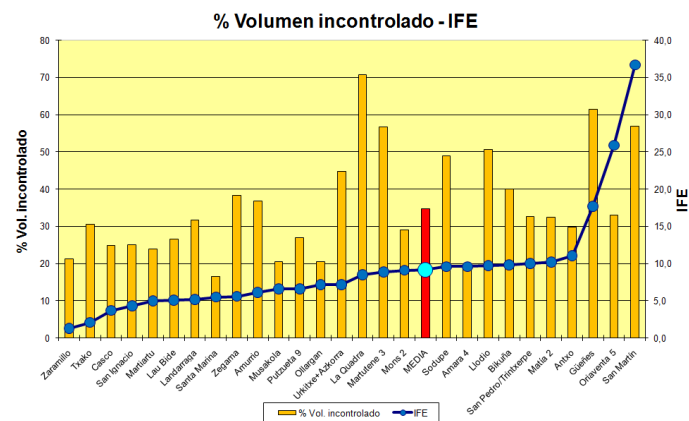


Figura 1 Comparación entre el % de incontrolados y el IFE en los sistemas estudiados

En la Figura 1 se observan los sectores y municipios estudiados. Se puede ver la diferencia entre el % de volumen incontrolado (100 - rendimiento global del sistema) y los valores de IFE (Índice de Fugas Estructural o ILI). En cada municipio las barras indican el % de volumen incontrolado y los puntos de color azul el valor del IFE. Aunque hoy en día todavía se sigue analizando la gestión de las pérdidas de agua con la variable rendimiento, la IWA ha propuesto el indicador ILI (IFE) para poder comparar los abastecimientos entre sí. Se observa la no correspondencia entre el % del Volumen incontrolado y el indicador ILI que nos expresa la situación del abastecimiento de cara a las fugas. Por ejemplo La Cuadra (Güeñes) tiene casi un 70 % de volumen incontrolado y Oriaventa 5 (San Sebastián) de poco más del 30 %; sin embargo el sector de Oriaventa es un sector que está en peores condiciones relativas a las fugas que el de La Cuadra: La Cuadra ILI (IFE) = 8,5 y ILI (Oriaventa 5) = 25,9, muy por encima de los valores límites admisibles 6-8 por la International Water Association (IWA).

En la Figura 2, se relacionan los valores calculados del rendimiento de red y el rendimiento de medición del sistema o de la red de distribución. El rendimiento de red expresa la situación de la red en cuanto a fugas o pérdidas reales y el rendimiento de medición en cuanto a la medición o pérdidas aparentes, no físicas, es decir, subcontaje más consumos fraudulentos y consumos legales no medidos.

Se puede observar que en la mayoría de municipios estudiados el valor del rendimiento de la medición (84,7 %) supera al de la red (75,5 %), por ello la mayoría de los puntos se encuentran por debajo del eje que marca la igualdad de rendimientos. Esto es algo coherente con la práctica y la cultura existente en los abastecimientos de

la CAPV, muy enfocada a la medición y control de los contadores, frente al control activo de fugas, donde todavía existen menos posibilidades y cultura para hacer frente a estas importantes pérdidas de agua.

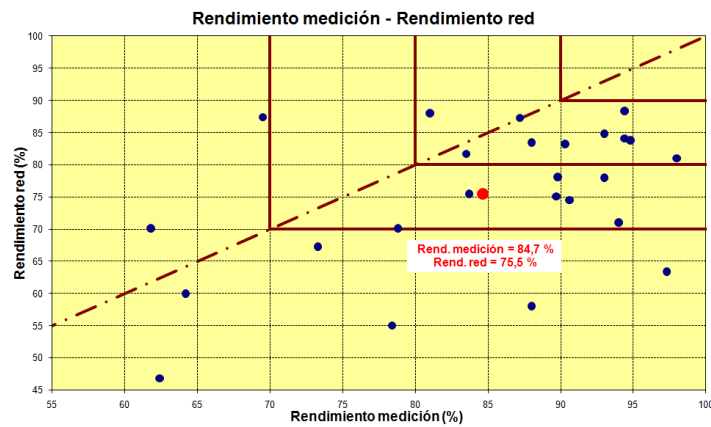


Figura 2 Comparación entre rendimiento de red y el rendimiento de medición

Se puede observar que en la mayoría de municipios estudiados el valor del rendimiento de la medición (84,7 %) supera al de la red (75,5 %), por ello la mayoría de los puntos se encuentran por debajo del eje que marca la igualdad de rendimientos. Esto es algo coherente con la práctica y la cultura existente en los abastecimientos de la CAPV, muy enfocada a la medición y control de los contadores, frente al control activo de fugas, donde todavía existen menos posibilidades y cultura para hacer frente a estas importantes pérdidas de agua.

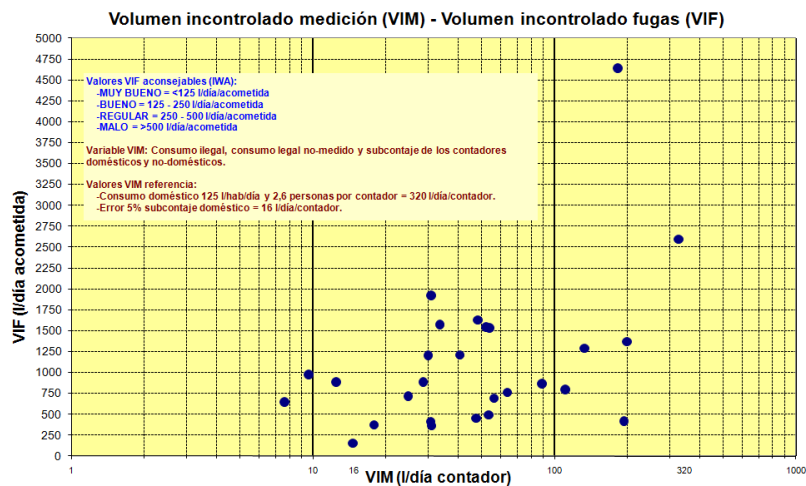


Figura 3 Comparación del origen del volumen incontrolado, no medido o fugado

En la Figura 3 se comparan el Volumen Incontrolado por Fugas (VIF) y el Volumen Incontrolado por Medición (VIM), variables que pueden ser calculadas gracias al conocimiento de los volúmenes anuales de pérdidas reales y aparentes de agua. Son indicadores relativos referidos a “número de acometidas” y “número de contadores” para poder así comparar los sistemas o sectores entre sí. Los valores aceptables considerados de cada variable son:

- VIF < 500 l/día y acometida

- VIM < 10 l/día y contador (representa un subcontaje del 3 %, valor muy aceptable a nuestro parecer. Un error del 5 % de subcontaje equivale a un VIM de 16 l/día y contador, valor que aparece en la gráfica.

Se observa en las gráficas que independientemente de los rendimientos de cada sector o sistema, las posibilidades de mejora o ahorro de agua relativo a las pérdidas físicas son importantes (VIF), al igual que las relativas a los volúmenes de las pérdidas aparentes de agua (VIM).

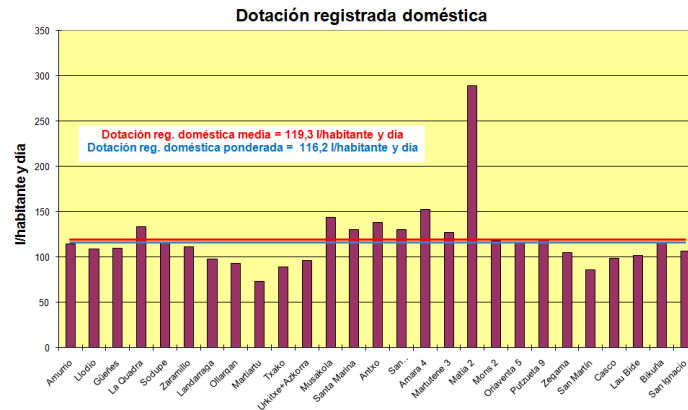


Figura 4 Comparativa de las dotaciones registradas domésticas en los distintos municipios estudiados en la CAPV

Con el análisis de la dotación registrada doméstica se puede observar la concienciación enfocada al ahorro de la población abastecida. La Figura 4 indica una dotación doméstica promedio de 120 l/habitante y día, muy cercana al valor de 130 l/habitante y día, valor promedio de toda la CAPV actual. Hay varios sectores con dotaciones domésticas inferiores a 80, que pueden denotar un subcontaje de los contadores domésticos importante. Cada vez es mayor la concienciación en los servicios de agua de una mejor medición de los consumos de agua y esto obliga a que deba existir un plan de renovación de contadores en los responsables del servicio.

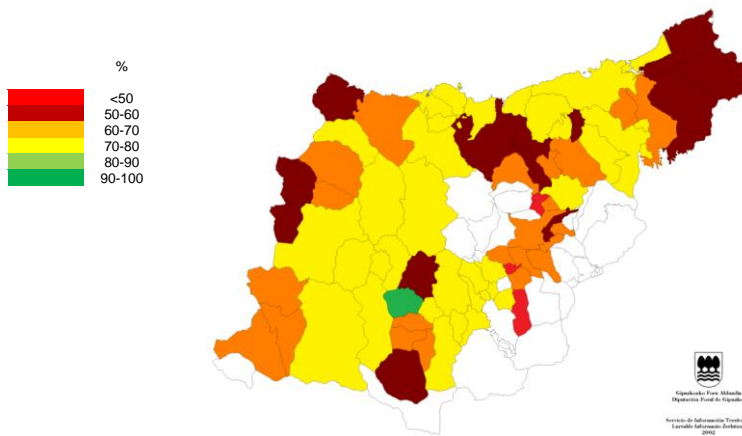


Figura 5 Rendimientos globales en Gipuzkoa obtenidos para cada sistema de abastecimiento

La figura 5 refleja el mapa de rendimientos globales de Gipuzkoa del año 2008. La mayoría de los rendimientos globales es de color amarillo representativo de un valor entre el 70-80%. Existen todavía algunos municipios con rendimientos entre el 50-60% (Ikaur 2008).

5 Análisis de garantía de los sistemas de abastecimiento CAPV

En este apartado se analizan los distintos sistemas de abastecimiento de la CAPV, incidiendo en el análisis de la garantía que ofrece cada sistema. Se va a incidir en el mismo en aspectos de recursos hídricos y sociodemográficos relacionados con el CC.

Gracias a los datos facilitados por “Arquitectos e Ingenieros Ikaur S.L.” (Ikaur 2004) se obtiene el valor de los caudales garantizados para la mayoría de sistemas de la CAPV. Se entiende como caudal garantizado el “mínimo que puede ser garantizado por un embalse a lo largo de su vida”. En los cálculos de los caudales de garantía realizados no se han tenido en cuenta otros recursos diferentes a los utilizados en los propios embalses.

En base a estos caudales garantizados y consumos en alta y en baja a fecha de 2001, 2004 y 2008, y además teniendo en cuenta una serie de hipótesis reflejadas en el punto 5.1 podemos concluir cuál es el nivel de garantía que se obtiene en los diferentes sistemas de la CAPV de cara al año horizonte de este estudio (2025), es decir la relación existente entre el caudal o volumen garantizado en cada sistema teniendo en cuenta efectos del CC y el caudal o volumen de agua necesario a inyectar o suministrar en alta en cada sistema teniendo en cuenta nuevas dotaciones y posibles datos poblacionales. Se han utilizado los datos de rendimientos de red y de medición disponibles para una serie de municipios de cada sistema y así poder concluir si sería suficiente el ahorro conseguido si se reparasen las fugas para garantizar el suministro a la población.

5.1 Metodología de trabajo

Se analizan los impactos referidos a los recursos hídricos a efectos de CC y a factores demográficos posibles con el horizonte del 2025. Los parámetros analizados son:

a) La disponibilidad del recurso hídrico. Según los estudios existentes actualmente, parece bastante probable que la disponibilidad del recurso hídrico, es decir la cantidad del agua disponible en embalse vaya a disminuir. La disponibilidad existente del recurso hídrico de cara al año 2025 se puede ver reducida entre un 5 y un 10%.

b) El número de habitantes. Previsiblemente el número de habitantes puede aumentar o mantenerse constante dependiendo de los diferentes escenarios analizados. Se supone un aumento del 5%.

c) La dotación registrada en baja. Se prevé un aumento de la dotación consumida para el caso de un estado de confort debido al aumento de la temperatura ambiental como consecuencia del CC. Sin embargo, presumiblemente, este aumento será compensando con la evolución a la baja de los consumos durante los últimos años. Por ello, no se supone ninguna variación en los valores de dotación registrada en baja consumida por cada uno de los habitantes de la CAPV.

El caudal garantizado (Ikaur 2004) está sujeto a diferentes escenarios debido al CC. El caudal registrado se ve afectado por el aumento de población y por la dotación. Si la dotación es constante, solamente el aumento de la población afectará a su valor. El caudal o volumen incontrolado consumido se ve afectado de la misma manera que el registrado. El caudal suministrado es la suma de este registrado y del incontrolado consumido. Se supone que el caudal fugado en cada escenario es constante y es el valor correspondiente al del 2008 calculado. Podría verse afectado por un cambio en la política del control de fugas. Si bien se sabe que las fugas aumentan de manera natural en las redes, en principio se supone que el valor es constante y luego se analizan las posibilidades de cambio de política en las fugas como estrategia en caso de no poder disponer del volumen necesario a inyectar por ser inferior al de garantía. El caudal inyectado se refiere al caudal que va a hacer falta en el 2025 para satisfacer las necesidades en cada sistema. Su valor es la suma del caudal suministrado más el de fugas.

Con todos los datos disponibles, se analiza si el caudal garantizado es mayor o menor al caudal inyectado con datos relativos al año 2008. Dado el desconocimiento existente, se aplica este estudio sobre 3 escenarios posibles, viendo en qué casos estaría garantizado el suministro. En el caso de que no estuviese garantizado, se analiza cuánto tendría que mejorar la gestión de fugas en la red para garantizarlo.

- *Escenario 1: Ninguna variación en las 3 variables (recurso, población y dotación).*
- *Escenario 2: Reducción del recurso disponible en un 5%, aumento de la población en un 5% y valor constante para la dotación.*
- *Escenario 3: Reducción del recurso disponible en un 10%, aumento de la población en un 5% y valor constante para la dotación.*

5.2 Relación de caudales garantizados

Tabla 1 Relación de caudales garantizados para cada sistema (IKAUR SL)

SISTEMA AÑARBE	1.200	l/s	SISTEMA ARRIARAN	100	l/s
SISTEMA ARTZINIEGA	30	l/s	SISTEMA IBIUR	150	l/s
SISTEMA URKULU-AIXOLA	400	l/s	SISTEMA TXINGUDI	240	l/s
SISTEMA IBAIZABAL	4.567	l/s	SISTEMA BARRENDIOLA	65	l/s
SISTEMA MAROÑO	120	l/s	SISTEMA IBAIEDER	270	l/s

En los valores de la Tabla 1 se ha tenido en cuenta el caudal garantizado por el embalse que alimenta el correspondiente sistema. Por todo ello, los resultados obtenidos y las respectivas consecuencias serán más desfavorables que las que se obtendrían si se tuviesen en cuenta el resto de recursos posibles de utilizar. Por ello, en el cálculo de la vulnerabilidad de los sistemas sólo se ha tenido en cuenta el volumen de los embalses.

5.3 Resultados obtenidos en los sistemas de la CAPV

Tabla 2 Relación de garantía para los distintos sistemas estudiados

	<i>Escenario 1</i>	<i>Escenario 2</i>	<i>Escenario 3</i>
SISTEMA AÑARBE	Garantizado	Garantizado	Garantizado
SISTEMA TXINGUDI	No-Garantizado	No-Garantizado	No-Garantizado
SISTEMA ARRIARAN	No-Garantizado	No-Garantizado	No-Garantizado
SISTEMA IBIUR	No-Garantizado	No-Garantizado	No-Garantizado
SISTEMA BARRENDIOLA	Garantizado	No-Garantizado	No-Garantizado
SISTEMA IBAI-EDER	Garantizado	Garantizado	Garantizado
SISTEMA IXOLA-URKULU	Garantizado	Garantizado	Garantizado
SISTEMA MAROÑO	Garantizado	No-Garantizado	No-Garantizado
SISTEMA ARTZINIEGA	Garantizado	Garantizado	Garantizado
SISTEMA IBAIZABAL	Garantizado	Garantizado	No-Garantizado

5.4 Ejemplo sistema Añarbe

En la Tabla 3 se presentan los valores del número de habitantes de cada municipio, los valores de los m³ anuales consumidos en alta y baja y a partir de este dato el porcentaje anual de volumen de agua incontrolada o no registrada en cada municipio, bien por fuga o por falta de medición.

Tabla 3 Relación de garantía para los distintos sistemas estudiados

POBLACIONES	HABITANTES	ALTA (m³/año)	BAJA (m³/año)	% INCONTROLADO
ASTIGARRAGA	4.678	563.409	345.881	38,6%
DONOSTIA/SAN SEBASTIÁN	185.357	18.069.468	13.348.974	26,1%
ERRETERIA	38.505	3.539.505	2.465.565	30,3%
HERNANI	19.289	1.879.800	1.321.247	29,7%
LASARTE-ORIA	17.694	1.814.000	1.050.392	42,1%
LEZO	6.022	763.981	392.577	48,6%
OIARTZUN	9.846	1.601.934	891.152	44,4%
PASAIA	15.996	998.317	795.100	20,4%
URNIETA	6.065	1.339.330	949.101	29,1%
USURBIL	5.793	868.467	612.269	29,5%
TOTAL SISTEMA	309.245	31.438.211	22.172.258	29,5%

Tabla 4 Análisis de garantía en los 3 escenarios sistemas estudiados

SISTEMA AÑARBE	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Rendimiento red	81,6%	82,3%	82,3%
Rendimiento medición	86,4%	86,4%	86,4%
Rendimiento global	70,5%	71,1%	71,1%
Recurso	0,0%	-5,0%	-10,0%
Población	0,0%	5,0%	5,0%
Dotación	0,0%	0,0%	0,0%
Fugas	0,0%	0,0%	0,0%
Q garantizado (l/s)	1.200,0	1.140,0	1.080,0
Q inyectado (l/s)	996,9	1.037,6	1.037,6
Q garantizado - Q inyectado (l/s)	203,1	102,4	42,4
Q fugado (l/s)	183,3	183,3	183,3
Q suministrado (l/s)	813,6	854,2	854,2
Q inc. Consumido (l/s)	110,5	116,0	116,0
Q registrado (l/s)	703,1	738,2	738,2
¿Se garantiza el suministro?	Garantizado	Garantizado	Garantizado

En el sistema Añarbe se puede concluir que está garantizado en los 3 escenarios el caudal inyectado necesario. De todas maneras en el escenario 2 se suministra el 91% del caudal de garantía y en el escenario 3 el 96 %, quedando un margen relativamente pequeño. Los 183,3 l/s de caudal de fuga que representan el 18 % de caudal inyectado son un excelente margen para tener una menor vulnerabilidad ante los efectos del CC.

6 Posibles impactos del CC en los recursos hídricos y análisis de riesgo en sistemas de abastecimiento

Los nuevos escenarios debidos al CC van a generar una serie de impactos, siendo los originados en los recursos hídricos los que se van a estudiar o analizar en el presente apartado.

Importantes impactos en los recursos hídricos ante los posibles escenarios de CC implican cambios en la escorrentía y en los regímenes de caudales a escala anual y estacional. La reducción de la calidad del agua asociada a los cambios en la escorrentía, el aumento de la temperatura del agua, y el aumento de las demandas humanas del suministro de agua pueden ser otras consecuencias asociadas.

Las regiones que experimenten un aumento considerable en la precipitación pueden tener un aumento sustancial en la escorrentía y caudales de los ríos. Y las regiones en que los cambios en las precipitaciones no compensen las crecientes tasas de evaporación y transpiración, puede experimentar descensos en la escorrentía, y disminución de caudales de los ríos, los niveles de lagos, y baja recarga del nivel del agua en acuíferos. Los cambios en la variabilidad hidrológica (es decir, la frecuencia y magnitud de los fenómenos extremos) es probable que tengan un mayor potencial de afección en los recursos hídricos, pudiendo generar cambios en las condiciones medias en muchas regiones del mundo. Bajo un clima más cálido el ciclo hidrológico se cree que será más intenso, lo que podría ocasionar más eventos de fuertes lluvias.

Un clima más cálido podría aumentar la demanda de agua para el riego y refrigeración industrial. Al mismo tiempo, el crecimiento urbano implicará el aumento de la demanda de agua, pudiendo ser a su vez mayor la cantidad de agua doméstica necesaria por habitante para tener una sensación de confort térmico debido al aumento de temperatura media. Habrá sequías de verano más intensas, aumentando las demandas de riego agrícola y agua potable corriente, agravando los problemas de abastecimiento en algunas zonas urbanizadas.

Cada uno de estos impactos lleva asociado un riesgo, es decir, un valor relacionado con la probabilidad de ocurrencia del fenómeno. Se ha considerado de manera conceptual el riesgo como el valor probabilístico de que

dicho impacto afecte considerablemente el funcionamiento del suministro. En nuestro ámbito, son de un riesgo bajo los impactos relacionados con el aumento de la escorrentía y los caudales de los ríos, la reducción de la calidad del agua en los flujos bajos de los ríos y los eventos de fuertes lluvias.

Son de un riesgo alto los impactos del aumento de la demanda de agua para riego (de menor cuantía a los urbanos en la CAPV) y dotación de consumo humano por un mejor confort térmico. Una progresiva concienciación del consumidor podría acarrear una leve disminución en algunos municipios. Teniendo en cuenta, en definitiva, la variabilidad pluviométrica y su efecto directo en períodos largos de sequía, se procede a estudiar cuánto de vulnerables son los abastecimientos frente a los posibles periodos de disminución de recursos hídricos.

7 Análisis de la vulnerabilidad frente a sequías

7.1 Definición de variables

Para poder valorar el estado de vulnerabilidad de una red de abastecimiento de agua potable, además de los indicadores ya mencionados, cabe destacar una serie de parámetros, variables que definan la gestión que se lleva a cabo en el sistema de abastecimiento y que hace que un sistema sea más vulnerable que otro. Entre otros, por ejemplo, si hay un actual o futuro plan de sectorización, la existencia de caudalímetros o medidores a la entrada del sector, si existe alguna base de datos con los datos generales de la red, si se realiza una medición de la presión, etc. Las variables analizadas en cada uno de los municipios estudiados son:

- *Relación entre caudal garantizado e inyectado en los diferentes escenarios en el sistema al que pertenece la red o sector o municipio.*
- *Rendimiento global, red y medición.*
- *VIF (l/acometida y día), volumen incontrolado de fugas, IFE (ILI), indicador de la situación de las fugas en el sistema y el VIM (l/día y contador), es el volumen de agua no medida, relacionada con las pérdidas aparentes.*
- *Sectorización ejecutada, plan sectorización futuro, disponibilidad de caudalímetros de inyección, datos generales de la red, medición de la presión, gestión de los consumos por actividad, fiabilidad de la medida de los caudalímetros, tipos de dotación, etc.*
- *PIGDA Plan Integral de Gestión de la Demanda y campañas de ahorro y análisis de la política tarifaria.*
- *Historial de roturas y defectos en la red. Renovación y rehabilitación de elementos.*
- *Modelo matemático, que permita optimizar el funcionamiento u operación de la red, y poder por ejemplo disminuir los volúmenes de fugas mediante la gestión de la presión.*

7.2 Criterios de ponderación relativa de cada variable

Para poder estimar el grado de vulnerabilidad de cada red debemos medir la importancia que tendrá cada una de estas variables a la hora de hacer frente a los impactos. El índice de gradación supone una mayor puntuación a mayor nivel de vulnerabilidad. Los valores asignados a cada variable se establecen en función de estimaciones subjetivas y que dependen de los criterios y la experiencia de los autores del informe. Para ello cada variable se ha valorado entre un valor de 1 y de 10, siendo el valor de 1 el que menor vulnerabilidad aporta y el 10 el mayor valor dentro de la puntuación de la variable estudiada.

Se ha analizado la ponderación relativa entre las variables estudiadas, ya que por ejemplo, no se puede comparar el grado de vulnerabilidad que aporta la relación de caudal garantizado y necesario con la disponibilidad de un modelo matemático. En una sequía, si existe una diferencia importante entre el caudal de garantía y el necesario en alta, el suministro estará garantizado se disponga o no de modelo. Si el caudal de garantía es notablemente inferior al necesario en alta, un modelo podrá ayudar a disminuir esa vulnerabilidad.

Una vez valoradas todas las variables en cada sector o red de distribución, valoramos la tarea de evaluar el peso que obtiene cada variable respecto unas de otras, es decir su ponderación relativa. Es fácil razonar que no todas las variables son iguales y tienen la misma influencia y por lo tanto no pueden tener el mismo peso relativo. Se ha propuesto la siguiente clasificación de la Tabla 5, dando un valor total máximo de 60 puntos:

Tabla 5 Valoración relativa de las variables estudiadas

$Q_{\text{garantizado}}/Q_{\text{necesario}}$	10 puntos	Datos generales de la red	4 puntos
Rendimiento global	1,5 puntos	Medición de la presión	2 puntos
Rendimiento de red	4 puntos	Consumos por actividad	3,5 puntos
Rendimiento de medición	1,5 puntos	Fiabilidad de las medidas	2 puntos
VIF	2,5 puntos	Dotación registrada doméstica	3,5 puntos
IFE	3,5 puntos	PIGDA	4 puntos
VIM	1,5 puntos	Campañas de ahorro	3 puntos
Sectorización ejecutada	3 puntos	Sistema de tarificación	3 puntos
Plan sectorización futuro	2 puntos	Historial de roturas	1,5 puntos
Caudalímetros a la entrada	3 puntos	Modelo matemático	1 punto

7.3 Resultados y mapas de vulnerabilidad

Gracias a la puntuación obtenida en cada uno de los municipios o sectores o sistemas de abastecimiento estudiados, se obtiene el mapa de vulnerabilidad que se presenta a continuación.

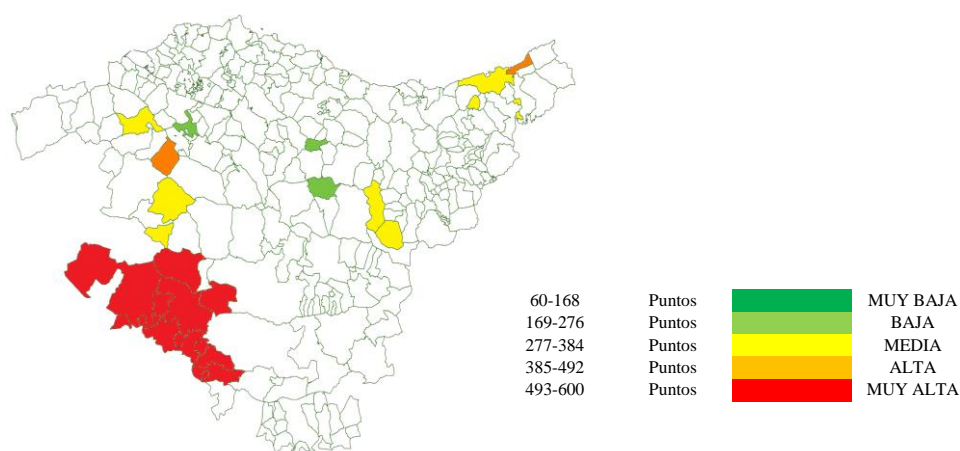


Figura 6 Mapa de vulnerabilidad en la CAPV (2008)

8 Estrategias de adaptación versus tipologías de abastecimiento

Un análisis a la situación de los diferentes sectores o sistemas y los valores que adquieren las variables y apartados analizados permite cerciorarnos de la gran variabilidad existente entre unos sistemas y otros y de la gran importancia que adquiere la responsabilidad y concienciación tanto del personal técnico o gestor del abastecimiento, también político, así como del propio usuario de la red. Sectores o redes similares desde el punto de vista de tamaño, tipos de demanda, etc., pero gestionadas de manera diferente (gestión integral o parcial, alta-baja) dentro de un mismo sistema, a través de un consorcio o mancomunidad o simplemente con carácter municipal, con una dedicación dispar de recursos humanos y financieros con miras a una política de RCC (recuperación completa de costes) y con un equipo de personas con una motivación variable a la hora de elaborar y ejecutar planes de trabajo, ofrecen un servicio con indicadores de funcionamiento totalmente diferentes. Es decir, la gestión de los abastecimientos y su vulnerabilidad frente al CC tiene un componente humano más importante que la meteorología o la hidrología de los recursos hídricos.

Es por ello, que las estrategias que se pueden adoptar en cada uno de los abastecimientos se pueden estudiar de manera individual analizando los puntos débiles de cada sistema. Es delicado establecer tipologías de abastecimiento que tengan la mayoría de los valores estudiados similares y poder establecer una similitud en la política de decisión frente al CC. A pesar de las dificultades señaladas, se presentan tipologías de los sistemas con un grado de similitud importante y unas estrategias de adaptación similares.

9 Clasificación de tipologías y estrategias de acuerdo a esta clasificación

La tipología A atiende a abastecimientos con sectorización, una buena base de datos del sistema y una buena gestión tanto de medición como de fugas, con buenos indicadores de funcionamiento (Control Activo de Fugas CAF y de Medición CAM). Necesita básicamente incorporar un Plan de Gestión Integral de la demanda con campañas de ahorro y mejorar los indicadores de fugas con estrategias de Gestión de la presión. El modelo matemático y un sistema de tarificación a tramos son las mejores estrategias. Son los sistemas menos vulnerables, que existen en la CAPV, pero con margen de mejora todavía.

La tipología B se diferencia de la A básicamente en que el CAF y el CAM no tienen suficiente tradición y todavía están en periodo de implantación y por tanto los indicadores de fuga y medición son de peor calidad, aunque la sectorización está ejecutada o ejecutándose de manera progresiva. Normalmente atiende a municipios o sectores que pertenecen a un importante consorcio donde los recursos financieros están repartidos. La política de RCC está implantándose progresivamente y es uno de los objetivos primordiales de este tipo de abastecimientos. Están cercanos a los grados de vulnerabilidad de los de la tipología A.

La tipología C se diferencia de la B en que el sistema de tarificación tiene un componente bastante político debido a no tener una gestión integral del ciclo del agua y no tener una excesiva preocupación por la RCC. La tipología D tiene valores similares y mejorables de funcionamiento a los de la tipología B y C, pero tiene pendiente una buena sectorización.

La tipología E son sistemas que no tienen una necesidad de sectorización acuciante por el tamaño de los mismos, pero no por ello es necesaria una buena política de control de las pérdidas reales y de la medición, debido a la poca fiabilidad de la medida en los caudalímetros inyectados.

La tipología F se caracteriza por la necesidad de mejorar el registro de los datos de todo tipo del sistema, a nivel de tuberías, válvulas, roturas, incidentes, quejas, etc. Son sistemas de una importante vulnerabilidad. Y la tipología G engloba abastecimientos sin medición, ni cobro de agua y un desconocimiento profundo del sistema, y por tanto con el mayor grado de vulnerabilidad existente.

10 Conclusiones

Este trabajo tiene el objetivo fundamental de establecer las estrategias de adaptación que permitan reducir la vulnerabilidad de nuestros sistemas de agua en la CAPV de acuerdo a diferentes tipologías establecidas. Pero es importante reseñar que aunque los efectos del CC agudicen la garantía de nuestros sistemas, estas estrategias han de ser llevadas a cabo, independientemente del CC para llevar a cabo el cumplimiento de las directrices de la Directiva Marco del Agua. Para ello hemos de referirnos a las pérdidas de agua con valores inferiores a un 10 % e indicadores IFE menores de 4. Este valor impensable en otros tiempos, es hoy en día un valor alcanzado en los países con una buena gestión del agua, con programas a largo plazo que rehabilitan y renuevan su red, con programas de detección, localización y reparación de fugas y roturas para alcanzar niveles económicos de fugas en los sistemas, con políticas de gestión de la presión que permita reducir los volúmenes de fugas existentes y con políticas de mantenimiento que mejoran la calidad y reparación de las roturas.

Pero la consecución de estos valores no depende únicamente de variables asociadas a las pérdidas de agua; existen tal y como se ha podido comprobar en este trabajo un sinnúmero de variables, metodologías, estrategias, etc. que configuran la gestión integral del agua en un sistema.

Este informe presenta unas limitaciones claras en cuanto a extensión de los municipios analizados, que hacen que el mapa de vulnerabilidad presentado sea un mapa de intenciones más que una realidad. Es de esperar que posteriores trabajos que se están ya actualmente desarrollando llenen de colorido este mapa y que sea además el verde el color que predomine en nuestra Comunidad.

Referencias bibliográficas

- Alegre H., y otros (2006). *“Performance Indicators for Water Supply Services”*. Second edition. IWA Manual of Best Practice. IWA Publishing.
- Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F. and Cobacho R. (2005). *“Leakage assessment through Water Distribution Network Simulation”*. J. Water Resour. Plan. Manag. 131(6) 458.
- Almandoz J., Jiménez R., Arrizabalaga A. (2010). *“Mapa de indicadores de funcionamiento de las redes de distribución referidas a recursos hídricos”*. Cambio Climático: Impacto y adaptación. ETORTEK 2007-2009.
- Almandoz J., Jiménez R., Arrizabalaga A. (2010). *“Análisis de la garantía de los sistemas de abastecimiento de la CAPV considerando escenarios-modelización de régimen hídrico y sociodemográficos”*. Cambio Climático: Impacto y adaptación. ETORTEK 2007-2009.
- Almandoz J., Jiménez R., Arrizabalaga A. (2010). *“Impactos, riesgos, vulnerabilidad y estrategias de adaptación a los escenarios futuros vinculando cada tipología con la priorización de medidas de actuación”*. Cambio Climático: Impacto y adaptación ETORTEK 2007-2009.
- AWWA (2006). *“Water Audits and Loss Control Programs”*, AWWA Publications.
- Cabrera E., Almandoz J., Arregui F., García Serra J. (1999) *“Auditoría de redes de distribución de agua”*. Revista Ingeniería del Agua. Vol. 6 Nº 4. Diciembre 1999.
- Estevan, A. (2000). *“La eficiencia del agua en las ciudades”*, Bakeaz, Bilbao, Spain.
- Ikaur (2004) *“Estado del abastecimiento en la CAPV. Análisis de alternativas”*. Diputación Foral de Gipuzkoa.
- Ikaur (2008) *“Indicadores del agua en Gipuzkoa, año 2008”*. Diputación Foral de Gipuzkoa
- IWA (2009). *“Climate Change and Water. International Perspectives on Mitigation and Adaptation”*. IWA Publishing.