

Sequía y déficit hídrico en la provincia de Málaga



Fernando Orellana Ramos
José Damián Ruiz Sinoga
Juan Lucena Rodríguez
Juan Antonio Camiñas Hernández
Leandro Olalla Mercadé
Federico J. C. Soriguer Escofet
Ricardo A. Salas de la Vega
Francisco Carrasco Cantos
José María Farré Massip

Málaga, 13 de noviembre de 2023

INDICE

0.- PROLOGO.....	pág. 03
1.- INTRODUCCION.....	pág. 04
2.- LAS SEQUÍAS EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA.	pág. 07
3.- EL DÉFICIT HÍDRICO.....	pág. 12
4.- IMPACTOS DE LA SEQUÍA Y DÉFICIT HIDRICO.....	pág. 18
4.1.- En la degradación del suelo y desertificación.....	pág. 18
4.2.- En la presión sobre los Recursos Hídricos.....	pág. 19
4.3.- En la Biodiversidad.	pág. 20
4.4.- En la economía Local.....	pág. 22
4.5.- En la salud humana.....	pág. 22
5.- ESTRATEGIAS DE ADAPTACION Y MITIGACION.....	pág. 25
5.1.- El papel de la ordenación de recursos hídricos.....	pág. 25
5.2.- Diagnóstico y Monitoreo.....	pág. 25
5.3.- Infraestructura Hídrica.....	pág. 27
5.3.1.- Aguas superficiales y subterráneas.....	pág. 27
5.3.2.- Desalinización: Considerar la implementación o expansión de plantas desalinizadoras, especialmente en áreas cercanas a la costa.....	pág. 27
5.3.3.- Reciclaje de agua: Tratar y recicla r aguas residuales para usos no potables como riego agrícola, jardinería e industria.....	pág. 28
5.3.4.- La mejora de las infraestructuras hidráulicas.....	pág. 30
5.3.5.- El aumento del almacenamiento de agua.....	pág. 30
6.- USO EFICIENTE DEL AGUA.....	pág. 30
6.1. Tecnologías de Riego Eficiente.....	pág. 30
6.2.- Educación y Sensibilización.....	pág. 31
6.3. Regulaciones y tarifas.....	pág. 32
6.4.- Medidas Agropecuarias.....	pág. 32
6.4.a. - Cultivos resistentes a la sequía.....	pág. 32
6.4.b.- Gestión de suelos: Implementar prácticas de gestión de suelos que mejoren la retención de agua.....	pág. 33
7.- PAPEL DE LA ADMINISTRACIÓN.....	pág. 34
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	pág. 37
9.-BIBLIOGRAFÍA.....	pág. 39

0.- PRÓLOGO

Desde sus inicios de la entonces Sociedad Malagueña de Ciencias ha tenido como una de sus razones de ser la elaboración de informes sobre temas que afectan a la sociedad y al territorio de la provincia de Málaga, especialmente a su biodiversidad y geodiversidad. Esta importante actividad figura como una función esencial, tanto en los vigentes Estatutos de la AMC como en el reciente Decreto de la Junta de Andalucía que regula las Academias.

El marco que apoya la emisión de informes se recoge en el artículo 4 de los vigentes estatutos que indica que esta Corporación “Emitirá dictámenes y consultas que procedan en su momento, bien de oficio o a instancia de parte, sobre materias de su competencia” y que “Colaborará con entidades y organismos públicos y privados formulando las propuestas que estime oportunas sobre cuestiones de interés general, evacuando las consultas que le sean dirigidas”

Desde el importante informe sobre la Filoxera en la provincia de Málaga (Sociedad Malagueña de Ciencias, 1882, coordinado por Domingo de Orueta) hay una larga lista de trabajos elaborados como un servicio a la sociedad con el rigor, la independencia, la excelencia, su carácter interdisciplinar o la transversalidad como factores comunes a todos ellos. Singular dedicación ha existido al tema de los recursos hídricos, abordando su estudio desde todas las áreas del conocimiento.

La dramática situación actual de sequía y déficit hídrico, mayores que cualquier registro anterior y en el marco de una situación climática mucho más preocupante supone la inexcusable obligación de abordar el tema y aportar, desde la humildad, pero con la autoridad de la Academia Malagueña de Ciencias, como Corporación, nuestras conclusiones a la sociedad y administraciones. No podemos dejar de expresar el convencimiento de que si se hubieran atendido las recomendaciones expresadas desde 1995 por SMC/AMC, en los sucesivos informes emitidos, la situación actual sería mucho menos preocupante.

Antes de abordar los aspectos científicos es indispensable recordar y reafirmar que el agua es, además y sobre todo, una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades en materia hídrica

El reconocimiento por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas del derecho humano al agua y al saneamiento en julio de 2010, establece el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (establecida entre 50 y 100 litros de agua por persona y día), segura, aceptable y asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible

físicamente (la fuente debe estar a menos de 1.000 metros del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos).

El [Objetivo de Desarrollo Sostenible \(ODS\) 6](#) trata de «garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos». Las metas de este objetivo cubren tanto los aspectos del ciclo del agua como los sistemas de saneamiento. Dado que el agua es un elemento crucial en muchas esferas de la vida humana, la consecución de este objetivo contribuirá al progreso de otros ODS, principalmente los relacionados con la salud, la educación, el crecimiento económico y el medio ambiente.

Los informes sobre la materia que nos ocupa ya emitidos por la AMC, que anteceden al presente pueden descargarse en <https://amciencias.com/informes.html> son los siguientes:

1. La sequía y la gestión de los recursos hídricos de la provincia de Málaga. 1995
Publicado en nº monográfico del Bol. de la SMC (7ª época, nº 3).
2. El agua en la provincia de Málaga. 2006. Publicación especial de la Serie Informes de la AMC
3. Comunicado de la Academia Malagueña de Ciencias sobre la supresión de la Cuenca Mediterránea Andaluza y su ubicación en Málaga. Diciembre, 2008
4. Informe y alegaciones sobre el “Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas”. Noviembre, 2010.

Además, en la misma dirección señalada de la web de la AMC puede accederse a noticias de prensa y otros documentos sobre el agua emitidos o en los que ha participado la AMC que destacan los problemas que vamos a presentar.

1.- INTRODUCCIÓN

Al margen de su apartado normativo, la elaboración de la planificación hidrológica en su tercer ciclo ofreció un aspecto muy interesante como fue el proceso de consulta y participación ciudadana realizada entre los meses de enero y febrero de 2020 y que recogió los problemas principales que la sociedad detectaba en relación con el mundo del agua.

Posteriormente el Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas, resumió e identificó en el punto 2.1 de su memoria estos problemas, los cuales ha de solventar para alcanzar los objetivos que pretende la planificación en el horizonte temporal de 2027. La adaptación al cambio climático, la contaminación puntual y difusa, la extracción de agua superficial y subterránea, el deterioro hidrogeomorfológico del espacio fluvial (restauración en sus diversas vertientes, implantación de un régimen de caudales ecológicos, medidas naturales, disminución del riesgo de inundación), la integración de los espacios protegidos y de la biodiversidad en el ciclo hidrológico, la disponibilidad de recursos hídricos (reparto mediante

asignaciones así como las reservas), la gestión del riesgo de avenidas e inundaciones, la vulnerabilidad frente a las sequías, el conocimiento y la gobernanza y aspectos económicos (recuperación de costes).

La AMC con este informe entrará a valorar aquellos aspectos en los que considera que, por su trascendencia y oportunidad actual, deben tener una mayor atención y en alguno de ellos, si no en todos, con cierta transversalidad.

La complejidad del problema que actualmente, la falta de agua está provocando en nuestra sociedad, la podemos simplificar diciendo que tiene un origen constituido por la sequía y otro por el déficit hídrico y que se corresponden con los problemas detectados vinculados al cambio climático, la extracción de agua y la disponibilidad de los recursos. Colateralmente la contaminación de las aguas, el espacio fluvial, la biodiversidad y especialmente la formación y concienciación ciudadana, serán motivo de nuestro informe.

Tanto la sequía como el déficit hídrico son términos que se refieren a la falta de agua, pero se pueden usar y definir en contextos y escalas diferentes. En el nuestro, la sequía no es solo un evento aislado, sino que puede ser un síntoma de cambios climáticos más amplios y profundos al incidir sobre áreas que ya padecen problemas estructurales de déficit hídrico, lo que podría exacerbar la vulnerabilidad de la región a lo largo del tiempo.

Sin embargo, conviene distinguir entre la sequía y el déficit hídrico, especialmente en el contexto de la región mediterránea, y así, la sequía es un fenómeno natural que ocurre cuando hay una disminución anómala y prolongada de la cantidad usual de precipitación en una región, lo que puede llevar a una disminución de la humedad del suelo y de los niveles de agua en ríos, humedales, embalses y acuíferos, pudiendo ser el resultado de la variabilidad climática y verse exacerbadas por factores humanos, como el turismo (Olcina Cantos, 2012).

El déficit hídrico se refiere a una situación en la que la demanda de agua supera la oferta disponible durante un período de tiempo determinado. Puede ser causado por una sequía, pero también puede ser el resultado de malas decisiones en la gestión del agua, aumento de la demanda debido al crecimiento poblacional, o las actividades agrícola o industrial, entre otras. La región mediterránea es propensa a la sequía debido a su clima, que tiene veranos cálidos y secos. Además, el cambio climático está intensificando la frecuencia e intensidad de los periodos de sequía en la región, pero además, se enfrenta a desafíos de déficit hídrico debido al rápido crecimiento poblacional en algunas áreas, al aumento del turismo (Padilla, 2020), a la creciente ocupación de nuevos territorios para agricultura intensiva y a la situación de infraestructuras del agua, insuficientes o envejecidas.

En resumen, mientras que la sequía se refiere a una disminución natural y prolongada de la precipitación, el déficit hídrico es más amplio y puede ser causado tanto por factores naturales como humanos, refiriéndose a una situación donde la demanda supera la oferta de agua disponible.

En el contexto del clima mediterráneo malagueño, ambos aspectos, la sequía y el déficit hídrico son problemas significativos y a menudo están interrelacionados, cuando además, es particularmente desafiante en términos predictivos, debido a (1) la variabilidad climática inherente (con diversos patrones climáticos, desde las influencias atlánticas hasta las asiáticas, lo que conduce a una alta variabilidad interanual y decadal de las precipitaciones), (2) a los cambios en los patrones atmosféricos (con diversos estudios que sugieren que el cambio climático está afectando los patrones atmosféricos globales, como la Corriente en Chorro (Jet Stream en inglés), que a su vez pueden tener un impacto en la frecuencia e intensidad de las sequías en la región mediterránea), (3) a la interacción mar-tierra (como la evaporación y las brisas marinas pueden influir en las precipitaciones y en la formación de sequías), (4) al uso del agua y demanda humana (con una agricultura intensiva, el turismo o el rápido crecimiento urbano, han incrementado la demanda de agua en la región, exacerbando el impacto de las sequías naturales), (5) a los problemas de gestión del agua, porque la infraestructura de agua y las prácticas de gestión no están optimizadas para hacer frente a las sequías, lo que puede intensificar su impacto, (6) y a los impactos acumulativos derivados de la sucesión de sequías en años consecutivos y a su impacto acumulativo en los recursos hídricos, especialmente en los acuíferos, que son una fuente clave de agua en muchas áreas del Mediterráneo (Vicente Serrano, 2004).

La variedad del “geosistema provincial” se traduce en diferentes tipos de sequías, que irían secuencialmente desde la sequía meteorológica, manifestada por una menor precipitación en relación a los valores normales, la sequía hidrológica, con una disminución del caudal en las fuentes de agua superficial y subterránea, la agrícola, manifestada por una insuficiente humedad del suelo para satisfacer las necesidades de los cultivos, hasta la sequía socioeconómica, cuando la demanda de agua supera la oferta y tiene impactos económicos y sociales.

Dado que, sobre el componente sequía no tenemos capacidad suficiente para actuar a corto plazo, a pesar de los avances de la ciencia climática, apoyada en la ingente cantidad de datos disponibles, los modelos utilizados y la cada vez mayor capacidad predictiva, nuestros esfuerzos han de estar dirigidos a buscar soluciones encaminadas a reducir ese déficit, que se materializa básicamente en la cada vez mayor carencia del recurso agua y que, al contrario de lo que se pudiera pensar tiene un carácter finito, es decir no es renovable (Quereda Sala, 2005).

En definitiva, la necesidad de reducir el actual déficit hídrico deberá pasar por un adecuado diagnóstico en el que analicemos los diversos sumandos que lo componen. La eficiencia en la gestión de estos ha de ser suficiente para alcanzar el objetivo perseguido.

2.- LAS SEQUÍAS EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA.

Está demostrado el aumento de temperatura en el planeta, en el aire y en los mares, a nivel global y local, pero no está tan clara la tendencia a la baja de las precipitaciones. Pero hay una consecuencia inmediata sobre los efectos de sequía: aumentarán las evaporaciones de las superficies libres de agua, de los suelos agrícolas, y de la transpiración de las plantas. Hay cuatro factores que influyen en la transpiración, radiación solar, temperatura, humedad del aire y viento, con independencia de la capacidad de muchas plantas para gestionar su transpiración en condiciones de déficit hídrico. (Vicente Serrano-Cuadrat Prats, 2002).

Por eso será presumible que, en el futuro, aumenten estas “pérdidas”, porque una planta, necesita transpirar agua, para mantener la turgencia cuando los estomas están abiertos, y aunque la relación agua transpirada/materia seca producida no sea exactamente lineal, la planta “pierde” agua cuando genera materia seca.

Aunque la ciencia climática ha avanzado significativamente, predecir con precisión el inicio de las sequías sigue siendo un desafío considerable debido a la interacción de múltiples factores, entre los que cabe destacar la variabilidad natural del clima y las limitaciones de los modelos y datos disponibles. Sin embargo, los esfuerzos continuos en investigación y desarrollo de tecnologías de pronóstico pueden mejorar nuestra capacidad para predecir y gestionar las sequías (Limonés Rodríguez, 2013). A ello se debe unir la especial complejidad y/o heterogeneidad de la provincia de Málaga que se mueve entre los conceptos de tropicalidad y mediterraneidad (Ruiz Sinoga et al., 2010).

Así, según el Observatorio de la Sequía del CSIC, en septiembre de 2023, más de la mitad de la provincia de Málaga está dominada por una situación de sequía que es mucho más intensa en su mitad oriental (Fig. 1).

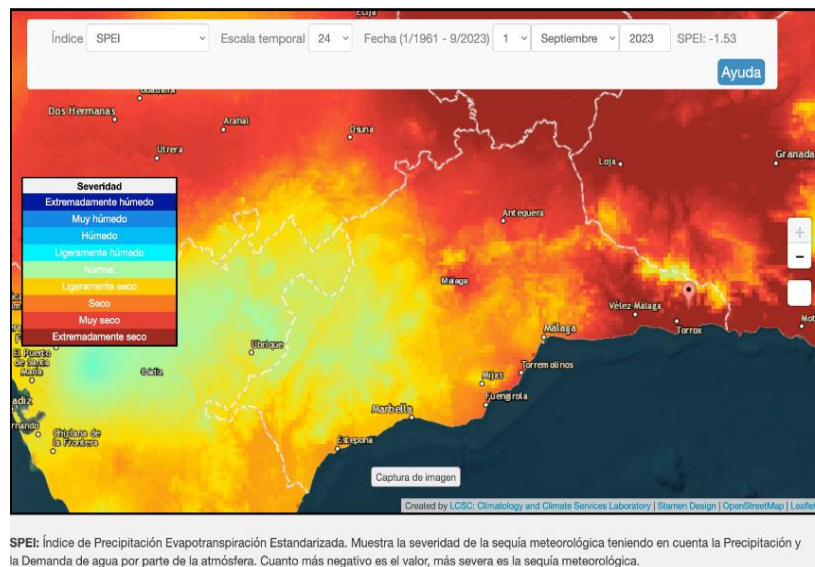


Figura 1.- Variación del Índice SPEI en la Provincia de Málaga. Monitor sequía. CSIC.

En la Axarquía, la sequía adquiere rango extremo, precisamente en una de las zonas en las que la demanda de agua es mayor. Igual cabría decir de la vega de Antequera, que a su vez también ejerce de cabecera de acopio de agua para los embalses del complejo Guadalhorce. Por último, todo el litoral, área turística por excelencia, padece problemas de sequía, aunque bastante más severos en la zona oriental. Esta situación se suaviza hacia la serranía de Ronda, en donde incluso podríamos aceptar una situación climática “normal”, salvo en los valles de Genal y Guadiaro, en los que aparecen indicios de ligera sequía.

Así pues, la gran diversidad geográfica y climática, y la influencia de los factores humanos y naturales lleva a una distribución territorial irregular de las sequías en la provincia de Málaga. La combinación de condiciones climáticas variables, desarrollo humano en aumento y cambios climáticos imprevisibles hace que algunas áreas sean más propensas a las sequías mientras que otras pueden ser más resilientes o experimentar condiciones más húmedas. En resumen, es difícil determinar con precisión la duración de una sequía en el Mediterráneo malagueño debido a la complejidad y variabilidad del sistema climático y a las influencias humanas en el ciclo hidrológico. En las graficas 2 a la 6 se observa un comportamiento temporal equivalente en todas las estaciones. Sin embargo, cualitativamente expresan grandes diferencias.

También resulta complicado distinguir una tendencia definida en las sequías, como han mostrado diversos estudios, aunque parece constatado que las sequías son inherentes al clima mediterráneo. Se han analizado las mismas en los últimos 60 años en la provincia de Málaga, seleccionando observatorios distribuidos en Vélez-Málaga, Málaga, Antequera, Periana, Sierra de las Nieves (Yunquera) y Marbella, mediante la aplicación de índices basados en variables sencillas de medir, como la precipitación y la temperatura, y que permiten realizar comparaciones de resultados en distintos territorios, de gran utilidad

(Wang et al., 2015). El Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada (SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010), es un indicador meteorológico que identifica condiciones climáticas que han sido anormalmente secas o húmedas.

Para su cálculo se utiliza solamente la precipitación y la evapotranspiración. Es un índice que ha tenido gran aceptación y se ha utilizado en estudios de sequía a diversas escalas espaciales y temporales (Vicente-Serrano et al., 2014; Blauhut et al., 2015; Wang et al., 2015; Bhon et al., 2016; Meresa et al., 2016; Das et al., 2016; Peña Gallardo et al., 2016; Yang et al., 2016).

En Vélez Málaga, en dicho periodo se han constatado 10 episodios secos entre los que destaca por su intensidad el que se inicia en 2021 (Fig. 2), sólo comparable con lo sucedido a mediados de los años 90.

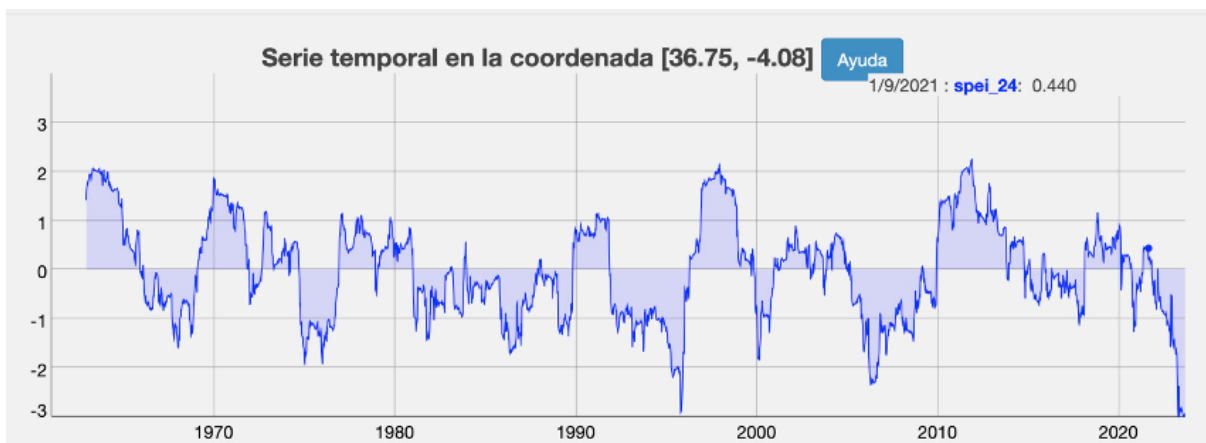


Figura 2 .- Evolución índice SPEI en la Velez Málaga. (1962-2023). Monitor Sequía. CSIC

Aguas arriba de la presa de la Viñuela, en Periana, se han registrado 11 episodios secos, de los que cabe resaltar, por su duración (8 años) el sucedido en la década de los 80 (Fig. 3), y por su intensidad el de mediados de los 90. Sin embargo, prácticamente desde el año 2020 se mantiene una situación anómala de sequía.

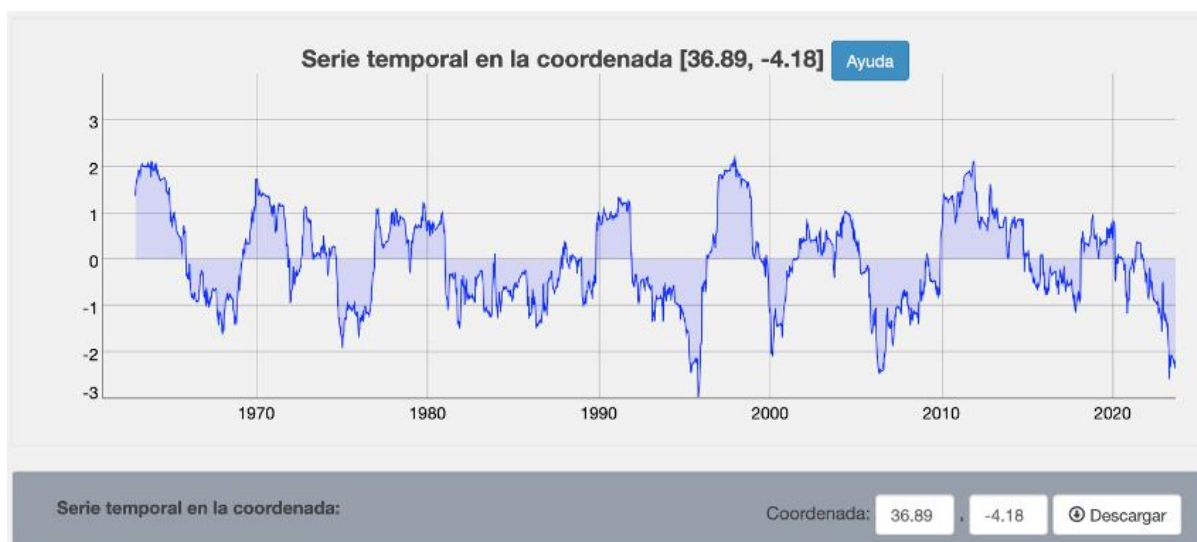


Figura 3.- Evolución índice SPEI en Periana. (1962-2023). Monitor Sequía. CSIC

En Málaga (Fig. 4), se han constatado 12 episodios secos, que plantean algunas diferencias respecto a los de la Axarquía. La sequía de mediados de los años 90 fue muy intensa y duradera, con unos 4 años de afección, sin embargo, la intensidad de las sequías previas y posteriores ha sido menor, incluso la actual, que se ha iniciado muy posteriormente a la Axarquía y cuya intensidad es moderada.

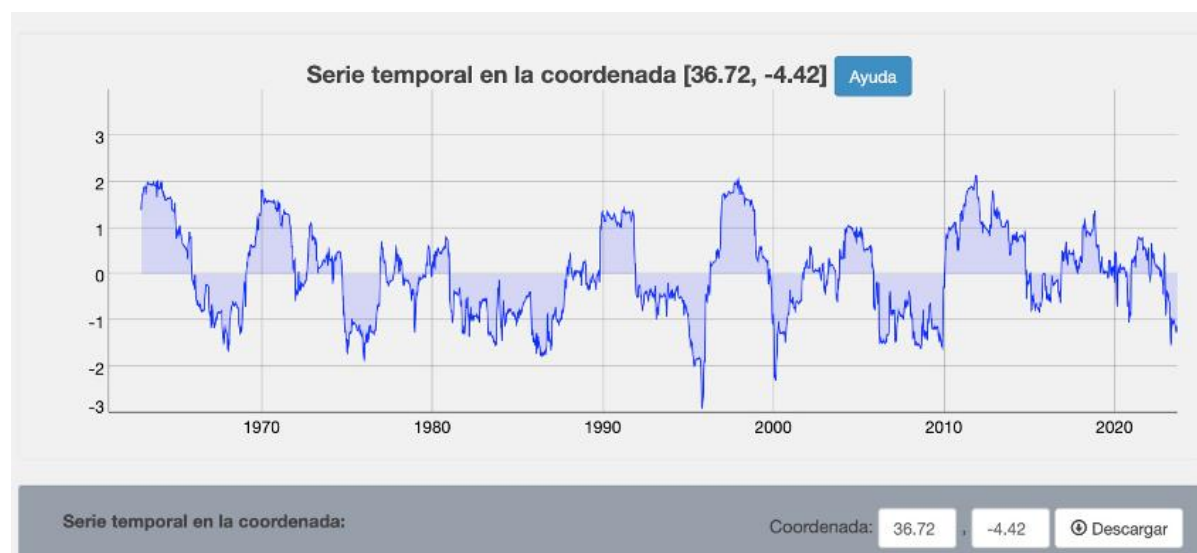


Figura 4.- Evolución índice SPEI en Málaga. (1962-2023). Monitor Sequía. CSIC

No sucede así aguas arriba del complejo de presas del Guadalhorce, en Antequera (Fig. 5), en donde hemos identificado 10 episodios de sequía, destacando por su duración la de mediados de los 80, y por su intensidad las de mediados de los años 90 y último tercio de los 2000, resultando especialmente significativo el hecho de que la actual sequía se constata en el año 2020.

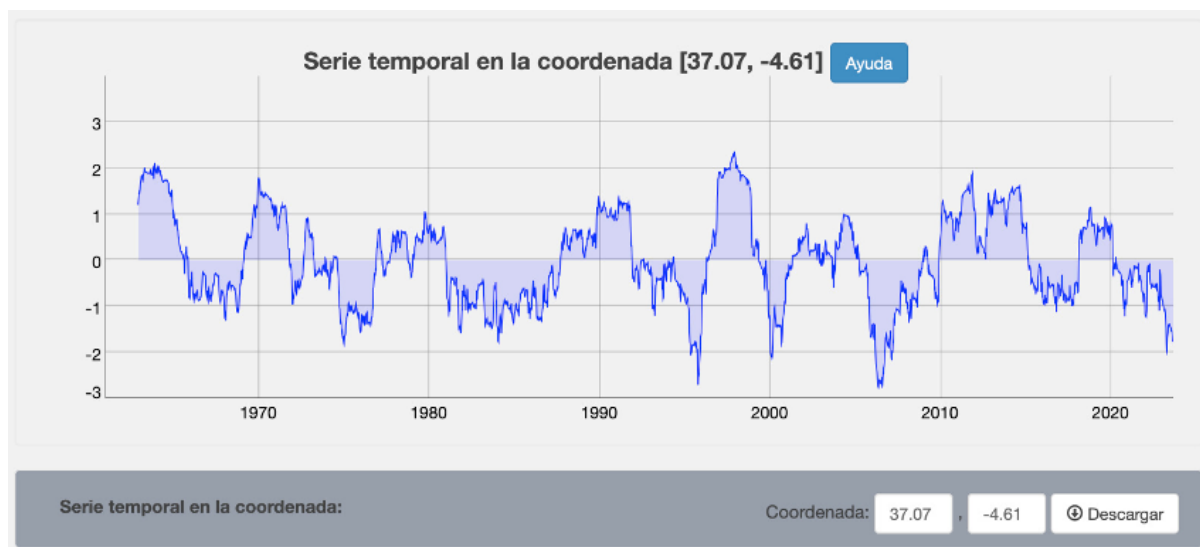


Figura 5.- Evolución índice SPEI en la Antequera. (1962-2023). Monitor Sequía. CSIC

Son especialmente significativos dos casos, uno es el constatado en Sierra de las Nieves, en donde se han identificado 8 episodios de sequía (Fig. 6), ninguno de ellos severo, aunque con una duración comprendida entre 3 y 5 años, destacando como desde el año 2010 no se ha registrado ningún periodo seco.

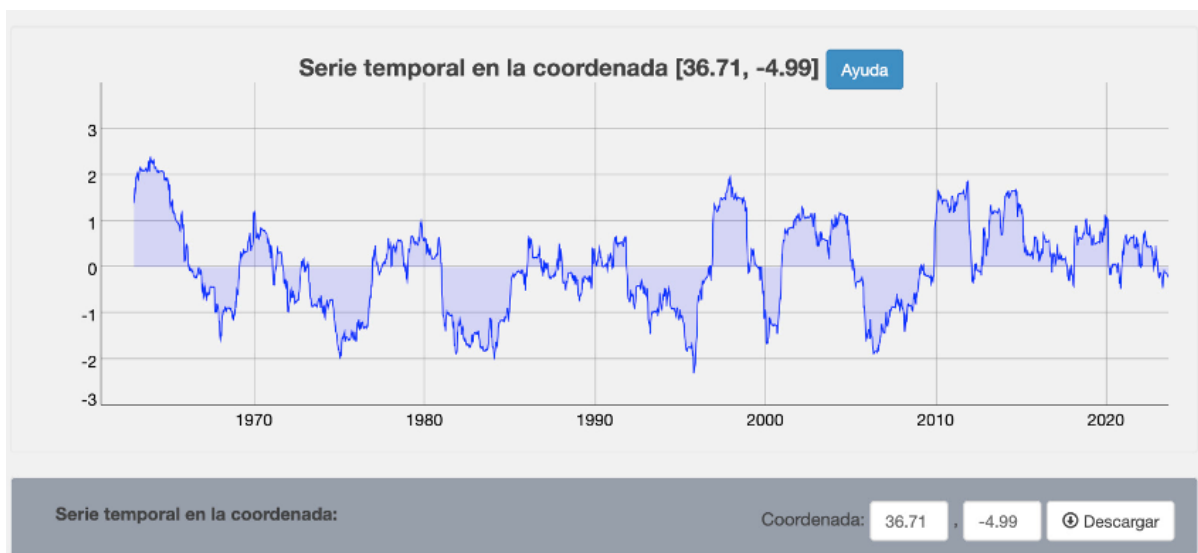


Figura 6.- Evolución índice SPEI en Yunquera. (1962-2023). Monitor Sequía. CSIC

El caso contrario es el de Marbella, en donde hemos constatado 13 episodios de sequía (Fig. 7), pero de muy variable incidencia y duración severa. De hecho, desde el año 2000 los episodios registrados, apenas si poseen el grado de suaves. La actual sequía que prácticamente empezó en enero de 2023, aún no ha logrado superar dicho nivel. La proximidad al Estrecho de Gibraltar quizá tenga mucho que ver en dicho comportamiento.

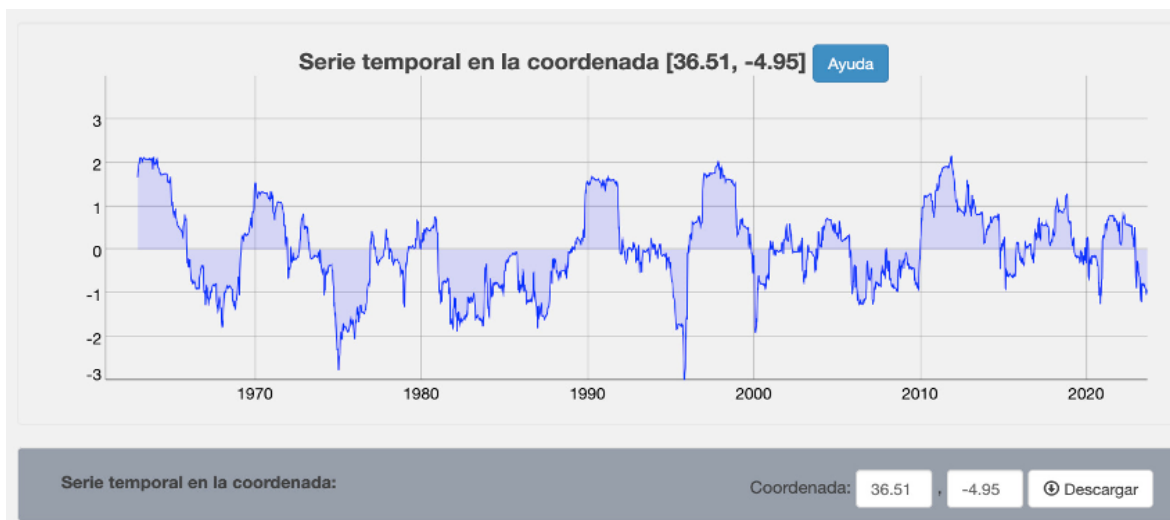


Figura 7.- Evolución índice SPEI en Marbella. (1962-2023). Monitor Sequía. CSIC

En definitiva, en ambientes mediterráneos los episodios de sequías poseen una diferente intensidad, duración y frecuencia, con una gran variabilidad espacial y temporal. Sin embargo, su incidencia en lo que podemos denominar el déficit hídrico sí está mostrando una especial vulnerabilidad de algunos territorios en las últimas décadas, como consecuencia de los usos del suelo, actividades socioeconómicas y dinámica demográfica. Esto está suponiendo que las consecuencias de similares episodios de sequía sean muy diferentes dependiendo de las zonas de afección.

3.- EL DÉFICIT HÍDRICO.

La intensidad, duración y frecuencia variable de las sequías en los entornos mediterráneos ha supuesto a lo largo del tiempo la necesidad de adaptación a dicha fenomenología mediante diferentes estrategias, siendo una de ellas la de la construcción de embalses abastecedores de agua que, además, dada la torrencialidad de las precipitaciones, ejercían el papel de control de avenidas. Sin embargo, este modelo en las últimas décadas ha mostrado unos evidentes síntomas de desajuste derivados de un exceso de demanda sobre la oferta de recursos hídricos, que se han visto sometidos a una progresiva mayor presión.

El cambio climático ha podido ejercer una presión adicional sobre los ya limitados recursos hídricos, afectando tanto el abastecimiento humano como el uso agrícola e industrial del agua. Simplemente analizando para la última década la evolución del volumen agregado de los embalses con la precipitación media por estación, para toda la provincia de Málaga, la existencia de una doble dinámica es evidente (Fuente: AEMET-Red SAIH).

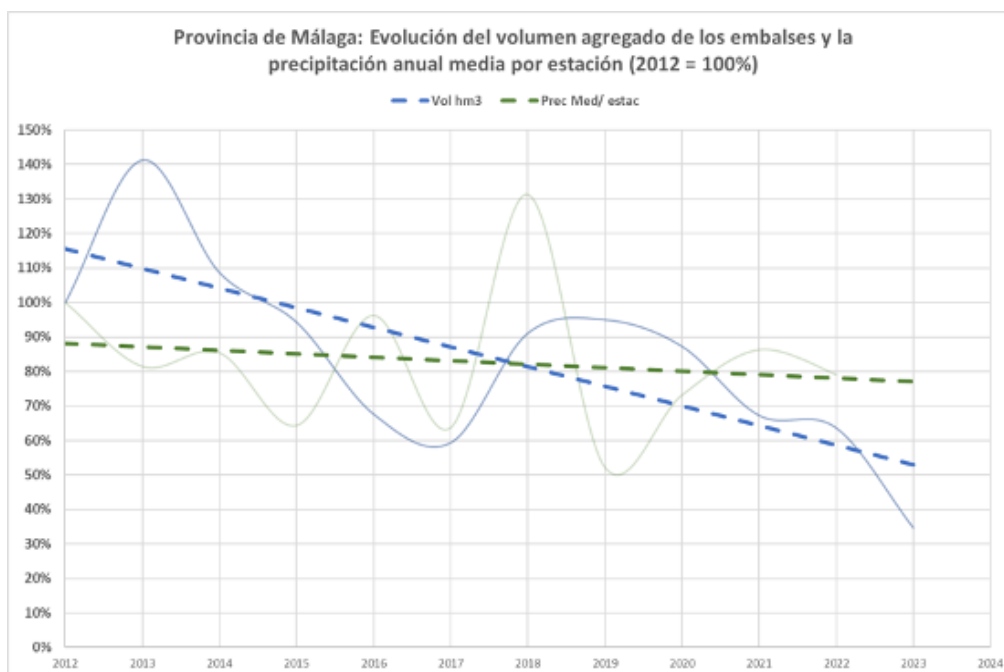


Figura 8.- Evolución del volumen agregado de los embalses y la precipitación anual media por estación.

La reducción del volumen embalsado en los dos grandes sistemas de acopio de agua provincial ha sido la característica dominante, más acusada, eso sí en el embalse de la Viñuela por las consecuencias de la sequía actual, que desde mayo de 2013 con 160 Hm3, ha ido perdiendo agua embalsada progresivamente, hasta octubre de 2023, con 17 Hm3, solo a expensas de los ciclos de lluvia estacionales. En el embalse del Guadalhorce en la última década en dos ocasiones se han rebasado los 120 Hm3 de volumen embalsado, uno en la primavera de 2013 y otro en el invierno de 2019. Se trata de embalses de respuesta intermedia a la dinámica pluviométrica respecto a los eventos pluviométricos como han señalado Julián Molina et al. (2023).

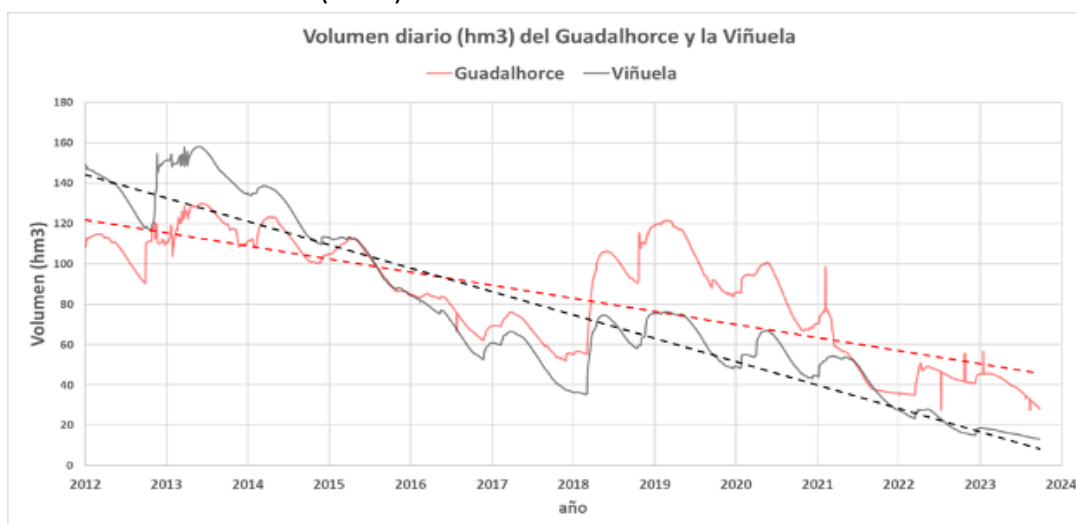


Figura 9.- Volumen diario de los embalses de Guadalhorce y la Viñuela en los últimos 10 años.

Y esto puede ser lo realmente digno de mención, es decir, que los momentos de “bonanza pluviométrica” no logran mantener el nivel de agua embalsada en los grandes complejos provinciales.

Frente a estos, las restantes presas, de mucha menor capacidad, poseen una dinámica diferente. Las presas con menos capacidad de almacenamiento están más influenciadas por el régimen pluviométrico, con lo que en pocos meses puede pasar de superar los 60 Hm³ a apenas rebasar los 20 Hm³, con todo lo que eso supone cuando debe abastecer a una gran conurbación turística como es el eje Estepona-Torremolinos.

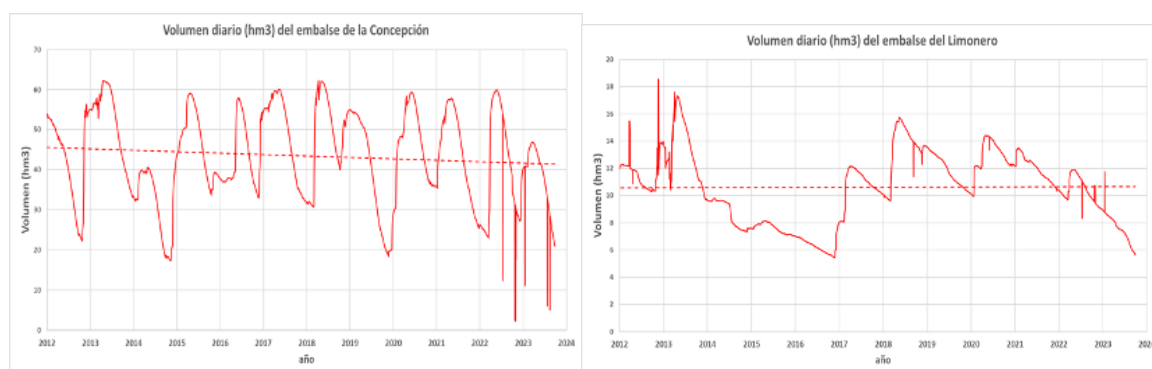


Figura 10.- Evolución del volumen diario de los embalses de La Concepción y Limonero en la última década.

Algo parecido sucede en la presa del Limonero, cuyo papel está más bien vinculado con la retención y control de avenidas, dada la proximidad de la zona urbanizada de la capital. En cualquier caso, desde la primavera de 2020, fecha en la que alcanzó los 14 Hm³ hasta octubre de 2023 ha perdido más de la mitad de estos.

En definitiva, constatamos que los mayores complejos de acopio de agua de la provincia no solo no acusan con la misma celeridad las fluctuaciones pluviométricas como las pequeñas presas, lo cual es lógico dentro de la hidrodinámica de pequeñas cuencas mediterráneas, sino que tras los eventos no torrenciales, apenas si recuperan volumen embalsado. Esta es la consecuencia del incremento de la demanda.

Si comparamos para la última década el volumen agregado del agua embalsada, con la población provincial, con las pernoctaciones y con la pluviometría media anual de todos los observatorios AEMET-SAIH, podremos observar cómo mientras población y pernoctaciones (salvo en pandemia) se han incrementado, la pluviometría y el volumen embalsado se ha reducido. Es decir, un comportamiento claramente dual entre oferta y demanda.

Y esta dinámica se plasma a nivel territorial, en la Provincia de Málaga, con una muy desigual presión sobre los recursos hídricos derivadas del extraordinario proceso de urbanización plasmado en los últimos 30 años, y de otro, del auge del regadío, especialmente, aguas abajo de los grandes complejos hidrológicos. Tanto en un caso como en otro mostramos, mediante

la colaboración del profesor de la UMA Benjamín Galacho, la impronta de ambos procesos a principios de los años 90 y en 2022.

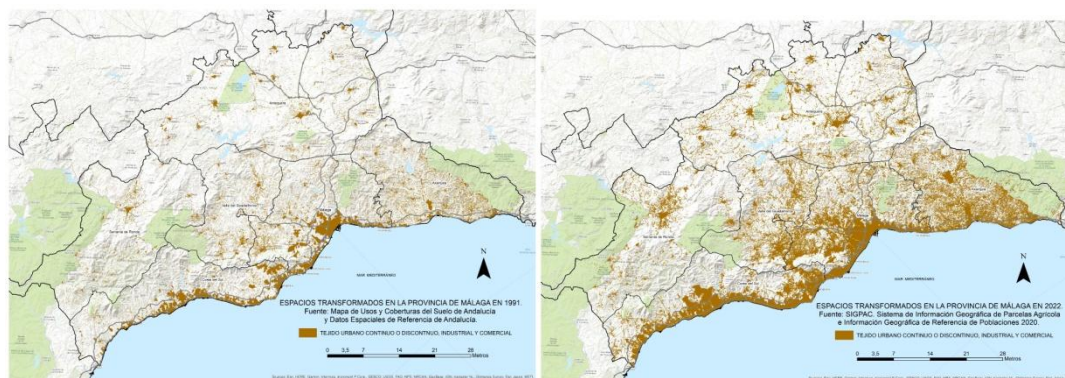


Figura 11.- Espacios transformados hacia la urbanización en la provincia de Málaga en 1991 y 2022.

Desde el punto de vista urbanístico, la provincia de Málaga ha experimentado un espectacular crecimiento que se concretado en tres ambientes: 1.- una conurbación litoral que prácticamente conecta sin solución de continuidad desde Nerja a Manilva a lo largo del litoral, 2.- los piedemontes esquistosos de materiales paleozoicos que se constituyen en auténticos anfiteatros como sucede en una gran parte de la Axarquía y de las sierras prelitorales occidentales, justo al resguardo de las sierras calizas y 3.- los fondos de valle de los ríos Guadalhorce, Grande, Velez, Benamargosa...

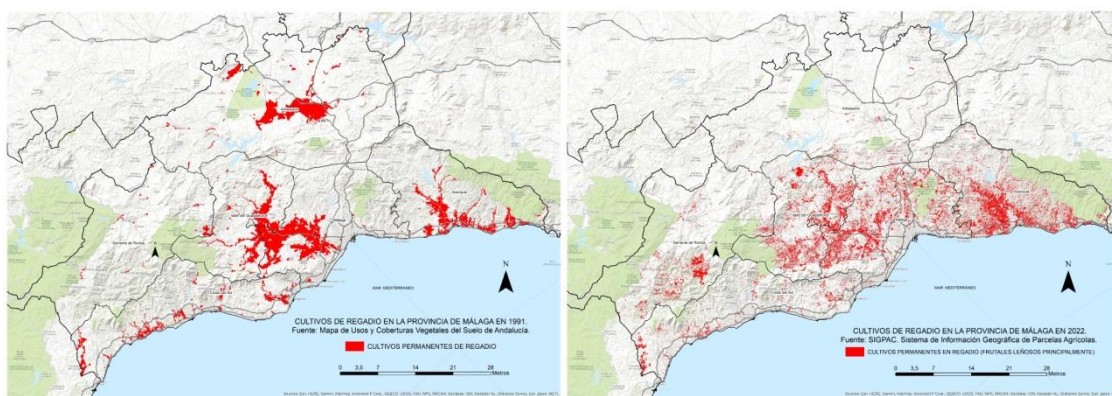


Figura 12.- Espacios transformados hacia la agricultura de regadío en 1991 y 2022.

Este poblamiento se ha manifestado también desde el punto de vista territorial en una expansión de la agricultura de regadío, curiosamente coincidiendo con una reducción de los recursos hídricos disponibles. De nuevo, el Valle del río Guadalhorce, el del río Velez y la Axarquía se convierten en las principales áreas regadas de la provincia. Si en los años 90 eran los fondos de valle las zonas demandantes de agua para la agricultura, en la actualidad dicha expansión y dispersión se ha consolidado, con todo lo que eso significa en cuanto a demanda de recursos hídricos, con un enorme aumento de la demanda respecto a la situación de 2005.

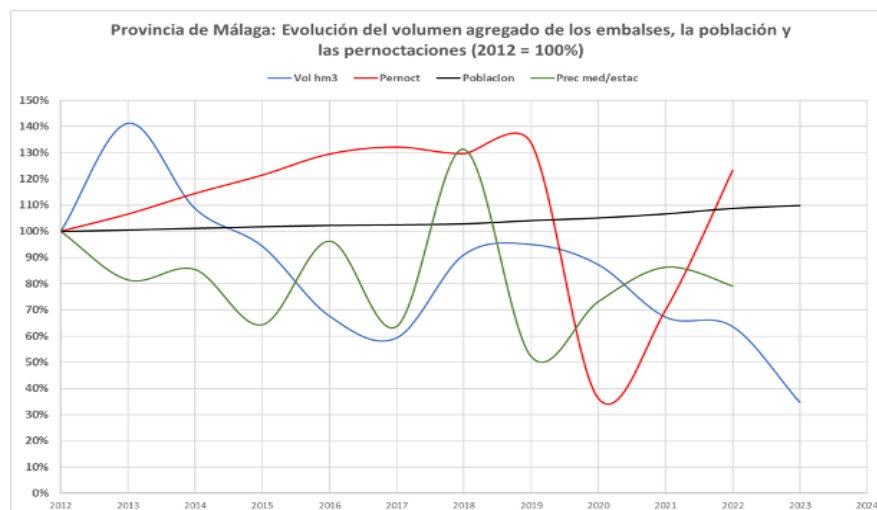


Figura 13.- Evolución comparada del volumen agregado de los embalses, la población y las pernoctaciones en la última década en la Provincia de Málaga.

Esta dinámica diferencial es aún más significativa en la Axarquía. En este caso hemos añadido la evolución de la superficie de aguacate determinada mediante fotointerpretación e imágenes de satélite Sentinel-2. Los resultados son bastante elocuentes. La superficie de aguacates se ha incrementado un 65% respecto a la existente hace 10 años, la población un 6%, mientras que la precipitación se ha reducido un 9% y el volumen embalsado un 59%. Es decir, no existe relación entre la reducción de la pluviometría y el descenso del volumen embalsado, salvo que no consideremos el espectacular incremento de la demanda.

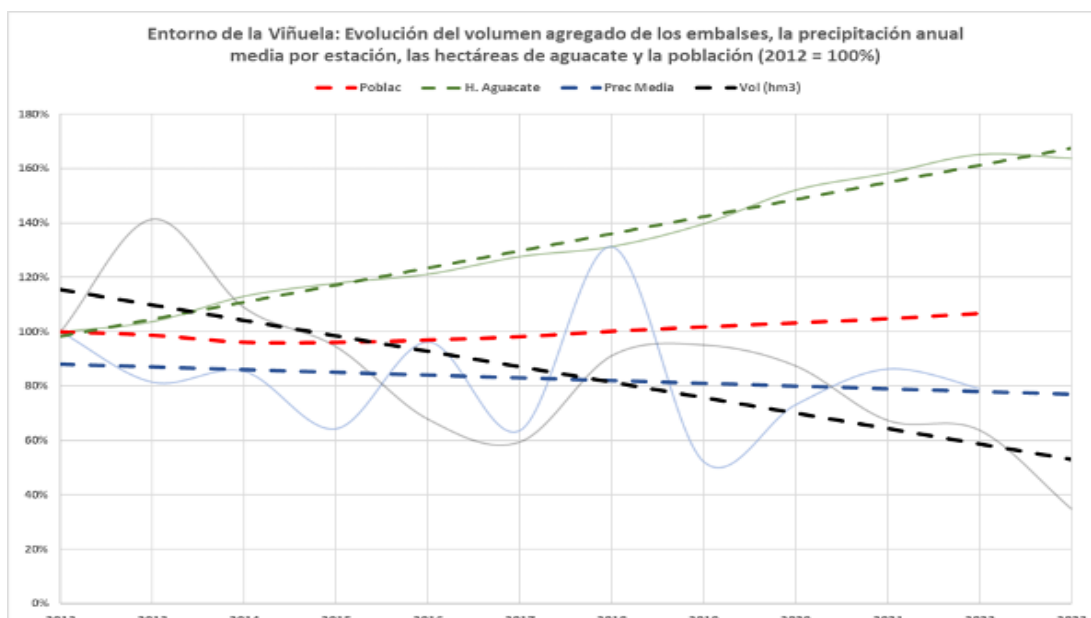


Figura 14.- Evolución del volumen agregado de los embalses, la precipitación anual, la superficie de aguacates y la población en el Embalse de la Viñuela en la última década.

Así pues, dado que la Provincia de Málaga está involucrada en una dinámica de sequía propia del mediterráneo, siempre acorde con los patrones de clásicos de esta, no hay una afección generalizada, y si en algunas comarcas es simplemente meteorológica, como en la Costa del Sol Occidental y Valle del Genal, en otras es meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica, como en la Axarquía. Y esto se está produciendo en ese sentido debido a que la demanda de recursos hídricos se ha situado muy por encima de la oferta, convirtiéndose en una situación estructural.

Por *demanda consuntiva entendemos* la cantidad de agua que se consume (y que no retorna por tanto al sistema) a resultas de dicho uso del agua. En los últimos 18 años tal demanda se ha disparado tanto para abastecimiento urbano como para regadío, un 31% y un 32% respectivamente, cuando la capacidad de acopio en los distintos embalses no se ha modificado, y la pluviometría media se ha reducido. Además, según los datos estimados por el Plan Hidrológico, se constata un importante aumento de la demanda urbana, como consecuencia de la dinámica demográfica actual, aunque esto no es extensible a la agricultura de regadío cuya demanda consuntiva incluso bajaría hacia 2039, de lo que se deduce un importante incremento de las aguas regeneradas y desaladas.

	2005		2023		2027		2039	
Subsistema	Urbana	Regadío	Urbana	Regadío	Urbana	Regadío	Urbana	Regadío
I-2	6,3	23,6	10,84	31,96	10,91	26,03	11,33	26,03
I-3	78,6	18,2	99,78	12,75	104,51	10,97	113,88	10,97
I-4	61,1	149	69,73	179,26	68,62	160,01	70,19	155,1
I-5	0,2	3,5	1,9	15,94	1,68	15,94	1,55	15,94
II-1	11,9	47,3	23,89	78,39	23,04	76,02	23,28	76,59
Totales	157,7	241,6	206,14	318,3	208,76	288,97	220,23	284,63

Tabla1.- Resumen de demandas consuntivas tanto urbana como regadío. Situación 2005, 2023, 2027 y 2039 (hm³/año). Fuente Plan Hidrológico 2009-2015

Los recursos hídricos se contabilizan por subsistemas y no por los límites provinciales en consecuencia los datos que se ofrecen vienen por Subsistemas y estos son los que engloban a la provincia de Málaga, aunque hay una parte del Subsistema I-2 que pertenece a Cádiz y una pequeña parte de Málaga que pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Las cifras corresponden a la demanda bruta total.

En resumen, hemos de constatar una doble afección territorial en nuestra provincia vinculada con temas hídricos, en la que una sequía cíclica mediterránea cuyo patrón es coyuntural, se superpone a una situación de déficit hídrico como consecuencia de un incremento de la demanda, ya mantenida en el tiempo a lo largo de las últimas décadas y, por tanto, estructural. Y así es como el déficit hídrico en nuestro entorno, resultado del desequilibrio entre la oferta y demanda de recursos hídricos, puede tener un impacto amplio y profundo a escala local, de ahí la importancia de una gestión eficaz y sostenible de los mismos.

4.- IMPACTOS DE LA SEQUÍA Y DÉFICIT HÍDRICO

4.1.- En la degradación del suelo y desertificación.

Las condiciones de sequía prolongadas o en episodios repetidos pueden contribuir a la desertificación, afectando la calidad del suelo y disminuyendo la capacidad de la tierra para sostener la vegetación y la agricultura. La sucesión de sequías y la aparición de procesos de desertificación están estrechamente vinculadas, especialmente en ambientes mediterráneos, que son particularmente susceptibles a ambos fenómenos debido a su clima característicamente cálido y seco en verano y suave y húmedo en invierno (Ruiz-Febles, 2004). La provincia de Málaga es buen ejemplo de dicha conjunción de procesos territoriales.

Podemos establecer algunos vínculos entre Sucesión de Sequías y Desertificación, como la reducción de la humedad del suelo, dado que las sequías prolongadas reducen la humedad del suelo, lo que puede llevar a su degradación y reducir la capacidad del suelo para soportar la vegetación. La pérdida de vegetación, debido a que la falta de agua durante las sequías puede causar la muerte de plantas y reducir la cobertura vegetal, lo que a su vez aumenta la vulnerabilidad del suelo a la erosión. Las consecuencias ecológicas de la pérdida de cobertura vegetal en la biodiversidad y en los procesos ecosistémicos asociados a ésta es otro aspecto importante para considerar en las sequías. La erosión del suelo, porque la pérdida de vegetación y la exposición del suelo al viento y a la lluvia pueden acelerar los procesos de erosión, disminuyendo la fertilidad del suelo y contribuyendo a la desertificación. La alteración de los Ciclos Hidrológicos, puesto que los ciclos hidrológicos afectan a las sequías al reducir la disponibilidad de agua superficial y subterránea. Esto, junto con la disminución de la vegetación, puede alterar los patrones de escorrentía y recarga de acuíferos, exacerbando la desertificación. La salinización del suelo, puesto que la reducción del agua superficial y subterránea puede conducir a la concentración de sales en la superficie del suelo, reduciendo aún más la fertilidad del suelo y la viabilidad de la vegetación. Los impactos humanos, puesto que las actividades humanas, como el sobrepastoreo, la deforestación, y las prácticas agrícolas insostenibles, pueden exacerbar en tiempos de sequía, contribuyendo adicionalmente a la degradación del suelo y a la desertificación (Gutierrez e Hidalgo, 2017). Y todo esto en el marco de una dinámica de Cambio Climático, que aumentará la frecuencia, intensidad, y duración de las sequías en muchas regiones mediterráneas, lo que podría acelerar los procesos de desertificación.

Para abordar la relación entre sequías y desertificación, es crucial implementar estrategias de manejo sostenible del suelo y del agua, promover prácticas agrícolas sustentables y que favorezcan la biodiversidad, restaurar áreas degradadas y proteger la vegetación natural y sus comunidades biológicas (López Bermudez y Sánchez Fuster, 2012). Además, es esencial fomentar la investigación y el monitoreo de estos fenómenos para entender mejor su dinámica y desarrollar estrategias adaptativas y mitigadoras de la pérdida de suelos y biodiversidad que sean efectivas.

En resumen, en la provincia de Málaga, la sucesión de sequías puede acelerar los procesos de desertificación y pérdida de biodiversidad, al impactar en la vegetación, la humedad del suelo, y los ciclos hidrológicos, y estos efectos pueden ser exacerbados por actividades humanas y el cambio climático.

4.2.- En la presión sobre los Recursos Hídricos.

Las afecciones de la sequía, a los recursos hídricos de la provincia de Málaga, en el contexto de cambio climático que nos encontramos, son varias. En primer lugar, se produce una disminución de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos que afectan tanto al abastecimiento humano como al uso agrícola e industrial del agua (Vicente Serrano

y López Moreno, 2005). El descenso de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas originan modificaciones a la baja en el valor de la esorrentía por los cauces, en el agua acumulada en los embalses y en la recarga natural de los acuíferos, y en consecuencia en las aportaciones por los manantiales.

La mayor irregularidad temporal de las precipitaciones repercute negativamente en el régimen de las crecidas y en la regulación de los ríos. Las crecidas de los ríos originadas por precipitaciones intensas presentan caudales punta más altos. En los periodos de sequía el caudal que circula por los ríos de nuestra provincia tiene su origen en las aportaciones subterráneas de los acuíferos de sus cuencas y de los caudales ecológicos que proceden de los diferentes embalses, que en estos periodos se reducen notablemente.

Los humedales ven afectado su funcionamiento hidrológico al variar los términos de su balance hídrico: menos entradas de agua y más salidas. En la provincia de Málaga existen importantes humedales, destacan la laguna de Fuente de Piedra, la laguna de la Ratosa, las lagunas de Campillos, y las lagunas de Archidona.

Las aguas subterráneas constituyen el caudal base de los ríos y las zonas húmedas y mantienen la mayoría de los ecosistemas acuáticos continentales, especialmente en las zonas áridas y semiáridas. Se ve menos afectadas por los efectos de una ausencia importante de las precipitaciones. No obstante, debido a la disminución en la recarga y a un posible incremento en su explotación se produce una disminución de las reservas acumuladas en los acuíferos y un descenso del nivel piezométrico que podría acentuar la tendencia a un empeoramiento de su calidad química.

En los acuíferos costeros, la situación natural de la interfase agua dulce-agua salada, puede verse alterada al modificarse el régimen de flujo hídrico subterráneo, como consecuencia del descenso de los niveles piezométricos. La interfase se desplaza hacia el interior del continente, salinizando parte del acuífero que contiene agua dulce. Las principales masas de agua subterránea que pueden afectarse son las de Río Vélez, Bajo Guadalhorce, Río Fuengirola y Marbella-Estepona.

4.3.- En la Biodiversidad:

Los ecosistemas locales y la biodiversidad se verán afectados, ya que especies nativas pueden no ser capaces de adaptarse rápidamente a los nuevos regímenes climáticos.

Es importante, también, recordar como la salud de los ecosistemas marinos y costeros depende también, del agua dulce y del aporte de nutrientes por su composición mineral. Así, por ejemplo, buena parte de las diferentes fases del desarrollo de especies tan apreciadas como el boquerón o la anguila, depende de la llegada de agua dulce a las costas (y al mar). (Moreno y Patricia, 2009).

Un aspecto destacable también son los efectos de la reducción del agua dulce que llega a los humedales costeros. Los humedales costeros son ecosistemas muy ricos (protegidos por el convenio de Ramsar que existen en la interfaz entre la tierra y el mar. Representan ambientes con una gran diversidad de hábitats y comunidades, alta capacidad de secuestro de carbono y una amplia gama de servicios ecosistémicos. En el Mediterráneo, los humedales costeros más grandes se encuentran en áreas deltaicas y en las desembocaduras de ríos¹. En los humedales costeros se produce la mezcla entre el agua continental y el agua marina, por lo que representan ambientes con una gran producción primaria y diversidad de hábitats y comunidades, y con una capacidad excepcional como sumideros de carbono (Ciscar Martí, 2018). Proporcionan hábitats reproductivos adecuados y zonas de cría, espacio habitable protegido para distintas especies. La falta de aportes de agua dulce y de sedimentos debido a la regulación de los cauces de los ríos (por riego, embalses y generación de energía hidroeléctrica) provoca problemas ecológicos en los ecosistemas húmedos y en los costeros marinos, como son la erosión y el retroceso de tramos del litoral, en definitiva, afecta a la gestión del litoral². A esta situación de déficit de agua y sedimentos en los ríos hay que añadir la amenaza que suponen los efectos del cambio global, como el aumento del nivel del mar, el aumento de la temperatura y de la frecuencia e intensidad de las tormentas (Valladares et al, 2004).

Otra función importante del litoral, por lo que su conservación es importante para el bienestar humano, es la capacidad de captación de agua por los arenales costeros y las dunas

Existen distintas figuras de protección de la costa y el litoral que están contempladas en la legislación derivada de la Red Natura 2000 y en la legislación estatal y autonómica que deriva de la legislación comunitaria: LICs, ZECs y ZEPAs principalmente.

4.4.- En la economía Local:

Sectores como la agricultura, tanto la tradicional como los subtropicales y el turismo están viéndose seriamente afectados, lo cual tiene un impacto negativo en la economía local.

La sequía como anomalía coyuntural posee impactos profundos y variados en las economías locales de las áreas mediterráneas, afectando desde la disponibilidad de recursos básicos a

¹ En el caso de la provincia de Málaga, Ramsar acoge los humedales incluidos desde 1982: laguna de Fuentedepiedra y los complejos lagunares de Archidona y Campillos. La legislación autonómica contempla el Paraje Natural Desembocadura del río Guadalhorce y el del Desfiladero de los Gaitanes, en relación estrecha con el agua, o la Reserva Natural Laguna de la Ratosa.

² La Comunidad Autónoma de Andalucía ya es responsable de funciones tan primordiales para la Gestión Integrada de la Áreas Costeras como: protección de espacios naturales, gestión del agua, ordenación del territorio y del litoral, recursos y actividades desarrollados en las aguas interiores, puertos pesqueros y deportivos, gestión de la Zona de Servidumbre de Protección del DPMT, etc. Un modelo integrado de Gestión de Áreas Litorales tendría más en cuenta la estrecha relación que se establece entre la administración de las zonas costeras y el de las cuencas hidrográficas. La libre circulación de sedimentos y peces, la cantidad y calidad de las aguas, los pulsos con las que estas aparecen a lo largo del año hidrológico, etc. implica el reconocimiento de la dependencia de los ecosistemas litorales respecto de los fluviales (Barragán Muñoz, J. M., Chica Ruiz, J. A. 2013. Evaluación de los ecosistemas litorales del milenio de España: una herramienta para la sostenibilidad de la zona costera. *Eubacteria*, nº 31, 2013..

la producción agrícola hasta el turismo. Es esencial que estas áreas implementen estrategias de adaptación y mitigación para enfrentar los desafíos que presentan las sequías. El déficit hídrico atiende a un patrón estructural y debido a un desequilibrio entre la oferta y demanda de agua tiene consecuencias graves para las economías locales en áreas mediterráneas, que están particularmente expuestas a problemas de escasez de agua debido a su clima, patrones de lluvia irregulares y presiones demográficas y turísticas. El impacto de dicho desequilibrio afecta a la agricultura, porque dependen de la agricultura de regadío. Sequía y déficit hídrico disminuyen la cantidad de agua disponible para riego, lo que a su vez afecta la producción. Esto lleva a una disminución de los ingresos para los agricultores y potencialmente aumentar los precios de los alimentos. La sequía supone un incremento del coste del agua, dado que cuando hay escasez, el coste de obtenerla, tratarla y distribuirla aumenta, lo que tiene un impacto directo en los hogares y empresas, especialmente en zonas turísticas como gran parte de la provincia de Málaga. Sequía y déficit hídrico limitan las actividades turísticas, y afectar la percepción del destino turístico si hay restricciones visibles en el uso del agua.

En definitiva, son necesarias inversiones en infraestructura, para abordar la escasez de agua, como plantas desalinizadoras, sistemas de reciclaje de agua y reservorios, porque además, estas inversiones pueden crear empleo y oportunidades económicas.

4.5.- En la salud humana

En épocas de sequía como la que ahora estamos viviendo garantizar este derecho al “agua corriente” es una prioridad absoluta. En el momento de redactar este informe cerca de 30 municipios de la provincia de Málaga, entre ellos Almáchar, Benamargosa, El Borge, Iznate, Moclinejo, Periana, Vélez-Málaga, Sedella y Casabermeja. realizan cortes nocturnos para preservar sus recursos hídricos. En toda Andalucía más de cien municipios sufren incidencias en el suministro, y en algunos, sobre todo de la sierra norte de Córdoba, se está teniendo que proporcionar a las poblaciones agua potable “no corriente” (embotellada) o con grandes cubas procedentes de otros lugares. Por otro lado, un estudio realizado recientemente por la Diputación de Málaga muestra que la mitad de los municipios de la población Málaga pierden hasta 7.000 millones de litros de agua durante su distribución desde el depósito hasta los grifos de las casas, lo que no deja de ser un sarcasmo en épocas de sequías severas como las actuales (Academia Malagueña de Ciencias, 2020).

Las sequías son una de las consecuencias más temidas del cambio climático siendo cada vez más severas y frecuentes. Las sequías tienen, como es bien conocido, una repercusión inmediata sobre la producción de alimentos y muchas de las hambrunas periódicas que asolan a buena parte del mundo están asociadas a las sequías.

En un mundo en donde hay tantos lugares con problemas de abastecimiento de agua potable, la actual previsión de crecimiento urbano hará que hacia 2050 la demanda de agua

haya aumentado en más del 50%. Si no se toman medidas los problemas sobre el abastecimiento de agua potable de millones de personas, aumentarán.

Los efectos sobre la salud asociados con los episodios de sequías son habitualmente indirectos e incluyen un aumento del riesgo de enfermedades infecciosas, diarreas, malnutrición, cambios en los vectores de infección, aumento de las enfermedades cardiovasculares y de enfermedades mentales, así como de la mortalidad. El riesgo de las sequías sobre la salud no es independiente del grado de desarrollo de los países, pues mientras que en los países en vías de desarrollo están asociados a la calidad del agua y a la inseguridad alimentaria, en los países desarrollados se asocia con el impacto económico y al aumento de la polución relacionado con las sequías o de potenciales alérgenos que pueden comprometer a la salud respiratoria (Academia Malagueña de Ciencias, 2020).

Los estudios que relacionan el impacto de las sequías sobre la salud son cada vez más numerosos, aunque existen todavía problemas metodológicos e incertidumbres a las que dar respuesta. Es necesario elaborar índices adecuados que sean capaces de evaluar la intensidad y la “calidad” de la sequía. Además, se necesita un mejor conocimiento sobre los mecanismos biológicos a través de los cuales las condiciones de sequía afectan la salud, así como sobre qué mecanismos de vulnerabilidad están involucrados. Una información más precisa permitirá distinguir los efectos de las sequías en los impactos sobre la salud a corto, mediano y largo plazo (Academia Malagueña de Ciencias, 2020). Un conocimiento más amplio sobre estas cuestiones será crucial para implementar medidas de prevención y adaptación tempranas, reducir vulnerabilidades y mitigar riesgos potenciales en escenarios climáticos futuros.

Los mecanismos por los que las sequías (y como es el caso del Mediterráneo) las inundaciones episódicas por lluvias torrenciales pueden afectar a la salud poblacional son muchos. Algunos están asociados directamente a los efectos inmediatos del cambio climático, como el estrés durante las olas de calor intenso, o la degradación de la calidad del aire, el aumento del nivel del mar, el aumento de la temperatura de los océanos y la acidificación de sus aguas y la alteración en los ecosistemas marinos con alteración de la cadena trófica, la seguridad alimentaria y el acceso a agua potable, los fenómenos meteorológicos extremos o, las obligadas migraciones de la población. Pero también el deterioro de las condiciones ambientales puede facilitar de forma más indirecta la aparición de diarreas, enfermedades infecciosas transmitidas por diferentes vectores, o enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como desnutrición, etc. Pero igualmente comienzan a verse efectos del cambio climático sobre la salud que pueden ser más indirectos aún, como el aumento de problemas de salud mental debido al estrés, a la pérdida de los hogares, a la inestabilidad económica o a la emigración forzada.

Casi todas estas consecuencias sobre la salud del cambio climático no se reparten por igual en la población, pues, como resulta claro, son más vulnerables los niños, los ancianos y las clases desfavorecidas.

Los problemas de salud vinculados directamente con las sequías están relacionados con:

- a. El mantenimiento de una red de agua potable garantizada. Los cortes de agua o los sistemas no convencionales de suministro de agua potable pueden ocasionar problemas de salud, como infecciones intestinales o intoxicaciones puntuales por falta de calidad del agua.
- b. En casos de sequías importantes la producción de alimentos vegetales (e incluso animales) puede verse afectada localmente, lo que puede llevar a desabastecimiento puntuales
- c. El desabastecimiento local conduce en muchas ocasiones a un aumento del precio de los alimentos, lo que tiene importantes consecuencias en la calidad del consumo, especialmente en las personas menos favorecidas económicamente. El caso actual del AOVE es paradigmático cuyo precio se ha duplicado en los dos últimos años.

En resumen, podemos afirmar que la afección de sequías y deficit hídrico es tanto ecosistémica, incidiendo en suelo, biodiversidad y en la propia presión sobre los recursos hídricos, como socioeconómica, al relacionarse con la salud, los desequilibrios en cuanto al acceso del agua, su disponibilidad y distribución de la misma. El agua forma parte del suelo, con lo que cuando se produce un episodio de sequía pluviométrica, inmediatamente se genera un déficit hídrico en las formaciones superficiales que puede terminar en una situación de stress hídrico, con una doble incidencia, tanto agrícola (cultivos de secanos como el olivar, los cereales o la vid adelantan la cosecha) como medioambiental (la vegetación se agosta antes, con lo que junto a la afección fisiológica aparece otra vinculada con un exceso de combustible en el monte), lo que se traduce en una pérdida de biodiversidad. Pero lo que confiere a esta situación de déficit hídrico el carácter de crisis integral es su vinculación con la reducción en la disponibilidad de agua. Y no solo porque a la sequía meteorológica le sigue otra agrícola, sino porque también va unida a la sequía hidrológica que se traduce en una menor disponibilidad de agua en los embalses, reduciéndose el potencial de riego y la capacidad de abastecimiento.

5.- ESTRATEGIAS DE ADAPTACION Y MITIGACION

5.1.- El papel de la ordenación de recursos hídricos

Es muy importante que se establezca una gestión integrada de todos los recursos hídricos (Arenas et al, 2017). Cualquier iniciativa inversora o de consumo, que requiera la utilización de recursos hídricos, debería pasar por un estudio serio que incluyera la disponibilidad de esos recursos. Hoy día, tanto en construcción de viviendas e infraestructuras turísticas, como en la agricultura, o en actividades industriales, se da por supuesto esa disponibilidad. Y entendemos que no vale crear la necesidad para luego resolver el problema. Más bien debería ser al revés. Si hoy somos deficitarios en el suministro de agua a todos los niveles, resolvamos este problema y después veamos cómo se puede seguir creciendo, si se puede. ¿Inevitablemente el desarrollo pasa por un mayor consumo de agua? Quizás no, si se establecen prácticas de ahorro. Pero desde un único organismo, desde el que participen todos los implicados (ayuntamientos, agricultores, inversores, etc.) que deberían estudiar los problemas y las soluciones.

5.2.- Diagnóstico y Monitoreo

Establecimiento de un Sistema de Monitoreo:

Los parámetros que debemos tener en cuenta para determinar los recursos hídricos que se disponen para satisfacer las diferentes demandas son las precipitaciones, el volumen de agua existente en los embalses, el volumen de agua subterránea acumulada en los acuíferos así como la evolución de los niveles piezométricos.

Es necesario desarrollar un sistema integral de monitoreo climático y de uso de agua para evaluar las condiciones actuales y futuras por diversas razones:

1. Un monitoreo detallado del uso del agua que ayude a identificar patrones de consumo y detectar áreas de ineficiencia o derroche, porque incluso en periodos de bonanza no debemos olvidar que el agua es un recurso escaso.
2. La información sobre el clima y el uso del agua es esencial para la planificación urbana, la agricultura, la industria y el turismo. Ayuda a garantizar que el desarrollo sea sostenible y resiliente ante una dinámica cambiante.
3. Un sistema de monitoreo también tiene un componente educativo, al hacer que la información sea accesible al público, se eleva la conciencia sobre la importancia de conservar el agua y adaptarse al cambio climático.

En definitiva, dada la importancia del agua para la economía, la comunidad y el ecosistema, desarrollar un sistema integral de monitoreo es una inversión esencial para garantizar un futuro sostenible y resiliente en la provincia.

Estudios Hidrogeológicos:

La certeza científica de la unidad del ciclo hidrológico, y la reiterada necesidad de una gestión integrada del agua, los acuíferos y el agua subterránea que contienen, presentan

especial interés en periodos de sequía. Esto hace que, siempre y cuando se parta de un buen conocimiento del acuífero y su relación con los ecosistemas naturales con los que pueda estar relacionado, se puedan superar los problemas derivados de esas situaciones adversas climatológicamente. El Grupo de Hidrogeología (Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga) ha estudiado la hidrogeología de las sierras Tejeda-Almijara hasta el límite este de la provincia de Málaga. Estas reservas, aunque variables, podrían incorporarse a un modelo de gestión de La Viñuela, dada su alta capacidad de almacenamiento.

Para poder incorporar los acuíferos a la gestión hídrica es necesario identificar los lugares que sequía tras sequía vienen sufriendo las consecuencias de la escasez de agua y, en segundo lugar, obtener un conocimiento lo más detallado posible de los acuíferos situados en su entorno, caracterizarlos hidrogeológicamente, estimar el volumen de agua disponible en ellos, así como su capacidad de almacenamiento.

Además de conocer mejor los acuíferos mediante los correspondientes estudios, sondeos, redes de observación, modelación... se debe controlar la evolución piezométrica y la calidad del agua antes, durante y después de la explotación coyuntural.

El uso sostenible del agua ha de ser desarrollado a través de un enfoque integrado, que tenga en cuenta las aguas superficiales y subterráneas para ser gestionadas conjuntamente, prestando análoga atención a los aspectos de cantidad y calidad. Además, a este proceso de uso integrado o uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas, se pueden incorporar, en el caso de existir, las aguas regeneradas y las aguas desaladas.

Las aguas subterráneas constituyen una fuente importantísima de agua en nuestra provincia. Ya en el informe emitido en 1995 por la Academia, entre los acuíferos carbonatados y los dendríticos se cifraba la infiltración en 596 Hm³/año y los bombeos en 185,4. Actualmente, y por causa precisamente de la falta de recursos superficiales, la presión es muchísimo mayor y los niveles están bajando, especialmente los que corresponden a los dendríticos, con el riesgo de la intrusión marina. Pero esta pérdida de reservas es también constatable en los carbonatados. Estamos hablando de embalses subterráneos, que se han rellenado a lo largo de muchos años y, tras su posible vaciado, la recuperación sería muy lenta. Y tampoco se debe olvidar que la bajada de niveles freáticos se traduce también en una elevación de los costes de impulsión.

En resumen, los estudios hidrogeológicos son una herramienta vital para garantizar la gestión sostenible de los recursos hídricos, proteger la calidad del agua, y asegurar que se satisfagan las necesidades de las comunidades, la agricultura, la industria y los ecosistemas.

5.3.- Infraestructura Hídrica

5.3.1.- Aguas superficiales y subterráneas

Actualmente estos recursos constituyen el aporte mayoritario, por su relativa sencillez técnica, y por ser, especialmente el primero, el suministro de agua más barata, y es necesario seguir profundizando en la relación entre las aguas superficiales y las subterráneas en una cuenca (Villanueva, 1992).

Afortunadamente disponemos de un sistema regulador para los primeros muy importante. El sistema Guadalhorce-Guadalteba-Turón, completado hacia los setenta, el sistema Guaro-Benamargosa (Viñuela), terminado en 1995, la Concepción en el río Verde (costa occidental), la presa del limonero en el Guadalmedina y, finalmente, la presa de Casasola en el río Campanillas desde 1999. Estos embalses, más una enorme cantidad de bombeos de aguas subterráneas han permitido el desarrollo provincial en todos los sectores económicos.

Otro tema, que también fue objeto de estudios y anteproyectos es el posible aprovechamiento del río Genal, tema muy contestado en su tiempo por los valores medioambientales del valle. El último anteproyecto era una actuación relativamente blanda, con un embalse más pequeño y aguas debajo de la parte importante del valle, y manteniendo un caudal mínimo ecológico. Reestudiar esta actuación teniendo en cuenta el valor ambiental del valle, y los eventuales beneficios de disponer de un nuevo recurso hídrico podría ser una iniciativa adecuada. En cualquier caso, se trataría de una actuación controvertida en el marco de la nueva cultura del agua.

5.3.2.- Desalinización: Considerar la implementación o expansión de plantas desalinizadoras, especialmente en áreas cercanas a la costa.

Las aguas regeneradas, procedentes de EDAR tienen frecuentemente, incluso tras un tratamiento terciario, niveles elevados de conductividad eléctrica (asociada a altos niveles de sólidos solubles totales). La reducción hasta un menor nivel, dependiente del cultivo, es en muchos casos recomendable. El costo puede ser elevado dada la necesidad de ósmosis inversa. Convendría estudiar el uso de paneles solares colocados sobre las presas y las balsas de las EDAR, lo cual reduciría además las pérdidas por evaporación.

La utilización del agua del mar, previa desalación, es una técnica ampliamente utilizada en países áridos (Bruins, 2000, 2003). Probablemente el agua resultante es la más cara de todas, pero constituye una fuente segura. Para ser consecuente, el elevado coste de energía que supone (alrededor de 3 kwh/m³), debería ser afrontado con energías renovables. Teniendo en cuenta, además, que antes o después de la desalación, dependiendo de la ubicación de la planta, el agua debe elevarse a cotas de consumo. Estos costes serían asumibles para el consumo urbano, y quizás para el agrícola con determinados cultivos de alta rentabilidad y situaciones de emergencia temporales.

Tres son los problemas fundamentales que afectan a las desaladoras o desalinizadoras.

El impacto ecológico. El problema ecológico de la desalación es la obtención en el proceso de gran cantidad de salmuera. Su vertido al mar provoca un incremento de la salinidad que afecta negativamente a los ecosistemas marinos. Su conversión en parte en sosa cáustica, tiene además un componente de economía circular al poder utilizarse además en las instalaciones-

La construcción, funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones (IDAM Instalaciones Desaladoras de Aguas Marinas).

El coste de creación de estas desaladoras es elevado y además necesitan estar en funcionamiento constantemente para amortizar la inversión inicial.

La intermitencia de su uso. Esta discontinuidad en su actividad lo da el hecho de que en época de sequía los usuarios están dispuestos a pagar el agua al precio máximo que puedan soportar, pero cuando las precipitaciones son más continuas y, por tanto, las aguas reguladas alcanzan valores máximos, las aguas fluyentes dan la sensación de ser ilimitadas y los acuíferos se han recargado parcialmente, los usuarios se olvidan del agua desalada pues el precio del m³ sigue siendo muy elevado. Esto provoca que grandes instalaciones (IDAM) funcionen parcialmente y con una importante pérdida de rentabilidad, lo que hace que la administración y los posibles inversores se planteen la oportunidad de su construcción, ya que en su rentabilidad un aspecto importante es la asunción de sus costes de funcionamiento por todos sus usuarios. Sólo el establecimiento de convenios que den lugar a compromisos por parte de los usuarios de que van a utilizar el agua desalada en periodos de tiempo suficientes para amortizar la inversión inicial, podrá dar lugar a una normalización de la producción de este tipo de agua.

5.3.3.- Reciclaje de agua: Tratar y reciclar aguas residuales para usos no potables como riego agrícola, jardinería e industria.

Siguiendo normas europeas, recientemente actualizadas, se están instalando tratamientos terciarios avanzados en los municipios costeros de Málaga. Ello permitirá incluso su uso para cultivos hortofrutícolas de consumo en fresco y riego de parques con presencia humana.

Tras las aguas superficiales y subterránea, el agua que se pueda tratar en las depuradoras de residuales, (ARD en adelante), es seguramente el recurso más importante. Solamente en el municipio de Málaga las disponibilidades, entre las tres depuradoras, ascienden a 64,5 Hm³/año. Y para el total de la provincia la cifra podría multiplicarse por tres. Es decir, un volumen de agua similar a la capacidad del embalse de la Viñuela, por ejemplo.

La primera cuestión es clarificar el nivel de depuración. Las aguas residuales, tras el paso por el medio urbano (descartamos absolutamente las que procedan de entornos industriales, salvo que se analicen para posibles contaminantes orgánicos y metálicos) han subido su

contenido en materia orgánica, microorganismos y sales disueltas. Sería obligado contar con una depuración terciaria, que asegure la calidad suficiente de acuerdo con la normativa vigente, especialmente teniendo en cuenta que en su mayor parte estas aguas se dedicarían al riego de campos de golf, jardines, huertas o plantaciones frutales. Y sería importante contar con un sistema de seguimiento analítico, para saber qué se está aplicando a los suelos, aparte de agua. En los años 90 desde el IFAPA de Málaga se trabajó sobre este tema, ofreciendo datos analíticos de algunas depuradoras de la costa (Olalla et al., comunicaciones I+D junta de Andalucía, 1999), cuyo resumen fue el siguiente:

El último aspecto, no menos importante es el coste (Bravo Guajardo, 2013). Dando por supuesto que hablamos de un agua que ya ha recibido el tratamiento secundario, condición exigida para ser vertida al mar o a los ríos, el terciario que se exige puede estar, dependiendo de la calidad inicial entre 0.05-0.26 €/m³. Y si añadimos los costes de elevación a cotas de uso, podríamos estar hablando de otros 0.05-0.10 €/m³.

Se trata pues de un agua relativamente cara, pero de la que se puede, y se debe, hacer un uso inteligente, posiblemente con mezclas y seleccionando bien los tipos de cultivo y tratamientos. Y parece claro que es un recurso especialmente útil en una situación de emergencia como la que tenemos. Pero este uso no debería dejar de lado el control analítico del agua suministrada, y el seguimiento de su efecto en los suelos a través de parcelas piloto controladas.

Deberá prestarse mucha atención a posibles problemas con su uso imprudente:

- Sanitarios para personas y animales.

- Exceso de metales pesados en suelo a largo plazo.

- Exceso de diversas sales, con efecto negativo sobre la calidad física y química de los suelos.

5.3.4.- La mejora de las infraestructuras hidráulicas para minimizar pérdidas de agua es crucial, no solo para conservar un recurso esencial, sino también para reducir los costos de tratamiento y distribución del agua. La propia Diputación Provincial ha alertado acerca de este problema. Para la detección de Fugas, podría utilizarse tecnología acústica y para identificar el sonido del agua que escapa de las tuberías, o emplear equipos de detección por infrarrojos para identificar cambios en la temperatura del terreno que podrían indicar una fuga. Para inspeccionar infraestructuras de difícil acceso utilizar drones y cámaras. Podrían también utilizarse materiales de tuberías más resistentes a la corrosión, como PVC, para reemplazar las tuberías antiguas de hierro fundido o acero, así como instalar sensores inteligentes para monitorear el flujo y la presión en tiempo real, lo que puede ayudar a detectar anomalías rápidamente e implementar sistemas de gestión de redes que utilicen algoritmos avanzados para detectar y localizar pérdidas. Desde el órgano de gestión es recomendable el ajuste de la presión en la red para minimizar las fugas, dado que una presión excesiva provoca rupturas y fugas.

5.3.5.- El aumento del almacenamiento de agua es solo una pieza del rompecabezas de la gestión integral del recurso hídrico. También es fundamental combinarlo con prácticas de conservación, eficiencia y educación para garantizar un uso sostenible del agua en el largo plazo.

En resumen, plantear que hemos de aprender a convivir con situaciones de sequías cíclicas coyunturales en el marco de un déficit hídrico estructural supone la necesidad urgente de activar estrategias de adaptación y mitigación a una problemática territorial que necesariamente debe pasar por una adecuada ordenación del territorio, que determine con exactitud el potencial hídrico provincial y ajuste el consumo, por un buen sistema de diagnóstico y monitoreo de las sequías y del aprovechamiento de los recursos hídricos, y por un uso adecuado de la infraestructura hídrica.

6.- USO EFICIENTE DEL AGUA

6.1. Tecnologías de Riego Eficiente:

Promover el uso de tecnologías de riego de alta eficiencia, como el riego por goteo, es esencial en contextos de sequías y déficit hídrico:

1. Aunque el riego por goteo entrega el agua directamente a las raíces de las plantas, minimizando la cantidad de agua perdida por evaporación o escorrentía, puede optimizarse mediante la determinación de la cantidad de agua necesaria por el sistema radicular por unidad de tiempo, para darle a la planta exactamente el volumen necesario. Esto significa

que se puede utilizar menos agua para obtener el mismo rendimiento, o incluso más, en comparación con los métodos tradicionales.

2. En áreas donde el agua es escasa y los acuíferos están en peligro de sobreexplotación, el uso eficiente del agua es crucial. Las tecnologías de riego de alta eficiencia, que ajuste el aporte hídrico con las necesidades de la planta, pueden reducir la demanda sobre estos acuíferos, y si bien la inversión inicial puede ser mayor, en el largo plazo, al usar menos agua y energía, los costos operativos de los sistemas de riego de alta eficiencia tienden a ser menores. El riego por goteo e incluso radicular permiten una aplicación uniforme y precisa del agua, lo que puede mejorar la salud de las plantas y aumentar los rendimientos. Con el riego por goteo, se pueden aplicar fertilizantes directamente al sistema (fertirrigación), lo que permite una aplicación más precisa y reduce la cantidad de fertilizantes necesarios. Esto no solo ahorra costos, sino que también reduce la contaminación del agua por escorrentía.

3. Al reducir la cantidad de escorrentía y erosión, se conserva la calidad y salud del suelo. Esto es vital para la sostenibilidad a largo plazo de las prácticas agrícolas, porque el riego excesivo con métodos ineficientes puede llevar a la salinización del suelo, afectando negativamente la salud de las plantas, mientras que los goteros reducen este riesgo al aplicar agua de manera más controlada. Los sistemas de riego por goteo pueden ser adaptados y ajustados para diferentes cultivos y condiciones del suelo, ofreciendo una solución versátil para diversos escenarios agrícolas. Así, con las proyecciones de cambio climático indicando patrones de lluvia más erráticos y sequías más intensas en muchas regiones, adoptar tecnologías de riego eficientes es una estrategia proactiva para enfrentar estos desafíos, junto a educar a los agricultores y al público en general sobre la importancia de la conservación del agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

En resumen, promover tecnologías de riego de alta eficiencia, como el riego por goteo, es una estrategia clave para enfrentar los desafíos del déficit hídrico y asegurar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas, especialmente en regiones propensas a sequías, pero aún más lo es la optimización del mismo, mediante estrategias de digitalización del agro, que vinculen aporte hídrico con necesidades de consumo de la planta.

6.2.- Educación y Sensibilización:

Los ambientes mediterráneos presentan características climáticas, geográficas y socioeconómicas particulares que hacen que la gestión del agua sea especialmente crítica. Es necesario implementar campañas de uso responsable del agua en hogares, agricultura y turismo, porque el clima mediterráneo se caracteriza por inviernos húmedos y veranos largos y secos, lo que lleva a periodos estacionales de escasez de agua, haciéndola un recurso aún más precioso durante ciertas épocas del año. Estos recursos son limitados y pueden agotarse o contaminarse si no se manejan adecuadamente. La agricultura es una

actividad económica fundamental en muchas áreas mediterráneas, y ha experimentado un importante incremento en las últimas décadas en la provincia, y especialmente en el regadío. Sin embargo, los métodos agrícolas intensivos pueden consumir grandes cantidades de agua, lo que aumenta la presión sobre los recursos hídricos ya limitados. Esto, coincidiendo con el auge provincial como destino turístico popular.

En origen, la afluencia de turistas, especialmente en la temporada alta, incrementa drásticamente el consumo de agua en hoteles, piscinas, campos de golf y otras infraestructuras turísticas, sin embargo, la desestacionalización ha ampliado dicha presión a prácticamente todo el año.

Esta promoción del uso, se ha de realizar desde la Sociedad Civil organizada e incluso con apoyo de la administración o bien directamente desde las diversas administraciones estatal, Junta de Andalucía, local y supramunicipal. La Junta tiene regulado un procedimiento en relación al proceso de seguimiento y revisión del Plan Hidrológico, de tal modo que la participación pública se apoya en “entrevistas, jornadas de puertas abiertas, reuniones bilaterales, talleres, participación interactiva, mesas sectoriales y multisectoriales, conferencias y mesas redondas y publicación en boletines oficiales de los períodos de las consultas públicas”. Pero entendemos que esta relación por parte de la administración con la ciudadanía, no ha de reducirse tan sólo a estas participaciones en los periodos administrativos que marcan la Planificación Hidrológica, ya que la concienciación de la Sociedad mediante programas de divulgación y educación debe ser tarea prioritaria, pues el uso y consumo responsable de los recursos hídricos se nos antoja imprescindible para cambiar mejorando las pautas de comportamiento y alcanzar un consumo sostenible de estos recursos.

En resumen, debido a la combinación única de factores climáticos, geográficos, económicos y sociales en las regiones mediterráneas, es esencial promover un uso responsable y sostenible del agua para garantizar el bienestar a largo plazo de sus habitantes, economías y ecosistemas.

6.3. Regulaciones y tarifas

Probablemente la mejor manera de que los usuarios en general hagan un uso eficiente del agua sería trasladar a ellos el coste real, bajo la perspectiva universal de que el agua es un derecho. Estableciendo para cada caso unos consumos máximos que tanto en el caso urbano como el agrícola hagan posible la actividad, y precios progresivos cuando se sobrepase ese consumo máximo. Naturalmente que eso requiere un sistema de control eficiente, contadores que funcionen, inspectores que vigilen y multas disuasorias para los incumplimientos.

6.4.- Medidas Agropecuarias

6.4.a. - Cultivos resistentes a la sequía

Fomentar el uso de cultivos que requieran menos agua o que sean resistentes a condiciones de sequía. Sería una opción importante, a partir de que se establezcan dotaciones de agua específicas, y a qué coste. Si no, el agricultor buscará como es natural el máximo beneficio, y éste habitualmente se consigue con relativamente altos consumos de agua. Pero efectivamente, debería procurarse, y este es un trabajo de mejoradores de plantas que, aunque se está haciendo, posiblemente necesitaría un impulso importante de investigación.

6.4.b.- Gestión de suelos: Implementar prácticas de gestión de suelos que mejoren la retención de agua.

La gestión adecuada del suelo es crucial para mejorar la retención de agua, especialmente en zonas de fuertes pendientes y suelos muy vulnerables a la erosión, lo que puede ayudar a determinados cultivos a resistir períodos de sequía y a aprovechar mejor el agua disponible. De ahí la necesidad de llevar a cabo determinadas prácticas de conservación de suelos, así como enmiendas en los mismos. En nuestras condiciones geoambientales, pueden mejorar la retención de agua:

Cubierta vegetal: Mantener una cubierta vegetal, ya sea mediante cultivos de cobertura o mediante residuos de cultivos, puede ayudar a reducir la evaporación del suelo y protegerlo contra la erosión.

Labranza mínima o conservacionista: Practicar la labranza mínima o directa puede mejorar la estructura del suelo y, por lo tanto, su capacidad para retener agua. Esto también ayuda a conservar el contenido orgánico del suelo.

Agregado de materia orgánica: Es una cuestión ancestral, pero la incorporación de compost, estiércol o residuos de cultivos al suelo puede mejorar su estructura y aumentar su capacidad de retener agua.

Rotación de cultivos: que puede ayudar a mantener la estructura del suelo y a prevenir enfermedades y plagas, lo que a su vez puede mejorar la retención de agua.

Control de la compactación del suelo: Evitar la compactación del suelo mediante la gestión del tráfico de maquinaria y el uso de técnicas como la subsolación que mejoran la infiltración y retención de agua.

Terrazas y contornos: Considerando la orografía dominante en la provincia, las terrazas y el cultivo en contorno pueden reducir la escorrentía y aumentar la infiltración de agua.

Construcción de zanjas y barreras, pueden ayudar a recoger y dirigir el agua, permitiendo una mejor infiltración.

Plantación en surcos o caballones, pueden ayudar a dirigir y conservar el agua en áreas específicas donde las plantas pueden acceder a ella más fácilmente.

Manejo de salinidad: En áreas donde la salinidad del suelo es un problema, como las proximidades a cauces y zonas de vega, prácticas como el drenaje adecuado pueden ayudar a manejar la salinidad y mejorar la retención de agua.

Uso de acolchados o *mulching*: Aplicar una capa de material orgánico o inorgánico sobre la superficie del suelo puede ayudar a reducir la evaporación, controlar las que inadecuadamente se denominan “malas hierbas” y mejorar la retención de agua.

Riego eficiente: Usar métodos de riego eficientes, como el riego por goteo, o mediante la digitalización del sistema de riego considerando los umbrales hidrológicos del suelo, puede asegurar que el agua llegue directamente a las raíces de las plantas y reducir la pérdida por evaporación.

Al aplicar estas y otras prácticas, puede ser esencial considerar las condiciones locales y las características específicas del suelo para maximizar los beneficios en términos de retención de agua, pero el objetivo directo debe ser siempre incrementar la capacidad de retención de los suelos sin que ello suponga saturación de estos para evitar procesos de hipoxia en determinados cultivos.

En resumen, ante el reto que nos ocupa en el marco del cambio climático, es necesario promover el uso eficiente de un recurso del que no se dispone en abundancia, mediante el empleo de Tecnologías de Riego Eficiente, que supongan un ahorro sin menoscabo, de la productividad agrícola. Pero ello debería ir acompañado de medidas que incrementen la concienciación, educación y sensibilización en cuestiones hídricas, y ello debe ir acompañado de las consecuentes revisiones de las regulaciones y tarifas relativas al consumo de agua, que la alejen de esa sensación de su gratuidad que solo está conduciendo al despilfarro en algunos sectores. Y por último, y dado que la agricultura es la principal actividad demandante de agua, se deben llevar a cabo toda una serie de medidas agropecuarias que supongan una consolidación de cultivos resistentes a la sequía, así como la necesidad de incorporar prácticas de gestión de suelos que mejoren la retención de agua.

7.- PAPEL DE LA ADMINISTRACIÓN

Desde la ley de Aguas de 1985 toda el agua es pública, de ahí el papel que adquiere la Administración como gestora de este Dominio Público Hidráulico centrándose en:

- Las concesiones y autorizaciones administrativas que habilitan los títulos necesarios para poder disponer del agua.
- Esta labor ha de estar apoyada en una adecuada labor inspectora, para que toda el agua utilizada esté registrada.
- Potenciar el papel de las entidades basadas en Comunidades de Regantes
- Conseguir que el Plan Hidrológico alcance los objetivos marcados para el año 2027.
- Planificador y ejecutor de infraestructuras del agua.

- Ordenar, dinamizar, establecer marcos de funcionamiento, etc., en el uso del DPH

En la Provincia de Málaga, por lo que respecta a los recursos utilizados según el PH en función de los usos en que se han empleado hemos de plantear que en el inicio del estudio del tercer ciclo de la planificación hidrológica, la situación de los recursos hídricos utilizados, suponían un total de 568,84 Hm³, siendo el objetivo la finalización del tercer ciclo, en el año 2027 con un total de 538,53 Hm³. Es decir, si la diferencia en el consumo es de una disminución de 30 Hm³, analizando la fuente de los recursos utilizados, observamos una presencia mayor de las aguas regeneradas y desaladas, una leve disminución de las aguas reguladas y fluyentes, y una importante disminución en el uso de las aguas subterráneas. Las cifras por recurso, desde el inicio a la finalización del Plan Hidrológico, son las siguientes:

1. En relación con las aguas regeneradas, se ha pasado de utilizar 13,66 Hm³ a fijarse como objetivo la utilización de 64,77 Hm³, cifra que debe ir en aumento mediante la correspondiente inversión presupuestaria inicial por parte de la administración y que luego irán pagando los usuarios o bien siendo estos los que las acometan las oportunas obras.

2. En el caso de las aguas desaladas la cifra inicial es de tan solo 5,27 Hm³ procedentes de la desaladora de Marbella y que pasarán a 25,5 Hm³, fruto de incrementar la producción de Marbella y la construcción de nuevas instalaciones en la Axarquía.

3. Las aguas fluyentes en el inicio del Plan son de 131 Hm³, de los cuales 73 Hm³ pertenecen al subsistema I-2, es decir a los cauces Guadiaro y su afluente el Genal, por tanto, el 55% del total, aunque como se produce una transferencia de 46 Hm³ a la Demarcación Guadalete-Barbate, debemos hablar de una disponibilidad de 85 Hm³. Se produce una disminución del volumen de utilización de aguas fluyentes ya que para el 2027 se esperan consumir 77 Hm³.

4. Para el caso de las aguas subterráneas partimos de una posición inicial de 287 Hm³ a 192 Hm³ del horizonte 2027. La fuerte disminución de 95 Hm³, en la utilización de las aguas subterráneas se debe al mal estado cuantitativo de estas masas de agua.

5. Las aguas reguladas pasaran de 174,46 Hm³ a 169,05 Hm³ en el año 2027. Si la capacidad de embalse de los subsistemas estudiados es de 589 Hm³, podemos deducir que si tuviéramos los embalses al 30% de su capacidad de forma “permanente”, tendríamos para atender las demandas fijadas para el horizonte de 2027. A la vista de estos datos podemos preguntarnos, si es realmente trascendente incrementar la capacidad de embalse existente actualmente. En primera instancia podríamos pensar que no haría falta, pero no podemos olvidar que nos encontramos en un ambiente típicamente mediterráneo en el que se producen alternancias de periodos de sequía con otros de precipitaciones, con el agravante de que estos últimos cada vez son más escasos e irregulares. Esto nos muestra imágenes de embalses, como La Concepción, desembalsando agua en invierno y en verano incapaz de atender las demandas de agua. La actuación que se haga en esta presa no debe pasar por el recrecimiento de la misma puesto que esta obra obligaría a dejar sin funcionamiento ese embalse que es fundamental para poder atender parcialmente la elevada demanda de agua

de los veranos en la Costa del Sol. El Plan Hidrológico propone, en el subsistema I-4, para el año 2039 un embalse el de Cerro Blanco, en el río Grande, dada la gran calidad de esta agua y que evitaría los problemas de salinidad existentes en el Subsistema y al mismo tiempo aliviaría la presión que se ejerce actualmente sobre el sistema de explotación Guadalhorce-Limonero y que podría utilizarse en atender otras demandas especialmente en la comarca antequerana. La respuesta a la pregunta que nos hacíamos anteriormente ha de partir de un principio de reducción de la cantidad a utilizar de los recursos hídricos subterráneos, y para ello hemos de compensar esta reducción con un incremento de los recursos regulados, regenerados y desalados, mediante la adecuada gestión de estos diferentes recursos, especialmente de los dos últimos. Las asignaciones de cada uno de ellos hasta alcanzar el buen estado de las masas de agua subterráneas han de ir respondiendo a las singularidades de cada subsistema. Para que esto funcione se ha de aceptar, la importancia de establecer unas normas de explotación conjunta de los diferentes recursos regulados, fluyentes, subterráneos, regenerados y desalados, en las que se compensen los diferentes costes de cada recurso hídrico. Debe ser papel de la Administración regular y ordenar la distribución de cada uno de ellos en cada uno de los diversos subsistemas de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas. Sin esta premisa será imposible conciliar los diferentes intereses existentes actualmente.

Especialmente interesante por su repercusión mediática y porque socialmente se pone como ejemplo de un mal uso del agua, encontramos el golf. En Andalucía existen 109 campos de golf, correspondiendo a Málaga 53. La unidad de medida es el consumo por hoyo y oscila entre los 19.200 y los 27.600 m³/año. Aplicando estos datos a los diferentes campos nos dan valores cercanos a los 240.000 m³/año, incluso según el tipo de césped utilizado podrían bajar a los 215.000 m³/año, con lo que se obtendría 5.700 m³/ha/año., que si lo comparamos con las dotaciones netas según el tipo de cultivo está ligeramente por encima de los cítricos (4.400-5.400) y subtropicales (4.000-5400) y del orden de los invernaderos que oscilan entre los 4.500 y 6.300 m³/ha/año. (Datos extraídos de la normativa del Plan Hidrológico 2022-2027).

Sin entrar en valoraciones económicas sí que debemos apuntar que la gestión de los campos de golf es francamente mejorable si atendemos al Decreto 43/2008, regulador de las condiciones de implantación y funcionamiento de campos de golf en Andalucía y que en su artº 8.2 indica que los campos deberán ser regados con aguas regeneradas siempre que haya caudal suficiente y no siendo así se podrán autorizar otros recursos hídricos, pero en ningún caso se utilizarán caudales destinados al consumo humano artº 8.4. Actualmente es insuficiente el porcentaje de aguas regeneradas utilizadas por los campos de golf, situación que debe corregirse incrementando este recurso hídrico.

En consecuencia, un objetivo es que el agua generada sea cada vez más presente en las dotaciones en detrimento de otras fuentes.

8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Las sequías son procesos territoriales recurrentes y propios de ambientes mediterráneos, que suelen iniciarse con una reducción anómala de la pluviometría, que afecta a los procesos hidrológicos inicialmente, y conforme se va haciendo más intensa repercute en aspectos sociales y económicos.

2.- Dada la especial vinculación de la provincia de Málaga con la agricultura subtropical y con el turismo, la aparición de ciclos de sequías genera una dependencia muy alta para garantizar el normal desenvolvimiento de la actividad económica, con lo que la sociedad debe prepararse mediante medidas preventivas de cara a soportar dichos ciclos, tanto más cuanto la dificultad para su predicción y duración las convierte en unos fenómenos dominados por el factor incertidumbre.

3.- En las últimas décadas, y sorprendentemente coincidiendo con una dinámica de reducción de la pluviometría, la demanda de recursos hídricos se ha incrementado, entrando en un régimen de déficit hídrico de la mano de los cultivos subtropicales y la urbanización.

4.- El conocimiento científico debe jugar un papel relevante en las estrategias de uso y optimización de recursos hídricos.

5.- El derecho humano al agua y al saneamiento (Reconocido por la Asamblea general de la ONU en julio 2010) obliga a regular y conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades.

6.- Las comunidades de regantes, como corporaciones de derecho público adscritas al Organismo de Cuenca, que es el ente público encargado de gestionar las aguas, deben ser un claro ejemplo de la interrelación equilibrada entre la Administración, y la sociedad civil con objetivos potentes de sostenibilidad ambiental, social y económica o gobernanza hídrica.

Atendiendo a las mismas, la Academia Malagueña de Ciencias RECOMIENDA:

a.- Activar medidas de mitigación y adaptación a las nuevas condiciones derivadas de la aparición de efectos imprevistos del cambio climático, y para ello, determinar el potencial hídrico de la provincia, es decir, la máxima capacidad posible de gestión de recursos hídricos, tanto los derivados de las aportaciones naturales, como de la capacidad de regeneración y desalación.

b.- La ordenación del territorio atendiendo a los recursos hídricos disponibles, como garantes del desarrollo y de las actividades a realizar. Siendo el agua un sector estratégico clave en el desarrollo provincial, recomendamos que la oferta debe condicionar la demanda, con lo que, principalmente, hay que propiciarla teniendo en cuenta tanto a las poblaciones y su diferentes demandas, como a las necesidades del Medio Natural.

c.- Que de los recursos hídricos disponibles, a saber, regulados, subterráneos, fluyentes, regenerados y desalados, se potencien aquellos que se apoyan en la renovación de otros ya utilizados, es decir los regenerados y los desalados.

d.- Una gestión conjunta, equilibrada y solidaria de los recursos hídricos, dado su diferente grado de escasez y en consecuencia de coste económico.

e.- La concienciación de la Sociedad mediante programas de divulgación y educación, pues el uso y consumo responsable de los recursos hídricos escasos se nos antoja imprescindible para cambiar el modelo actual de uso, mejorando las pautas de comportamiento y alcanzar un consumo sostenible de estos recursos.

f.- Que la Administración continúe y potencie su trascendente y decisivo papel en relación con su función gestora, inspectora, autorizante e inversora, sin olvidar su importante misión como árbitro en el uso y manejo del agua al ser un recurso público.

9.- BIBLIOGRAFÍA

Academia Malagueña de Ciencias, (2020). Efectos del cambio climático en la salud. Coord. Federico Soriguer.

Arenas, A. L. O., Ochoa, M. R., & Miranda, J. P. R. (2017). Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 9(1), 100-105.

Bravo Guajardo, L. M. (2013). Viabilidad Económica del uso de agua del Sistema de Regeneración y Reutilización Agua para el riego agrícola en el Parc Agrari del Baix Llobregat (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Bruins, H. J. (2000). Mitigando futuras crisis de agua y alimentos: reciclaje, desalinización y planes de contingencia ante sequías. *Ingeniería del agua*, 7(4), 367-374.

Bruins, H. J. (2003). Manejo del agua en períodos de sequía. *Ingeniería del agua*, 10(3), 327-335.

Ciscar Martí, P. (2018). Problemas causados por la sequía y su impacto en la agricultura. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/139231>

Fergus Reig, Fernando Dominguez, Vicente Serrano, Santiago Beguería, Borja Latorre, Yolanda Luna, Ana Morata. Monitor de sequia Meteorologica. CSIC (20219 <https://monitordesequia.csic.es/monitor/?lang=es#index=spei#months=1#week=3#month=9#year=2023>

Gutiérrez, G. I. G. E., & Hidalgo, H. S. (2017). Desertificación y sequía. FINGUACH. *Revista de Investigación Científica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua*, 4(12), 12-13.

Limonés Rodríguez, N. (2013). El estudio de la sequía hidrológica en el Mediterráneo español. Propuesta de aplicación del índice estandarizado de Sequía Pluviométrica a las aportaciones Hídricas. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla, Sevilla.

López Bermúdez, F., & Sánchez Fuster, M. (2012). Las sequías y su impacto en el riesgo de desertificación de la cuenca del Segura. Apuntes para la gestión y sustentabilidad del agua. Áreas. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, (17), 155–168. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/areas/article/view/145121>

Molina, J., Sillero-Medina, J. A., & Ruiz-Sinoga, J. D. (2023). Modeling the Rainfall Exploitation of the Reservoirs in Malaga Province, Spain. *Air, Soil and Water Research*, 16, 11786221231185104.

Moreno F., Liz Patricia. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agron. colomb.* [online]. 2009, vol.27, n.2, pp.179-191. Available from: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000200006&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0120-9965.

Olcina Cantos, Jorge. "Turismo y cambio climático: una actividad vulnerable que debe adaptarse". Investigaciones Turísticas. N. 4 (jul.-dic. 2012). ISSN 2174-5609, pp. 1-34

Padilla, Noelia Aymara 2020). Reflexiones sobre calentamiento global y turismo. Principales riesgos ambientales y regiones turísticas afectadas. Entorno Geográfico, (20), 1-22. ISSN 2382-3518. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i20.10862>

Quereda Sala, J. 2005. Cambio climático y situaciones de sequía en la región mediterránea. Millars. Espai i Història. 14, 28 (abr. 2005), 55-68.

Red SAIH Hidrosur. <http://www.redhidrosurmedioambiente.es/saih/>

Ruíz Sinoga, J.D., García Marín, R., Martínez Murillo, J.F., Gabarrón Galeote, M.A. (2010): "Precipitation Dynamics in southern Spain: trends and cycles". International Journal of Climatology, 30. DOI: 10.1002/joc.2235.

Ruiz, T., & Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el mundo. Avances en Investigación Agropecuaria, 8(2).

Vicente-Serrano, S.M., Et Al, (2004): "Drought patterns in the Mediterranean area: the Valencia region (eastern Spain)". Climate Research, 26, pp. 5-15.

Vicente-Serrano, S.M., Cuadrat Prats, J.M., (2002): "Desarrollo de un método analítico para la obtención del SPI (Standardized Precipitation Index) como herramienta para el seguimiento y prevención de sequías climáticas". VII Reunión Nacional de Climatología. Grupo de Clima de la Asociación de Geógrafos Españoles, pp. 145-156.

Vicente-Serrano, S. M., López-Moreno, J.I. (2005): "Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin". Hydrology and Earth System Science, 9, pp. 523-533.

Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J. J., Corcuera, L., ... & Gil-Pelegrín, E. (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante, 2, 165-192.

Villanueva, C. C. (1992). Relación entre las aguas superficiales y las subterráneas en una cuenca. Tecnología y ciencias del agua, 56-63.

