

RECURSOS HÍDRICOS Y VULNERABILIDAD SOCIOAMBIENTAL EN SISTEMAS ARIDOS: EL CASO DE LA CUENCA DEL SEGURA

Julia Martínez Fernández y Miguel Angel Esteve Selma

*Departamento de Ecología e Hidrología
Universidad de Murcia
Campus de Espinardo, 30100-Murcia (España)
e-mail: juliamf@um.es , maestev@um.es*

Resumen

La evaluación de la sostenibilidad de los usos del agua requiere un enfoque integrado a escala de cuenca. Se ha aplicado este enfoque al análisis de la sostenibilidad ambiental del uso del agua en la cuenca del Segura (Sudeste de España), caracterizada por unos recursos hídricos escasos. Se han utilizado algunos indicadores, en particular la proporción de recursos hídricos renovables consumidos por el regadío. Desde el inicio del pasado siglo se llevaron a cabo diversos proyectos hidráulicos para aumentar los recursos disponibles a través de la construcción de embalses y, más recientemente, del trasvase Tajo-Segura. Este trasvase constituye un ejemplo perfecto acerca de cómo el incremento de recursos hídricos puede agravar el problema de déficit hídrico a través de procesos como la generación de expectativas, la creación de regadíos no planificados y la erosión de objetivos. De hecho, veinte años después de la puesta en marcha del trasvase, el déficit hídrico global de la cuenca del Segura se había multiplicado por dos. Esto ha conducido a una sobreexplotación generalizada de los acuíferos. Este proceso presenta las características generales de los procesos de desertificación. En la actualidad, el regadío consume el 228% de los recursos renovables disponibles, el valor más alto de todas las cuencas mediterráneas, lo que está conduciendo a la eliminación de los caudales de ríos y ramblas, la degradación de humedales y el agotamiento de los acuíferos. Para alcanzar una gestión hídrica más sostenible, este indicador ha de ser sustancialmente reducido.

Palabras clave: indicadores ambientales, desertificación, aguas subterráneas, efectos ambientales, uso sustentable del agua

Summary

The evaluation of the sustainability of water uses requires an integrated approach at watershed scale. This approach is applied to analyze the environmental sustainability of water use in the Segura basin (Southeastern Spain), characterized by scarce water resources. Some indicators, in particular the proportion of renewable water resources consumed by irrigation, are used. Since the beginning of past century, several hydraulic projects were carried out to increase the water resources through water reservoirs and, more recently, through the Tagus-Segura out-basin diversion. The Tagus-Segura out-basin diversion constitutes a perfect example, also showed by the previous hydraulic projects, about how the increase in the available water can worse the water deficit problem through processes such as the generation of expectations, the creation of non-planned new irrigated lands and the erosion of objectives. In fact, twenty years after the water transfer started, the overall water deficit had doubled. This has led to a generalized groundwater overexploitation. This process presents characteristics similar to those described in the general processes of desertification, where an intensive exploitation of the resources leads to irreversible situations, like the exhaustion of non-renewable water resources of aquifers, a process very worrying in the Segura Basin. Nowadays, the irrigation consumes around 228% of total renewable resources, the highest in all Mediterranean basins, leading to the exhaustion of most of springs and water volumes in rivers and to the degradation of

wetlands. If a more sustainable water management has to be achieved, such indicator should be substantially reduced.

Keywords: Environmental indicators, desertification, groundwater, environmental effects, sustainable use of water.

Introducción

En las zonas áridas, los sistemas socioeconómicos han estado siempre estrechamente ligados a un uso inteligente y sostenible de los recursos naturales, especialmente del agua. La escasez natural del agua ha limitado la explotación intensiva del territorio a la vez que ha dado lugar a ecosistemas propios que suelen albergar una biodiversidad singular de gran interés. Sin embargo en las últimas décadas la presión sobre los recursos hídricos en estos sistemas áridos ha aumentado considerablemente, tanto por la utilización de tecnologías más eficientes en la extracción de recursos hídricos de los sistemas naturales (ya sea de aguas superficiales y subterráneas) como por el sensible aumento de los consumos, tanto en el abastecimiento humano como en la agricultura, la industria y el turismo. Esta presión creciente ha generado y continúa generando diversos problemas, algunos de los cuales han recibido una atención especial, como los relacionados con el acceso al agua potable, el saneamiento y la contaminación. Sin embargo, los problemas relacionados con los efectos ambientales y territoriales han suscitado en general una preocupación menor, a pesar de que constituyen un aspecto esencial a la hora de evaluar la sostenibilidad del uso del agua.

Analizar la sostenibilidad global de la gestión de los recursos hídricos en las zonas áridas requiere aplicar una visión integrada, tal y como recogen los objetivos básicos del proyecto CYTED "Indicadores y tecnologías apropiadas de uso sustentable del agua en las tierras secas de Iberoamérica", en el contexto del cual se presenta este trabajo. Como ya ha sido señalado (Martínez Fernández y Esteve Selma, 2002; Abraham y Cirelli, 2003), se requiere un enfoque integrado capaz de abordar las causas y consecuencias de los distintos fenómenos tanto a corto como a largo plazo. Este enfoque integrado, ausente en general de la gestión hídrica y de buena parte de los análisis más convencionales, adquiere una importancia crítica en zonas áridas como el sureste de España, que actualmente se encuentra en una importante encrucijada socioeconómica y ambiental en relación con la gestión actual y futura de los recursos hídricos. Esta encrucijada no es ajena al amplio y profundo debate acerca de la necesidad de cambios sustanciales en la planificación y gestión del agua en España, centrada hasta ahora en la gestión de la oferta (incremento de los recursos hídricos disponibles para el consumo) y no en la gestión de la demanda.

En este intenso debate a escala nacional, de enorme relevancia en los últimos cuatro años, constituyen aspectos clave la aprobación de un Plan Hidrológico Nacional y de un gran trasvase intercuenas (Ebro-Júcar-Segura), recientemente derogado, la existencia de amplios sectores científico-técnicos que cuestionan la gestión del agua realizada hasta ahora y las propuestas contenidas en dicho Plan Hidrológico Nacional (Arrojo, 2001), así como una intensa oposición ciudadana en la cuenca que hubiera actuado como cedente de las aguas a trasvasar.

En relación con las políticas hidráulicas de incremento de la oferta, prácticamente las únicas aplicadas hasta ahora, hay que indicar que España es uno de los países con mayor nivel de regulación hidráulica, y por tanto, con mayor presión sobre los ecosistemas ligados al agua debido a un elevado número de embalses. Los más de mil grandes embalses que existen en España han ocasionado importantes impactos ambientales y sociales, entre los que figuran la desaparición de otros tantos valles, incluyendo bosques, hábitats naturales, campos de cultivo y restos arqueológicos, además de ocasionar la desaparición de muchos núcleos habitados. La existencia de los embalses supone además una alteración importante en el régimen de caudales del río, lo cual afecta de manera muy negativa a la vegetación y fauna acuática y ribereña y a su biodiversidad. Finalmente, las presas constituyen barreras infranqueables que fragmentan y pueden llegar a aislar las poblaciones de peces y otras

especies. En definitiva, el concepto de recursos hídricos disponibles no constituye una variable independiente del modelo territorial subyacente, puesto que tales recursos disponibles para las actividades socioeconómicas dependerán de las funciones ambientales del agua que se deseen mantener, lo que a su vez depende de las políticas de protección ambiental y conservación de la naturaleza que se deseen aplicar así como del grado de sensibilidad ambiental de la sociedad, factores ambos dinámicos y que evolucionan rápidamente hacia una importancia creciente.

Por otra parte, y en relación con las demandas, es cada vez más evidente que la planificación hidrológica no puede realizarse de forma independiente al resto de políticas o sin explicitar los modelos y estrategias territoriales que la sustentan. Las demandas hídricas futuras no pueden entenderse como mera extrapolación de los consumos actuales. Por tanto, resulta difícil determinar las posibles demandas a medio y largo plazo si previamente no se discute cuál es el modelo de ordenación territorial y de desarrollo socioeconómico sobre el que se plantean tales demandas en una región determinada. Por ejemplo, la costa mediterránea soporta un elevado crecimiento de la población, del regadío y de las actividades turísticas que, además de incrementar considerablemente el consumo de unos recursos hídricos escasos, está conduciendo a innumerables problemas de competencia por el espacio, degradación de áreas naturales, pérdida de calidad de vida y crecientes dificultades de dotación de servicios.

Si este debate acerca de cómo debe ser la gestión del agua a medio y largo plazo desde una perspectiva de sostenibilidad tiene una importancia considerable a nivel nacional, en el caso del sureste de España y en particular de la cuenca del Segura, dicha importancia es máxima. Sin embargo, poco podrá avanzarse si no se aplican análisis capaces de aportar una visión integradora, que consideren las interrelaciones entre los múltiples factores sociales, económicos y ambientales implicados y que tengan en cuenta el largo plazo. En la línea de los objetivos del proyecto, el presente trabajo se centra precisamente en analizar los efectos socio-ambientales y territoriales del uso del agua en el sureste de España, en particular en la cuenca del Segura, aplicando para ello una perspectiva integrada, adoptando la cuenca como unidad básica de estudio y haciendo uso de algunos indicadores generales relativos a la vulnerabilidad socio-ambiental y al uso del territorio, incluyendo las relaciones existentes entre consumo de recursos hídricos y desertificación.

Indicadores de sostenibilidad ambiental: disponibilidad hídrica e intensidad de uso del agua

El agua juega un papel de innegable importancia en los sistemas naturales, por sus múltiples funciones ambientales. En las zonas áridas, este papel es especialmente relevante, ya que los ecosistemas ligados al agua contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad local de forma directa (vegetación de ribera, fauna acuática) e indirecta (especies dependientes de estos sistemas); constituyen puntos de alta productividad biológica, de gran importancia en el mantenimiento de las redes tróficas en entornos áridos; ríos y ramblas funcionan como corredores ecológicos, conectando distintos entornos naturales, generan un elevado contraste paisajístico, especialmente valioso en zonas áridas y contribuyen a la autodepuración natural de las aguas y al control de la contaminación agraria difusa a través de la vegetación natural de ribera de ríos, ramblas y humedales. Por otra parte, los ecosistemas áridos se caracterizan por una baja disponibilidad natural del agua, lo que se traduce en la existencia de ecosistemas y hábitats particulares, los cuales suelen sustentar una biodiversidad muy particular, generalmente de elevado valor naturalístico y científico, así como paisajes de gran belleza escénica. Todos estos aspectos y funciones ambientales del agua han de ser tenidos en cuenta en relación con el uso sostenible del agua. Muchos de tales aspectos son difícilmente traducibles a un solo indicador cuantitativo por lo que, dada su importancia, deben ser considerados y tenidos en cuenta de forma explícita.

En cualquier caso, es innegable la existencia de una clara relación entre el grado de presión que se ejerce sobre los recursos hídricos existentes y sus efectos sobre el mantenimiento de funciones ambientales básicas como las mencionadas. Por ello, los indicadores agregados relacionados con la disponibilidad e intensidad de uso del agua en un territorio dado, especialmente cuando son aplicados a escala de cuenca, pueden ayudar a realizar una primera valoración de la sostenibilidad global del sistema y a comparar entre sí el grado de presión sobre los recursos hídricos existente en distintas zonas áridas. Estos indicadores pueden organizarse según el esquema FPSIR (Fuerzas Motrices-Presiones-Situación-Impactos-Respuestas), ampliamente utilizado por los organismos internacionales (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2000; OECD, 2003)

Uno de los principales indicadores en este contexto es la *Proporción Anual de Recursos Renovables Totales Utilizada por Usos Consuntivos*. Este indicador expresa el porcentaje de los recursos totales renovables de una cuenca que son extraídos de los sistemas naturales (ya sean recursos superficiales o subterráneos) y utilizados por usos consuntivos (abastecimiento, regadío, usos industriales y usos turísticos consuntivos). Constituye una medida directa del grado de presión que las actividades socioeconómicas de la cuenca ejercen sobre el agua en los sistemas naturales y sobre sus funciones ambientales, dado que las mismas se resienten a medida que disminuye la proporción de agua disponible para tales sistemas naturales en la forma de caudales circulantes, flujos subterráneos, humedales etc. Expresiones muy similares de este indicador vienen siendo utilizadas por Naciones Unidas en el programa sobre indicadores de desarrollo sostenible así como por la OCDE y la Agencia Europea de Medio Ambiente (Índice de Explotación Hídrica), aunque en estos casos su uso a nivel nacional y no sobre cuencas introduce dificultades adicionales en la estimación de los recursos renovables. Sin embargo, son de utilidad para una comparación entre países. Así por ejemplo España, con un Índice de Explotación Hídrica del 33%, es el tercer país europeo con mayor presión sobre los recursos hídricos, sólo superado por Malta y Chipre.

Hay que señalar que en diversas ocasiones (por ejemplo en los primeros trabajos de Naciones Unidas sobre indicadores ambientales) se ha utilizado un concepto aparentemente similar: el porcentaje de aguas extraídas y utilizadas con respecto a los recursos disponibles. Este concepto resulta confuso y poco útil dado que el concepto de recursos disponibles suele hacer referencia a los utilizables a partir de presas, regulaciones, captaciones subterráneas etc, por lo que depende mucho del grado de intensificación tecnológica así como de las propias demandas, además de no distinguir entre recursos renovables y no renovables, algo crucial en la evaluación de la sostenibilidad. Sin embargo, la proporción de recursos renovables utilizada por usos consuntivos, sí es un buen indicador de la cantidad de agua que es extraída anualmente de los sistemas naturales y por tanto de la presión directa ejercida sobre las funciones ambientales del agua.

Existen otros indicadores de interés utilizados en distintos ámbitos (Programa de Indicadores Ambientales de Naciones Unidas, OECD y Agencia Europea de Medio Ambiente), como la reserva de aguas subterráneas, la proporción de recursos renovables anuales que es almacenada en embalses, el consumo doméstico de agua por habitante, la proporción de recursos renovables utilizada por los distintos sectores, consuntivos y no consuntivos (agricultura, industria, abastecimiento, producción hidroeléctrica), la proporción de superficie agrícola bajo riego, la proporción de recursos renovables consumida por el regadío y la proporción de aguas depuradas reutilizadas en regadío. En el caso de la cuenca del Segura nos centraremos especialmente en la proporción de recursos renovables consumida por el regadío y en el consumo de aguas subterráneas de reserva (no renovables).

Agua y regadío en la Cuenca del Segura

La Cuenca del Segura, ubicada en el sureste de España, se caracteriza tanto por su relativa escasez en recursos hídricos, en comparación con otras cuencas de la Península Ibérica, como por la irregularidad espacial y temporal de los mismos, tanto de forma estacional como interanual. Con una extensión de 19120 km², los recursos renovables anuales se sitúan en torno a sólo 1000 hm³. El regadío tradicional ha tenido por ello que adaptarse a unos recursos escasos y fluctuantes a través de diversas estrategias. Sin embargo, desde principios de este siglo diversos cambios tecnológicos y socioeconómicos han permitido un cambio de estrategia en el regadío, desde la adaptación a unos recursos escasos y fluctuantes hacia los intentos de transformación de tales condicionantes naturales a través de sucesivas iniciativas destinadas a aumentar los recursos disponibles y reducir la variabilidad de los mismos. Es importante analizar desde una perspectiva integrada, la evolución de los recursos hídricos disponibles y de la superficie de regadío (que representa en torno al 85% de los consumos totales) así como sus efectos ambientales y territoriales.

Durante las primeras décadas del siglo XX se llevaron a cabo diversos proyectos hidráulicos para incrementar los recursos disponibles a través de la construcción de diversos embalses como el de la Fuensanta, inaugurado en 1932, y posteriormente el del Cenajo, inaugurado en 1960. Los objetivos de tales embalses, especialmente el del Cenajo, se centraban en la solución definitiva del déficit hídrico, la eliminación de la variabilidad e incertidumbres ligadas a la disponibilidad de agua y la obtención de recursos adicionales para la ampliación de la superficie de regadío. Sin embargo, el embalse del Cenajo no cumplió con los objetivos previstos, puesto que no resolvió los problemas de déficit hídrico ya que ni siquiera consiguió un nivel de regulación interanual que eliminara los periodos secos.

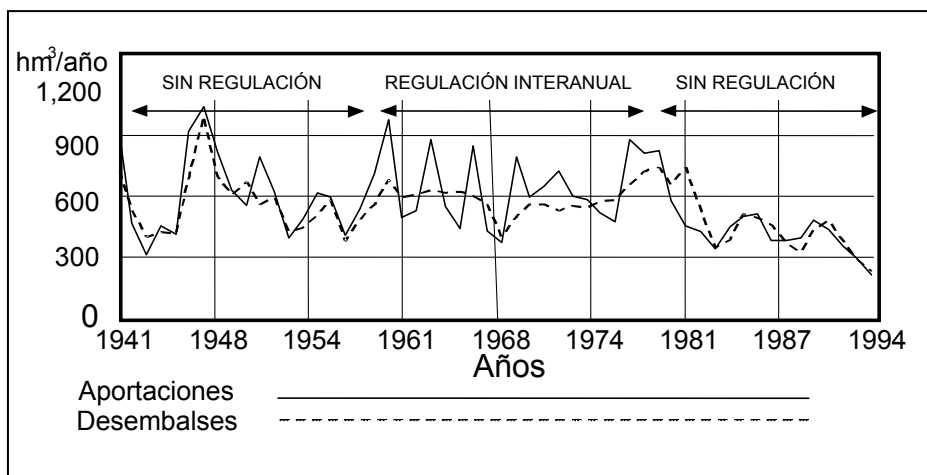
En efecto, los embalses han atemperado parcialmente la variabilidad interanual de los recursos disponibles durante la década de los años 60 y 70, pero a partir de 1980 la evolución de los desembalses de recursos propios de la cuenca sigue de cerca la de las aportaciones (Figura 1). Esta pérdida de regulación interanual se debe al sustancial incremento de la superficie de regadío que se generó a raíz de las expectativas provocadas por el embalse del Cenajo (incremento que incluye los que en su momento se llamaron riegos abusivos). Este aumento de los perímetros irrigados provocó una fuerte presión sobre todos los recursos disponibles, impidiendo su regulación interanual, tal y como ha ocurrido en otros regadíos españoles (Corominas 1999) y en otros muchos países que han optado por grandes embalses y presas (Bird & Wallace 2001). Como además los recursos regulados por el embalse del Cenajo resultaron muy inferiores a los previstos, es fácil comprender porqué a los pocos años de la inauguración del embalse del Cenajo la situación era peor que la existente cuando se decidió su construcción.

A partir de la década de los años setenta la política de incremento de recursos para el regadío continúa, pero ya no se centra en nuevos embalses sino en un gran trasvase intercuenas: el trasvase Tajo-Segura, cuyos objetivos se centraban en incrementar los recursos disponibles para consolidar los regadíos existentes, eliminar el déficit hídrico y aportar recursos adicionales para una nueva ampliación de regadíos. Este nuevo proyecto hidráulico fue inaugurado en 1979 y al igual que los anteriores basados en embalses, fracasó en sus objetivos hidrológicos de eliminación del déficit hídrico por las razones que a continuación se explican.

Las expectativas creadas por el trasvase acerca de la inminente llegada de nuevos recursos hídricos alentaron la ampliación de regadíos más allá de los previstos, a pesar de lo cual fueron asumidos por la vía de los hechos. Estos nuevos regadíos irregulares fueron paulatinamente incorporados en la planificación hidráulica oficial, en un perfecto ejemplo de erosión de objetivos, un fenómeno recurrente en múltiples sistemas complejos. La figura 2 muestra cómo los distintos instrumentos oficiales de planificación generados para ordenar la

distribución de los recursos del trasvase Tajo-Segura van asumiendo una superficie progresivamente mayor.

Figura.1. Evolución de las aportaciones anuales a la Cuenca y desembalses totales.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Ambiental (1996).

Figura 2. Comparación de las cifras relativas a las superficies de regadío atendibles por el Trasvase Tajo-Segura en distintos documentos oficiales.

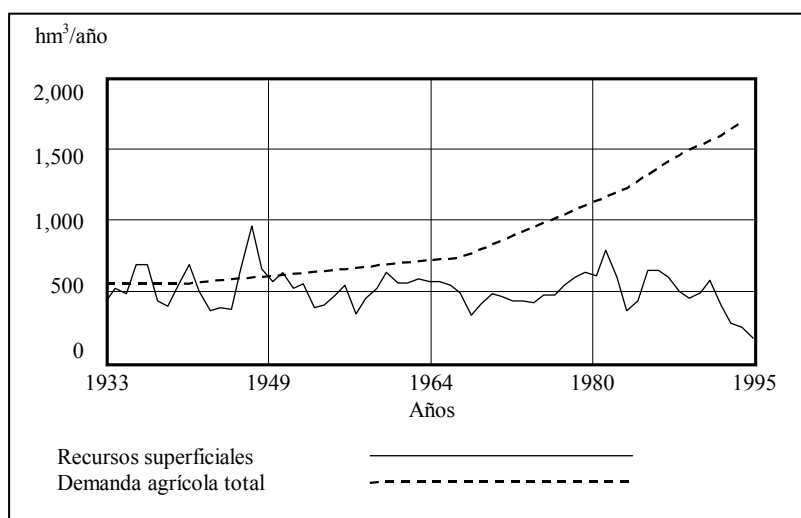
FECHA	DOCUMENTO	REDOTACIÓN DEL REGADÍO EXISTENTE (ha)	CREACIÓN DE NUEVOS REGADÍOS (ha)	SUPERFICIE TOTAL ATENDIDA (ha)
De 1972 a 1974	Decretos de Declaración de Interés Nacional de distintas Zonas Regables	90.230	50.880	141.110
De 1980 a 1986	Planes Coordinados	70.379	76.876	147.255
1997	Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura	110.353	87.825	198.178

Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura (1997). Los datos de 1997 están referidos a superficies brutas por ser las más comparables con los datos de los documentos anteriores.

La divergente evolución de los recursos superficiales disponibles y de la demanda agraria total (Figura 3) refleja muy bien el fracaso del trasvase Tajo-Segura y de los proyectos hidráulicos anteriores a la hora de eliminar las diferencias entre recursos superficiales disponibles y consumo en el regadío. Este claro desequilibrio, que precisamente se dispara coincidiendo con la llegada efectiva de las aguas del trasvase en la década de los años 80, constituye un claro indicador de la creciente insostenibilidad del sistema.

El creciente desequilibrio entre la superficie de regadío y los recursos superficiales disponibles se salda recurriendo a las aguas subterráneas, lo que ha dado lugar a un problema de sobreexplotación de acuíferos cada vez más generalizado. Es importante destacar que veinte años después de la puesta en marcha del trasvase Tajo-Segura, como ya ocurrió con proyectos hidráulicos precedentes, el déficit hídrico se había duplicado.

Figura 3. Evolución de los recursos anuales superficiales disponibles para regadío en la Cuenca del Segura, incluyendo la aportación del Trasvase, y del consumo agrícola total.



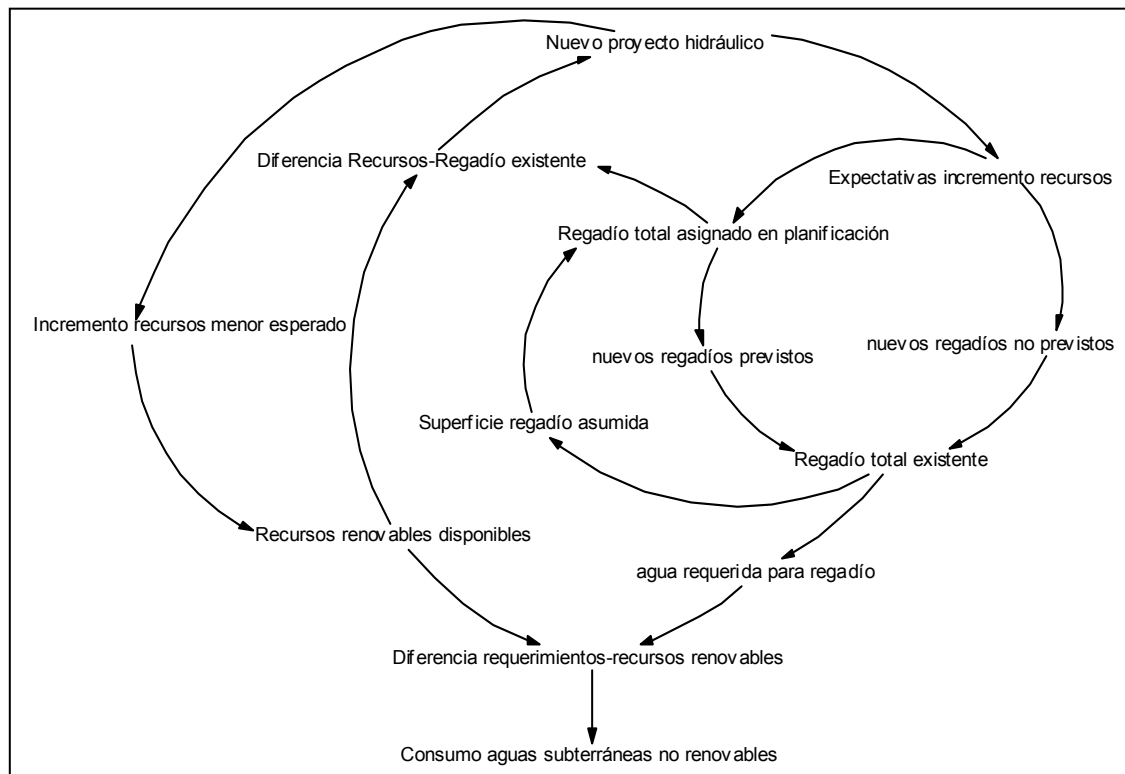
Fuente: Elaboración propia.

Agua, regadío y desertificación. Una espiral de insostenibilidad

Los sucesivos proyectos hidráulicos proyectados y ejecutados en la cuenca del Segura constituyen un ejemplo paradigmático sobre cómo la generación de expectativas acerca de un incremento futuro de los recursos hídricos conduce a una situación de déficit peor que la existente inicialmente. El proceso global, en el que se detectan diversos bucles de realimentación, aparece esquematizado en la figura 4. Este análisis parte obviamente de un enfoque sistémico, es decir, de la consideración global de todo el sistema y de la dinámica mostrada por el conjunto del regadío, recursos disponibles y otros elementos implicados a escala de cuenca y no de parcela o de unidad de demanda agraria.

El proceso se sintetiza como sigue. En primer lugar la percepción de unos recursos hídricos escasos e inciertos conduce a plantear un nuevo proyecto hidráulico. Esta nueva obra pretende incrementar los recursos para eliminar definitivamente el déficit y ampliar el regadío existente en una cierta superficie, constituyendo el regadío sobre el que se elabora una cierta planificación. Sin embargo las expectativas creadas por la nueva obra hidráulica alienta la ampliación del regadío al margen de los nuevos regadíos previstos, de modo que al cabo de unos años el regadío total existente supera con mucho el considerado en la planificación. Por otra parte la nueva obra conduce a un incremento de recursos mucho menor del esperado, de modo que ni siquiera son suficientes para atender el regadío total planificado. Se llega así a un importante desequilibrio entre recursos disponibles y agua requerida para regadío por una doble vía: mayor superficie de la prevista debido a las expectativas creadas por la nueva obra hidráulica y menores recursos hídricos de lo esperado. Este desequilibrio se salda con la utilización de las aguas subterráneas y el creciente consumo de las aguas de reserva o recursos no renovables. Paralelamente, y por un proceso de erosión de objetivos, los regadíos no previstos y creados al calor de las expectativas son asumidos por la vía de los hechos y posteriormente reconocidos en la propia planificación, de modo que aumenta el regadío total considerado en planificación, aumenta la diferencia entre recursos y agua requerida para el regadío, aumenta el déficit percibido y se propone un nuevo proyecto hidráulico. Este nuevo proyecto nuevamente se propone eliminar el déficit hídrico acumulado y – en su caso – crear nuevos regadíos, también genera grandes expectativas y de nuevo se repite todo el proceso en una espiral de creciente insostenibilidad y huida hacia delante.

Figura 4. Esquema de la espiral de insostenibilidad alentada por las expectativas generadas en torno a un nuevo proyecto hidráulico para aumentar la oferta de recursos hídricos disponibles en la cuenca del Segura.

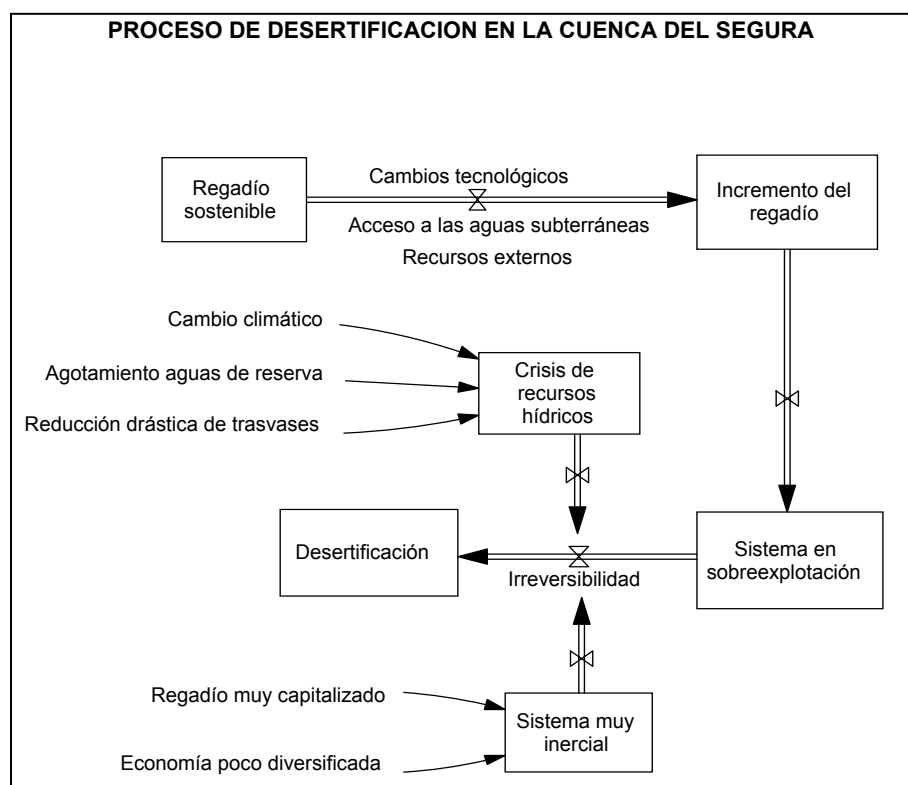


Fuente: Elaboración propia.

A este proceso contribuye la ausencia de un enfoque integrado y una inadecuada percepción de las relaciones entre el regadío y los recursos hídricos. En efecto, medidas basadas exclusivamente en el incremento de la oferta de recursos disponibles, como los embalses y trasvases, en cuencas como la del Segura suelen formar parte del problema y no de su solución, debido a fenómenos como la generación de expectativas y la erosión de objetivos. Conviene por otra parte no confundir este insostenible uso del agua a escala de cuenca con la gestión agronómica del agua a escala de parcela, en general caracterizada por una alta eficiencia en la utilización del agua con fines productivos, eficiencia que de hecho es perfectamente compatible con la creciente sobreexplotación general de los recursos hídricos a escala de cuenca, la pérdida acelerada de las funciones ambientales y de los ecosistemas ligados al agua y en definitiva un modelo de desarrollo socioeconómico poco sostenible.

Este proceso presenta rasgos similares a los descritos en sistemas abocados a procesos generales de desertificación (Puigdefábregas, 1995), en los que un sistema inicialmente en equilibrio dinámico con unos recursos fluctuantes, merced a factores externos (un periodo anormalmente húmedo, cambios tecnológicos, etc.) incrementa la intensidad del uso de los recursos a la vez que adquiere estructuras con una mayor inercia y más rígidas frente a la necesidad de posibles cambios. Cuando los factores que sustentaban una mayor intensidad en el uso de los recursos desaparecen, el sistema se enfrenta a un grave proceso de sobreexplotación de recursos que, si es irreversible, conduce en última instancia a la desaparición o drástica reconversión del propio sistema socioeconómico. La dinámica que se establece en la cuenca del Segura entre los recursos hídricos disponibles, las expectativas, la creciente inercia de los sistemas de regadío y la sobreexplotación generalizada de los acuíferos, la cual reviste un carácter fundamentalmente irreversible, se ajusta muy bien al proceso general de desertificación descrito (Figura 5).

Figura 5. Esquema del proceso de desertificación en la cuenca del Segura.



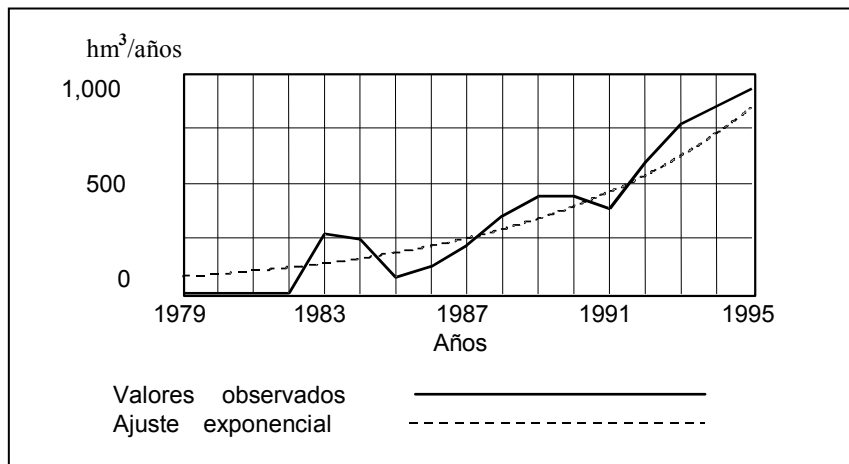
Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, los procesos de desertificación en la cuenca del Segura y probablemente en otras muchas regiones mediterráneas derivan fundamentalmente de una gestión insostenible del agua y en particular de la drástica reducción de los caudales circulantes y de la sobreexplotación de acuíferos. De hecho el agotamiento de aguas de reserva ha sido considerado el proceso físico que mejor caracteriza el proceso de desertificación en el sudeste Ibérico (Martínez Fernández y Esteve Selma, 1996). Por su relevancia, se describe con mayor detalle en el apartado siguiente el proceso global de sobreexplotación de acuíferos en la cuenca del Segura.

Sobreexplotación de acuíferos en la Cuenca del Segura

Se ha realizado una primera estima de los recursos renovables totales disponibles cada año como la suma de los recursos superficiales propios de la cuenca, más los volúmenes aportados por el trasvase Tajo-Segura y el volumen de recursos subterráneos renovables, estimados en unos 600 Hm³ anuales (Confederación Hidrográfica del Segura, 1997). La comparación entre estos recursos renovables totales y la demanda agraria global ha permitido realizar una primera estima del consumo de recursos subterráneos no renovables y por tanto de la sobreexplotación global de los acuíferos de la cuenca. Esta sobreexplotación global aparece en 1983 y desde entonces no ha dejado de crecer. De hecho, la sobreexplotación de los acuíferos ha crecido a un ritmo exponencial (Figura 6), con una tasa de crecimiento del 15,3% anual, lo que implica que el volumen de sobreexplotación de los acuíferos se ha duplicado en el periodo analizado cada 4,5 años, lo cual da una idea de la gran aceleración del proceso.

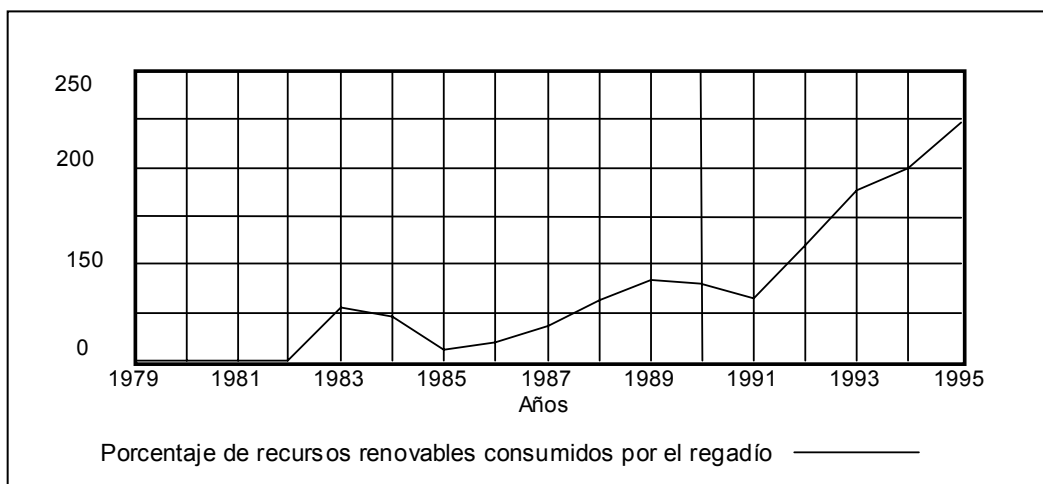
Figura 6. Sobreexplotación global de los acuíferos de la cuenca, estimada por diferencia entre los recursos renovables anuales totales y la demanda agraria global, y ajuste exponencial de la misma. (r^2 ajust. = 0.72, $p < 0.0001$).



Fuente: Elaboración propia.

Los datos anteriores permiten obtener la evolución de un indicador clave: la proporción de recursos renovables totales consumidos por el regadío (Figura 7). Como puede apreciarse, el regadío consume en 1988 un volumen de agua equivalente a la totalidad de los recursos renovables existentes, consumo que continúa aumentando hasta alcanzar en 1995 el 225% de los recursos renovables. Estas cifras se hallan muy próximas a las aportadas por otros estudios, que en fechas similares cifran dicho valor en el 228% de los recursos renovables, lo que supone la mayor presión sobre los sistemas naturales de todos los países mediterráneos (Institute for Prospective Technological Studies 1997).

Figura 7. Porcentaje de los recursos renovables de la cuenca del Segura, incluyendo las aportaciones del trasvase Tajo-Segura, consumidos por el regadío cada año.



Fuente: Elaboración propia.

Ya a mediados de la década de los años 90, el 40% de los acuíferos presentaban unas extracciones superiores a las recargas medias. Estas extracciones están causadas directamente por los usos agrícolas, dado que en la cuenca del Segura el 98 % de todas las extracciones son utilizadas para regadío (MOPTMA 1994), un valor muy elevado comparado con la proporción media de todas las cuencas españolas, situada en torno al 65 %.

Las consecuencias ambientales y sociales de esta sobreexplotación incluyen el descenso de los niveles piezométricos, la progresiva salinización de muchos acuíferos, la desaparición de numerosas fuentes y manantiales, la degradación de diversos humedales, incluidas surgencias dentro del propio río, el agotamiento de las aguas de reserva y la degradación del paisaje y pérdida del valor escénico de manantiales y humedales, de creciente interés en actividades socioeconómicas emergentes como el turismo de la naturaleza. Así, en áreas costeras de la cuenca como Mazarrón y Aguilas, la sobreexplotación de acuíferos ha ocasionado la pérdida del 85% de los caudales de manantiales existentes en 1916 (Ambiental, 1996).

Efectos ambientales del incremento del regadío

En algunas ocasiones, por ejemplo en el contexto de la justificación del ahora derogado trasvase desde la cuenca del Ebro a la del Segura, se ha insistido en el riesgo de colapso ambiental que entraña la persistencia del denominado déficit estructural (consumos globales permanentemente por encima de los recursos disponibles), frente al cual es necesario incrementar los recursos hídricos a través por ejemplo de un trasvase. Frente a este equivocado planteamiento, hay que realizar algunas consideraciones acerca de cuál es la verdadera naturaleza de los problemas en la relación entre los usos del agua y la conservación del medio ambiente en la cuenca del Segura y en el sudeste Ibérico en general:

- Buena parte de la cuenca del Segura y el conjunto del sudeste siempre han sido y continúan siendo climatológicamente territorios áridos, por lo que albergan ecosistemas naturales especialmente adaptados al estrés hídrico, así como hábitat áridos singulares de gran valor naturalístico y ecológico en el contexto europeo. En este sentido, la escasez natural de agua no sólo no ha supuesto nunca colapso ambiental alguno, sino que ha dado origen a uno de los patrimonios naturales y de biodiversidad más interesantes y valiosos de la Península Ibérica, incluyendo ramblas, ríos áridos y humedales salinos.
- La gran riqueza ecológica de las zonas áridas está seriamente amenazada, pero no por la escasez natural de agua sino por la apropiación creciente de todos los recursos hídricos existentes y su derivación fuera de los sistemas naturales con el fin de alimentar diversos usos consuntivos, en particular el regadío. En relación con las aguas subterráneas, ya se han comentado los problemas relativos a la sobreexplotación de acuíferos. En relación con las aguas superficiales, prácticamente han desaparecido todos los caudales naturales circulantes de las ramblas y ríos áridos, que han sido sustituidos por aguas eutróficas de los drenajes agrícolas, mientras que en los principales cauces como el Segura la existencia de un caudal circulante depende en general de los escasos periodos de desembalses para riego. En la actualidad, el río Segura sólo aporta al mar el 4% de los caudales que aportaría en condiciones naturales, sin aprovechamientos consuntivos (Ministerio de Medio Ambiente, 1998). Esta drástica eliminación de los caudales circulantes de ríos y ramblas ha degradado múltiples hábitats y amenaza la conservación de diversas especies protegidas.
- Los impactos ambientales provocados por el insostenible crecimiento del regadío abarcan también otros muchos efectos negativos sobre la conservación de la naturaleza y la protección del medio ambiente de estos territorios (Esteve Selma y Martínez Fernández 2001, Esteve Selma 2003). Entre estos efectos cabe mencionar la roturación de zonas marginales en cuencas neógenas, que han desencadenado activos procesos de erosión; la dulcificación de sistemas naturales salinos de gran rareza; la ocupación de hábitats de gran interés como los secanos extensivos, espartales y saladares; la salinización global de los recursos hídricos superficiales; la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por nitratos y otras sustancias de origen agrícola y la roturación y desmonte de las sierras litorales para la construcción de invernaderos (Martínez Fernández y Esteve Selma 2004).

En definitiva, el verdadero factor limitante del regadío en el sudeste y en general en el Levante ya no es únicamente la disponibilidad o no de recursos hídricos sino también la magnitud de los costes ambientales, claramente insostenibles, asociados a la superficie de regadío ya existente, algo que también está sucediendo en muchos otros países dentro y fuera de Europa (Institute for European Environmental Policy 2000, Lemly *et al.* 2000).

Para concluir, la cuenca del Segura constituye un ejemplo emblemático acerca de cómo el incremento de recursos hídricos extraídos y regulados para usos consuntivos, en particular para el regadío, a través de proyectos hidráulicos como embalses y trasvases, no sólo no logra acabar con el déficit sino que a medio plazo contribuye a incrementarlo a través de fenómenos como la generación de expectativas y la erosión de objetivos. En regiones áridas como la cuenca del Segura, esto ha llevado a una insoportable presión sobre los recursos hídricos. En la actualidad, el regadío consume más del doble de todos los recursos renovables. Una gestión ambientalmente más sostenible del agua requiere reducir considerablemente dicho indicador, y de forma más general, el indicador de proporción de recursos renovables utilizados por todos los usos consuntivos (regadío, uso industrial y abastecimiento urbano-turístico), de forma que los sistemas naturales recuperen parte de sus caudales con el fin de asegurar las funciones ambientales del agua esenciales.

Bibliografía

- ABRAHAM, E. Y A. FERNANDEZ CIRELLI (2003). Hacia el uso sustentable del agua en las tierras secas de Iberoamérica. En: A. Fernández Cirelli y E. Abraham (ed). *El agua en Iberoamérica. Aspectos de la problemática de las tierras secas*. CYTED XVII.
- AGENCIA EUROPA DE MEDIO AMBIENTE (2000). *Señales medioambientales 2000*. EEA. Copenhagen.
- AMBIENTAL (1996). *Recursos hídricos y su importancia en el desarrollo de la Región de Murcia*. Consejo Económico y Social. Murcia.
- ARROJO, P. (2001). *El Plan Hidrológico Nacional a Debate*. Bakeaz/Fundación Nueva Cultura del Agua. Bilbao.
- BIRD, J. Y P. WALLACE (2001). Dams and development – An insight to the report of the World Commission on Dams. *Irrigation and Drainage*, 50, 53-64.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA (1997). *Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura*. Murcia.
- COROMINAS, J. (1999) Los regadíos de Andalucía después de la sequía y ante la Agenda del 2000. En: P. Arrojo y F.J. Martínez Gil (coords). *El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua*. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- ESTEVE SELMA, M.A. Y J. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ (2001). Plan Hidrológico Nacional, Trasvases y Sostenibilidad desde la perspectiva de las cuencas beneficiarias. En: Pedro Arrojo (coord.) *El Plan Hidrológico Nacional a Debate*. Bakeaz/ Fundación Nueva Cultura del Agua. Bilbao.
- ESTEVE SELMA, M.A. (2003). Implicaciones ambientales de la gestión del agua en las cuencas receptoras del trasvase Ebro-Júcar-Segura, especialmente en las tierras del Sudeste Ibérico. En: *La Directiva Marco del Agua: realidades y futuros*. Institución Fernando El Católico. Zaragoza. 307-339.

INSTITUTE FOR EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY (2000). *The environmental impacts of irrigation in the European Union*. Environment Directorate of the European Commission.

INSTITUTE FOR PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL STUDIES (1997). *Towards a sustainable/strategic management of water resources: evaluation of present policies and orientations for the future*. European Commission. General Directorate XVI. Institute For Prospective Technological Studies. Joint Research Centre.

LEMLY, A., R. KINGSFORD y J. THOMPSON (2000). Irrigated agriculture and wildlife conservation: conflict on a global scale. *Environmental Management*, 25 (5), 485-512.

MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. y M.A. ESTEVE SELMA (1996). Desertificación: Razones para una crítica. *Cuadernos de Ecología*, 24, 1-12.

MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J y M.A. ESTEVE SELMA. (2002). *Agua, regadío y sostenibilidad en el Sudeste Ibérico*. Editorial Bakeaz. Bilbao, España.

MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. y M.A. Esteve Selma (2004). Assessing the Sustainability of Mediterranean Intensive Agricultural Systems through the Combined Use of Dynamic System Models, Environmental Modelling and Geographical Information Systems. En: M. Quaddus and A. Siddique (Eds). *A Handbook of Sustainable Development Planning: Studies in Modelling and Decision Support*. Edward Elgar Publishers. Cheltenham, UK.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998). *Libro Blanco del Agua en España*. Dirección de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Madrid.

MOPTMA (1994). *Libro Blanco de las Aguas Subterráneas*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

OECD (2003). OECD Environmental indicators. Development, measurement and use. OECD Environment Directorate. Paris

PUIGDEFÁBREGAS, J. (1995). Desertification: Stress beyond resilience, exploring a unifying process structure. *Ambio*, 24, Nº 5. 311-313.