

AGUA Y DESERTIFICACIÓN

Texto: **José L. Rubio**

Presidente European Society for Soil Conservation
Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE
(CSIC, Universitat de València).

El agua es como la llave de oro que abre todas las cerraduras de la vida, del bienestar y del progreso. Es asimismo esencial para el adecuado funcionamiento del suelo y, tanto por exceso o por defecto, puede desencadenar o incrementar los procesos de degradación del mismo y acentuar los procesos de desertificación. Sin agua, una tierra reseca no puede aportar sus esenciales servicios productivos, ni tampoco cubrir las funciones ecológicas de funcionamiento y regulación de la vida natural y del mantenimiento del paisaje. Sin agua, no podríamos disponer del beneficio social, productivo y ambiental que representan las actividades agrarias, ni del beneficio económico de otras numerosas actividades estrechamente ligadas a la tierra, como por ejemplo el sector turístico, la producción energética, la producción de alimentos y numerosas actividades industriales. Por otra parte, el exceso de agua, en periodos de intensas lluvias torrenciales, puede provocar graves procesos de erosión, corrimientos de tierras, colapso de laderas, inundaciones y graves daños por colmatación y sedimentación.

Prácticamente no existe nada que directa o indirectamente no esté relacionado con el agua. Junto a su carácter esencial, los escenarios de penuria actual y las perspectivas de empeoramiento obligan a un análisis amplio, urgente y riguroso de sus implicaciones. Según el Plan Bleu –UNEP (2006), actualmente existen en el Mediterráneo unas 30 millones de personas sin acceso a agua potable. La demanda de agua se ha duplicado en la segunda mitad del pasado siglo y los índices de sobreexplotación se han disparado. España, junto a Egipto, Israel, Libia y los Territorios Palestinos, se encuentra entre los países de la cuenca con mayores índices de sobreexplotación de sus recursos hídricos. La Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA, www.eea.int) prevé para España reducciones en torno a un 25% del agua



Genera una preocupación creciente el riesgo de salinización secundaria del suelo, que es la inducida fundamentalmente por actividades humanas. Esta situación afecta sobre todo al litoral mediterráneo español. Cabo de Gata. Foto: Vicente González

disponible en un horizonte del año 2030 (EEA, 2005) (Fig. 1). Conocidas son las previsiones del IPCC y otros organismos que auguran una tendencia general de aridificación para el Mediterráneo. Nos enfrentamos pues a la situación habitual de déficits hídricos estructurales de gran parte de la Península Ibérica junto a previsiones de agravamiento que indudablemente afectaran a las condiciones de salud y calidad de la vida humana, al contexto socioeconómico y al funcionamiento y estabilidad del medio natural. La aridez climática, la agresividad de las precipitaciones torrenciales, los periodos de sequía y el incremento de la evapotranspiración, son factores de agravamiento de los procesos de desertificación que ya afectan a un importante porcentaje del territorio español.

DESERTIFICACIÓN

El riesgo de desertificación es un problema ambiental, socioeconómico y de desarrollo, de alcance mundial que afecta a los cinco continentes. La cuenca del Mediterráneo se encuentra entre las zonas afectadas y también amenazadas de incrementar la gravedad de su situación de riesgo de desertificación. En sus últimas consecuencias, estos procesos, representan el desmantelamiento de todo el potencial biosférico de la zona afectada y la conversión de la misma a la situación de un territorio yermo e improductivo.

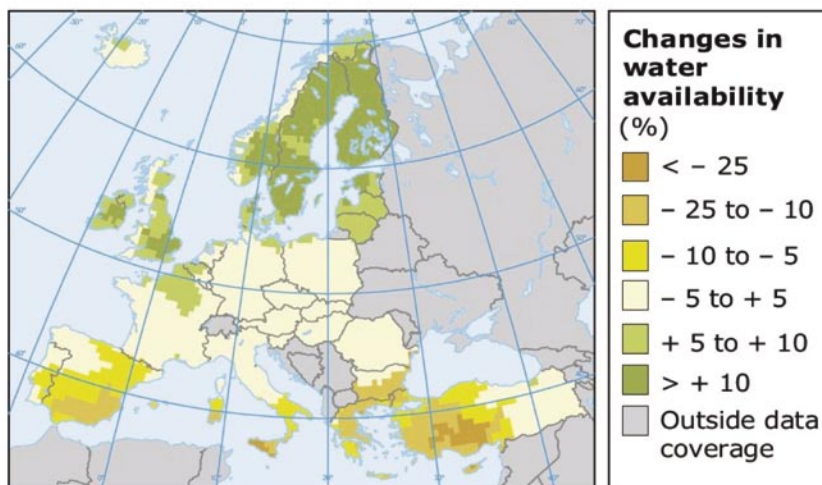
La aridez climática, la agresividad de las precipitaciones torrenciales, los periodos de sequía y el incremento de la evapotranspiración, son factores de agravamiento de los procesos de desertificación que ya afectan a un importante porcentaje del territorio español

El suelo, principal agente y actor en los procesos de desertificación, constituye un medio vivo con una enorme actividad biológica. Constituye la fina interfase de la superficie terrestre situada entre el dominio geológico, la atmósfera y la actividad de fauna y flora, constituyendo un eslabón esencial de la biosfera. Precisamente por sus connotaciones biológicas intrínsecas, es un medio muy sensible a las disponibilidades de agua y también a la variación de los parámetros climáticos (Rubio, 2007). Las predicciones de las tendencias actuales de calentamiento global, señalan al Mediterráneo como una de las zonas más sensibles y susceptibles. Dentro de las múltiples predicciones existentes, parece haber un cierto consenso según el cual para el Mediterráneo se prevén incrementos de la temperatura entre 2 y 6.3 °C, disminución apreciable de la precipitación, incremento en la frecuencia de fenómenos extremos, aumento de

la evapotranspiración, disminución de la reserva de humedad del suelo y mayor incidencia de los episodios de sequías. Todo ello implica una tendencia generalizada de aridificación y de incremento de los procesos de desertificación. Estos se inician con el deterioro del suelo debido a distintos procesos como pueden ser la erosión hídrica y eólica, la pérdida de materia orgánica, la destrucción de la estructura, la compactación y el sellado o la salinización. Los procesos de desertificación normalmente actúan de manera insidiosa, pasan casi desapercibidos y no generan alarma ni preocupaciones, salvo en caso de situaciones extremas puntuales como fuertes deslizamientos, inundaciones y riadas, efectos erosivos acusados después de incendios forestales o, desmantelamiento de antiguas laderas agrícolas abandonadas. En esos momentos concretos sí que la opinión publica reacciona y demanda medidas y actuaciones. Sin embargo, en las zonas susceptibles y afectadas, normalmente se va produciendo una progresiva y lenta degradación ante impactos tales como malas prácticas agrícolas, disfunciones en la planificación adecuada de los usos del territorio, incendios forestales, contaminación o salinización, que, en general, no son percibidos por la sociedad.

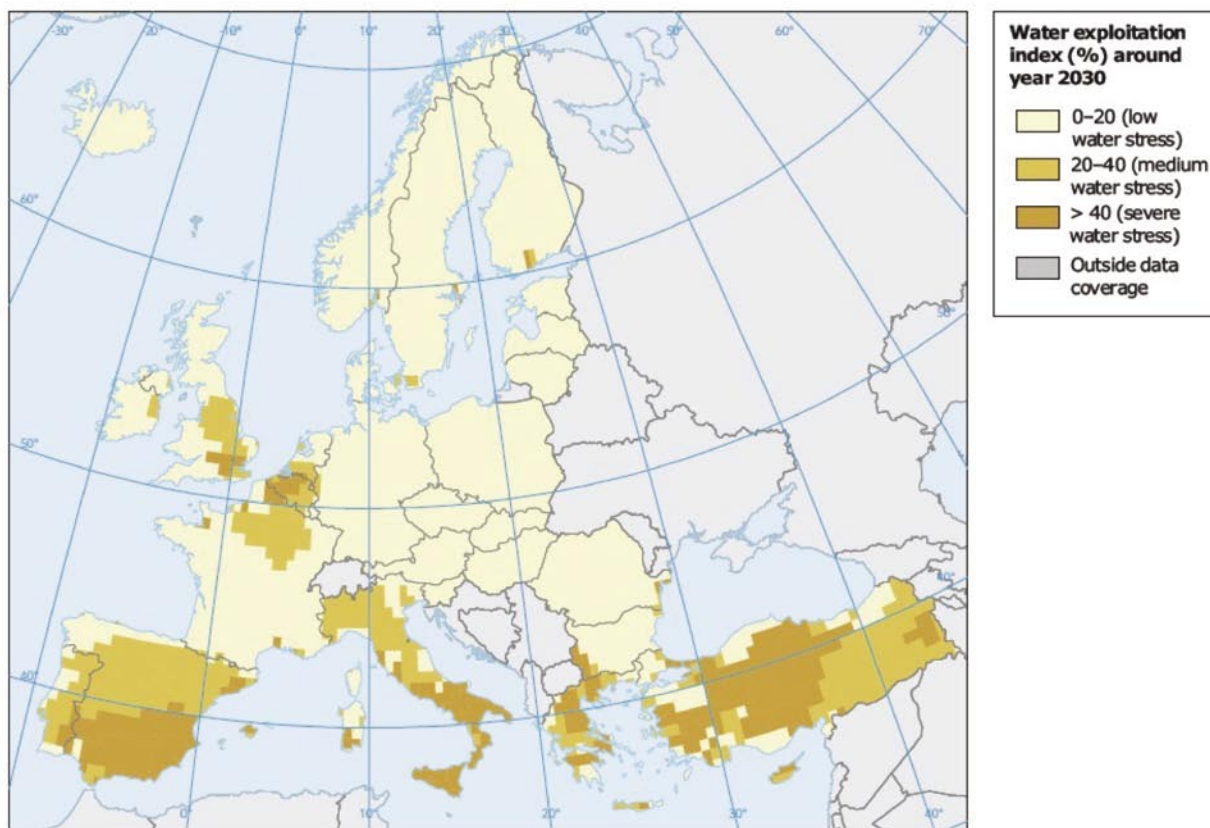
La pérdida de suelo o la pérdida de sus funciones productivas y ecológicas repercute y se transfiere a los demás componentes del ecosistema terrestre (recursos hídricos, cobertura vegetal, fauna edáfica y microorganismos) en una espiral que se retroalimenta a sí misma y que en sus últimas instancias da lugar a un paisaje desolado y estéril y con connotaciones de irreversibilidad. Esto, afortunadamente, solo se produce cuando se llega a situa-

Changes in average annual water availability under the LREM-E scenario by 2030



Source: EEA, 2005.

Water stress in 2030



Source: EEA, 2005.

Figura 1. Predicciones sobre disponibilidades de agua de la agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2005)

ciones extremas. El suelo tiene una gran capacidad de recuperación o respuesta (resiliencia) ante distintos tipos de presiones, pero los impactos repetidos, la aridez acentuada o las malas prácticas que se hacen crónicas, van produciendo una pérdida progresiva de su capacidad biológica. La oscilación, impacto-recuperación, puede mantenerse dentro de ciertas condiciones de equilibrio a la baja. Sin embargo si la presión continua, en algún determinado momento se puede sobrepasar un cierto nivel de umbral y puede desencadenarse un cambio convulsivo de respuesta no lineal. A partir de este umbral se pasa rápidamente a una situación de degradación grave, cada vez con menos posibilidades de retorno a la situación de equilibrio. Estas condiciones de irreversibilidad son desgraciadamente frecuentes en numerosos paisajes de la Península Ibérica.

Sin embargo en las zonas afectadas nos podemos encontrar con toda

la gama de situaciones, desde zonas muy ligeramente afectadas, hasta zonas que muestran síntomas evidentes de una profunda degradación. Nuestro país es el país más afectado del continente europeo con una extensión que ocupa unos dos tercios de nuestro territorio (Rubio y Recatala, 2006).

Todo ello se produce porque la tendencia de disminución en la disponibilidad de recursos hídricos en el suelo afecta a propiedades y funciones esenciales del mismo. Fundamentalmente la tendencia de aridificación conlleva un aumento en la mineralización y una pérdida de componentes orgánicos del suelo.

La materia orgánica es un componente esencial que influye y condiciona decisivamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. También afecta a los niveles de productividad-fertilidad y a la resistencia y estabilidad del suelo frente a los procesos de degradación. Debido fundamentalmente a condiciones

climáticas restrictivas muchos suelos típicos mediterráneos (Regosoles, Leptosoles, Fluvisoles, Calcisoles, Xerosoles) suelen disponer de escasos niveles de materia orgánica. Esta situación es más acusada en los suelos agrícolas que con frecuencia se sitúan en torno a un escaso uno por ciento de componente orgánico.

Esta circunstancia afecta a otra de las propiedades cruciales del suelo que es su estructura. La estructura del suelo es la disposición entre sí de sus componentes minerales (partículas de arcilla, limos y arenas) y orgánicos. La estructuración o agregación del suelo es responsable de que el mismo pueda ser un medio biológicamente activo, regulador del ciclo hidrológico, regulador de intercambios gaseosos con la atmósfera y que pueda ser soporte mecánico y nutritivo de la cobertura vegetal. La degradación de la estructura del suelo, que puede incrementarse en un medio cada vez más seco, puede tener numerosas e

Los procesos de desertificación, que representan una extrema degradación de las zonas más secas del planeta, están estrechamente ligados al destino del agua

importantes consecuencias. El proceso básico que se ve afectado es la dinámica de la descomposición de los restos vegetales que se desequilibra incrementándose los procesos de mineralización en detrimento de los complejos y lentos procesos bioquímicos de humidificación que dan lugar a la formación de humus, compuesto esencial del suelo y en gran parte responsable de la formación de agregados. Todo ello tiene múltiples consecuencias. La disminución de la proporción de humus en el suelo y sus consecuencias en la degradación de la estructura afecta a la capacidad del suelo de gestionar y mantener las reservas de humedad. Un suelo con niveles adecuados de materia orgánica y buena estructura, puede triplicar su capacidad de almacenamiento de agua disponible, frente al mismo suelo que haya perdido sus niveles orgánicos y su estructura. También afecta a la dinámica de los nutrientes y por tanto a la fertilidad química del suelo. La degradación de la estructura incide también sobre las propiedades físicas del suelo empeorándolas y disminuyendo por ejemplo la capacidad intrínseca del suelo de soportar procesos erosivos.

Otro aspecto climático importante relacionado con las funciones del suelo es su capacidad como factor amortiguador ante episodios climáticos extremos. Entre ellos podríamos incluir los impactos de sequías o los efectos de lluvias torrenciales (incluyendo fenómenos de gota fría). Un suelo degradado por los distintos procesos que hemos visto anteriormente, es intrínsecamente menos estable y es más fácilmente desagregado y movilizado. Su capacidad de infiltra-

ción también puede verse afectada incrementándose los valores relativos de escorrentía. En estas circunstancias se aumentan los efectos de las avenidas de agua, los deslizamientos en masa, las avalanchas y las inundaciones. Al aumentar el volumen de suelo arrastrado, las escorrentías aumentan su energía destructora. Los efectos dan lugar a daños estructurales y económicos en la producción agraria, a impactos en núcleos habitados e infraestructuras, aceleran la colmatación de envases y pantanos y originan daños en las vías de comunicación. Lógicamente, generan un daño económico asociado al aumentar las demandas económicas a la administración y a las empresas aseguradoras para la reparación de los daños producidos en estructuras, bienes y servicios. En el caso de las sequías, el suelo disminuye también su potencialidad amortiguadora y disminuye su fertilidad. Además de los efectos negativos que la degradación del suelo origina en la producción agraria, también pueden aumentar los daños a construcciones y obras públicas por fenómenos de retracción de arcillas expandibles, impactos en la calidad de las aguas y, aumento de las consecuencias erosivas de los incendios forestales.

En general la tendencia de aridez creciente y los procesos de desertificación producirán una disminución del funcionalismo ecológico y de la capacidad productiva y amortiguadora del suelo, incluyendo la disminución de su capacidad de almacenamiento de reservas hídricas.

ARIDEZ Y PRECIPITACIONES

En el Convenio de Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CNULCD), aprobado en octubre de 1994, y en su Anexo IV de Aplicación Regional para el Mediterráneo Europeo, se indican algunos factores relacionados con el agua como desencadenantes de los procesos de desertificación. Entre ellos se incluyen: "Condiciones climáticas semiáridas que afectan a grandes zonas, sequías estacionales, extrema variabilidad de las lluvias y lluvias súbitas de gran intensidad" y también: "Explotación insosteni-

ble de los recursos hídricos, que es causa de graves daños ambientales, incluidos la contaminación química, la salinización y el agotamiento de acuíferos".

Una característica climática fundamental de gran parte de la región mediterránea es su déficit hídrico estructural que básicamente se produce al tener una evapotranspiración potencial (EPo) mayor que la precipitación (P). La valoración de este déficit hídrico ha sido abordado desde una amplia variedad de índices. Uno de ellos es el índice bioclimático P/EPo de FAO-UNESCO (1977) que es el utilizado en la definición de desertificación en el CNULCD (1994). De acuerdo con esta definición las áreas susceptibles de desertificación se incluyen dentro de las tres categorías siguientes:

- ✦ Las zonas áridas: $0.03 < P/EPo < 0.20$.
- ✦ Las zonas semiáridas: $0.20 < P/EPo < 0.50$.
- ✦ Las zonas seco subhúmedas: $0.50 < P/EPo < 0.75$.

Así pues una determinada zona puede sufrir procesos de desertificación cuando se encuentre dentro del rango: $0.03 > P/EPo > 0.75$. En la figura 2 se reproduce el mapa de aridez elaborado en el contexto del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación en el que puede observarse la enorme extensión de territorio potencialmente susceptible.

La aridez es una característica esencial en la configuración de la cobertura vegetal mediterránea y en la dinámica y características de los suelos mediterráneos. La variabilidad y escasez general de precipitaciones, junto a una fuerte evapotranspiración, reduce drásticamente las reservas de agua que debe almacenar el suelo para el desarrollo de la vegetación y para la propia dinámica edáfica. El resultado es una producción limitada de biomasa y también una limitada incorporación de restos vegetales al suelo. Ello origina niveles limitados del componente esencial para el suelo que es la materia orgánica, responsable, como hemos indicado, de que un suelo sea capaz de infiltrar, almacenar y gestionar reservas hídricas y que disponga de mayor estabilidad frente a los procesos de degradación-desertificación.

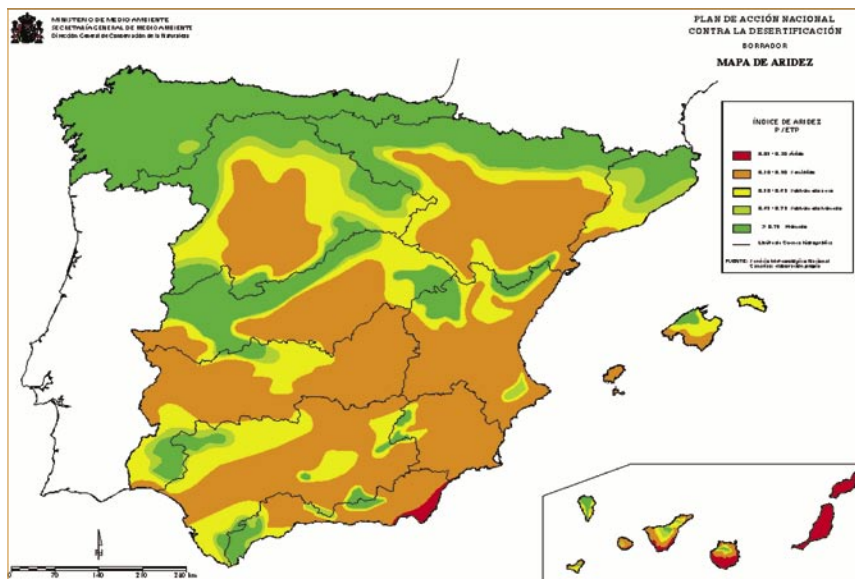


Figura 2. Mapa de aridez del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación

La escasa disponibilidad de reservas hídricas es un factor limitante que impone fuertes restricciones al desarrollo de la vegetación. Sin embargo a lo largo de millones de años de adaptación evolutiva, la vegetación mediterránea ha ido desarrollando una fascinante gama de adaptaciones que le permite una sorprendente capacidad de resistencia y supervivencia al impacto de sequías y también al impacto de largos meses estivales con escasa precipitación y con muy elevadas tasas de evapotranspiración. Sin embargo el escaso y disperso desarrollo de cobertura vegetal en extensas zonas deja al suelo desprotegido y directamente bajo el impacto de la erosividad de la lluvia, la insolación y la acción desecante y erosiva de vientos y otros factores climáticos.

La información acumulada a lo largo del tiempo en distintas zonas de la cuenca mediterránea muestra que un volumen de precipitación promedio anual entre 300 y 350 mm se asocia a importantes procesos erosivos. Por debajo y por encima de estas cantidades la producción de sedimentos se atenúa. Por supuesto la distribución anual y la variabilidad afectan a esta pauta general y de hecho en algunas situaciones una fuerte precipitación aislada de elevada torrencialidad puede contribuir por sí sola con un porcentaje muy elevado de la producción total anual de sedimentos. La tendencia general es que la producción de escorrentía

y sedimentos va aumentando con el aumento de precipitación hasta esa zona de 300-350 mm, a partir de la cual empiezan a descender. En general el descenso en la intensidad de los procesos erosivos se asocia a un incremento en el porcentaje y densidad de la cobertura vegetal que actúa eficazmente en la protección y conservación del suelo. Por el contrario, los déficits hídricos anuales e interanuales de las zonas de pisos bioclimáticos menos favorecidos por las precipitaciones, implican un fuerte estrés para la vegetación y para su capacidad de protección del suelo y de autoregeneración ante un determinado impacto. En efecto, desde situaciones de menos de 150 mm, con una escasísima cobertura de vegetación aislada, al ir aumentando las precipitaciones, se pasa progresivamente a coberturas de matorral disperso. A medida que continúa aumentando la disponibilidad de humedad, la cobertura de matorral y arbustivas puede evolucionar a bosquetes abiertos mixtos y, finalmente y con adecuadas condiciones de suelo, se puede alcanzar el desarrollo de un bosque mediterráneo más o menos cerrado y estructurado, que proporciona la máxima protección frente a los procesos erosivos. Esta es la tendencia general en las condiciones más o menos naturales de las zonas mediterráneas no cultivadas, es decir, zonas forestales y zonas marginales sin una utilización productiva determinada.

En estas condiciones la adaptación evolutiva entre suelos, geomorfología y cobertura vegetal muestra una eficacia sorprendente en el control de la erosión. De hecho y en función de nuestra experiencia práctica y experimental, los rasgos erosivos más destacados e intensos del paisaje mediterráneo casi siempre se asocian a intervenciones humanas en el uso del territorio y raramente son visibles en condiciones "naturales". La expansión agrícola a zonas marginales y en pendiente, su posterior abandono y abandono del mantenimiento de las estructuras de conservación de suelo y agua, las obras civiles y de comunicación, los incendios forestales, las expansiones urbanas e industriales, la minería y actividades extractivas y las malas prácticas agroforestales en general son las responsables de la ruptura de equilibrios adaptativos naturales y del desencadenamiento de procesos erosivos. Así, el impacto humano se superpone a condiciones climáticas y terrestres limitantes.

SALINIZACIÓN-ALCALINIZACIÓN

La tendencia de calentamiento también incidirá en el mantenimiento de las sales en el perfil del suelo y en su eventual ascenso a la superficie del mismo. Para el buen funcionamiento del sistema edáfico éste debe de mantener un nivel adecuado de sales, situación que puede verse afectada negativamente si no se produce el lavado, por la disminución prevista en las precipitaciones, y además se aumenta el ascenso de compuestos salinos en el perfil por el incremento de las temperaturas y de la evaporación, como indican las predicciones del cambio climático.

La salinización del suelo, sobre todo por procesos secundarios, ha sido identificada como una de las ocho más importantes amenazas de degradación del suelo en la reciente Estrategia de la UE de Protección del Suelo. Es también una de las causas más importantes de desertificación en el ámbito mediterráneo. En este sentido los países más afectados son España, Italia, Albania, Macedonia y Grecia. Los suelos salinos, o más correctamente expresado, los suelos afectados por sales, suelen desarrollarse en las zonas climáticas áridas.

La precipitación, la temperatura y la evapotranspiración influyen decisivamente en la dinámica de las sales en el perfil del suelo incidiendo en su acumulación o lavado. El índice de aridez P/E_{Po}, comentado anteriormente, es un buen indicador del riesgo de salinización, estableciendo mayores riesgos de salinización a medida que la relación P/E_{Po} se hace menor.

Existen de forma natural, áreas afectadas por salinidad de origen no antrópico (salinización primaria). En estos casos las sales proceden de materiales litológicos de los que el suelo hereda un elevado nivel salino. En España esta salinidad procede frecuentemente de materiales triásicos (facies Keuper) y otros materiales ricos en yeso. En el valle del Ebro, entornos de Madrid y zonas puntuales de la fachada mediterránea, afloran materiales geológicos de este tipo que originan zonas salinas.

Sin embargo lo que genera una preocupación creciente es el riesgo de salinización secundaria del suelo, que es la inducida fundamentalmente por actividades humanas. Esta situación afecta sobre todo al litoral

mediterráneo español (Figura 3) y a diversas zonas del interior de Aragón, Murcia y Andalucía. Los cambios en el uso del suelo, inadecuados planes de regadío, la mala gestión del riego y las condiciones de drenaje, han incrementado los problemas de salinización y degradación en zonas del interior como Los Monegros (Zaragoza), Albufera (Alicante) o Badajoz.

No obstante la situación más preocupante hoy día afecta sobre todo a las zonas costeras mediterráneas. En estas zonas la demanda y el consumo de agua se ha sextuplicado en los últimos 50 años como consecuencia del incremento de las actividades agrícolas, el urbanismo y la industria. La demanda creciente sobre una cantidad finita y limitada de agua dulce ha provocado la sobreexplotación de acuíferos litorales y el inicio de problemas de intrusión marina. Las actividades de la agricultura de regadío, el aumento demográfico, la expansión urbana, el sector turístico, las actividades industriales y el sector del ocio-recreo, están ejerciendo una sobrepresión sobre un recurso menguante que actualmente centra

un importante y trascendente debate político y social.

Con relación al suelo, los riegos repetidos con agua salina o la acumulación de sales por evaporación en el perfil del mismo, paulatinamente van incrementando la concentración salina, sobre todo en las zonas con problemas de drenaje. En un principio, el exceso de sales en la solución del suelo, puede dar lugar a problemas en la producción agrícola y en la vegetación natural. Un exceso de sales dificulta la absorción de agua, crea antagonismos iónicos que dificultan la asimilación y el metabolismo de nutrientes e incluso, en el caso de algunos iones en exceso, pueden causar toxicidad directa sobre las membranas y tejidos de las raíces. También lógicamente afecta al normal funcionamiento del suelo repercutiendo en la floculación del complejo arcilloso-húmico, sobre la microflora y sobre los contenidos de materia orgánica. Sin embargo, mientras se mantiene un cierto nivel y tipo de sales, estas no inciden sobre un aspecto tan importante como es la degradación de la estructura del

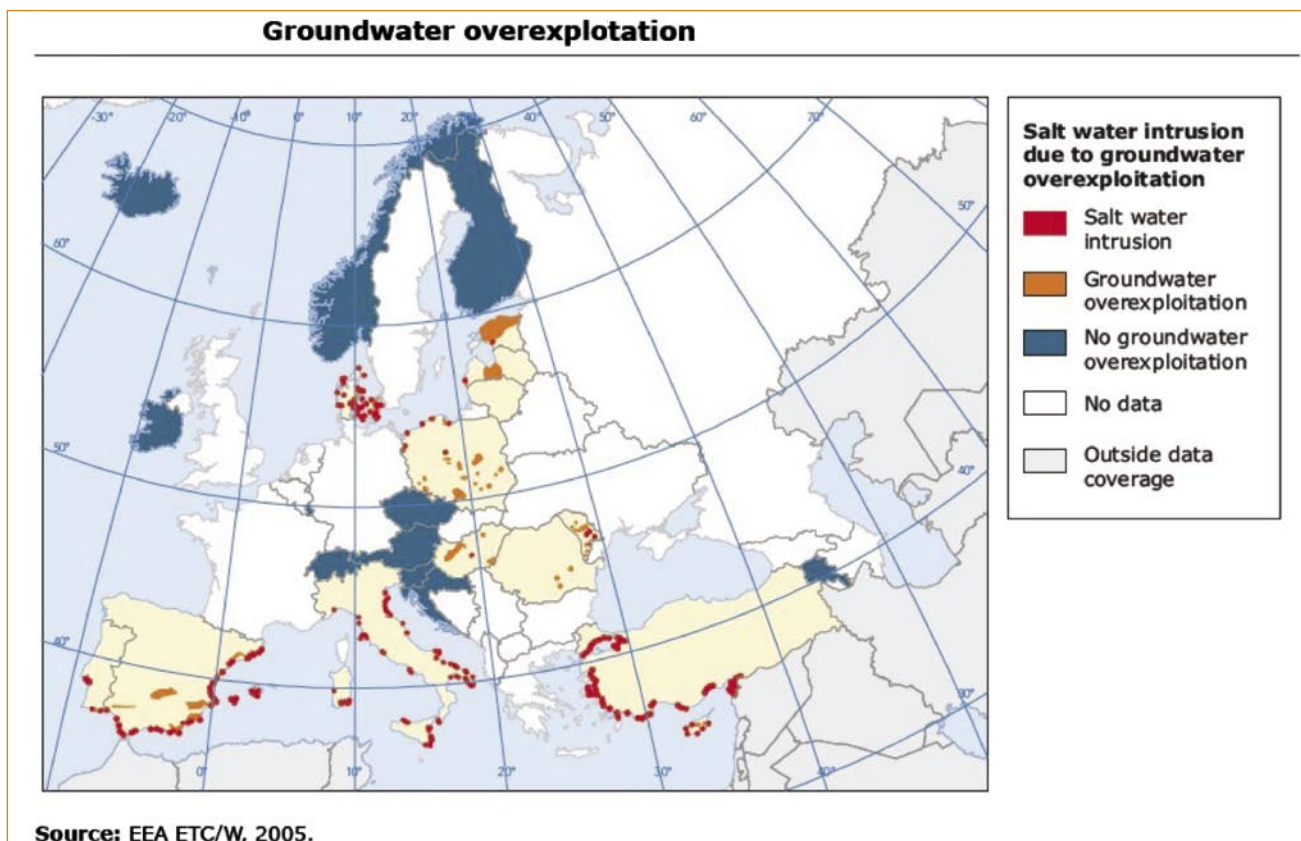


Figura 3. Situación europea de sobreexplotación de acuíferos e intrusión marina (EEA, 2005)

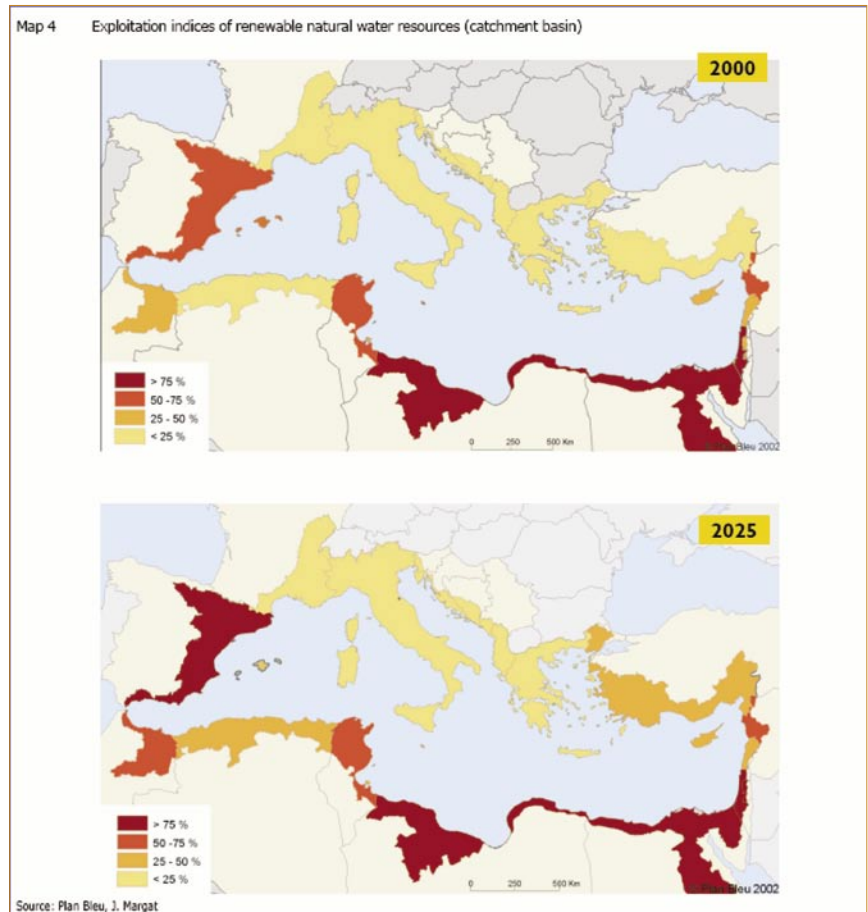
suelo, que puede mantenerse estable, facilitando, aun en este nivel de exceso de sales, unas propiedades físicas aceptables. Es decir el suelo se mantiene poroso y permeable debido a que la presencia de iones calcio mantiene el complejo arcilloso-húmico firmemente floclado y funcionalmente estable.

Las cosas cambian cuando se produce la acumulación de un exceso de ión sodio (por ejemplo procedente de cloruros y sulfatos de sodio). El ión sodio puede quedar fijado en el complejo de cambio del suelo originando graves repercusiones en las funciones ecológicas y productivas del mismo. De un proceso de salinización pasamos a un proceso más grave llamado alcalinización. Cuando la proporción de sodio en el complejo de cambio llega a niveles importantes (más del 15%), la estructura comienza a degradarse por la dispersión de las partículas arcillosas y húmicas, del suelo. En situaciones extremas puede formarse un horizonte apelmazado y compactado que dificulta todo el funcionamiento del suelo, incluyendo el drenaje y la penetración de las raíces. Por el proceso de salinización-alcalinización, se puede pasar de unas condiciones de porosidad, aireación y permeabilidad adecuadas, a una situación en la que estas condiciones físicas son totalmente desfavorables. Los suelos alcalinizados y con la estructura destruida, en condiciones húmedas, se convierten en un barro fluido y, cuando se secan, se convierten en una costra dura y apelmazada. Esta degradación inutiliza al suelo para la agricultura. Las zonas afectadas por alcalinización solo pueden ser colonizadas por una vegetación muy especializada y adaptada.

Esta situación de extrema degradación asociada a escasez de precipitaciones y sobreexplotación de acuíferos de litoral, es una amenaza real si continuaran las tendencias actuales de aumento de demanda e insostenibilidad en el uso de los recursos hídricos en las zonas costeras mediterráneas.

CONCLUSIÓN

El recurso vital que representa el agua también lo es para el funcionamiento y la estabilidad del suelo. Un exceso de agua debido a precipitaciones agresivas, puede ser un elemento temible, por sus consecuencias de



desmantelamiento de laderas, intensos procesos erosivos, y arrasamientos derivados de riadas e inundaciones. Los efectos negativos son más acentuados si la torrencialidad se produce sobre suelos degradados.

En el otro extremo, la falta de agua disponible colapsa el funcionamiento ecológico y productivo del suelo convirtiéndolo en un sedimento inerte y semi esteril, incapaz de aportar el sustrato esencial de soporte de la vida en la biosfera. La falta de agua puede representar la disrupción de las funciones de regulación climática, de las funciones de regulación de los recursos hídricos, del funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos y del mantenimiento del paisaje.

Sin agua no pueden producirse los intrincados procesos biológicos que convierten al suelo en un eslabón crucial para el mantenimiento de la vida vegetal y la producción agraria.

Los procesos de desertificación, que representan una extrema degradación de las zonas más secas del planeta, están estrechamente ligados al destino del agua. En nuestro país ambos temas requieren políticas ur-

gentes de coordinación, prevención y mitigación. ☞

BIBLIOGRAFÍA:

EEA (2005) The European Environment. State and Outlook 2005. Copenhagen.

CNULCD (1994) Convenio de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países Afectados por la Sequía Grave o Desertificación, en Particular en África. Secretaria del Convenio de UN de Lucha contra la Desertificación. Bonn.

Plan Bleu-UNEP (2006) A Sustainable Future for the Mediterranean. The Blue's Plan Environment and Development Outlook. Sophia Antipolis.

Rubio, J.L. and Recatala, L. (2006) The relevance and consequences of Mediterranean desertification including security aspects. En: Desertification in the Mediterranean Region: a Security Issue. Valencia NATO Workshop, Springer.

Rubio, J.L. (2007) Mecanismos de retroalimentación entre desertificación y cambio climático. En: Cambio Climático y sus Consecuencias. Presidencia de la Generalitat Valenciana. Valencia. 57-71.