



Desertificación: nuevos enfoques para un viejo problema

Jaime Martínez-Valderrama^{1,*} , Emilio Guirado¹ , Fernando T. Maestre^{1,2}

(1) Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef", Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante, España.

(2) Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig, Alicante, España.

* Autor de correspondencia: Jaime Martínez-Valderrama [jaime.mv@ua.es]

> Recibido el 22 de octubre de 2021 - Aceptado el 08 de diciembre de 2021

Como citar: Martínez-Valderrama, J., Guirado, E., Maestre, F.T. 2021. Desertificación: nuevos enfoques para un viejo problema. *Ecosistemas* 30(3): 2312. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2312>

Las tierras secas, que engloban todas aquellas con un índice de aridez (relación entre precipitación y evapotranspiración potencial) inferior a 0.65, constituyen el principal bioma terrestre, ocupando entre el 37.2% (Cherlet et al. 2018) y el 46.2% (Mirzabaev et al. 2019) de su superficie. En ellas vive el 40% de la población mundial (van der Esch et al. 2017), incluyendo los países más pobres y los que tienen mayores tasas de crecimiento demográfico. Por ello, la desertificación, definida como la degradación de estos territorios -excluyendo paradójicamente las zonas hiper-áridas (Martínez-Valderrama et al. 2020a)- como consecuencia de variaciones climáticas y actividades humanas (UNCCD 1094), se presenta como uno de los problemas ambientales más complejos e importantes a los que nos enfrentamos.

El concepto de desertificación ha estado influido, desde sus orígenes en el África colonial (Reynolds y Stafford Smith 2002), de sesgos disciplinares y geográficos y de intereses creados. Todo ello ha complicado tanto su evaluación y seguimiento como la propuesta de soluciones exitosas. Un ejemplo puede ayudarnos a entender el eclecticismo que arrastra la desertificación. En un ámbito puramente ecológico es difícil asimilar que el reverdecimiento del paisaje como consecuencia del abandono rural se denomine "desierto verde" (Perevolotsky y Seligman 1098). Sin embargo, la definición oficial de la desertificación de Naciones Unidas considera que, en efecto, se trata de un claro caso de desertificación, puesto que el avance de masa forestal leñosa en un antiguo pastizal conlleva potenciales pérdidas económicas para la actividad ganadera.

Ninguna de las más de cien definiciones propuestas (Reynolds et al. 2007) ha conseguido consolidarse, y cada especialista echa en falta algún matiz. La falta de consenso propicia que el mensaje que se transmite a la sociedad sea confuso y los equívocos entre desertificación, desiertos y sequías perduran (Prince y Podwojewski 2019; Martínez-Valderrama et al. 2020b). La Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación ha quedado como la hermana débil frente a sus dos convenciones hermanas, la de Biodiversidad y la de Cambio Climático y los planes nacionales para luchar contra este grave problema naufragan sin remedio.

No pretendemos ahondar en estas discusiones estériles. Como concluye Reynolds (2021) en el trabajo que encabeza este monográfico (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2302>), debemos trascender estas ambigüedades para encarar lo que este problema requiere desde hace tiempo, es decir, sus soluciones. La portada que hemos

elegido retrata bien de qué estamos hablando: el cambio de uso del suelo en el territorio más árido de la Europa continental, que ha visto como en los últimos cuarenta años se han establecido más de 32 000 hectáreas de invernaderos (Cajamar 2020). La búsqueda de grandes beneficios en el corto plazo ha supuesto el deterioro cuantitativo y cualitativo de sus acuíferos (Hernández-Mora et al. 2007; Custodio 2010; García-Caparrós et al. 2017) sobre el que se ha fraguado este súbito crecimiento.

Si hubiésemos seguido la pauta del lenguaje visual utilizado por las propias Naciones Unidas (Prince y Podwojewski 2019), numerosos medios de comunicación e incluso estudiosos de esta problemática, una imagen del precioso paisaje acaravado del -mal denominado- desierto de Tabernas, hubiese bastado. Sin embargo, hubiésemos perpetuado un mensaje equivocado. La desertificación no tiene nada que ver con los desiertos ni con su expansión (Martínez-Valderrama 2016). Se trata de un problema vinculado a la mala gestión del territorio, en el cual intervienen las variaciones climáticas propias de las zonas secas. Las favorables (períodos húmedos) ayudan a sobredimensionar el sistema socioeconómico (Puigdefabregas 1995), y a las dañinas (sequías o inundaciones), se les suele echar la culpa de todo el problema (como ha ocurrido en el Mar Menor recientemente, véase Martínez-Fernández y Esteve Selma 2020). Sin duda, estas variaciones serán más frecuentes e intensas debido al cambio climático, el cual se espera especialmente agudo en el Mediterráneo (Cramer et al. 2018; Tuel y Eltahir 2020). Sin embargo, ello no debe interferir en una clara conceptualización del problema y, por tanto, en un adecuado diseño de las soluciones.

El uso de una imagen relacionada con regadíos intensivos resulta especialmente interesante en una época de conflictos hídricos. Tradicionalmente, la desertificación se ha relacionado con la erosión del suelo y la pérdida de cubierta vegetal (Martínez-Fernández y Esteve 2005). Sin dejar de ser esto cierto, es imprescindible, en un escenario que amenaza nuestra seguridad hídrica y alimentaria, enfrentar los problemas relacionados con la gestión del agua y proponer soluciones que vayan más allá del tradicional modelo de oferta que ha dirigido la política hidráulica y agrícola de países como España durante décadas (Del Moral 2010). El regadío lleva implícito el sello de motor de crecimiento y desarrollo regional, de triunfo sobre la naturaleza, e incluso de ser un arma en la lucha contra la desertificación (Fundación Nueva Cultura del Agua 2020;

Pizá 2020), lo que le garantiza un gran respaldo social (De Stefano y Lopez-Gunn 2012). Lo cierto es que los casos de desertificación relacionados con un uso del agua desproporcionado se multiplican en el mundo y enormes masas de agua subterránea muestran un declive imparable (Famiglietti 2014). En Irán, por ejemplo, todas sus masas de agua subterránea han sido sobreexplotadas (Noori et al. 2021). En una de las regiones más áridas del mundo como es Atacama (Chile), el crecimiento de la población y la actividad minera están vaciando los preciados acuíferos de la zona (Rinaudo y Donoso 2019; Elshall et al. 2020). Grandes lagos y mares, como el Mar de Aral en Uzbekistán, el Urmia en Irán o el lago Poopó en Bolivia, se han vaciado por una explotación agrícola insostenible (AghaKouchak et al. 2015; Gross 2017; Wurtsbaugh et al. 2017; Torres-Batló et al. 2020). El vertido descontrolado de fertilizantes y pesticidas y la intrusión marina ha contaminado acuíferos y lagunas costeras como el Mar Menor, con los efectos que todos hemos visto y que tanto nos han conmovido. Emblemáticas reservas naturales como los parques nacionales de Doñana (Lozano et al. 2016) y Daimiel (Closas et al. 2017) sufren el descontrol administrativo de la explotación de aguas subterráneas, lo que está poniendo en grave peligro su supervivencia (algo particularmente evidente en el caso de las Tablas de Daimiel). La denominada revolución silenciosa (Llamas y Martínez-Santos 2005), que alude a la explotación de un recurso invisible, bajo tierra, cuya única manifestación en superficie era la de una sociedad boyante que nadaba en la abundancia, ha emergido con un estruendo que no podemos seguir ignorando.

Al caudal de casos vinculados con el deterioro de los recursos hídricos, se unen los que tradicionalmente se han relacionado con la desertificación. Encontramos problemas de deforestación y cambios del uso del suelo en México (Becerril-Piña et al. 2015). En la Patagonia argentina y en el Chaco son numerosos los trabajos que nos advierten de los problemas de sobrepastoreo (Mazzonia y Vazquez 2009; Verón et al. 2018; Cipriotti et al. 2019). En esta segunda región, la demanda de soja de los mercados chinos y europeos ha impulsado una degradación en cascada. La búsqueda de nuevas tierras para este cultivo ha disminuido la superficie de pastizales, reforzando los problemas de sobrepastoreo, y causando la tala de bosques primarios (WWF 2014; Baumann et al. 2017). En el Nordeste brasileño la desertificación progresa (de Souza y Oyama 2011) de la mano de múltiples factores, como la tala excesiva, la mala gestión de las zonas de pastoreo, las malas prácticas de riego y otros sistemas inadecuados de uso de la tierra (Cavalcanti y Coutinho 2009).

En este monográfico hemos reunido la contribución de autores que trabajan en disciplinas muy variadas. El monográfico está integrado por 13 artículos, 8 de revisión y 5 de investigación. Este polifacético conjunto pretende aportar la visión holística que requiere un problema tan ecléctico y transversal como la desertificación. El resultado es una colección de trabajos que reúnen distintas aproximaciones metodológicas (como la teledetección, la inteligencia artificial o la dinámica de sistemas) y ofrece propuestas para mitigar el problema (restauraciones forestales, uso de biocostras, gestión del carbono orgánico del suelo) o anticiparlos (vigilando la evolución de la cubierta vegetal o analizando las dinámicas de crecimiento económico), con casos repartidos por diversas regiones del mundo, como la Patagonia argentina, México, Australia o la región mediterránea.

En el primer bloque de trabajos se aborda el marco conceptual de la desertificación y sus implicaciones. Para ello, Reynolds 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2302>) nos propone un agudo ensayo sobre la construcción del concepto y los sesgos históricos que han hecho de este problema algo tan escurridizo y polémico. La original concepción de la desertificación como “un prisionero de la historia” es una excelente metáfora para hacernos ver que las discusiones estériles alrededor del concepto, nos roba un tiempo precioso que deberíamos dedicar a pensar en cómo resolver el problema. Una de las principales implicaciones del farragoso concepto de desertificación es la dificultad de cartografiarla, como ya anunció el Atlas

Mundial de la Desertificación (Cherlet et al. 2018). Resulta cuando menos curioso que el Atlas no presente ningún mapa de desertificación. Martínez-Valderrama et al. 2021a (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2211>) dan cuenta de cómo hemos llegado a esta situación, presentando los esfuerzos que históricamente se han realizado para representar la desertificación y ahondando en las debilidades intrínsecas de esta tarea. Finalmente, Calvo et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2228>) analizan otra cuestión clave sobre la desertificación, que es la atribución del problema a variables climáticas o socioeconómicas. Para ello evalúan el rol que juega el clima como modulador de los efectos que el pastoreo induce a escala local en la Patagonia argentina.

Hay un segundo grupo de trabajos que podemos considerar como novedosos por las temáticas tratadas. Dos de ellos ahondan en la relación entre desertificación y agua que, como hemos destacado anteriormente, ha sido históricamente un eslabón débil. Por un lado, Martínez Fernández et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2254>) analizan el deterioro de las masas de agua subterráneas y la agricultura de regadío. En este interesante análisis, implementado a escala local y de cuenca, se detalla el mecanismo que explica cómo la introducción de recursos hídricos externos, con independencia de la eficiencia en su uso, no reduce la sobreexplotación hídrica, sino que la acentúa. Esta espiral de insostenibilidad es la esencia del proceso de desertificación, en el que los sistemas socioeconómicos se diseñan por encima de las posibilidades de los ecosistemas que los albergan (Puigdefabregas 1995). Por otro lado, Bautista y Mayor 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2265>), nos dan una visión más ecológica de la función del agua en los ecosistemas. El trabajo analiza cómo la conectividad eco-hidrológica controla el funcionamiento de los ecosistemas áridos, subyace a las dinámicas de desertificación y puede manejarse para facilitar la recuperación de las zonas áridas degradadas. La tercera contribución de este bloque más innovador versa sobre la gobernanza de la desertificación. Lauterio Martínez et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2232>) nos ilustran con experiencias en México la necesidad de integrar los contextos locales y contar con el conocimiento de las comunidades que habitan las zonas áridas. El éxito de la lucha contra la desertificación ha de contar con la experiencia acumulada de las poblaciones que durante generaciones han sobrevivido a los vaivenes del clima y de la historia.

El tercer bloque ahonda en propuestas y soluciones. Dado el carácter irreversible de muchos de los procesos de desertificación (como la pérdida de suelo o su salinización), la prevención es clave. Los sistemas de alerta temprana permiten detectar señales de agotamiento antes de que sea demasiado tarde. Utilizando modelos de dinámica de sistemas se pueden implementar herramientas de alerta temprana, como muestran Martínez-Valderrama et al. 2021b (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2191>), contraponiendo las dinámicas de explotación de los recursos con su regeneración. Más vanguardista es el uso de la inteligencia artificial (IA). A través de una revisión bibliográfica, Guirado et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2250>) han comprobado que el número de publicaciones que implementan el aprendizaje profundo se incrementó un 63% en los últimos cinco años. Ello es una muestra de que las distintas técnicas agrupadas bajo la IA están aprovechando el gran caudal de datos disponible para estudiar este y otros fenómenos. La teledetección, herramienta clásica en el estudio y seguimiento de la desertificación, aparece en este monográfico en varias ocasiones. Además del citado trabajo de Calvo et al., podemos ver aplicaciones de esta metodología. Gaitán et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2229>) se valen de un enfoque más clásico e implementan el monitoreo a largo plazo de la cobertura vegetal para la toma de decisiones en la gestión de vastas regiones como es la estepa patagónica argentina. El trabajo de Hernández-Clemente y Hornero 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2240>), más tentativo, nos alerta sobre la necesidad de perfeccionar los indicadores que evalúan cambios en la cubierta vegetal. Para ello se proponen distintos desarrollos, como mejorar la estimación de indicadores estructurales y funcionales usando modelos físicos y modelos avanzados de computación.

Cuando los procesos de desertificación están avanzados y las secuelas del problema son patentes, se requieren estrategias de mitigación que devuelvan el territorio su funcionalidad. Una de las más relevantes, que dentro del actual Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas (Naciones Unidas 2021) cobra aún más protagonismo, es la restauración. Afortunadamente, hemos ido aprendiendo de los errores y las restauraciones han sustituido a las repoblaciones. Es decir, no se trata de poner una cubierta vegetal lo más densa y homogénea posible, sino de elegir las especies más adecuadas y contar con la visión de las distintas partes afectadas. Silva et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2266>) nos presentan una metodología para asignar niveles de prioridad a las diferentes acciones de restauración, lo que se antoja un asunto prioritario para ordenar la avalancha de proyectos de este tipo. El trabajo, en sí mismo, contiene un mensaje interesante: algo que funciona bien a una determinada escala no tiene por qué ser una buena solución si se implanta de forma masiva. Otra forma de proteger el suelo desnudo consiste en recuperar y promover las biocostras. Se trata de comunidades de organismos autótrofos y heterótrofos que colonizan la superficie del suelo. Cantón et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2236>) nos presentan las múltiples funciones de las biocostras en los suelos de las zonas áridas y las nuevas biotecnologías que aceleran su restauración. A escala aún mayor, cobra importancia lo que ocurre dentro del suelo. Particular relevancia tiene la biodiversidad y el carbono orgánico que se ven seriamente afectados por el cambio climático y diversos factores antrópicos. La revisión llevada a cabo por Muñoz-Rojas et al. 2021 (<https://doi.org/10.7818/ECOS.2238>) pone el foco en los procesos e interacciones que ocurren bajo nuestros pies. Comprender las vitales implicaciones del correcto funcionamiento de esa maquinaria que nos pasa desapercibida es el primer paso para preservar, afianzar o promover el carbono orgánico y la biodiversidad de nuestros suelos.

El objetivo final de este monográfico es presentar la desertificación como un problema de primer orden que requiere soluciones urgentes más que discusiones de salón. Además, buena parte de las medidas que se han de tomar deben de ir a la raíz del problema. Para ello es necesario comprender los mecanismos y factores socioeconómicos implicados. Ello posibilitará el desarrollo de estrategias que desactiven problemas potenciales de desertificación o reconduzcan los que ya están en marcha. Hemos visto que existen diversas soluciones de mitigación para la desertificación relicta, esto es, aquellos procesos de desertificación que ya se han llevado buena parte de la capacidad productiva del territorio. Si bien estas actuaciones son necesarias, hemos de ser conscientes de que son mucho más caras y en ocasiones inviables. Si no queremos caer en una lucha contra la desertificación que se asemeje al mito de Penélope –aspirar a recuperar lo que por otro lado se degrada– es necesario actuar sobre los procesos de degradación activos. Para ello se necesita repensar nuestro modelo de consumo y producción. Al fin y al cabo, agua, agricultura y energía presentan una serie de nexos insalvables y por tanto luchar contra la desertificación requiere una mejor gobernanza de los recursos. Crear un frente común con todos los agentes implicados es el sustrato sobre el que deben de crecer las nuevas políticas de lucha contra la desertificación.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Consejo Europeo de Investigación (Grant Agreement nº 647038, BIODESERT) y la Generalitat Valenciana (CIDEAGENT/2018/041). Los autores agradecen la invitación de la revista Ecosistemas y su interés en el estudio de los problemas de desertificación. También queremos agradecer el apoyo del equipo editorial durante todo el proceso de gestación y desarrollo de este monográfico.

Referencias

- AghaKouchak, A., Norouzi, H., Madani, K., Mirchi, A., Azarderakhsh, M., Nazemi, A., et al. 2015. Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action. *Journal of Great Lakes Research* 41: 307-311.
- Baumann, M., Israel, C., Piquer-Rodríguez, M., Gavier-Pizarro, G., Volante, J.N., Kuemmerle, T. 2017. Deforestation and cattle expansion in the Paraguayan Chaco 1987–2012. *Regional Environmental Change* 17: 1179-1191.
- Bautista, S., Mayor, Á.G. 2021. El papel de la (des)conectividad ecohidrológica en el funcionamiento y el manejo de las zonas áridas. *Ecosistemas* 30(3): 2265. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2265>
- Becerril-Piña, R., Mastachi-Loza, C.A., González-Sosa, E., Díaz-Delgado, C., Bâ, K.M. 2015. Assessing desertification risk in the semi-arid highlands of central Mexico. *Journal of Arid Environments* 120: 4-13.
- Cajamar 2020. *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2019/2020*. Servicio de Estudios Agroalimentarios de Cajamar, Cajamar, Almería, España.
- Calvo, D.A., Peter, G., Gaitán, J.J. 2021. El clima modula los efectos del pastoreo sobre la productividad primaria en ecosistemas áridos de Argentina. *Ecosistemas* 30(3): 2228. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2228>
- Cantón, Y., Roncero-Ramos, B., Román Fernández, R.E.R.-C., Chamizo, S. 2021. La restauración de biocostras: una herramienta clave para recuperar la funcionalidad de los ecosistemas áridos degradados. *Ecosistemas* 30(3): 2236. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2236>
- Cavalcanti, E.R., Coutinho, S.F.S. 2009. Desertification in the northeast of Brazil: the natural resources use and the land degradation. *Sociedade and Natureza* 1(1): 891-900.
- Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., von Maltitz, G. (eds.) 2018. *World Atlas of Desertification*. Publication Office of the European Union, Luxemburgo.
- Cipriotti, P.A., Aguiar, M.R., Wiegand, T., Paruelo, J.M. 2019. Combined effects of grazing management and climate on semi-arid steppes: Hysteresis dynamics prevent recovery of degraded rangelands. *Journal of Applied Ecology* 56: 2155-2165.
- Closas, A., Molle, F., Hernández-Mora, N. 2017. Sticks and carrots to manage groundwater over-abstraction in La Mancha, Spain. *Agricultural Water Management* 194: 113-124.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., et al. 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change* 8: 972-980.
- Custodio, E. 2010. Coastal aquifers of Europe: an overview. *Hydrogeology Journal* 18: 269-280.
- Elshall, A.S., Arik, A.D., El-Kadi, A.I., Pierce, S., Ye, M., Burnett, K., et al. 2020. Groundwater sustainability: A review of the interactions between science and policy. *Environmental Research Letters* 15: 093004.
- van der Esch, S., ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A., et al. 2017. *Exploring Future Changes in Land Use and Land Condition and the 449 Impacts on Food, Water, Climate Change and Biodiversity: Scenarios for the UNCCD 450 Global Land Outlook*. La Haya, Holanda.
- Famiglietti, J.S. 2014. The global groundwater crisis. *Nature Climate Change* 4: 945-948.
- Fundación Nueva Cultura del Agua 2020. Falacia 4. El regadío es la solución para frenar la desertificación. *Desmontando falacias sobre agua y cambio climático*. Documento en línea [Accedido 20 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://fnca.eu/desmontandofalacias/falacia-4/>
- Gaitán, J.J., Ciano, N., Oliva, G., Bran, D., Butti, L., Carriac, G., et al. 2021. La variación temporal del índice NDVI predice los cambios temporales de la cobertura vegetal en las tierras secas de la Patagonia argentina. *Ecosistemas* 30 (3): 2229. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2229>
- García-Caparrós, P., Contreras, J.I., Baeza, R., Segura, M.L., Lao, M.T. 2017. Integral management of irrigation water in intensive horticultural systems of Almería. *Sustainability* 9: 1-21.
- Gross, M. 2017. The world's vanishing lakes. *Current Biology* 27: R43-R46.
- Guirado, E., Martínez-Valderrama, J., Maestre, F.T. 2021. Potencial de la inteligencia artificial para avanzar en el estudio de la desertificación. *Ecosistemas* 30(3): 2250. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2250>

- Hernández-Clemente, R., Hornero, A. 2021. Monitoreo y evaluación de la desertificación con teledetección. *Ecosistemas* 30(3): 2240. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2240>
- Hernández-Mora, N., Martínez Cortina, L., Llamas, R., Custodio, E. 2007. *Groundwater issues in Southern EU Member States. Spain Country Report Groundwater in the Southern Member States of the European Union: an assessment of current knowledge and future prospects. Country report for Spain*. EASAC, German National Academy of Sciences, Halle, Alemania.
- Lauterio Martínez, C.L., Huber-Sannwald, E., Hernández Valdéz, S.D., Leyva Aguilera, J.C., Lucatello, S., Martínez Tagüña, N., et al. 2021. Métodos colectivos para tejer el camino desde la desertificación al desarrollo sostenible: los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos. *Ecosistemas* 30(3): 2232. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2232>
- Llamas, M.R., Martínez-Santos, P. 2005. Intensive Groundwater Use: Silent Revolution and Potential Source of Social Conflicts. *Journal of Water Resources Planning and Management* 131: 337-341.
- Lozano, D., Ruiz, N., Gavilán, P. 2016. Consumptive water use and irrigation performance of strawberries. *Agricultural Water Management* 169: 44-51.
- Martínez-Fernández, J., Esteve Selma, M.A. 2005. A critical view of the desertification debate in southeastern Spain. *Land Degradation and Development* 16: 529-539.
- Martínez-Fernández, J., Esteve Selma, M.Á. 2020. El colapso ecológico de la laguna del Mar Menor. En La Roca, F., Martínez-Fernández, J. (eds.), *Retos de la planificación y gestión del agua en España. Informe 2019.*, pp. 61-75. Fundación Nueva Cultura del Agua, Zaragoza, España.
- Martínez-Fernández, J., Esteve Selma, M.A., Zuluaga Guerra, P.A. 2021. Agua y sostenibilidad. Hacia una transición hídrica en el Sureste Ibérico. *Ecosistemas* 30(3):2254. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2254>
- Martínez-Valderrama, J. 2016. *Los desiertos y la desertificación*. Ediciones Catarata, Madrid.
- Martínez-Valderrama, J., Guirado, E., Maestre, F.T. 2020a. Desertifying deserts. *Nature Sustainability* 3: 572-575.
- Martínez-Valderrama, J., Guirado, E., Maestre, F.T. 2020b. Unraveling misunderstandings about desertification: the paradoxical case of the Tabernas-Sorbas Basin in Southeast Spain. *Land* 9: 269.
- Martínez-Valderrama, J., Guirado, E., Maestre, F.T. 2021a. ¿Se puede cartografiar la desertificación? Luces y sombras de una tarea desafiante. *Ecosistemas* 30(3): 2211. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2211>
- Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Gartzia, R., Alcalá, F.J. 2021b. Dinámica de Sistemas para comprender los procesos de desertificación. *Ecosistemas* 30(3): 2191. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2191>
- Mazzonia, E., Vazquez, M. 2009. Desertification in Patagonia. *Developments in Earth Surface Processes* 13: 351-377.
- Mirzabaev, A., Wu, J., Evans, J., García-Oliva, F., Hussein, I.A.G., Iqbal, M.H., et al. 2019. Desertification. En: P.R. Shukla, Skea, J., Calvo Buendía, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., et al. (ed.), *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, pp. 249-343. IPCC (WMO-UNEP).
- Del Moral, L. 2010. The hydraulic paradigm and the production of a new geography in Spain: Origins and historical evolution between the Sixteenth and Twentieth Centuries. En: Tvedta, T., Coopey, R. (eds.), *A history of water. II (2) Rivers and society from early civilisations to modern times*, pp. 440-462. I.B. Tauris, Londres, Reino Unido.
- Muñoz-Rojas, M., Delgado-Baquerizo, M., Lucas-Borja, M.E. 2021. La biodiversidad y el carbono orgánico del suelo son esenciales para revertir la desertificación. *Ecosistemas* 30(3): 2238. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2238>
- Naciones Unidas 2021. United Nations Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030. Disponible en: <https://www.decadeonrestoration.org/> [Accedido 11 de mayo de 2021].
- Noori, R., Maghrebi, M., Mirchi, A., Tang, Q., Bhattarai, R., Sadegh, M., et al. 2021. Anthropogenic depletion of Iran's aquifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118: 1-7.
- Perevolotsky, A., Seligman, N.G. 1998. Role of grazing in Mediterranean rangeland ecosystems - Inversion of a paradigm. *Bioscience* 48: 1007-1017.
- Pizá, C. 2020. El campo clama por el agua: pide al Rey incluir presas y riego en la reconstrucción. 27-04-2020. *El Confidencial*.
- Prince, S.D., Podwojewski, P. 2019. Desertification: Inappropriate images lead to inappropriate actions. *Land Degradation and Development* 31: 677-682.
- Puigdefabregas, J. 1995. Desertification: stress beyond resilience, exploring a unifying process structure. *Ambio* 24: 311-313.
- Reynolds, J.F. 2021. Desertification is a prisoner of history: An essay on why young ecologists should care. *Ecosistemas* 30(3): 2302. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2302>
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, M. 2002. Do Humans Cause Deserts? En Reynolds, J., Stafford Smith, M. (eds.), *Global Desertification. Do Human Cause Deserts*, pp. 1-21. Dahlem University Press. Berlín, Alemania.
- Reynolds, J.F., Smith, D.M.S., Lambin, E.F., Turner II, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., et al. 2007. Global Desertification: Building a Science for Dryland Development. *Science* 316: 847-851.
- Rinaudo, J.D., Donoso, G. 2019. State, market or community failure? Untangling the determinants of groundwater depletion in Copiapó (Chile). *International Journal of Water Resources Development* 35: 283-304.
- Silva, E., Derak, M., Climent-Gil, E., Aledo, A., Bonet, A., López, G., Cortina-Segarra, J. 2021. Planificación participativa para la restauración ecológica de un paisaje semiárido altamente antropizado. *Ecosistemas* 30(3): 2266. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2266>
- de Souza, D.C., Oyama, M.D. 2011. Climatic consequences of gradual desertification in the semi-arid area of Northeast Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 103: 345-357.
- De Stefano, L., Lopez-Gunn, E. 2012. Unauthorized groundwater use: Institutional, social and ethical considerations. *Water Policy* 14: 147-160.
- Torres-Batló, J., Martí-Cardona, B., Pillco-Zolá, R. 2020. Mapping evapotranspiration, vegetation and precipitation trends in the catchment of the shrinking lake poopo. *Remote Sensing* 12: 73.
- Tuel, A., Eltahir, E.A.B. 2020. Why Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot? *Journal of Climate* 33: 5829-5843.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification) 1994. *United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa*. Paris, Francia.
- Verón, S.R., Blanco, L.J., Texeira, M.A., Irisarri, J.G.N., Paruelo, J.M. 2018. Desertification and ecosystem services supply: The case of the Arid Chaco of South America. *Journal of Arid Environments* 159: 66-74.
- Wurtsbaugh, W.A., Miller, C., Null, S.E., Justin De Rose, R., Wilcock, P., Hahnenberger, M., et al. 2017. Decline of the world's saline lakes. *Nature Geoscience* 10: 816-821.
- WWF (World Wildlife Fund) 2014. *The Growth of Soy: Impacts and Solutions*. Gland, Suiza.