

Índices de vegetación y variables climáticas para la evaluación de los servicios ecosistémicos como modelo para la gestión de espacios naturales protegidos

Vegetation indices and climatic variables for the evaluation of ecosystem services as a model for the management of protected natural areas

M. González-Morales*, L. Fernández-Pozo, I. Gago, J. Urbano & M.^a A. Rodríguez

*Grupo de Investigación Análisis de Recursos Ambientales. Universidad de Extremadura. Avda. de Elvas s/n. 06006. Badajoz. España
(*E-mail: mariagm@unex.es)*

<https://doi.org/10.19084/rca.28375>

RESUMEN

Garantizar y promover la sostenibilidad ambiental es uno de los principales objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Sin embargo, factores tales como actividades extractivas, culturales e incluso el cambio climático, resultan las principales causas de presión que determinan el estado en que se encuentra el territorio. Es importante disponer de herramientas que nos informen sobre el grado de consecución de los objetivos planteados, así como en la identificación de los impactos y sus consecuencias para así poder realizar una gestión que mantenga o incremente la biodiversidad y demás recursos del área. En un área protegida del suroeste de la península Ibérica, en la que tuvo lugar una importante actividad minera, hemos analizado la variación de un índice de vegetación (NDVI) y las variaciones climáticas como herramientas para una gestión sostenible. Los resultados muestran el impacto que la actividad extractiva y las variaciones climáticas han ocasionado en los recursos y por tanto, en los servicios ecosistémicos asociados al territorio. Las herramientas propuestas se han mostrado rápidas y precisas para la toma de decisiones y su aplicación en otras áreas puede servir de modelo para la consecución de los objetivos de la Agenda 2030.

Palabras clave: NDVI, Cambio climático, Áreas protegidas, Servicios Ecosistémicos.

ABSTRACT

Ensuring and promoting environmental sustainability is one of the main objectives of the 2030 Agenda for Sustainable Development. However, factors such as extractive and cultural activities and even climate change are the main causes of pressure that determine the state of the territory. It is important to have tools that inform us about the degree of achievement of the objectives set, as well as the identification of impacts and their consequences to be able to carry out a management that maintains or increases the biodiversity and other resources of the area. In a protected area in the southwest of the Iberian Peninsula, where an important mining activity took place, we have analyzed the variation of a vegetation index (NDVI), climatic variations and the state of soils in a protected area in the southwest of the Iberian Peninsula as tools for sustainable management. The results show the impact that extractive activity and climatic variations have on the affected resources and therefore on the ecosystem services associated with the territory. The proposed tools have been shown to be fast and accurate for decision making and their application in other areas can serve as a model for achieving the objectives of the 2030 Agenda.

Keywords: NDVI, Climate change, Protected areas, Ecosystem Services.

INTRODUCCIÓN

La gestión de áreas protegidas busca asegurar el cumplimiento de los objetivos para los cuales fueron creadas, así como garantizar su permanencia. Esto depende de factores intrínsecos del área, pero también externos, por lo tanto, se requiere tener el apoyo de instrumentos de planificación. Una herramienta para la evaluación de la gobernanza de los espacios naturales es el análisis de sus Servicios Ecosistémicos.

Daily *et al.* (1997) describen las principales conexiones entre los ecosistemas y el bienestar humano y define los Servicios Ecosistémicos (SE) como una amplia gama de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas, y las especies que forman parte de ellos, contribuyen a sostener y satisfacer la vida humana, a mantener la biodiversidad y a la producción de bienes.

El cambio climático, como variaciones en la frecuencia y/o distribución de fenómenos meteorológicos, tiene un amplio efecto sobre los ecosistemas, máxime en latitudes meridionales, como es el caso de la península Ibérica.

La producción vegetal es una de las funciones del suelo, y una de las herramientas para su estudio, es el análisis de índices de vegetación. Estos se calculan combinando bandas espectrales relacionadas con parámetros de las coberturas vegetales. El NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) es el más común.

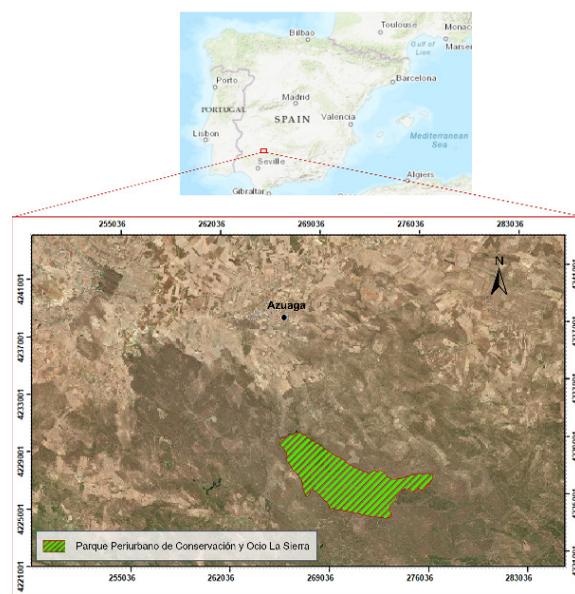
En este trabajo hemos utilizado el NDVI y parámetros climáticos -precipitación y evapotranspiración (ET_o)- como herramientas para el estudio de los SE, y estos a su vez como indicadores de la gestión de un área protegida, un Parque Periurbano de Conservación y Ocio, cuya principal actividad es la caza y en el que se localiza un área de minería metálica abandonada desde hace más de 100 años.

MATERIAL Y MÉTODOS

Situado al suroeste de la provincia de Badajoz, en el municipio de Azuaga (Figura 1), el Parque Periurbano de Conservación y Ocio La Sierra (DOE, 2002) ocupa una superficie de 2684 ha. En

su entorno alberga una población aproximada de 11000 habitantes, resultando un territorio de baja densidad de población, 4 hab km⁻², cuyos recursos naturales (EEA, 2018) se centran en la agricultura, la ganadería y la caza. La región tiene un clima mediterráneo con influencia atlántica, escasas precipitaciones y una fuerte oscilación térmica entre el invierno y el verano.

Domina una litología de pizarra. El relieve es de escarpado a accidentado.



calculado el índice de aridez (IA), para identificar si la zona de estudio tiende o no la desertificación (Cherlet, 2018).

Para calcular el NDVI en 1990 y 2021, se utilizaron las imágenes satelitales del landsat 5 y 8, respectivamente (USGS GloVis, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando las variables climáticas (Quadro 1), se comprueba que en los últimos 60 años se ha producido una disminución del 18% en la precipitación anual y un incremento en la ETo próximo al 5%. Estas variaciones han supuesto que el índice de aridez (P/ETo) pase de Subhúmedo húmedo a Subhúmedo seco y posibilita que la degradación de los suelos del parque pueda conducir al desencadenamiento de procesos de desertificación.

Cuadro 1 - Datos climáticos

Periodo	P	ETo	IA
1961/1990	584	846	0.69
1971/2000	543	856	0.63
1981/2010	514	883	0.58
1991/2020	479	885	0.54

En cuanto al índice NDVI, Figuras 2 y 3, observamos una ligera disminución de las zonas de vegetación a pesar de que han tenido lugar campañas de reforestación.

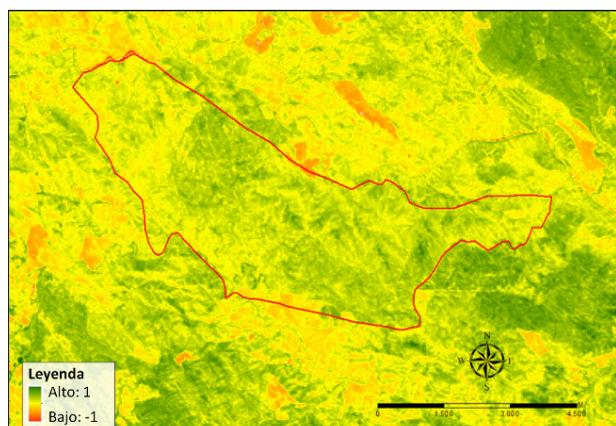


Figura 2 - NDVI año 1990.

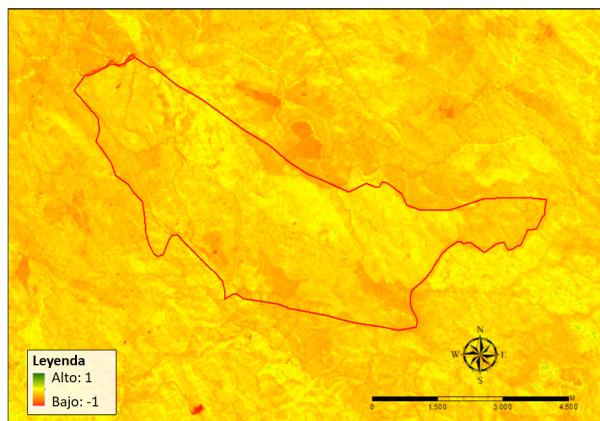


Figura 3 - NDVI año 2021.

El Parque Periurbano de Conservación y Ocio La Sierra se caracteriza por dos fuerzas motrices: (i) la conservación de un espacio natural y (ii) los ingresos económicos derivados de la explotación cinegética. Esas fuerzas socioeconómicas deben ser motivo de reflexión para la toma de decisiones que ajusten la gestión del territorio.

La actividad minera desarrollada en este territorio y la carente gestión de los residuos tras el cese de las actividades ha provocado la contaminación de los suelos (Oropesa *et al.*, 2019). Esa contaminación se ha extendido, en mayor o menor medida, por todo el Parque por un proceso continuo de contaminación difusa, ya sea por la alteración del mineral (Vanek *et al.*, 2015) o por emisiones en la combustión del carbón en las centrales eléctricas (Vanek *et al.*, 2016). Las escombreras y lodos de relave presentes, así como el funcionamiento de una central térmica de carbón hasta mediados de 2020 ubicada a 50 km del parque, pueden ser los responsables de esa contaminación.

La actividad cinegética en la zona estudiada es intensa y proporciona importantes beneficios económicos, estimados en torno al 1% del PIB de este territorio (Fedexcaza, 2018). Oropesa *et al.* (2019) destacaron el riesgo que suponen los residuos mineros para la fauna. Además, la munición de Pb puede entrar fácilmente en la red trófica a través de la ingestión de la caza (Bellinger *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

La conservación del territorio y los objetivos que se pretenden conseguir deben ser motivo de reflexión, ya que en un entorno cambiante es necesario la modernización de la gobernanza ambiental.

Aunque la presión ejercida sobre el territorio no es elevada, las características fisiográficas y ambientales del Parque, sus actividades previas y los impactos derivados de las variaciones climáticas, han provocado que la producción vegetal se vea afectada y como consecuencia el estado de los Servicios Ecosistémicos, afectando a la condición, la capacidad y el capital del suelo. Las variaciones

detectadas en las variables analizadas, así como la contaminación de los suelos de la zona, puesta de manifiesto por otros autores, pueden ser la causa de afectación de los Servicios Ecosistémicos. Por tanto, deberían tomarse medidas para proteger la salud del ecosistema y la seguridad del suelo, así como ampliar el estudio de los impactos ejercidos sobre la vegetación y fauna del parque.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el gobierno Regional de Extremadura/ FEDER a través del proyecto IB18074 y del IGR18054.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellinger, D.C.; Burger, J.; Cade, T.J.; Cory-Slechta, D.A.; Finkelstein, M.; Hu, H.; Kosnett, M.; Landrigan, P.J.; Lanphear, B.; Pokras, M.; Redig, P.T.; Rideout, B.A.; Silbergeld, E.; Wright, R. & Smith, D.R. (2013) - Health Risks from Lead-Based Ammunition in the Environment. *Environmental Health Perspectives*, vol. 121, n. 6, p. 178-179. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306945>
- Cherlet, M.; Hutchinson, C.; Reynolds, J.; Hill, J.; Sommer, S. & von Maltitz, G. (Eds.) (2018) - *World Atlas of Desertification*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Daily, G.; Alexander, S.; Ehrlich, P.; Goulder, L.; Lubchenco, J.; Matson, P.; Mooney, H.; Postel, S.; Schneider, S.; Tilman, D. & Woodwell, G. (1997) - Ecosystem services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, vol. 2, p. 1-16.
- DOE (2002) - Decreto 113/2002, de 10 de septiembre, por el que se declara Parque Periurbano de Conservación y Ocio a la finca La Sierra en el término municipal de Azuaga. *Diario Oficial de Extremadura*, de 17 de septiembre de 2002, n. 108.
- DOE (2001) - Decreto 37/2001, de 6 de marzo, por el que se regula el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Extremadura. *Diario Oficial de Extremadura*, de 13 de marzo de 2001, n. 30.
- EC (2005) - *Soil Atlas of Europe*. Luxembourg, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- EEA (2018) - *Corine Land Cover 2018*. European Environmental Agency. Commission of the European Communities.
- Fedexcaza (2018) - *Informe sobre la situación de la caza en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Temporada 2017/18*. Federación Extremeña de Caza. <https://www.fedexcaza.com> [cit. 2021-09-24].
- Oropesa, A.L.; Gala, J.A.; Fernandez-Pozo, L.; Cabezas, J. & Soler, F. (2019) - Lead content in soils and native plants near an abandoned mine in a protected area of south-western Spain: an approach to determining the environmental risk to wildlife and livestock. *Environmental Science and Pollution Research* vol. 26, p. 30386-30398. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06197-5>
- USGS GloVis (2022) - *USGS science for a changing world*. U.S. Department of the Interior. <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/glovis-help-index#questions> [cit. 2022-02-10].
- Vanek, A.; Grösslova, Z.; Mihaljevic, M.; Ettler, V.; Chrastny, V.; Komárek, M.; Tejnecky, V.; Drabek, O.; Penízek, V.; Galusková, I.; Vanecková, B.; Pavlu, L. & Ash, C. (2015) - Thallium contamination of soils/vegetation as affected by sphalerite weathering/ A model rhizospheric experiment. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 283, p. 148-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.09.018>
- Vanek, A.; Grösslova, Z.; Mihaljevic, M.; Trubac, J.; Ettler, V.; Teper, L.; Cabala, J.; Rohovec, J.; Zadorova, T.; Penízek, V.; Pavlu, L.; Holubík, O.; Nemecek, K.; Houska, J.; Drabek, O. & Ash, C. (2016) - Isotopic tracing of thallium contamination in soils affected by emissions from coal-fired power plants. *Environmental Science and Technology*, vol. 50, n. 18, p. 9864-9871. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01751>