EVALUACIÓN DE LA SEQUÍA MEDIANTE TELEDETECCIÓN EN ECOSISTEMAS TIPO SABANA: DE LAS SABANAS AFRICANAS A LA DEHESA MEDITERRÁNEA.

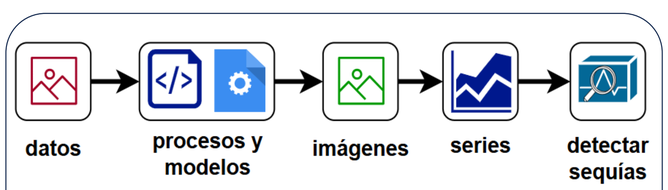
Gabella-Merino, D [1,2], Pimentel, R [1,2], Burchard-Levine, V [3], Nieto, H [4], Muñoz-Gómez, M J [5], González-Dugo, M P [5], Andreu, A [1,2]

(1) Grupo de Investigación de Dinámica Fluvial e Hidrología; Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía, Universidad de Córdoba, 14071 Córdoba, España (z42gamed@uco.es)
(2) Departamento de Agronomía (DAUCO); Universidad de Córdoba, Campus Rabanales, Edificio Leonardo da Vinci, Área de Ingeniería Hidráulica, 14071 Córdoba, España
(3) Laboratorio de Espectro-radiometría y Teledetección Ambiental (SpecLab); CSIC, Madrid, España
(4) Instituto de Ciencias Agrarias; CSIC, Tec4AGRO Grupo Serrano, 115b 28006, Madrid, España
(5) Departamento de Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria; IFAPA, 14071 (Córdoba)

Las sequías son recurrentes en los ecosistemas tipo sabanas y afectan al abastecimiento, la producción, la fauna y la economía. Monitorizarlas permite anticipar impactos y apoyar la toma de decisiones. Este estudio evalúa datos satelitales globales para caracterizar la dinámica de las sequías en zonas con escasez de datos de campo. Se analizaron diferentes índices en cuencas del Parque Nacional Kruger (Sudáfrica) y en dehesas de la zona norte de la provincia de Córdoba (España).

Metodología

Se emplearon series mensuales (2003–2023) de precipitación (ERA5-Land), caudal (GloFAS), NDVI (MODIS) y del cociente entre evapotranspiración real y de referencia (ESI-MODIS). A partir de ellas se obtuvieron anomalías estandarizadas acumuladas a 12 meses para caracterizar y comparar la sequía meteorológica (SPI), hidrológica (SSI) y agrícola (NDVI y ESI). El ESI se estimó mediante los modelos TSEB y 3SEB.



Resumen conceptual para detectar sequías

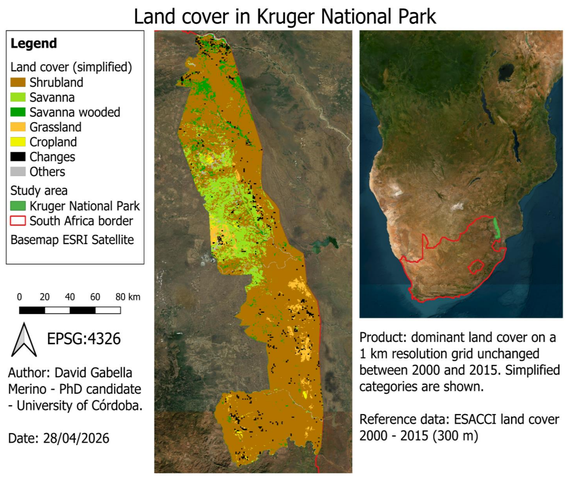
Cálculo de índices estandarizados [1]:

1. Ajuste de una función de distribución a la serie mensual (Gamma, Pearson III, Normal, etc.)
2. Transformación de la probabilidad acumulada a la normal estándar.
3. Clasificar la categoría de sequía

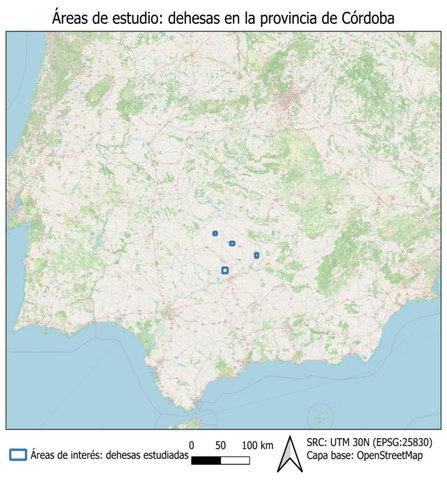
Test Kolmogorov-Smirnov para seleccionar la función de distribución para cada variable y cuenca.

Tipo de sequía	Índice estandarizado	Variable de partida	Fuente	Resolución nativa
Meteorológica	SPI-12	Precipitación	ERA5-Land	9 km, mensual
Hidrológica	SSI-12	Caudal simulado	GloFAS v4	5km, diaria
Agrícola-ecológica	sNDVI-12	NDVI	MODIS MOD13Q1	250 m, 16 días
Agrícola-ecológica	sESI-12 (TSEB)	ET / ET_o	MOD11A1 (LST) + TSEB	1 km, diaria
Agrícola-ecológica	sESI-12 (3SEB)	ET / ET_o	MOD11A1 (LST) + 3SEB	1 km, diaria

Land cover in Kruger National Park

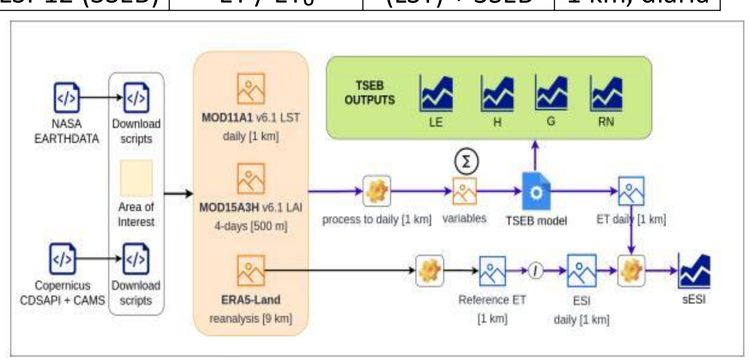


Áreas de estudio: dehesas en la provincia de Córdoba



El **ESI** [2, 3] es un **indicador indirecto de estrés hídrico.**

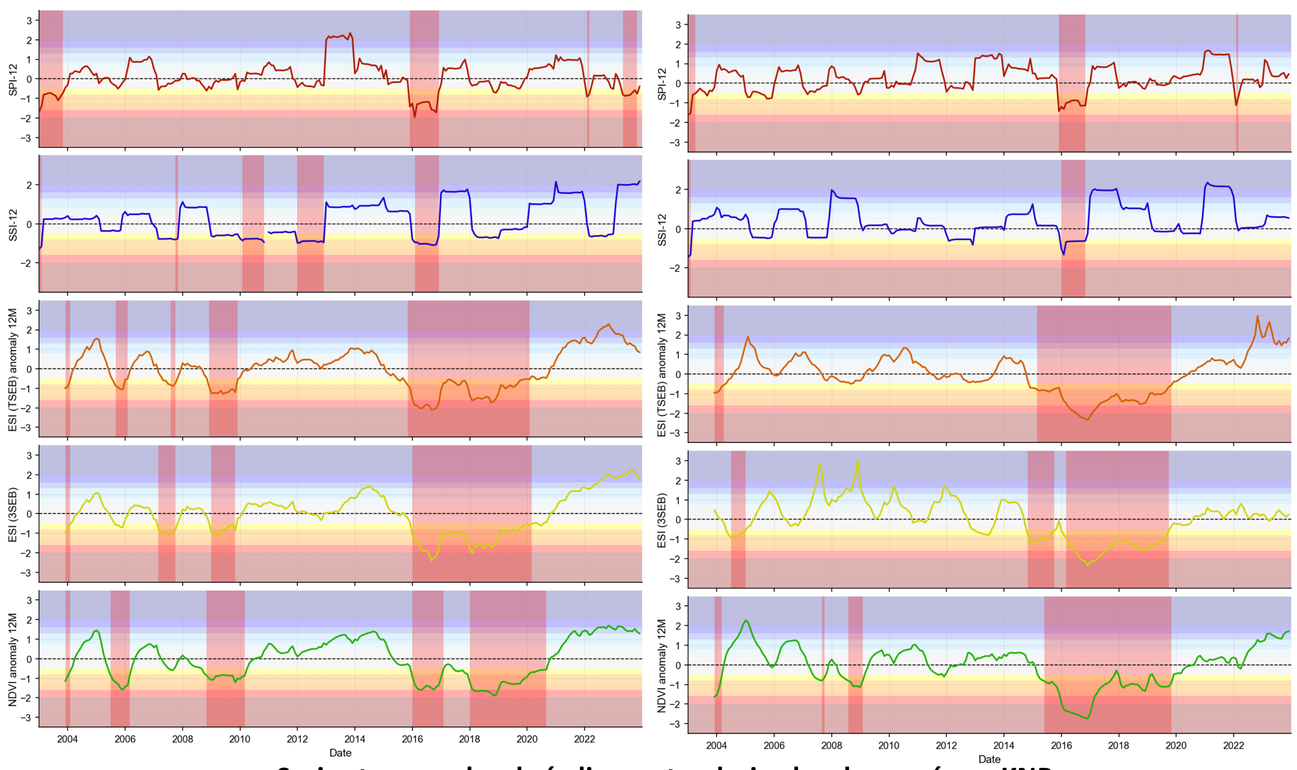
La ET real se estimó con un modelo de balance de energía de dos (**TSEB**) [4] y tres fuentes (**3SEB**) [5], que resuelve por separado los flujos del estrato arbóreo y del herbáceo-arbustivo —la estructura que define tanto la sabana como la dehesa—. Ambos ESI comparten la misma ET_o (FAO-56 PM) [6].



Proceso para calcular ESI

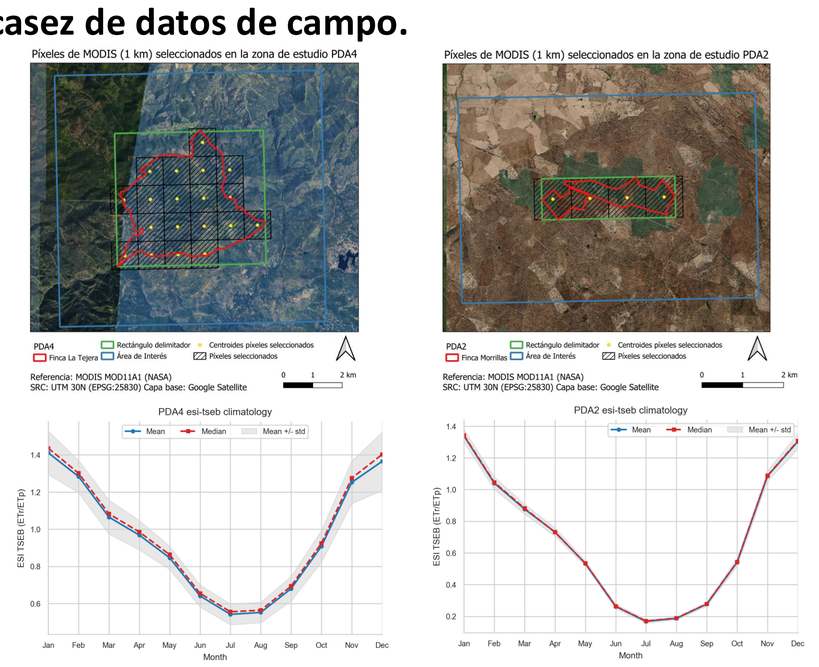
Resultados

Los resultados muestran que la propagación de la sequía no siempre comienza con una anomalía de precipitación: el estrés fisiológico (ESI) puede detectar la escasez hídrica antes que el SPI o el NDVI. Las sequías meteorológicas previas pueden agravar sequías agrícolas posteriores, con respuestas heterogéneas entre cuencas. Los índices ESI permiten detectar y cuantificar la severidad de la sequía, mostrando el potencial de la teledetección para anticipar y caracterizar sus impactos en sistemas adehesados con escasez de datos de campo.

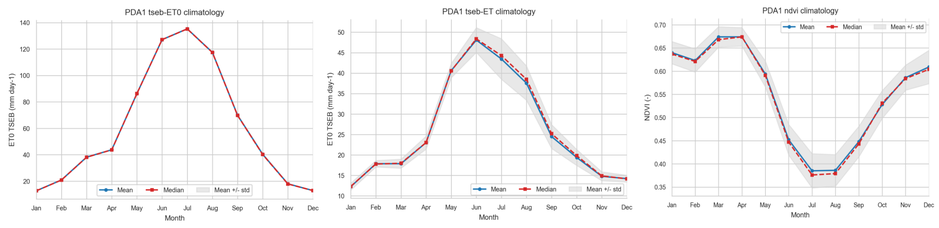


Series temporales de índices estandarizados de sequía en KNP.
Izquierda – cuenca dominada por sabana. Derecha – cuenca dominada por pastos

Las anomalías se expresan en desviaciones estándar respecto a la climatología de referencia.



Climatología de ESI-TSEB en Dehesas cordobesas



Climatología en Dehesa (1): ET0, ET, NDVI

Conclusiones

1. Una misma anomalía meteorológica no produce una respuesta uniforme del territorio: la severidad y la duración de la sequía agrícola-ecológica variaron entre cuencas del KNP según su cobertura dominante.
2. La propagación de la sequía no siempre comienza con un déficit de precipitación: se observaron sequías agrícolas-ecológicas sin anomalía pluviométrica en los meses precedentes.
3. La evaluación de la sequía en estos sistemas no puede basarse únicamente en el año hidrológico en curso.
4. Los índices sESI detectaron y cuantificaron la severidad de la sequía agrícola-ecológica. Señalaron condiciones de estrés que el sNDVI solo refleja cuando el cambio estructural de la cubierta ya se ha producido.
5. La combinación de fuentes satelitales y de reanálisis permite caracterizar los distintos tipos de sequía en regiones con escasez de datos de campo.

Este trabajo forma parte del proyecto RYC2022-035320-I, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, FSE+ y por la Convocatoria 2024 de ayudas para contratos predoctorales de la Universidad de Córdoba.

[1] McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA. American Meteorological Society, 179–184.
[2] Anderson, M.C., Norman, J.M., Mecikalski, J.R., Otkin, J.A., Kustas, W.P. (2007). A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental United States based on thermal remote sensing: 1. Model formulation. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 112, D10117.
[3] Anderson, M.C., Hain, C., Wardlow, B., Pimstein, A., Mecikalski, J.R., Kustas, W.P. (2011). Evaluation of drought indices based on thermal remote sensing of evapotranspiration over the continental United States. Journal of Climate, 24(8), 2025–2044.
[4] Norman, J.M., Kustas, W.P., Humes, K.S. (1995). Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature. Agricultural and Forest Meteorology, 77(3–4), 263–293.
[5] Burchard-Levine, V., Nieto, H., Riaño, D., et al. (2022). A remote sensing-based three-source energy balance model to improve global estimations of evapotranspiration in semi-arid tree-grass ecosystems. Global Change Biology, 28(4), 1493–1515.
[6] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Roma