VI CONGRESO IBÉRICO #DehesaMontado

Interreg España - Portugal

CI MONTADO DEHESA

INDICADOR DE DISPONIBILIDAD DE PASTO BASADO EN TELEDETECCIÓN

PARA APOYAR LA GESTIÓN DE LA DEHESA FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Muñoz-Gómez, M.J.[1], García-Moreno, A.M.[1], Calbet, A.[1], Carbonero, M.D.[1], Andreu, A.[2], González-Dugo, M.P.[1]

[1]Departamento de Ingeniería y Tecnología Agroalimentaria, IFAPA, 14071 Córdoba, España

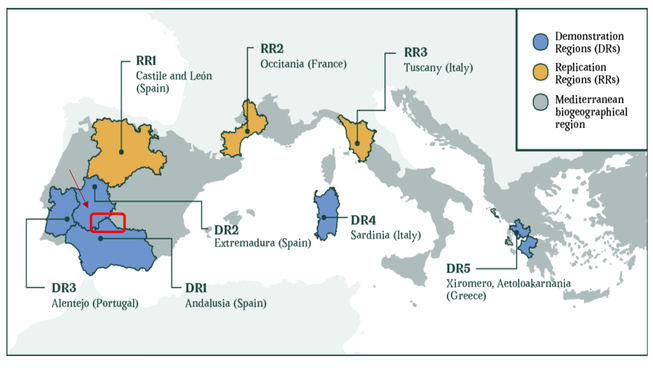
[2]DAUCO, Instituto Interuniversitario de Investigación del Sistema Tierra en Andalucía (IIISTA), Universidad de Córdoba, España

Introducción

Los ecosistemas agrosilvopastorales mediterráneos, como la dehesa, se verán gravemente afectados por el cambio climático: las sequías reducen la producción de pasto y la vuelven impredecible, lo que limita la capacidad de las fincas para mantener una carga ganadera ajustada a sus recursos pastables, con consecuencias directas sobre la alimentación suplementaria y la rentabilidad. En el marco de DRYAD, la teledetección y la modelización aportan información a escala de finca para adaptar estos sistemas productivos a la escasez de agua y apoyar el manejo adaptativo del pastoreo, una de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN o NBS) que promueve el proyecto.

Objetivo: desarrollar un indicador de disponibilidad de pasto basado en teledetección, a partir de curvas de producción de biomasa bajo diferentes condiciones climáticas, para apoyar la gestión ganadera adaptativa en las áreas piloto de demostración de Andalucía.

Zona de estudio



Región de Demostración 1 – Andalucía

MODIS: 9 fincas piloto (2001–2018).

Sentinel-2: 3 fincas piloto (2024–2026).

Campañas de campo en fincas de demostración (PDAs):

- PDA 1 (Cardeña)
- PDA 2 (Pozoblanco)
- PDA 3 (Hinojosa del Duque)









Metodología

Modelo de eficiencia en el uso de la luz (LUE)

La producción primaria neta (NPP) se estimó con una adaptación del modelo de Monteith, que relaciona el crecimiento vegetal con la radiación solar absorbida por la cubierta. Esta adaptación (Gómez-Giráldez et al., 2019; Muñoz-Gómez et al., 2024) minimiza la contribución del estrato arbóreo y calibra la eficiencia en el uso de la luz para pastos mediterráneos. Integra datos meteorológicos con imágenes MODIS (250 m) y, en las zonas con torres de flujos de energía y carbono, Sentinel-2 (10 m).

$$NPP = \Sigma\, \varepsilon \cdot fAPAR \cdot PAR$$

ε: eficiencia en el uso de la luz calibrada para pasto de *dehesa* · fAPAR: fracción de PAR absorbida · PAR: radiación fotosintéticamente activa incidente

Campañas de seguimiento en campo

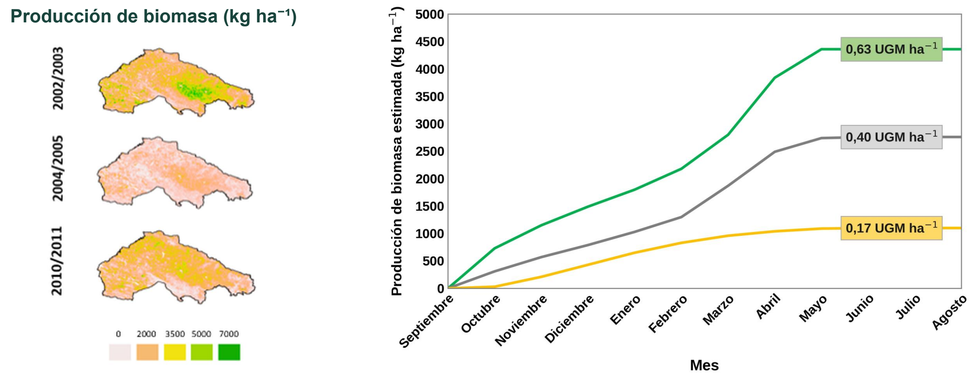
- 4 parcelas por finca, visitas mensuales (diciembre a mayo); biomasa en cuadrados de 30 × 30 cm (método de rangos + corte) + equipos de seguimiento de la vegetación (LAI, fPAR, radiometría…).
- Seguimiento de la actividad ganadera para estimar la intensidad de uso del pasto.



Cuadrante | FPAR | LAI | Escaneo de hojas | Radiometría de campo

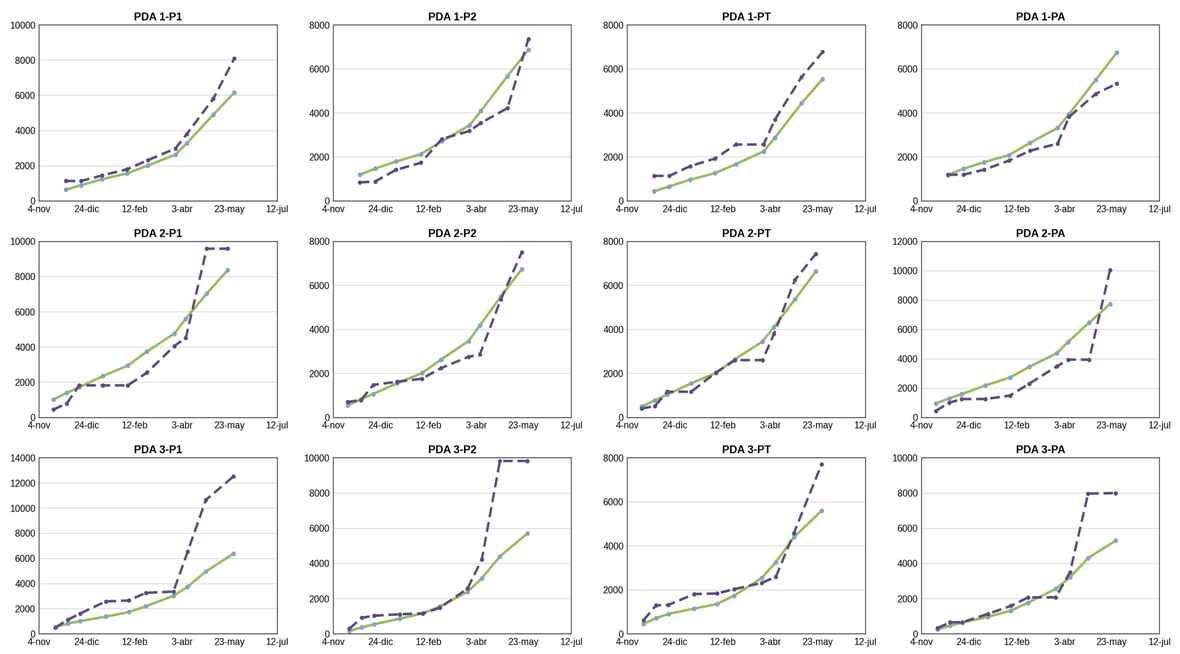
Resultados

A · Indicador de disponibilidad de pasto (MODIS, 2001–2018)



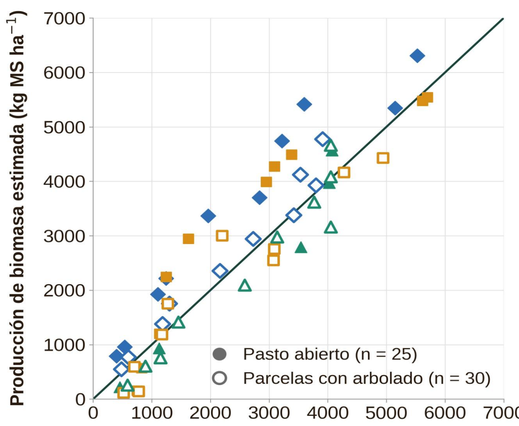
Izquierda: producción anual de biomasa en Los Pedroches en un año húmedo (2002/03), seco (2004/05) y medio (2010/11). Derecha: curvas de producción acumulada para los escenarios máximo, medio y mínimo de una finca piloto (2001–2018) y carga ganadera (UGM) que puede sostener cada escenario.

B · Validación en campo, campaña 2024/25



Biomasa acumulada (kg ha⁻¹) observada (discontinua) y estimada (continua) en las 12 parcelas de Cardeña (PDA 1), Pozoblanco (PDA 2) e Hinojosa (PDA 3)

C · Validación en campo, resultados preliminares, campaña 2025/26



Biomasa acumulada estimada frente aobservada,11 parcelas × 5 visitas (n = 55)

- PDA 1 R^2 = 0,91
- PDA 2 R^2 = 0,86
- PDA 3 R^2 = 0,94

Todas las parcelas: y = 1,03x + 158; R^2 = 0,87

La producción acumulada incluye el consumo del ganado, estimado a partir de registros de carga incompletos facilitados por los propietarios; se necesita un método de validación independiente (p. ej., exclusiones al pastoreo).

Todas las PDA	PDA 1	PDA 2	PDA 3
R^2 = 0,82 (n = 97)	R^2 = 0,83 (n = 32)	R^2 = 0,91 (n = 33)	R^2 = 0,86 (n = 32)
Final: 6483 kg ha⁻¹	Final: 6328 kg ha⁻¹	Final: 7372 kg ha⁻¹	Final: 5748 kg ha⁻¹

R^2: biomasa acumulada estimada frente a observada (excluidos los valores > 6000 kg ha⁻¹). Final: producción acumulada estimada media al final de la campaña (mayo de 2025). 2024/25 fue un año excepcionalmente productivo en esta zona, con una producción final estimada (5700–7400 kg ha⁻¹) por encima del rango superior de la serie histórica; 2025/26 fue similar, aunque algo más próximo a los valores medios.

Lecciones aprendidas y próximos pasos

- **Ganado:** los registros de carga incompletos y la suplementación desconocida son las principales fuentes de incertidumbre.
- **Residuo:** la contribución del pasto seco no consumido dificulta una estimación precisa al inicio de la campaña y debe corregirse para evitar la propagación del error.
- **Producciones excepcionalmente altas:** por encima de ~6000 kg ha⁻¹, las mediciones pierden precisión.
- **Saturación del NDVI:** cuando se alcanza una cobertura del 100% la saturación del NDVI puede hacer que no se capten los picos de crecimiento (especialmente en primavera).

→ **2026/27:** exclusiones al pastoreo, muestreo más intensivo, NIRv y GPP de las torres de flujos.

Conclusiones

- Las **curvas de producción acumulada** (mín., media, máx.) se traducen en **capacidad sustentadora potencial**.
- Sentinel-2 lleva el indicador de disponibilidad de pasto a la escala de finca y de parcela.
- Precisión adecuada en condiciones normales de crecimiento, que disminuye notablemente con producciones muy altas.
- El indicador de disponibilidad de pasto apoya un manejo adaptado a las condiciones climáticas y la evaluación de la **SbN de pastoreo adaptativo**.

Referencias: Gómez-Giráldez, P.J., Aguilar, C., Caño, A.B., García-Moreno, A., González-Dugo, M.P. (2019). Remote sensing estimation of net primary production as monitoring indicator of holm oak savanna management. Ecological Indicators, 106: 105526. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105526

Muñoz-Gómez, M.J., Andreu, A., Carbonero, M.D., Blázquez-Carrasco, Á., González-Dugo, M.P. (2024). Impact of water stress on Mediterranean oak savanna grasslands productivity: Implications for on-farm grazing management. Agricultural Water Management, 303: 109025. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109025

Agradecimientos. Los autores agradecen la financiación de los proyectos EU Horizon Europe DRYAD (101156076) y ScaleAgData (101086355), y del proyecto PP.AVA23.INV202301.030 (P.O. Andalucía 2021-2027, 80 % cofinanciado por FEDER).

Funded by the European Union | DRYAD | SCALEAGDATA | Junta de Andalucía Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural | Cofinanciado por la Unión Europea | Ministerio de Hacienda y Función Pública | Fondos Europeos | Junta de Andalucía