

INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

ÍNDICE

1. Introducción	4
1.1. Síntesis del proyecto	4
1.1.1. Objetivo general	4
1.1.2. Objetivos específicos	4
1.1.3. Tareas asociadas al proyecto	4
1.1.4 Marco temporal	4
1.2. Contexto ecológico y socioeconómico	4
1.2.1. ¿Qué es un prado de siega?	4
1.2.2. Importancia ecológica y cultural	6
1.2.3. El sistema tradicional de ganadería en Omaña y Luna	8
1.2.4. Evolución y situación actual del uso del territorio	9
2. Materiales y métodos	10
2.1. Tipología de parcelas monitorizadas	10
2.2. Sistema de monitorización	12
2.3. Metodología de análisis	12
2.3.1. Caracterización de suelos	12
2.3.2. Muestreo de calidad del suelo	13
2.3.3. Muestreo de vegetación	14
2.3.4. Evaluación de la calidad nutritiva del forraje	16
3. Resultados	17
3.1. Datos edáficos	17
3.1.1. Propiedades físico-químicas	17
3.1.2. Comparativa entre tipos de parcelas	17

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

3.2. Datos de sensores	18
3.2.1. Temperatura, humedad, otros parámetros	18
3.2.2. Variabilidad temporal y espacial	19
3.3. Calidad del suelo	20
3.3.1. Comparación por tipo de manejo	20
3.3.2. Comparación detallada por ubicación	21
3.3.3. Análisis de la evolución temporal	21
3.4. Diversidad y composición vegetal	22
3.4.1. Riqueza de especies	22
3.4.2. Índices de biodiversidad	23
3.4.3. Distribución de la cobertura por grupo funcional	29
3.5. Resultados del ITACYL	31
3.5.1. Parámetros analizados	31
3.5.2. Anomalías y limitaciones de muestreo	32
3.6. Interpretación integrada de los datos (2023-2025)	32
4. Discusión	33
5. Conclusiones	35
5.1. Principales hallazgos	35
5.2. Relevancia para la conservación y gestión agroecológica	35
5.3. Recomendaciones prácticas y estratégicas	36
5.4. Propuestas para estudios futuros	36
6. Referencias	37
Anexos	
Anexo I. Resultados de la caracterización del suelo	38

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SÍNTESIS DEL PROYECTO

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto Somos Agua II. Somos Agua II cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU.

Los datos se han obtenido mediante la monitorización de parcelas de prados de siega y la caracterización de los suelos de dichas parcelas.

1.1.1. OBJETIVO GENERAL:

Esta acción tiene como objetivo implementar un sistema integral de monitorización y análisis de los prados de siega, mediante el uso de tecnologías avanzadas y el análisis de datos para mejorar la gestión de los prados de siega y optimizar los recursos.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Monitorear las parcelas de prados de siega.
2. Caracterizar los suelos de los prados de siega.
3. Comparar con los prados abandonados en cuanto al valor nutritivo.

1.1.3. TAREAS ASOCIADAS AL PROYECTO:

- Monitorización de parcelas de prados de siega.
- Obtención de series de datos anuales.
- Análisis de la biodiversidad de los prados de siega monitorizados sobre los distintos escenarios de disponibilidad hídrica.
- Recopilación de semillas en banco de semillas.
- Creación de pliegos de herbario.

1.1.4. MARCO TEMPORAL:

Julio de 2022 a diciembre de 2025.

1.2.- CONTEXTO ECOLÓGICO Y SOCIOECONÓMICO

1.2.1. ¿QUÉ ES UN PRADO DE SIEGA?

Los prados de siega constituyen un hábitat seminatural de alto valor ecológico y cultural, característico de muchos paisajes rurales del norte de la península ibérica, y especialmente representativo en la Reserva de la Biosfera Valles de Omaña y Luna

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

(RBVOyL). No son ecosistemas espontáneos o naturales, sino el resultado de una interacción sostenida entre las comunidades rurales y su entorno, un ejemplo emblemático de lo que se conoce como paisaje cultural. Su existencia se remonta siglos atrás, cuando las poblaciones locales, movidas por la necesidad de sostener una economía agroganadera de subsistencia, transformaron selectivamente los valles y laderas más fértiles del territorio (García-González, Hidalgo & Montserrat, 2008).

Este proceso implicó el clareo progresivo de los bosques primigenios —principalmente robledales (*Quercus* spp.) y hayedos (*Fagus sylvatica*)— para crear una matriz de campos, pastos, lindes y prados, cuidadosamente modelados para maximizar su productividad sin romper del todo los ciclos ecológicos naturales (Díaz, Campos & Pulido, 2010). La configuración resultante no solo respondía a criterios de eficiencia agrícola, sino también a un profundo conocimiento del medio y a una ética del cuidado del territorio.

El término *prado de siega* hace referencia a su función principal: la producción de heno. A diferencia de los prados de diente —donde el ganado pasta directamente durante buena parte del año—, los prados de siega permanecen cerrados durante la primavera y el inicio del verano, permitiendo así el desarrollo completo de la vegetación herbácea. Esta se siega generalmente entre junio y julio, cuando ha alcanzado su punto óptimo de crecimiento, y se deja secar al sol para su posterior almacenamiento como forraje de invierno. Tradicionalmente, esta tarea se realizaba manualmente con guadañas, horcas y carros, en jornadas comunitarias marcadas por el ritmo de las estaciones. Hoy en día, si bien muchas de estas labores han sido mecanizadas, su lógica agroecológica original permanece vigente (Sánchez, Gómez & Prieto, 2020).

Tras la siega, es habitual permitir un aprovechamiento secundario mediante pastoreo tardío, lo que demuestra la flexibilidad funcional de este sistema productivo dentro del modelo tradicional de ganadería extensiva (González & García, 2020). Este doble uso no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también favorece la regeneración de especies vegetales adaptadas a ciclos de corte y pisoteo.

Desde el punto de vista agronómico, los prados de siega ofrecen un forraje de gran calidad, rico en especies gramíneas (*Festuca*, *Agrostis*, *Dactylis*), leguminosas (*Trifolium*, *Lotus*, *Vicia*) y dicotiledóneas variadas (*Achillea*, *Leontodon*, *Plantago*), muchas de ellas adaptadas al clima de montaña y al metabolismo del ganado local (Martínez, Pérez & Sosa, 2015). Su productividad se mantiene sin necesidad de fertilización química intensiva, gracias a prácticas tradicionales de manejo, como el uso de estiércol o el respeto por los ciclos de descanso. Además, su papel como reserva estratégica de alimento es especialmente importante en territorios de clima riguroso, donde el invierno impone largos periodos de escasez vegetal.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

En términos ecológicos, los prados de siega son considerados hábitats de interés comunitario a nivel europeo, debido a su excepcional biodiversidad (MITECO, 2013). Pueden albergar más de 40 especies vegetales por metro cuadrado, configurando comunidades florísticas complejas que sustentan redes tróficas altamente diversificadas. Insectos polinizadores, aves insectívoras, pequeños mamíferos y una vasta microbiota del suelo encuentran en estos espacios un entorno favorable, contribuyendo a la resiliencia y multifuncionalidad del paisaje agrario (Benayas, Martins, Nicolau & Schulz, 2007).

Además, estos prados desempeñan servicios ecosistémicos clave (Rodríguez-Rodríguez, Vallejo & Castillo, 2019). Su estructura en mosaico, su alta porosidad ecológica y su baja intensidad de uso los convierten en espacios de amortiguación frente al cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

Comparados con otros tipos de pastos —como los mejorados artificialmente, los pastizales permanentes intensificados o los barbechos—, los prados de siega se caracterizan por su manejo extensivo, su bajo impacto ecológico y su dependencia directa del calendario agrícola tradicional. No se reseman cada año, ni se abonan de forma intensiva, y su riqueza biológica depende de un delicado equilibrio entre acción humana y dinámica natural (Casas, García & Latorre, 2014). Esta dependencia los hace, sin embargo, especialmente vulnerables al abandono del medio rural, la pérdida de saberes tradicionales y la intensificación agraria.

En resumen, los prados de siega son verdaderos paisajes culturales, testigos vivos de una forma de habitar el territorio basada en el conocimiento empírico, la paciencia y la reciprocidad con la tierra. Su conservación no es solo una cuestión de biodiversidad, sino también de soberanía alimentaria, memoria histórica y sostenibilidad territorial. Preservarlos significa reconocer el valor de las prácticas tradicionales como herramientas válidas —y necesarias— para afrontar los retos del presente y del futuro.

1.2.2. IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y CULTURAL

Los prados de siega representan uno de los sistemas agroecológicos más valiosos del paisaje europeo atlántico y montano. Su relevancia trasciende lo productivo: combinan una notable función ecológica, al sostener biodiversidad y servicios ecosistémicos esenciales, con un valor cultural profundamente arraigado en la historia, el conocimiento tradicional y la identidad de las comunidades rurales (García-González et al., 2008; Casas et al., 2014).

Desde una perspectiva ecológica, los prados de siega son considerados hábitats de interés comunitario según la Directiva Hábitats (92/43/CEE), especialmente en regiones de media y alta montaña. Esta categoría reconoce su extraordinaria riqueza florística, con más de 40 especies por metro cuadrado en muchos casos, y la

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

presencia de taxones de interés conservacionista, tanto endémicos como indicativos de buen estado ecológico (MITECO, 2013). La coexistencia de especies gramíneas, leguminosas y dicotiledóneas da lugar a comunidades vegetales complejas, resilientes y de gran valor forrajero y ecológico (Martínez et al., 2015).

Esta diversidad vegetal alimenta múltiples niveles tróficos: insectos polinizadores, como abejas silvestres y mariposas; aves ligadas a medios abiertos (*Alauda arvensis*, *Motacilla flava*); pequeños mamíferos, y una rica microbiota del suelo. Todo ello configura una red ecológica que convierte a estos prados en reservorios clave de biodiversidad, especialmente en paisajes fragmentados o en regresión (Benayas et al., 2007).

Además, los prados de siega contribuyen significativamente a la regulación de procesos ecosistémicos esenciales. Actúan como sumideros de carbono, favoreciendo la mitigación del cambio climático; mejoran la infiltración y retención de agua, regulando el régimen hídrico de las cuencas; y previenen la erosión y la pérdida de suelo fértil, gracias a la cobertura vegetal continua y a su estructura radicular diversa (Rodríguez-Rodríguez et al., 2019).

En contraste con sistemas intensivos o abandonados, su manejo extensivo y periódico —basado en la alternancia de siega y pastoreo— permite mantener una alta estabilidad ecológica, sin necesidad de insumos externos, y favorece una dinámica de sucesión vegetativa controlada que evita la homogeneización del paisaje.

En cuanto a su valor cultural, los prados de siega son testimonios vivos de una relación histórica entre el ser humano y la tierra, basada en la observación del entorno, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y una cosmovisión agroecológica transmitida oralmente a lo largo de generaciones (Díaz et al., 2010; González & García, 2020).

Este conocimiento tradicional abarca desde la elección de especies útiles y el manejo estacional, hasta prácticas como la rotación de usos, el uso del estiércol como fertilizante, la siega manual y el almacenamiento del heno. Todo ello configuraba un sistema de saberes campesinos, altamente adaptado al entorno local, que garantizaba la autosuficiencia y el equilibrio del sistema ganadero extensivo (Sánchez et al., 2020).

Además, los prados de siega tienen un lugar central en la memoria colectiva de las comunidades rurales. Sus ciclos productivos marcaban el calendario agrícola y festivo; las tareas de siega y acarreo del heno eran momentos de socialización, cooperación y transmisión intergeneracional de conocimientos. El paisaje resultante, con sus linderos, setos vivos, fuentes y caminos, constituye un patrimonio cultural tangible e intangible, inseparable de la identidad rural de territorios como Omaña y Luna.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

En contextos actuales de despoblamiento y pérdida de usos tradicionales, estos prados se están viendo amenazados por procesos simultáneos de abandono y agricultura intensiva, lo que pone en riesgo tanto su biodiversidad como los saberes que los sustentan (Casas et al., 2014). Por ello, su conservación implica no solo medidas ecológicas, sino también reconocer y revitalizar su dimensión cultural, integrándolos en políticas de desarrollo rural, turismo sostenible y educación ambiental.

1.2.3. EL SISTEMA TRADICIONAL DE GANADERÍA EN OMAÑA Y LUNA

Los prados de siega son una pieza clave dentro del sistema tradicional de ganadería extensiva y trashumante que ha caracterizado históricamente a la comarca de Omaña y Luna, en el noroeste de la provincia de León. Este modelo ganadero ha sabido adaptarse al paisaje montañoso de la zona, aprovechando de manera estratégica los gradientes altitudinales y estacionales del territorio mediante la movilidad controlada del ganado (Reiné Viñales, 2019).

Durante el verano, los rebaños —principalmente de vacuno, ovino y equino— ascienden a los puertos de alta montaña, donde se encuentran pastos naturales de gran productividad. Esta migración vertical estacional permite un uso sostenible y rotatorio de los recursos, evitando la sobreexplotación de los valles y reduciendo la presión sobre los ecosistemas más frágiles (Sánchez, Gómez & Prieto, 2020). Mientras tanto, en las zonas bajas, los prados de siega permanecen cerrados, permitiendo el desarrollo completo de la vegetación herbácea. Cuando esta alcanza su punto óptimo, es cosechada, secada y almacenada como heno, asegurando la disponibilidad de forraje durante el invierno.

Esta dualidad funcional entre los pastos de altura y los prados bajos constituye un modelo agroecológico eficiente, en el que los diferentes usos del territorio están sincronizados con los ritmos ecológicos y productivos. En otoño, tras el retorno del ganado a los valles, y en primavera, antes del nuevo ascenso, los animales pastorean ligeramente sobre los prados segados, cumpliendo varias funciones: limpieza del forraje residual, abonado natural mediante el estiércol, y favorecimiento de la regeneración del pasto (Benayas, Martins, Nicolau & Schulz, 2007).

Los nutrientes extraídos durante la siega se reponen mediante prácticas tradicionales como la aplicación de estiércoles almacenados en los establos, procedentes del ganado estabulado en invierno. Esta recirculación de nutrientes cierra un ciclo energético completo, que prescinde de insumos externos y contribuye a la fertilidad sostenida de los suelos (Martínez, Pérez & Sosa, 2015).

Uno de los pilares organizativos del sistema ha sido el uso de veceras, formas de gestión comunal del pastoreo profundamente arraigadas en la tradición local. Estas agrupaciones permitían coordinar el acceso a los pastos entre los diferentes vecinos,

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

estableciendo turnos de pastoreo y criterios de distribución equitativa según la especie y el número de cabezas de ganado. La figura del pastor rotativo y la transmisión oral de los conocimientos relacionados con el manejo de los montes y la rotación de los pastos formaban parte de una cultura del territorio colectiva, adaptativa y resiliente (González & García, 2020).

En contraposición con los modelos ganaderos intensivos o sedentarios, donde el recurso natural tiende a degradarse o agotarse, este sistema se basa en el movimiento, la memoria ecológica y el respeto a los ritmos del paisaje. El resultado es un modelo territorialmente integrado, con bajo impacto ambiental, compatibilizado con la biodiversidad y alineado con los principios de la ganadería extensiva sostenible.

En síntesis, el sistema tradicional de ganadería en la RBVOyL articula un uso multinivel del paisaje: los prados de siega como reservas de forraje en los valles, y los pastos de puerto como fuente estacional de alimento natural. La siega (manual o mecanizada), el pastoreo dirigido y la organización vecinal garantizan que el ciclo energético y nutricional del sistema sea circular, regenerativo y profundamente enraizado en la identidad territorial.

1.2.4. EVOLUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DEL USO DEL TERRITORIO

El paisaje de Omaña y Luna ha sido históricamente modelado por la interacción entre la actividad humana y el entorno natural. Durante siglos, el territorio se organizó en función de un modelo agroganadero extensivo de base comunitaria, en el que la alternancia entre cultivos, prados de siega, pastos de diente, zonas comunales de monte bajo y puertos de alta montaña permitía un uso diversificado y sostenible de los recursos (Díaz, Campos & Pulido, 2010). Este sistema, profundamente adaptado a las condiciones ecológicas locales, generó un paisaje en mosaico, caracterizado por una elevada heterogeneidad estructural y funcional.

A lo largo del siglo XX, sin embargo, este modelo comenzó a experimentar transformaciones profundas, como consecuencia de los procesos de industrialización agraria, el éxodo rural y la reconversión económica. A partir de los años 60 y 70, se intensificó el abandono progresivo de tierras agrícolas y ganaderas, particularmente en zonas de difícil mecanización o baja productividad inmediata. La pérdida de población rural supuso también una ruptura en la transmisión intergeneracional de conocimientos tradicionales, lo que aceleró el desmantelamiento de prácticas como la siega manual, el uso de veceras o la aplicación de estiércoles orgánicos (Benayas et al., 2007).

El resultado ha sido una reconfiguración profunda del uso del suelo. Por un lado, muchos antiguos prados de siega y pastos de diente han sido abandonados, lo que ha dado lugar a procesos de matorralización y forestación espontánea con especies

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

como el piorno (*Cytisus* spp.), brezos (*Erica* spp.) y robledales secundarios (*Quercus pyrenaica*). Este cambio en la cobertura vegetal implica una pérdida de biodiversidad herbácea asociada a sistemas seminaturales, así como una mayor homogeneización del paisaje (Sánchez, Gómez & Prieto, 2020). Por otro lado, en las zonas más accesibles, algunos usos se han intensificado, incorporando maquinaria pesada, fertilizantes y monocultivos forrajeros, con los consiguientes impactos sobre el suelo, el agua y la biodiversidad (Rodríguez-Rodríguez, Vallejo & Castillo, 2019).

Actualmente, la situación del uso del territorio en la Reserva de la Biosfera Valles de Omaña y Luna (RBVOyL) presenta un doble desafío. Por un lado, la desactivación de los sistemas tradicionales amenaza con la desaparición de hábitats de alto valor ecológico y cultural, como los prados de siega. Por otro, la incorporación de modelos intensivos ajenos al territorio compromete la funcionalidad ecológica del sistema, al romper los ciclos locales de nutrientes, aumentar la dependencia de insumos externos y reducir la resiliencia frente al cambio climático.

Sin embargo, también se abren oportunidades. En los últimos años, se han iniciado iniciativas de recuperación agroecológica, impulsadas por entidades locales, colectivos ganaderos y programas de conservación, que buscan restaurar usos compatibles con la biodiversidad y revitalizar los saberes tradicionales (González & García, 2020). El interés por productos de calidad ligados al territorio, como carnes de pasto o heno natural, así como el reconocimiento institucional a través de la figura de Reserva de la Biosfera, constituyen puntos de apoyo clave para la transición hacia modelos de gestión sostenible.

En este contexto, la monitorización de prados de siega/diente y parcelas abandonadas adquiere una gran relevancia, ya que permite entender la dinámica actual del territorio, valorar el impacto del abandono o la intensificación, y generar herramientas de apoyo a la toma de decisiones en materia de ordenación agroecológica y conservación del paisaje.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. TIPOLOGÍA DE PARCELAS MONITORIZADAS

El trabajo de campo para la monitorización se desarrolla en tres localidades representativas dentro del territorio de la RBVOyL: Caldas de Luna, Barrio de la Puente y La Urz. Estas localidades han sido seleccionadas de manera intencionada por presentar diferencias significativas en las características del suelo y en las condiciones ambientales, lo que permite una evaluación más completa y representativa de la variabilidad del ecosistema de prados en la RBVOyL.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

En cada una de las localidades se establecen tres réplicas de parcelas, siguiendo una tipología que permite comparar distintos estados de gestión y uso del terreno:

- Prado de siega con riego: parcela en la que se practica la siega tradicional y que cuenta con sistema de riego controlado.
- Prado de siega sin riego: parcela igualmente destinada a la siega, pero en la que no se aplica riego.
- Prado abandonado: parcela que anteriormente fue utilizada para la siega o el pastoreo, pero que ha sido abandonada y ha experimentado procesos naturales de sucesión ecológica. A esta parcela tampoco se le aplica riego.

Este diseño experimental con réplicas permite realizar comparaciones robustas entre parcelas gestionadas activamente y aquellas en proceso de recuperación o degradación natural, facilitando la identificación de impactos, tendencias y recomendaciones para la conservación y gestión sostenible de los prados.

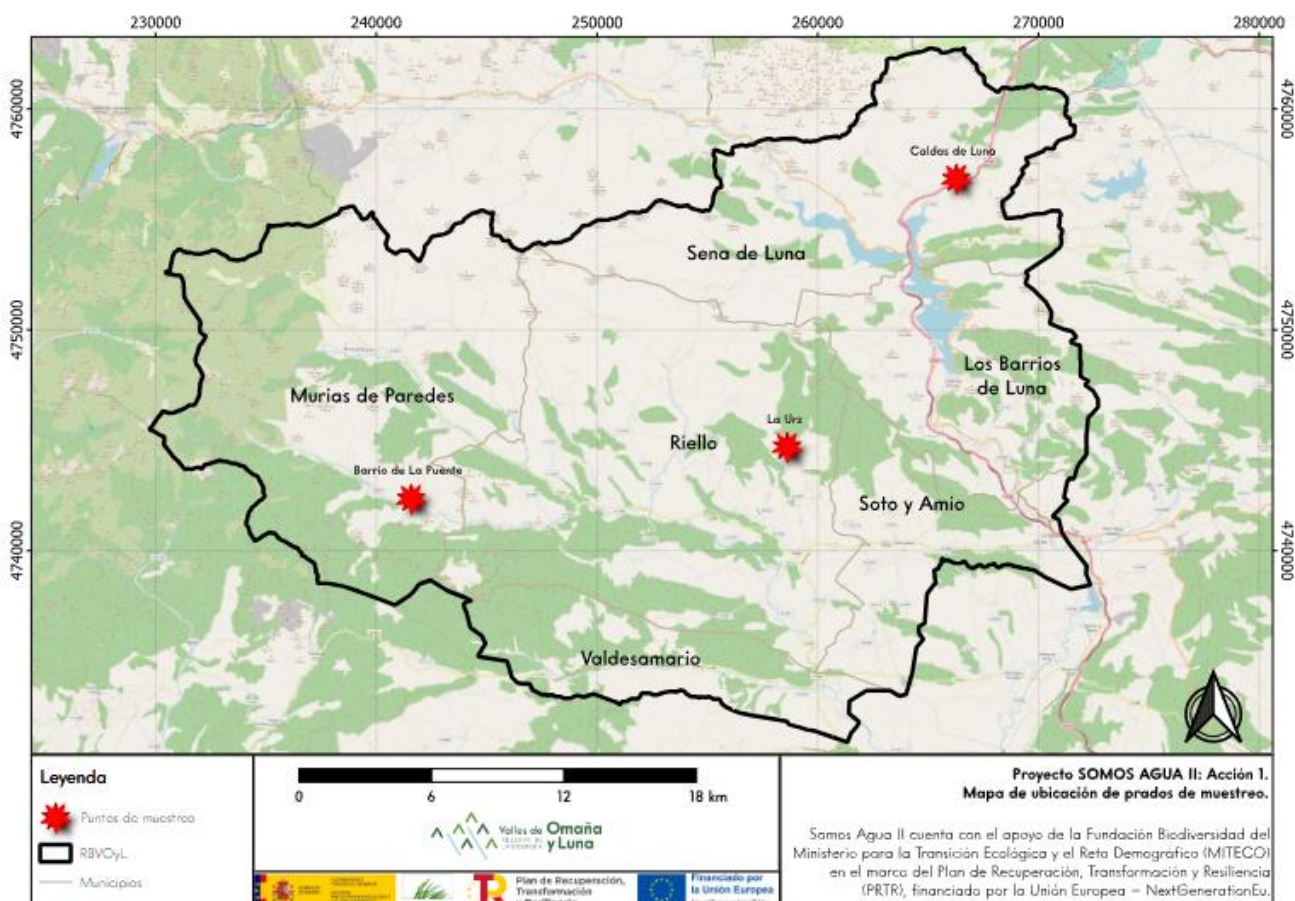


Figura 1. Localización de los prados. Fuente: Elaboración propia.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

2.2. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Para la recogida de datos en cada parcela de prado de siega se ha implementado un sistema de monitorización basado en la experiencia y metodología desarrolladas en el proyecto Somos Agua I. Este sistema utiliza tecnologías avanzadas de Internet de las Cosas (IoT) y Big Data, permitiendo la adquisición continua y en tiempo real de variables ambientales y del suelo.

El sistema consiste en una red de sensores distribuidos estratégicamente en cada parcela, que miden parámetros clave como la humedad del suelo y la temperatura. Estos sensores están conectados a una infraestructura digital que transmite los datos a una plataforma web centralizada, facilitando así el acceso remoto y el análisis en tiempo real de la información recogida.

Dada la frecuente falta de cobertura de red móvil en las zonas montañosas de la RBVOyL, se ha incorporado un sistema de almacenamiento local en cada unidad mediante tarjetas SD. Estas tarjetas registran continuamente los datos, asegurando que no se pierda información en caso de interrupciones en la conexión a internet. Posteriormente, la información almacenada puede ser descargada manualmente o sincronizada cuando la cobertura sea adecuada.

Este enfoque híbrido, que combina conectividad remota y almacenamiento local, garantiza una alta fiabilidad y robustez del sistema de monitorización, imprescindible para obtener datos continuos y de calidad en entornos rurales con infraestructuras tecnológicas limitadas.

2.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología aplicada en el presente estudio se estructura en cuatro bloques principales: caracterización inicial de suelos, muestreo periódico de calidad del suelo, muestreo de vegetación y evaluación de la calidad nutritiva del forraje. El objetivo es obtener una visión integral del estado y funcionamiento de los prados de siega y prados abandonados monitorizados, integrando datos edáficos, florísticos y nutritivos.

2.3.1. CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

La caracterización inicial del suelo se plantea como una etapa clave para establecer una línea base de referencia que permita interpretar de forma precisa los datos obtenidos posteriormente en el seguimiento de humedad y calidad del suelo.

En cada una de las parcelas de estudio -prados de siega con riego, prados de siega sin riego y prados abandonados- se realiza un muestreo de suelo siguiendo un protocolo homogéneo, tomando muestras representativas en puntos distribuidos de forma aleatoria o sistemática, según la heterogeneidad de cada prado.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Estas muestras se envían a laboratorio para la determinación de una amplia batería de parámetros físico-químicos, que incluyen:

- Parámetros físicos:
 - Elementos gruesos: proporción de fragmentos de roca o gravas.
 - Textura: porcentaje de arena, limo y arcilla.
 - Color: descrito mediante carta de Munsell.
 - Consistencia: firmeza y cohesión del suelo en seco, húmedo y saturado.
 - Densidad aparente y densidad real.
 - Volumen aparente del suelo.
- Parámetros químicos:
 - pH: acidez o alcalinidad del suelo.
 - Conductividad eléctrica: indicador de salinidad.
 - Materia orgánica (%MO).
 - Carbono orgánico (%CO).
 - Nitrógeno total (%NT) y nitrógeno Kjeldahl total (%TKN).
 - Relación C/N: balance entre carbono y nitrógeno.
 - Fósforos (P), Calcio (Ca), Potasio (K), Sodio (Na) y Magnesio (Mg).
 - Porcentaje de sodio intercambiable (%PSB).
 - Relaciones entre cationes: Ca/Mg y K/Mg.
 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC).
 - Azufre (S) (en forma de Ig).
 - Micronutrientes: Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), cobre (Cu), Zinc (Zn) y Boro (B).

El análisis de este conjunto de parámetros permite diagnosticar la fertilidad potencial de cada suelo, su capacidad de retención y suministro de nutrientes, así como posibles limitaciones por exceso o déficit de determinados elementos.

Esta información es esencial para interpretar las diferencias entre prados con manejo activo (con y sin riego) y prados abandonados, y para evaluar los efectos a largo plazo del uso del suelo sobre sus propiedades y su funcionalidad ecológica.

2.3.2. MUESTREO DE CALIDAD DEL SUELO

Tras la caracterización inicial, se establece un protocolo de seguimiento periódico para evaluar la humedad y la calidad del suelo en las distintas parcelas.

La frecuencia de muestreo es mensual para la humedad, a través de los sensores, y bianual (mediados de primavera y comienzos de otoño) para el resto de los parámetros de calidad del suelo. Estas dos campañas anuales coinciden con momentos en que la humedad del suelo es adecuada, lo que garantiza la comparabilidad de resultados y evita sesgos derivados de condiciones extremas de sequía o saturación.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Medición de humedad:

- Se emplea un higrómetro para registrar el contenido hídrico en cada parcela.
- Las mediciones se realizan en tres réplicas por parcela, seleccionadas en puntos fijos definidos durante la fase inicial para mantener la consistencia de los datos.
- Los registros se toman a una profundidad aproximada de 30 cm, que corresponde a la zona radicular más activa de los prados.

Evaluación de calidad del suelo:

Además de la humedad, como se ha dicho anteriormente, se analizan parámetros edáficos de diagnóstico rápido mediante observación y pruebas de campo, siguiendo criterios estandarizados recogidos en guías de evaluación visual del suelo:

- Textura: estimación táctil y visual de la proporción de arena, limo y arcilla.
- Estructura del suelo: tipo de agregados, estabilidad y desarrollo.
- Porosidad: cantidad y distribución de poros visibles.
- Color: utilizando la carta de Munsell para identificar cambios asociados a contenido de materia orgánica o procesos de oxidación/reducción.
- Costa superficial: presencia, espesor y grado de compactación.
- Erosión del suelo: signos de pérdida de partículas finas, surcos o exposición de raíces.

Cada uno de estos parámetros se evalúa en las tres réplicas por parcela, excavando hasta los 30 cm de profundidad y aplicando las pruebas correspondientes. La información obtenida se registra de forma estandarizada, lo que permite comparar entre tipos de manejo (activo con riego, activo sin riego y abandonado) y detectar tendencias de degradación o mejora a lo largo del tiempo.

Este seguimiento complementa los datos del sistema de monitorización automática, aportando una visión integrada que combina indicadores instrumentales y diagnósticos de campo.

2.3.3. MUESTREO DE VEGETACIÓN

El seguimiento de la vegetación tiene como objetivo evaluar la biodiversidad, composición florística y estructura de la cubierta vegetal en los distintos tipos de prado, diferenciando entre prados de siega con riego, prados de siega sin riego y prados abandonados.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Calendario de muestreo:

Los muestreos se realizan en tres momentos clave del ciclo vegetativo:

1. Principios de primavera: primera emergencia de especies y floraciones tempranas.
2. Finales de primavera: momento de mayor diversidad florística antes de la siega.
3. Primer mes de verano: evaluación post-siega en prados activos y pico vegetativo en prados abandonados.

Metodología de muestreo:

- Se utiliza un cuadrado de alambre de 1 m x 1 m, que se coloca al azar en la parcela para garantizar representatividad.
- Dentro de cada cuadrado se recogen e identifican todas las especies diferentes presentes, anotando:
 - Porcentaje de cobertura de cada especie (estimado visualmente).
 - Densidad por especie (nº de individuos por m²).
- Tras la primera toma, se miden 10 m en diagonal desde el cuadrado inicial y se repite el procedimiento.
- El proceso continúa hasta completar todas las diagonales definidas en la parcela.

Tratamiento de las muestras:

Las especies recolectadas se prensan y secan para confeccionar pliegos de herbario siguiendo protocolos botánicos estándar. Se recopilan semillas viables de cada especie para su conservación en el banco de semillas.

Cada muestra vegetal recibe un código de identificación que permite asociar la planta a su localidad y tipo de manejo:

- CS: Caldas de Luna - siega
- CA: Caldas de Luna – abandonado
- US: La Urz – siega
- UA: La Urz – abandonado
- BS: Barrio de la Puente – Siega
- BA: Barrio de la Puente – abandonado

Procesamiento y análisis de datos:

La información recogida se digitaliza en una **base de datos Excel** para su posterior análisis estadístico. A partir de estos datos se calcularán:

- Riqueza específica (número total de especies por parcela).

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

- Índices de diversidad (p. ej., Shannon, Simpson).
- Distribución de cobertura por grupos funcionales (gramíneas, leguminosas, dicotiledóneas).

Este enfoque permite comparar de forma precisa **el efecto del manejo y del abandono sobre la biodiversidad vegetal**, así como detectar cambios interanuales.

2.3.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE

Con el fin de valorar la calidad alimentaria del forraje producido en los distintos tipos de prado, se realizan análisis físico-químicos y nutritivos de muestras vegetales en colaboración con el Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL).

Calendario y criterios de recogida:

- Momentos de muestreo:
 - Primavera – periodo previo a la siega,
 - Otoño – tras el rebrote y crecimiento post-estival, especialmente relevante en prados abandonados y en aquellos con aprovechamiento secundario.
- Cantidad por muestra: aproximadamente 1 kg de material vegetal fresco por parcela.
- Selección de materiales: se corta la vegetación representativa de la parcela, evitando bordes y zonas con alteraciones evidentes, para obtener una muestra homogénea.

Parámetros analizados por el ITACyL:

Las muestras se procesan en el laboratorio siguiendo protocolos estandarizados para la evaluación de la calidad nutricional del forraje, determinando, entre otros, los siguientes parámetros:

- Humedad.
- Cenizas.
- Fibra neutro detergente (FND).
- Fibra ácido detergente (FAD).
- Lignina ácido detergente (LAD).
- Proteína.
- Proteína ligada a FND.
- Proteína ligada a FAD.

Estos datos permiten comparar la calidad nutritiva del forraje entre prados de siega con riego, sin riego y abandonados; relacionar la calidad alimentaria con el manejo y el estado de conservación del prado; y establecer recomendaciones de manejo para

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

optimizar tanto la producción como la sostenibilidad ecológica del sistema ganadero tradicional.

La información obtenida se incorpora a la base de datos general de monitorización junto con los datos de humedad, calidad del suelo y biodiversidad vegetal, permitiendo un análisis integral de la relación entre condiciones edáfica, manejo del prado y calidad del forraje.

3.- RESULTADOS

3.1. DATOS EDÁFICOS

Estos resultados se obtienen de la tabla A.I. del Anexo I.

3.1.1. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

En general, la textura de los suelos de las tres áreas es similar, con una ligera tendencia a ser más arenoso en las partes inferiores. Esto sugiere que los suelos tienen una buena capacidad de drenaje y aireación. La densidad aparente del suelo, un indicador, de la compactación, se encuentra en un rango de entre 1,4 g/cm³ y 1,6 g/cm³, que se considera favorable para el crecimiento de las plantas.

3.1.2. COMPARATIVA ENTRE TIPOS DE PARCELAS

Se observó una alta heterogeneidad en la proporción de Elementos Gruesos (gravas) entre parcelas. Por ejemplo, La Urz Abandonado (LU-B) presentó hasta un 46,99% de elementos gruesos, y Barrio de la Puente (BP-A1) un 21,68%. Esta alta presencia de gravas puede limitar la retención de agua y aumentar la susceptibilidad a la erosión en dichas áreas.

En cuanto a la química, se registró un alto contenido de Materia Orgánica (MO), superando el 10% en algunas parcelas abandonadas de Caldas de Luna (CL-Ab-A: 10,21%). Este alto contenido es coherente con el rol de los prados seminaturales como sumideros de carbono. La Relación Carbono/Nitrógeno (C/N) se mantuvo en un rango adecuado para la mineralización de nutrientes (entre 8,7 y 12,48), lo que indica un ciclo de nutrientes funcional y eficiente, apoyado probablemente por las prácticas tradicionales de pastoreo.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

3.2. DATOS DE SENSORES

3.2.1. TEMPERATURA, HUMEDAD, OTROS PARÁMETROS

El sistema de monitorización con sensores distribuidos mide continuamente la humedad y temperatura del suelo a 30 cm de profundidad, almacenando los datos localmente en tarjetas SD debido a la variabilidad de la cobertura en la zona montañosa. Aunque los datos instrumentales brutos no se detallan, la humedad en las parcelas de siega y abandonadas se mantuvo en rangos bajos y similares en la primavera de 2023 (ej. Caldas de Luna Siega: $5,04 \pm 0,05\%$). En contraste, en otoño de 2023, los valores de humedad fueron considerablemente más altos (ej. Barrio de la Puente Abandonado: $10,73 \pm 0,02\%$), reflejando los cambios estacionales.

Los datos registrados por los sensores establecen la dinámica base en 2023, un año clasificado a nivel macrorregional como "Extremadamente cálido" y "Muy seco".

- Primavera 2023 (Deficiencia hídrica): los sensores registraron rangos de humedad consistentemente bajos y similares en las parcelas, confirmando una sequía edáfica temprana (ej. Caldas de Luna siega: $5,04 \pm 0,05\%$).
- Otoño 2023 (Recarga efectiva): en contraste, los sensores detectaron un incremento significativo de HS30, con valores considerablemente más altos (ej. Barrio de la Puente abandonado: $10,73 \pm 0,02\%$), reflejando la robusta capacidad de retención del suelo de pastizal una vez que las lluvias otoñales se consolidaron y la demanda atmosférica de ET disminuyó.

Registros de HS30 y TS30 en 2024:

El año 2024 se registró como un periodo de recuperación hidrológica.

- Invierno (2023-2024): los sensores de temperatura (TS30) registraron valores consistentemente elevados en el perfil del suelo, en línea con la anomalía de $1,9^{\circ}\text{C}$ por encima de la media para este invierno a nivel nacional, lo que minimizó la acumulación nival en la cabecera.
- Primavera 2024: gracias a un inicio de primavera excepcionalmente favorable, con las reservas de la cuenca del Duero alcanzando el mejor valor en diez años, los sensores de humedad (HS30) registraron niveles por encima del mínimo de 2023, asegurando una reserva inicial. Sin embargo, los sensores indicaron una tasa de desecación más rápida de lo habitual al final de la estación, impulsada por episodios cálidos recurrentes.
- Otoño 2024: los registros de HS30 se mantuvieron en niveles altos, superando los valores de otoño de 2023 (ej. $\geq 10,73\%$), reflejando el carácter lluvioso de la estación y confirmando una recarga completa del perfil a 30cm, estableciendo una base óptima para el ciclo de 2025.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Registros de HS30 y TS30 en 2025:

El año 2025 presentó la mayor volatilidad registrada en la serie.

- Primavera 2025: los sensores de HS30 registraron una saturación prolongada, con valores cercanos o iguales a la Capacidad de Campo, en respuesta al superávit de precipitación del 41% registrado en Castilla y León, que convirtió esta estación en la sexta más húmeda desde 1961.
- Verano 2025: este periodo impuso el mayor estrés hidrotérmico. Mientras que los sensores de TS30 registraron temperaturas en el suelo extremas, reflejando que este fue el verano más cálido de la serie histórica, los sensores de HS30 capturaron un colapso hídrico abrupto (sequía súbita). Los niveles de HS30 cayeron muy rápidamente a valores de Sequía Edáfica Severa, probablemente igualando o superando la baja marca de 5,04% de 2023, pero con una tasa de desecación significativamente mayor.
- Otoño 2025: los registros de TS30 se mantuvieron altos a principios de estación y con pronósticos de baja precipitación, los datos de HS30 indicaron una recarga hídrica post-estival retrasada o menos eficiente que en 2023 y 2024, dejando al sistema vulnerable de cara al inicio del siguiente ciclo.

3.2.2. VARIABILIDAD TEMPORAL Y ESPACIAL

El análisis de los datos recogidos por los sensores y las observaciones de campo confirman que la variabilidad se manifiesta tanto en el tiempo como en el espacio.

Variabilidad temporal (ciclo hidrológico 2023-2025):

El periodo 2023-2025 registró un incremento en la amplitud de los extremos hidropedológicos y un cambio en la distribución temporal de los recursos hídricos:

- Desplazamiento estacional: el patrón observado por los sensores -HS30 en rangos bajos en la primavera seca de 2023 y luego la transición de máxima saturación primaveral (2025) a un calor estival récord- confirma la tendencia de una redistribución estacional de la escorrentía en ecosistemas de montaña. El agua se concentra en grandes volúmenes tempranamente y es consumida rápidamente por una ET estival intensificada.
- Frecuencia de extremos: los registros de los sensores evidencian la presencia más frecuente de transiciones rápidas entre periodos de saturación y periodos de sequía súbita, lo que aumenta la vulnerabilidad del ecosistema. Aunque la precipitación acumulada en el año hidrológico 2024/2025 fue clasificada como "normal", la media anual es engañosa, ya que no refleja la dislocación temporal y la peligrosa variabilidad que es el factor limitante para la productividad de los pastizales.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Variabilidad espacial:

Los datos recogidos por los sensores distribuidos revelan la respuesta espacial diferenciada de los pastizales en función de la gestión y la topografía:

- Diferencia por manejo (Siega vs. Abandono): los sensores demostraron que el tipo de gestión impacta significativamente en el microclima edáfico. Los datos de 2023 (ej. Siega: 5,04% vs. Abandonado: 10,73% en otoño) indican que las áreas abandonadas o con mayor cobertura de pasto tienden a mantener una cantidad promedio de humedad volumétrica superior, actuando como un amortiguador hidrológico más eficaz. Este patrón espacial sugiere que las parcelas abandonadas pueden gestionar mejor los déficits hídricos, una inferencia clave para evaluar la resiliencia del suelo a los periodos de estrés, como el verano de 2025.
- Implicaciones en la calidad del forraje: la TS30 elevada, registrada por los sensores durante los inviernos y veranos cálidos, afecta a la calidad del forraje. La investigación agroecológica ha demostrado que el aumento de la temperatura reduce el contenido de proteína y puede incrementar la fibra neutrodetergente del pasto, lo que tiene un impacto directo en el valor nutritivo. La productividad de estos pastos está intrínsecamente ligada a la correlación que los sensores de humedad y temperatura tienen con los parámetros de fertilidad edáfica, como el potasio, fósforo y nitrógeno, y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo.

3.3. CALIDAD DEL SUELO

3.3.1. COMPARACIÓN POR TIPO DE MANEJO

El análisis más directo es calcular la calidad promedio del suelo para todas las parcelas de siega y compararla con la calidad promedio de todas las parcelas abandonadas. Esto da una visión general de cómo el manejo agrícola afecta a la salud del suelo en este proyecto.

Se ha calculado la calidad promedio del suelo para todas las parcelas de siega y todas las parcelas abandonadas, en los años de muestreo.

- Promedio de calidad del suelo en Prados Abandonados: 70,8.
- Promedio de calidad del suelo en Prados de Siega: 64,3.

En general, la calidad del suelo es más alta en los prados abandonados que en los de siega. Esta diferencia sugiere que el manejo intensivo, como la siega o el pasto, podía estar afectando negativamente la salud del suelo a lo largo del tiempo.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

3.3.2. COMPARACIÓN DETALLADA POR UBICACIÓN

Para un análisis más preciso, de la ubicación y el tipo de manejo, se ha hecho la siguiente tabla (Tabla 1), que permite ver las diferencias específicas en cada ubicación.

Tabla 1. Comparación detallada por ubicación y tipo de manejo. Fuente: Elaboración propia.

Ubicación	Parcela	Calidad del suelo 2023	Calidad del suelo 2024	Calidad del suelo 2025
Caldas de Luna	Prado Abandonado	69	78	77
	Prado de Siega	73,5	69	70
Barrio de la Puente	Prado Abandonado	58	75	N/D
	Prado de Siega	60,5	75	70
La Urz	Prado Abandonado	70	72	69
	Prado de Siega	39,5	55	58

Es interesante notar que la calidad del suelo mejoró en todas las parcelas abandonadas de 2023 a 2025. En las parcelas de siega, la tendencia es mixta: mientras que la calidad en Caldas de Luna disminuyó, en La Urz mejoró de forma notable, y en Barrio de la Puente se mantuvo igual. Esto muestra que, aunque en general los prados abandonados tienen mejor calidad, hay dinámicas específicas en cada lugar.

El Prado de Siega de La Urz es el que presenta la menor calidad del suelo en 2023 y 2025. A pesar de una mejora de 2023 a 2024, su valor sigue siendo considerablemente más bajo que el de las otras parcelas de siega. Esto indica que las condiciones en esta ubicación podrán ser particularmente sensibles al manejo.

En contraste, las parcelas de Barrio de la Puente muestran la mayor similitud en la calidad del suelo entre el prado de siega y el abandonado, con ambos alcanzando un valor de 75 en 2024. Esto podría indicar que factores distintos al manejo influyen en la calidad del suelo de esta zona.

3.3.3. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL

El seguimiento temporal (Tabla 1) revela dinámicas de convergencia y sensibilidad edáfica. Las parcelas de Barrio de la Puente, tanto de siega (60,5 en 2023 a 75,0 en 2024) como abandonadas (58,0 en 2023 y 75,5 en 2024), mostraron la mejora más

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

significativa en el índice de calidad. Esta fuerte convergencia y mejora sugieren la influencia de factores externos al manejo inmediato, posiblemente un régimen hídrico más favorable en 2024 o una alta eficacia en la recirculación de nutrientes derivada del manejo comunal tradicional.

El caso del prado de siega de La Urz es el más indicativo de vulnerabilidad. En 2023, registró el valor más bajo (39,5, clasificación "moderada"). Si bien mostró una impresionante recuperación, alcanzando 77 en octubre de 2024, su valor final en junio de 2025 se estabilizó en 58. Esta fluctuación confirma que, si bien la gestión puede influir positivamente, este suelo tiene limitaciones estructurales o hídricas intrínsecas que requieren un manejo extremadamente sensible a la conservación de la humedad y la estructura.

3.4. DIVERSIDAD Y COMPOSICIÓN VEGETAL

3.4.1. RIQUEZA DE ESPECIES

El análisis de la riqueza florística en las parcelas monitorizadas muestra una notable variabilidad entre prados de siega y prados abandonados, reflejando diferencias derivadas tanto de la gestión como del estado de conservación del hábitat. Sabiendo que la riqueza específica es el número total de especies presentes en cada parcela, se detallan a continuación cada una de ellas.

En la localidad de Caldas de Luna, la parcela de prado abandonado presentó una riqueza de 27 especies diferentes, mientras que la parcela de prado de siega registró 18 especies. Esta diferencia sugiere que el abandono puede favorecer la aparición de un mayor número de especies, aunque no necesariamente de interés forrajero.

En La Urz, la riqueza fue menor en ambas tipologías de prado: 19 especies en el prado abandonado y 14 especies en el prado de siega. La menor diversidad en esta localidad podría estar relacionada con las características edáficas específicas de la zona o con la intensidad histórica de uso.

En la localidad de Barrio de la Puente, se observó un patrón distinto: tanto en el prado abandonado (27 especies) como en el prado de siega (25 especies) presentaron valores altos de riqueza, con diferencias poco acusadas entre ambas tipologías. Este resultado indica que la gestión mediante siega puede mantener niveles elevados de diversidad, especialmente en territorios con suelos fértiles y condiciones ambientales favorables.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

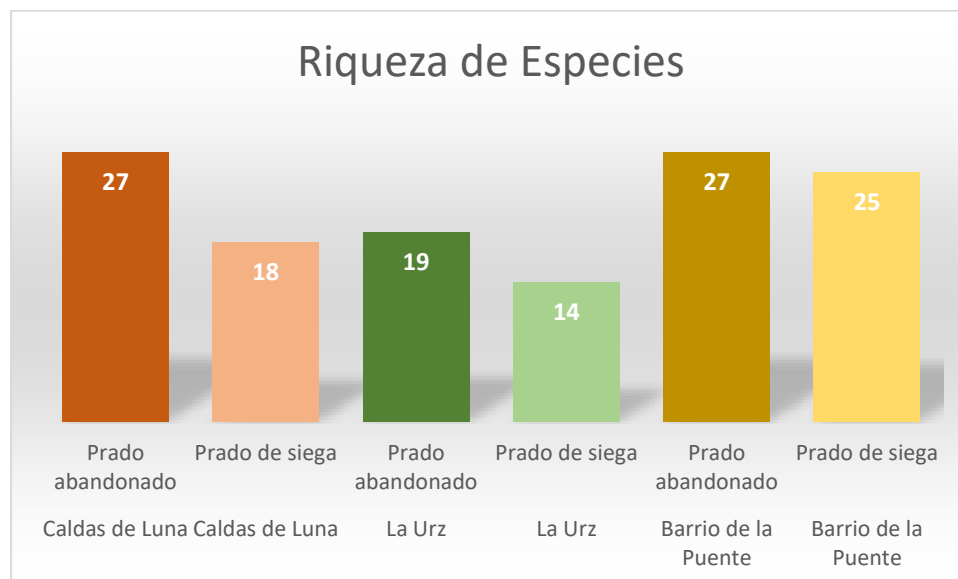


Figura 2. Gráfico de la riqueza de especies por ubicación y manejo. Fuente: Elaboración propia.

De forma agregada, la riqueza total general registrada en todas las parcelas alcanza las 60 especies diferentes, lo que refleja la importancia de estos ecosistemas como reservorios de biodiversidad.

3.4.2. ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD

El análisis de la diversidad vegetal no se limita únicamente a la riqueza específica, sino que también requiere la aplicación de indicadores que permitan evaluar el estado de conservación de los prados y su valor ecológico. Estos indicadores ofrecen una visión más profunda sobre la estructura de las comunidades vegetales, la estabilidad de los ecosistemas y su capacidad de sostener la biodiversidad en el tiempo.

En este trabajo, tras la caracterización florística y el cálculo de la riqueza específica, se procede a calcular distintos índices de biodiversidad. Estos índices permiten establecer comparaciones entre prados de siega y prados abandonados en las diferentes localidades de la RBVOyL. De este modo, será posible valorar no solo la biodiversidad presente, sino también el estado de conservación y la sostenibilidad futura de cada sistema de manejo.

El índice de Shannon (H') se utiliza para cuantificar la diversidad de especies en una comunidad, teniendo en cuenta tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa de cada una de ellas.

La fórmula que se utiliza es:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i \cdot \ln p_i)$$

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Donde:

- S es el número total de especies en la parcela.
- p_i es la proporción de individuos de la especie i con respecto al número total de individuos de todas las especies en esa parcela.
- $\ln$ es el logaritmo natural.

A continuación, se presentan los resultados calculados para cada una de las parcelas, basados en los datos de abundancia relativa. Cuanto mayor es el valor del índice, mayor es la diversidad de la parcela.

- Prado Abandonado Caldas de Luna: 2,94
- Prado de Siega Caldas de Luna: 2,68
- Prado Abandonado La Urz: 2,87
- Prado de Siega La Urz: 2,50
- Prado Abandonado Barrio de la Puente: 2,76
- Prado de Siega Barrio de la Puente: 2,92

Para una mejor interpretación del índice de Shannon, también es útil considerar la equidad de especies o uniformidad, que mide la distribución de la abundancia entre las especies. Un valor de equidad más alto indica que las especies están más uniformemente distribuidas. El índice de equidad más común es el índice de Pielou (J'), que se calcula como la proporción de la diversidad de Shannon observada (H') con respecto a la máxima diversidad posible ($H'_{\max}$) para esa misma riqueza de especies.

La fórmula es:

$$J' = H_{\max}' / H' = \ln(S) / H'$$

Donde:

- J' es el índice de Pielou.
- H' es el índice de Shannon.
- $\ln(S)$ es el logaritmo natural de la riqueza de especies (S).

El valor de J' oscila entre 0 y 1. Un valor cercano a 1 indica que la abundancia de todas las especies es muy similar (alta uniformidad), mientras que un valor cercano a 0 indica que una o pocas especies dominan la comunidad.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Tabla 2. Resultados del Índice de Equidad de Pielou (J'). Fuente: Elaboración propia.

Parcela	Riqueza (S)	Índice de Shannon (H')	Índice de Equidad de Pielou (J')
Prado Abandonado Caldas de Luna	27	2.94	0.89
Prado de Siega Caldas de Luna	18	2.68	0.93
Prado Abandonado La Urz	19	2.87	0.97
Prado de Siega La Urz	14	2.50	0.94
Prado Abandonado Barrio de la Puente	27	2.76	0.84
Prado de Siega Barrio de la Puente	25	2.92	0.91

En estos resultados se observa que el Prado Abandonado La Urz y el Prado de Siega La Urz muestran la equidad más alta, con valores de 0,97 y 0,94, respectivamente. Esto significa que la abundancia de las especies en estas parcelas está muy uniformemente distribuida, sin que ninguna especie destaque notablemente sobre las demás.

Por otro lado, el Prado Abandonado Barrio de la Puente tiene la equidad más baja, con un valor de 0,84. Aunque sigue siendo un valor alto, sugiere que hay una o varias especies que son más abundantes que el resto en esa parcela, lo que reduce la uniformidad, algo que se puede comprobar con el % de cobertura de los muestreos.

El índice de Simpson (D) mide la dominancia de una o varias especies en la comunidad. Se interpreta como la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar de la muestra pertenezcan a la misma especie. Complementa al índice de Shannon y de equidad. Un valor bajo de Shannon, a menudo, va de la mano con un valor alto de Simpson, lo que confirma que la baja diversidad se debe a la dominancia de pocas especies. Es muy útil para identificar si algunas parcelas están siendo "monopolizadas" por una o dos especies.

La fórmula es:

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Donde:

- p_i : proporción de la abundancia de la especie i .

Tabla 3. Resultado del Índice de Simpson. Fuente: Elaboración propia.

Parcela	Índice de Simpson (D)
Prado Abandonado Caldas de Luna	0,057
Prado de Siega Caldas de Luna	0,081
Prado Abandonado La Urz	0,052
Prado de Siega La Urz	0,076
Prado Abandonado Barrio de la Puente	0,081
Prado de Siega Barrio de la Puente	0,051

Las parcelas con menor dominancia (mayor diversidad) son Prado de Siega Barrio de la Puente (0,051) y Prado Abandonado La Urz (0,052). Por el contrario, las parcelas con mayor dominancia (menor diversidad) son el Prado de Siega Caldas de Luna y el Prado Abandonado Barrio de la Puente (ambos 0,081), lo que sugiere que una o pocas especies concentran la mayor parte de la biomasa.

Otro de los índices calculados es el índice de Margalef (DMg), que mide la riqueza de especies, pero teniendo en cuenta el tamaño de la muestra. Los valores más altos indican mayor riqueza. A diferencia de la simple riqueza, que solo es el número de especies, este índice intenta corregir el hecho de que en muestras grandes es más probable encontrar más especies, por lo que permite comparar la riqueza de las parcelas de manera más equitativa, especialmente cuando el número total de individuos muestreados es diferente entre ellas.

La fórmula es:

$$DMg = S - 1 / \ln(N)$$

Donde:

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

- S: número de especies (riqueza).
- N: número total de individuos en la muestra.

Tabla 4 Resultados del Índice de Margalef (DMg). Fuente: Elaboración propia.

	Parcela	Riqueza (S)	Total de individuos (N)	Índice de Margalef (DMg)
Prado Abandonado Caldas de Luna	27	313,1	5,17	
Prado de Siega Caldas de Luna	18	309	3,52	
Prado Abandonado La Urz	19	307	3,65	
Prado de Siega La Urz	14	305	2,66	
Prado Abandonado Barrio de la Puente	27	308	5,23	
Prado de Siega Barrio de la Puente	25	306	4,96	

Los Prados Abandonados en Caldas de Luna (5,17) y Barrio de la Puente (5,23) son los más ricos en especies.

Por último, se calculó el índice de Jaccard (J) que compara la similitud en la composición de especies entre dos parcelas. Aquí se ha calculado la similitud entre las parcelas de siega y las abandonadas en cada ubicación, y también la similitud entre las parcelas de siega de las diferentes ubicaciones.

La fórmula es:

$$J = C/(A+B-C)$$

Donde:

- A: número de especies en la Parcela A.
- B: número de especies en la Parcela B.
- C: número de especies que tienen en común ambas parcelas.

Los resultados entre las parcelas de siega vs. las parcelas abandonadas en la misma ubicación son los siguientes:

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

- Caldas de Luna: 0,354 (tienen 12 especies en común).
- La Urz: 0,407 (tienen 11 especies en común).
- Barrio de la Puente: 0,491 (tienen 21 especies en común).

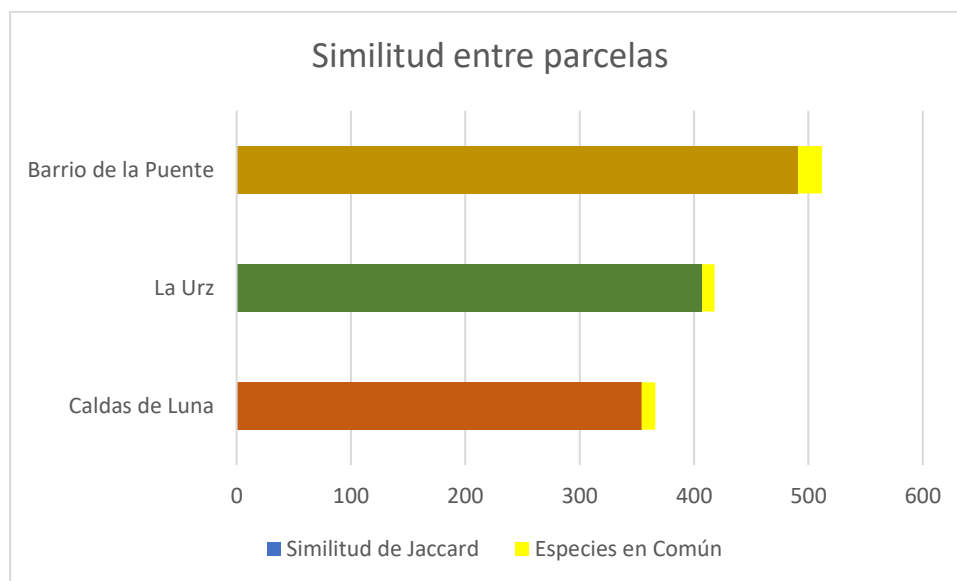


Figura 3. Gráfico de la similitud Jaccard entre parcelas. Fuente: Elaboración propia.

La similitud más alta se encuentra en las parcelas de Barrio de la Puente, lo que indica que el manejo de siega en esa ubicación no ha diferenciado tanto la composición de especies en comparación con la parcela abandonada. Por el contrario, en Caldas de Luna y La Urz, las parcelas de siega y abandonadas con más disimiles.

En cuanto a la similitud entre parcelas de siega, pero en diferentes ubicaciones los resultados fueron los siguientes:

- Caldas de Luna vs. La Urz: 0,308 (tienen 8 especies en común).
- Caldas de Luna vs. Barrio de la Puente: 0,282 (tienen 11 especies en común).
- La Urz vs. Barrio de la Puente: 0,370 (tienen 11 especies en común).

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

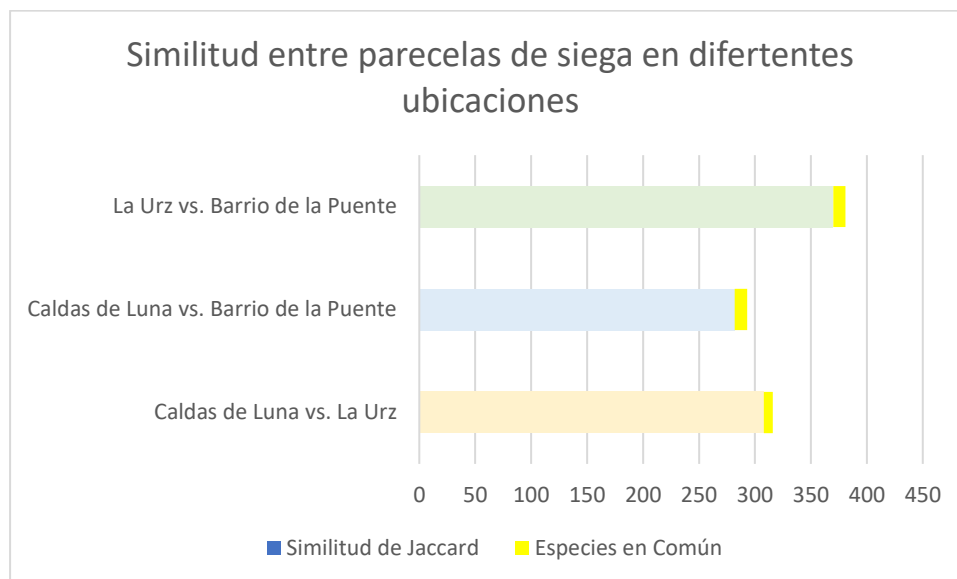


Figura 4. Gráfico de la similitud de Jaccard entre parcelas de siega, pero en diferente ubicación. Fuente: Elaboración propia.

La mayor similitud se da entre parcelas de siega de La Urz y Barrio de la Puente (0,370). Esto podría sugerir que, a pesar de estar en ubicaciones diferentes, el régimen de siega y las condiciones locales han llevado a una composición de especies relativamente similar.

3.4.3. DISTRIBUCIÓN DE LA COBERTURA POR GRUPO FUNCIONAL

Para analizar la distribución de la cobertura por grupos funcionales, se necesita una clasificación de las especies muestreadas. Los grupos funcionales son conjuntos de especies que comparte características o roles ecológicos similares, sin importar su relación taxonómica. Esto permite entender cómo las diferentes estrategias de vida de las plantas influyen en la estructura de la comunidad.

Basándonos en la lista de especies durante los muestreos, se han clasificado las plantas en los siguientes grupos funcionales:

- 1) Gramíneas: plantas de la familia Poaceae, que suelen ser dominantes en los prados.
- 2) Leguminosas: plantas de la familia Fabaceae, importantes por su capacidad de fijar nitrógeno.
- 3) Hierbas (o no-gramíneas): todas las plantas herbáceas que no son gramíneas ni leguminosas.

A continuación, se presenta la distribución de la cobertura promedio (%) para cada grupo funcional de cada una de las parcelas.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Tabla 5. Distribución de la cobertura por grupo funcional (%). Fuente: Elaboración propia.

Parcela	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Hierbas (%)
Prado Abandonado Caldas de Luna	32,8	13,9	53,3
Prado de Siega Caldas de Luna	63,8	12,8	23,4
Prado Abandonado La Urz	41,6	17,6	40,8
Prado de Siega La Urz	65,6	13,8	20,6
Prado Abandonado Barrio de la Puente	47,9	10,3	41,8
Prado de Siega Barrio de la Puente	41,1	18,2	40,7

Como se esperaba, las parcelas de Prado de Siega, especialmente en Caldas de Luna (63,8%) y La Urz (65,6%), muestran una mayor cobertura de gramíneas. Esto es consistente con la idea de que la siega favorece a las especies de crecimiento rápido y tolerantes a la perturbación que son comunes en esta familia. En contraste, los Prados Abandonados tienen una proporción significativamente mayor de hierbas (53,3% en Caldas de Luna) y una distribución más equitativa entre los grupos funcionales.

En Barrio de la Puente desataca por registrar la mayor proporción de leguminosas (18,2%) entre todas las parcelas de siega. Esta alta presencia de leguminosas es un marcador de calidad agroecológica, ya que contribuyen a la fijación de nitrógeno atmosférico, lo que a su vez se traduce en un forraje con mayor contenido proteico y menor necesidad de fertilización externa. La prosperidad de las leguminosas en este prado de siega está directamente relacionada con la estabilidad y mejora de la calidad del suelo.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

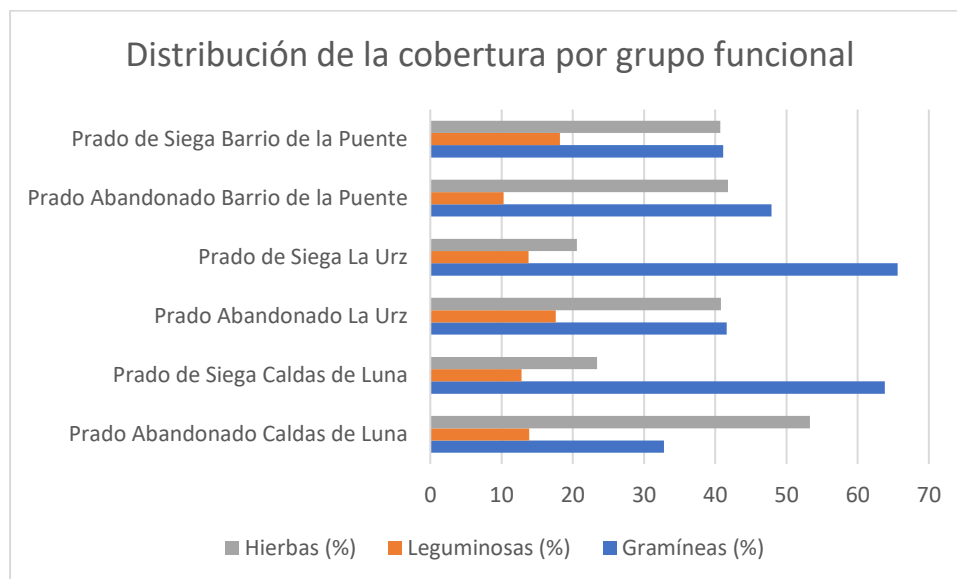


Figura 5. Gráfico de la distribución de la cobertura por grupo funcional en las distintas ubicaciones y manejos. Fuente: Elaboración propia.

3.5. RESULTADOS DEL ITACYL

3.5.1. PARÁMETROS ANALIZADOS

Los resultados del análisis bromatológico del forraje, realizados por el ITACyL, proporcionan una evaluación directa de la calidad alimentaria bajo diferentes regímenes de manejo y estacionalidad. Los valores óptimos para la calidad nutritiva se definen como: Proteína Bruta (PB) superior al 18%, Fibra Neutro Detergente (FND) inferior al 41%, Fibra Ácido Detergente (FAD) inferior al 31% y Cenizas (fracción mineral) entre el 6% y 8%.

A continuación, se resumen los resultados clave de las campañas de primavera y otoño de 2023, 2024 y primavera de 2025.

Resultados de Proteína Bruta (PB):

- Primavera 2023: los prados abandonados mostraron el mayor potencial proteico, con Barrio de la Puente Abandonado alcanzando el pico máximo ($18,94 \pm 0,2\%$).
- Otoño 2023: los prados de siega mantuvieron mejor calidad gracias al rebrote, con valores altos y similares en las tres ubicaciones (ej. Caldas Siega: $13,57 \pm 0,35\%$). En contraste, en los prados abandonados disminuyó significativamente la proteína (ej. La Urz Abandonado: $8,65 \pm 0,13\%$).
- Primavera 2025: Caldas de Luna Siega obtuvo el valor más alto ($15,20 \pm 0,21\%$), superando al Abandonado ($9,80 \pm 0,14\%$).

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

Resultados de Fibra (FND y FAD):

- Forraje de mejor calidad: el forraje de mejor calidad se obtuvo en primavera 2025 en el Prado de Siega de Caldas de Luna, con FND ($38,39 \pm 0,37\%$) y FAD ($25,34 \pm 0,25\%$), que están dentro de los parámetros de alta digestibilidad.
- Impacto del abandonado: el abandonado en otoño conduce a valores de FND muy altos (ej. La Urz Abandonado Otoño 2023: $67,06 \pm 0,36\%$), lo que se traduce en un heno de escaso valor nutritivo.

3.5.2. ANOMALÍAS Y LIMITACIONES DEL MUETREO

Anomalia climática 2023: se registró una anomalía significativa en el Prado de Siega de Caldas de Luna en primavera 2023, con valores muy altos de FND (63,89%) y LAD (14,60%). Esta desviación se atribuye a que el año 2023 fue especialmente cálido y seco respecto a 2024. El estrés hídrico pudo haber inducido la lignificación (endurecimiento de la pared celular) de las plantas antes de la cosecha, resultando en un forraje de digestibilidad extremadamente baja, a pesar de haber sido gestionado activamente. Esta interpretación es crucial ya que subraya la alta sensibilidad de la calidad bromatológica a las condiciones climáticas y fenológicas.

Contaminación por cenizas (Otoño 2024): los datos de otoño 2024 revelaron una contaminación masiva de las muestras con suelo, con valores de cenizas que alcanzaron hasta el $79,05 \pm 0,24\%$ en La Urz Abandonado. Estos valores anómalos son indicativos de que las muestras recogidas contenían una proporción excesiva de tierra o polvo, afectando de manera crítica la fiabilidad de las mediciones de fibra, lignina y proteína ligada a fibra. Consecuentemente, los datos bromatológicos de otoño 2024 no pueden ser utilizados para determinar la calidad nutritiva real del forraje.

3.6. INTERPRETACIÓN INTEGRADA DE LOS DATOS (2023-2025)

El análisis combinado de los datos edáficos, hidrológicos (sensores), de biodiversidad y bromatológicos (ITACyL) a lo largo del periodo 2023-2025 revela el sistema de alta sensibilidad ecológica que caracteriza a los prados de siega de montaña, donde la gestión y el clima interactúan de manera crítica.

1. Resiliencia ante la volatilidad climática y la gestión (siega vs. abandono): los datos de los sensores de humedad (HS30) de 2025 confirman la vulnerabilidad extrema a la desecación rápida. La transición de la máxima saturación de primavera (superávit del 41% de P) al colapso hídrico del verano más cálido de la historia, demostró que la tasa de desecación es un factor más limitante que el total de precipitación anual. En este contexto, la mayor calidad promedio del suelo en los prados abandonados (70,8 vs. 64,3

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

en siega) sugiere que la menor intensidad de manejo les confiere una mayor amortiguación edáfica frente al estrés hidrotérmico extremo, gracias a un mayor contenido de materia orgánica y capacidad de retención de humedad.

2. La siega extensiva, el equilibrio funcional y la biodiversidad: pese a que el promedio de calidad del suelo sea inferior en siega, la gestión activa no siempre es perjudicial. El caso del Prado de Siega de Barrio de la Puente, con una alta riqueza y diversidad ($H' = 2,92$) comparables a los prados abandonados (Máximo $H' = 2,94$ en Caldas de Luna Abandonado) y la mayor proporción de leguminosas (18,2%) entre los prados de siega, ejemplifica que la siega extensiva y tradicional puede mantener una alta funcionalidad ecosistémica y productiva. Esta biodiversidad funcional, reflejada en los altos valores del índice de Shannon (H') y el índice de Margalef (DMg), garantiza la cosecha en el punto óptimo fenológico (ej. Prado de Siega de Caldas de Luna en primavera 2025: FND del 38,39%), asegurando un forraje de invierno de alta digestibilidad. En contraste, el abandonado conduce a una rápida lignificación y degradación de la calidad nutritiva (FND en prados abandonados en otoño 2023 alcanzó el 67,06%), incluso si promueve la riqueza total de especies.
3. Sensibilidad edáfica extrema: la evolución temporal de la calidad del suelo revela sitios de alta sensibilidad. El Prado de Siega de La Urz, con la calidad más baja en 2023 (39,5), experimentó grandes fluctuaciones, demostrando que en suelos con limitaciones intrínsecas, la sostenibilidad del manejo es altamente dependiente de las condiciones hídricas anuales y la intensidad de uso. La anomalía climática de 2023 (cálido y seco) indujo una lignificación prematura (FND del 63,89% en Caldas de Luna Siega), confirmando que el manejo debe ser flexible y adaptarse a la fenología inducida por el clima, y no a un calendario fijo.

4.- DISCUSIÓN

La monitorización integral del trienio 2023-2025 ha permitido analizar la resiliencia diferencial de los prados de siega y abandonados frente a la creciente volatilidad climática. Los resultados combinados de la hidropedología, la calidad edáfica y la bromatología confirman que la funcionalidad ecosistémica y productiva no depende únicamente del abandono o la siega, sino de la interacción entre la calidad intrínseca del suelo y la intensidad del estrés hidrotérmico.

ANÁLISIS DEL BINOMIO CLIMA-VULNERABILIDAD

El registro de los sensores durante 2023-2025 establece una tendencia clara hacia la dislocación temporal del recurso hídrico. El colapso hídrico abrupto detectado en el verano de 2025, provocado por la demanda térmica récord, es el factor limitante

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

más crítico para la productividad. Este fenómeno subraya la necesidad de superar la métrica tradicional del total de precipitación anual (clasificada como "normal" en 2025) y enfocarse en la tasa de desecación como indicador clave de vulnerabilidad. La consecuencia directa es la pérdida de calidad forrajera por lignificación acelerada, como se vio en la anomalía de 2023 (FND del 63,89% en Caldas de Luna Siega). Esta sensibilidad climática confirma la hipótesis de que el ecosistema es vulnerable al estrés hídrico severo.

VALOR ECOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE LA GESTIÓN EXTENSIVA

La comparación entre sistemas de uso revela un claro compromiso entre biodiversidad y valor nutritivo sostenido. Si bien los prados abandonados poseen una riqueza y calidad edáfica promedio superior (70,8), esta ventaja ecológica se traduce en una rápida pérdida de valor forrajero en el tiempo (PB del 18,94% en primavera 2023 vs. 8,65% en otoño 2023 por lignificación). Por el contrario, la gestión activa garantiza la cosecha de biomasa en el punto fenológico óptimo, asegurando forraje de invierno de alta digestibilidad.

La evidencia recopilada en Barrio de la Puente (alta diversidad, alto índice de Pielou, similitud de Jaccard y 18,2% de leguminosas en siega) demuestra que la siega extensiva y tradicional es una estrategia agroecológica superior. Este manejo no solo mantiene una alta funcionalidad ecosistémica, sino que, a través de la recirculación de nutrientes (estiércol/pastoreo tardío) inherente al sistema ganadero tradicional, mejora activamente la calidad del suelo, como se observó en la convergencia de valores en Barrio de la Puente en 2024 (75 en ambas parcelas).

IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO:

La gestión del suelo es un desafío central, especialmente en sitios con baja calidad edáfica inicial. El caso del prado de siega de La Urz (39,5 en 2023) es indicativo de vulnerabilidad estructural. Su fluctuación en el índice de calidad, a pesar de la mejora puntual en 2024, sugiere que su sostenibilidad futura depende críticamente de la implementación de medidas específicas de conservación de la estructura del suelo y la retención hídrica, más allá de la simple rotación o siega.

Es fundamental reconocer que el sistema de siega opera en un ciclo cerrado donde la extracción de biomasa es compensada por la reintroducción de nutrientes, lo que diferencia radicalmente este modelo de la agricultura intensiva que rompe los ciclos locales.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO:

Para una cuantificación más precisa del impacto, se requiere abordar dos limitaciones clave del estudio:

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

1. La ausencia de desagregación de resultados bromatológicos entre prados de siega "con riego" y "sin riego" impide la cuantificación directa del impacto de la gestión hídrica controlada. Esta distinción es crítica, dada la sensibilidad climática evidenciada en 2023.
2. La contaminación masiva por cenizas en las muestras de otoño 2024 (hasta 79,05% en La Urz Abandonado) compromete seriamente la robustez de los datos nutritivos de esa campaña, lo que obliga a recalcular el protocolo de muestreo para futuras campañas.

5.- CONCLUSIONES

Las conclusiones clave del proyecto en la monitorización de prados (2022-2025) y las recomendaciones estratégicas para la gestión sostenible son las siguientes:

5.1. Principales hallazgos

La monitorización integral del trienio ha permitido establecer las siguientes conclusiones fundamentales sobre la dinámica de los prados de siega en la Reserva de la Biosfera Valles de Omaña y Luna:

- Vulnerabilidad extrema al cambio climático: la respuesta hidrológica del suelo, registrada por los sensores en 2025, muestra una vulnerabilidad crítica ante la variabilidad climática, caracterizada por la frecuencia de la sequía súbita (rápido colapso del HS30) más que por el déficit de precipitación anual. La anomalía de 2023 confirmó que el estrés hídrico induce la lignificación prematura del forraje, degradando la calidad bromatológica de forma irreversible.
- Compromiso calidad edáfica vs. manejo: existe una correlación general entre el abandono y una mejor calidad promedio del suelo (70,8 vs. 64,3 en siega), lo que confiere a las parcelas abandonadas una mayor amortiguación edáfica frente a los extremos climáticos. Sin embargo, el abandono resulta en una rápida pérdida de valor nutritivo del forraje en el otoño (ej. FND del 67,06% en 2023).
- Valor del manejo extensivo: la siega activa y tradicional, ejemplificada por el Prado de Barrio de la Puente, demuestra ser la estrategia más exitosa para el equilibrio funcional. Este manejo mantiene niveles de alta diversidad (Índice Shannon de 2,92) y equidad, alta presencia de leguminosas (18,2%) y asegura forraje de la mejor calidad (ej. FND del 38,39% en primavera 2025).

5.2. Relevancia para la conservación y gestión agroecológica

El proyecto subraya que la conservación de los prados de siega no es solo una cuestión de protección, sino de revitalización de la gestión tradicional:

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

- Sostenibilidad del hábitat: el manejo mediante siega extensiva no solo es compatible, sino **necesario** para la conservación del hábitat seminatural y su funcionalidad productiva. La riqueza florística se mantiene elevada, especialmente la de grupos funcionales clave como las leguminosas, que son esenciales para el ciclo del nitrógeno y la fertilidad del suelo, cerrando el ciclo de nutrientes a través del pastoreo tardío y el estiércol.
- Indicadores de gestión: los resultados del índice de calidad del suelo y los índices de biodiversidad actúan como indicadores clave de la salud del sistema. La mejora en la calidad del suelo observada en 2024 en Barrio de la Puente valida el modelo de gestión comunal, demostrando la eficacia de la recirculación de nutrientes en la salud edáfica a largo plazo.

5.3. Recomendaciones prácticas y estratégicas

- Fomento y subsidio de la siega funcional: se recomienda priorizar el apoyo a los sistemas de siega extensiva que exhiben altos índices de diversidad y equidad. Los incentivos deben estar ligados al mantenimiento de la biodiversidad funcional, incluyendo la presencia de leguminosas, que son clave para la calidad del forraje y la fertilidad del suelo.
- Adaptación al riesgo climático: es esencial que los gestores implementen la siega basados en la monitorización fenológica de la vegetación, en lugar de un calendario fijo. En años de sequía o calor extremo (como 2023), la cosecha debe ser anticipada para evitar la lignificación prematura de la biomasa.
- Manejo específico en zonas sensibles: en emplazamientos edáficamente sensibles, como el prado de siega de La Urz (calidad de 39,5 en 2023), se debe centrar el esfuerzo en la conservación de la estructura del suelo y la retención hídrica, posiblemente mediante la optimización del riego o la selección de especies más robustas, para evitar caídas en la calidad edáfica.

5.4. Propuestas para estudios futuros

1. Desagregación del riego: se propone la inclusión de la desagregación de resultados bromatológicos entre prados de siega "con riego" y "sin riego" en futuras campañas, para cuantificar el impacto directo de la gestión hídrica controlada en la mitigación del estrés climático.
2. Aseguramiento metodológico: para garantizar la robustez de las series de datos bromatológicos, es imperativo revisar y estandarizar los protocolos de muestreo de forraje, enfocándose en la altura de corte, para prevenir la contaminación por cenizas (suelo) que invalidó los resultados nutritivos de otoño 2024.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

3. Análisis de tasa de desecación: utilizar los datos instrumentales de HS30 de los sensores para calcular y modelar la tasa de caída diaria de humedad durante el verano, correlacionándola con la calidad del forraje. Esta métrica es crucial para predecir la aparición de la sequía súbita y su impacto agronómico.

6.- REFERENCIAS

1. Benayas, J. M. R., Martins, A., Nicolau, J. M., & Schulz, J. J. (2007). **Abandonment of agricultural land: An overview of drivers and consequences.** *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2(057), 1–14.
<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20072057>
2. Casas, J., García, F., & Latorre, J. G. (2014). *Praderas de montaña y su gestión sostenible en sistemas extensivos*. Zaragoza: Ediciones MAPA.
3. Díaz, M., Campos, P., & Pulido, F. J. (2010). *La conservación de la biodiversidad en paisajes culturales mediterráneos: bases ecológicas y políticas*. Madrid: Fundación Biodiversidad.
4. García-González, R., Hidalgo, R., & Montserrat, D. (2008). *Sistemas tradicionales de aprovechamiento del medio en el norte peninsular: prados y pastizales de siega*. In: E. P. de Lucio & M. J. Gómez-Limón (Eds.), *Paisajes culturales y biodiversidad* (pp. 87–112). Madrid: CSIC.
5. González, J., & García, R. (2020). *La lógica del uso comunal y su expresión en los prados de siega: análisis desde el manejo tradicional*. *Revista de Etnobiología y Conservación*, 9(1), 55–69.
<https://doi.org/10.28979/ethnobiococonservation.v9i1.1234>
6. Martínez, M., Pérez, R., & Sosa, A. (2015). *Valor nutritivo del heno de prados tradicionales en sistemas de ganadería extensiva de montaña*. *Revista Española de Pastos*, 55(1), 45–60.
7. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2013). *Tipos de hábitats de interés comunitario en España*. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal.
8. Reiné Viñales, R. (2019). *Trashumancia y gestión pastoral en la montaña cantábrica: una visión desde la ecología del paisaje*. Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC).
9. Rodríguez-Rodríguez, D., Vallejo, V. R., & Castillo, V. (2019). *Funciones ecosistémicas de los prados seminaturales: contribuciones a la mitigación del cambio climático y a la salud del suelo*. *Boletín de la Sociedad Española de Ecología Terrestre*, 52, 21–30.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

10. Sánchez, L., Gómez, C., & Prieto, P. (2020). *Transformaciones recientes en los usos del suelo y resiliencia de los prados de siega en zonas de montaña. Ambiota: Revista del Ministerio para la Transición Ecológica*, 132, 58–67.

ACCIÓN 1. INFORME DE LA MONITORIZACIÓN DE PRADOS DE SIEGA

ANEXOS

Anexo I. Resultados de la caracterización del suelo

Tabla A.I. Caracterización inicial del suelo. Fuente: Elaboración propia.

PRADO	CÓDIGO	SIN TAMIZAR (g)	TAMIZADO (g)	FRACCIÓN GRUESA (g)	% Elementos gruesos	pH	TEMPERATURA (°c)	CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	USDA				Clase textural	ISSS				% MO	% CO	Densidad	COLOR		
									% ARCILLA	% LIMO	% ARENA			% ARCILLA	% LIMO	% ARENA					Seco	Húmedo	
BdP 1 (arriba)	BP-A1 (arriba)	815,90	634,00	176,90	21,68	6,86	17,70	94,00	8,56	44,00	47,44	100,00	Franca	8,56	26,00	65,44	100,00	Franca	8,54	4,95	1,29	7.5YR 3/3 dark brown	7.5YR 3/1 very dark gray
BdP 2 (abajo)	BP-B1 (abajo)	825,10	700,50	105,10	12,74	6,02	18,10	69,60	4,56	44,00	51,44	100,00	Franca	4,56	24,00	71,44	100,00	Franco arenosa	8,48	4,92	1,27	7.5YR 3/3 dark brown	7.5YR 3/1 very dark gray
BdP Abandonado	BP-AB (abandonado)	732,60	704,80	6,00	0,82	5,72	18,40	82,60	2,56	66,00	31,44	100,00	Franco limosa	2,56	36,00	61,44	100,00	Franca	8,36	4,85	0,84	7.5YR 5/2 brown	7.5YR 3/2 dark brown
La Urz Arriba-A2	LU-A2 (arriba)	735,30	722,00	1,00	0,14	5,94	20,10	48,60	20,00	30,00	50,00	100,00	Franca	20,00	24,00	56,00	100,00	Franco arenosa	5,56	3,23	1,16	7.5YR 7/4 pink	7.5YR 5/4 brown
La Urz Abajo-B2	LU-B2 (abajo)	759,20	408,40	346,50	45,64	6,07	17,70	29,60	20,00	30,00	50,00	100,00	Franca	20,00	20,00	60,00	100,00	Franco arenosa	4,04	2,34	1,34	7.5YR 5/4 brown	7.5YR 3/3 dark brown
La Urz Abandonado A	LU-A (abandonado)	813,40	490,50	319,90	39,33	5,95	18,20	19,70	8,56	30,00	61,44	100,00	Franco arenosa	8,56	20,00	71,44	100,00	Franco arenosa	3,62	2,10	1,69	7.5YR 6/4 light brown	7.5YR 3/4 dark brown
La Urz Abandonado B	LU-B (abandonado)	788,60	417,40	370,60	46,99	5,80	17,90	19,30	8,56	30,00	61,44	100,00	Franco arenosa	8,56	20,00	71,44	100,00	Franco arenosa	3,16	1,83	1,55	7.5YR 5/4 brown	7.5YR 4/3 brown
BdP Abandondo - B	BP-Ab-B	522,7	469,5	0,7	0,133920031	5,83	19,2	272	3,28	45,28	51,44	100	Franca	3,28	23,28	73,44	100	Franco arenosa	9,3	5,39		7.5.YR 4/3 brown	7.5.YR 3/2 dark brown
Caldas Siega A	CL-S-A	1105,4	1009,2	63,8	5,771666365	5,67	19,5	250	25,28	29,28	45,44	100	Franco arenosa	25,28	18	56,72	100	Franca	7,71	4,47		7.5YR 4/2 brown	7.5YR 3/2 dark brown
Caldas Siega B	CL-S-B	1248,8	992,8	243,2	19,47469571	6,51	19,2	762	9,28	25,28	65,44	100	Franca	9,28	15,28	75,44	100	Franco arenosa	9,22	5,35		7.5YR 5/2 brown	7.5YR 3/2 dark brown
Caldas Abandonado A	CL-Ab-A	596,4	571,9	0,1	0,01676727	5,85	19,7	313	21,28	27,28	51,44	100	Franca arenosa	21,28	21,28	57,44	100	Franca arcilla	10,21	5,92		7.5 YR 5/4 brown	7.5YR 4/4 brown
Caldas Abandonado B	CL-Ab-B	567,3	543,1	8,8	1,551207474	6,42	19,2	635	17,28	27,2	55,52	100	Franco arenosa	17,28	21,28	61,44	100	Franco arenosa	9,42	5,46		7.5YR 4/2 brown	7.5YR 3/2 dark brown