

ANEXO A.1.21

Manejo de pastos en los ecosistemas de dehesa

marzo 2019

ÍNDICE

1.- Introducción a los sistemas extensivos	2
2.- La gestión de los pastos	6
a) Bases de la transformación ecosistémica	6
b) Atributos del ecosistema	7
c) Capacidad sustentadora	8
3.- La Cuenca	12
4.- Los pastos en la dehesa	13
5.- Propósito de los pastizales	17
6.- Optimización en la gestión de pastos	17
7.- El sistema de pastoreo	18
8.- Criterios de optimización de los pastizales	23
9.- Principales operadores	24
a) Fertilización	24
b) Siembra y establecimiento	24
10.- Hidrología y erosión relacionada con los pastos y su aprovechamiento	25
11.- Reflexión final	27
12.- Bibliografía	28

MANEJO DE LOS PASTOS EN LOS ECOSISTEMAS DE DEHESA

1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXTENSIVOS

La dehesa constituye el sistema agrosilvopastoral más representativo y característico de Europa, solo en España la superficie registrada es de 2.9 millones de ha. Este ecosistema es la consecuencia del conocimiento práctico acumulado de cientos de años de los agricultores, ganaderos y silvicultores, y que han ido mejorando poco a poco el sistema. Sin embargo, en los últimos años venimos asistiendo a un deterioro progresivo de sus valores naturales, proceso que preocupa notablemente a los diferentes estamentos que dependen directa o indirectamente de ella, y crea una demanda de información que en muchos casos no está cubierta adecuadamente (Fernández y Carbonero, 2008).

En sus inicios la dehesa era una superficie de pastizal acotada, protegida para su consumo por los ganados locales o riberiegos. Esta protección era especialmente importante para evitar el consumo de los pastos por los ganados trashumantes.

Hay muchas dehesas: la dehesa de los ganaderos, la dehesa de los ecólogos, la dehesa de los labradores y la de los turistas de avistamiento de aves, etc. Hay dehesas arboladas y desarboladas. Dehesas con árboles del género *Quercus* (encinas, alcornoques, quejigos, rebollos), pero también con acebuches y olivos, lentiscos, fresnos o higueras. En definitiva, cuando alguien nombra a una dehesa, puede que se esté refiriendo a un topónimo, a una finca de pastoreo, a un ecosistema, un paisaje, una explotación agraria o un sistema de uso del territorio (Gastó y col, 2010).

No debemos olvidarnos de que la dehesa constituye un sistema multifuncional y multiproducto basado en el aprovechamiento de recursos naturales, para la obtención de productos ganaderos, agrícolas, forestales y servicios ecosistémicos. Los recursos naturales de la dehesa son los que proporciona la naturaleza, que están representados por el suelo, el pastizal, el arbolado, el agua y la fauna silvestre, todos ellos aspectos importantes a considerar en los sistemas extensivos.

Los sistemas extensivos actuales y entre ellos la dehesa, tienen importantes problemas de sostenibilidad, fundamentalmente económica, por ello, los propietarios se ven obligados a buscar la rentabilidad a corto plazo, como en cualquier otra actividad económica. Bajo estas condiciones, la intensificación productiva (basada en la apertura de los ciclos de materiales y de energía al exterior de la finca), aparece como la única alternativa para muchos propietarios y supone adaptarse a unas reglas económicas cada vez más desvinculada de las peculiaridades ecológicas de los sistemas de producción locales.

En opinión de Godinho y col. (2016), en el caso de los montados portugueses, su declive se debe a una serie de factores, tales como limitaciones ambientales, enfermedades forestales, manejo inadecuado, problemas socioeconómicos y a que la mayor pérdida de territorios de montados se ha debido a la gestión de las fincas. También demostraron que el abandono de tierras, los incendios forestales y las prácticas agrícolas, fueron tres variables significativas que influyeron en la pérdida de montados.

Los sistemas extensivos, aún conservan parte de los rasgos de un sistema de explotación

basado en la energía solar, pero que cada vez comparten más elementos con los sistemas agrarios intensivos.

Como nos indican Moreno y col. (2018) los sistemas agrosilvopastorales de alto valor cultural y de naturaleza (HNCV) en Europa, generalmente mejoran la biodiversidad y regulan los servicios de los ecosistemas en relación con la agricultura y la silvicultura convencionales. Estos sistemas pueden reducir el riesgo de incendio, y pueden aumentar el secuestro de carbono, modera el microclima y reduce la erosión del suelo y la lixiviación de nutrientes en comparación con la agricultura convencional. Aunque algunas prácticas y productos tradicionales han sido abandonados, muchos de los sistemas estudiados continúan proporcionando múltiples productos de plantas leñosas y no leñosas y alimentos de alta calidad de ganado y caza. Sin embargo, sigue habiendo un desafío continuo para que los agricultores, los propietarios y la sociedad traduzcan completamente los impactos sociales y ambientales positivos de los sistemas agrosilvopastorales en precios de mercado para los productos y servicios.

En el mismo sentido Kay y col. (2018), señalan que los servicios de regulación de los ecosistemas se mejoraron en todos los sistemas agrosilvopastorales, con menores pérdidas de nitratos, mayor secuestro de carbono, menores pérdidas de suelo, mayor biodiversidad funcional centrada en la polinización y mayor diversidad de hábitats reflejada en una alta proporción de hábitats seminaturales, así como para mejorar la estructura del paisaje.

Un aspecto de gran importancia para valorar el papel de los ecosistemas de dehesa, es la cuantificación de los flujos de emisión de gases efecto invernadero, en ese sentido Eldesouky y col. (2018), han cuantificado la huella de carbono de diversos usos en ecosistemas de dehesa y obtuvieron que el secuestro de carbono del suelo, osciló entre 270.02 y 334.01 kg CO₂ eq ha⁻¹, lo que representa una considerable compensación de carbono y resaltan que este tipo de sistemas no pueden competir en unidades de producto con las más intensivas y, por lo tanto, la huella de carbono en los sistemas de dehesa debe ser remunerada adecuadamente.

La mejora de la sostenibilidad de los ecosistemas de dehesa tiene diversas dimensiones, y el uso de indicadores es una buena herramienta para establecer la línea base y el progreso en la dirección adecuada. Escribano y col. (2018), utilizando una aproximación colaborativa, han identificado los principales indicadores entre los que citan el stock de recursos naturales, la rentabilidad de las explotaciones, el porcentaje de dieta animal basado en pastoreo, el grado de satisfacción laboral, la renovación generacional, etc.

La provisión de servicios ecosistémicos de las dehesas varía con los modelos de gestión utilizados. Torralba y col. (2018) han corroborado este aspecto, pero también indican que, en el caso de los tres modelos estudiados de gestión basados en la intensidad de la gestión, proveen de servicios ecosistémicos específicos para cada uno de los tres modelos.

La complejidad e importancia de los flujos de los ecosistemas de dehesa ha sido objeto de numerosos estudios y, como nos indica El-Madany (2018), la heterogeneidad espacial contribuye significativamente a la incertidumbre del flujo del ecosistema.

Sería de enorme importancia llegar a alcanzar un punto de equilibrio de actuación entre ambos sistemas (extensivos e intensivos), donde la energía solar permanezca como elemento principal, pero sin dejar de lado otros insumos usados en sistemas intensivos que puedan servir para mejorar la

sostenibilidad económica y ambiental de estos valiosos ecosistemas.

Abundando en las causas de la degradación de los sistemas extensivos, pero también avanzando en algunos procedimientos para mitigarlos y así poder cambiar la tendencia, Wilmer y col. (2019) sostienen que la biodiversidad de los pastizales está amenazada por procesos climáticos, económicos y de uso de la tierra dinámicos e inciertos y los agricultores y ganaderos enfrentan perspectivas dudosas de alcanzar sus objetivos individuales de sostenibilidad. La gestión colaborativa de pastizales adaptativos puede aumentar nuestra comprensión de las metas de conservación y ganadería, usando los datos etnográficos y el concepto de cultura de la naturaleza, que reconoce la inseparabilidad de las relaciones ecológicas que se forman a partir de los procesos biológicos y sociales.

López-Sánchez y col. (2018), analizando seis décadas de evolución de las dehesas en el caso español, concluyen que es necesario garantizar la efectividad de estos sistemas a través de actividades sostenibles para evitar las consecuencias negativas de las malas prácticas de gestión que amenazan la sostenibilidad de las dehesas.

De una forma sintética, podemos decir que actualmente, en los sistemas extensivos es frecuente identificar: pérdida de diversidad faunística, simplificación vegetal, carga ganadera del sistema superior a su capacidad sustentadora, exceso de artificialización, laboreo, desmonte, etc, falta de reconocimiento de su valor y desconocimiento por el conjunto de la sociedad, dificultad para distinguir la singularidad de sus productos, simplificación excesiva de la problemática, baja rentabilidad económica y desconexión con el sistema externo.

El origen de los problemas ha estado sustancialmente ligado a una simplificación no adecuada de un sistema complejo y dinámico. La consideración de esta complejidad holística y multidisciplinar, así como el asegurar la viabilidad de los recursos y los sistemas para el futuro, han propiciado y lo siguen haciendo, una importante preocupación científica y práctica, que ha permitido avanzar, aunque todavía insuficientemente, en la compatibilidad entre mejora de la eficiencia de la productividad y un desarrollo equilibrado.

Es urgente avanzar, basado en el conocimiento científico, hacia estrategias y sistemas de bajos “insumos”, incorporando aspectos que son ya una realidad en algunos casos, como el uso múltiple, la capacidad sustentadora, la integración de agricultura y ganadería, la componente dinámica de los sistemas, la adecuación a las condiciones locales, la pluriestratificación de especies animales, y vegetales, etc.

Las demandas de una nueva sociedad y la situación ambiental: paisaje, sistemas de producción con estilos naturalistas, productos de calidad y singulares, vigilancia del territorio, diversidad, secuestro de carbono, etc., no se perciben como una oportunidad para la sostenibilidad de los sistemas extensivos, particularmente en el ámbito económico (Rodríguez-Estévez y col., 2012).

Como nos indican McDonald y col. (2018), el desarrollo y la adopción de estrategias de pastoreo sostenibles es importante para mejorar la funcionalidad y la productividad de los paisajes agrícolas. La cobertura del suelo y las medidas de biodiversidad florística a menudo se correlacionaron positivamente, pero no hay una relación clara entre la mayoría de las funciones de paisaje y los índices de biodiversidad de plantas. La función del paisaje puede ser importante para detectar cambios en los pastizales que no se detectan con las medidas de diversidad florística. Las estrategias de pastoreo alternativas que incorporan el descanso planificado tienen el potencial de mejorar la cobertura del

suelo con los beneficios asociados de la mejora de la productividad y la función del paisaje en comparación con los regímenes de pastoreo continuo.

Son numerosas las externalidades positivas que se pueden asociar a la existencia de los sistemas extensivos: climáticas, ambientales, sociales, culturales, psicológicas, etc pero la enorme dificultad para valorarlas y remunerarlas adecuadamente hace que no se desarrollen de manera efectiva.

La delicada situación económica y la falta de perspectivas hacen y probablemente lo harán con más fuerza, que los aspectos de sostenibilidad medioambiental y cultural, no sean considerados en la dimensión oportuna.

El replanteamiento de la falta de sostenibilidad de los actuales niveles de intensificación, presumiblemente hará que las explotaciones de pequeña dimensión realicen profundos cambios e incluso que algunas o bastantes desaparezcan como unidades productivas; las de mediana y gran dimensión, necesariamente deberán entender que no es posible competir en los mismos términos con sistemas intensivos de alto potencial, debiendo adaptar sus sistemas productivos a una mayor producción de servicios ambientales, mayor profesionalización, mejorar algunos aspectos técnicos, principalmente los relativos a la sanidad animal y vegetal y a la eficiencia de la mano de obra, vía mecanización y mejora de infraestructuras, incrementar el asociacionismo y la labor colectiva, mejorar el acceso a los mercados vía singularidad y conectar los aspectos territoriales y de singularidad productiva, con explorar mercados, circuitos cortos de comercialización, asociación con turismo y gastronomía, etc.

Podríamos resumir que los sistemas ganaderos extensivos y en particular las dehesas, necesitan considerar una serie de principios que ayuden a mejorar su sostenibilidad económica, social y ambiental, entre ellos podemos citar:

- Proponer un modelo de conservar los recursos naturales, produciendo en un contexto de uso múltiple.
- Uso adecuado del conocimiento y la tecnología.
- Alta diversidad animal, vegetal y paisajista.
- Sistema complejo y singular, conocido y valorado en sus externalidades positivas.
- No deben percibirse enfermedades ecosistémicas.
- Con alta receptividad tecnológica y en continuo proceso de innovación.
- Alta capacidad de restauración ante crisis y accidentes.
- Gobernable a nivel de finca y de cuenca.
- Desarrollo armónico con las comunidades locales.
- Sostenible económica, ecológica, social y culturalmente.
- Territorio con una alta belleza escénica.
- Coherente en la asignación de costos y beneficios privados y públicos.

También es importante mencionar que la degradación de territorios de pastoreo afecta negativamente la capacidad de almacenar CO₂ de los suelos y que la gestión de sistemas pastorales es importante para mitigar el cambio climático.

Praderas saludables, así como el ganado y los medios de vida asociados, constituyen una opción para afrontar el cambio climático en las zonas secas y frágiles, donde el pastoreo sigue siendo una estrategia razonable para el uso múltiple del territorio, el mantenimiento de la actividad económica y la salud de la naturaleza.

La complejidad del ecosistema dehesa obliga a considerarla como un modelo de no equilibrio necesitado de ajustes progresivos. En este sentido es importante, mejorar su receptividad tecnológica para la mejora de la eficiencia y de la sostenibilidad.

En la actualidad, las nuevas tecnologías de la información y comunicación están permitiendo tener un conocimiento más profundo del funcionamiento de las dehesas y plantear nuevos retos, apoyándose en una mejor y continua observación de la Tierra y del clima, la consideración sistémica de la cadena de valor, la utilización de sensores próximos y remotos, "IoT", "Big data", inteligencia artificial, plataformas distribuidas de conocimiento, etc.

Los sensores remotos se han convertido en una herramienta imprescindible para la evaluación y monitorización de los pastizales, existen numerosos trabajos y evidencias de su utilidad. Das y col. (2018), utilizando datos procedentes de los satélites Sentinel 1A y 1B del programa Copérnico, que llevan a bordo un sensor radar de apertura sintética, han demostrado su utilidad para estimar la humedad superficial del suelo en regiones de baja densidad de vegetación, también concluyen que la humedad del suelo medida a una alta resolución (3 km) es útil para la agricultura, el mapeo de inundaciones, la gestión de cuencas / pastizales y las aplicaciones ecológicas / hidrológicas.

Los distintos índices de vegetación obtenidos a partir de imágenes satélites han sido una herramienta de gran utilidad para la gestión de ecosistemas pastorales, un buen ejemplo nos lo proporcionan, Fern y col. (2018), cuando han contrastado la utilidad de NDVI y OSAVI, para estimar la biomasa y el grado de cobertura en ecosistemas pastorales semiáridos, y nos sugieren que OSAVI es el estimador más apropiado para medir la biomasa verde y la cobertura vegetal en regiones semiáridas.

Aspectos igualmente relevantes para la sostenibilidad de la dehesa son: la cuantificación de sus externalidades y la remuneración de estas, la trazabilidad y la mejora de las experiencias de los consumidores, y el desarrollo de una agricultura, ganadería y silvicultura de precisión.

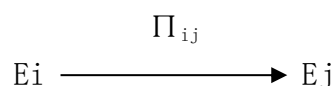
2.- LA GESTIÓN DE LOS PASTOS

A) BASES DE LA TRANSFORMACIÓN ECOSISTÉMICA

La gestión de ecosistemas prateros es el arte y ciencia de planificar y dirigir el uso de la pradera para obtener una óptima producción de una forma sostenida.

Gestionar los pastos, incluye aspectos agrarios, ganaderos, forestales, ambientales, tecnológicos, económicos, culturales y sociales. De una forma muy esquemática podríamos decir que es un proceso de artificialización de la naturaleza con un objetivo de canalización antrópica.

Conceptualmente corresponde a un proceso de transformación ecosistémica.



La hipótesis es que partimos de un sistema inicial Ei, caracterizado por numerosos atributos y lo transformamos en un ecosistema de destino Ej, caracterizado por otros atributos, y para ello utilizaremos un operador Π_{ij} , que dependiendo de las situaciones corresponderá a: agua, consumo animal, fertilización, siega, etc.

A continuación, recogemos los principales atributos que deberíamos considerar en la transformación de ecosistemas pastoreables.

B) ATRIBUTOS DEL ECOSISTEMA

- Armonía (simetría)
- Periodicidad
- Estilo
- Longevidad
- Resiliencia
- Nicho (función)
- Homeostasis
- Homorrhesis
- Estabilidad
- Costos de mantenimiento
- Capacidad sustentadora
- Holismo
- Memoria del sistema
- Diversificación
- Regulación
- Eficiencia
- Eficacia
- ...

Esto significa que, entre otros aspectos, dependiendo de la gestión del pasto, el ecosistema resultante será más o menos diverso, con mayor o menor resiliencia, diferente capacidad sustentadora, etc.

Normalmente el límite de una decisión sobre la gestión pastoral se circunscribe a una finca, pero también es necesario considerar el impacto en el conjunto de la cuenca (varias fincas), así como a su vez tener en cuenta recintos menores (cercados de pastoreo).

Una complejidad añadida, a la vez de ser una oportunidad, es considerar el principio de uso múltiple, que establece que naturaleza y territorio deben ser racionalmente destinados para la mejor combinación de usos de acuerdo a sus limitantes, potencialidades y capacidad de articulación tecnológica, todo ello obliga a que debemos conocer, comprender y definir, limitaciones y capacidades de los territorios que queremos mejorar, para así poder plantear un sistema con soluciones que sea preciso y representativo, estableciendo patrones que nos ofrezca un modelo robusto y considerar una aproximación de geometría variable.

En la figura 1, se presenta de una forma esquemática la variación espacial del espacio de solución, aspecto de enorme interés a considerar en el caso de las dehesas, que permitirá una gestión de estas y una adecuada provisión de servicios dependiendo del potencial ecológico de cada uno de

los sitios, debiendo ser muy diferente la artificialización y la gestión por ejemplo en zonas de montaña o en el valle.

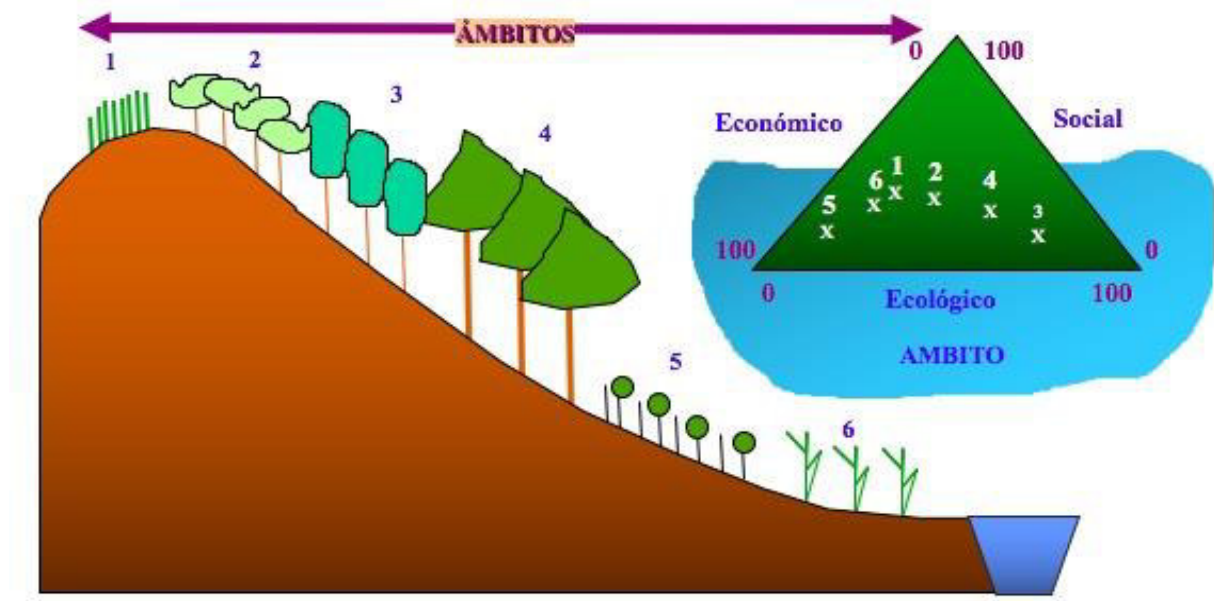


Figura 1. Variación espacial del espacio de solución (Gasto y col., 2010)

Moral y Serrano (2019), nos indican que es necesario determinar los patrones espaciales de las propiedades principales del suelo como la primera etapa para implementar el manejo específico del sitio, pero esto debe realizarse considerando la actividad económica, teniendo en cuenta que la rentabilidad de los sistemas extensivos es muy baja, por lo que los propietarios necesitan un método barato, eficaz y confiable para saber qué zonas tienen un potencial de producción similar, para ello sugieren usar medidas de conductividad eléctrica aparente (ECa) del suelo, obtenidas con un sensor de contacto. También nos indican que en el caso de montados y dehesas, seis propiedades del suelo (arcilla, limo, arena fina, contenido de humedad del suelo, pH y capacidad de intercambio catiónico), se correlacionaron significativamente con la conductividad eléctrica aparente y también determinaron que la elevación y el contenido en arcilla eran las propiedades más importantes, para estimar el potencial de los diferentes sitios ecológicos.

C) CAPACIDAD SUSTENTADORA

Un aspecto básico para realizar una buena gestión pastoral es el concepto de capacidad sustentadora, que se define como la intensidad de utilización que puede soportar el ecosistema, sometido a una acción determinada, a la vez que mantiene su estado.

Por extensión la capacidad sustentadora animal, es la carga animal que puede soportar el ecosistema sometido a una acción determinada, a la vez que mantiene su estado.

La capacidad sustentadora es función del ecosistema y sus características (Σ), de la acción que ejercemos a través de la tecnología sobre el sistema con operadores de artificialización (π), del estado del ecosistema (E_j), y del conjunto de recursos del sistema (σ). La siguiente función es una síntesis del concepto:

$$CS = f(\Sigma, \pi, E, \sigma)$$

Es importante considerar que el concepto de capacidad de carga abarca una amplia colección de enfoques utilizados para comprender mejor las interacciones bióticas en los ecosistemas, si bien la capacidad sustentadora ofrece algunas características comunes subyacentes, existe una amplia gama de definiciones y enfoques, que dificultan un marco unificado para comprender mejor las interacciones de los ecosistemas bióticos (Chapman y Byron, 2018).

En la figura siguiente sintetizamos el efecto en la sostenibilidad del sistema cuando se supera la capacidad sustentadora de un sistema, convirtiendo el ecosistema en insostenible.

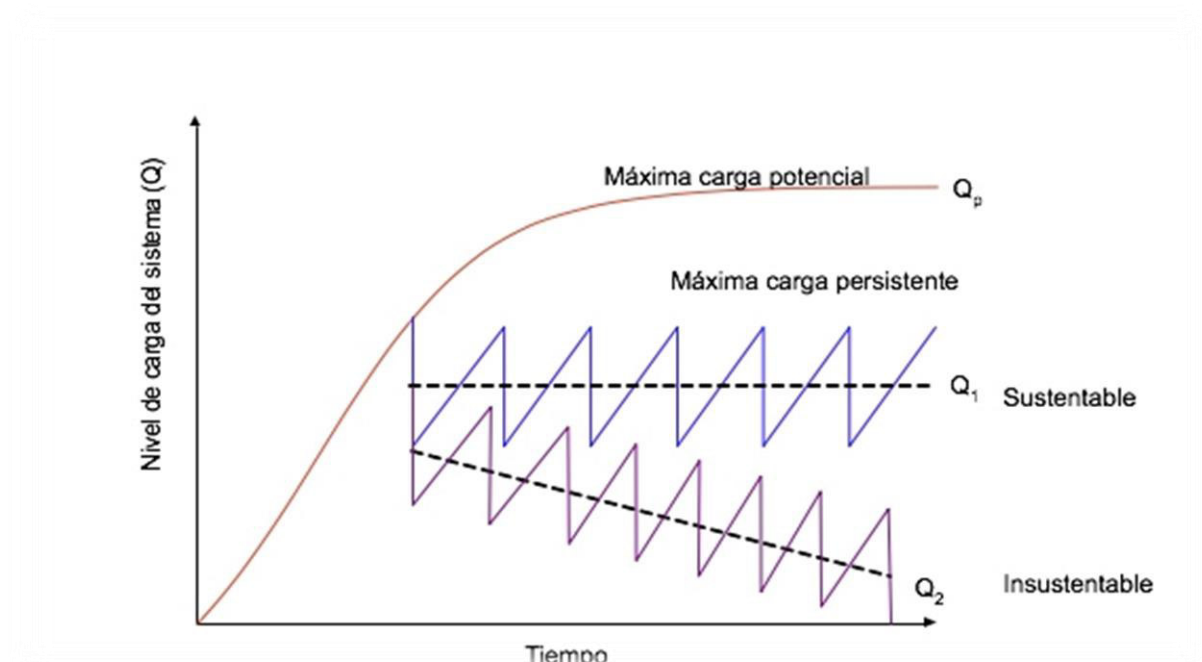


Figura 2. Nivel de carga del ecosistema y la sostenibilidad (Gasto y col., 2010)

En la figura 3, se resumen los principales factores implicados en un ecosistema pastoral como la dehesa: radiación solar, topografía, pastos, arbolado, arbustos, fauna silvestre, etc. También es importante señalar las potenciales aportaciones externas: fertilización, infraestructura, introducción de especies, etc.

La gestión pastoral transforma un ecosistema en un estado E_i , en un ecosistema E_j , con atributos diferentes, en el que la provisión de servicios tangibles e intangibles es diferente. La dificultad reside en asegurar la sostenibilidad del ecosistema y en la búsqueda del equilibrio y optimización de la producción de servicios económicos, sociales y ambientales, considerando que el espacio de solución es limitado (Gastó y col., 2010).

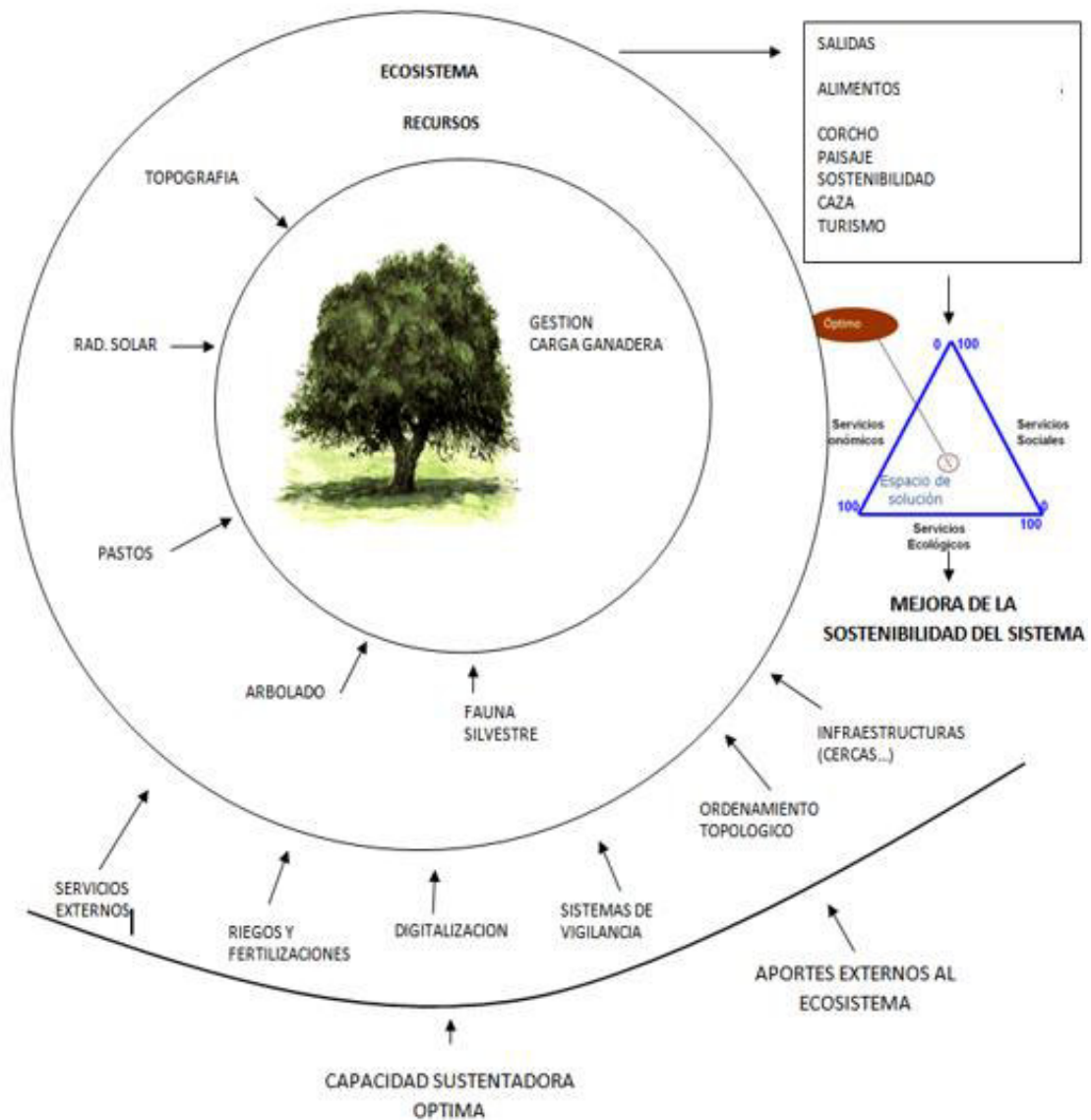


Figura 3. Factores de la artificialización en un ecosistema de dehesa. Elaboración propia basada en Gastó y col (2010)

Definir el grado óptimo de artificialización de un ecosistema de dehesa, es un reto especialmente complejo, depende de numerosos factores internos y externos, que además interactúan entre ellos y evolucionan con el tiempo, pero es importante considerar que, dependiendo de la vulnerabilidad del ecosistema, los costes y los beneficios de la artificialización tiene un comportamiento diferente. En la figura 4, se presenta la previsible evolución de los costes y beneficios de la artificialización en ecosistemas de alta, media y baja vulnerabilidad.

En los ecosistemas de media vulnerabilidad, la intersección de las líneas de costes y beneficios correspondería a un punto de equilibrio, lo que sugiere que determinadas acciones de artificialización podrían mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del ecosistema.

En el caso de los sistemas de baja vulnerabilidad, los niveles de artificialización usualmente son altos y además dependiendo de las condiciones de mercado, insumos, etc., es posible esperar

beneficios sin que se degrade el ecosistema, pero esta situación es muy poco frecuente en los ecosistemas de dehesa.

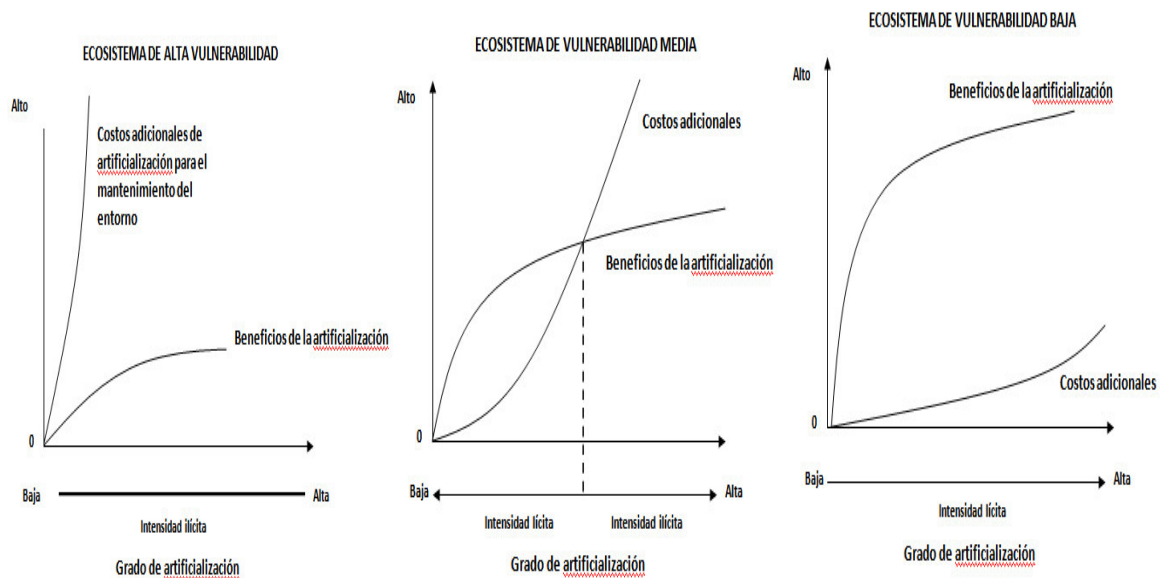


Figura 4. Costes y beneficios del grado de artificialización en ecosistemas de distinta vulnerabilidad (Gastó y col, 2010)

En los sistemas de alta vulnerabilidad entre los que podríamos considerar la mayor parte de las dehesas, los costes de artificializar, p.ej., fertilización, roturaciones, siembras, etc., normalmente serían muy elevados en relación a los potenciales beneficios, además de existir un alto riesgo de degradación del ecosistema, por lo que el margen de actuación es muy limitado. Esto hace obligado un exhaustivo análisis y diagnóstico del estado del ecosistema a la escala adecuada, sitio/finca/cuenca y hacer especial énfasis en técnicas de manejo ecosistémico, apoyándose en mecanismos naturales de evolución del ecosistema, contemplar el corto, medio y largo plazo, identificar factores de detonación que tengan capacidad de generar mecanismos que puedan modificar la funcionalidad del ecosistema, la provisión de servicios, económicos, ambientales y sociales y optimizando la canalización antrópica de los mismos a la vez que asegurando la sostenibilidad de los mismos.

Raufirad y col. (2018), sostienen que las evaluaciones de vulnerabilidad de los pastizales tienen el potencial de funcionar como herramientas conceptuales para los formuladores de políticas y los usuarios de los pastizales para garantizar el manejo sostenible de los pastizales vulnerables, para ello, estos autores proponen un marco conceptual para diseñar una evaluación de la vulnerabilidad de los pastizales que captura un conjunto de variables tanto socioeconómicas como biofísicas que además facilita la incorporación del conocimiento local de los expertos y usuarios de los pastizales y permite la evaluación de vulnerabilidad aplicada a localidades específicas.

La complejidad y la dinámica de los ecosistemas pastorales obliga a que para su gestión se utilicen los principios del manejo ecosistémico: integración de principios ecológicos, económicos y sociales para gestionar sistemas físicos y biológicos de manera que se salvaguarde a largo plazo el ecosistema, la diversidad natural y la productividad y que se sustenta en los principios de: sostenibilidad “mirada generacional”, metas medibles, nivel de organización ecológica, complejidad y

conectividad, dinámica, contexto y escala, componente humano y adaptabilidad.

Avanzar en las tecnologías de manejo ecosistémico necesita considerar muchos aspectos, y como nos indican Khedriharibvand y col. (2017), la determinación de un modelo de medios de vida apropiado para apoyar a los responsables de la formulación de políticas aún es un desafío. Las alternativas de medios de vida se ven afectadas por múltiples factores, como el capital de medios de vida, los contextos de vulnerabilidad, así como las políticas, instituciones y procesos que pueden ser identificados por las partes interesadas desde diferentes perspectivas. En consecuencia, determinar las alternativas de medios de vida adecuadas es un desafío multifacético que requiere técnicas de toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM).

Herrick y col. (2019), nos resumen los enfoques actuales para definir las evaluaciones de degradación y salud de la tierra, y presentan un protocolo, y describen indicadores de salud de los pastizales (DIRH), para recopilar y organizar datos que pueden utilizarse para definir referencias históricas. Este protocolo se basa en el marco y los indicadores presentados en los "Interpretación de los indicadores de salud de los pastizales (IIRH), que utilizan una combinación de conocimiento científico y local para generar evaluaciones específicas del suelo y del clima. Hacen especial mención los procesos seguidos en los Estados Unidos para proporcionar evaluaciones nacionales, para lo que han tenido en cuenta más de 30.000 ubicaciones/sitios.

El SRMR (2018) en un interesante documento nos presenta la gran utilidad para los sistemas pastorales de gestión adaptables, de utilizar los niveles de utilización y la altura residual como herramientas para la gestión adaptable, pero es importante considerar que las mediciones de utilización residual están sujetas a muchas fuentes de muestreo, errores de procedimiento y personales.

Un aspecto de enorme importancia es la respuesta de los ecosistemas pastorales a perturbaciones externas, Jucker Riva y col. (2018) señalan que en los bosques y pastizales mediterráneos, el suministro que hacen de importantes servicios de los ecosistemas puede disminuir o cesar como consecuencia de las perturbaciones y las oscilaciones climáticas y como los gestores de ecosistemas pastorales a veces pueden prevenir o mitigar los efectos negativos de las perturbaciones a través de elecciones de gestión de tierras apropiadas y en su estudio sugieren que es particularmente difícil aumentar la resistencia a las sequías y a los incendios simultáneamente, también nos indican que las prácticas que apuntaban a mitigar el impacto del uso de la tierra no siempre resultaron valiosas en términos de resiliencia.

3.- LA CUENCA

La ordenación, gestión y administración de la cuenca constituye la base fundamental para lograr el desarrollo sostenible. Solo quienes conozcan su entorno sabrán hasta donde puede ser intervenido el territorio sin causar daños que lleven a un colapso irreversible. El uso que se da a la tierra, el tipo de asentamiento humano y la correspondiente organización socio-estructural que presenta debe corresponder a las características del medio.

La cuenca constituye, en general, la matriz de fondo que establece las restricciones naturales de mayor jerarquía, la cuenca establece los limitantes y potencialidades básicas para discretizar el territorio en zonas definidas, al mismo tiempo que zonifican el área. Si se trata de una finca, municipio o comarca cualquiera, debe primeramente localizarse su área dentro de la cuenca. Si se trata de una

cuenca completa o de una región, la zonificación y la ordenación del territorio debe hacerse congruente con los atributos específicos de cada componente de la cuenca.

La artificialización de la dehesa, por tanto, debe hacerse mediante decisiones tomadas a partir del conocimiento de la naturaleza de la cuenca donde nos encontramos, de manera que el resultado no modifique el sistema.

Debemos de considerar que el manejo de la cuenca tiene un gran impacto en la provisión de servicios ecosistémicos. En un interesante estudio realizado por Huang y col. (2019), en la cuenca del río Portneuf en Idaho, USA, dan nuevas evidencias de los impactos del cambio ambiental en los servicios de los ecosistemas de agua dulce, especialmente a través del uso de la tierra y el cambio climático. Utilizan el método de tendencias residuales para evaluar los efectos conjuntos y las contribuciones relativas del cambio climático y la conservación de la tierra en los servicios de los ecosistemas de agua dulce. Sugieren que una mayor implementación de la retirada de tierras agrícolas probablemente preservaría los servicios clave de los ecosistemas de agua dulce y ayudaría a la mitigación proactiva, especialmente para las regiones semiáridas vulnerables a las condiciones climáticas cambiantes.

El funcionamiento hidrológico de los ecosistemas pastorales de dehesa tiene una alta relación con el tipo de cobertura vegetal. Schnabel y col. (2018), concluyen que la dinámica hidrológica en los pastizales mediterráneos con una cubierta arbórea dispersa es compleja, tanto en lo que respecta al agua del suelo como a la escorrentía de captación, que es muy variable en el tiempo. Los cambios futuros en el uso de la tierra o el clima podrían afectar notablemente la dinámica hidrológica de la cuenca, y por lo tanto las cuencas de tierras altas similares. Por ejemplo, un aumento notable de la cubierta de árboles reduciría la disponibilidad de agua de las plantas de pasto, particularmente durante los años secos. Una disminución de las cantidades de precipitación anual y/o el aumento de la intensidad de la sequía, como consecuencia del cambio climático, aumentaría los períodos de déficit de humedad del suelo para las plantas de pastos, así como una reducción de la escorrentía.

4.- LOS PASTOS EN LA DEHESA

En primer lugar, es obligado referirnos a la complejidad del estrato vegetal en las dehesas, es dinámico, permanente, pluriestratificado, y con una alta relación fotosintética, que además varía con la interacción permanente de animales y plantas.

Es posible clasificar los pastos atendiendo a distintas categorías: origen, sistemogénesis, taxonomía, diversidad, fisionomía, longevidad, artificialización, propósito, aprovechamiento, etc.

La sociedad española para el estudio de los pastos, en su nomenclátor básico define el pasto como: cualquier recurso vegetal que sirve de alimento al ganado, bien en pastoreo o bien como forraje.

De forma genérica se entiende por tierras de praderas aquellas áreas del mundo que, debido a limitantes físicos, topográficos, baja precipitación, drenaje insuficiente, irregularidades climáticas, temperaturas frías o muy cálidas o bien por razones económicas, etc, son inadecuadas para el cultivo y son adecuadas como una fuente de alimento para la fauna libre o animales domésticos, como asimismo una fuente de madera, agua, fauna silvestre o recreación.

En el caso de las dehesas y para los fines de este documento, consideraremos los pastos como un ecosistema autorregulable capaz de producir tejido utilizable por los animales, entendiendo como ecosistema el arreglo u ordenamiento de componentes bióticos y abióticos o un conjunto o colección de elementos que están conectados o relacionados de manera que actúan o constituyen una unidad o un todo (Bech y col., 1974).

Los pastos de la dehesa están constituidos por multitud de especies, principalmente anuales, y han sido estudiados y clasificados por muy diversos autores como Clément (2008), Bergmeier y col., (2010), Marañón (1991) o San Miguel (2002), que han caracterizado la gran variedad de pastos de dehesas españolas de forma zonificada.

Se han estudiado mucho los efectos de los factores ambientales en los componentes del pastizal mediterráneo como es el caso de Puerto y col. (1987) o San Miguel (2002). Otros autores como Fernández-Moya y col (2011), se han centrado en el estudio de la formación de diferentes grupos de pastos como respuesta al gradiente ecológico creado por la influencia del árbol.

En el caso de las dehesas, complementariamente a la importancia del arbolado y de los arbustos, las especies herbáceas son los componentes esenciales en la oferta de recursos pastoreables, pero un aspecto de gran importancia práctica, muy tratado en la literatura científica es el de la invasión de arbustos, y preocupación constante de los gestores de dehesas.

Como nos señalan Hering y col (2019), la invasión de arbustos en las sabanas semiáridas es inducida por los efectos interactivos del clima, la extinción de incendios y la ganadería insostenible; conlleva un grave riesgo de degradación de la tierra e influye fuertemente en las comunidades naturales que proporcionan funciones clave del ecosistema, aunque los efectos específicos de las especies de arbustos, en muchos grupos de animales que actúan como indicadores de degradación, siguen siendo en gran parte desconocidos, como es el caso de los escarabajos que tienen importantes implicaciones para el funcionamiento del ecosistema de sabana porque proporcionan funciones como la descomposición y el ciclo de nutrientes.. Dichos autores concluyen que la gestión y restauración de los pastizales debe considerar los complejos compromisos entre los efectos específicos de la especie y el nivel de intrusión para el uso sostenible de la tierra.

El equilibrio entre los distintos estratos de vegetación en un ecosistema de dehesa tiene un importante impacto en diversos aspectos, circulación de nutrientes y agua, el microclima, la estacionalidad y accesibilidad del recuso vegetal, la provisión de servicios ambientales, etc. Crous-Duran y col. (2018) han mostrado que la inclusión de árboles en pastizales o sistemas cultivables aumentó la energía acumulada global del sistema en comparación con los sistemas de monocultivo forestal, de pastos y arables, pero que la energía acumulada por árbol se redujo a medida que aumentaba la densidad de los árboles. La mayor energía acumulada ocurrió en el sistema agroforestal de mayor densidad de árboles en todos los sitios estudiados. Esto sugiere que la captura de recursos ambientales, como la luz y el agua, para obtener servicios de aprovisionamiento es más efectiva en sistemas agroforestales de alta densidad y que son necesarios nuevos estudios que incluyan los efectos del dosel de los árboles en el microclima y el impacto que esto tiene en los pastos, cultivos y rendimientos del ganado, así como el impacto de la densidad de los árboles en el valor económico y la gestión de los diferentes sistemas.

Como nos indican, Lake y Minter (2018), integrar el control biológico clásico con otras técnicas de manejo como herbicidas, incendios, control mecánico, pastoreo o la competencia entre distintas

especies, puede ser la manera más efectiva de manejar las malezas invasoras en áreas naturales y en ecosistemas de pastizales, pero la cantidad de incertidumbres en este ámbito aconsejan estudios adicionales que investiguen los beneficios ecológicos y económicos del manejo integrado de arbustos.

Es importante resaltar la importancia de las condiciones climáticas y el sobrepastoreo, particularmente en los climas áridos y semiáridos y en los ecosistemas frágiles. Middleton (2018), nos señala que la sequía es la impulsora de importantes cambios en la cobertura vegetal y es clave distinguir los cambios derivados de la sequía y del sobrepastoreo.

En el mismo sentido, Shrum y col. (2018), nos señalan que la ganadería implica toma de decisiones complejas y la gestión de riesgos frente a la incertidumbre sobre las condiciones climáticas. La rentabilidad y la sostenibilidad de la ganadería dependen en gran medida de que las precipitaciones sean suficientes y oportunas para la producción de los pastos. Como resultado, los ganaderos pueden adoptar estrategias de almacenamiento conservadoras a largo plazo como cobertura contra la sequía o practicar un enfoque más dinámico en el que varían las tasas de población y la alimentación suplementaria en respuesta a la sequía. Sin embargo, algunas estrategias requieren más información sobre los riesgos climáticos que la que a menudo están disponibles para los ganaderos.

Los pastos naturales de la dehesa se caracterizan por su baja producción, muy ligada siempre a la pluviometría. La diversidad pluviométrica en el año y entre años, motiva fuertes diferencias productivas entre las estaciones del año, característica destacable a nivel general para todo el SO de la Península Ibérica (Figura 5). Como nos indican, Olea y col. (1988), esta diversidad productiva de pastos naturales es apreciable a nivel de cortas distancias geográficas.

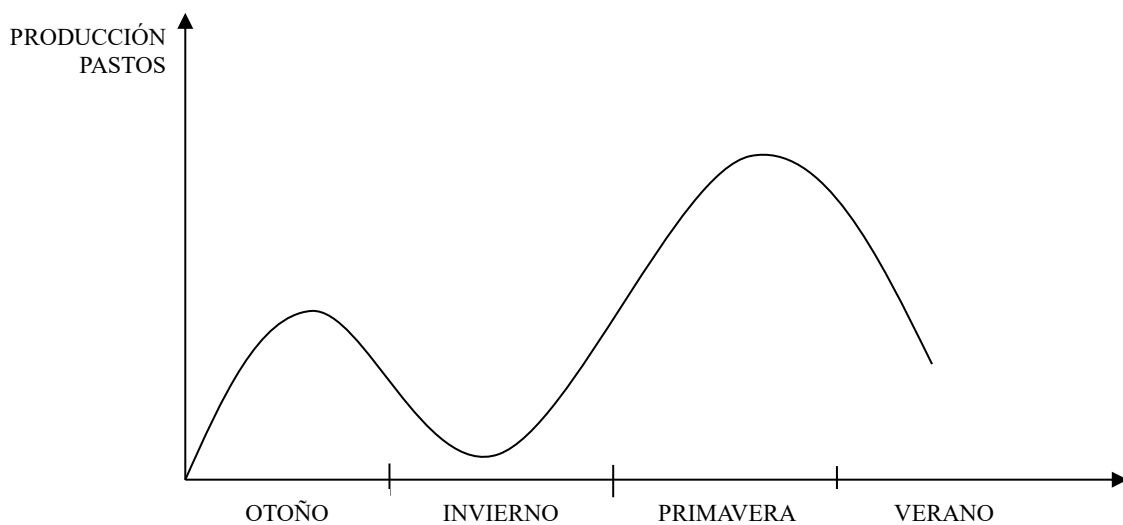


Figura 5. Variabilidad estacional de producción de pastos

Podemos resumir diciendo que el binomio profundidad de suelo/capacidad de retención hídrica, es el factor de mayor influencia en la producción de los pastos naturales, llegando a duplicar la producción cuando este binomio alcanza valores altos.

En los ecosistemas de dehesa, el estrés hídrico es un factor clave para la productividad y sostenibilidad de estos, y son necesarios estudios profundos para entender los mecanismos que subyacen en los flujos hídricos y térmicos, y obtener resultados que permitan incorporarlos en la

gestión de las dehesas (Gómez-Giráldez y col., 2018).

Lozano-Parra y col. (2018), estudiando los efectos de la humedad en el suelo y la cobertura de vegetación concluyen sobre la importancia de la capa superficial (primeros 15 cm) como la capa principal para el suministro de agua de los pastos naturales. También que los suelos debajo de los aleros registraron déficits hídricos más prolongados y más intensos que los ubicados en los pastizales. Esto tuvo un importante impacto en el crecimiento de la biomasa, dado que cuando las condiciones de crecimiento eran secas, el rendimiento de los pastos disminuyó más del 40% en los pastizales y más del 50% por debajo de las copas de los árboles.

Como nos indican Serrano y col. (2019), la temperatura y la precipitación son los principales factores climáticos que influyen en la productividad agrícola y, en los pastizales de secano, el ciclo hidrológico del suelo, identificado por el contenido de humedad del suelo (SMC), es el principal motor del desarrollo de la vegetación. Estos autores han demostrado que el índice de diferencia de agua normalizado (NDWI) basado en imágenes Sentinel-2 es una herramienta para monitorear la dinámica estacional de los pastos y la variabilidad interanual en un sistema mediterráneo-pastoral-pastoral y mejorar la gestión de los pastos. Otros factores como el pH condicionan más el tipo de especies que componen los pastos naturales que su productividad.

El peso de la semilla en los pastizales secos del Mediterráneo es uno de los aspectos más influyentes en la variabilidad de especies, los estudios llevados a cabo por Azcárate y col (2002), muestran como la abundancia de muchas especies está determinada por la dispersión (producción de numerosas semillas pequeñas) en lugar de por la capacidad competitiva de estas

Otro factor importante es la resistencia al pastoreo, es decir, la capacidad relativa de la planta para la supervivencia y crecimiento durante el pastoreo, Briske (1996), aunque estudios de Valone y col. (2002) han demostrado que en praderas áridas la respuesta del pasto perenne no parece tan ligada al movimiento del ganado, como a una propia serie temporal de renovación.

El pastoreo favorece a las especies de plantas con tasas de renovación más altas, porque las que no son capaces de regenerarse o reproducirse rápidamente acaban siendo eliminadas por el ganado.

Lo que se ha producido en la dehesa es lo que podemos llamar un proceso de coevolución en el que las interacciones mutuas entre plantas, herbívoros y microorganismos del suelo han llevado al ecosistema al mejor equilibrio posible. Se ha logrado que no haya descompensación entre producción, consumo, inmovilización temporal de nutrientes en el humus y descomposición de la materia orgánica.

El pastoreo mantiene la dehesa en equilibrio, si es excesivo acaba disminuyendo la resistencia de las plantas a la sequía, aumenta el pisoteo y termina por desnudar y erosionar el suelo. Si es escaso favorece la aparición de especies poco apetecibles para el ganado doméstico que son las propias de la sucesión natural hacia el bosque. Autores como Peco y col (2005) y posteriormente en su trabajo de 2016, han estudiado las consecuencias que supone para el suelo y la vegetación el abandono en sistemas de pastoreo reduciendo sobre todo la disponibilidad de luz a nivel del suelo.

Las deyecciones del ganado reciclan los nutrientes, manteniéndolos cerca de la superficie del suelo, a disposición de las plantas. Se observa que los tallos de las hierbas y arbustos contienen mucho más nitrógeno en los lugares sometidos a pastoreo que en zonas próximas pero que no tengan ganado.

Existen numerosos trabajos que nos muestran la mejora de la eficiencia en pastizales de dehesa con aportes de agua y fertilización nitrogenada como es en el caso de Brueck y col (2010).

5.- PROPÓSITO DE LOS PASTIZALES

El principal propósito de los pastizales es el alimento para poder mantener la producción ganadera, sin embargo, no debemos dejar de verlo como algo global que abarca diferentes dimensiones:

- Producción de alimentos para animales domésticos y salvajes
- Espacio para la producción ganadera y la organización del trabajo
- Conservación de suelos, agua, fauna
- Producción de agua
- Gestión de la fertilidad
- Recreación y turismo
- Estético
- Caza
- Pesca
- Uso de tierras marginales
- Producción combustible
- ...

6.- OPTIMIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE PASTOS

Una buena gestión del pasto de la dehesa está asociada a una alta sostenibilidad económica, ecológica y social del sistema. Para alcanzar el objetivo óptimo de producción debemos conocer la capacidad sustentadora, la carga ganadera, así como las necesidades de los animales y de esta forma, intentar mantener una estabilidad y productividad asegurada a lo largo del año sin perder de vista los costes de producción y vigilando constantemente los beneficios económicos.

Los servicios de los ecosistemas se producen conjuntamente por procesos socio ecológicos, normalmente, en su base, están dirigidos hacia la canalización antrópica y generalmente requieren que se reciba algún tipo de intervención humana (Biggs y col., 2015; Reyers y col., 2013). El papel de la intervención humana en la prestación de servicios de los ecosistemas se reconoce cada vez más en la literatura científica a medida que luchamos por mejorar la gestión de los sistemas socio ecológicos complejos hacia la sostenibilidad (Bennett y col., 2015).

La mayor parte de las veces, cuando se plantea optimizar la gestión y consumo de los pastos se hace casi exclusivamente énfasis en los aspectos de oferta, muchas veces se analiza el papel de los animales de una forma simplificada y no se considera en toda su magnitud las sinergias y particularmente no se abordan los aspectos relacionados con la disponibilidad, que en nuestra opinión es clave. Es importante mencionar que depende de numerosos factores, eficiencia de cosecha, fitomasa, palatabilidad, factor de uso apropiado, sabor, olor, espinas, texturas, arquitectura de las plantas, composición botánica, conformación anatomo-morfológica, distribución espacial, acceso del ganado, velocidad de paso de los alimentos, tiempo de pastoreo, habilidad del utilizador, oferta de nichos, nicho del utilizador, etc.

Entre los conceptos más importantes a considerar, cabe destacar, el conocimiento espacial, es decir, cuáles son los patrones de nacimiento, crecimiento y muerte de los pastos, de manera que podamos ejercer una correcta presión de pastoreo, con una frecuencia e intensidad acordes que realicen una descarga de pastizales de manera que sea posible diseñar un sistema de pastoreo acorde con nuestro ecosistema, que evaluaremos constantemente retroalimentándonos, incluyendo aspectos fundamentales como especie, tipo y número de animales, distribución y períodos de pastoreo.

Patón y col (1995), profundizando en el caso del pastoreo del vacuno retinto, mantienen que una gestión de pastoreo óptima debe incluir conocimientos de la ecología del comportamiento del ganado en pastoreo, así como relaciones entre intensidad de uso y diversidad ecológica.

El pastoreo del ganado tiene una gran variedad de efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los impactos dependen de la historia evolutiva de la región donde se ubica el sistema, el nivel de pastoreo y las condiciones climáticas antes y durante el evento de pastoreo.

Para identificar estrategias de manejo sustentable, se requiere una comprensión basada en el proceso de la diversidad funcional y de la dinámica de los pastizales, y se puede decir que la gestión del pasto, que reduce o elimina la presión de pastoreo durante y después de los años de estrés, es crucial para permitir la recuperación de los pastizales y evitar la degradación permanente como muestran en sus estudios Pfeiffer y col. (2019).

Scheiter y col. (2019), nos indican que los pastizales de sabana (la dehesa es una sabana), proporcionan servicios ecosistémicos esenciales para las personas. El uso intenso de la tierra y el cambio climático pueden degradar los ecosistemas e influir en la provisión de servicios ecosistémicos. Los modelos complejos de vegetación dinámica pueden simular la vegetación futura y cómo la vegetación puede interactuar con el uso de la tierra. Las directivas frente al cambio climático son un desafío y requieren la consideración de los aspectos socio económicos y el modelo ecológico-económico puede servir como herramienta para desarrollar estrategias sostenibles de uso de la tierra en sistemas socio ecológicos complejos a nivel mundial.

7.- EL SISTEMA DE PASTOREO

El pastoreo o tomar el alimento a diente “in situ”, se asocia normalmente a un sistema que no requiere maquinaria, necesita menos mano de obra, menos instalaciones, también a la necesidad de disponer de infraestructuras; cercas, abrevaderos, mangadas, etc., igualmente al incremento del riesgo de infestaciones por parásitos, aunque con salvedades, un mayor gasto energético por el desplazamiento de los animales, consumo de alimentos más selectivo y estercolado heterogéneo, etc.

Los conceptos para elegir un sistema de pastoreo son muchos, pero no todos son fácilmente cuantificables, ni de simple interconexión entre ellos. En la siguiente figura se muestra un esquema global de aspectos que pueden ser de utilidad a la hora de diseñar un sistema de pastoreo (Bullock, 1996).

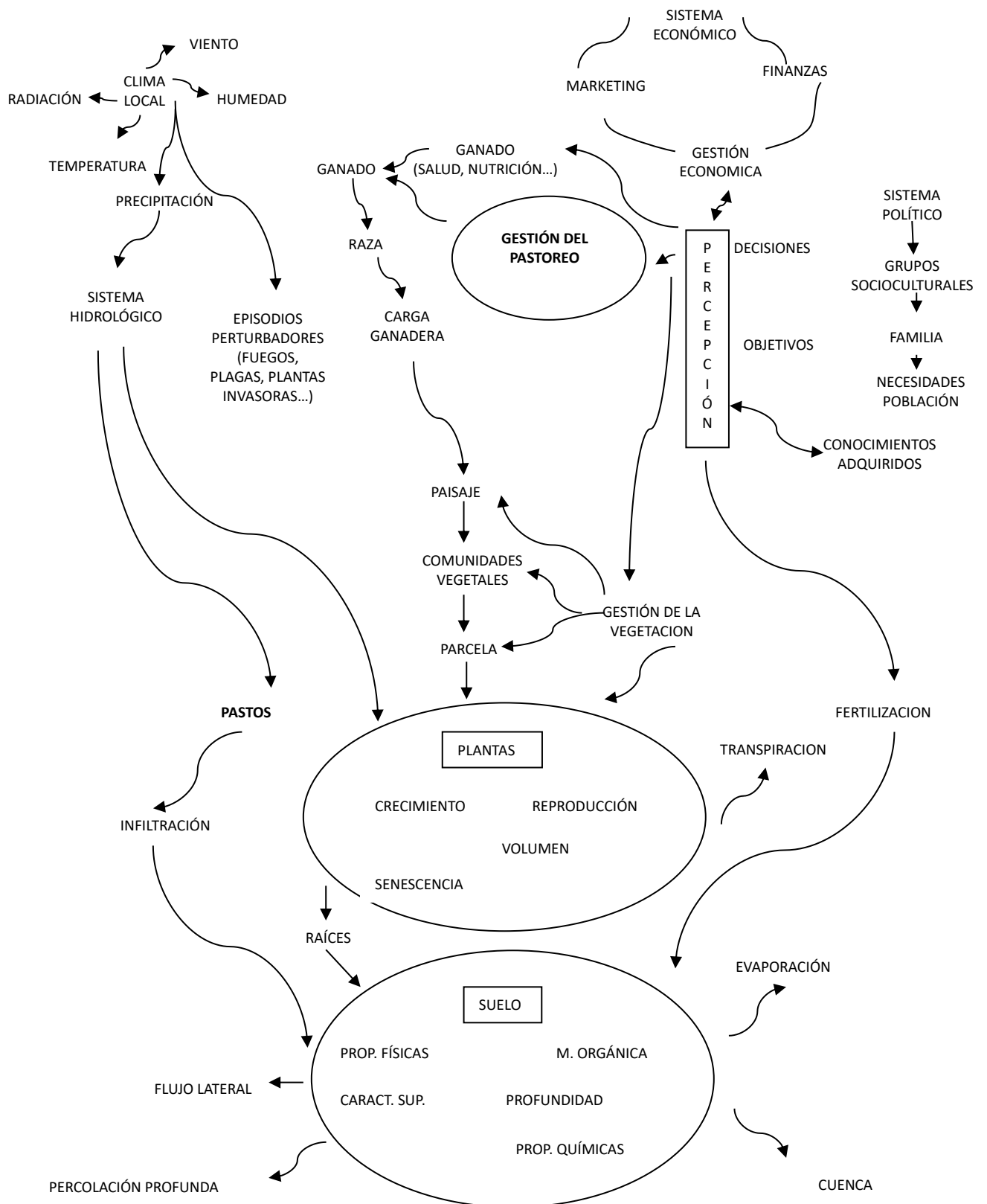


Figura 6. Esquema global de aspectos a tener en cuenta para la gestión del pastoreo (Bullock, 1996).

Aun considerando la gran complejidad de diseñar e implementar sistemas de pastoreo, existen

conceptos y prácticas que pueden ayudar a no equivocarse demasiado, algunos los hemos citado en los párrafos anteriores, pero podríamos decir que es especialmente útil el concepto de uso apropiado de los territorios de pasto, que se basa en cuatro aspectos esenciales:

- Espacio y tipo de animal
- Número de animales
- Distribución
- Época

Cuando hablamos de uso apropiado, podemos referirnos a la utilización de una especie en concreto, a cada especie le corresponde un factor de uso, y también podemos referirnos a la pradera en su conjunto, como la utilización de una pradera que permita mantener la máxima/optima productividad sistémica. Son millones las hectáreas de pasto de distintas partes del mundo que se gestionan considerando estos cuatro aspectos básicos.

El uso no apropiado de los pastizales lleva a una degradación en los pastizales que de forma general se puede describir como una reducción de la productividad biológica y económica, que se produce durante un período de tiempo sostenido y está vinculada a usos inadecuados o no sostenibles de la tierra por parte de los humanos, y los impactos posteriores de este uso no sostenible en la composición de la vegetación, la hidrología y el suelo. (Bedunah y Angerer, 2012).

Una consideración importante es el período de tiempo en que se produce la reducción de la productividad biológica y económica. Es importante considerar que la persistencia de la reducción, (es decir, la cantidad de tiempo que ha permanecido por debajo de la línea de base correspondiente) y no el resultado de la variación a corto plazo (Safriel, 2007).

Es bien sabido que los pastizales pierden productividad y tienen problemas con la funcionalidad del ecosistema, cuando hay tasas excesivas de ganado, sin embargo, como nos indican Venter y col. (2019), el papel de la distribución espacio-temporal de la densidad de pastoreo sigue siendo objeto de debate, el aumento de las densidades de pastoreo de ganado bajo tasas de repoblación equivalentes hará que los animales se concentren más, pasen más tiempo pastando y, por lo tanto, aumenten la utilización de forraje, y reduzcan la selección de parches y especies de vegetación apetitosa.

Como señalan Hunt y col. (2014), a pesar del considerable conocimiento sobre el manejo de tierras y rebaños obtenidos tanto de la investigación como de la experiencia práctica, la adopción de un mejor manejo está limitada por la incapacidad de predecir cómo los cambios en las prácticas y las combinaciones de prácticas afectarán a la producción de ganado, los rendimientos económicos y la condición de los recursos.

Identificar y cuantificar los hábitos de pastoreo en los ecosistemas de dehesa, es un aspecto clave para una buena gestión de este, considerando que los recursos pastorales son muy variables, tanto espacial como estacionalmente, tradicionalmente se han ensayado numerosos sistemas para hacerlo, observación directa del comportamiento de los animales, análisis de heces, medidas muestrales del pasto antes y después del consumo, etc. Ferraz de Oliveira (2013) han revisado la idoneidad de diversas técnicas y han estudiado el potencial del uso de N-alcanos y métodos de proteoma de saliva para evaluar estrategias de pastoreo en montados.

La aportación del pastoreo al funcionamiento de los ecosistemas de dehesa es especialmente difícil y a su vez es un aspecto de gran importancia para evaluar los distintos sistemas de pastoreo. Campos y col. (2018), aplicando el método de valor residual para medir el consumo de forraje de pastoreo del ganado y su precio ambiental privado de acuerdo con la vegetación predominante a escala de explotación, han cuantificado el coste en euros por unidad forrajera entre 0.05 FU^{-1} y 0.06 FU^{-1} para dos grupos de explotaciones.

El desarrollo de las tecnologías de sensores próximos y remotos, el internet de las cosas, los sistemas de posicionamiento, la mejora de la conectividad, el big data y la inteligencia artificial, están permitiendo nuevas aproximaciones para entender patrones de comportamiento animal en pastoreo y también nuevas formas de gestión del pastoreo.

Sales-Batista y col. (2016), para el caso de los “montados” en Portugal, han revisado las principales fuentes de complejidad para el manejo del pastoreo relacionadas con las interacciones entre los pastizales, el ganado y las decisiones humanas y señalan que el riesgo de sobrepastoreo en montados y dehesas, convierten a la presión de pastoreo en un indicador clave para monitorear los cambios y apoyar la toma de decisiones. También sugieren que el uso de las TICs actualmente disponibles, permiten evaluar la dinámica de los pastos y la ubicación espacial del ganado. Estas herramientas simples y efectivas utilizadas para monitorear la presión de pastoreo podrían proporcionar una ayuda diaria eficiente para el uso operacional de los administradores de fincas y también para la investigación de pastizales a través de la recolección y análisis de datos.

Arcoverde y col. (2018) nos indican que predecir las respuestas de la comunidad a las perturbaciones es un desafío importante tanto para la ecología como para la gestión del ecosistema. Un problema particularmente desafiante es que el mismo tipo e intensidad de perturbación puede tener diferentes impactos en diferentes hábitats. Nos señalan igualmente que la evaluación simplificada, particularmente referida al uso de comunidades de hormigas como indicadores de biodiversidad, puede proporcionar información sólida sobre las respuestas a las perturbaciones, lo que mejora su viabilidad para su uso como bioindicadores en la gestión de la tierra.

En referencia a la cuantificación de la complejidad del cambio ecológico, Roberts y col. (2018), nos señalan la importancia de desarrollar métricas que permitan desarrollar sistemas de alerta temprana capaces de predecir y prevenir las transiciones de estado y como el estudio de pastizales puede ayudar a una constatación empírica de cómo responder a preguntas sobre el estado y las etapas de transición en ecología y proveer de herramientas a los formuladores de políticas y gestores para que mejoren sus decisiones.

Igualmente es importante considerar las posibilidades de la restauración biofísica o las medidas de rehabilitación de la tierra, Marques y col. (2016), nos indican que esta restauración se ha demostrado posible en proyectos científicos y en experimentos ambientales a pequeña escala. Sin embargo, circunstancias como la pobreza, las políticas débiles o la transmisión ineficiente del conocimiento científico pueden dificultar la mejora efectiva de la restauración de la tierra y el mantenimiento a largo plazo del uso sostenible y comprobado del suelo y el agua. Esto puede ser especialmente preocupante en terrenos con condiciones ambientales adversas, y concluyen que se debe prestar más atención al sistema social desde la primera etapa de participación, hasta el mantenimiento a largo plazo.

La dinámica del pastizal y su interacción con los animales, son factores fundamentales de la

productividad y de la sostenibilidad, entender y decidir sobre los patrones de carga y descarga del pastizal, son aspectos nada triviales. En la figura 7, se presenta un esquema simplificado de una carga y descarga típica, entre otros factores, dependiendo de las condiciones del sitio ecológico, de la lluvia, y de la posible simultaneidad de los procesos de carga y descarga, la evolución temporal de la biomasa en términos cualitativos y cuantitativos pueden ser muy diferentes.

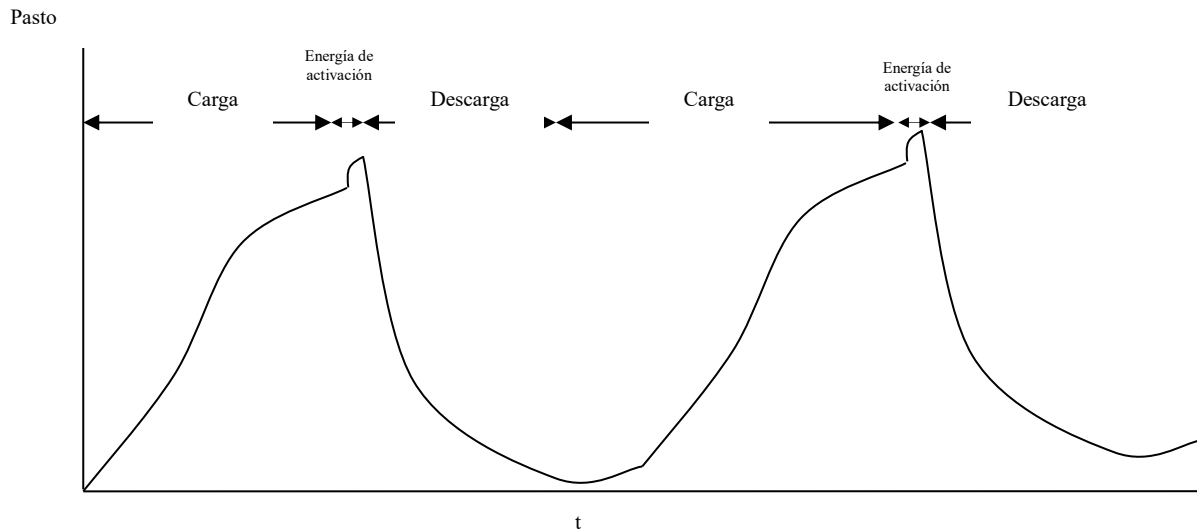


Figura 7. Carga y descarga de un pastizal. Elaboración propia.

Atendiendo a todas las consideraciones comentadas anteriormente, la realidad es que existen numerosos sistemas de pastoreo, cada uno con sus ventajas e inconvenientes, pero lo más importante es que seamos capaces de adaptarlos a las condiciones del espacio de pastoreo disponible, a la infraestructura existente, a la disponibilidad de fuerza de trabajo, a los sitios ecológicos, a las condiciones climáticas y a la estructura y funcionamiento del rebaño.

Entre los principales sistemas de pastoreo utilizados podemos citar:

- Pastoreo libre o continuo (menos inversión en cercados, sobrepastoreo de algunas zonas y rechazo de otras)
- Pastoreo rotacional (adecuado en pastos productivos, pocos rechazos, distribución del estiércol homogénea)
- Pastoreo racionado (pocas pérdidas por pisoteo, alta necesidad de infraestructura y fuerza de trabajo)
- Pastoreo diferido (permite diferir el pastoreo de zonas de pasto abundante, para consumirlas en momentos de escasez)
- Creep grazing (permite el acceso selectivo al pasto de calidad de animales jóvenes para que puedan mejorar sus índices de crecimiento)
- Redileo (técnica tradicional que permite después del pastoreo concentrar los animales en un espacio pequeño, con el fin de mejorar el control de los animales y la concentración de las heces)
- Siega (en época de abundancia del pasto, segar y conservarlo para diferir su consumo)

En la práctica, normalmente se utilizan sistemas mixtos dependiendo de las condiciones, y aunque sea una síntesis poco académica, la mayor parte de los especialistas, sin olvidar la complejidad, sugieren apoyarse en los conocimientos técnicos, en los conocimientos locales, en la cuantificación, en la monitorización permanente y en mucho sentido común.

Otro aspecto de gran importancia es la carga de pastoreo instantánea, que influye en gran medida en el residuo dejado tras el pastoreo, asociando intensidades altas a menor residuo expresado en Kg de materia seca por unidad de superficie, aspecto clave para regular la socio-botánica del pasto.

Uno de los aspectos que condicionan el sistema de pastoreo, es la posibilidad o no de suplementación alimenticia, tanto cualitativa como cuantitativamente. Bohnert y Stephenson (2016), resumen muy bien, a la luz de los conocimientos actuales, las estrategias de suplementación a tener en cuenta, y nos indican que ya no se formulan con el único objetivo de abordar los requerimientos de nutrientes de los animales.

La filosofía es que los pastizales se tienen en cuenta para muchos servicios ecológicos, más allá del alimento para el ganado. Esto ha resultado ser un importante objetivo de investigación para evaluar la capacidad de las estrategias de suplementación para mantener o mejorar la salud y la función ecológica de los pastizales, de una manera que sea económicamente viable, y citan particularmente, la importancia de las prácticas de suplementación para alterar la ubicación del pastoreo del ganado y controlar las especies invasoras.

De una forma simplificada, a continuación, resumimos los aspectos a tener en cuenta en la elección del sistema de pastoreo:

- Homogeneidad y características de la comunidad vegetal
- Época del año
- Programación de riegos, fertilizaciones, siegas
- Mano de obra
- Disponibilidad de maquinaria
- Infraestructura, cercas, caminos, etc
- Nº animales, tipo, sistema de producción
- Alimentación complementaria
- Vulnerabilidad del ecosistema
- Disponibilidad de agua
- ...

Siempre debemos considerar que la gestión pastoral normalmente es fruto de un largo proceso de coevolución, adaptación, y flexibilidad ligada a la diversidad productiva y estructural y que los resultados hay que contemplarlos en los distintos horizontes temporales.

8.- CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PASTIZALES

Los atributos por mejorar en un ecosistema pastoral son numerosos, todos ellos complejos y sinérgicos con el resto, a continuación, citamos los más importantes considerados en una gestión cotidiana de los ecosistemas pastorales:

- Productividad
- Estabilidad
- Coste de cosecha
- Coste de producción
- Eficiencia del trabajo
- Eficiencia de agua, nutrientes, etc
- Integración con sistemas de cultivos
- Resultados económicos

9.- PRINCIPALES OPERADORES

Transformar un ecosistema de un estado Ei a un estado Ej, y además considerar una evolución constante, es un reto especialmente difícil y que necesita de operadores del cambio, Cuando nos referimos a ecosistemas pastorales, los operadores más importantes son: el pastoreo, la fertilización y la siembra, en los párrafos siguientes repasamos resumidamente, algunas de las características más singulares de cada uno de ellos.

A) FERTILIZACIÓN

La fertilización produce un importante impacto en la composición del pasto y en la productividad. En los ecosistemas pastorales la recirculación de nutrientes es un aspecto clave y el principal vector de la circulación de nutrientes son las aportaciones en cantidad y localización de heces y orina, aspecto que además tiene un gran impacto en la estructura y características del suelo.

Desde una aproximación práctica, en los ecosistemas de pastoreo normalmente solo se considera las extracciones de macronutrientes y en particular de fosforo, para la que la disponibilidad de fosforo asimilable es especialmente importante.

Podríamos resumir que La dinámica de extracción de nutrientes es muy compleja, pero en general es escasa y es imprescindible el contraste con las condiciones locales.

B) SIEMBRA Y ESTABLECIMIENTO

Son numerosos los factores que debemos considerar para una buena gestión del operador siembra, probablemente el concepto más importante sea el de “nicho ecológico”, que corresponde a la función que una especie hace en un ecosistema.

Refiriéndonos a las especies presentes, en un sistema en equilibrio, este se puede representar por la siguiente ecuación “ $n+i=d+e$ ” (nacimientos + importaciones= defunciones + exportaciones). Cambios en cualquier de los términos supone que una especie tendrá más presencia o menos en el pasto en un horizonte temporal determinado.

Algunos aspectos importantes a considerar para la utilización del operador siembra:

- Considerar la situación de partida del pasto, el “sitio” ecológico y la existencia o no de especies idóneas.

- No existen especies competidoras excluyentes, cuando se cambia una especie, se altera profundamente el ecosistema y es muy importante la selección de especies, más o menos tolerantes a la sequía, al encharcamiento, salinidad, resistencia a enfermedades, tolerancia al pisoteo, facilidad de establecimiento, etc.
- Siempre hay que hacer planteamientos a medio y largo plazo.
- Las semillas de los pastos son muy pequeñas y esto condiciona muchos aspectos, nacencia, arrastres, etc.
- Siempre hay que considerar un equilibrio entre la fragilidad del ecosistema y la idoneidad y la técnica de la siembra.
- El aprovechamiento adecuado de las plantas jóvenes, evitando aprovechamientos prematuros.
- La importancia de los tratamientos previos (mullido, compactado) y su relación con el sistema de siembra.
- Competencias previsibles con otros vegetales y el papel de potenciales cultivos acompañantes.
- La importancia de hacer, en su caso, siembras de precisión, dependiendo de las características de las diferentes zonas.
- Época de siembra, la disponibilidad de agua, el momento óptimo de hacer la siembra, la profundidad de siembra y las dosis de siembra (secano, regadío)

Los principales errores documentados en la siembra y el establecimiento son: problemas de germinación, calidad de la semilla, calibre inadecuado, contaminación fúngica, mezclas, dureza. También son importantes factores como la temperatura (con frío se producen descalzamientos), humedad, salinidad, y costras del suelo del suelo, insuficiencia de oxígeno, consumo de las semillas y de plántulas por roedores, aves, insectos, la erosión hídrica y eólica, la profundidad de siembra inadecuada, falta de inoculo en el caso de las leguminosas.

En síntesis podríamos decir que la siembra y el establecimiento de pastos tiene una gran complejidad, casi nunca se valora suficientemente las sinergias con la vegetación natural, existen muchos factores de riesgo, también existe una alta dependencia de los factores climatológicos, lo que hace que en situaciones de baja pluviometría y suelos frágiles, solo esté justificado el operador siembra en situaciones muy concretas y para la gestión de las especies de un pastizal, sea más conveniente trabajar alrededor de modificar la dinámica de la vegetación natural.

10.- HIDROLOGÍA Y EROSIÓN RELACIONADA CON LOS PASTOS Y SU APROVECHAMIENTO

De los aspectos más importantes relacionados con los pastos y su uso, es la gestión del agua y la erosión.

De una forma general podemos resumir los factores que influyen en la gestión del agua en un pastizal en la siguiente ecuación:

ECUACION GENERAL DEL AGUA

$$P + R = T + E + I \pm S - M - C \pm \Delta\omega \pm L$$

P = precipitación.

R = riego.

T = transpiración.

E = evaporación.

I = infiltración.

S = escurrimiento superficial.

M = agua metabólica.

C = condensación.

L = escurrimiento profundo.

$\Delta\omega$ = diferencia de agua almacenada.

La gestión pastoral, la cobertura, y el nivel de aprovechamiento, carga animal, etc., pueden modificar importantemente algunos de sus componentes, evapotranspiración, infiltración, escurrimiento superficial, etc.

En la figura 8 sintetizamos la infiltración en el tiempo, dependiendo del nivel de cobertura del pastizal y de la tipología de este. Praderas muy consolidadas, con alta cobertura y un importante desarrollo radicular, permiten altos niveles de infiltración, los niveles bajos de infiltración están asociados a bajas coberturas y pastoreo intensivo, en situaciones intermedias tendríamos pastoreos livianos. La tasa de infiltración condiciona en gran medida, la escorrentía, el riesgo de erosión y también la productividad del pasto.

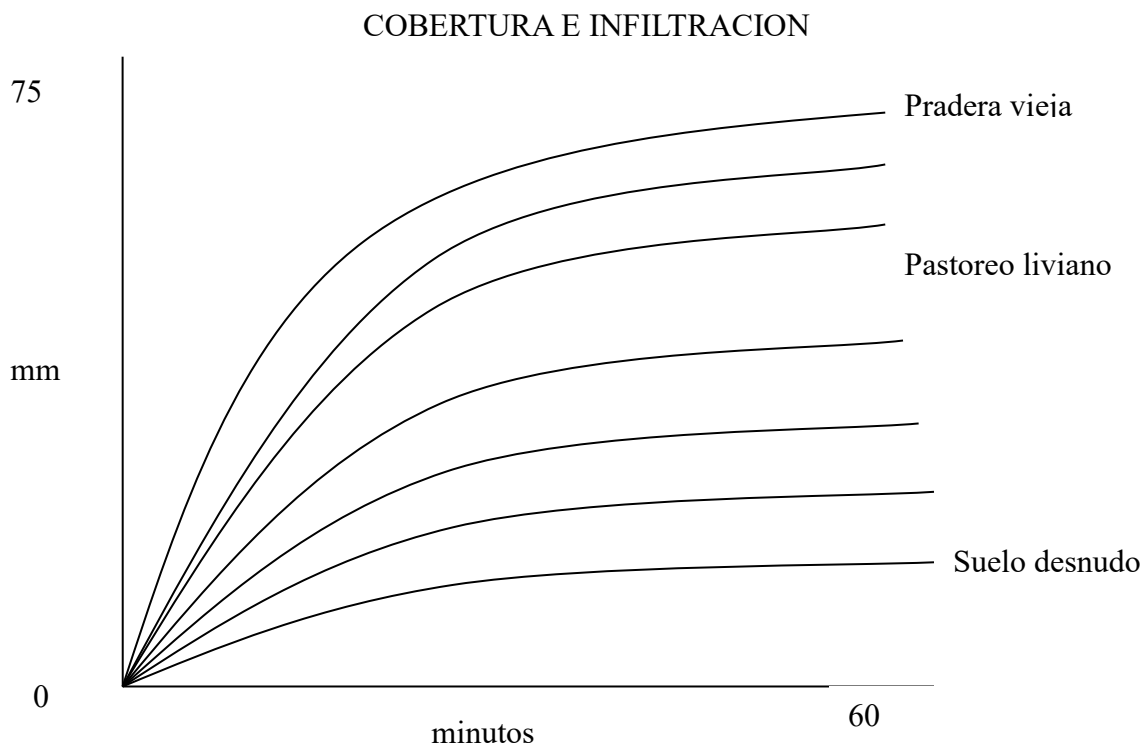


Figura 8. Infiltración en el tiempo. Elaboración propia.

La erosión relacionada con la gestión de los pastizales es otro de los aspectos importantes de la gestión pastoral, Shakesby y col. (2012) han estudiado los riesgos de erosión del suelo asociados con los usos de la tierra, y concluye que en las dehesas y los montados las condiciones pueden ser propensas a una erosión severa si la gestión pastoral no es adecuada.

En la figura 9 ilustramos el comportamiento de la erosión dependiendo de la pendiente y el % de suelo cubierto con pasto, considerando que el pasto normalmente tiene una presencia permanente, en terrenos con pendientes por encima del 15 %, conforme disminuye el grado de cobertura del pasto la pérdida de suelo medido en T/ha y año crece exponencialmente.

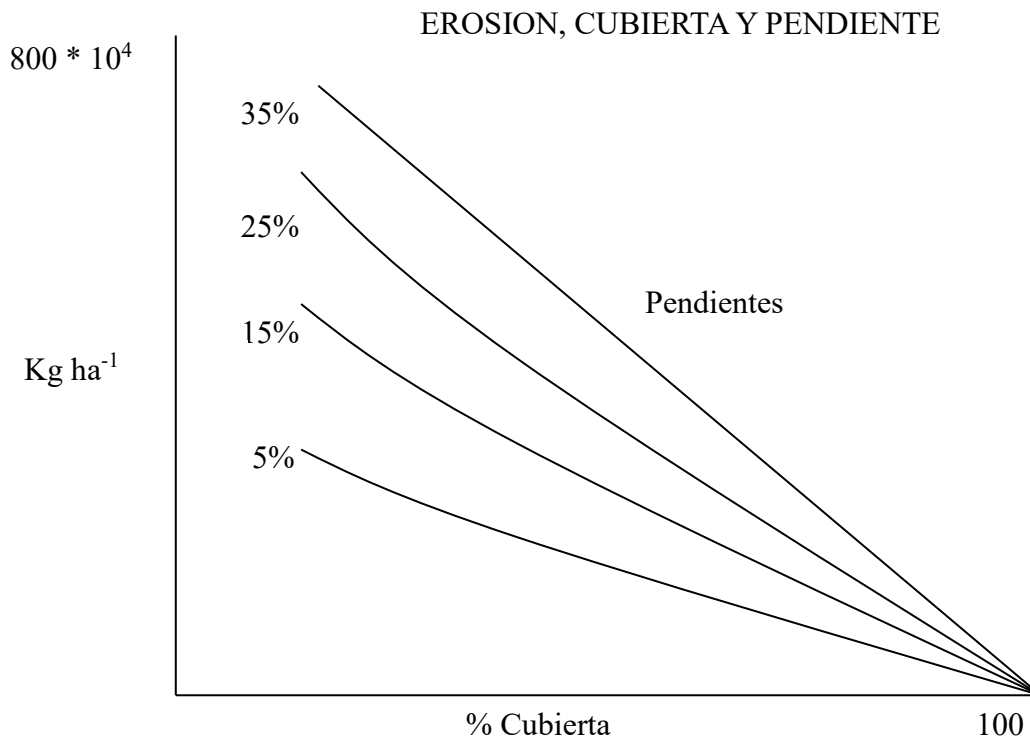


Figura 9. Erosión vs pendiente. Elaboración propia.

11.- REFLEXIÓN FINAL

Son numerosos los trabajos realizados sobre las aportaciones al conjunto de la sociedad y de la salud de los ecosistemas por parte de los sistemas extensivos y particularmente los relativos a dehesas y montados. Como nos indican, Surová y col. (2018), las evaluaciones de las percepciones de la sociedad sobre los sistemas de pastizales ofrecen información sobre las motivaciones, creencias culturales y valores que pueden apoyar la conservación del paisaje y las decisiones cotidianas de los propietarios y de gestores.

En el contexto de una interfaz de interacciones complejas entre los procesos naturales y las actividades humanas, los sistemas extensivos tienen potencial para ofrecer múltiples servicios a nivel de ecosistema. Sin embargo, la representación real de su potencial para el bienestar de la sociedad contemporánea no se ha documentado exhaustivamente. En el estudio realizado por estos autores concluyen que la opinión de las personas entrevistadas coincide en reconocer beneficios tangibles,

pero también intangibles como la identidad cultural, las cualidades estéticas y el conocimiento local.

Como reflexión final podemos decir que la gestión pastoral es clave para la sostenibilidad de los sistemas extensivos y en particular de las dehesas y que está muy relacionada con los principales argumentos que nos pueden ayudar a mejorar la sostenibilidad de estas: uso múltiple, capacidad sustentadora, ciclos de vida, escenarios posibles, servicios económicos, ambientales, sociales y culturales, así como las funciones de intercambio, diversidad, productividad orientada al mercado, y la vigilancia del territorio.

12.- BIBLIOGRAFÍA

Arcoverde, G.B., Andersen, A.N., Leal, I.R., Setterfield, S.A., (2018). Habitat-contingent responses to disturbance: impacts of cattle grazing on ant communities vary with habitat complexity. *Ecological Applications* 28(7), pp. 1808-1817.

Azcárate, F.M., Sánchez, A.M., Arqueros, L., Peco, B., (2002). Abundance and habitat segregation in Mediterranean grassland species: The importance of seed weight *Journal of Vegetation Science*, 13 (2), pp. 159-166.

Bedunah, Donald J., Angerer, Jay P., (2012). Rangeland Degradation, Poverty, and Conflict: How Can Rangeland Scientists Contribute to Effective Responses and Solutions? *Rangeland Ecology and Management*, 65(6):606-613. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00155.1>.

Bennett, E. M., Cramer, W., Alpina, A., Begossi, G., Cundill, S., Díaz, B., Negoh, I., Geijzendorffer, C., Krug, B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., A Mooney, H. Nel, J., Pascual, U., Payet, K., Pérez Harguindeguy, N., D Peterson, G., Prieur-Richard, A.H., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, M., Tschakert, P., Tschardtke, T., (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 14, Pages 76-85, ISSN 1877-3435, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.007>.

Bergmeier, E., Petermann, J., Schroder, E., (2010). Geobotanical survey of wood-pasture habitats in Europe: Diversity, threats and conservation *Biodiversity and Conservation*, 19 (11), pp. 2995-3014.

Biggs, R., C. Rhode, S. Archibald, L. M. Kunene, S. S. Mutanga, N. Nkuna, P. O. Ocholla, and L. J. Phadima. (2015). Strategies for managing complex social-ecological systems in the face of uncertainty: examples from South Africa and beyond. *Ecology and Society* 20(1): 52. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07380-200152>.

Bohnert, D.W., Stephenson, M.B., (2016). Supplementation and sustainable grazing systems. Open Access. *Journal of Animal Science* 94, pp. 15-25.

Briske, D. D., (1996). Strategies of Plant Survival in Grazed System: A Functional Interpretation. En: *The Ecology and Management of Grazing System*. (Ed.) J. Hodgson and A.W. Illius. CAB international, Oxon, England, pp. 37-68.

Brueck, H., Erdle, K., Gao, Y., Giese, M., Zhap Y., Peth, S., Lin, S., (2010). Effects of N and water supply

- on water use-efficiency of a semiarid grassland in Inner Mongolia Plant and Soil, 328, pp. 495-505.
- Bullock, J. M., (1996). Plant Competition and Population Dynamics. En: The Ecology and Management of Grazing System. (Ed.) J. Hodgson and A.W. Illius. CAB international, Oxon, England, pp. 69-100.
- Campos, P., Ovando, P., Mesa, B., Oviedo, J.L., (2018). Environmental Income of Livestock Grazing on Privately-owned Silvopastoral Farms in Andalusia, Spain. Land Degradation and Development 29(2), pp. 250-261.
- Chapman, E.J., Byron, C.J., (2018). The flexible application of carrying capacity in ecology. Global Ecology and Conservation 13, e00365.
- Clément, V., (2008). Spanish wood pasture: Origin and durability of an historical wooded landscape in Mediterranean Europe Environment and History, 14 (1), pp. 67-87.
- Das, N.N., Entekhabi, D., Kim, S., (...), Walker, J., Jackson, T.J., (2018). High-resolution enhanced product based on smap active-passive approach using sentinel 1A and 1B SAR data, Open Access. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives 42(5), pp. 203-205.
- Duran, J., Graves, A.R., Paulo, J.A., (...), García de Jalón, S., Palma, J.H.N., (2018). Modelling tree density effects on provisioning ecosystem services in Europe. Crous-Agroforestry Systems.
- Eldesouky, A., Mesias, F.J., Elghannam, A., Escribano, M., (2018). Journal of Cleaner Production, 200, pp. 28-38.
- El-Madany, T.S., Reichstein, M., Perez-Priego, O., (...), Carvalhais, N., Migliavacca, M., (2018). Drivers of spatio-temporal variability of carbon dioxide and energy fluxes in a Mediterranean savanna ecosystem. Agricultural and Forest Meteorology 262, pp. 258-278.
- Escribano, M., Díaz-Caro, C., Mesias, F.J., (2018). A participative approach to develop sustainability indicators for dehesa agroforestry farms. Science of the Total Environment 640-641, pp. 89-97.
- Fern, R.R., Foxley, E.A., Bruno, A., Morrison, M.L., (2018). Suitability of NDVI and OSAVI as estimators of green biomass and coverage in a semi-arid rangeland. Ecological Indicators 94, pp. 16-21.
- Fernández Rebollo, P., Carbonero, M.D., (2008). Los pastos de las dehesas. Una aproximación a su producción y calidad. En: La dehesa en el norte de Córdoba. Perspectivas futuras para su conservación. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Fernández, P., Carbonero, M.D., Blázquez, A. (Coords.). pp. 135-162. ISBN 978-84-7801-902-1.
- Fernández-Moya, J., Miguel-Ayanz, A.S., Cañellas, I., Gea-Izquierdo, G., (2011). Variability in Mediterranean annual grassland diversity driven by small-scale changes in fertility and radiation Plant Ecology, 212 (5), pp. 865-877.
- Ferraz de Oliveira, M.I., Lamy, E., Bugalho, M.N., (...), Capela e Silva, F., Sales-Baptista, E., (2013). Assessing foraging strategies of herbivores in Mediterranean oak woodlands: A review of key issues and selected methodologies. Agroforestry Systems 87(6), pp. 1421-1437.
- Gastó, J., Calzado, C., Carbonero, M.D., De Pedro, E., Fernández, P., Garrido, A., Gómez, A., Guerrero, J.E., Guzmán, R., Lara, P., Ortiz, L., (2010). Sostenibilidad de las dehesas. [Dos Torres, Córdoba]: Grupo de Desarrollo Rural de Los Pedroches.

- Godinho, S., Guiomar, N., Machado, R., (...), Neves, N., Pinto-Correia, T., (2016). Assessment of environment, land management, and spatial variables on recent changes in montado land cover in southern Portugal. *Agroforestry Systems* 90(1), pp. 177-192.
- Gómez-Giráldez, P.J., Carpintero, E., Ramos, M., Aguilar, C., González-Dugo, M.P., (2018). Effect of the water stress on gross primary production modeling of a Mediterranean oak savanna ecosystem. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences* 380, pp. 37-43.
- Hering, R., Hauptfleisch, M., Geißler, K., (...), Schoenen, M., Blaum, N., (2019). Shrub encroachment is not always land degradation: Insights from ground-dwelling beetle species niches along a shrub cover gradient in a semi-arid Namibian savanna. *Land Degradation and Development* 30(1), pp. 14-24.
- Herrick, J.E., Shaver, P., Pyke, D.A., (...), Toledo, D., Lepak, N., (2019). A strategy for defining the reference for land health and degradation assessments. *Ecological Indicators* 97, pp. 225-230.
- Huang, L., Liao, F.H., Lohse, K.A., (...), Lybecker, D.L., Baxter, C.V., (2019). Land conservation can mitigate freshwater ecosystem services degradation due to climate change in a semiarid catchment: The case of the Portneuf River catchment, Idaho, USA. *Science of the Total Environment* 651, pp. 1796-1809.
- Hunt, L.P., McIvor, J.G., Grice, A.C., Bray, S.G., (2014). Principles and guidelines for managing cattle grazing in the grazing lands of northern Australia: stocking rates, pasture resting, prescribed fire, paddock size and water points - a review. *Rangeland Journal* 36(2), pp. 105-119.
- Jucker Riva, M., Baeza, J., Bautista, S., Valdecantos, A., Schwilch, G., (2018). How does land management contribute to the resilience of Mediterranean forests and rangelands? A participatory assessment *Land Degradation and Development* 29(10), pp. 3721-3735.
- Kay, S., Crous-Duran, J., Ferreira-Domínguez, N., (...), Weibel, R., Herzog, F., (2018). Spatial similarities between European agroforestry systems and ecosystem services at the landscape scale. *Agroforestry Systems* 92(4), pp. 1075-1089.
- Khedrigharibvand, H., Azadi, H., Teklemariam, D., de Maeyer, P., Witlox, F. (2017). Livelihood alternatives model for sustainable rangeland management: a review of multi-criteria decision-making techniques. *Environment, Development and Sustainability*, pp. 1-26.
- Lake, E.C., Minter, C.R., (2018). A review of the integration of classical biological control with other techniques to manage invasive weeds in natural areas and rangelands. *BioControl* 63(1), pp. 71-86.
- López-Sánchez, A., Dirzo, R., Roig, S., (2018). Changes in livestock footprint and tree layer coverage in Mediterranean dehesas: a six-decade study based on remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 39(14), pp. 4727-4743.
- Lozano-Parra, J., Schnabel, S., Pulido, M., Gómez-Gutiérrez, Á., Lavado-Contador, F., (2018). Effects of soil moisture and vegetation cover on biomass growth in water-limited environments *Land Degradation and Development*, 29(12), pp. 4405-4414.
- Marañón, T. (1991). Diversidad en comunidades de pasto mediterráneo: modelos y mecanismos de coexistencia. *Ecología*, 5: 149-157.

- Marques, M.J., Schwilch, G., Lauterburg, N., (...), Rubio, J.L., Schmiedel, U., (2016). Multifaceted impacts of sustainable land management in drylands: A review. *Sustainability (Switzerland)* 8(2), 177.
- McDonald, S.E., Reid, N., Waters, C.M., Smith, R., Hunter, J., (2018). Improving ground cover and landscape function in a semi-arid rangeland through alternative grazing management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 268, pp. 8-14.
- Middleton, N., (2018). Rangeland management and climate hazards in drylands: dust storms, desertification and the overgrazing debate. *Natural Hazards* 92, pp. 57-70.
- Moral, F.J., Serrano, J.M., (2019). Using low-cost geophysical survey to map soil properties and delineate management zones on grazed permanent pastures. *Precision Agriculture*.
- Moreno, G., Aviron, S., Berg, S., (...), Viaud, V., Burgess, P.J., (2018). Sistemas agroforestales de gran naturaleza y valor cultural en Europa: provisión de bienes comerciales y otros servicios ecosistémicos. *Sistemas agroforestales* 92 (4), pp. 877-891.
- Olea, L., Parede, J., Verdasco, P., (1988). Mejora de pastos de la dehesa en el S.O. de la península ibérica. *Hojas divulgadoras* 17/88 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Patón, D., Zaballos, T., Tovar, J., (1995). Ecología del comportamiento del ganado vacuno retinto en pastoreo. Relaciones entre intensidad de uso, diversidad ecológica y composición botánica del pastizal. *Archivos de Zootecnia*, 44: 303-315.
- Peco, B., De Pablos, I., Traba, J., Levassor, C., (2005). The effect of grazing abandonment on species composition and functional traits: The case of dehesa grasslands *Basic and Applied Ecology*, 6 (2), pp. 175-183.
- Peco, B., Sánchez, A.M., Azcárate, F.M., (2006). Abandonment in grazing systems: Consequences for vegetation and soil *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113 (1-4), pp. 284-294.
- Pfeiffer, M., Langan, L., Linstädter, A., (...), Mudongo, E.I., Scheiter, S., (2019). Grazing and aridity reduce perennial grass abundance in semi-arid rangelands – Insights from a trait-based dynamic vegetation model. *Ecological Modelling* 395, pp. 11-22.
- Puerto, A., Rico, M., Y Gómez Gutiérrez, J. M., (1987). Comparación de la producción primaria aérea neta de dos unidades de explotación ("Dehesas") en relación con la topografía, litología y régimen climático. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 25: 529-547.
- Raufirad, V., Hunter, R., Endress, B.A., Bagheri, S., (2018), Application of Vulnerability Assessment to a Grazed Rangeland: Toward an Integrated Conceptual Framework *Rangelands* 40(1), pp. 17-23.
- Reyers, B., Biggs, R., Cumming, G. S., Elmqvist, T., Hejnowicz, A. P. and Polasky, S. (2013), Getting the measure of ecosystem services: a social–ecological approach. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11: 268-273. doi: 10.1890/120144.
- Roberts, C.P., Twidwell, D., Burnett, J.L., (...), Sundstrom, S.M., Allen, C.R., (2018). Early Warnings for State Transitions. *Rangeland Ecology and Management* 71(6), pp. 659-670.
- Rodríguez-Estévez, V., Sánchez-Rodríguez, M., Arce, C., García, A., Perea, J.M. y Gómez-Castro, A.G., (2012). Consumption of Acorns by Finishing Iberian Pigs and Their Function in the Conservation of the Dehesa Agroecosystem. *Agroforestry for Biodiversity and Ecosystem Services – Science*

and Practice.

- Safriel U.N., (2007). The Assessment of Global Trends in Land Degradation. In: Sivakumar M.V.K., Ndiang'ui N. (eds), *Climate and Land Degradation. Environmental Science and Engineering (Environmental Science)*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sales-Baptista, E., d'Abreu, M.C., Ferraz-de-Oliveira, M.I., (2016). Overgrazing in the Montado? The need for monitoring grazing pressure at paddock scale. *Agroforestry Systems* 90(1), pp. 57-68.
- San Miguel, A. (2002). *Pastizales naturales españoles. Caracterización, aprovechamiento y posibilidades de mejora*. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid, España.
- Scheiter, S., Schulte, J., Pfeiffer, M., (...), Erasmus, B.F.N., Twine, W.C., (2019). How Does Climate Change Influence the Economic Value of Ecosystem Services in Savanna Rangelands. *Ecological Economics* 157, pp. 342-356.
- Schnabel, S., Parra, J.L., Gómez-Gutiérrez, A., Alfonso-Torreño, A., (2018). Hydrological dynamics in a small catchment with silvopastoral land use in SW Spain, *Dinámica hidrológica en una pequeña cuenca con uso silvopastoril del SW Español*. *Geographical Research Letters* 44(2), pp. 557-580.
- Serrano, J., Shahidian, S., da Silva, J.M., (2019). Evaluation of normalized difference water index as a tool for monitoring pasture seasonal and inter-annual variability in a Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Water (Switzerland)* 11(1), 62.
- Shakesby, R.A., Coelho, C.O.A., Schnabel, S., (...), Ferreira, A.J.D., Doerr, S.H., (2002). A ranking methodology for assessing relative erosion risk and its application to dehesas and montados in Spain and Portugal. *Land Degradation and Development* 13(2), pp. 129-140.
- Shrum, T.R., Travis, W.R., Williams, T.M., Lih, E., (2018). Managing climate risks on the ranch with limited drought information. Open Access. *Climate Risk Management* 20, pp. 11-26.
- SRMR Assessment Monitoring Committee - Rangelands, (2018). *Utilization and Residual Measurements: Tools for Adaptive Rangeland Management*, *Rangelands* 40(5), pp. 146-151.
- Surová, D., Ravera, F., Guiomar, N., Martínez Sastre, R., Pinto-Correia, T., (2018). Contributions of Iberian Silvo-Pastoral Landscapes to the Well-Being of Contemporary Society. *Rangeland Ecology and Management* 71(5), pp. 560-570.
- Torralba, M., Oteros-Rozas, E., Moreno, G., Plieninger, T., (2018). Exploring the Role of Management in the Coproduction of Ecosystem Services from Spanish Wooded Rangelands. *Rangeland Ecology and Management* 71(5), pp. 549-559.
- Valone, T.J., Meyer, M., Brown, J.H., Chew, R.M., (2002). Timescale of perennial grass recovery in desertified arid grasslands following livestock removal. *Conservation Biology*, 16, pp.
- Venter, Z.S., Hawkins, H.-J., Cramer, M.D., (2019). Cattle don't care: Animal behaviour is similar regardless of grazing management in grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 272, pp. 175-187.
- Wilmer, H., Porensky, L.M., Fernández-Giménez, M.E., (...), Ritten, J.P., Peck, D.P., (2019). Community-engaged research builds a nature-culture of hope on North American great plains rangelands. *Social Sciences* 8(1),22.