

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**MANEJO REGENERATIVO DEL PASTOREO Y SUS EFECTOS SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS**

POR

SEBASTIÁN IGNACIO TRONCOSO CORTEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2024**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MANEJO REGENERATIVO DEL PASTOREO Y SUS EFECTOS SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS**

POR

SEBASTIÁN IGNACIO TRONCOSO CORTEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2024**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Christian Guajardo F.

Ing. Agrónomo, Dr.

Guía

Profesor Asistente, Marco Sandoval E.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs, Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Soledad Espinoza T.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs. Dr. Cs.

INIA Quilamapu

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen	1
Summary	1
Introducción	2
Desarrollo y Discusión	3
Conclusiones	23
Referencia	23

INDICE DE TABLAS

	Página
Cuadro 1 Principales beneficios en aspectos económicos, sociales y ecológicos del pastoreo regenerativo.	11
Cuadro 2 Resumen de las principales desventajas y controversias del manejo regenerativo.....	22

MANEJO REGENERATIVO DEL PASTOREO Y EFECTOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS

REGENERATIVE GRAZING MANAGEMENT AND EFFECTS ON GRASSLAND PRODUCTIVITY

Palabras claves: Pastoreo regenerativo, ganadería regenerativa, manejo holístico del pastoreo, pastoreo adaptativo en potreros múltiples, agricultura regenerativa.

RESUMEN

El manejo del pastoreo regenerativo (MR) se define como una forma adaptativa de manejo intensivo del pastoreo en la que se planifica, gestiona y monitorea cuidadosamente el momento y la distribución del pastoreo con el objetivo de que las praderas se recuperen y regeneren para mejorar la productividad de las praderas y la resiliencia del sistema ganadero, en este los animales pasan la mayor parte de su vida en las praderas, alimentándose exclusivamente de forrajes y heno. su objetivo es restaurar la salud del suelo, proteger los recursos naturales y optimizar los servicios ecosistémicos, al mismo tiempo que se promueve una producción ganadera sostenible y equilibrada. El término "manejo regenerativo del ganado" comprende un conjunto de sistemas de pastoreo que pueden considerarse basados en la ecología o regenerativos. El MR ha afirmado consistentemente tener un mayor potencial que los sistemas de pastoreo convencionales y menos intensivos para mejorar la condición y productividad de las praderas, del ganado y las condiciones ambientales, el cual es un tema controversial con posturas positivas ,negativas y dubitativas, en el que no se ha logrado llegar un consenso, pero diferentes investigaciones y experiencias prácticas sugieren que MR podría tener un impacto positivo en las condiciones ecológicas a largo plazo de los predios, especialmente en lo que respecta a la resiliencia del ecosistema y su sostenibilidad.

SUMMARY

Regenerative grazing management (RM) is defined as an adaptive form of intensive grazing management in which the timing and distribution of livestock grazing is carefully planned, managed and monitored with the aim of grasslands recovering and regenerating to improve the productivity of the grasslands and the resilience of the livestock system, in which the animals spend most of their lives in the grasslands, feeding exclusively on forage and hay. Its goal is to restore soil health, protect natural resources and optimize ecosystem services, while promoting sustainable and balanced livestock production. The term "regenerative livestock management" encompasses a set of grazing systems that can be considered ecologically based or regenerative. MR has consistently claimed to have greater potential than conventional, less intensive grazing systems to improve the condition and productivity of grasslands, livestock and environmental conditions, which is a controversial issue with positive, negative and dubitative positions, for which a consensus has not been reached, but different research and practical experiences suggest that MR could have a positive impact on the long-term ecological conditions of the properties, especially with regard to the resilience of the ecosystem and its sustainability.

INTRODUCCIÓN

El pastoreo regenerativo es una práctica agrícola que utiliza la salud del suelo y los principios de manejo adaptativo del ganado para mejorar la rentabilidad del predio, la salud humana y del ecosistema, y la resiliencia del sistema alimentario (Spratt *et al.*, 2021). Aplicable en sistemas forrajeros tanto anuales como perennes, dicho pastoreo se basa en principios ecológicos y en la relación entre praderas y rumiantes (Knapp *et al.*, 1999). El pastoreo regenerativo según Spratt *et al.* (2021) es un componente de la agricultura regenerativa que enfoca sus esfuerzos en reducir o eliminar los insumos sintéticos y la labranza, busca lograr una mayor diversidad de vida vegetal, animal y microbiana, y la generación de ingresos suficientes para construir negocios agrícolas viables y compensar de manera justa la mano de obra agrícola. El pastoreo o ganadería regenerativa, es una práctica agrícola la cual está relacionada íntegramente con la agricultura regenerativa,

siendo uno de sus fundamentos o componentes. Actualmente, la agricultura regenerativa (AR) no tiene una definición científica descrita de manera integral (Elevitch *et al.*, 2018), por lo que se puede promover diferentes percepciones de la AR. Malik y Verma (2014) describen la AR como una técnica modificada dinámicamente avanzada que implica el uso de métodos de agricultura orgánica, mientras que para Elevitch *et al.* (2018) la AR es un enfoque agrícola que tiene la facultad de contribuir a la construcción de suelos junto con su fertilidad y salud, mejorar y conservar la biodiversidad, secuestro de carbono, la capacidad de autorrenovación y resiliencia en la salud del ecosistema, entre otros. Schreefel *et al.* (2020) menciona que la agricultura regenerativa se enfoca en la conservación del suelo como punto de partida para impulsar la regeneración y mejorar diversos servicios de aprovisionamiento, regulación y respaldo, con la finalidad central de beneficiar el entorno natural, así como también los aspectos sociales y económicos vinculados a la producción sostenible de alimentos. Gosnell *et al.* (2019) define la agricultura regenerativa como una alternativa de producción de alimentos y fibras, que se preocupa por mejorar y restaurar sistemas regenerativos, holísticos y resilientes respaldados por procesos ecosistémicos funcionales y suelos orgánicos saludables capaces de producir un conjunto completo de servicios ecosistémicos, entre ellos la captura de carbono del suelo y una mayor retención de agua del suelo.

Por lo tanto, la agricultura regenerativa es un planteamiento recientemente formado que se enfoca en la reducción de los insumos exógenos, la recuperación y mejora de los servicios ecosistémicos. Estos fundamentos de la agricultura regenerativa sugieren que los sistemas ganaderos modernos pueden modificarse para explotar mejor el nicho ecológico del animal como cicladador biológico, lo que puede ser necesario para restaurar completamente ciertos paisajes (Rowntree *et al.*, 2020).

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Capítulo 1. Implicancia de la ganadería en el medio ambiente y el cambio climático

La agricultura y la ganadería son agroecosistemas que proporcionan diversos servicios ecosistémicos (SE), estos dependen en gran medida de los servicios ecosistémicos naturales (SEN) para funcionar correctamente, y en todos los escenarios, las prácticas de manejo agrícola apropiadas son fundamentales para obtener los beneficios de los servicios ecosistémicos y reducir los perjuicios de las actividades agrícolas (Power, 2010). Díaz de Otálora *et al.* (2021) menciona que los suelos junto con los SEN realizan diversas funciones y son vitales para el funcionamiento saludable y normal de los ecosistemas terrestres y de la sociedad en su conjunto. No obstante, la agricultura y ganadería intensiva ha perjudicado fuertemente los servicios ecosistémicos naturales, como ejemplo, alrededor del 20 % de las praderas naturales del mundo se han convertido en cultivos, lo que ha provocado una pérdida del 60 % de las reservas de carbono del suelo (Conant *et al.*, 2017), Lam *et al.* (2011), señalan que la agricultura también ha sido reconocida como la principal fuente de la contaminación difusa del recurso hídrico. Además, la agricultura intensiva reduce la biodiversidad del suelo, haciendo que las redes alimentarias del suelo sean menos diversas y compuestas por un menor número de microorganismos y fauna microscópica, y que estos cambios en la biodiversidad del suelo debido a la intensificación del uso de la tierra pueden amenazar el funcionamiento del suelo en los sistemas de producción agrícola (Tsiafouli *et al.*, 2015). Por lo tanto, la intensificación y extensificación de la agricultura podría ser una amenaza a los ecosistemas a nivel mundial y que la intensidad de estos efectos podría aumentar con el cambio climático global, crecimiento de la población y demanda de alimentos (Balbi *et al.*, 2015).

Según Poore y Nemecek (2018), nuestro sistema alimentario mundial libera anualmente alrededor del 25 % de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), provoca alrededor de un tercio de la acidificación terrestre y es causante de la gran parte de la eutrofización mundial de las aguas superficiales. Campbell *et al.* (2017), señalan que, si el sistema alimentario actual continúa con sus prácticas normales como el utilizar pesticidas sintéticos, fertilizantes artificiales, combustibles fósiles y generando desperdicios de alimentos es probable que excedamos la capacidad de carga de nuestro planeta. En consecuencia, el mayor

desafío inmediato para nuestro sistema alimentario mundial es lograr producir suficientes alimentos que sean seguros y nutritivos para la creciente población de una manera más sostenible y que estén dentro de la capacidad de carga del planeta (Campbell *et al.*, 2017; Willett *et al.*, 2019).

La ganadería a menudo se considera el principal emisor de GEI de la agricultura, y contribuye con más de un tercio de las emisiones agrícolas (EPA, 2019) y según Gerber *et al.* (2013) ha sido considerada responsable del 14,5 % de los GEI inducidas por el ser humano, de los cuales la carne y los productos lácteos representan el 41 y 21 %, respectivamente, señalando que el sector ganadero incidiría de manera importante en el cambio climático.

Capítulo 2. Ganadería o manejo regenerativo del pastoreo

Dentro de los manejos o prácticas ganaderas surge el término “intensificación sostenible”, el cual refleja el desafío que enfrenta la gestión agrícola para aumentar la producción sin aumentar la presión ambiental, por lo que la “intensificación sostenible” de los sistemas ganaderos se introduce como una opción enfocada en lograr un aumento de productos agroganaderos sin acrecentar la presión sobre los ecosistemas naturales (Garnett *et al.*, 2013). Los ganaderos regenerativos aplican prácticas que contribuyen a la transformación del rubro ganadero hacia un futuro más sostenible en términos económicos, sociales y medioambientales (Díaz de Otálora *et al.*, 2021). Los principales puntos en común en todos los sistemas agrícolas regenerativos son: (1) eliminar la labranza de suelo o el fomentar la reconstrucción activa de suelo después de la labranza, (2) abandonar las prácticas de espacio-temporales del suelo desnudo o barbecho, (3) promover la biodiversidad de plantas en el predio y (4) la integración de las operaciones ganaderas y agrícolas (LaCanne y Lundgren, 2018).

Díaz-Pereira *et al.* (2020) señala que una administración sostenible de las áreas de pastoreo sería primordial para promover la seguridad alimentaria, el bienestar humano, ayudaría a evitar la degradación de los suelos y podría contribuir a la disminución y adaptación al cambio climático, por lo tanto, la administración de las praderas o áreas de pastoreo brindan una variedad de servicios ecosistémicos. Esto conduciría a una agricultura alejada de la agricultura intensiva basada en gran

medida en los insumos de combustibles fósiles hacia un sistema, administración o intensificación basada en la gestión de praderas y la energía solar (Pinheiro, 2011). Una alternativa al manejo convencional es el enfoque regenerativo del ganado, que surge de los movimientos agrícolas orgánicos y regenerativos. El manejo regenerativo del ganado (MR) comprende un conjunto de técnicas de pastoreo que buscan imitar las relaciones naturales entre los herbívoros, las plantas y las comunidades del suelo (Kleppel y Frank, 2022). Su objetivo es restaurar y mantener la salud del suelo, proteger los recursos naturales y optimizar los servicios ecosistémicos (Brown, 2018; Kleppel, 2020; Teague *et al.*, 2011). Su esencial principio es lograr una adaptación del ciclo anual de producción del ganado a los ciclos naturales y las praderas, logrando de esta manera reducir y optimizar el empleo de insumos internos y externos, disminución de costos y aumentar la rentabilidad de la operación ganadera (Spratt *et al.*, 2021). El manejo regenerativo del pastoreo se basa en la rotación de los animales a través de diferentes áreas de pastoreo, permitiendo que las praderas se recuperen y se regeneren después del pastoreo. La frecuencia y duración del pastoreo varían según el tipo de pradera, el ganado, la época del año y las condiciones climáticas (Gosnell *et al.*, 2020).

Según Kleppel y Frank (2022), el manejo regenerativo del ganado (MR) se define como un sistema basado en una serie de prácticas de manejo en donde los animales pasan la mayor parte de su vida en las praderas, lo que implica que el ganado se alimenta exclusivamente de forrajes. Otros autores definen el MR como una forma adaptativa de manejo intensivo del pastoreo en la que se planifica, gestiona y monitorea cuidadosamente el momento y la distribución del pastoreo con el objetivo de mejorar la productividad de las praderas y la resiliencia del sistema ganadero (Garnett *et al.*, 2017; Spratt *et al.*, 2021; Teague y Barnes, 2017; Teague y Kreuter, 2020). El manejo regenerativo (MR) es una evolución del manejo holístico del pastoreo (MHP), desarrollado por Alan Savory en el sur de África (Gosnell *et al.*, 2020; Savory y Parsons, 1980) y que ahora se aplica en praderas en varias zonas del mundo (Teague y Kreuter, 2020). Este enfoque se caracteriza por el uso de grandes rebaños de ganado en múltiples potreros pequeños, ya sean permanentes o temporales, durante períodos cortos de pastoreo, seguidos de largos períodos de

descanso de recuperación. Esta estrategia busca imitar el movimiento rápido de los rebaños concentrados de ungulados en la naturaleza, perseguidos por depredadores (Savory y Butterfield, 2016).

Los principios fundamentales del MR incluyen limitar la duración del pastoreo para evitar el sobrepastoreo de las especies forrajeras y aprovechar el "efecto de rebaño" para pisotear las plantas muertas, romper las costras duras del suelo e incorporar estiércol, orina y materia orgánica vegetal en los suelos. Este efecto rebaño en el MR se considera vital para la regeneración de suelos y servicios ecosistémicos (Morris, 2021).

2.1. Sistemas de pastoreo regenerativo

Dentro del manejo regenerativo, existen prácticas de pastoreo que emplean enfoques similares entre ellos para regenerar praderas naturales o sembradas, como el pastoreo adaptativo de múltiples potreros (PAMP), el pastoreo de alta densidad y corta duración, el pastoreo de (ultra) alta intensidad, el pastoreo de turbas, el pastoreo celular, manejo holístico del pastoreo (MHP), el pastoreo controlado por tiempo y el pastoreo intensivo planificado, entre otros (Kleppel y Frank, 2022).

Tanto el manejo holístico del pastoreo MHP como los demás métodos de pastoreo regenerativo relacionados han afirmado consistentemente tener un mayor potencial que los sistemas de pastoreo convencionales y menos intensivos para mejorar la condición y productividad de las praderas, el ganado y las condiciones ambientales. Además, se sostiene que pueden desempeñar un papel en la ralentización o incluso la reversión del cambio climático al promover el secuestro de grandes cantidades de carbono en los suelos (Savory, 2013; Savory y Butterfield, 2016). No obstante, las afirmaciones sobre la superioridad del manejo regenerativo son controversiales, divisorias y fuertemente rechazadas, incitando cuantiosos estudios y revisiones (Kleppel y Frank, 2022; Morris, 2021; Teague y Kreuter, 2020).

Existen variados tipos de sistemas de pastoreo que pueden considerarse basados en la ecología o regenerativos como el manejo holístico del pastoreo (MHP), pastoreo adaptativo de múltiples potreros (PAMP), manejo intensivo del pastoreo o pastoreo racional intensivo (MIP), "pastoreo racional de Voisin" (PRV),

entre otros. Todos estos sistemas comparten sus bases en ecosistemas pastoriles y el razonamiento agroecológico, no obstante, existen diferentes motivos para elegir la aplicación de un sistema sobre otro, la elección de algunos sistemas puede ser con la principal finalidad de recuperar los suelos, mientras que otros se focalizan en intensificar la productividad animal (Pinheiro *et al.*, 2021).

2.2. Beneficios del pastoreo regenerativo

La ganadería es una importante fuente de ingresos en zonas rurales de todo el mundo (Desjardins *et al.*, 2012; Gosnell *et al.*, 2020), pero también es conocida por ser responsable de una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de la degradación de los suelos debido a la demanda industrial de alimentos y a la erosión de los suelos causada por el pastoreo excesivo (Gerber *et al.*, 2013). No obstante, las emisiones de GEI de origen terrestre asociadas con las praderas se deben principalmente a una mala gestión, que da como resultado la erosión del suelo y la tierra desnuda, y que una gestión estratégica puede contribuir a la eliminación de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera al mejorar el secuestro de carbono del suelo (SCS) (Teague *et al.*, 2011; Stanley *et al.*, 2018). Gosnell *et al.* (2020), señala que el problema no sería del ganado, sino cómo se gestionan las praderas. La mayoría de las prácticas de pastoreo regenerativo a través de los procesos naturales del ecosistema logran aumentar la materia orgánica del suelo y la biodiversidad en lugar de depender de insumos químicos. Estas prácticas pueden aumentar el secuestro de carbono del suelo (SCS), lo que a su vez impulsa otros servicios ecosistémicos como la productividad de la pradera, capacidad de retención de agua y la biodiversidad, y a la vez la mejora de la producción vegetal y la biodiversidad también impulsarían el SCS (Gosnell *et al.*, 2020).

Spratt *et al.* (2021), señala que los sistemas de pastoreo regenerativo crean efectos de red interdependientes dentro y fuera del predio, algunos de los cuales están bien establecidos y otros requieren más investigación. Este sistema produciría un aumento de la producción de forraje mediante el pastoreo, el cual podría mejorar la estructura y la biología del suelo (Glover *et al.*, 2010). Una mejor salud del suelo conduce a su vez a una mejor producción de forraje y una mejor salud y nutrición animal (Paine *et al.*, 1999), mejorar la función del suelo también puede aumentar la

resiliencia local a los fenómenos meteorológicos extremos al mejorar la retención de agua (Park *et al.*, 2017), animales más saludables brindan beneficios sociales, como una reducción de la dependencia y peligro de resistencia a los antihelmínticos, antibióticos y posiblemente mejorar la nutrición humana (Provenza *et al.*, 2019). Los costos de insumos reducidos debido a la mejora del suelo y la salud del rebaño pueden aumentar la rentabilidad del predio (Spratt *et al.*, 2021). El pastoreo regenerativo ayuda a reducir los costos fijos y variables, al reducir los costos de alimentación al maximizar la ingesta de praderas de alta calidad y los costos de maquinaria y mano de obra promoviendo la sostenibilidad económica del predio (Winsten *et al.*, 2000). El uso de praderas perennes mejoran la calidad del agua (Dinnes *et al.*, 2002) y pueden aumentar la capacidad de almacenamiento de agua del suelo mediante la acumulación de materia orgánica (Rawls *et al.*, 2003), la mezcla diversa de sistemas de raíces primarias y fibrosas de las praderas perennes en pastoreo regenerativo contribuye a suelos saludables que absorben cantidades significativas de precipitación, mitigando la escorrentía de nutrientes y sedimentos, las inundaciones y la sequía (Basche y DeLonge, 2019). Los sistemas de cultivos anuales que incorporan ganado (cultivos de cobertura de pastoreo) pueden proporcionar servicios ecosistémicos de rotación cultivos y cultivos de cobertura más diversos. Esta integración asegura la disponibilidad de forraje todo el año y cobertura del suelo, lo cual es esencial para el control de la erosión y la conservación de la humedad, además de que las praderas de pastoreo regenerativo también pueden proporcionar un hábitat para insectos y aves sin perder productividad resultando en una mayor biodiversidad (Spratt *et al.*, 2021). La transformación de los ecosistemas de praderas en cultivos anuales es un factor comprobado de contribución al cambio climático global, mientras que la restauración de sistemas perennes es una parte importante de la mitigación del cambio climático (Ahlering *et al.*, 2016). La salud y el bienestar animal pueden mejorarse a través del pastoreo regenerativo, lo que generalmente resulta en un menor estrés y una menor incidencia de enfermedades en el rebaño (Spratt *et al.*, 2021). Esto puede conducir a una reducción en el recuento de células somáticas y bacterias en la leche, así como a una disminución de la cojera y las lesiones en pies y piernas (Haskell *et al.*,

2006). La práctica silvopastoril, que combina cultivos de árboles, forraje y ganado, también puede proporcionar sombra para reducir el estrés por calor de los animales, al mismo tiempo que aumenta el flujo de servicios ecosistémicos, como el almacenamiento de carbono (England *et al.*, 2020). Una mejor salud animal se traduciría en una reducción de costos de servicios veterinarios, medicamentos y costos de reemplazo. Las mejoras en la resiliencia financiera tendrían implicaciones en la salud general de las comunidades rurales, el pastoreo regenerativo tendría beneficios en aspectos sociales al promover un sentido de vida y responsabilidad ambiental, mejoras en el bienestar laboral y trabajo en el predio (Spratt *et al.*, 2021).

Los ganaderos regenerativos emplean una gestión adaptativa informada no solo por la experimentación ecológica iterativa, sino también mediante la vinculación de sus decisiones en el predio a objetivos económicos, sociales y ambientales a largo plazo (Díaz de Otálora *et al.*, 2021). Su capacidad para tomar decisiones de pastoreo adaptativas basadas en factores como: disponibilidad del forraje estacional, sequías, incendios, acceso a mercados y mano de obra, entre otros, mejora su probabilidad de éxito a las condiciones dinámicas de las praderas (Gosnell *et al.*, 2020).

Capítulo 3. Evidencias de estudios de pastoreo regenerativo en el mundo

Uno de los sistemas de pastoreo regenerativo más utilizados es el manejo holístico del pastoreo (MHP). Es un sistema de pastoreo que busca gestionar los períodos de recuperación de las plantas mediante eventos de pastoreo de alta intensidad y corta duración en múltiples potreros, este se basa en principios que se enfocan en el momento adecuado del uso de la pradera, dejando una biomasa vegetal adecuada, en períodos de descanso, recuperación, y adaptabilidad (Gosnell *et al.*, 2020). También se conoce como pastoreo adaptativo de múltiples potreros (PAMP) (Park *et al.*, 2017) y manejo intensivo del pastoreo (MIP). McCosker (2000) sintetizó el pastoreo holístico en siete principios los cuales son: 1) ajustar el descanso según la tasa de crecimiento de las plantas, 2) adaptar la carga animal al equilibrio forrajero, 3) planificar, supervisar y gestionar el pastoreo, 4) utilizar períodos de pastoreo cortos para aumentar la producción animal, 5) utilizar una carga ganadera máxima por el menor tiempo posible, 6) fomentar la biodiversidad vegetal y animal

Cuadro 1. Principales beneficios en aspectos económicos, sociales y ecológicos del pastoreo regenerativo.

Económicos	Sociales	Ecológicos
<ul style="list-style-type: none"> • Productividad incrementada (1)(7)(11)(14)(18)(19)(20) (27) • Reducción de insumos/ gastos (1)(2)(9)(18)(25)(28) • Menos gastos veterinarios (1)(2)(8)(9)(25)(28) • Mejora resultados financieros (1)(14)(19)(27) 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso con la comunidad y gobierno local (1)(17)(18) • Sentido de un medio de vida adecuado (1)(2)(4)(5) • Responsabilidad ambiental (1)(2)(4)(5) • Bienestar y trabajo en equipo (1) (18) (30) • Disminución y simplificación de labores (1)(2)(5)(6)(9)(18)(28) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sumideros de carbono naturales mejorados (1)(4)(6)(7) (11)(12)(13)(14)(24)(28), reducción de las emisiones biogénicas y de combustibles fósiles (1)(4)(28), eliminación de productos químicos (1)(6)(18) • Regeneración de suelos (1)(3)(4)(5)(6)(12)(15)(16)(18)(28), mayor capacidad de retención de agua del suelo (4)(6)(11)(14)(15)(21)(25). aumento resiliencia del ecosistema, sist. ganadero y sist. alimentario (1)(2)(4)(5)(6)(11)(12)(14)(15)(16)(17)(19)(22)(26)(28) • Aumento de la biodiversidad y hábitat de vida silvestre mejorado (1)(3)(4)(5)(18) • Mejor salud y bienestar animal (4)(8)(24)(27) • Menor suelo desnudo y cambio composición botánica (perennización) (1)(3)(4)(5)(12)(24)

Fuente: (1) Sprat *et al.*, 2021; (2) Díaz de Otálora *et al.*, 2021; (3) LaCanne y Lundgren, 2018; (4) Elevitch *et al.*, 2018; (5) Schreefel *et al.* 2020; (6) Gosnell *et al.*, 2019; (7) Savory, 2013; (8) Provenza *et al.*, 2019; (9) Winsten *et al.*, 2000; (10) Malik y Verma, 2014; (11) Savory y Butterfield, 2016; (12) Teague *et al.*, 2011; (13) Stanley *et al.*, 2018; (14) Teague y Barnes., 2017; (15) Park *et al.*, 2017; (16) Brown., 2018; (17) Kleppel, 2014;2020; (18) Gosnell *et al.*, 2020; (19) Teague y Kreuter., 2020; (20) Glover *et al.*, 2010; (21) Rawls *et al.*, 2003; (22) Basche y DeLonge, 2019; (23) Ahlering *et al.*, 2016; (24) England *et al.*, 2020; (25) Dinnes *et al.*, 2002; (26) Garnett *et al.*, 2013; (27) Haskell *et al.*, 2006; (28) Díaz-Pereira *et al.*, 2020

para aumentar la salud de la pradera, 7) utilizar manadas lo suficientemente grandes para permitir el pastoreo dirigido.

Spratt *et al.* (2021), señala que un pastoreo de corta duración y alta densidad de ganado cambia el comportamiento de los rumiantes para promover un pastoreo más uniforme, evitando el sobrepastoreo, lo que se traduce en una disminución de suelo desnudo y erosión, y un aumento de la competitividad de las especies perennes, que tienen sistemas de raíces más profundos y grandes, cruciales para el secuestro del carbono del suelo (SCS) y la retención de agua.

Diversos estudios han demostrado que el manejo holístico del pastoreo (MHP) puede tener un efecto positivo en los suelos de las praderas, reportando resultados como un aumento en la respiración del suelo, la profundidad de la capa superior y la materia orgánica (Ferguson *et al.*, 2013; McCosker, 2000; Teague *et al.*, 2011; Xu *et al.*, 2018). El movimiento frecuente del ganado por los diferentes potreros permite a los ganaderos seguir la oferta de forraje disponible a medida que cambia durante la temporada de crecimiento, tratando de "hacer coincidir la demanda de forraje con la disponibilidad de forraje" el cual es un aspecto crítico del MHP, lo que conlleva una serie de impactos positivos en cascada (DeLonge y Basche., 2018; Oates *et al.*, 2011; Gosnell *et al.*, 2020), para lo cual se ajustan las densidades de población y los períodos de recuperación de las plantas de acuerdo a condiciones del externas e internas predio como: la disponibilidad cambiante de forraje, las condiciones climáticas y las amenazas externas (Teague *et al.*, 2011).

Una práctica importante para lograr resultados positivos en el secuestro de carbono del suelo (SCS) en el manejo holístico del pastoreo (MHP) es optimizar el descanso y la recuperación de las praderas entre los eventos de pastoreo. Según Sanderman *et al.* (2015), los períodos de descanso que permiten una recuperación adecuada de las plantas son el factor más importante para aumentar el SCS, los estudios indican que este enfoque es aún más beneficioso en praderas áridos y semiáridos con baja productividad primaria neta y precipitación esporádica (Oates *et al.*, 2011). El dejar suficiente biomasa vegetal y cubierta de hojarasca también mejora la productividad de las praderas al aumentar la biomasa de raíces y reducir la erosión del suelo que, a su vez, aumenta el SCS, la retención de nutrientes y

agua, y la biodiversidad por encima y por debajo del suelo (Teague *et al.*, 2011; Teague *et al.*, 2013).

Los ganaderos regenerativos enfatizan dejar suficiente área foliar fotosintética en las praderas rotando a los animales antes de permitir que den un "segundo bocado", además de aumentar la biomasa vegetativa de la pradera después de un evento de pastoreo, ya que al dejar suficiente área foliar fotosintética, se asegura que las plantas puedan volver a crecer después del pastoreo y se mantengan en un estado vegetativo durante más tiempo, el cual asimila carbono más rápidamente en raíces y brotes (Follett *et al.*, 2000; Gosnell *et al.*, 2020). Esta dinámica reduce la producción de metano entérico en los animales de pastoreo, ya que las plantas en un estado más vegetativo son menos fibrosas y más energéticas (Bhatti *et al.*, 2005). Además, algunos ganaderos regenerativos incluyen en sus prácticas el sembrar especies perennes y perennes nativas en sus campos, aunque esto puede ser un desafío a la tolerancia necesaria a las malezas durante un periodo de tiempo mientras se produce el proceso de sucesión de la pradera (Stromberg *et al.*, 2007). Otras prácticas que adoptan los ganaderos regenerativos para lograr beneficios son el mejorar el microbioma del suelo, a través de prácticas como la aplicación de biocarbón, compost y tés de compost para aumentar el SCS (Gosnell *et al.*, 2020).

Un estudio realizado por Díaz de Otálora *et al.* (2021), sobre el efecto del pastoreo regenerativo versus el pastoreo convencional (PC), donde el sistema de pastoreo regenerativo utilizado fue el "pastoreo regenerativo rotacional" (PRR) el cual implica mantener una alta carga ganadera en un área de pastoreo durante un corto período de tiempo, seguido de un período de descanso suficiente para que el suelo y la vegetación se regeneren. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del pastoreo regenerativo rotacional en diferentes servicios ecosistémicos, como la producción de la pradera, el almacenamiento de carbono, la regulación del flujo de agua, el reciclaje de nutrientes y la biodiversidad edáfica. Los resultados obtenidos indicaron que en las zonas donde se aplicó el PRR, hubo un aumento del 30 % en la producción de la pradera en comparación con las zonas donde se aplicó el PC. Además, en las parcelas donde se aplicó el manejo de PRR, se observó un aumento del 3,6 % en la cantidad de carbono acumulado en las capas superficiales

del suelo (0 - 10 cm de profundidad) en comparación con las parcelas bajo manejo PC.

Stanley *et al.* (2018), señala que al utilizar un enfoque de manejo que fomente el crecimiento a través de periodos cortos de pastoreo y una recuperación óptimos del forraje, el pastoreo adaptativo de múltiples potreros (PAMP) puede incrementar la productividad tanto animal como del forraje, y además tiene el potencial de aumentar el secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) en comparación con el pastoreo continuo y que podría contribuir a la mitigación del cambio climático a través del secuestro del COS. No obstante, Jakoby *et al.* (2015) y Teague *et al.* (2015), señalan la importancia de que manejos de pastoreo que utilizan gran cantidad de potreros para garantizar sus beneficios, deben realizar periodos adecuados de pastoreo y recuperación del forraje tomando en cuenta la calidad de este y la estacionalidad del paisaje, ya que señalan que periodos de pastoreo o recuperación excesivamente largos resultaban en un menor rendimiento de los animales y la recuperación de las plantas, lo que conduce a consecuencias económicas negativas.

Contosta *et al.* (2021), menciona que el manejo intensivo del pastoreo (MIP) puede tener efectos positivos tanto en la diversidad como en la productividad de las praderas, esto se debe a que el pastoreo uniforme dentro de un potrero reduce la selectividad de los animales, aumenta la cobertura y el contenido de praderas perenne, y estimula tasas más altas de floración, crecimiento y supervivencia de las especies en las praderas (Oates *et al.*, 2011; Oates y Jackson., 2014; Sanderman *et al.*, 2015), sin embargo también proporciona evidencia de que MIP no acumularía carbono en todos los casos y que se debe tener cuidado a la hora de promover prácticas de manejo específicas como recomendaciones generales para evitar daños en el agroecosistema (Contosta *et al.*, 2021).

Hillenbrand *et al.* (2019) y Apfelbaum *et al.* (2022) realizaron estudios comparativos donde evalúan el impacto del pastoreo adaptativo en múltiples potreros (PAMP) en comparación con el pastoreo convencional en pastizales de las Grandes Llanuras y el sureste de los Estados Unidos. Los resultados indican que el AMP tiene efectos positivos en la cobertura vegetal, mejoró la función del suelo al

limitar el exceso de población y el pastoreo excesivo, mejoro la biomasa forrajera, la composición de las plantas a la vez que disminuyo las plantas invasoras, mejoro la infiltración de agua, el carbono del suelo y la salud general del ecosistema aumentó la cobertura de hojarasca fina, disminuyó el suelo desnudo y el excremento de vaca. Por lo que concluyo que las mejoras ecológicas del PAMP en el predio estudiado mejoraron las funciones claves del ecosistema en comparación con las otras estrategias de pastoreo además de que soporto densidades de ganado sustancialmente más altos. Proporcionando importantes beneficios económicos y de recursos para mejorar la salud ecológica, la resiliencia y sostenibilidad del predio.

Con el objetivo de abordar los retos actuales en el suministro de alimentos a nivel mundial, las demandas sociales y ambientales (Campbell *et al.*, 2017; Willett *et al.*, 2019), surgen los sistemas ganaderos alternativos que fomenten tanto la productividad animal sostenible como la rentabilidad de las explotaciones, al mismo tiempo que tienen un impacto ambiental beneficioso. Dentro de estos sistemas surge el pastoreo racional Voisin (PRV), que es una técnica de pastoreo diseñada por el francés André Voisin en la primera mitad del siglo XX (1950) y desarrollado en Brasil en la década de 1970, este sistema agroecológico se ha empleado en variados países con ecosistemas muy diferentes, igualmente como los otros sistemas regenerativo proporciona distintos servicios ecosistémicos variados, como menores emisiones netas negativas de carbono, disminución de la erosión de los suelos y mejora en la biodiversidad. PRV se enfoca en mejorar el rendimiento animal, lo que lo hace más resistente a las adversidades que enfrentan los ganaderos que practican sistemas agrícolas convencionales (Pinheiro *et al.*, 2021).

El pastoreo racional Voisin (PRV) descrito por Pinheiro *et al.* (2021), se basa en cuatro leyes o principios básicos, los cuales son: período de recuperación, tiempo de ocupación, rendimiento máximo y el principio de rendimiento regular, los cuales permiten llevar un control del crecimiento y manejo del forraje, así como de los requerimientos de los animales. Debido a que estos principios se basan en conceptos ecológicos simples, PRV se puede aplicar con éxito en diferentes ecosistemas, lo que lo convierte en una opción viable en todo el mundo para la producción animal sostenible, estos principios maximizan el crecimiento de las

praderas y el consumo de rumiantes, mientras se mantiene la sostenibilidad, este sistema utiliza una variedad de prácticas agrícolas regenerativas, como la combinación de praderas multiespecies y la agrosilvicultura. La planificación del pastoreo se realiza de manera que las praderas alcancen su período óptimo de descanso, lo que promueve un rebrote vigoroso de estas, los potreros están diseñados para permitir el acceso libre al agua y la sombra, mejorando el bienestar animal. Estas prácticas aumentan la absorción de carbono del suelo, mejoran la salud del suelo y la retención de agua y protegen la calidad del agua. Además, PRV podría proporcionar servicios ecosistémicos que ayuden a mitigar los desafíos globales actuales y crear oportunidades para que los agricultores adopten prácticas más ecológicas y sean más resistentes (Pinheiro *et al.*, 2021). Se puede definir como un método racional para manejar el complejo funcionamiento de los procesos biológicos suelo-planta-animal a través del pastoreo y la rotación de parcelas bien planificadas y que se enfoca en promover la sostenibilidad en todas las dimensiones como la económica, energética, productiva, social, cultural, ambiental y de bienestar animal, al mismo tiempo que fortalece el ecosistema pastoril (Pinheiro, 2011). La observancia completa y dinámica de los principios PRV es fundamental para alcanzar una alta eficiencia productiva y con resultados positivos en la calidad de los alimentos producidos (Pinheiro, 2011). La implementación de los cuatro principios debe ser evaluada constantemente de manera dinámica y planificada, sin reglas, tiempos o densidades de población fijos. El tiempo es crucial para lograr una gestión adecuada, la duración del período óptimo de recuperación (POR) varía, lo que hace que la secuencia de uso de los potreros no se repita en temporadas consecutivas de pastoreo. De la misma forma, el tiempo de ocupación varía dependiendo de la productividad de la pradera durante la temporada (Pinheiro *et al.*, 2021; Pinheiro, 2011; Voisin, 1957).

En el sistema PRV, los animales muestran un comportamiento de pastoreo menos selectivo y se vuelven más voraces, consumiendo prácticamente todas las especies disponibles en la pradera, lo que resulta en una reducción de la presencia de especies no pastoreadas, aunque la diversidad no se ve afectada (Mann *et al.*, 2018).

Se han combinado sistemas pastoreo racional Voisin PRV con otros tipos de sistemas agrícolas regenerativos, como los sistemas silvopastoriles. La integración del sistema silvopastoril con PRV es altamente compatible y puede ofrecer numerosos beneficios adicionales como que la presencia de áreas de bosque o árboles dentro de los potreros mejoraría el ambiente, el bienestar de las vacas lecheras y regula el clima (Deniz *et al.*, 2019), promueve el secuestro de carbono y mejora el ciclo de nutrientes en el suelo (Zin Battisti *et al.*, 2018), aumenta la biomasa (Silva *et al.*, 2020) y aumenta la biodiversidad de la zona (Pinheiro *et al.*, 2021).

PRV da como resultado un aumento de la productividad del forraje inmediatamente o unos años después de la implementación, no obstante, algunos agricultores pueden experimentar un estancamiento temporal en la productividad del forraje, que normalmente ocurre durante el proceso de recuperación del suelo de prácticas de manejo anteriores (Pinheiro *et al.* (2021). Este período de baja producción de pradera, conocido como "años de miseria", puede durar de dos a cinco años y puede desalentar a algunos adoptantes de PRV a volver a la agricultura convencional. Pinheiro *et al.* (2021) sugirió estrategias para minimizar este período, incluyendo el uso de fertilizantes orgánicos (compost, cama de aves y estiércol porcino) unido con los cuatro principios de PRV. Este sistema a su vez, reduce el potencial de emisiones de CH₄ entérico en comparación con otros sistemas basados en pastoreo (Pinheiro *et al.*, 2021).

3.1. Controversias contra el manejo regenerativo

Se ha observado un conflicto de opiniones entre los partidarios del manejo regenerativo (MR) y aquellos que argumentan que el manejo convencional (MC) proporciona resultados comparables, iguales o incluso superiores en términos de producción ganadera y ciertas funciones del ecosistema (Briske *et al.*, 2008; Kleppel y Frank, 2022).

Estos estudios señalan controversias como que la producción vegetal, la producción animal por unidad y por área fue igual o mayor en el pastoreo continuo que el pastoreo rotacional y que el pastoreo rotacional como estrategia superior se basa en percepción e interpretaciones anecdóticas, que los beneficios del "efecto

rebaño" para la restauración de los pastizales y el secuestro de carbono están muy exagerados y sin pruebas que lo respalden (Briske *et al.*, 2013)

Se ha argumentado por Augustine *et al.* (2020), que el pastoreo continuo a intensidades de pastoreo bajas a moderadas u otros índices de presión, da como resultado tasas más altas de ganancia de peso por fomentar la alimentación selectiva de plantas más nutritivas sin dañar la producción de forraje, en comparación a pastoreo adaptativo de múltiples potreros, además de que las altas densidades de ganado reducen la alimentación selectiva proporcionando una nutrición subóptima y, por lo tanto, tasas más bajas de aumento de peso en el ganado y una recuperación potencialmente más lenta del forraje (Hawkins *et al.*, 2022). Augustine *et al.* (2023), respalda esto al realizar un experimento (2600 ha) para examinar cómo el comportamiento de búsqueda de alimento del ganado difiere entre un solo rebaño grande rotado de manera adaptativa entre potreros con pastoreo adaptativo de multipotreros (PAMP) versus el pastoreo continuo de potreros durante toda la temporada (PC) con pequeños rebaños no rotativos. Donde sus resultados señalan que PAMP al contar con una con alta densidad ganadera restringe el forrajeo selectivo, ya que el ganado se movería más lento y linealmente por el potrero mientras busca alimento, lo que formaría un "frente de pastoreo" que distribuiría la presión de pastoreo de una manera espacialmente más uniforme, lo que conduciría en una menor calidad de la dieta, resultando una reducción de la ganancia de peso para el ganado en comparación con el pastoreo continuo, además, PAMP redujo el crecimiento de los animales, sin aumentar la producción de forraje. Por lo demás Kleppel, (2020), señala que el ganado producido bajo el MR a menudo requiere de tres a seis meses más para terminar que el ganado suplementado con granos, pastoreado o terminado en corrales de engorde.

Hawkins *et al.* (2017), comparó el pastoreo continuo (PC) durante toda la temporada con el manejo holístico del pastoreo (MHP) con el objetivo de explorar la evidencia del impacto en los animales. Los resultados entre el MHP y PC mostraron que no hubo diferencias en la cobertura basal de las plantas, la biomasa vegetal y las respuestas de ganancia animal, por lo tanto, a partir del balance de los estudios, si el impacto animal está ocurriendo durante el MHP, no tiene ningún efecto sobre

la producción. Similar a lo descrito por Hawkins *et al.* (2022), donde señala que las afirmaciones sobre que el manejo Holístico del pastoreo (MHP) aumenta la producción de plantas y animales y el carbono orgánico del suelo en todas las condiciones y en todos los hábitats, no estaría respaldada en la literatura, además señala que muchos de los defensores del MHP se sustentan en que los estudios que niegan estas afirmaciones son a pequeña escala, sosteniendo que la producción y los beneficios climáticos solo surgen en grandes explotaciones agrícolas (2 a 66 ha o más). Las conclusiones señalan para estudios a escala agrícola en los Estados Unidos de América (Augustine *et al.*, 2020), Argentina (Oliva *et al.*, 2021) y Sudáfrica (Venter *et al.*, 2019), el MHP no tiene ningún efecto o reduce la producción, negando así la afirmación de los defensores de MHP de que existe una diferencia entre 'la ciencia y la práctica', además señala que la falta de diferencia en el aumento de peso del ganado no fue sorprendente dado que el MHP no tuvo ningún efecto sobre la producción foliar en los mismos estudios, y que el comportamiento animal no difirió entre el pastoreo continuo (PC) durante toda la temporada y MHP (Venter *et al.*, 2019). Ambos estudios a escala agrícola en Sudáfrica y EE. UU. (Venter *et al.*, 2019; Windh *et al.*, 2019) encontraron que el pastoreo continuo durante toda la temporada era más rentable que el pastoreo en múltiples potreros o MHP porque el costo de la infraestructura (cercas, agua), la mano de obra y el tiempo fueron mayores para estos últimos. Los estudios a escala de granja (Derner *et al.*, 2021; Venter *et al.*, 2019; Venter *et al.*, 2020) encontraron que la carga ganadera es más importante para la producción vegetal y animal que el sistema o densidad de pastoreo. El estudio estadounidense a escala agrícola encontró que los beneficios y ganancias de los animales aumentaban con el pastoreo adaptativo y no en el pastorero adaptativo de múltiples potreros (Augustine *et al.*, 2020), es decir, lo que importaba no era la intensidad del pastoreo, sino que las decisiones fueran adaptativas y estuvieran informadas por la colaboración entre agricultores, científicos y otras partes interesadas, así como por un seguimiento intensivo (Derner *et al.*, 2021).

Estos estudios y análisis han revelado diversas respuestas agronómicas y ecológicas ante el manejo regenerativo. En muchos casos, se argumenta que estas

disputas se originan en la falta de evidencia empírica convincente que respalde la idea de que el manejo regenerativo (MR) mejora sistemáticamente la producción ganadera y la salud de la vegetación en todos los entornos donde se aplica (Morris, 2021). Las razones fundamentales detrás de esta controversia son: 1) fases de transición: cuando se implementa MR, es común que haya una fase de transición, durante esta es posible que se experimente una disminución temporal en la productividad ganadera, lo cual ocurre mientras el ecosistema se está adaptando a las nuevas prácticas de manejo y se está restaurando, 2) limitaciones del sistema: en ciertos contextos, la implementación de MR puede verse restringida por diversas limitaciones, como la disponibilidad de recursos, el acceso a capacitación o restricciones económicas. Las cuales pueden tener un impacto negativo en la productividad a corto plazo. Además, la transición a MR implica cambios en las prácticas y la gestión del ganado, lo cual puede representar desafíos significativos para algunos productores, 3) falta de datos a largo plazo: algunos estudios pueden haberse basado en períodos de tiempo relativamente cortos, lo que puede no ser suficiente para capturar plenamente los beneficios a largo plazo de MR en cuanto a la productividad ganadera, ya que como estos a menudo se centran en la restauración y mejora de la salud del suelo, lo cual puede requerir más tiempo para manifestarse en comparación con los sistemas convencionales que dependen más de insumos externos, 4) variabilidad entre sistemas y regiones: la efectividad de MR puede variar en función de las características únicas de cada ecosistema y las condiciones locales, lo que daría resultados distintos en diferentes estudios y ubicaciones.

Teague *et al.* (2013), menciona que la mayoría de las investigaciones realizadas sobre sistemas de pastoreo regenerativo han sido de corta duración y a pequeña escala, lo que dificulta el adecuado logro de sus resultados. Además, estos estudios a corto plazo no logran superar los efectos heredados del manejo de pastoreo anterior. Esto, a su vez, impide evaluar los efectos del manejo adaptativo en el contexto de operaciones a gran escala (Van der Ploeg *et al.*, 2006).

Diversos estudios científicos en colaboración con ganaderos que aplican el pastoreo adaptativo de potreros múltiples (PAMP) para restaurar la salud del suelo

Cuadro 2. Resumen de las principales desventajas y controversias del manejo regenerativo.

Desventajas	Controversias
<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste constante de carga animal de acuerdo con la disponibilidad de forraje (1)(2)(3)(4)(5)(26) • Se debe establecer un punto de cosecha en cada potrero, determinar la altura y tiempo de pastoreo(1)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)(11)(12) • Manejo más complejo (9)(10)(13) • Mayor inversión inicial (9)(10)(13)(14) (15) • Tiempo de transición (6)(13)(14) • Menor producción inicial (6)(13) • Capacitación y educación continua (1)(8) (13)(14) • Resistencia al cambio (13)(16) • Monitoreo y evaluación constante (1)(13)(14) 	<ul style="list-style-type: none"> • PC resulta en tasas más altas de ganancia de peso (17)(18). nutrición subóptima (recuperación más lenta del forraje (19) • Producción vegetal y animal igual o mayor en PC, Interpretación anecdótica y “Efecto manada“ (20), PC obtuvo resultados iguales a MHP, impacto animal sin efecto sobre la producción (22) • El ganado producido bajo MReg a menudo requiere más tiempo para terminar (3 a 6 meses) (21) • Beneficios de MHP no estaría respalda en la literatura (19)(23) • Pastoreo continuo durante toda la temporada era más rentable que el MReg por el alto costo de la infraestructura, la mano de obra y el tiempo empleado (24)(22)(27) • MHP no tiene ningún efecto o reduce la producción (17)(22)(24)(25) • El MHP sin efecto sobre la producción foliar y el comportamiento animal no difirió del PC (26)

Fuente: (1) Derner *et al.*,2021; (2) Kleppel y Frank, 2022; (3) Teague *et al.*,2011; (4) Stanley *et al.*,2018; (5) Park *et al.*,2017; (6) Teague *et al.*,2013; (7) Follet *et al.*, 2000; (8) Gosnell *et al.*, 2020; (9) Jakoby *et al.*, 2015; (10) Teague *et al.*, 2015; (11) Pinheiro *et al.*, 2021; (12) Pinheiro, 2011; (13) Morris, 2021; (14) Teague y Kreuter., 2020; (15) Van der Ploeg *et al.*, 2006; (16) Gosnell *et al.*, 2019; (17) Augustine *et al.*, 2020; (18) Augustine *et al.*, 2023; (19) Hawkins *et al.*, 2022; (20) Briske *et al.*, 2013; (21) Kleppel, 2020; (22) Hawkins *et al.*, 2017; (23) Contosta *et al.*, 2021; (24) Venter *et al.*, 2019; (25) Oliva *et al.*, 2021; (26) Venter *et al.*, 2020; (27) Windh *et al.*, 2019.

y mejorar la funcionalidad del ecosistema, se han observado resultados económicos y de recursos favorables (Teague et al., 2013; Teague y Barnes., 2017).

Teague y Kreuter., (2020), han señalado que investigaciones realizadas en Argentina, Australia, Alemania, Sudáfrica y Estados Unidos han documentado resultados positivos tanto en términos económicos como de recursos cuando se cumplen los siguientes cuatro criterios:1) la investigación se llevó a cabo a una escala agrícola 2) la gestión de los recursos de pastoreo se adaptó de manera proactiva y adaptativa a lo largo de todo el proceso con fin de alcanzar los objetivos deseados tanto en términos de ecosistema como de producción, 3) los tratamientos de pastoreo se aplicaron durante períodos de tiempo lo suficientemente extensos como para superar los retrasos en la respuesta biofísica e incorporar las variaciones tanto intra como Inter estacionales en diversos factores ambientales y 4) se llevaron a cabo mediciones y acciones relacionadas con los parámetros que indican cambios en la función del ecosistema, en lugar de centrarse únicamente en los resultados de producción.

Dentro de todos los sistemas de pastoreo regenerativo descritos vemos similitudes cercanas entre ellos, así como con el pastoreo racional Voisin (PRV) y el pastoreo adaptativo de múltiples potreros (PAMP), así como manejo intensivo del pastoreo (MIP) o manejo holístico del pastoreo (MHP). Estos métodos de gestión siguen principios muy similares o basados en las cuatro leyes de Voisin (Pinheiro *et al.*, 2021; Pinheiro, 2011; Voisin, 1957). Al lograrlo se obtiene un sistema de pastoreo intensivo que utiliza grupos de pastoreo primero y segundo para pastar en áreas pequeñas durante períodos cortos, lo que resulta en una alta densidad de población que al combinar este enfoque con un punto óptimo de reposo específico, se maximiza tanto la producción de forraje como el valor nutritivo, lo que a su vez maximiza la productividad animal y proporciona una serie de servicios ecosistémicos adicionales (Pinheiro *et al.*, 2021)

La polémica del debate aparenta no poder ser resuelto, sin embargo, gran parte de los estudios y practicas a escala agrícolas proponen que el manejo regenerativo

podría lograr efectos beneficiosos en mejora y mantención de las funciones naturales de los ecosistemas, la sostenibilidad a largo plazo y resiliencia ecológica de los agroecosistemas.

CONCLUSIONES

El análisis de la presente investigación sugiere que el manejo regenerativo (MR):

1. Podría tener impactos ecológicos y productivos positivos, como tener el potencial de una mejor producción ganadera mejorando la calidad, cantidad y composición del forraje.
2. A pesar de las numerosas controversias, el pastoreo regenerativo podría mejorar las condiciones ecológicas a largo plazo de los predios, especialmente en lo que respecta a la resiliencia del ecosistema y su sostenibilidad.

REFERENCIAS

1. Ahlering, M., Fargione, J., & Parton, W. 2016. Potential carbon dioxide emission reductions from avoided grassland conversion in the northern Great Plains. *Ecosphere* (Washington, D.C), 7(12), e01625.
2. Apfelbaum, S. I., Thompson, R., Wang, F., Mosier, S., Teague, R., & Byck, P. 2022. Vegetation, water infiltration, and soil carbon response to Adaptive Multi-Paddock and Conventional grazing in Southeastern USA ranches. *Journal of Environmental Management*, 308(114576), 114576.
3. Augustine, D. J., Derner, J. D., Fernández-Giménez, M. E., Porensky, L. M., Wilmer, H., & Briske, D. D. 2020. Adaptive, multipaddock rotational grazing management: A ranch-scale assessment of effects on vegetation and livestock performance in semiarid rangeland. *Rangeland Ecology & Management*, 73(6), 796–810.
4. Augustine, D. J., Kearney, S. P., Raynor, E. J., Porensky, L. M., & Derner, J. D. 2023. Adaptive, multi-paddock, rotational grazing management alters foraging behavior and spatial grazing distribution of free-ranging cattle. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 352(108521), 108521.
5. Balbi, S., Prado, A. del, Gallejones, P., Geevan, C. P., Pardo, G., Pérez-Miñana, E., Manrique, R., Hernandez-Santiago, C., & Villa, F. 2015. Modeling trade-offs among ecosystem services in agricultural production systems.

- Environmental Modelling & Software: With Environment Data News, 72, 314–326.
6. Basche, A. D., & DeLonge, M. S. 2019. Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis. *PLoS One*, 14(9), e0215702.
 7. Bhatti, J., Lal, R., Apps, M. J., & Price, M. A. 2005. *Climate change and managed ecosystems* (J. Bhatti, R. Lal, M. J. Apps, & M. A. Price, Eds.; 1st Edition). CRC Press.
 8. Briske, D. D., Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., Teague, W. R., Havstad, K. M., Gillen, R. L., Ash, A. J., & Willms, W. D. 2008. Rotational grazing on rangelands: Reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology & Management*, 61(1), 3–17
 10. Briske, David D., Bestelmeyer, B. T., Brown, J. R., Fuhlendorf, S. D., & Wayne Polley, H. 2013. The savory method can not green deserts or reverse climate change. *Rangelands*, 35(5), 72–74.
 11. Brown, G. 2018. *Dirt to soil: One family's journey into regenerative agriculture*. Chelsea Green Publishing.
 12. Campbell, B. M., Beare, D. J., Bennett, E. M., Hall-Spencer, J. M., Ingram, J. S. I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J. A., & Shindell, D. 2017. Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society: A Journal of Integrative Science for Resilience and Sustainability*, 22(4).
 13. Conant, R. T., Cerri, C. E. P., Osborne, B. B., & Paustian, K. 2017. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 27(2), 662–668.
 14. Contosta, A. R., Arndt, K. A., Campbell, E. E., Stuart Grandy, A., Perry, A., & Varner, R. K. 2021. Management intensive grazing on New England dairy farms enhances soil nitrogen stocks and elevates soil nitrous oxide emissions without increasing soil carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 317(107471), 107471.
 15. DeLonge, M., & Basche, A. 2018. Managing grazing lands to improve soils and promote climate change adaptation and mitigation: a global synthesis. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(3), 267–278.

16. Deniz, M., Schmitt Filho, A. L., Farley, J., de Quadros, S. F., & Hötzel, M. J. 2019. High biodiversity silvopastoral system as an alternative to improve the thermal environment in the dairy farms. *International Journal of Biometeorology*, 63(1), 83–92.
17. Derner, JD, Augustine, DJ, Briske, DD, Wilmer, H., Porensky, LM, Fernández-Giménez, ME, Peck, DE y Ritten, JP. 2021. ¿Puede el manejo adaptativo colaborativo mejorar la producción ganadera en sistemas de pastoreo de potreros múltiples? *Ecología y gestión de pastizales* , 75 , 1–8.
18. Desjardins, R., Worth, D., Vergé, X., Maxime, D., Dyer, J., & Cerkowniak, D. 2012. Carbon footprint of beef cattle. *Sustainability*, 4(12), 3279–3301.
19. Díaz de Otálora, X., Epelde, L., Arranz, J., Garbisu, C., Ruiz, R., & Mandaluniz, N. 2021. Regenerative rotational grazing management of dairy sheep increases springtime grass production and topsoil carbon storage. *Ecological Indicators*, 125(107484), 107484.
20. Díaz-Pereira, E., Romero-Díaz, A., & de Vente, J. 2020. Sustainable grazing land management to protect ecosystem services. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25(8), 1461–1479.
21. Dinnes, D. L., Karlen, D. L., Jaynes, D. B., Kaspar, T. C., Hatfield, J. L., Colvin, T. S., & Cambardella, C. A. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. *Agronomy Journal*, 94(1), 153–171.
22. Elevitch, C., Mazaroli, D., & Ragone, D. 2018. Agroforestry standards for regenerative agriculture. *Sustainability*, 10(9), 3337.
23. England, J. R., O’Grady, A. P., Fleming, A., Marais, Z., & Mendham, D. 2020. Trees on farms to support natural capital: An evidence-based review for grazed dairy systems. *The Science of the Total Environment*, 704(135345), 135345.
24. EPA.2019. Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de EE. UU. 1990-2017. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
25. Ferguson, B. G., Diemont, S. A. W., Alfaro-Arguello, R., Martin, J. F., Nahed-Toral, J., Álvarez-Solís, D., & Pinto-Ruíz, R. 2013. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems*, 120, 38–48.

26. Follett, R.F., Kimble, J.M. 2000. The potential of U.S. Grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect (eds Kimble J, Lal R, Follett R). Boca Raton, FL: CRC Press.
27. Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith, P., Thornton, P. K., Toulmin, C., Vermeulen, S. J., & Godfray, H. C. J. 2013. Agriculture. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science (New York, N.Y.)*, 341(6141), 33–34.
28. Garnett, T., Godde, C., Muller, A., Rööös, E., Smith, P., de Boer, I., *et al.* 2017. *Grazed and Confused*. Oxford: Food Climate Research Network.
29. Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., *et al.* 2013. *Tackling Climate Change Through Livestock; A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities*. Rome: FAO.
30. Glover, J. D., Culman, S. W., DuPont, S. T., Broussard, W., Young, L., Mangan, M. E., Mai, J. G., Crews, T. E., DeHaan, L. R., & Buckley, D. H. 2010. Harvested perennial grasslands provide ecological benchmarks for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137(1–2), 3–12.
31. Gosnell, H., Gill, N., & Voyer, M. 2019. Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to ‘climate-smart’ regenerative agriculture. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions*, 59(101965), 101965.
32. Gosnell, H., Charnley, S., & Stanley, P. 2020. Climate change mitigation as a co-benefit of regenerative ranching: insights from Australia and the United States. *Interface Focus*, 10(5), 20200027.
33. Haskell, M. J., Rennie, L. J., Bowell, V. A., Bell, M. J., & Lawrence, A. B. 2006. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(11), 4259–4266.
34. Hawkins, H.-J., Short, A., & Kirkman, K. P. 2017. Does Holistic Planned Grazing™ work on native rangelands? *African Journal of Range & Forage Science*, 34(2), 59–63.
35. Hawkins, H.-J., Venter, Z.-S., & Cramer, M. D. 2022. A holistic view of Holistic Management: What do farm-scale, carbon, and social studies tell us? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 323(107702), 107702.

36. Hillenbrand, M., Thompson, R., Wang, F., Apfelbaum, S., & Teague, R. 2019. Impacts of holistic planned grazing with bison compared to continuous grazing with cattle in South Dakota shortgrass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 156–168.
37. Jakoby, O., Quaas, M. F., Baumgärtner, S., & Frank, K. 2015. Adapting livestock management to spatio-temporal heterogeneity in semi-arid rangelands. *Journal of Environmental Management*, 162, 179–189.
38. Kleppel, G. 2014. *The emergent agriculture: Farming, sustainability and the return of the local economy*. New Society.
39. Kleppel, G. S. 2020. Do differences in livestock management practices influence environmental impacts? *Frontiers in sustainable food systems*, 4.
40. Kleppel, G. S., & Frank, D. A. 2022. Structure and functioning of wild and agricultural grazing ecosystems: A comparative review. *Frontiers in sustainable food systems*, 6.
41. Knapp, A.K., Blair, J.M., Briggs, J.M., Collins, S.L., Hartnet, D.C., Johnson, L.C., & Towne, E.G. 1999. The Keystone Role of Bison in North American Tallgrass Prairie. *BioScience* 49 (1): 39 - 50.
42. LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G. 2018. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *Peer J*, 6, pp. 1-12. e4428.
43. Lam, Q. D., Schmalz, B., & Fohrer, N. 2011. The impact of agricultural Best Management Practices on water quality in a North German lowland catchment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 183(1–4), 351–379.
44. Malik, P., Verma, M. 2014. Organic agricultural crop nutrient. *Res. J. Chem. Sci.*, 4 (2014), pp. 94-98.
45. Mann, C., & Sherren, K. 2018. Holistic management and adaptive grazing: A trainers' view. *Sustainability*, 10(6), 1848. <https://doi.org/10.3390/su10061848>
46. McCosker, T. 2000. Cell Grazing-the first 10 years in Australia. *Tropical Grasslands*, 34, 207-218.

47. Morris, C. D. 2021. How biodiversity-friendly is regenerative grazing? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 816374.
48. Oates, L. G., Undersander, D. J., Gratton, C., Bell, M. M., & Jackson, R. D. 2011. Management-intensive rotational grazing enhances forage production and quality of subhumid cool-season pastures. *Crop Science*, 51(2), 892–901.
49. Oates, L. G., & Jackson, R. D. 2014. Livestock management strategy affects net ecosystem carbon balance of subhumid pasture. *Rangeland Ecology & Management*, 67(1), 19–29.
50. Oliva, G., Ferrante, D., Cepeda, C., Humano, G., & Puig, S. 2021. Holistic versus continuous grazing in Patagonia: A station-scale case study of plant and animal production. *Rangeland Ecology & Management*, 74, 63–71.
51. Paine, L. K., Undersander, D., & Casler, M. D. 1999. Pasture growth, production, and quality under rotational and continuous grazing management. *Journal of Production Agriculture*, 12(4), 569–577.
52. Park, J.-Y., Ale, S., Teague, W. R., & Jeong, J. 2017. Evaluating the ranch and watershed scale impacts of using traditional and adaptive multi-paddock grazing on runoff, sediment and nutrient losses in North Texas, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240, 32–44.
53. Pinheiro Machado, L.C. 2011. 14-Conceituando o “tempo ótimo de repouso” em Pastoreio Racional Voisin. *Cad. Agroecol.* (2011), 6, 180713398.
54. Pinheiro Machado Filho, L. C., Seó, H. L. S., Daros, R. R., Enriquez-Hidalgo, D., Wendling, A. V., & Pinheiro Machado, L. C. 2021. Voisin Rational Grazing as a Sustainable Alternative for Livestock Production. *Animals*, 11(12), 3494. MDPI AG.
55. Poore, J., & Nemecek, T. 2018. Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science (New York, N.Y.)*, 360, pp. 987–992.
56. Power, A. G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1554), 2959–2971.
57. Provenza, F. D., Kronberg, S. L., & Gregorini, P. 2019. Is grassfed meat and dairy better for human and environmental health? *Frontiers in Nutrition*, 6, 26.

58. Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1–2), 61–76.
59. Rowntree, J. E., Stanley, P. L., Maciel, I. C. F., Thorbecke, M., Rosenzweig, S. T., Hancock, D. W., Guzman, A., & Raven, M. R. 2020. Ecosystem impacts and productive capacity of a multi-species pastured livestock system. *Frontiers in sustainable food systems*, 4.
60. Sanderman, J., Reseigh, J., Wurst, M., Young, M.-A., & Austin, J. 2015. Impacts of rotational grazing on soil carbon in native grass-based pastures in southern Australia. *PloS One*, 10(8), e0136157.
61. Savory, A. 2013. How to green the world's deserts and reverse climate change. TEDxTalk, Long Beach, CA, 4 March, 2013.
62. Savory, A., and Parsons, S. D. 1980. The savory grazing method. *Rangelands* 2, 234–237.
63. Savory, A., and Butterfield, J. 2016. *Holistic Management: A Commonsense Revolution to Restore Our Environment*. Washington, DC: Island Press.
64. Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Schrijver, A. P., & van Zanten, H. H. E. 2020. Regenerative agriculture – the soil is the base. *Global Food Security*, 26(100404), 100404.
65. Silva, A. de A., Schmitt Filho, A. L., Kazama, D. C. da S., Loss, A., Souza, M., Piccolo, M. de C., Farley, J., & Sinisgalli, P. A. de A. 2020. Carbon and nitrogen stocks in the High Biodiversity Silvopastoral System: applied nucleation enabling low carbon livestock production. *Research, Society and Development*, 9(10), e2799108589.
66. Spratt, E., Jordan, J., Winsten, J., Huff, P., van Schaik, C., Jewett, J. G., Filbert, M., Luhman, J., Meier, E., & Paine, L. 2021. Accelerating regenerative grazing to tackle farm, environmental, and societal challenges in the upper Midwest. *Journal of Soil and Water Conservation*, 76(1), 15A-23A.
67. Stanley, P. L., Rowntree, J. E., Beede, D. K., DeLonge, M. S., & Hamm, M. W. 2018. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agricultural Systems*, 162, 249–258.

68. Stromberg, M. R., Corbin, J. D., & D'Antonio, C. M. 2007. California grasslands: Ecology and management (M. R. Stromberg, J. D. Corbin, & C. M. D'Antonio, Eds.). University of California Press. Google Scholar
69. Teague, R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B., & Conover, D. M. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(3–4), 310–322.
70. Teague, R., Provenza, F., Kreuter, U., Steffens, T., & Barnes, M. 2013. Multi-paddock grazing on rangelands: why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience? *Journal of Environmental Management*, 128, 699–717.
71. Teague, R., Grant, B., & Wang, H.-H. 2015. Assessing optimal configurations of multi-paddock grazing strategies in tallgrass prairie using a simulation model. *Journal of Environmental Management*, 150, 262–273.
72. Teague, R., & Barnes, M. 2017. Grazing management that regenerates ecosystem function and grazingland livelihoods. *African Journal of Range & Forage Science*, 34(2), 77–86.
73. Teague, R., & Kreuter, U. 2020. Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Frontiers in sustainable food systems*, 4.
74. Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F. T., Bardgett, R. D., Brady, M. V., Bjornlund, L., Jørgensen, H. B., Christensen, S., Hertefeldt, T. D., Hotes, S., Gera Hol, W. H., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S. R., ... Hedlund, K. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2), 973–985.
75. Van der Ploeg, J. D., Verschuren, P., Verhoeven, F., and Pepels, J. 2006. Dealing with novelties: a grassland experiment reconsidered. *J. Environ. Pol. Plan.* 8, 199–218.
76. 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 & Environment*, 272, 175–187.

77. Venter, Z. S., Hawkins, H.-J., & Cramer, M. D. 2020. Does defoliation frequency and severity influence plant productivity? The role of grazing management and soil nutrients. *African Journal of Range & Forage Science*, 38(2), 141–156.
78. Voisin, A. *Productivité de L'Herbe*; Flammarion: Paris, France, 1957.
79. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., *et al.* 2019. Food in the anthropocene: the EAT-lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393, 447–492.
80. Windh, J. L., Ritten, J. P., Derner, J. D., Paisley, S. I., Lee, B. P. (2019). Economic cost analysis of continuous-season-long versus rotational grazing systems. In *Western Economics Forum* (Vol. 17, Issue 1, pp. 62–72).
81. Winsten, J.R., Parsons, R.L. and Hanson, G.D. 2000. The profitability of management-intensive grazing for Northeastern dairy farms. *Agricultural and Resource Economics Review* 29(2):1-9.
82. Xu, S., Jagadamma, S., & Rowntree, J. 2018. Response of grazing land soil health to management strategies: A summary review. *Sustainability*, 10(12), 4769.
83. Zin Battisti, L. F., Schmitt Filho, A. L., Loss, A., & De Almeida Sinisgalli, P. A. 2018. Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. *Acta Agronomica*, 67(4), 486–493.