



Respuesta del pastizal al pastoreo continuo y rotacional en el norte de México



José Manuel Loera Sánchez ^a

Pablito Marcelo López Serrano ^b

Ramón Gutiérrez Luna ^c

Francisco Oscar Carrete Carreón ^d

Adrián Raymundo Quero Carrillo ^{d*}

^a Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Durango, México.

^b UJED. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Durango, México.

^c Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Forestales y Pecuarias (INIFAP)-CEZAC. México.

^d Colegio de Postgraduados. *Campus* Montecillo-Ganadería. México.

*Autor de correspondencia: queroadrian@colpos.mx

Resumen:

El buen manejo del pastoreo extensivo del ganado puede usarse como herramienta para prevenir la degradación del pastizal. Los sistemas de pastoreo permiten regular la presión ejercida sobre el pastizal y optimizar la producción. Se evaluaron dos sistemas de pastoreo bajo condiciones ecológicas similares: el rotacional (SR) y el continuo (SC). Ambos sistemas se implementan desde hace más de 20 años en dos predios del Rancho San Rafael, Canatlán, Durango, México. Para determinar su impacto, se analizaron las respuestas del pastizal en suelo, vegetación y ganado. Los datos se analizaron bajo diseño completamente al azar con RStudio y Tukey ($P < 0.05$), para producción/altura de forraje, cobertura vegetal y minerales

en suelo. Se calculó y comparó la ganancia de peso vivo, estratificándola por rangos de peso, en becerras jóvenes de repasto (13-15 meses de edad) para ambos sistemas de pastoreo. Se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) para el sistema rotacional, donde se observó mayor cantidad de materia seca (MS) disponible, incrementos en nitrato, sodio, calcio, potasio y conductividad eléctrica del suelo. Tanto altura de forraje como ganancia de peso no mostraron diferencias ($P>0.05$); sin embargo, solo se encontró ventaja significativa ($P<0.05$), en ganancia de peso, para becerras con rango entre 121 a 160 kg. El sistema rotacional demostró ventaja para producción de forraje debido al descanso periódico del pastizal, lo que permitió mayor disponibilidad de biomasa. Se identificaron mejoras significativas ($P<0.05$) para niveles de nitratos, sodio y potasio en el suelo, indicadores relevantes para la productividad de los pastizales.

Palabras clave: Sistema de Pastoreo, Pastizal, Efectos de pastoreo en el Suelo, Repasto.

Recibido: 02/12/2024

Aceptado: 24/06/2025

Introducción

Los pastizales naturales ocupan aproximadamente del 6.1 % del territorio nacional, mientras que los inducidos ocupan el 6 % y se concentran principalmente, en el norte del país. Sin embargo, cerca del 39 % de estos ecosistemas muestran algún grado de deterioro debido a cambio de uso de suelo y al sobrepastoreo⁽¹⁾. En el estado de Durango, con una superficie total es de 123,451 km² (6.3 % del territorio nacional), los pastizales abarcan alrededor del 40 % del territorio (49,272 km²)⁽²⁾. Según el compendio de estadísticas ambientales de SEMARNAT, Durango cuenta con casi siete millones de hectáreas ejidales sin parcelar; de las cuales, cerca de un millón se destina a la ganadería extensiva, en su mayoría sin regulación adecuada^(3,4).

En sistemas de ganadería extensiva, la producción primaria del pastizal natural constituye el principal insumo para el desarrollo de ganado. Un manejo adecuado del ganado en pastoreo puede potenciar la productividad y calidad del pastizal^(5,6). Para optimizar la producción de los agostaderos, es crucial mantener un equilibrio entre los recursos disponibles a lo largo del año, ajustar la carga animal acorde a la época del año y garantizar que los animales mantengan condición corporal adecuada⁽⁷⁾. Al implementar un sistema de pastoreo de ganado bovino, es importante considerar atributos de la vegetación y del ganado. Aunque los estudios

de implementación pueden realizarse en diferentes épocas del año, en los meses de precipitación, es recomendable evaluar la respuesta del pastizal al pastoreo durante varios años.

El sistema de pastoreo continuo (SC) permite al ganado bovino tener acceso constante y sin restricciones a un área específica, lo que facilita la selectividad del forraje. Este sistema es sencillo de implementar y requiere menos mano de obra, además de que implica menores costos de manejo. Sin embargo, su principal desventaja es el uso ineficiente e irregular de la vegetación, lo que puede llevar a la degradación del pastizal^(8,9). Por otro lado, el sistema de pastoreo rotacional (SR) divide el área de pastoreo en potreros o parcelas más pequeñas, entre las cuales se rota al ganado en intervalos definidos por la productividad y época del año. Este enfoque permite que los pastos se recuperen, mientras el ganado se alimenta en otras áreas. El SR ofrece ventajas como mejor control de la carga animal, mayor rebrote y diversidad de la vegetación; similarmente, mayor eficiencia en el uso de los recursos vegetales^(10,11,12). Además, el SR se beneficia de la experiencia del ganadero, quien puede identificar áreas de mejora y ajustar el manejo en función de la condición de la vegetación⁽¹³⁾. El tipo de sistema de pastoreo influye en las propiedades del suelo y en la composición florística del pastizal. Las características del suelo suelen determinar la distribución y el tipo de vegetación predominante en un área⁽¹⁴⁻¹⁷⁾. El objetivo del presente estudio fue el análisis y comparación del efecto del pastoreo continuo (SC) y rotacional (SR), durante el repasto, en variables de la vegetación, ganado y suelo; lo anterior, en un pastizal mediano abierto de una Unidad de Producción Pecuaria localizada en el municipio de Canatlán en el Estado de Durango; en el cual, se ha aplicado este manejo por, al menos 20 años.

Material y métodos

El área del estudio pertenece a un rancho privado, con pastizal mediano abierto, en el poblado de Benjamín Aranda, Canatlán, Durango, México. Clima semiseco, templado BS₁kw(w)⁽¹⁸⁾. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 12 y 18 °C, con una mínima y máxima de -3° y 30 °C. Régimen de lluvias de verano, con 550 milímetros de precipitación anual⁽¹⁹⁾. El rancho consta de dos predios donde se utilizan dos sistemas de pastoreo desde hace, al menos, 20 años: “La Huerta”, con superficie de 200 ha y “La Vía” con 150 ha. En “La Huerta” se ha practicado SR, en 16 potreros; en los cuales, el tiempo de pastoreo, en cada potrero, es de dos a tres días. Se utilizó muestreo aleatorio para evaluar vegetación y suelo en ambos predios. Por otro lado, en “La Vía” se ha utilizado pastoreo continuo (SC) desde el siglo pasado. En cada predio, se pastoreó al ganado de repasto, por un período de siete meses (abril a octubre); lo anterior, incluyó un período, donde los animales pastorearon tres meses de estiaje, seguidos de cuatro meses durante lluvias; lo anterior, con el fin de ganar peso a libre

pastoreo. Los animales en pastoreo incluyeron becerras jóvenes mestizas, con peso promedio de 166 kg (por los pesos de destete, menos de 0.5 Unidades Animal de 450 kg). En 2023 se utilizaron 110 becerras para cada predio o sistema de pastoreo (55 UA para “La Huerta” y “La Vía”). Las cargas animal fueron de 3.64 ha por UA para “La Huerta” y 2.72 ha para “La Vía”, respectivamente.

Al inicio del experimento, el ganado se asignó aleatoriamente en grupos de tres (unidad experimental) a siete repeticiones por cada uno de cinco grupos ($3 \times 7 \times 5 = 105$; más 5 flotantes); los cuales, se analizaron para los diferentes rangos de peso; lo anterior, quedó fijo (grupo) conforme los animales aumentaron de peso. El primer muestreo de vegetación y suelo se realizó en abril de 2023 (estiaje), constó de 35 puntos en cada predio; los cuales, fueron generados aleatoriamente con el Software ArcGis. La profundidad de suelo muestreado fue 30 cm y la altura de vegetación se midió a partir del ras de suelo. Las variables evaluadas en la vegetación incluyeron: altura de plantas del pastizal (gramíneas), materia seca (g MS m^2), cobertura vegetal aérea (%). Las variables evaluadas en el suelo incluyeron: potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y, en ppm: nitratos (NO_3), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K). De las muestras obtenidas, se conformaron ocho compuestas, en puntos representativos de cada predio. Diez gramos de suelo por muestra cribada se agitaron con 10 ml de agua destilada durante 10 min. De cada solución, se analizaron los elementos mencionados con el kit “LAQUATWIN, Marca HORIBA”. Cada sensor y para cada nutriente, se calibró para mejorar la certeza de resultados. El segundo muestreo se realizó en los mismos puntos de muestreo del estiaje, en octubre de 2023, considerando las mismas variables; lo anterior, excepto para aquellas del suelo, dado que reflejaban un periodo de, al menos, 20 años de uso bajo cada esquema SR y SC.

Las muestras para evaluar MS se tomaron en 1 m^2 . Los pastos se cortaron a ras de suelo y se secaron en laboratorio en estufa de aire forzado a $60 \text{ }^\circ\text{C}$, durante 48 h a peso constante. Con los datos de MS se estimó la MS disponible por hectárea. Respecto a ganancia de peso, se obtuvo a partir del peso de cada grupo de becerras al inicio, durante y al final de los siete meses de pastoreo, para ambos sistemas y rangos establecidos; para esto, el ganado se separó en grupos con el fin de comparar, por estratos de peso para SC y SR, la ganancia de peso. Los datos se analizaron bajo diseño completamente al azar con Rstudio⁽²⁰⁾ y Tukey⁽²¹⁾, conocida también como prueba de diferencia honestamente significativa (HSD), utilizada para la comparación de medias de tratamientos y, cumplidos los supuestos de normalidad, determinar diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Resultados

En suelo, los nitratos representaron el nutriente más abundante en ambos sistemas de pastoreo (Figuras 1 y 2), alcanzando concentraciones de 500 ppm en el SC y 600 ppm en el SR; lo cual, indica suelos ricos en nitrógeno; comparado con otros análisis, donde el suelo de un pastizal mediano abierto no superó 30 ppm⁽²²⁾. En general, el nitrógeno no es un elemento limitante bajo SR de alta intensidad y baja frecuencia (16:1 potreros; descanso/uso, como se implementó en este estudio)⁽²²⁾. La concentración de nutrientes en el suelo en el SR y SC mostró diferencias significativas ($P<0.05$). Aunque se observaron concentraciones similares en los niveles de sodio y calcio; nitratos y potasio presentaron comportamientos distintos. En particular, los mayores niveles de nitratos se registraron en “La Huerta” (SR). Respecto al pH del suelo, se obtuvieron valores de 7.0 y de 7.3 para cada predio, indicando un pH neutro (Cuadro 1). El análisis estadístico mediante la prueba de Tukey reveló diferencias ($P<0.05$) para los nutrientes evaluados a favor del SR, exceptuando calcio.

Figura 1: Concentración de nutrientes en el suelo (partes por millón; ppm). Predio de pastoreo continuo “La Vía”

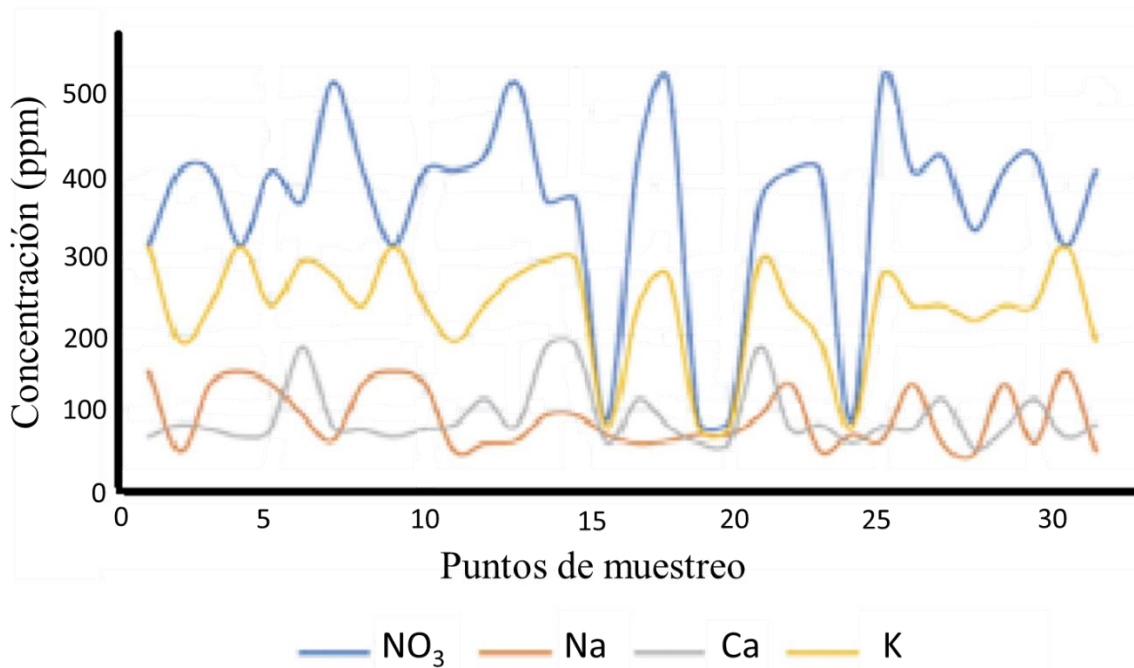
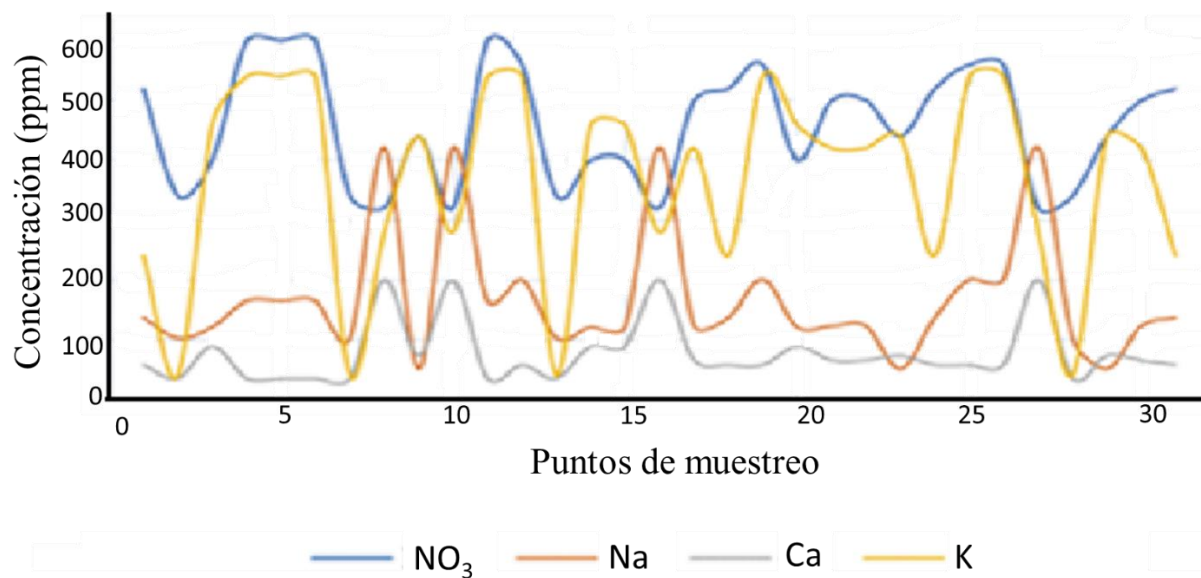


Figura 2: Concentración de nutrientes en suelo (partes por millón; ppm). Predio de pastoreo rotacional “La Huerta”



La producción de forraje en abril fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el SR, con 182 g MS m², en comparación con 75 g en el SC. Esta diferencia también se reflejó en la disponibilidad de forraje durante la temporada de sequía, siendo superior en el SR (Cuadro 2). Posterior al período de pastoreo y de la temporada de lluvias, la producción de forraje se redujo a 39 g de MS m² en el SR y a 27 g m² en el SC ($P > 0.05$). Estas cifras se atribuyen a la severa sequía registrada en 2023; la cual, limitó significativamente la producción de MS. A pesar de estas condiciones, la disponibilidad de forraje fue mayor en la época seca bajo el SR. Para evaluar la intensidad de pastoreo, se determinó la capacidad de carga y coeficiente de agostadero en cada predio (Cuadro 2; Cuadro 3). En ambos sistemas, el equivalente a una unidad animal (450 kg) correspondió a 2.5 animales de repasto, considerando un peso promedio de 166 kg por becerro. Con un consumo estimado del 3 % de su peso corporal, cada becerro requiere aproximadamente 4.98 kg de MS por día. Por lo tanto, el consumo total de MS en cada predio fue de 600 kg por día. Para un período de siete meses, esto equivale a una oferta de 126 t de forraje disponible en ambos predios.

Cuadro 1: Valores en variables de SR y SC, en abril del 2023 y significancia

Variable	Medias		Valor <i>P</i>
	Continuo	Rotacional	
Materia seca, g m ²	75.53 ^b	182.36 ^a	9.499e-06***
Altura de plantas del pastizal, cm	16.37	18.77	0.3439 ^{NS}
Conductividad eléctrica en suelo, mS/cm	69.47 ^b	183.81 ^a	0.004177***
NO ₃ en suelo, ppm	375.50 ^b	460.64 ^a	0.004212***
Na en suelo, ppm	88.56 ^b	167.93 ^a	0.0003839***
Ca en suelo, ppm	89.68	77.35	0.2909 ^{NS}
K en suelo, ppm	235.37 ^b	367.74 ^a	0.0002008***
pH en suelo	7.27 ^a	7.04 ^b	0.0328**

Significancia: $\alpha = 0.05$, $\alpha = 0.01$; ** indica 95 % de confianza; *** indica 99 % de confianza, NS= no significativa; mS/cm: microSiemens/centímetro, ppm= partes por millón.

Cuadro 2: Capacidad de carga y coeficiente de agostadero en abril y octubre de 2023

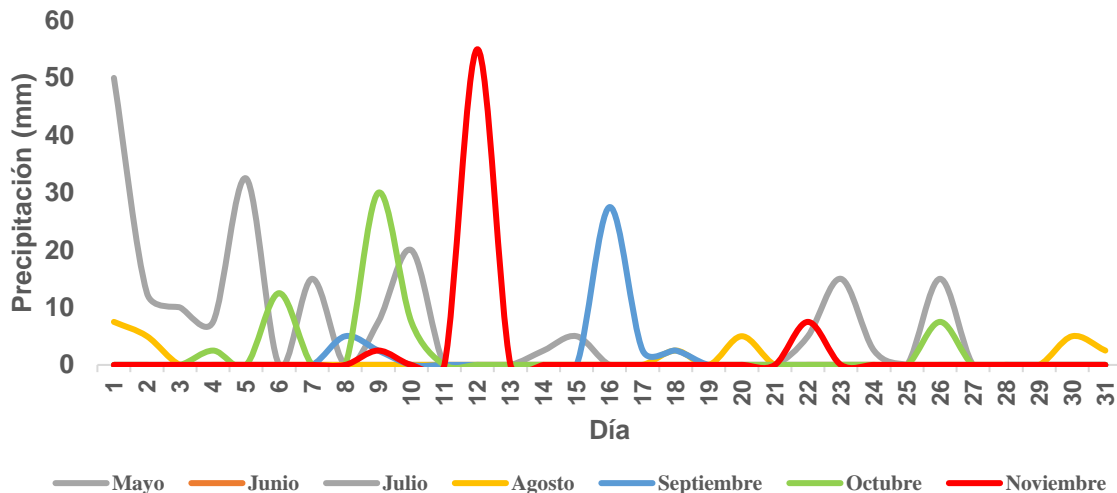
Período de muestreo en 2023	Sistema de pastoreo	Producción de MS g m ² *	Producción MS kg ha ⁻¹ **	Producción MS total t***	Capacidad de carga real****	Coefficiente agostadero*****
Abril	Rotacional (SR)	185 g	1,850 kg	370 t (200) ha	74 UA año ⁻¹	2.7 ha UA ⁻¹
Abril	Continuo (SC)	75 g	750 kg	112 t (150) ha	22 UA año ⁻¹	6.8 ha UA ⁻¹
Octubre	Rotacional (SR)	39 g	390 kg	78 t (200) ha	15 UA año ⁻¹	13.3 ha UA ⁻¹
Octubre	Continuo (SC)	27 g	270 kg	40.5 t (150) ha	8 UA año ⁻¹	18.8 ha UA ⁻¹

*MS g m²= Materia seca en gramos por metro cuadrado; ** MS kg ha⁻¹= materia seca en kilogramos por hectárea; *** MS t ha⁻¹= materia seca en toneladas por hectárea; **** UA año⁻¹= unidades animal por año; ***** ha UA⁻¹= hectáreas por unidad animal.

Acorde al análisis realizado en abril, el SC tiene la capacidad de sostener hasta 34 unidades animal (UA), considerando una utilización de 100 % y consumo diario equivalente al 3 % de MS del peso corporal de los animales; lo anterior, durante los ocho meses que dura el repasto. Según la producción de MS en abril (Cuadro 2), al tener disponibles 112 t de MS al período de ocho meses de pastoreo que dura el repasto, una UA requeriría consumir 3,240 kg de materia seca para mantenerse. Estas 34 UA, por el consumo de todo el forraje anual en el periodo de repasto, se traducen en un total de 85 becerras (asumiendo 2.5 becerras por UA). Sin embargo, durante el período de sequía, el SC soportó una carga animal de 110 becerras en repasto, lo que representa un excedente de 25 becerras respecto a la capacidad estimada. Este desbalance evidencia que la carga animal en el SC fue excesiva durante la temporada seca; lo cual, compromete la sostenibilidad del pastizal y la condición corporal del ganado.

Normalmente, el forraje producido en época de lluvias es mayor; sin embargo, en este caso no fue así, debido a la baja precipitación en el año 2023 (Figura 3). La vegetación, adaptada a condiciones de aridez, logró proporcionar la MS requerida a través del crecimiento compensatorio, proporcionado por la humedad atmosférica nocturna (rocío) y, a pesar del pastoreo ejercido⁽²³⁾. El SR demostró la capacidad de sostener hasta 114 UA, considerando una utilización del 100 % por ocho meses de pastoreo y un consumo de MS equivalente al 3 % de peso vivo de los animales. No obstante, las lluvias escasas limitaron el desarrollo normal de forraje en ambos predios, lo que resultó en un aumento del coeficiente de agostadero. En el SR, el coeficiente mostró un aumento de cuatro magnitudes (has UA⁻¹ año⁻¹; Cuadro 2); mientras que, en el SC, el incremento fue de casi tres magnitudes. La producción de forraje en el SR, disminuyó en 79 %, pasando de 1,850 a 390 kg ha⁻¹ entre las dos épocas evaluadas. En el SC, la reducción fue del 64 %; de 750 a 270 kg ha⁻¹. Al finalizar el período de pastoreo, el consumo del forraje producido fue del 79 % en el SR y de 65 % en el SC (Cuadro 2). Con base en este análisis, se dejó un remanente del 20 % del crecimiento anual, dado que el ganado no pasó de un consumo de 80 % del forraje disponible en los predios. Durante los meses más cálidos de pastoreo, se registró una precipitación de 360 mm, significativamente menor al promedio histórico de 540 mm para el mismo período en los últimos 10 años, lo que representó una reducción del 35 % (Figura 3). Esta baja precipitación afectó negativamente la producción de forraje, particularmente durante el prolongado período de estiaje.

Figura 3: Precipitación (mm) en el Rancho San Rafael, Canatlán, Durango, México en el periodo de repasto y para el año 2023



Durante la temporada de sequía, se observaron diferencias ($P < 0.05$), entre el SR y SC en diversas variables, con excepción de la altura de plantas del pastizal ($P > 0.05$; Cuadro 3). En contraste, en la temporada de lluvias, se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la altura de plantas del pastizal y la cobertura del pastizal, siendo los valores

más altos observados en el SR. En cuanto a la ganancia de peso en los animales, los individuos manejados en el SR obtuvieron una ganancia promedio de 89.6 kg (0.427 gramos por día) durante el período de repasto; mientras que, aquellos en el SC, alcanzaron 90.4 kg (0.430 g por día) ($P>0.05$; Cuadro 4); sin embargo, se detectó una disminución en la ganancia de peso a medida que el peso de los animales incrementó (por crecimiento natural); lo cual, se atribuye a mayores necesidades nutricionales en las etapas avanzadas del repasto.

Los rangos de peso entre 121 a 160 kg destacaron como los más eficientes en términos de ganancia durante los siete meses de repasto, período tradicionalmente utilizado en el Rancho San Rafael. La ganancia de peso fue de 66.3 kg ha⁻¹ en el SC, comparada con 49.3 kg ha⁻¹ en el SR. La prueba de Tukey no mostró significancia ($P>0.05$) respecto a ganancia promedio de peso entre ambos sistemas, se identificó un comportamiento similar en los patrones de ganancia por rangos de peso (Cuadro 4).

Cuadro 3: Atributos de la vegetación bajo pastoreo rotacional (SR) y continuo (SC), octubre 2023

Variable	Medias		P value
	Continuo	Rotacional	
Materia seca, g m ⁻²	19.00	32.08	0.2172
Altura de plantas del pastizal, cm	7.59 ^b	10.08 ^a	0.0009301***
Cobertura vegetal aérea, %	72.65 ^b	79.63 ^a	0.0068230***

** indican 95% de confianza y *** indican 99% de confianza.

Cuadro 4: Ganancia de peso en kg, por estratos desde peso inicial a peso final, en becerras de repasto de SR y SC, durante siete meses

Rango de peso inicial (kg)	Grupo de peso	Continuo	Rotacional
		Ganancia (kg)	Ganancia (kg)
100-120	1	113	75
121-140	2	103.6	102.6
141-160	3	97	104.9
161-180	4	83.6	93
181-200	5	82.6	68.8
201-220	6	87.6	65.3
221-240	7	74.6	54.5
	Media	90.4	89.6
Valor de P			0.83

El SR mostró diferencia ($P<0.05$) en comparación con el SC ($P<0.01$), con 20 % más de NO₃ en suelo. Esta mayor concentración de nitratos en el SR se tradujo en productividad primaria superior, especialmente cuando se combinó con una precipitación pluvial adecuada durante el verano. Estos resultados son comparables a los reportados bajo manejo holístico y continuo

en pastizales naturales⁽²³⁾. La eficiencia en el uso del NO_3 en el suelo mostró una respuesta directa al tipo de manejo de pastoreo implementado, favoreciendo al SR, especialmente cuando se aplicaron cargas animales reguladas⁽²⁴⁾. Esta ventaja coincide con otros estudios previos, donde la disponibilidad de NO_3 en el SC tiende a ser menor debido a una mayor duración o presión de pastoreo durante los períodos de estudio^(14,25); sin embargo, aunque el aumento en nitratos puede ser benéfico para la cobertura vegetal, también puede representar un inconveniente. Zonas con alta disponibilidad de NO_3 en el suelo, son más susceptibles a la invasión de especies no deseadas⁽²⁶⁾; por lo tanto, se recomienda analizar la flora presente en cada sistema de pastoreo. Por tanto, resulta imprescindible analizar la flora presente y monitorear los cambios en ésta. La diferencia en la composición florística radica en la selectividad del ganado en el SR y el SC, también en el número de potreros y comportamiento del bovino al pastorear⁽²⁷⁾.

Discusión

La duración del pastoreo por áreas es menor en el SR; dado lo anterior, los nutrientes en el suelo se ven afectados por la duración del pastoreo en el sitio, a mayor intensidad de pastoreo menor disponibilidad de nitrógeno total, fósforo total y carbono orgánico total; por otro lado, el pH no mostró relación directa con el tipo de pastoreo⁽²³⁾. En este caso, al utilizarse solo el 80 % de la producción forrajera, aun teniendo un año anormal de sequía, los niveles de NO_3 fueron adecuados en suelo. Como resultado de mayor resiliencia de la vegetación y nutrientes del suelo, debido al manejo histórico del pastoreo, la producción de MS fue significativamente mayor ($P < 0.05$) para el SR en período de sequía. Esto no se observó en el análisis de comparación del SR y SC en período de lluvias ($P > 0.05$), dada la intensidad de la sequía y la falta de rebrote durante 2023. Una precipitación anormalmente baja, como se presentó en este año de estudio, provocó que la recuperación natural del pastizal fuera lenta, respuesta comprobada con el segundo análisis de MS realizado al final del período de estudio (Cuadro 2). El SC presentó menor producción de forraje, pero dicha producción de MS no mostró diferencia significativa ($P = 0.2172$). Con un nivel de precipitación promedio normal, se hubiese observado mayor producción de forraje (MS) y recuperación del pastizal en ambos predios; sin embargo, con ventaja significativa al SR debido al descanso del pastizal^(28,29).

La carga animal empleada para el año 2023, tanto en el predio bajo SC como en el de SR, excederían la capacidad de producción de forraje disponible para 2024 y, por tanto, sería limitante para volver a ingresar la cantidad similar de animales de 2023, para período de repasto en 2024, lo que se muestra como desventaja ante años anormales de baja precipitación, como 2023. Al respecto, la sequía comprometió la capacidad de la respuesta vegetal en rebrote ante la embestida del pastoreo. Jakoby *et al*⁽³⁰⁾, mencionan que el ajustar

la carga animal a la capacidad de pastoreo debería ser suficiente para garantizar la regeneración del pastizal, lo que sugiere que el sistema de pastoreo adecuado es aquel que respete la capacidad de producción de forraje del pastizal⁽³⁰⁾. Al contrario de otros autores que señalan como causa principal de la degradación con pastoreo continuo, dado que promueve selectividad y manchones irregulares al generar presión sobre determinados paisajes, comunidades y especies⁽³¹⁾. La selectividad provee de la mejor calidad de forraje al ganado, haciendo que la ganancia de peso sea mayor en el SC, además de manchones irregulares con rebrote altamente variable y diferencial para la productividad primaria. Las necesidades de forraje seco para el ganado son consistentes durante el año; sin embargo, las fluctuaciones de la productividad están acotadas a las épocas de abundancia/escasez de condiciones de crecimiento (lluvias/secas; verano:invierno), factores que determinan la respuesta de la vegetación en el pastizal bajo pastoreo.

Un estudio comparativo realizado en Canadá entre estos dos sistemas de pastoreo tomó en cuenta 32 ranchos con similitud de condiciones; la información se basó en la superficie total pastoreada, el número y tamaño de los sub-potreros, el inicio y el final de cada temporada de pastoreo, así como el período de pastoreo dentro de estos potreros en la temporada de crecimiento del pasto. El número de ganado en pastoreo se utilizó para determinar la capacidad de carga en cada rancho. Los ranchos fueron considerados como bloques completos al azar. El período de descanso al pastizal en ranchos rotacionales fue en promedio de dos meses mientras que en ranchos de pastoreo continuo fue mínimo o casi nulo⁽⁹⁾. En este caso, el periodo de descanso del pastizal rotacional osciló entre 30 y 40 días en cada potrero, más el período invernal (cuatro meses); mientras que en el SC solo se le dio descanso en el período de invierno de cuatro meses. La altura del pastizal fue mayor para el sistema rotacional ($P<0.05$). De acuerdo con un análisis en 40 ranchos de pastoreo continuo y rotacional en Uruguay, la diferencia de altura en el pastizal radicó en 3.7 cm en promedio a favor del sistema rotacional de pastoreo⁽³²⁾; en este estudio la diferencia fue de 2.4 cm en período de sequía y de 2.49 cm en período de lluvias, mayor para SR.

La ganancia de peso ha sido descrita como menos eficiente en el SR. Estudios muestran una reducción del 12 al 14 % en la ganancia de peso anual en el ganado. Sin embargo, ante la carga animal baja en ambos sistemas, se puede controlar este inconveniente⁽³³⁾. En este experimento se observó una diferencia no significativa ($P>0.05$) en el porcentaje de ganancia en peso vivo en el SR en comparación al SC, debido probablemente al control de la carga animal en el pastoreo rotacional, donde no existe alta selectividad entre el ganado por los recursos forrajeros ni áreas sobre/sub pastoreadas en el potrero. Se ha justificado una ventaja en la ganancia de peso vivo en animales en pastoreo continuo y menor en un sistema rotacional. Sin embargo, otros estudios en áreas tropicales, en praderas de monocultivo y mejores condiciones de producción de forraje, sugieren una mayor ganancia en pastoreo rotacional racional, descritos como un sistema de rotación de ganado de 14 potreros. En este caso, se tuvieron 16 potreros en rotación con tiempos de pastoreo según el criterio del

productor de escoger el mejor potrero al momento para el pastoreo⁽²⁸⁾. Se ha reportado una eficiencia mayor en ganancia de peso vivo por hectárea en el sistema rotacional, este sistema superó al continuo; en este caso la ganancia de peso vivo en SR y SC no arrojó diferencias significativas⁽³⁴⁾. El efecto climático o de precipitación no es igual en todos los predios, por lo que su influencia es directa, en cuanto a la obtención de proteína en los animales en pastoreo⁽³⁵⁾. Aunque al aplicar un sistema que se adapte a la observación y utilización del mejor potrero permite, en tiempo de lluvias, escoger el potrero con mayor crecimiento de pasto, lo que por naturaleza nos arrojará una mayor MS y calidad de forraje en el pasto disponible para el ganado.

Uno de los factores necesarios a evaluar en los agostaderos es el acceso y la distancia a las fuentes de agua; la cual, queda influenciada por factores como: infraestructura de almacenamiento, tipo de ganado y precipitación anual; los cuales, podrían cubrir alrededor de un 70 % la cantidad de agua extraída anualmente en pozos ganaderos⁽³⁵⁾. En este caso, en los dos predios se contó con disponibilidad de agua todo el año, permitiendo abastecer adecuadamente a las becerras, por lo que no se consideró como factor de estrés para el ganado. Por otro lado, respecto a cobertura aérea del suelo, el SR presentó 10 % mayor cobertura respecto a aquella observada en el SC, indicando pérdidas potenciales de suelo, por erosión (hídrica o eólica), cuando se pastorea bajo un SC. Dicha cobertura fue menor en SC respecto a SR y bajo las condiciones de vegetación estudiadas ($P < 0.05$); esto responde, indirectamente, a una mayor capacidad de aprovechar la humedad y reducir la pérdida de sedimentos en sistemas rotacionales, dada la reducción (teórica) de la energía cinética de la escorrentía hídrica y por efecto de exposición al sol y viento; lo anterior, como lo han mostrado investigaciones que consideran variables como biomasa aérea y profundidad de suelo⁽³⁶⁾. Los efectos sobre los parámetros evaluados se asocian con incrementos en la capacidad de captación de humedad, lo que se convierte en mayor producción de material vegetativo, lo que a su vez resulta en mayor sostenibilidad del suelo en los agostaderos⁽³⁷⁾ y reflejándose en la productividad y funcionalidad ecológica del pastizal.

Conclusiones e implicaciones

El manejo del pastoreo en San Rafael, con más de 20 años de aplicación, mostró mejores resultados en condición del pastizal, en el sistema rotacional (SR) en comparación con el sistema continuo (SC). Implementar una estrategia de control del pastoreo que permita el descanso del pastizal durante su periodo de crecimiento (como en el SR) resultó en una mejor condición del ecosistema pastoril. A pesar de los beneficios observados en el SR, la ganancia de peso total del ganado en repasto, a lo largo de la temporada de pastoreo no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ambos sistemas. Sin embargo, al analizar etapas

específicas del repasto, se observó que el movimiento continuo del ganado en el SR, bajo el esquema evaluado, no fue suficiente para inducir aumentos significativos en la ganancia de peso. Estos resultados resaltan la importancia de ajustar los esquemas de pastoreo para maximizar la productividad del pastizal y del ganado, especialmente en condiciones de variabilidad climática. La mejor condición de fertilidad pastizal en el SR, implica una mejor capacidad de respuesta productiva de éste, al presentarse años de abundancia de lluvia. Se recomienda seguir evaluando y optimizando el manejo del SR, durante varios años, para documentar y, en su caso, aprovechar plenamente sus ventajas y garantizar la sostenibilidad de los beneficios tangibles y no tangibles del pastizal.

Literatura citada:

1. CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (n.d.). Pastizales. Recuperado de Biodiversidad Mexicana. www.biodiversidad.gob.mx Consultado 17 Mar, 2025.
2. CONABIO. Comisión Nacional de Biodiversidad. La Biodiversidad en Durango: Estudio de Estado. México. 2021. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_durango . Consultado 12 Jul, 2024.
3. SEMARNAT. DGIRA. “Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales”. “Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental”. Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional: Camino: Benjamin Aranda (San Rafael)- Veintidós de mayo- El Carmen, del km 0+000 al km 10+000, en el municipio de Canatlán y Durango, en el estado de Durango. México. 2020. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/dgo/estudios/2022/10DU2022V0010.pdf>. Consultado 13 Jul, 2024.
4. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa de concurrencia con las entidades federativas. México. 2020. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2020/03/19/1885/19032020-dgo-2014-pcef.pdf>. Consultado 13 Jul, 2024.
5. Teague R, Kreuter U. Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services. *Front Sust Food Syst* 2020;4:534187. doi:10.3389/fsufs.2020.534187.
6. Barton E, Bennett DE, Burnidge W. Holistic perspectives-understanding rancher experiences with holistic resource management to bridge the gap between rancher and researcher perspectives. *Rangelands* 2020;42(5):143-150. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rala.2020.05.003>.

7. Teague R, Provenza F, Kreuter U, Steffens T, Barnes M. Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience?. *J Environ Management* 2013;128:699–717. doi:10.1016/j.jenvman.2013.05.064.
8. Hodgson J. *Grazing management: Science into practice*. Harlow, UK: Longman Scientific & Technical; 1990.
9. Bork EW, Döbert TF, Grenke JSJ, Carlyle CN, Cahill JF, Boyce MS. Comparative pasture management on Canadian cattle ranches with and without adaptive multipaddock grazing. *Rangeland Ecol Management* 2021;78:5–14. doi:10.1016/j.rama.2021.04.010.
10. Sollenberger LE, Moore JE, Staples CR. Rotational grazing systems. In *Forages: The science of grassland agriculture*. 6th ed. Blackwell Publishing, Ames, IA. 2006;381-405.
11. Matthew W, Jordon J, Paul-Christian B, Gillian P. Rotational grazing and multispecies herbal leys increase productivity in temperate pastoral systems – A meta-analysis, agriculture. *Ecosystems Environment* 2022;337:108075. doi:https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108075.
12. Roche JR, Berry DP, Bryant AM, Burke CR, Butler ST, Dillon PG, Macmillan KL. A 100-year review: A century of change in temperate grazing dairy systems. *J Dairy Sci* 2017;100(12):10189-10233.
13. Derner JD, Augustine DJ, Briske DD, Wilmer H, Porensky LM, Fernández-Giménez ME, Ritten JP. Can collaborative adaptive management improve cattle production in multipaddock grazing systems?. *Rangeland Ecol Management* 2021;75:1-8.
14. Ferguson BG, Diemont W, Alfaro-Arguello R, Martin JF, Nahed-Toral J, Álvarez-Solís D, Pinto-Ruíz R. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agric Systems* 2013;120:38–48. doi:10.1016/j.agsy.2013.05.005.
15. Segura C, Cardenas L, McDowell R, Morgan S, Blackwell MS. Effects on soil of grassland management for pasture, hay and silage. In: Goss MJ, *et al.*, editors. *Encyclopedia of soils in the environment*. 2nd ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier; 2023:102-113.
16. Archer SR, Andersen EM, Predick KI, Schwinning S, Steidl RJ, Woods SR. *Woody plant encroachment: Causes and consequences*. Springer Series on Environmental Management 2017;25–84. doi:10.1007/978-3-319-46709-2_2.

17. Haq SM, Tariq A, Li Q, Yaqoob U, Majeed M, Hassan M, Aslam M. Influence of edaphic properties in determining forest community patterns of the zabarwan mountain range in the Kashmir Himalayas. *Forests* 2022;13(8):1214.
18. SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Manifestación de Impacto Ambiental Benjamín Aranda. México. 2024. apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgiraDocs/documentos/dgo/estudios/2022/10DU2022V0010.pdf. Consultado 19 Jul, 2024.
19. SMN. Servicio Meteorológico Nacional. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. Normales Climatológicas 1991-220. Estación Canatlán. México. 2020. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales_9120/dgo/nor9120_10090.TXT. Consultado 20 Jul, 2024.
20. Equipo Rstudio. RStudio: Desarrollo integrado para R. RStudio, PBC, Boston. 2020. <http://www.rstudio.com/>. Consultado 20 Jul, 2024.
21. Keselman HJ, Joanne C. The Tukey multiple comparison test: 1953–1976. *Psychological Bulletin* 1977;84(5):1050.
22. Chen L, Wang K, Baoyin T. Effects of grazing and mowing on vertical distribution of soil nutrients and their stoichiometry (C: N: P) in a semi-arid grassland of North China. *Catena* 2021;206:105507.
23. Kurtz D, Rey Montoya S, Ybarra D, Grancic C, Sanabria C. Impacto del pastoreo en propiedades físico-químicas de un Psammacuent en pastizales del nordeste argentino. *Rev Argentina Prod Anim* 2020;40(2):1-13.
24. Xu S, Jagadamma S, Rowntree J. Response of grazing land soil health to management strategies: a summary review. *Sustainability* 2018;10(12):4769.
25. Liu C, Li W, Xu J, Wei W, Xue P, Yan H. Response of soil nutrients and stoichiometry to grazing management in alpine grassland on the Qinghai-Tibet Plateau. *Soil Tillage Res* 2021;206:104822. doi:10.1016/j.still.2020.104822.
26. Akin-Fajiye M, Schmidt AC, Fraser LH. Soil nutrients and variation in biomass rather than native species richness influence introduced plant richness in a semi-arid grassland. *Basic Appl Ecol* 2021;53:62–73. doi:10.1016/j.baae.2021.03.002.
27. Fritzler LD, Steffens TJ, Rhoades MB, Lust DG. Grazing patterns, diet quality, and performance of cow-calf pairs using continuous or rotational grazing in the Texas panhandle USA. *J Arid Environ* 2023;211:104-925.

28. Molina JEÁ, Franco LFL. Evaluación de dos sistemas de pastoreo (rotacional y continuo) sobre variables técnicas, productivas y económicas en novillos cebú comercial en el trópico bajo. *Rev Politécnica* 2011;7(12):119-135.
29. Castro-Carmona M. Evaluación productiva de los sistemas de pastoreo rotacional y continuo en una finca manejada bajo el sistema de producción bovinos ceba en el municipio de San Onofre (Sucre). Colombia, Sucre: Universidad de Sucre; 2008.
30. Jakoby O, Quaas MF, Baumgärtner S, Frank K. Adapting livestock management to spatio-temporal heterogeneity in semi-arid rangelands. *J Environ Management* 2015;162:179–189. doi:10.1016/j.jenvman.2015.07.047.
31. Olvera-Vital A, Rebón-Gallardo MF, Navarro-Sigüenza AG. Diversidad de aves y recambio taxonómico en los diferentes hábitats del municipio de Misantla, Veracruz, México: una comparación de especies a través del tiempo. *Rev Mex Biodiversidad* 2020;91.
32. Pérez F, Aldabe J. Comparison of the bird community in livestock farms with continuous and rotational grazing in eastern Uruguay. *Ornithology Res* 2023;31(1):41-50.
33. Augustine DJ, Derner JD, Fernández-Giménez ME, Porensky LM, Wilmer H, Briske DD. Adaptive, multipaddock rotational grazing management: a ranch-scale assessment of effects on vegetation and livestock performance in semiarid rangeland. *Rangeland Ecology Management* 2020;73(6):796-810. doi:10.1016/j.rama.2020.07.005.
34. Feria AL, Valdés G, Martín PC, González ME. Evaluación de tres métodos de pastoreo para la ceba bovina. *Rev Cubana Cienc Agr* 2002;36(3):225-230.
35. Rochford LM, Bulovic N, Ordens CM, McIntyre N. What makes them pump? Factors influencing groundwater extraction for cattle grazing in a semi-arid region. *Agr Water Management* 2023;279:108158.
36. McGinty WA, Smeins FE, Merrill LB. Influence of soil, vegetation, and grazing management on infiltration rate and sediment production of Edwards Plateau rangeland. *Rangeland Ecol Management/J Range Management Archiv* 1979;32(1):33-37.
37. Cháirez FGE, Pérez AS, Valenzuela RB. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido zacatecano: II. Cambios en el suelo. *Rev Mex Cienc Pecu* 2007;45(2):177-194.