



11^{vo} Encuentro Internacional en Ciencia Animal de Zonas Áridas Costeras

27, 28 y 29 de noviembre
La Paz, Baja California Sur (México)

Patrones de movimiento del ganado en zonas áridas. Caso de estudio: Sierra San Francisco, B.C.S.

Maldonado-Enríquez, D.^{1*} y Montes-Sánchez, J.J.².

¹Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Palo de Santa Rita Sur; La Paz B.C.S. México; CP 23096. Tel: 3317179280*, correo-e: dmalde97@gmail.com*

²Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías-Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Independencia y Paseo Eucalipto s/n, Guerrero Negro, B.C.S., México; CP 23940.

Palabras clave: Dinamica espacio-temporal, Monitoreo GPS, Índice de vegetación.

Introducción

La movilidad del ganado en regiones áridas y semiáridas es una estrategia clave para adaptarse a la variabilidad de los recursos forrajeros y de agua (1). Estas zonas, caracterizadas por precipitaciones limitadas y variables, dependen de sistemas de producción en pastoreo extensivo, donde los animales pastan libremente en grandes áreas comunales (2). Las prácticas de pastoreo se ajustan a la disponibilidad cambiante de forraje y agua, lo que modifica los patrones de movilidad del ganado (3). El clima influye notablemente en el comportamiento de pastoreo; la precipitación afecta el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, la disponibilidad de forraje, mientras que las variaciones de temperatura y humedad también impactan los patrones de pastoreo del ganado (4). Durante las sequías, la falta de forraje y agua puede provocar desplazamientos a gran escala en busca de mejores áreas de pastoreo (3). Las diferencias entre bovinos y caprinos, en términos de movilidad y preferencias alimenticias, también influyen en sus patrones de pastoreo. Los bovinos prefieren los pastos y recorre largas distancias, mientras que las cabras son más flexibles y prefieren ramonear (2). Además, la disponibilidad de agua puede impactar más en la movilidad del ganado vacuno que en la de las cabras. El uso de tecnologías GPS ha revolucionado el estudio del movimiento del ganado, permitiendo un análisis detallado de cómo los factores ambientales, como la disponibilidad de forraje y las condiciones topográficas, afectan los patrones de movimiento y pastoreo (5).

El objetivo del presente trabajo fue analizar los patrones de movimiento del ganado en zonas áridas y su relación con la vegetación y variables climáticas.

Metodología

Área de estudio: La investigación se realizó en la Sierra de San Francisco, dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, en Baja California Sur, México. La Sierra presenta elevaciones alargadas con pendientes pronunciadas, varias mesetas y colinas onduladas. El clima es muy seco y semicálido, con lluvias principalmente en verano. La vegetación predominante es el matorral sarcocaulé, y la principal actividad económica es la cría de cabras y vacas, principalmente para la producción de queso y carne. Se seleccionó un rancho familiar donde crían cabras y vacas. El área de pastoreo se ubica en una meseta entre 400 y 950 msnm y no está delimitada por cerco. En 2023, el rancho tenía 183 cabras y 44 vacas, cuyos movimientos fueron monitoreados utilizando collares GPS.

Monitoreo GPS: Se equipó una cabra lactante y una vaca adulta con collares GPS con comunicación satelital dual que registraron posiciones cada 30 minutos para cabras y cada 60 minutos para vacas. Los registros GPS se corrigieron para eliminar valores atípicos y se convirtieron a coordenadas UTM.

Análisis de la vegetación: Se utilizaron imágenes de los satélites Landsat 8 y 9 para calcular el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la cobertura vegetal en áreas donde las



11^o Encuentro Internacional en Ciencia Animal de Zonas Áridas Costeras

27, 28 y 29 de noviembre
La Paz, Baja California Sur (México)

cabras y vacas pastoreaban. Los valores de NDVI mensuales se extrajeron en cada ubicación registrada por los GPS.

Datos meteorológicos: Los datos climáticos, como temperatura, precipitación, velocidad del viento y humedad relativa, se obtuvieron del proyecto POWER de la NASA. Se calculó la media mensual de estos datos para el área de estudio en 2023.

Análisis de datos: Se calcularon las trayectorias diarias de las cabras y vacas sumando las distancias entre pares de coordenadas sucesivas. Posteriormente, se realizaron pruebas t para comparar las distancias recorridas por cabras y vacas y se estimaron las superficies de pastoreo mensuales utilizando polígonos envolventes cóncavos. Se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAM) para evaluar la relación no lineal entre la distancia diaria recorrida y variables ambientales como el NDVI, la temperatura y la humedad. Además, se realizó una regresión lineal múltiple para examinar la relación entre la superficie de pastoreo y las mismas variables.

Resultados y discusión

El horario diario de mayor distancia recorrida por las cabras comenzaba a las 06:00-07:00 y terminaba a las 18:00-19:00 h. En contraste, el horario diario de las vacas empezó a las 05:00 h, disminuía al mediodía, aumentaba nuevamente a las 16:00 h y finalmente disminuía a las 20:00 h. Las cabras recorrieron distancias entre 8 y 663 m por hora y las vacas entre 0 y 629 m.

La distancia promedio diaria recorrida por las cabras fue 7.7 km (desviación estándar = 2.6 km) y por las vacas fue 3.4 km (desviación estándar = 2 km), siendo significativamente diferentes ($t=12.3$, $p < 0.05$). La mayor distancia diaria recorrida se registró en diciembre para las cabras y en julio para las vacas (9.5 y 4.6 km, respectivamente), mientras que las distancias más cortas se registraron en octubre para las cabras y en abril para el ganado vacuno (6.6 y 2.5 km, respectivamente) (Tabla 1). Estos resultados sugieren que las cabras tienen una mayor necesidad de moverse en busca de forraje, posiblemente debido a su dieta más variada y su capacidad para utilizar una mayor variedad de recursos vegetales en comparación con las vacas (6).

El área de distribución anual fue de 1,682 ha para las cabras, 1,180 ha para las vacas y 1,794 ha para ambas especies (Figura 1). Los rebaños no usaron toda su área de distribución anual cada mes; las cabras usaron entre el 20.7% (abril) y el 53.3% (octubre) y las vacas usaron entre el 15.8% (enero) y el 43.0% (marzo). El área de distribución mensual (Tabla 1) promedio fue de 562 ha (desviación estándar = 153.5 ha) para las cabras y 332 ha (desviación estándar = 96 ha) para las vacas, con diferencia significativa entre ambas ($t=-4.4(22)$, $p < 0.05$).

Las cabras no mantuvieron la misma área de distribución dos meses consecutivos, con una superposición del 22.8% al 38.9%. De manera similar, la superposición mensual de las vacas fue entre 9.5% y 37.9%. En general, el área de distribución mensual de las cabras fue mayor que la del ganado durante todo el año, con un promedio de 69% más área por mes. A pesar de esto, la superposición promedio entre ambas especies varió entre 9.7% y 31.6%, lo que equivale a 62 a 300 ha. La superposición anual fue de 1,068 ha, lo que representa el 63.5% del área utilizada por las cabras y el 90.5% por las vacas. Estos hallazgos coinciden con el comportamiento de forrajeo adaptativo de las cabras, que tienden a recorrer áreas más extensas y, en un sistema de pastoreo extensivo tradicional, consumen una mayor variedad de especies vegetales que otros rumiantes. Además, abarcan una mayor diversidad de paisajes y ejercen menos presión sobre la degradación de la vegetación y el medio ambiente, lo que contribuye a mantener la diversidad del paisaje (7).



11^o Encuentro Internacional en Ciencia Animal de Zonas Áridas Costeras

27, 28 y 29 de noviembre
La Paz, Baja California Sur (México)

Tabla 2. Promedio de las distancias diarias recorridas (km) y total de la superficie de pastoreo (ha) por mes para cabras y vacas.

Mes	Promedio diario distancia recorrida		Superficie de pastoreo	
	Cabra	Vaca	Cabra	Vaca
Enero	6.8	4	454	187
Febrero	7.2	3.2	453	233
Marzo	7.7	3.4	445	507
Abril	6.9	2.5	348	293
Mayo	9.3	3.4	457	379
Junio	8.2	4.4	593	259
Julio	7.7	4.6	553	233
Agosto	7.4	3.8	645	338
Septiembre	6.7	4	770	335
Octubre	6.6	3	897	380
Noviembre	8	2.9	595	461
Diciembre	9.5	2.6	535	377

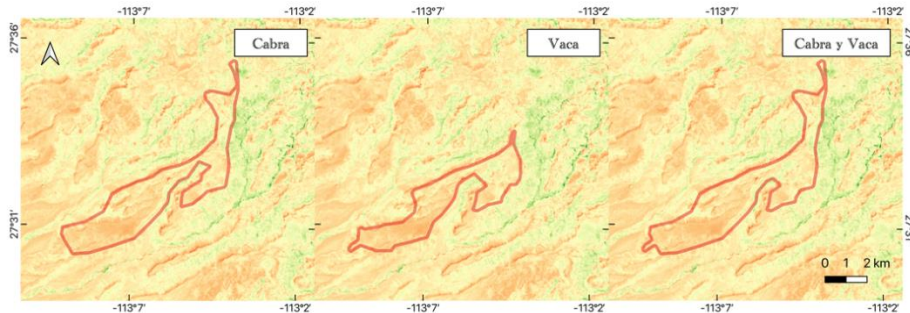


Figura 1. Superficie de pastoreo durante 2023 para cabras, vacas y ambas especies.

Se utilizaron modelos aditivos generalizados (GAM) para analizar la relación entre la distancia recorrida por el ganado y variables ambientales. Para las cabras, el modelo incluyó días julianos, NDVI, velocidad del viento, cobertura vegetal y temperatura, explicando el 25.7% de la variabilidad. En las vacas, las variables explicativas fueron días julianos, temperatura, NDVI y cobertura vegetal, explicando el 34.3%.

Las cabras mostraron un patrón estacional, con mayor movimiento en octubre y noviembre y menor en abril y mayo. En las vacas, el pico de movimiento fue en julio. Tanto cabras como vacas recorrieron menos distancia con temperaturas más altas. Además, las cabras se desplazaron más en áreas con alta cobertura vegetal, mientras que las vacas mostraron un patrón en forma de campana, con mayor movilidad entre 37% y 50% de cobertura vegetal. Esto sugiere que las cabras prefieren una cobertura vegetal moderada para un forrajeo óptimo (menor gasto de energía por forrajeo), mientras que una cobertura alta aumenta su movimiento. En contraste, las vacas disminuye su movilidad cuando la cobertura vegetal es muy baja o muy alta, posiblemente debido a su preferencia por áreas más abiertas con pastos (2).

Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para entender la relación entre las áreas de pastoreo y las variables explicativas. Según el Criterio de Información de Akaike, el mejor



11^{vo} Encuentro Internacional en Ciencia Animal de Zonas Áridas Costeras

27, 28 y 29 de noviembre
La Paz, Baja California Sur (México)

modelo para las cabras incluyó cobertura vegetal, temperatura, precipitación y humedad relativa, explicando el 76.1% de la variabilidad ($F(4,7) = 5.562$, $p < 0.05$). Por otro lado, el modelo para las vacas no fue significativo ($F(3,8) = 1.322$, $p > 0.05$). El área de pastoreo de las cabras aumentó con mayor cobertura vegetal, temperatura y humedad relativa, y disminuyó con la precipitación. El aumento en la disponibilidad de forraje en áreas con mayor cobertura vegetal probablemente incentiva a las cabras a explorar zonas más amplias para optimizar su búsqueda de alimento (8).

Conclusiones

El estudio ofrece información sobre el comportamiento espacial de cabras y vacas en un entorno árido, revelando que las cabras son más móviles y tienen un rango espacial mayor que el ganado, gracias a su adaptabilidad en la búsqueda de forraje. Se identifican patrones de uso del espacio en un sistema de pastoreo extensivo tradicional que permite el descanso de algunas áreas. Además, se subraya la influencia de factores ambientales como la temperatura y la cobertura vegetal en el movimiento y tamaño del área de pastoreo del ganado, lo que es crucial para desarrollar estrategias de manejo de pastoreo sostenibles.

Literatura citada

1. Liao, C., Agrawal, A., Clark, P.E., Levin, S.A. and Rubenstein, D.I. (2020). Landscape sustainability science in the drylands: mobility, rangelands and livelihoods. *Landscape Ecology*, **35**, 2433-2447.
2. Feldt, T. and Schlecht, E. (2016). Analysis of GPS trajectories to assess spatio-temporal differences in grazing patterns and land use preferences of domestic livestock in southwestern Madagascar. *Pastoralism*, **6**, 5.
3. Butt, B. (2010). Seasonal space-time dynamics of cattle behavior and mobility among Maasai pastoralists in semi-arid Kenya. *Journal of Arid Environment*, **74**, 403-413.
4. Al-Khaza'leh, J., Abdelqader, A., Abuajamieh, M. and Hayajneh, F.M.F. (2020). Assessment of water source availability and quality for small ruminant consumption in the Northern Badia region of Jordan. *Veterinary World*, **13**, 1073-1082.
5. Akasbi, Z., Oldeland, J., Dengler, J. and Finckh, M. (2012). Analysis of GPS trajectories to assess goat grazing pattern and intensity in Southern Morocco. *Rangeland Journal* **34**, 415-427.
6. Zobel, G., Neave, H.W. and Webster, J., (2019). Understanding natural behavior to improve dairy goat (*Capra hircus*) management systems. *Translational Animal Science*, **3**, 1, 212-224.
7. Lu, C.D. (2023). The role of goats in the world: Society, science, and sustainability. *Small Ruminant Research*, **227**, 107056.
8. Chynoweth, M.W., Lepczyk, C.A., Litton, C.M., Hess, S.C., Kellner, J.R. and Cordell, S. (2015). Home range use and movement patterns of non-native feral goats in a tropical island montane dry landscape. *PLoS One*, **10**.