

Introducción

La geomorfología es la ciencia que estudia las formas del relieve, es decir, la expresión espacial de una superficie. Una vertiente es una forma de relieve, conceptualizada como cualquier inclinación del terreno, siendo posible delimitarlas de forma arbitraria como cualquier porción de terreno que se extiende desde una línea divisoria superior hasta la base de la pendiente. Son consideradas uno de los factores más importantes en la geomorfología contando con una alta interrelación con la red hidrográfica (Christofolletti, 1980). Existe una estrecha relación entre las formas y los procesos que la esculpen, siendo el objetivo de este informe indagar sobre el papel del ganado, con énfasis en el vacuno, como agente de cambio geomorfológico en sistemas de pastoreo a través de la modificación directa e indirecta de suelos, vegetación y sistemas hídricos (Trimble, 1995) de alcance local como fuera del sitio (Bilotta, 2007). El impacto del ganado se manifiesta principalmente a través de tres actividades clave como ser el pisoteo, el ramoneo y la excreción (Bilotta, 2007). Las características de una vertiente que pueden influir en el impacto del ganado incluyen la topografía, humedad, características del suelo, cobertura vegetal e historia del uso de la tierra (Trimble, 1995). Los factores propios del ganado que influyen en la capacidad para transformar los paisajes por estos son la especie, edad, peso y patrón de comportamiento del ganado (Bilotta, 2007) así como factores de manejo del mismo, tales como la densidad de carga de ganado, el tiempo de pastoreo (Trimble, 1995; Bilotta, 2007), el buffer al borde ribereño y el acceso al agua (Grudzinski., 2020).

Impactos en el suelo

El pisoteo de los animales de pastoreo altera los suelos debido a la fuerza ejercida por el gran peso del ganado y la pequeña área de contacto de estos con el suelo (Trimble, 1995). Entre las formas de alteración estructural se encuentran la (1) compactación; compresión del suelo no saturado, que reduce el volumen de aire y el espacio poroso, aumentando la densidad aparente del suelo y se produce cuando la densidad de animales supera la capacidad de carga del suelo. (2) El apelmazamiento (pugging); deformación plástica que ocurre cuando el ganado pisa suelo húmedo y blando, creando huellas profundas. Y el (3) enlodamiento (poaching): deformación elástica que ocurre en suelos muy húmedos o saturados pisoteados por el ganado (Bilotta, 2007). Estos cambios se traducen en una menor infiltración de agua en el suelo y en un aumento de la escorrentía superficial, lo que a su vez incrementa la erosión y la producción de sedimentos (Trimble, 1995). Se ha encontrado que los potreros donde el ganado pasta más intensamente, muestran los cambios más pronunciados en la erosionabilidad y pérdida de suelo (Donovan, 2021). En tierras altas el ganado contribuye a la formación de "terrazas de vaca" y senderos, así como aumentan el meso-micro relieve debido a la compactación diferencial. En zonas ribereñas las rampas de ganado aumentan la rugosidad hidráulica, lo que genera turbulencia y acelera la erosión de las riberas durante caudales altos (Trimble, 1995).

Impactos en la cubierta vegetal

La vegetación tiene un papel protector que desempeña un papel ecológico y geomorfológico importante en la evolución de la formación del suelo y en la organización geomorfológica de un área (Christofolletti, 1980). El pisoteo puede reducir significativamente el crecimiento y rendimiento del forraje, debido a daños directos como aplastamiento y enterramiento, así como indirectos por la

reducción del espacio poroso y la aireación en la zona radicular (Bilotta, 2007). Una defoliación excesiva, tiene serias implicaciones para el rendimiento del forraje, la cobertura porcentual de la vegetación y su biodiversidad (Bilotta, 2007) generando una disminución en productividad de las pasturas (Drewry, 2008). En zonas ribereñas el pastoreo reduce la vegetación exponiendo el suelo a la erosión y disminuyendo la resistencia natural de las riberas (Trimble, 1995). Es también un factor determinante en la limitación de la expansión de la vegetación arbórea en los pastizales donde el pisoteo y el ramoneo de plántulas y juveniles de árboles pueden limitar la regeneración y expansión del bosque sobre el pastizal, también facilita la dispersión de semillas de especies exóticas a través de la excreción (Paruelo, 2022).

Impactos en los cursos de agua:

Un mayor régimen de escorrentía causado por la compactación del suelo en zonas de tierras altas puede agravar la erosión ribereña en tierras bajas, además la escorrentía de las laderas adyacentes a las orillas de lechos de agua puede transportar sedimentos hacia las mismas, especialmente si estas laderas también han sido compactadas y alteradas (Trimble, 1995). Existen estudios que han determinado que el pastoreo tuvo poco efecto detectable en la morfología de canales de agua intermitentes, limitados por lecho rocoso al ser promediados a lo largo de los años (Melvin, 2002). A nivel local el ganado puede degradar la calidad de agua al aumentar los niveles de sedimentos, nutrientes como fósforo y nitrógeno, o bacterias fecales (SNF) al excretar materia fecal y urea directamente en la columna de agua cuando merodea en zonas ribereñas. Además al pisar y erosionar las orillas de los arroyos puede resuspender los sedimentos previamente depositados en el fondo (Grudzinski, 2020). Al aumentar la compactación del suelo y la cobertura de suelo desnudo por pisoteo y pastoreo se aumenta la disponibilidad de transporte de SNF a los cursos de agua que daña el hábitat del lecho del curso de agua utilizado por la biota acuática. También promueve la eutrofización y aumenta la biomasa de algas, altera la disponibilidad de luz y las concentraciones de oxígeno disuelto y disminuye la integridad biótica y la calidad del agua aguas abajo (Grudzinski, 2020).

Medidas de mitigación

Tanto Trimble como Bilotta sugieren medidas centradas en el manejo de la intensidad del pastoreo y la protección de zonas vulnerables, señalando que el pastoreo ligero y moderado tiene efectos mucho menos significativos que el pastoreo intenso. También proponen evitar el pastoreo en suelos húmedos o saturados en lo que recomiendan excluir al ganado de las zonas ribereñas hasta que las orillas estén secas. Grudzinski propone para esto la instalación de cercos ribereños considerándola una de las mejores prácticas de manejo para proteger la calidad del agua, especialmente en lo que respecta a la reducción de sedimentos y bacterias fecales, recomendado establecer un ancho de amortiguamiento de 5 a 10 metros para aumentar la probabilidad de mejoras en la calidad del agua. Hernandez (2024) propone el Pastoreo Racional Voisin como una herramienta de ganadería regenerativa a través de cuatro leyes: (1) asegurar que el pasto tenga un tiempo de reposo suficiente entre dos pastoreos sucesivos para almacenar reservas en sus raíces y lograr un rebrote vigoroso, (2) que el tiempo que los animales ocupan en una parcela debe ser lo suficientemente corto para que el pasto que fue cortado el primer día no vuelva a ser cortado antes de que los animales dejen la parcela, (3) guiar al ganadero a seleccionar los potreros con mayor biomasa y mejor calidad para los animales con mayores exigencias nutricionales, y (4) buscar un rendimiento constante en el ganado, aunque no especifica cómo lograrlo.

Fotos

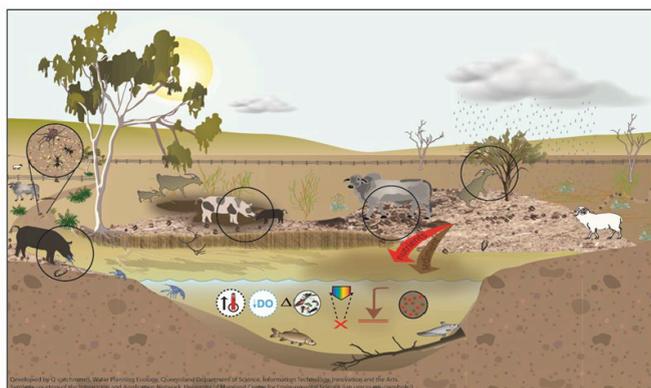


Impactos en el suelo. Pugging. Fuente: <https://notmanpasture.com.au>



Figura 2. A: sotobosque dominado por *L. lucidum* en exclusión ganadera contigua a INIA Las Brujas, B: bosque ribereño en Arroyo Don Diego, dominado por *L. lucidum* a raíz de exclusión ganadera anterior al año 2000, C: INIA Las Brujas, zona de alta invasión de juveniles de *L. lucidum* antes de pastoreo con ovejas y D: INIA Las Brujas zona de alta invasión después de pastoreo con ovejas

Impactos en la cubierta vegetal. Propagación de exóticas. Fuente: Paruelo, J., Ciganda, V., Gasparri, I., & Panizza, A. (2022). Oportunidades y desafíos del uso de los bosques nativos integrados a la producción ganadera de Uruguay. INIA



- Feral animals and livestock can damage riparian areas, stream banks and dry stream beds while accessing water and other resources. Pugging, rooting and trampling can accelerate erosion and alter instream sediment dynamics. Soil compaction can also occur along stock trails, reducing water infiltration whilst increasing run-off.
- Grazing of vegetation by livestock and feral animals can alter the structural diversity of the riparian vegetation and decrease bank stability. Feral pigs can also consume aquatic biota such as freshwater mussels and crayfish.
- Dry stream beds provide habitat for invertebrates. These communities reflect the health of dry stream ecosystems.
- Increased erosion produces fine sediment which can remain suspended (turbidity), while coarser sediment can settle and smother benthic habitat. This sedimentation can reduce waterhole persistence.
- Urine and faeces in and around waterholes will change water quality and increase nutrient concentrations which can lead to increased algal growth, reduced oxygen levels and cause anoxic conditions.
- Increasing turbidity can reduce the amount of light penetrating the water column (i.e. photic depth). This limits instream primary production.
- Disturbed areas are more susceptible to weed invasion. Animals can aid in the transport of weeds by transporting them on hair, fur or in faeces.
- Water temperature can increase due to suspended particles absorbing heat. Dissolved oxygen decreases with increasing water temperature.
- Altered instream habitat can lead to changes in the structure and function of ecological communities and ecosystem processes.

Impactos en los cursos de agua. Fuente: Defining metrics of success for feral animal management in northern Australia – Final report. 2021, CSIRO

BIBLIOGRAFÍA

Bilotta, G. S., Brazier, R. E., & Haygarth, P. M. (2007). The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in agronomy*, 94, 237-280.

Christofoletti, A. (1980). *Geomorfologia*. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher.

Donovan, M., & Monaghan, R. (2021). Impacts of grazing on ground cover, soil physical properties and soil loss via surface erosion: A novel geospatial modelling approach. *Journal of Environmental Management*, 287, 112206.

Drewry, J. J., Cameron, K. C., & Buchan, G. D. (2008). Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing—a review. *Soil Research*, 46(3), 237-256.

Grudzinski, B., Fritz, K., & Dodds, W. (2020). Does riparian fencing protect stream water quality in cattle-grazed lands?. *Environmental management*, 66(1), 121-135.

Hernández, A. P., Bautista, C. M., Vite, R. A. M., Cortes, J. G. B., & León Paulino, A. E. (2024). Pastoreo Racional Voisin como una herramienta para la ganadería sustentable. *Brazilian Journal of Development*, 10(1), 1402-1419.

Melvin R. George, Royce E. Larsen, Neil K. Mcdougald Kenneth W. Tate, John D. Gerlach, Jr., And Kenneth O. Fulgham. (2002). Influence of grazing on channel morphology of intermittent streams. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 55(6), 551-557.

Paruelo, J., Ciganda, V., Gasparri, I., & Panizza, A. (2022). Oportunidades y desafíos del uso de los bosques nativos integrados a la producción ganadera de Uruguay. INIA

Trimble, S. W., & Mendel, A. C. (1995). The cow as a geomorphic agent—a critical review. *Geomorphology*, 13(1-4), 233-253.

Link de acceso a sistematización de bibliografía actualizada:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/165B8N69WHnsXS0qDW1rghzQGfL5turlLnr7P_etJ7k/edit?usp=sharing