

# TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL DESARROLLO DE PASTOREO DE PRECISIÓN EN SISTEMAS EXTENSIVOS DE PASTIZAL NATURAL

Andres F. Cibils<sup>1</sup> y Miguel A. Brizuela<sup>2</sup>. 2009. 5° Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales, Corrientes.

[www.pastizalesnaturales.com](http://www.pastizalesnaturales.com)

1.- Department of Animal and Range Sciences, New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, EE.UU.

2.- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Mar del Plata y Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

[Volver a: Pasturas naturales, manejo](#)

## INTRODUCCIÓN

El uso generalizado de las tecnologías de geo-posicionamiento satelital (GPS) y sistemas de información geográfica (SIG) ha contribuido al desarrollo de nuevas herramientas para investigar y manejar la distribución espacial del pastoreo en sistemas ganaderos extensivos. Algunas de dichas herramientas integran, además, tecnologías utilizadas para la modificación de la conducta animal y la inducción de cambios en los patrones espaciales de pastoreo.

En este contexto, el concepto de “pastoreo de precisión” es análogo al de “agricultura de precisión” y se refiere a la posibilidad de manipular la distribución espacial del pastoreo usando herramientas que incluyen el empleo de tecnología de GPS/SIG. Con frecuencia, las aplicaciones del pastoreo de precisión están asociadas a objetivos más amplios, tales como la recuperación de pastizales o la conservación de paisajes manejados para usos múltiples.

En este trabajo se presenta una reseña de los factores que afectan el comportamiento de animales en pastoreo, y de las estrategias tradicionales y nuevas tecnologías utilizadas para modificar patrones de distribución espacial del ganado.

## SELECCIÓN DE DIETA Y HÁBITAT DE RUMIANTES DOMÉSTICOS

El manejo de la distribución de animales en pastoreo, particularmente en ambientes de pastizal natural, continúa siendo un desafío para técnicos y productores (Holechek et al. 2004). La distribución espacial del pastoreo tiene amplia repercusión sobre un ecosistema de pastizal natural porque altera procesos críticos como la productividad primaria, la descomposición de materia orgánica y, en consecuencia, el ciclado de nutrientes a través del sistema (Hobbs 1996).

El pastoreo de ungulados, tanto domésticos como silvestres, ha sido descrito como un proceso jerárquico (basado en la teoría de jerarquías ecológicas propuesta por Allen y Starr [1982]) en el que la selección de dieta está fuertemente limitada por las decisiones de selección de sitios de alimentación por parte del animal (Senft et al. 1987; Coughenour 1991; Bailey et al. 1996). Esta visión del proceso de forrajeo ha canalizado los esfuerzos de investigación y manejo del pastoreo en ambientes de pastizal natural hacia la manipulación de la distribución espacial del pastoreo, como una estrategia para lograr, entre otros objetivos, el control indirecto de las decisiones de selección de dieta de un animal en pastoreo (Wyman et al. 2006).

La manipulación de la distribución de animales en pastoreo requiere un conocimiento preciso de la influencia relativa que ejercen múltiples factores, tanto bióticos como abióticos, sobre el proceso de selección de hábitat y dieta. Dichos factores condicionan las decisiones de pastoreo y le imprimen cierta complejidad al proceso de selección de hábitat y dieta, dado que rara vez operan de modo aislado (Coughenour 1991). Entre los factores condicionantes se cuentan los siguientes: la ubicación del agua de bebida, el tamaño y la forma geométrica de un potrero, el ambiente físico (pendiente topográfica, exposición, suelos), las variaciones meteorológicas (vientos, temperaturas, presión atmosférica), el estado fisiológico de un animal, la conformación social de un grupo de animales o, en algunos casos, la presencia de potenciales predadores (Heitschmidt y Stuth 1991).

Launchbaugh y Howery (2005) proponen que los animales en pastoreo responden a la combinación de los factores mencionados seleccionando sitios de alimentación en función de la relativa recompensa ofrecida por los mismos. Según estos autores, los animales en pastoreo aprenden a usar un ambiente mediante una combinación de procesos de condicionamiento operante (Skinner 1966) y condicionamiento clásico (Pavlov 1927), que permiten que los mismos se adapten constantemente a cambios en el entorno. Por ejemplo, cuando una conducta animal tal como la selección de un sitio de alimentación genera consecuencias positivas (generalmente asociadas al bienestar

animal), la frecuencia con la que ocurre dicha conducta aumentará; mientras que lo opuesto sucede cuando una conducta está asociada a consecuencias que van en detrimento del animal. Por otra parte, el hecho de que los animales aprendan a asociar pautas visuales con atributos positivos (alto valor forrajero, reparo) o negativos (peligro de predación, bajo valor forrajero) de un determinado sitio de alimentación (Howery et al. 2000; Cibils et al. 2004), indicaría la influencia de procesos de condicionamiento clásico sobre las decisiones de forrajeo.

Considerando lo anterior, se puede expresar que un rumiante se relaciona con el ambiente mediante ajustes constantes en su comportamiento. Este proceso de ajuste tiene consecuencias tangibles sobre el ambiente (Hobbs 1996) y sobre el estado del animal mismo (Houston 1993). Las estrategias de manipulación de la selección de hábitat y dieta de rumiantes domésticos por lo general se proponen para modificar patrones de conducta con la finalidad de minimizar los impactos perjudiciales de los animales sobre el ambiente y, a la vez, mantener o aun mejorar el estado del animal. Según Launchbaugh y Howery (2005), existirían 5 componentes del proceso de selección de hábitat factibles de ser manipulados: los estímulos externos, la memoria de un animal (manipulando experiencias anteriores), la composición genética (utilización de razas o biotipos mejor adaptados), la experiencia (especialmente a una edad temprana) y los atributos del hábitat del animal.

## **MANEJO DE LA DISTRIBUCIÓN DEL PASTOREO MEDIANTE LA MODIFICACIÓN DEL HÁBITAT**

La investigación y el desarrollo de estrategias para modificar la distribución de animales en pastoreo se han basado históricamente en la premisa de que el control de la distribución espacial de animales mediante alambrados (tradicional o eléctrico), en ambientes extensivos de pastizal natural, es por lo general económicamente inviable y/o ecológicamente indeseable. Por otra parte, la mayoría de esas estrategias ha priorizado la modificación del hábitat del animal en pastoreo.

El manejo de la distribución del agua de bebida (atributo del hábitat) es sin lugar a dudas la herramienta más antigua utilizada para modificar la distribución de animales en pastoreo (Williams 1954), particularmente en climas áridos y semiáridos. El desplazamiento programado de una única fuente de agua de bebida en potreros extensos de semidesierto puede alterar significativamente el patrón de distribución de vacas en pastoreo (Ganskopp 2001). Asimismo, la ubicación estratégica del agua de bebida ha sido utilizada con éxito para promover un mejor uso de las comunidades vegetales xerofíticas alejadas de cursos de agua permanente (Miner et al. 1991; Porath et al. 2002).

La distribución de sales minerales y suplementos proteicos (Bailey et al. 2001; Bailey y Welling 1999, 2007) a veces combinada con el uso de arreo, también ha sido utilizada para lograr mayor uniformidad en la distribución de animales en pastoreo, particularmente durante períodos del año en que las especies forrajeras dominantes presentan bajo valor nutritivo. La eficacia de estas técnicas durante la estación de crecimiento en que las especies forrajeras del pastizal exhiben alto valor nutritivo, al parecer, sería limitada (Cibils et al. 2008).

Por último, el uso del fuego o del pastoreo prescripto para generar disturbios controlados en áreas estratégicas del paisaje ha sido utilizado para inducir pulsos de rebrote con alto valor nutritivo y modificar la distribución de animales en pastoreo (Bailey 2005). Utsumi (2008) utilizó pastoreo prescripto con rumiantes menores (cabras y ovejas) para controlar la invasión de una planta leñosa (*Juniperus monosperma*) en pastizales de monte y encontró que los parches de disturbio generados afectaron la distribución espacial posterior de ciervos (*Odocoileus hemionus*) y vacas.

La mayoría de las técnicas antes mencionadas están orientadas a generar experiencias positivas (sensu Launchbaugh y Howery 2005) que deberían reforzar la preferencia animal por las áreas subutilizadas de un potrero. En tal sentido, estas técnicas, además de modificar el hábitat, inciden sobre la valoración de sitios de alimentación que se estima hace un animal en pastoreo y, por lo tanto, tenderían a modificar el mapa espacial de los recursos utilizados por un animal para decidir dónde pastorear (Bailey et al. 1996). Dicha modificación en la valoración relativa de sitios de alimentación induciría a un animal a cambiar sus hábitos de pastoreo, proceso que redundaría en un cambio perceptible en la distribución espacial de animales en un potrero.

## **LA SELECCIÓN GENÉTICA COMO HERRAMIENTA PARA MODIFICAR LA DISTRIBUCIÓN DEL PASTOREO**

Las técnicas mencionadas en la sección anterior procuran modificar patrones de distribución de pastoreo a través de la modificación del hábitat. Existen otras herramientas (que se describirán en la sección siguiente) orientadas a modificar conductas de un animal por medio del empleo de técnicas basadas en los principios de condicionamiento operante (Skinner 1966) y condicionamiento clásico (Pavlov 1927). Dicha modificación de comportamientos requiere de un plan de intervención que refuerce regularmente las conductas animales aprendidas a fin de mantener los patrones de comportamiento deseados (McSweeney 1999).

Hasta hace poco tiempo, dicha intervención era poco factible, particularmente en sistemas extensivos de producción. Debido a ello, Walker (1995) propone la selección genética de fenotipos que exhiban comportamientos deseables como una alternativa superadora. Por ejemplo, ciertas razas bovinas seleccionadas durante décadas para

producir en ambientes montañosos hacen mejor uso de terrenos con pendientes pronunciadas que las razas británicas tradicionales (Bailey et al. 2001, Morgan-Davies et al. 2006). Asimismo, los bovinos cruza con sangre de razas índicas o de raza criolla hacen un mejor uso de extensos potreros de desierto, si se los compara con las razas británicas más comunes (Winder et al. 1996; Roacho Estrada et al. 2008). Dentro de un mismo grupo de animales, existe también considerable variación individual en el uso del ambiente. Wesley et al. (2009) monitorearon los patrones de distribución espacial diarios de vacas de la misma raza, de un mismo rodeo, pero con temperamentos contrastantes. Los resultados de este estudio sugieren que los animales más fácilmente excitables tienden a explorar áreas más extensas de un potrero que sus pares más dóciles. Según Walker (1995) y Howery et al. (1996), atributos tales deberían ser incorporados como un criterio de selección adicional en los programas de mejoramiento genético.

## **MANIPULACIÓN DE LA EXPERIENCIA ANIMAL MEDIANTE EL USO DE ESTÍMULOS EXTERNOS**

La distribución de animales en pastoreo puede ser modificada utilizando estímulos sensoriales que generan respuestas de evitación de determinados sitios de alimentación. La utilización generalizada de alambrados eléctricos en sistemas pastoriles intensivos es, posiblemente, el mejor ejemplo en tal sentido. Dichas estrategias, a diferencia de las descritas anteriormente (que tienden a modificar el hábitat o el genotipo de un rodeo), buscan modificar los patrones de distribución espacial del pastoreo manipulando la experiencia animal mediante estímulos externos.

Los estímulos que generan dolor al nivel de la piel de un animal generan respuestas motrices de defensa que resultan en la evitación del lugar en el que se aplicó el estímulo doloroso (García y Koelling 1966; García y Holder 1985). Se cree que este tipo de respuesta es análogo al de la evitación por ungulados silvestres de hábitats en los que el peligro de ataque por un predador es elevado (Ferguson et al. 1988; Altendorf et al. 2001). Tanto en sistemas naturales como en aquellos manejados, los animales sujetos a estímulos que generan dolor (shock eléctrico, picaduras de insectos, o ataque por un predador) aprenden a asociar el peligro con pautas visuales, auditivas u olfatorias presentes en el lugar del estímulo. Se cree que estas respuestas (es decir, la asociación del dolor con una pauta sensorial y la evitación posterior de esa pauta o del lugar asociado al estímulo adverso) evolucionaron en ungulados como mecanismos de supervivencia y por lo tanto forman parte de un sistema de defensa animal con raíces neurofisiológicas bien establecidas (García y Holder 1985). Dichas estrategias de defensa persisten en los rumiantes domésticos (Cibils et al. 2004; Black et al. 2007) y son las que han posibilitado el desarrollo de herramientas para modificar la distribución espacial del pastoreo que se describen a continuación.

## **TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA DESARROLLAR SISTEMAS DE PASTOREO DE PRECISIÓN**

El uso de GPS como herramienta para investigar patrones de uso del ambiente por parte de rumiantes domésticos se inició hace aproximadamente 15 años. Diversos dispositivos con GPS de precisión variable han sido utilizados para monitorear el movimiento de ovinos (Roberts et al. 1995; Rutter et al. 1997), bovinos (Udal et al. 1998, 1999; Turner et al. 2000; Ganskopp y Bohnert 2006) y varios ungulados silvestres (Austin y Pietz 1997) con un nivel de detalle sin precedentes (Tomkiewicz 1997). Los trabajos iniciales establecieron las bases para el uso de esta herramienta en experimentos de comportamiento animal, ya que determinaron el nivel de calidad de los datos obtenidos (D'eon y Departé 2005), los efectos de los collares sobre el ritmo circadiano de los animales (Hulbert et al. 1998) y el número de dispositivos GPS necesarios para muestrear la actividad de un rodeo (Turner et al., 2000), entre otros aspectos de su uso. Desde aquellos primeros trabajos, los collares con GPS se han empleado en el estudio de la distribución de pastoreo en relación al uso de suplementos proteicos y sales minerales (Bailey y Welling 1999, Bailey et al. 2001b, Ganskopp 2001), la topografía (Ganskopp et al. 2000, Bailey et al. 2001a, 2004), o las condiciones térmicas del ambiente (Harris et al. 2002; Black Rubio et al. 2008), entre otros objetos de estudio.

A pesar de lo extendido del uso de GPS en el área de investigación, su empleo con fines comerciales como herramienta para la toma de decisiones de manejo ha sido muy limitado. Asimismo, la integración de la tecnología de GPS con otras herramientas de manejo de pastoreo es relativamente reciente. El desarrollo de los llamados "alambrados virtuales" para la implementación de sistemas de pastoreo de precisión ha dado el puntapié inicial a la incorporación de tecnología de GPS en herramientas de intervención en sistemas pastoriles extensivos.

Varios investigadores han utilizado estimulación eléctrica controlada asociada con un estímulo visual o auditivo para generar alambrados virtuales e inducir la evitación de lugares específicos de un potrero (Tiedemann et al. 1999, Anderson 2001, Del Curto et al. 2005). Tiedemann et al. (1999) fueron, posiblemente, los primeros en desarrollar alambrados virtuales para bovinos en pastoreo sin integrar el uso del GPS. Esta metodología utiliza una caravana que se coloca sobre el animal y que administra estimulación eléctrica controlada, precedida por un estímulo auditivo toda vez que el animal ingresa en una zona de exclusión, establecida de modo virtual por un transmisor sobre el terreno. Previo entrenamiento, los animales pueden ser condicionados para evitar áreas de exclusión en un potrero, con una eficacia de hasta el 90%.

Anderson (2001) luego perfeccionó esta tecnología integrando GPS-SIG con estimulación eléctrica en un sistema que denominó "alambrado virtual direccional". Esta técnica consiste en colocar un GPS y un vehículo de estimulación audio-eléctrica sobre el animal. Este dispositivo utiliza estimulación eléctrica asociada con un estímulo auditivo para mantener a un rodeo de animales dentro de un área programada, mediante la incorporación de polígonos de un SIG del área pastoreada al GPS que portan los animales en pastoreo.

Este sistema, que fue desarrollado y probado por Anderson (2001) en el desierto de Chihuahua en el SO de EE.UU., genera un potrero virtual que puede ser desplazado sobre un paisaje (Anderson et al.2003, 2004). El perímetro de un potrero virtual está demarcado por una serie de límites virtuales concéntricos de unos 25 m cada uno. Cada vez que un animal ingresa en una de las bandas del límite virtual recibe primero una estimulación auditiva y luego (si continua avanzando sobre las bandas del límite virtual) el implemento administra un pulso breve de estimulación eléctrica. Tanto el estímulo auditivo como el pulso de estimulación eléctrica se aplican de modo selectivo sobre uno de los lados del animal con la finalidad de estimular un cambio en la dirección de desplazamiento. El dispositivo utilizado posee un sensor que detecta el ángulo del cuello del animal con respecto al límite virtual del potrero. El dispositivo utiliza esta información para determinar el lado del animal sobre el cual aplicar la estimulación que al generar una respuesta de evitación, induce el cambio en la dirección (y frecuentemente el sentido) de la trayectoria de desplazamiento del animal.

Esta tecnología, con el aporte de ingenieros del MIT (Massachusetts Institute of Technology), ha entrado en la fase de desarrollo electrónico. La misma consiste en la provisión de energía mediante pequeñas células fotovoltaicas montadas sobre el implemento y la capacidad de transmisión de datos a una estación remota en tiempo real (Dean Anderson, comunicación personal). Si bien hasta el presente esta tecnología ha estado disponible únicamente para fines de investigación, una firma canadiense ha adquirido recientemente los derechos para fabricar una versión comercial de este dispositivo, el cual estaría disponible en el mercado en un futuro cercano (Dean Anderson, comunicación personal).

El alambrado virtual direccional (Anderson 2001) ligado a tecnologías de teledetección abre un abanico de nuevas posibilidades en el manejo de pastizales naturales. Por ejemplo, más allá de la posibilidad de manejar la distribución de pastoreo de modo remoto, se podría aumentar la sincronía espacial y temporal entre la disponibilidad de recursos (mediante mapas de IVN) y los niveles de herbivoría. Esta aplicación es particularmente promisoría en ambientes más áridos en los que los eventos de precipitación presentan patrones espaciales altamente heterogéneos. Otra aplicación de esta herramienta es la de focalizar el impacto del pastoreo en áreas específicas de un paisaje en situaciones en las que se utiliza el pastoreo de rumiantes como agente de control biológico de plantas invasoras tanto autóctonas como exóticas. Dichas técnicas están siendo promovidas como una alternativa al uso de herbicidas y control mecánico en ambientes de pastizal natural del oeste de los EE.UU.

## REFERENCIAS

- Allen, T. F. H., and T. B. Starr. 1982. Hierarchy: perspectives in ecological complexity. The University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Altendorf, K. B., J. W. Laundré, C. A. Lopez González, and J. S. Brown. 2001. Assessing effects of predation risk on foraging behavior of mule deer. *Journal of Mammalogy* 82:430-439.
- Anderson, D. M. 2001. Virtual fencing - A prescription range animal management tool for the 21st century. In : Sibbald, AM and I.J. Gordon. (Eds). *Proceedings of the Conference on Tracking Animals with GPS*. 12-13 March 2001. Macaulay Land Research Institute, Aberdeen. p 85-94.
- Anderson, D.M., C.S. Hale, R. Libeau, and B. Nolen. 2003. Managing stocking density in real time, p 840-843. In: H. Allsopp, A.R. Palmer, S.J. Milton, K.P. Kirkman, G.I.H. Kerley, C.R. Hurt, and C.J. Brown (Eds). *Proc. VIIth International Rangeland Congress*, July 26-August 3, Durban, South Africa
- Anderson, D.M., M.A. Price, E.L. Fredrickson, B. Nolen, R. Libeau, J. Koppa, C.S. Hale, and K.M. Havstad. 2004. *Directional Virtual Fencing (DVFTM)*. 57th Annual Meeting of the Society for Range Management, Salt Lake City, UT, January 24-30, 2004, p.4
- Austin, J.E. and P.J. Pietz. 1997. Forum on wildlife telemetry. In: 'The Wildlife Society and Biological Resources Division' (Chairpersons J. E. Austin and P.J. Pietz) pp. 1-82. U.S. Geological Survey, Snowmass Village, Colorado.
- Bailey, D. W. 2005. Identification and Creation of Optimum Habitat Conditions for Livestock. *Rangeland Ecology and Management* 58:109-118.
- Bailey, D. W., and G. R. Welling. 1999. Modification of cattle grazing distribution with dehydrated molasses supplement. *J. Range Manage.* 52:575-582.
- Bailey, D. W., and G. R. Welling. 2007. Evaluation of low-moisture blocks and conventional dry mixes for supplementing minerals and modifying cattle grazing patterns. *Rangeland Ecology and Management* 60:54-64.
- Bailey, D. W., J. E. Gross, E. A. Laca, L. R. Rittenhouse, M. B. Coughenour, D. M. Swift, and P. L. Sims. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49:386-400.
- Bailey, D.W., D.D. Kress, D.C. Anderson, D.L. Boss, and E.T. Miller. 2001a. Relationship between terrain use and performance of beef cows grazing foothill rangeland. *Journal of Animal Science* 79:1883-1891.
- Bailey, D. W., G. R. Welling, and E. T. Miller. 2001b. Cattle use of foothills rangeland near dehydrated molasses supplement. *Journal of Range Management*. 54:338-347.

- Bailey, D.W., M.R. Keil, and L.R. Rittenhouse. 2004. Research Observation: Daily movement patterns of hill climbing and bottom dwelling cows. *Journal of Range Management* 57: 20-28.
- Black-Rubio, C. M., A. F. Cibils, and W. R. Gould. 2007. Maternal influence of feeding site avoidance behaviour of lambs. *Applied Animal Behaviour Science* 105:122-139.
- Black-Rubio, C. M., A. F. Cibils, R. L. Endecott, M. K. Petersen, and K. G. Boykin. 2008. Piñon-juniper woodland use by cattle in relation to weather and animal reproductive state. *Rangeland Ecology and Management* 61:394-404
- Cibils, A. F., L. D. Howery, and G. B. Ruyle. 2004. Diet and habitat selection by cattle: the relationship between skin- and gut-defense systems. *Applied Animal Behaviour Science* 88:187-208.
- Cibils, A. F., J. A. Miller, A. M. Encinias, K. G. Boykin, and B. F. Cooper. 2008. Monitoring heifer grazing distribution at the Valles Caldera National Preserve. *Rangelands* 30:19-23
- Coughenour, M. 1991. Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *Journal of Range Management* 44:530-542.
- DelCurto, T., M. Porath, C. T. Parsons, and J. A. Morrison. 2005. Management strategies for sustainable beef cattle grazing on forested rangelands in the Pacific Northwest. *Rangeland Ecology and Management* 58:119-127.
- D'eon, R., and D. Departe. 2005. Effects of radio-collar position and orientation on GPS radio-collar performance, and the implications of PDOP in data screening. *Journal of Applied Ecology* 42: 383-388.
- Ferguson, S. H., A. T. Bergerud, and R. Ferguson. 1988. Predation risk and habitat selection in the persistence of a remnant caribou population. *Oecologia* 76:236- 245.
- Garcia, J., and M. D. Holder. 1985. Time, space, and value. *Human Neurobiology* 4, 81-89.
- García, J., and R.A. Koelling. 1966. The relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psych. Sci.* 5, 123-124.
- Ganskopp, D., D. Cruz, and D.E. Johnson. 2000. Least-effort pathways?: a GIS analysis of livestock trails in rugged terrain. *Applied Animal Behavior Science* 68:179-190.
- Ganskopp, D. 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behavior Science* 73:251-262.
- Ganskopp, D. and D. Bohnert. 2006. Do pasture-scale nutritional patterns affect cattle distribution on rangelands? *Rangeland Ecology and Management* 59: 189-196.
- Harris, N.R., D.E. Johnson, M.R. George, and N.K. McDougal. 2002. The effect of topography, vegetation, and weather on cattle distribution at the San Joaquin Experimental Range, California. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184.
- Heitschmidt, R.K., and J.W. Stuth. 1991. *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Timber Press, Portland, 259 p.
- Hobbs, N. T. 1996. Modification of ecosystems by ungulates. *Journal of Wildlife Management* 60:695-713.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper, and C. H. Herbel. 2004. *Range Management Principles and Practices*, Fifth Edition. Prentice Hall, New Jersey.
- Houston, A. I. 1993. The importance of state. Pages 10-31. in R. N. Hughes (Ed). *Diet Selection: An interdisciplinary approach to foraging behaviour*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Howery, L. D., F. D. Provenza, R. E. Banner, and C. B. Scott. 1996. Differences in home range and habitat use among individuals in a cattle herd. *Applied Animal Behavior Science* 49:305-320.
- Howery, L. D., D. W. Bailey, G. B. Ruyle, and W. J. Renken. 2000. Cattle use visual cues to track food locations. *Applied Animal Behavior Science* 67:1-14.
- Hulbert, I.A.R., J.T.B. Wyllie, A. Waterhouse, J. French, and D. McNulty. 1998. A note on the circadian rhythm and feeding behavior of sheep fitted with a lightweight GPS collar. *Applied Animal Behavior Science* 60: 359-364
- Launchbaugh, K. L., and L. D. Howery. 2005. Understanding Landscape Use Patterns of Livestock as a Consequence of Foraging Behavior. *Rangeland Ecology and Management* 58:99-108.
- McSweeney, F. K. 1999. Making sense of animal conditioning. in: K.L.Launchbaugh, K.D.Sanders, and J.C.Mosley (Eds). *Grazing Behavior of Livestock and Wildlife*. Idaho Forest, Wildlife and Range Exp. Sta. Bull. # 70, University of Idaho Moscow, ID.
- Miner, J. R., J. C. Buckhouse, and J. A. Moore. 1992. Will a water trough reduce the amount of time hay-fed livestock spend in the stream (and therefore improve water quality)? *Rangelands* 14:35-38.
- Morgan-Davies, C.; Waterhouse, A.; Umstatter, C. 2006. Sustainable hill and upland systems: what do people want the hills to deliver? *International Journal of Biodiversity Science and Management* 2: 242-244.
- Pavlov, I. P. 1927. *Conditioned reflexes*. Oxford University Press, London.
- Porath, M. L., P. A. Momont, T. DelCurto, N. R. Rimbey, J. A. Tanaka, and M. McInnis. 2002. Offstream water and trace mineral salt as management strategies for improved cattle distribution. *Journal of Animal Science* 80:346-356.
- Roacho Estrada, J. O., E. Fredrickson, G. A. Bezanilla Enriquez, R. H. Peinetti, A. L. Gonzalez, and J. Rios. 2008. A comparison of grazing behavior between desert adapted Mexican criollo cattle and temperate British breeds using two diverse landscapes in New Mexico and Chihuahua. 61 Annual Meeting of the Society for Range Management. Louisville, KY. Jan 26-31, 2008.
- Roberts, G., A. Williams, J.D. Last, P.D. Penning, and S.M. Rutter. 1995. A low-power post processed DGPS system for logging the locations of sheep on hill pastures. *Navigation* 42: 327-336.
- Rutter, S.M., N.A. Beresford, and G. Roberts. 1997. Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep. *Computers and Electronics in Agriculture* 17: 177-188.
- Senft, R. L., M. B. Coughenour, D. W. Bailey, L. R. Rittenhouse, O. E. Sala, and D. M. Swift. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience* 37:789-799.

- Tiedemann, A. R., T. M. Quigley, L. D. White, W. S. Lauritzen, J. W. Thomas, and M. L. McInnis. 1999. Electronic (fenceless) control of livestock. Res.Pap.PNW-RP-510. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 23 p.
- Tomkiewicz, S.M. Jr. 1997. Advancements in the use of GPS technology in obtaining position information from free-ranging wildlife. In: 'The Wildlife Society and Biological Resources Division' (Chairpersons J. E. Austin and P.J.Pietz) pp. 70. U.S. Geological Survey, Snowmass Village, Colorado.
- Turner, L.W., M.C. Udal, B.T. Larson, and S.A. Shearer. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science* 80: 405-413.
- Udal, M.C., L.W. Turner, B.L. Larson, and S.A. Shearer. 1998. GPS tracking of cattle on pasture. Presented at the July 1998 American Society of Agricultural Engineers Meeting Paper No. 983134. ASAE.
- Udal, M.C., L.W. Turner, B.T. Larson, L.J. Driedger, and S.A. 1999. Grazing time and assessment for beef cows on pasture using GPS. *Journal of Animal Science* 77 (Supp. 1):203 (Abstract).
- Utsumi, S.A. 2008. Influence of nutrients, toxins, and grazing strategies on the utilization of one-seed juniper by small ruminants. PhD Dissertation. New Mexico State University, Las Cruces, 242 p.
- Walker, J. W. 1995. Viewpoint: Grazing management and research now and in the next millennium. *Journal of Range Management* 48:350-357.
- Wesley, R.L., A. F. Cibils, E. R. Pollak, S. H. Cox, J. T. Mulliniks, M. K. Petersen, and E. L. Fredrickson. 2009. Comparing beef cow behavioral syndromes to measures of productivity and spatial use of rangelands. 62nd Annual Meeting of the Society for Range Management, Albuquerque, NM, February 8-12. p.
- Williams, R. E. 1954. Modern methods of getting uniform use of ranges. *Journal of Range Management* 7:77-81.
- Winder, J. A., D. A. Walker, and C. C. Bailey. 1996. Effect of breed on botanical composition of cattle diets on Chihuahuan desert range. *Journal of Range Management* 49:209-214.
- Wyman, S., D. Bailey, M. Borman, S. Cote, J. Eisner, W. Elmore, B. Leinard, S. Leonard, F. Reed, S. Swanson, L. Van Ripper, T. Westfall, R. Wiley, and A. Winward. 2006. Riparian area management: Grazing management processes and strategies for riparian-wetland areas. Technical Reference 1737-20, BLM/ST/ST-06/002+1737, US Department of Interior, Bureau of Land Management, National Science and Technology Center, Denver, CO. 105 pp.

[Volver a: Pasturas naturales, manejo](#)