

## Interacción planta-animal en el contexto de sistemas productivos desarrollados en distintos ambientes ecológicos

*M.A. Brizuela<sup>1,2,\*</sup>, M.S. Cid<sup>1,3</sup>, A.F. Cibils<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Ex Profesor Fac. Ccias. Agrarias, Univ. Nac. Mar del Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Ex Investigador CIC BsAs.

<sup>3</sup> Ex Investigador CONICET, Argentina.

<sup>4</sup> Department of Animal and Range Sciences, New Mexico State University, USA.

\*E-mail: mbrizuela18@yahoo.com.ar

### RESUMEN

El estudio de los factores que rigen los patrones espaciales de la distribución del pastoreo de los herbívoros domésticos es fundamental en la ecología y el manejo de los recursos naturales. Aunque los productores y profesionales realizan ajustes anuales o estacionales de la carga animal para influir en la preferencia animal por determinados ambientes de pastoreo y alcanzar un uso eficiente del recurso forrajero, el manejo de la distribución del ganado continúa siendo un gran desafío. La heterogeneidad de los ambientes de pastoreo tiene dimensión tanto espacial como temporal, lo cual impone desafíos en el entendimiento de los factores que influyen en las decisiones de selección de hábitat por parte del ganado. En esta contribución comenzamos revisando los modelos conceptuales actuales del comportamiento del ganado a grandes escalas. Luego, presentamos algunos resultados de estudios conducidos en diferentes ecosistemas contrastantes de Argentina y New Mexico (EEUU). Estos estudios desarrollados usando animales con y sin collares GPS contribuyen a mejorar gradualmente las decisiones de manejo de los pastizales. Finalmente, hacemos unas consideraciones breves relacionadas con el manejo del ganado en Ecuador que pueden contribuir a mejorar la sustentabilidad de los sistemas de producción ganaderos.

Palabras clave: Relación planta animal, heterogeneidad ambiental, modelos.

### ABSTRACT

The study of factors that drive the spatial patterns and distribution of the grazing of domestic herbivores is central to the discipline of natural resource ecology and management. Although ranchers and rangeland professionals conduct annual or seasonal stocking rate adjustments to influence animal habitat preference and achieve efficient use of forage resource, the management of the distribution of livestock continues to be a major challenge. The heterogeneity of rangeland grazing environments has both spatial and temporal dimensions, which pose significant challenges to the understanding of the factors that drive livestock habitat selection decisions. The manuscript starts with a review of the current conceptual models of livestock foraging behavior at large spatial scale, whereafter some results of studies conducted in contrasting range biomes of Argentina and New Mexico (EEUU) are presented. In those studies the grazing behavior of animals with or without GPS-collars was monitored which contributed to a gradual improvement of grazing management decisions on rangelands. In the final section of the manuscript are briefly some considerations presented related with livestock management in Ecuador and the importance of the animal-plant interaction approach that we believe can contribute to improving the sustainability of livestock production systems.

Keywords: Plant-animal relationship, rangeland heterogeneity, models.

## 1. INTRODUCCIÓN

Proveer pasturas que teóricamente satisfagan las necesidades de los animales en pastoreo no es garantía de que el forraje producido sea eficientemente utilizado en la producción animal. Esto es así por dos razones básicas: la vegetación es heterogénea en su estructura y composición botánica, y los rumiantes son selectivos, esto es, eligen dónde y qué comer, y por lo tanto cómo desplazarse y distribuirse. La distribución de los animales y su elección del sitio o área de pastoreo, dependen en gran medida de la naturaleza e intensidad de la interacción entre ellos y la vegetación. Por ejemplo, los animales pueden modificar en diferente grado la composición botánica de un sitio, y esa modificación puede o no alterar su futuro desplazamiento. Otros factores, tales como las condiciones climáticas, la topografía, la ubicación de las fuentes de agua y de suplementos, pueden afectar la distribución de los animales sin interactuar con ella. En un intento de lograr una mayor eficiencia del pastoreo, el productor usualmente trata de controlar la distribución de los animales, mediante el apotreramiento, el control de carga y el empleo de diferentes modalidades de pastoreo. Aún así, no siempre se alcanza totalmente dicho objetivo, dada la fuerza de las interacción planta –animal y de los factores ambientales (climáticos y físicos de los potreros). El objetivo de esta contribución es revisar la incidencia de aquellos factores en la distribución de los animales en diferentes sistemas de producción ganadera desarrollados en distintos ambientes ecológicos, evaluando el peso relativo de los mismos. Para ello, primero se presentan aspectos vinculados con el proceso de pastoreo que inciden en la distribución de los animales. Luego se sintetizan algunos resultados de investigaciones realizadas en sistemas productivos desarrollados en distintos ambientes ecológicos de Argentina y Estados Unidos. Se evalúan también que aportes en la temática abordada se podrían proponer para la mejora de los sistemas ganaderos desarrollados en Ecuador y se esbozan los avances en el tema en Colombia. Finalmente se realizan algunas consideraciones sobre los avances logrados en el conocimiento de la distribución de ganado y sus posibles implicancias en criterios de manejo de los recursos forrajeros y las acciones que deberían considerarse a futuro en distintos ambientes ecológicos.

## 2. ASPECTOS VINCULADOS CON EL PROCESO DE PASTOREO QUE INCIDEN EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ANIMALES

### 2.1. *El problema de asignar y distribuir la carga animal en los sistemas productivos*

En los sistemas de producción animal usualmente se trata de controlar la distribución de los animales y la selección de especies mediante el control de carga y la implementación de distintos métodos de pastoreo. El conocimiento del efecto de la carga animal, los métodos de pastoreo, la dinámica de la distribución de los animales en pastoreo y los factores que la determinan, son herramientas de manejo poderosas que el productor tiene para mejorar el nivel de producción animal en un sistema pastoril. Estos aspectos, cuyo impacto ha sido profusamente evaluado en estudios conducidos en las últimas décadas, han sido recientemente considerados por Brizuela & Cibils (2011).

Un buen manejo del pastoreo es la clave para asegurar que el potencial de la pastura sea alcanzado. El manejo del pastoreo implica tomar decisiones relacionadas a carga y conducción de los animales, que afectan la producción animal individual y por superficie. La toma de decisiones rentables requiere conocimiento sobre tipos de pasturas, interacciones planta-animal que en ella ocurren, y respuesta animal deseable en relación al mercado. En pastoreo extensivo, los rumiantes a menudo controlan sus propias respuestas a través de la búsqueda y selección de sus dietas; bajo esas condiciones el pastoreo selectivo es exhibido en su máxima expresión. El pastoreo controlado (continuo o rotativo), como se lo practica en sistemas intensivos, no anula al pastoreo selectivo sino que utiliza esa conducta para buscar la respuesta deseada. Las especies forrajeras que integran las pasturas difieren en morfología, composición química, estacionalidad de crecimiento, tasa de disminución del valor nutritivo con el avance de la madurez, y persistencia bajo defoliación. Estas diferencias, sumadas a las propias del animal, tales como época de gestación, intervalo entre parición,

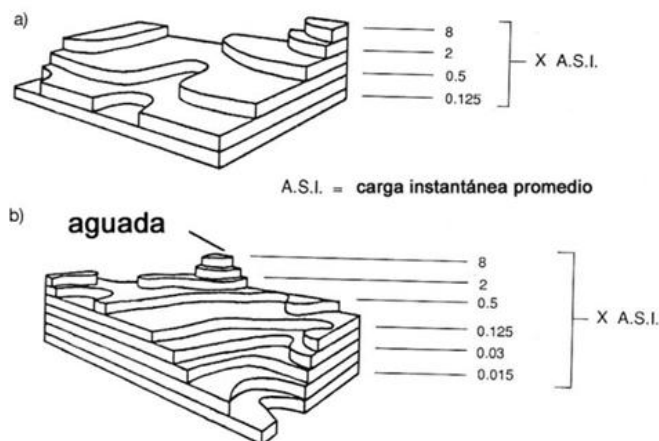
edad de destete, y condición del animal, son los factores que proveen las herramientas de manejo para influenciar la subsecuente respuesta animal individual o por superficie.

El mantenimiento o mejoramiento de la composición botánica de una determinada comunidad de plantas es el objetivo de cualquier plan de manejo de pastizales o pasturas cultivadas. Para alcanzar ese objetivo se requiere ajustes estacionales en la carga animal aplicada. La mayoría de los métodos de pastoreo (continuo o rotativo) no puede alcanzar completamente este objetivo, aún cuando están diseñados con distintas modalidades, para lograr una mejor distribución de los animales en la pastura, tendiendo a dar el mayor descanso posible a las plantas (compatible con la tasa de recambio foliar de las principales especies involucradas) durante sucesivas estaciones de crecimiento. La implementación de pastoreos continuos desarrollados generalmente en grandes superficies, con cargas animales fijas y con bajo control del régimen de defoliación de la vegetación, tienen asociados sus propios costos de aplicación. Entre otros, la alimentación de menor cantidad de animales y dietas de mayor o menor valor nutritivo dependiendo de la vegetación utilizada y la carga que permita o no expresar diferentes niveles de selección por parte de los animales. En general se puede afirmar que esas características los hacen poco flexibles. Por el contrario pastoreos rotativos, con control del tiempo de pastoreo, concentran animales en pequeños potreros (o subdivisiones) para alcanzar un uso uniforme del forraje, basando la longitud del período de pastoreo en la tasa de crecimiento de las plantas. Estos métodos permiten considerable flexibilidad, alta calidad de forraje y máximo control de la frecuencia de bocados. Resultado que podría también esperarse cuando un método de pastoreo continuo es implementado con ajustes estacionales de la carga animal. Una síntesis de las principales características de los distintos métodos y modalidades de pastoreo puede ser consultada en Brizuela y Cibils (2011).

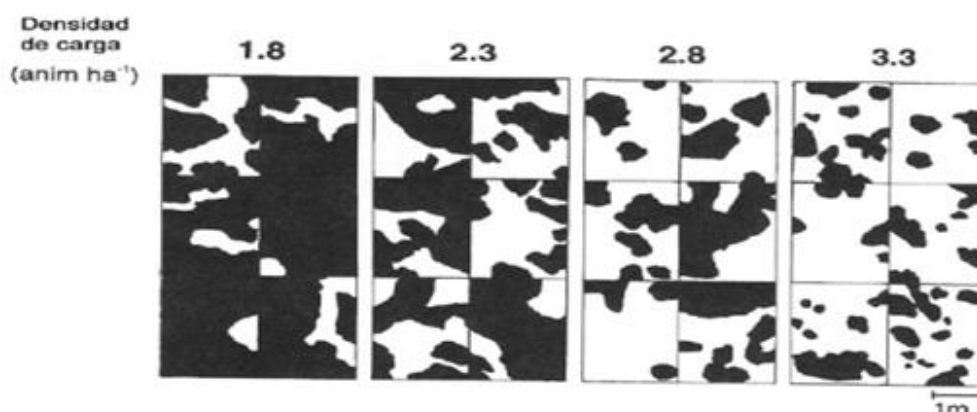
Uno de los conceptos básicos para analizar y comprender la respuesta animal en condiciones de pastoreo es el referido a la carga animal (CA). La CA es el mayor determinante de la producción por unidad de superficie (Morley, 1981). Los criterios para elegir una CA apropiada son necesariamente complejos. Se debe establecer un compromiso para satisfacer las necesidades de las pasturas, de los animales, del suelo y de la mano de obra, bajo condiciones erráticas e impredecibles de condiciones climáticas y económicas. La carga animal (*stocking rate*) es el número de animales por unidad de superficie con prescindencia de la cantidad de forraje en dicha superficie. Por su parte, la presión de pastoreo (*grazing pressure*) da una idea de la intensidad de pastoreo, la cual se establece por la relación entre el número de animales (la biomasa animal) y la fitomasa presente por unidad de superficie. Hodgson (1990) considera a la CA como la relación que se obtiene en un período de tiempo substancial (p.ej. estación de crecimiento o año), mientras que la presión de pastoreo se refiere a un instante dado de tiempo. Los resultados de respuesta animal de experiencias conducidas en distintas partes del mundo han mostrado que la asignación de un número adecuado de animales a una pastura es el factor principal o de mayor peso relativo, dado sus efectos directos y por la interacción que generalmente se observa con otras estrategias de manejo. Hodgson (1990) considera también que la definición de CA tiene limitaciones para ser usada como un índice de medición debido a que no toma en cuenta la productividad potencial de la pastura o el consumo potencial de forraje de una población animal. Por ello resulta necesario darle una mayor precisión, considerando el crecimiento estacional de las pasturas y particularmente caracterizando al número de animales de acuerdo al tipo, ya sea por su peso vivo, su peso metabólico o expresándolo en términos de Equivalente o Unidad Vaca. A través del tiempo distintos autores han analizado las relaciones entre carga animal y producción por animal y por superficie (ver en Brizuela & Cibils, 2011).

## **2.2. Heterogeneidad ambiental y distribución de los animales en pastoreo**

El análisis de la respuesta de la vegetación al aumento de CA a la escala de potrero es complejo porque los rodeos o rebaños tienden a usar su superficie en forma heterogénea. Aunque la CA promedio sea conocida, la intensidad de pastoreo real puede ser difícil de establecer. Lange (1985) mostró que mientras algunas áreas de cada potrero experimentaban intensidades de pastoreo de hasta ocho veces más altas que el promedio, generalmente asociadas a las aguadas, ciertas áreas no eran utilizadas y que esta falta de uniformidad ocurrió tanto en potreros de grandes dimensiones (2,200 ha) como de reducidas dimensiones (1 ha) (Fig. 1).



**Figura 1.** Representación tridimensional de la utilización de áreas de las pasturas de dos potreros (a: 1 ha, b: 2,200 ha) mostrando como ambos presentan áreas con intensidades de carga que varían entre 1/8 y 1/64, respectivamente, hasta 8 veces la intensidad de carga promedio (A.S.I.) con que se utilizaban ambos potreros (Lange, 1985, adaptado por Lynch *et al.*, 1992). Fuente: Brizuela & Cibils (2011).



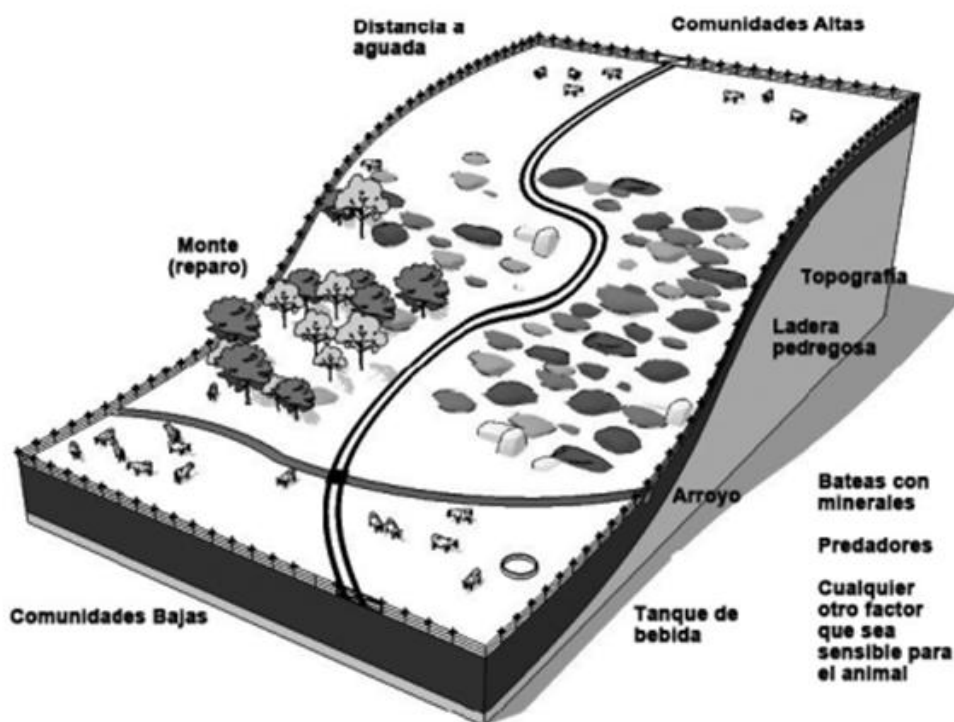
**Figura 2.** Patrones de pastoreo mostrando el efecto de la carga animal en pastoreo continuo de novillos, en una pastura dominada por *Festuca arundinacea*, en Balcarce, Argentina. Sectores negros y blancos: áreas de vegetación con ligera e intensa utilización, respectivamente. Adaptado de Cid & Brizuela (1998).

En Argentina, Cid & Brizuela (1998) describieron situaciones de utilización de pasturas en manchones a través de un gradiente de carga de vacunos en pastoreo continuo (Fig. 2). Por su parte, situaciones de utilización heterogénea en pasturas cultivadas conducidas con pastoreo rotativo con un gradiente de carga animal han sido también descritas por Riewe (1976, citado por VanSoest, 1982) y por Cid *et al.* (2008). Por lo tanto, esta utilización heterogénea de las pasturas por la distribución del pastoreo debiera ser analizada y comprendida por la importancia que tiene sobre el ecosistema al alterar procesos críticos como la productividad primaria, la descomposición de materia orgánica y, en consecuencia, el ciclado de nutrientes a través del sistema (Hobbs, 1996). La conducción de un pastoreo continuo con carga baja puede llevar a una subutilización del forraje (Cid & Brizuela, 1988), pero también puede maximizar el pastoreo selectivo y por consiguiente permitir una alta respuesta por animal. Sin embargo, si el forraje ofrecido varía ampliamente en calidad, la respuesta animal puede reflejar negativamente esa heterogeneidad de calidad aún ocurriendo pastoreo selectivo. Donde se practica el pastoreo continuo con cargas variables, algún ajuste en la presión de pastoreo puede ser usado para reducir la severidad de sub o sobrepastoreo. Aún así, a escala de establecimiento la variación en carga animal no siempre es factible de aplicar. De acuerdo a Kothmann (1980) la clave

de una producción animal exitosa en la mayoría de los pastizales está dada por el pastoreo selectivo de los animales. Sin embargo, es precisamente la existencia del pastoreo selectivo la que genera la necesidad de desarrollar sistemas de pastoreo.

La distribución de animales en pastoreo es principalmente el producto de la agregación de decisiones individuales sobre qué y dónde pastorear (Newman, 2007). Estas decisiones tienden a generar patrones agregados de distribución animal que se traducen en una falta de uniformidad en el uso del ambiente (Coughenour, 1991).

La predicción y manipulación de la distribución de animales en pastoreo requiere un conocimiento detallado 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 que, por lo tanto, rara vez emergen de un proceso de libre elección (Coughenour, 1991). Por el contrario, diversos factores limitan la posibilidad de que un animal seleccione libremente sitios de alimentación que contengan el mejor forraje. Entre estos factores se suelen citar: la ubicación del agua de bebida, el tamaño de un potrero, el ambiente físico (pendiente topográfica, exposición, suelos) (Fig. 3), 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 son algunos de los factores condicionantes. Cabe destacar que cada uno de estos factores rara vez opera de modo aislado, sino que, por el contrario, interactúan imprimiendo un marcado nivel de complejidad al proceso de distribución de pastoreo. A ello se debe, mayormente, que el manejo de la distribución de animales en pastoreo, particularmente en pastizales áridos y semiáridos, haya sido y continúe siendo un desafío considerable para técnicos y productores (Holechek *et al.*, 2004).



**Figura 3.** Diagrama de un potrero y algunos de los factores (suelos, reparo, topografía, ubicación del agua de bebida, comunidades vegetales) que afectan la distribución de animales en pastoreo. Fuente: Brizuela & Cibils (2011).

Varios investigadores a través de los años han intentado explicar los patrones de distribución del ganado evaluando el efecto de la topografía (Muegler, 1965; Cook, 1966; Senft *et al.*, 1983; Gillen *et*

*al.*, 1984), la distancia al agua de bebida, esquineros y alambrados (Senft *et al.*, 1983), las condiciones meteorológicas (Senft *et al.*, 1985), el tamaño y la forma de los potreros (Owens *et al.*, 1991), o las características del recurso forrajero (Brock & Owensby, 2000). Curiosamente, en casi todos estos casos los factores individuales estudiados sólo explican una fracción relativamente pequeña (menos del 50%) de la variabilidad en los patrones de distribución de pastoreo observados. Estas dificultades indujeron a Cook (1966) a opinar que “el motivo por el cual los animales pastan o evitan las laderas de montaña podría depender más que nada de la psicología animal” (p. 204). No obstante la visión temprana y algo pesimista de Cook (1966), Coughenour (1991) sostiene que un análisis que no contemple la interacción de los factores es inadecuado y propone, en cambio, la utilización de índices de calidad de hábitat. Dichos índices integran múltiples factores y por lo tanto permiten predecir patrones de distribución de pastoreo con más precisión. Peinetti *et al.* (2011) utilizaron un enfoque análogo al propuesto por Coughenour (1991) para modelar la distribución de pastoreo bovino en un ambiente de desierto cálido en el sudoeste de EE.UU. El modelo consiste en una adaptación del sistema de decisión basado en la evaluación de criterios utilizado en sistemas de información geográfico (SIG). El modelo predice la heterogeneidad del pastoreo mediante un índice de calidad de hábitat estimado para cada píxel simulado. El valor de dicho índice surge de la sumatoria de las preferencias o aversiones de los animales por cada una de las variables ambientales incluidas en el modelo (en este caso, distancia al agua de bebida, topografía y comunidad vegetal) ponderadas por el peso relativo (importancia) de cada variable en el proceso de decisión. Los valores de preferencias fueron estimados usando datos experimentales, pero eventualmente podrían ser estimados mediante inferencias basadas en observaciones. En el ambiente estudiado, las predicciones de distribución del pastoreo logradas con este modelo guardan estrecha relación con los patrones observados a campo.

En los últimos 20 años se han propuesto varios modelos conceptuales que proveen un marco teórico desde el cual abordar la comprensión del proceso de forrajeo (incluyendo la distribución del pastoreo) de ungulados. El trabajo seminal de Senft *et al.* (1987) clasifica la lista de factores mencionados anteriormente en factores interactivos (aquellos sobre los que un animal puede ejercer influencia) y factores no-interactivos (aquellos que no pueden ser influenciados por un animal). Según estos autores, los primeros (mayormente bióticos) afectan las decisiones de pastoreo a escalas espaciales intermedias, mientras que los últimos (mayormente abióticos) influyen las decisiones de pastoreo a escalas espaciales de paisaje. En un trabajo posterior, Bailey *et al.* (1996) sugieren que los patrones de distribución de animales en pastoreo ocurren como consecuencia de la interacción de procesos cognitivos del animal (memoria espacial) con factores bióticos (cantidad y calidad forrajera) y abióticos (principalmente pendientes topográficas y distancia al agua de bebida). Según estos autores la experiencia de pastoreo genera expectativas de calidad de sitios que serían utilizadas por los animales para decidir si seleccionan o evitan un determinado lugar. Un supuesto importante del modelo propuesto por Bailey *et al.* (1996) es que un animal basa sus decisiones sobre metas de forrajeo que, en todos los casos, implican la selección de sitios de alimentación que igualen o superen sus expectativas de calidad. Otros autores sostienen que los patrones de pastoreo son sencillamente el producto de un proceso de auto-organización que surge como resultado de relaciones funcionales entre las conductas de un animal y las consecuencias que generan dichas conductas (Provenza *et al.*, 1998). Según esta perspectiva, los patrones de pastoreo no serían el producto de decisiones basadas en metas de forrajeo, sino que emergen de la agregación de múltiples respuestas individuales a las consecuencias generadas por cada decisión. Según proponen Provenza *et al.* (1998), gran parte de dichas respuestas ocurren de modo involuntario (son no-cognitivas) y son impulsadas por estímulos fisiológicos que ocurren como consecuencia del consumo de ciertos forrajes (malestar o bienestar post-ingestivo) o de la selección de determinados sitios de alimentación (estrés o confort térmico, por ejemplo).

En consonancia con esta visión, Launchbaugh & Howery (2005) sugieren que los patrones de uso del paisaje de animales en pastoreo son el resultado de las habilidades de forrajeo heredadas, de la influencia social que ejercen la madre (principalmente) y los pares, de la experiencia individual, de la predisposición hacia estímulos nuevos, y de la memoria espacial. Según estos autores, los animales en pastoreo aprenden a usar un ambiente a través de una combinación de procesos de condicionamiento operante y condicionamiento clásico, que permiten que los mismos se adapten constantemente a cambios en el entorno. Como ejemplo de procesos de condicionamiento operante, Launchbaugh &

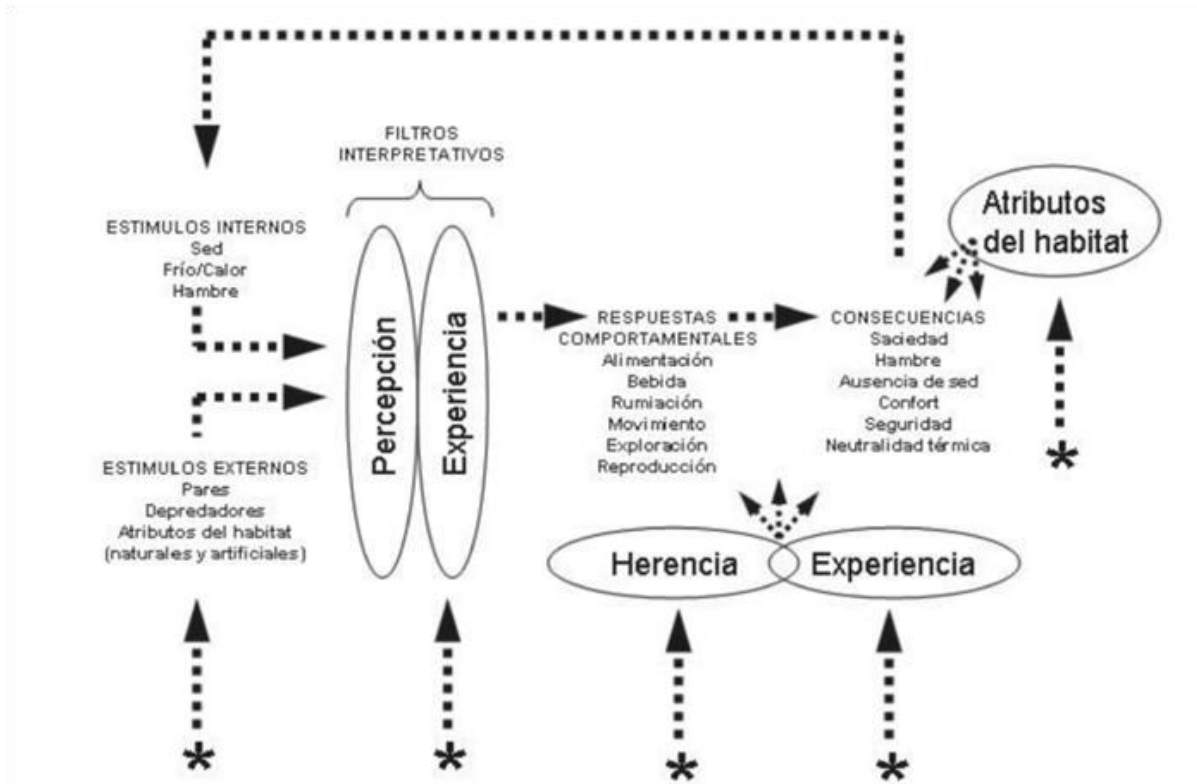
Howery (2005) sostienen que cuando una conducta animal (tal como la selección de un sitio de alimentación) genera consecuencias positivas (generalmente asociadas al bienestar animal), la frecuencia con la que ocurre dicha conducta aumentará; mientras que lo opuesto sucede cuando una conducta está asociada 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 (bajo valor forrajero, peligro de predación) 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. De modo que, según Launchbaugh & Howery (2005), la distribución de animales en pastoreo ocurre como consecuencia de la relativa recompensa ofrecida por sitios de alimentación y forrajes seleccionados por un animal.

En un trabajo reciente Bailey & Provenza (2008) desarrollan la hipótesis de saciedad para explicar los patrones de distribución de animales en pastoreo. Esta hipótesis sostiene que, en definitiva, los animales se distribuyen en el espacio como consecuencia de mecanismos fisiológicos no-cognitivos que generan la sensación de saciedad y aversión parcial, las cuales regulan los niveles de ingesta de una especie forrajera determinada y que, por ende, motivarían a los animales a permanecer en un determinado sitio o a alejarse. La hipótesis de Bailey & Provenza (2008) se basa en parte en un experimento en el que Cibils *et al.* (2004) demostraron que un grupo de novillos a los que se les indujo una fuerte aversión a un forraje evitaron no solamente el forraje, sino que también el sitio en el que dicho forraje fue ofrecido. Un aspecto interesante de este experimento fue que la naturaleza de la evitación espacial asociada a la aversión al forraje fue diferente al tipo de evitación espacial clásica inducida mediante la aplicación de estímulos sensoriales que provocan dolor (y por ende temor), tales como los producidos por un alambrado eléctrico. Mientras que la aversión al forraje indujo la evitación de un sector específico del área experimental, el suministro de un estímulo sensorial doloroso (shock eléctrico) indujo la evitación de objetos claramente visibles (pautas visuales) presentes en el sitio de alimentación (conos de color fosforescente). Al mover los conos fosforescentes de lugar, la evitación espacial inducida por el shock eléctrico se extinguió, mientras que los novillos a los que se les indujo una aversión al forraje continuaron evitando el lugar en el que habían consumido el forraje independientemente de la presencia o ausencia de las pautas visuales. Cibils *et al.* (2004) proponen que ambas formas de evitación espacial podrían reflejar adaptaciones evolutivas del comportamiento animal a riesgos espacialmente estáticos (plantas tóxicas) o espacialmente dinámicos (predadores) que restringirían las decisiones de forrajeo de modo diferente. El modelo conceptual de Bailey & Provenza (2008) no hace una distinción clara entre estos dos tipos de evitación espacial. No obstante, los autores reconocen que aún se sabe muy poco sobre el rol de la evitación espacial inducida por estímulos bióticos y abióticos sobre la selección de sitios de alimentación.

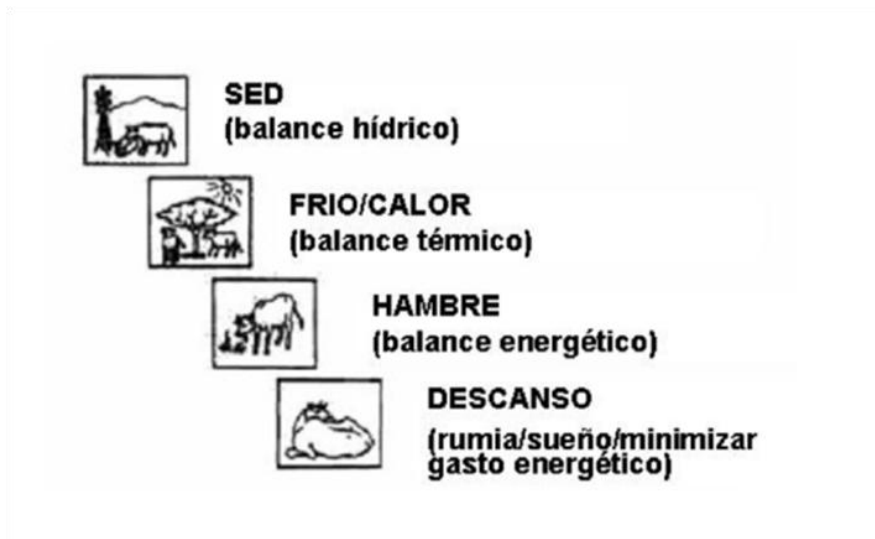
El modelo de Bailey & Provenza (2008) está relacionado en cierto modo con lo propuesto anteriormente por Stafford Smith (1988), quien afirma que las decisiones de pastoreo de ovinos ocurren dentro de una jerarquía de necesidades fisiológicas de un animal (Fig. 4). Según este autor, las demandas de termorregulación, por ejemplo, tienen prioridad sobre las necesidades nutricionales, de modo que un animal debería buscar en primer lugar mantenerse dentro de un rango de temperaturas de confort para luego seleccionar sitios de alimentación con forraje adecuado. Los umbrales de necesidad fisiológica, según Stafford Smith (1988), serían en definitiva los que determinan si un animal decide moverse o permanecer en un lugar. Según este autor, estos umbrales también afectarían la velocidad a la que se desplaza un individuo y la frecuencia con la que éste encuentra sitios de pastoreo aceptables en un paisaje.

Si bien el debate sobre la importancia relativa de los factores que generan los patrones de distribución de animales en pastoreo no ha concluido, está claro que existen procesos ligados a la fisiología animal, al ambiente, a la percepción y a las habilidades del animal que ejercen influencia sobre las decisiones de pastoreo. Aún sin contar con una comprensión cabal de los mecanismos subyacentes, se sabe que existen componentes que afectan el comportamiento de los animales en pastoreo que pueden ser modificados y que por lo tanto ofrecen oportunidades concretas de intervención. Según proponen Launchbaugh & Howery (2005) dentro de su modelo conceptual, existirían cinco componentes factibles de ser manipulados (Fig. 5); a saber: 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.



**Figura 4.** Jerarquía de necesidades fisiológicas y de comportamiento que afectan los patrones de distribución de animales en pastoreo según Stafford Smith (1988). Adaptado de Heitschmidt & Stuth (1991).



**Figura 5.** Patrones de comportamiento de animales en pastoreo en hábitats específicos como consecuencias de las características del hábitat y de atributos del animal. Factores asociados a la herencia y la experiencia de un animal determinan sus atributos fisiológicos y morfológicos que a su vez determinan las consecuencias de permanecer en un determinado hábitat. Las flechas muestran componentes factibles de ser modificados mediante el manejo (adaptado de Launchbaugh & Howery 2005).



El manejo de la distribución del agua de bebida (atributo del hábitat) es seguramente 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 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.*, 1992; Porath *et al.*, 2002). La distribución de sales minerales y suplementos proteicos (Bailey & Welling, 1999; Bailey *et al.*, 2001; Bailey & Welling, 2007) combinada a veces 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 cuando las especies forrajeras del pastizal exhiben alto valor nutritivo es, al parecer, 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).

La mayoría de estas técnicas están orientadas a generar experiencias positivas que refuercen 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 utilizado por un animal para decidir dónde pastorear (Bailey *et al.*, 1996).

La distribución de animales en pastoreo también ha sido modificada utilizando estímulos sensoriales que generan respuestas de evitación de determinados sitios de alimentación. Varios investigadores han utilizado estimulación eléctrica controlada asociada con un estímulo visual o auditivo para inducir la evitación de lugares específicos de un potrero (Tiedemann *et al.*, 1999; Anderson, 2001; Del Curto *et al.*, 2005). En una extensa revisión, Umstatter (2011) analizó críticamente el estado de desarrollo de los alambrados virtuales (*virtual fences*), entendiendo como tal a estructuras que actúan como una clausura, una barrera o un límite sin barreras físicas para los animales en pastoreo. Su contribución analiza el amplio rango de desarrollos disponibles en la actualidad y puntualiza las ventajas y desventajas que ofrecen estos alambrados virtuales y cuán lejos se está de ofertas comerciales de dichos productos.

Varias de las técnicas mencionadas procuran modificar la conducta de animales individuales a través de la intervención directa con el objetivo de alterar la distribución de pastoreo de manera más o menos inmediata. 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. Dado que la intervención no es siempre factible, particularmente en sistemas extensivos de producción, Walker (1995) propone la selección genética de fenotipos que exhiban comportamientos deseables como una alternativa superadora. Por ejemplo, entre animales de diversas razas se observan diferentes patrones de distribución de pastoreo. 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). Asimismo, los bovinos mestizos con sangre de razas índicas o de raza criolla hacen un mejor uso de potreros extensos de desierto, si se los compara con las razas británicas más comunes (Winder *et al.*, 1996; Peinetti *et al.*, 2011). Dentro de un mismo grupo de animales, existe también considerable variación individual en el uso del ambiente. Wesley *et al.* (2012) evaluaron los patrones de distribución espacial diaria de vacas de la misma raza, de un mismo rodeo, pero con temperamentos contrastantes. Los resultados de este estudio sugieren que los animales más excitables tienden a explorar áreas más extensas de un potrero que sus pares más dóciles. Según Walker (1995) y Howery *et al.* (1996), tal atributo debería ser considerado como un criterio de selección adicional en los programas de mejoramiento genético. Un trabajo reciente de Bailey *et al.* (2015) sugiere que existen genes bovinos asociados a patrones de utilización de ambientes de pastoreo áridos y semiáridos. Estos autores proponen la utilización de marcadores genéticos para seleccionar animales que exhiban patrones de distribución espacial deseables. Por otro lado, el resurgimiento de razas bovinas, tal como el ganado criollo de las Américas (De Alba, 2011) que requiere menores insumos y que por sus patrones de

distribución espacial se piensa imprimiría una huella ambiental menor al de las razas europeas de alta productividad (Anderson *et al.*, 2015), es un ejemplo de la búsqueda de alternativas que permitan alcanzar objetivos simultáneos de producción animal y conservación del ambiente.

### 3. INVESTIGACIONES REALIZADAS EN ARGENTINA Y ESTADOS UNIDOS

A partir de la última mitad del siglo pasado se han realizado numerosos estudios sobre pastizales naturales para determinar el peso relativo de los factores del ambiente, el animal y la vegetación sobre la distribución espacial del ganado ovino (Roberts *et al.*, 1995; Rutter *et al.*, 1997; Bertiller & Ares, 2008) y bovino (Turner *et al.*, 2000; Ganskopp & Bonhert, 2006; Black-Rubio *et al.*, 2008; Bailey *et al.*, 2008; Walburger *et al.*, 2009; Peinetti *et al.*, 2011; Allred *et al.*, 2011; Wesley *et al.*, 2012; Russell *et al.*, 2012; Diaz Falu *et al.*, 2014; Sawalhah *et al.*, 2014; Bailey *et al.*, 2015). Estos estudios han contribuido de manera gradual a una mejor toma de decisiones locales de manejo del pastoreo. Sin embargo, es de esperar que el conocimiento de las variaciones que ocurren a gran escala espacial ayude en la definición de patrones generales de comportamiento (Brizuela *et al.*, 2011).

En esta sección presentaremos los principales resultados y conclusiones de una serie de estudios que realizados en los últimos 10 años en tres ecosistemas americanos (dos argentinos y uno de EEUU), analizando grandes sets de datos de localización de animales equipados con collares GPS. El objetivo de dichos estudios fue entender los patrones de selección de comunidades y/o sitios de pastoreo en relación a la estructura de la vegetación, valor nutritivo del forraje, condiciones climáticas, factores físicos de los potreros y variables asociadas al animal (esto último sólo en EE.UU) en situaciones productivas de distintas regiones ecológica. Su finalidad fue disponer de elementos para poder comparar el peso relativo de los factores estudiados y si los mismos tienen algún patrón en estos ecosistemas heterogéneos pero diferentes en estructura y manejo.

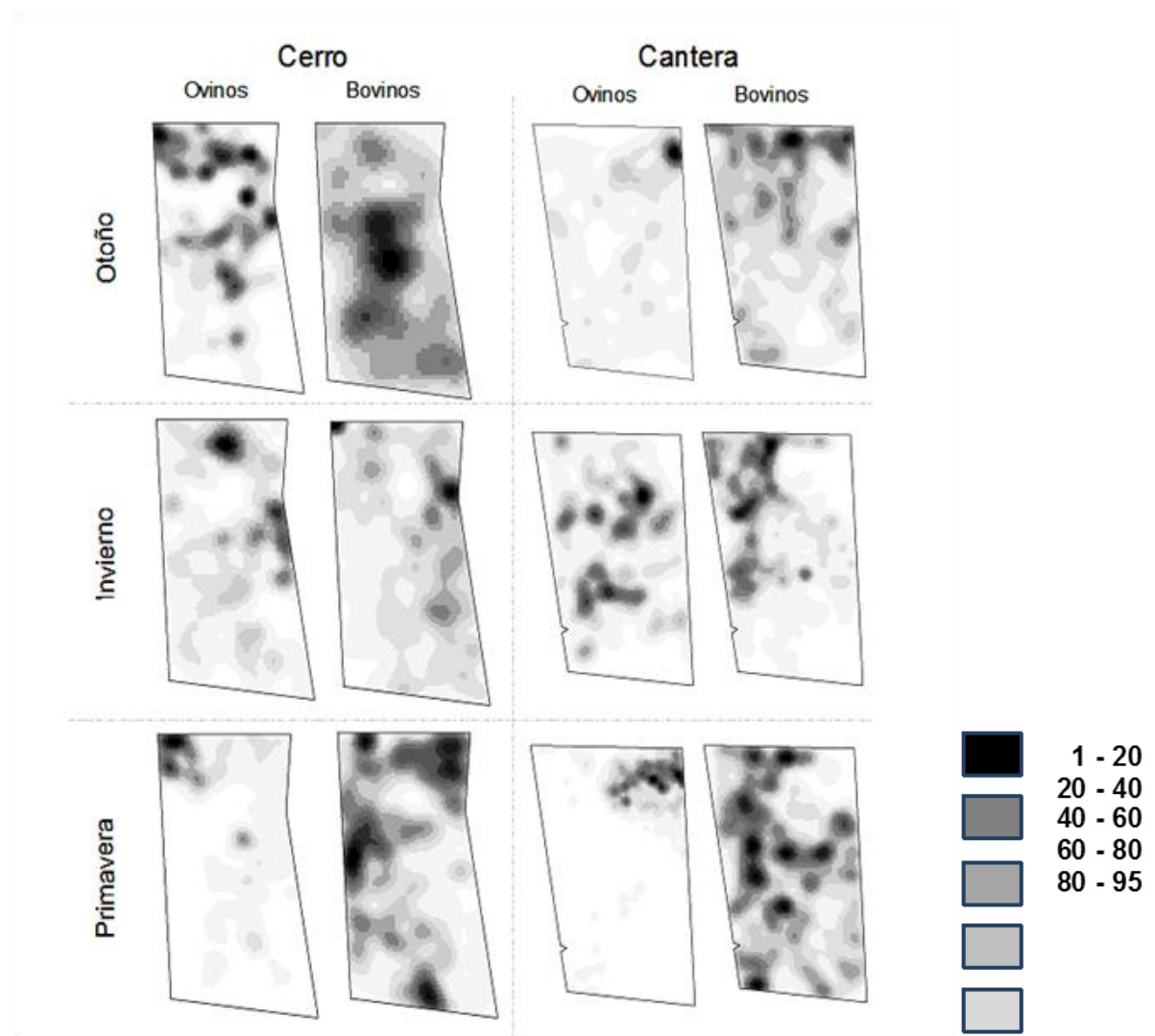
#### 3.1. Argentina (Corrientes y Pampa Deprimida Bonaerense)

Los dos ecosistemas considerados de Argentina son pastizales heterogéneos, uno subtropical húmedo sin estación seca, con precipitación media anual de 1485 mm, veranos cálidos (26.2°) e inviernos fríos (13.6°), en el centro de Corrientes (29°11'S; 58°02'W) y el otro templado con régimen isohigro, con precipitación media anual de 769 mm y temperatura media anual de 14.4°, en la Pampa Deprimida Bonaerense (37°4'S; 57°52'W). El primero utilizado en pastoreo continuo mixto (vacas+ovejas) y el segundo por un rodeo de cría conducido con pulsos de uso. En la Pampa Deprimida, el pastizal se originó por un proceso de naturalización de una pastura implanta de especies de gramíneas (C3) y leguminosas templadas. En ambos ecosistemas se trabajó en dos potreros de tamaño (Corrientes: aprox. 130 ha, Pampa Deprimida: aprox. 70 ha), fisonomía y carga representativos del promedio de la zona. La distribución del ganado se registró estacionalmente durante dos años (2009 y 2010) por posicionamiento satelital de siete animales equipados con collares GPS, durante dos semanas consecutivas, una en cada potrero en cada una de las estaciones del año. Los datos de distribución de los animales se sobrepusieron con mapas de las unidades de vegetación, topografía y instalaciones (aguadas y suplementos) para analizar la selección de sitios de alimentación, relacionando la distribución de los animales con la superficie representada por cada unidad de vegetación. Así, se pudo evaluar si alguna de ellas era seleccionada, esto es, si los animales permanecían en ella más tiempo o en mayor número que lo esperado por simple azar. Complementariamente se determinaron el valor nutritivo de la vegetación de cada comunidad en cada muestreo y la composición botánica de las dietas por microhistología.

#### Corrientes

En Corrientes, las características edáficas y topográficas determinan la presencia de tres unidades de vegetación. Las áreas de suelos arenosos y profundos están ocupadas por vegetación heterogénea, a la que por su fisonomía se denomina 'pastos altos'. En los pastos altos dominan matas de alto porte de *Andropogon lateralis*, gramínea de baja calidad asociadas con pastos de alta calidad que crecen entre

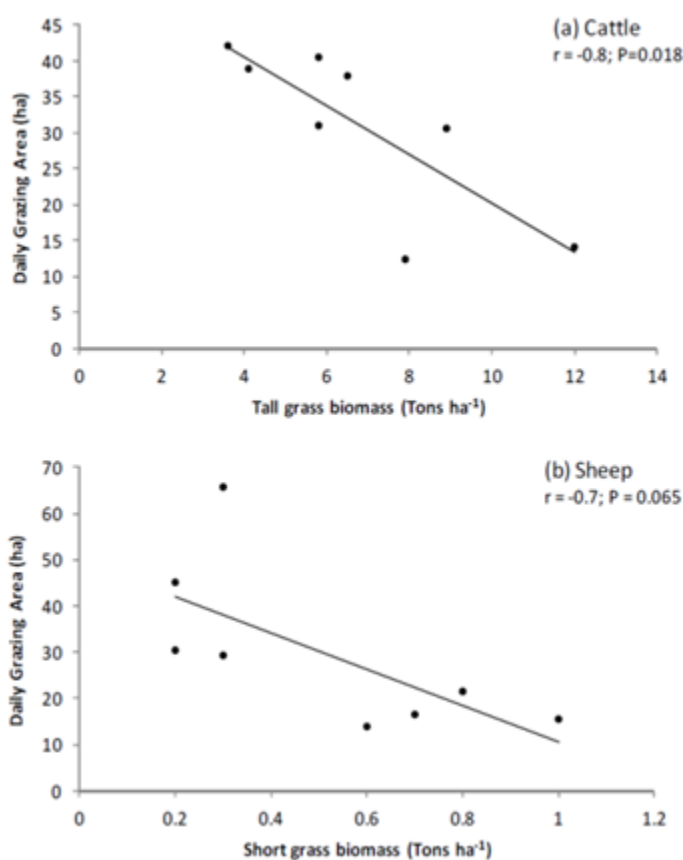
las matas. Las matas de *A. lateralis* tienen una altura de 0.4 a 0.6 m, y sus inflorescencias alcanzan hasta 1.5 m. Las áreas de suelos poco profundos con frecuentes afloramientos rocosos, están ocupadas por 'pastos cortos' de alta calidad, tales como *Paspalum notatum*, *Axonopus argentinus* y *Sporobolus indicus*. *P. notatum*, la especie que domina en estas áreas, forma céspedes cuya altura varía de 0.15 a 0.3 m. A una escala espacial más fina, otros factores agregan heterogeneidad en la vegetación. En las áreas de pastos altos más húmedas por su cercanía a arroyos, a las que se denomina 'fosfadales', co-domina *Rhynchospora praecinta*, una juncácea tolerante a la inundación. Por otra parte, en las áreas donde los suelos profundos y los poco profundos se entremezclan estrechamente, los pastos altos y bajos coexisten, originando una unidad de vegetación conocida localmente como 'mosaico' (Díaz Falú *et al.*, 2013). Dada la dominancia de gramíneas C4, la tasa de crecimiento diaria de estos pastizales varía de 25 a 5 kg MDS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, para verano e invierno, respectivamente (Bendersky *et al.*, 2010). Ambos potreros presentaban porcentajes de cada tipo de vegetación similares a los encontrados en la región.



**Figure 6.** Distribución espacial de bovinos y ovinos en pastoreo mixto durante una semana en dos potreros (Cerro: 127 ha y Cantera: 129 ha) de la EEA Mercedes-INTA (Corrientes, Argentina), durante otoño, invierno y primavera de 2009. Las áreas más oscuras representan aquellas que tienen mayor probabilidad de ser visitadas por los herbívoros. Metodología: función de densidad de puntos Kernel con el 95% de probabilidad. Fuente: Díaz Falú (2011).

Las pasturas fueron utilizadas por ganado bovino (*Braford*) y ovino (*Ideal*) en pastoreo mixto durante todo el año, con una carga de 0.67 Unidades Animal (UA) ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (0.5 UA ha<sup>-1</sup> correspondían a los bovinos y 0.17 UA ha<sup>-1</sup> a los ovinos). Los animales eran vacas maduras y ovejas en buena condición corporal, pesando aproximadamente 450 y 50 kg, respectivamente. Debido a deficiencias en Na y P en el agua y los suelos, los animales recibieron *ad libitum* un suplemento mineral (50% harina de hueso y 50% sal) en un punto accesible de cada potrero.

La distribución de vacas y ovejas en los potreros fue diferente ya que cada tipo de herbívoro seleccionó diferentes unidades de vegetación (Fig. 6, muestra parte de los resultados obtenidos estacionalmente). En consecuencia, el solapamiento del área de pastoreo de vacas y ovejas fue bajo durante todos los períodos de muestreo. El 21% de la variación en la selección del sitio de alimentación diario de vacas y ovejas podría ser explicado por variables relacionadas a la vegetación. Una menor cantidad de variación fue explicada por variables relacionadas a las condiciones climáticas, la topografía y la distancia al agua de bebida y la sombra.



**Figure 7.** Variación estacional en el área de pastoreo diaria explorada por vacas (arriba) y ovejas (abajo) en relación a la disponibilidad de biomasa en las áreas de vegetación seleccionadas (pasto altos y pastos cortos para vacas y ovejas, respectivamente) en un pastizal subtropical heterogéneo. Cada punto representa el promedio para cada una de ocho estimaciones estacionales. Las líneas representan la función lineal de ajuste para cada tipo de herbívoro: vacas ( $y = -3.4x + 54.1$ ) y ovejas ( $y = -39.7x + 50.1$ ). Fuente: Díaz Falú *et al.* (2014).

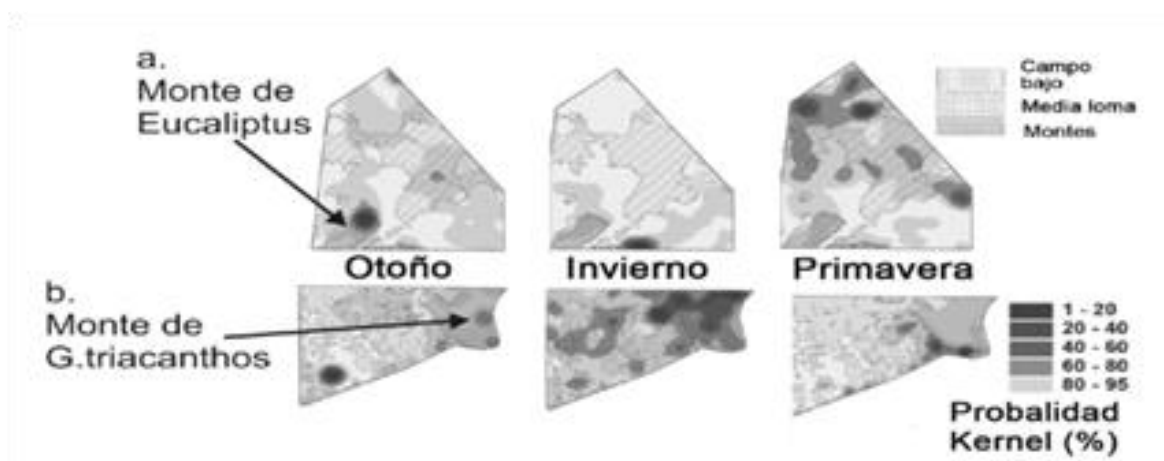
En general, las vacas seleccionaron sitios de menor elevación dominados por pastos altos, mientras que las ovejas seleccionaron los sitios de pendientes más pronunciadas dominados por pastos cortos. Tanto las vacas como las ovejas se adaptaron a cambios interanuales en la vegetación y en la lluvia registrada, ajustando su selección de sitio de pastoreo, ya sea expandiendo o reduciendo el área explorada en el día (Fig. 7). Vacas y ovejas parecen exhibir estrategias de alimentación adaptativas

complementarias en este pastizal subtropical, por lo que podrían ser utilizados más eficientemente con pastoreo mixto de especies domésticas con tamaño corporal y hábitos dietarios contrastantes.

#### Pampa Deprimida Bonaerense

La Pampa Deprimida Bonaerense es una región de pastizal extremadamente plana dedicada principalmente a la cría vacuna, cuya producción de forraje ha sido estimada en 5 a 5.8 toneladas materia seca  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ . En ella se diferencian cuatro principales unidades de vegetación que responden a diferencias en topografía, régimen de inundación y gradientes de salinidad y alcalinidad edáficos y cuya diferencia en altura raramente supera los 4 m. La densidad de carga y la producción de carne promedio de la región han aumentado en los últimos años por nuevos esquemas de producción (apotreroamiento, siembra de pasturas y fertilización) a valores que oscilan entre 1-1.1 UA  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  y 130-150 kg carne  $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ , respectivamente.

En los potreros en los que se realizó el estudio, estaban representadas dos unidades de vegetación, las planicies que ocupan las partes medias del relieve y los bajos. Localmente, la diferencia en altura entre estas dos unidades de vegetación es menor a 0.5 m. Las condiciones climáticas de la región permiten la coexistencia de un alto número de especies C3 y C4 en todas las unidades de vegetación de la Pampa Deprimida, siendo la relación de abundancia relativa de especies C3:C4 menor en los bajos que en las planicies. Algunas especies son típicas de las planicies (ie *Bothriocloa laguroides* y *Stipa papposa*, y otras de los bajos (i.e. *Leersia hexandra* y *Glyceria multiflora*), pero algunas ocurren en ambos (i.e. *L. multiflorum*). En ambos potreros, además de la vegetación nativa se registraron algunas gramíneas perennes cultivadas (festuca, agropiro), proveniente de procesos de naturalización de pasturas establecidas anteriormente para mejorar la oferta forrajera. Los dos potreros incluían diferentes tipos de montes, ambos constituyendo sectores de reparos. Uno de 3.3 ha de eucalipto (*Eucaliptus sp.*), compacto y con escasa disponibilidad de vegetación herbácea de valor forrajero bajo el canopeo. El otro de 12 ha de acacia negra (*Gleditzia triacanthos* L.), fragmentado. Acacia negra es una especie invasora que posee chauchas muy apetecidas por el ganado, siendo su consumo una importante vía de dispersión de semillas a través de las heces. Ambos potreros fueron utilizados en pulsos según disponibilidad de forraje con vacas (Aberdeen Angus). La disponibilidad promedio de forraje al entrar los animales a pastorear fue  $<1,000 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , una disponibilidad considerada baja para este tipo de pastizal, pero acorde a la marcada sequía que afectó a la región durante el período experimental.

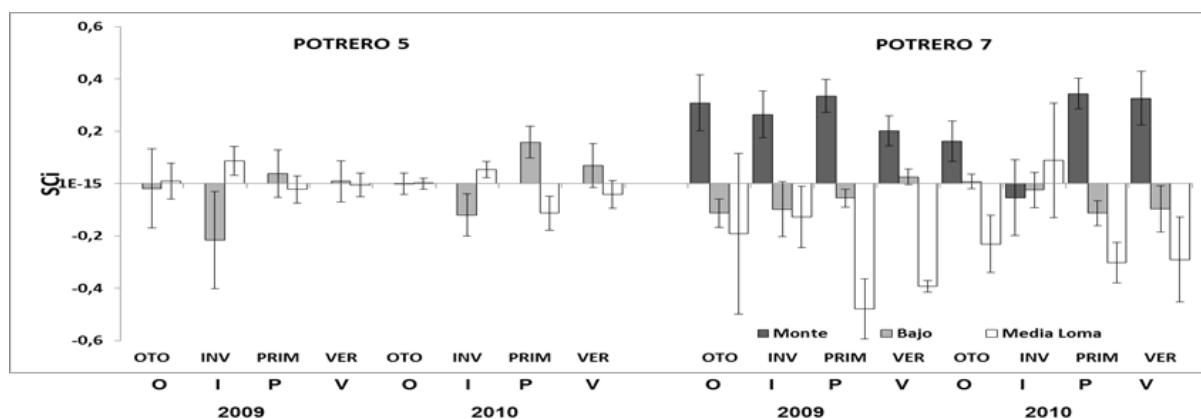


**Figura 8.** Distribución de ganado vacuno durante pulsos de pastoreo de una semana en dos potreros de un pastizal templado de la pampa Deprimida bonaerense (Argentina) con diferentes tipos de montes (a: monte de *Eucaliptus ssp* y b: monte de *Gleditzia triacanthos*, acacia negra). Las áreas más oscuras representan aquéllas que tienen más probabilidad de ser visitadas por los animales. Fuente: Cid *et al.* (2011).

El grado de dispersión de los animales durante los períodos de muestreo difirió entre potreros, y en ninguno de ellos utilizaron la totalidad de la superficie durante los 7 días en los que se registró su posicionamiento (Fig. 8). En el potrero con monte de eucalipto seleccionaron a ninguna de las unidades de vegetación (salvo a los bajos en la primavera del segundo año), aunque en otoño e invierno se agruparon en la cercanía del monte buscando protección del viento frío de dirección S-SE.

Dado que no se registraron diferencias en valor nutritivo entre unidades de vegetación herbácea, la selección de los bajos en la primavera del segundo año debe atribuirse a la mayor disponibilidad de forraje en esta comunidad, cuyo crecimiento se inicia en la primavera tardía. En el potrero con acacia negra seleccionaron al monte en todas las estaciones, excepto en el invierno del segundo año (Fig. 9).

Las evaluaciones de la composición botánica de dieta mostraron que el aporte forrajero de acacia es importante en otoño, invierno y primavera, disminuyendo en verano. Sin embargo, en esta estación el monte proporcionaría reparo, permitiendo además el consumo del estrato herbáceo debajo del canopeo. Estos resultados indican que en situaciones de baja oferta forrajera, la presencia de montes de acacia disminuiría el riesgo de sobreutilización del pastizal. Sin embargo, dado el carácter invasor de acacia negra debiera controlarse el stand de plantas de los potreros en años sucesivos de pastoreo.



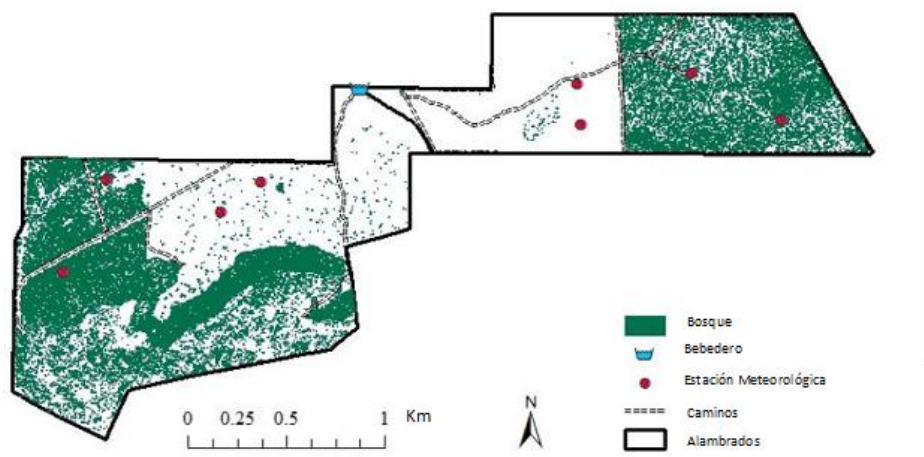
**Figura 9.** Selección de Unidades de Vegetación por vacunos (medias  $\pm$  D.E.) en un pastizal de la Pampa Deprimida Bonaerense (Argentina). Fuente: Brizuela *et al.* (2011).

### 3.2. Estados Unidos (New Mexico)

El ecosistema considerado de Estados Unidos es un bosque semiárido bajo de *Juniperus monosperma* y *Pinus edulis* con un estrato herbáceo compuesto por gramíneas cortas C3 (*Stipa neomexicana*) y C4 (*Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *Lycurus phleoides*, *Aristida spp.*, y *Sporobolus cryptandrus*) y algunas hierbas dicotiledóneas. La cobertura herbácea y biomasa forrajera varían en función de la densidad del estrato arbóreo que se caracteriza por un mosaico heterogéneo en el que alternan parches de bosque abierto y bosque denso. En nuestro sitio experimental, ubicado cerca del centro geográfico del estado de New Mexico, existen además áreas de pastizal abierto de las que se ha removido o raleado el estrato arbóreo. La precipitación media anual es de aproximadamente 400 mm con un régimen monzónico de tormentas estivales que ocurren entre los meses de Julio y Septiembre. Los suelos son francos a franco arenosos con pendientes suaves, excepto en las laderas de mesetas en las que predominan suelos rocosos con mayor pendiente (30-75%).

Las dos pasturas utilizadas en los experimentos descritos en esta sección cubren áreas de 160 y 219 has, en las que aproximadamente la mitad de área disponible al pastoreo bovino fue modificada mediante la remoción y raleo mecánico del estrato arbóreo a fines de la década de los 80 (Fig. 10). Ambos potreros son utilizados principalmente durante la primavera para la parición de vientres bovinos jóvenes con cargas consideradas moderadas de aproximadamente 0.05 UA ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Este campo experimental, perteneciente a New Mexico State University (Corona Range and Livestock Research Center), utiliza bovinos cruza *Hereford* x *Angus*.

A continuación se resumen resultados de una serie de experimentos conducidos entre los años 2004 y 2013 en los que se buscó describir los patrones de uso de diferentes tipos de vegetación por parte de vacas jóvenes (con o sin ternero al pie) y determinar los factores que inciden sobre dichos patrones de distribución espacial de los animales. En todos los casos se utilizaron collares dotados con un GPS para monitorear la posición de los animales a intervalos de 5 minutos durante períodos de entre 15 y 60 días de duración.

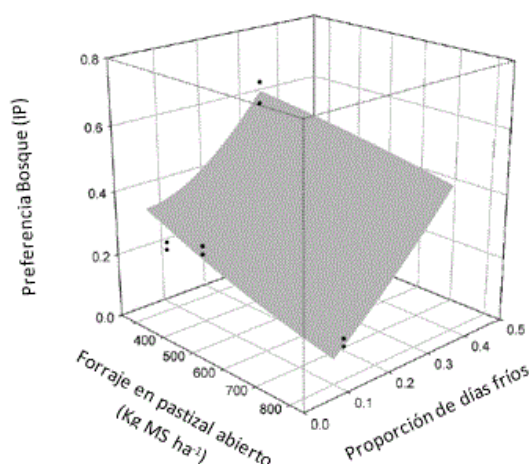


**Figura 10.** Mapa de las pasturas utilizadas en los experimentos conducidos en New Mexico, EE.UU. Ambas pasturas están ubicadas en el Corona Range and Livestock Research Center, un campo experimental de New Mexico State University; adaptado de Prileson (2013).

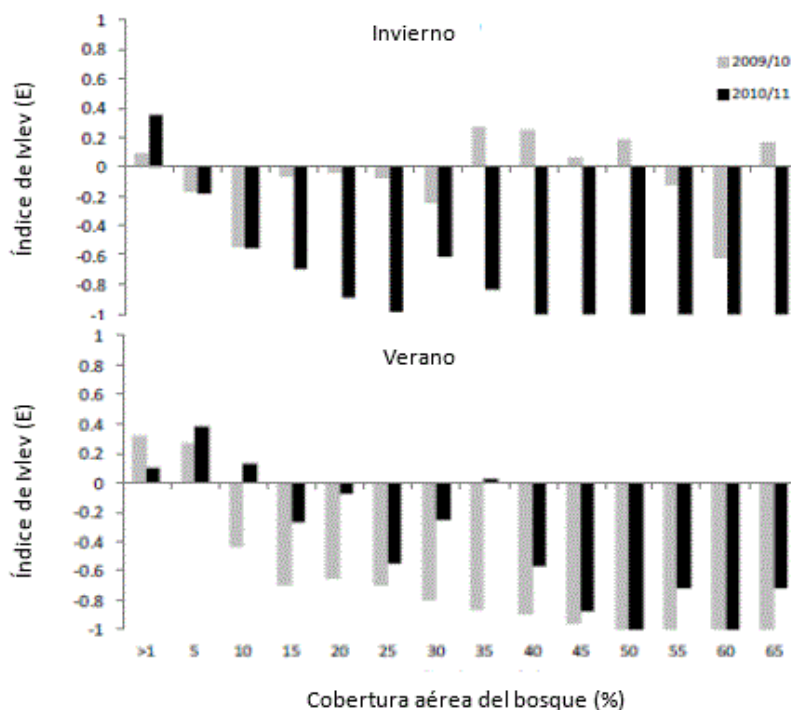
En el primer experimento (Black-Rubio *et al.*, 2008) se buscó identificar los factores bióticos y abióticos que influyen sobre los patrones de uso del bosque por parte de vacas lactantes con ternero al pie y vacas secas (no-gestantes) durante la parición (fines de invierno principios de primavera). En el segundo experimento (Wesley *et al.*, 2012) se buscó entender la influencia del temperamento animal sobre el uso del ambiente y los patrones de selección de tipos de vegetación. El tercer experimento (Prileson, 2013) procuró entender la variación estacional (invierno, primavera, otoño y verano) en los patrones del uso del bosque por parte de los bovinos en relación con factores bióticos y abióticos. En el cuarto (Sawalhah *et al.*, 2014) y quinto experimento (Sawalhah *et al.*, *enviado*) se reanalizaron datos de trabajos de Black-Rubio *et al.* (2008) y Wesley *et al.* (2012) para determinar la influencia de: a) la carga animal y los factores meteorológicos sobre los patrones de uso del ambiente; y b) los patrones de comportamiento animal sobre el peso al destete de los terneros.

Los resultados obtenidos sugieren que si bien en general las vacas prefirieron pastorear en áreas abiertas (sin árboles), en días con condiciones meteorológicas adversas los animales mostraron alta preferencia por las áreas de bosque independientemente de su estado fisiológico. Este patrón fue particularmente claro en años en los que la disponibilidad de forraje de las áreas abiertas estuvo por debajo de los 300 kg MS ha<sup>-1</sup> (Fig. 11) (Black Rubio *et al.*, 2008; Prileson, 2013). Si bien la preferencia por sitios de bosque se observó más frecuentemente en invierno, también se documentaron numerosas instancias de preferencia por sitios de pastoreo con bosque abierto y denso en el verano (Prileson, 2013). Dentro del bosque, las vacas mostraron preferencia por parches (píxeles de 30 x 30 m) con hasta un 20% de cobertura aérea arbórea, aunque también se registraron algunos eventos de pastoreo en parches de 55-65% de cobertura (Prileson, 2013). Las vacas gestantes mostraron alta preferencia por sitios de bosque independientemente de los factores meteorológicos en los días inmediatamente anteriores y posteriores al parto (Black Rubio *et al.*, 2008). Las vacas con temperamentos más dóciles tendieron a explorar áreas más reducidas de la pastura y pasar hasta un 50% más de tiempo en sitios de bosque comparado con vacas de temperamento más agresivo (Wesley *et al.*, 2012). Una disminución en la carga animal de 0.04 UA ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (carga moderada) a 0.02 UA

ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (carga baja) estuvo asociada con una fuerte reducción en el índice de preferencia (% tiempo en el bosque/% superficie de bosque) de sitios de bosque (carga moderada: 0.5 vs. carga baja 0.1) (Sawalhah *et al.*, enviado).



**Figura 11.** Interacción entre la disponibilidad forrajera en el pastizal abierto, la proporción de días fríos en los que los animales experimentaron stress térmico, e índice de preferencia (% tiempo en el bosque/% área de bosque) de sitios de bosque en ambas pasturas experimentales. La superficie de respuesta fue construida con datos de 8 vacas. Análisis posteriores realizados por Sawalhah *et al.* (enviado) confirman esta función. Esta figura fue adaptada de Black Rubio *et al.* (2008).



**Figura 12.** Preferencia de vacas por parches de bosque con diferentes coberturas aéreas en invierno (arriba) y verano (abajo) durante dos años consecutivos. Se utilizó el índice de preferencia de Ivlev. Valores positivos indican preferencia mientras que los valores negativos indican evitación. Adaptado de Prileson (2013).



En general, las vacas monitoreadas tendieron a utilizar parches pastoreados (píxeles de 30 x 30 m) de las pasturas experimentales más de una vez. Sin embargo, la presencia de árboles tendió a disminuir la probabilidad de que una vaca volviera a visitar un parche previamente pastoreado (Sawalhah *et al.*, 2014). Las vacas que mostraron preferencia alta por sitios de bosque tendieron a destetar terneros más pesados (Sawalhah *et al.*, *enviado*).

La tendencia general de evitación del bosque (salvo en las condiciones particulares descritas en el párrafo anterior), podría estar relacionada con la aversión por sitios con visibilidad reducida, un fenómeno descrito en ovinos en estepas arbustivas de la Patagonia por Bertiller & Ares (2008) y en nuestro sitio de Corrientes por Diaz Falú *et al.* (2014). Es posible que los ovinos, y en menor grado los bovinos posean comportamientos típicos de especies de presa que los torne reticentes a pastorear en áreas en las que les sea difícil identificar potenciales predadores fácilmente.

### **3.3. *Relevancia de los factores climáticos, estructurales y de vegetación en la distribución de animales***

En los tres pastizales considerados, el impacto de la heterogeneidad del estrato herbáceo fue diferente. En Corrientes, la estructura de las unidades de vegetación es muy contrastante. Esta diferencia en estructura fue el principal determinante de la dispersión de los animales. Por un lado definió que vacas y ovejas se separaran espacialmente por altura de vegetación, seleccionando las vacas a los pastos altos y las ovejas a los pastos cortos). Además, la variación estacional de biomasa en cada unidad de vegetación afectó inversamente el área de pastoreo. Por el contrario, en el pastizal templado de la Pampa Deprimida, las unidades de vegetación herbácea difieren en composición botánica, época de crecimiento y valor nutritivo, pero no tanto en estructura. Esto, sumado a la baja productividad del pastizal en los años de estudio, determinó que el estrato herbáceo no afectara la distribución de los animales. Sin embargo, la presencia de montes capaces de aportar reparo y/o alimento la modificó en forma variable. Si bien la ubicación de las facilidades de manejo ha sido tradicionalmente considerada como una de las herramientas más eficaces para manipular la distribución del pastoreo, su efecto sobre la distribución de los animales fue limitado en ambos ecosistemas. En nuestro sitio en New Mexico, la heterogeneidad estuvo principalmente asociada a la densidad de árboles. Las vacas prefirieron pastorear en sitios con baja o nula densidad de leñosas, pero utilizaron el bosque de modo oportunista posiblemente para buscar reparo, tal como lo hicieron en la Pampa Deprimida, o nuevos parches de forraje herbáceo. A diferencia de los sitios de la Argentina, en nuestro sitio de New Mexico, las mejoras (ubicación de caminos) aparentemente afectaron la distribución facilitando el acceso de las vacas a parches de vegetación en el bosque. Prileson (2013) observó numerosas instancias en que las vacas utilizaron caminos en el bosque para acceder a sitios de pastoreo que posiblemente no hubieran visitado de no haber tenido fácil acceso.

Los resultados de los estudios sintetizados aquí para las condiciones de uso particulares de cada pastizal sugieren pautas de manejo diferentes. En Corrientes, sería posible influir en la distribución de vacas y ovejas manipulando (mediante cortes, quemadas programadas, fertilizaciones) la estructura de las unidades de vegetación. En términos generales, el pastoreo mixto de bovinos y ovinos resulta una herramienta valiosa para manejar eficientemente los pastizales subtropicales del centro-sur de la provincia de Corrientes. En la Pampa Deprimida Bonaerense se debe prestar atención a la ubicación, tamaño y especie arbórea de los montes, dada la posibilidad de funcionar estos como efectivas áreas de reparo en ciertas estaciones del año (montes de eucalipto) o de alimento y reparo (montes de acacia negra), sin descuidar el carácter invasor de esta última especie. En New Mexico los resultados obtenidos sugieren que ambientes de pastoreo abiertos con una matriz de parches de bosque abierto o denso proveen condiciones de hábitat favorables para desarrollar cría bovina y posiblemente permitan mejorar la distribución espacial de la presión de pastoreo en la medida que las vacas alternen el uso del bosque en respuesta a factores no-forrajeros del ambiente.

#### 4. LA CONSIDERACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL PASTOREO EN ECUADOR Y COLOMBIA. APORTES POSIBLES A LOS SISTEMAS GANADEROS DE ECUADOR

Cuando se revisan antecedentes sobre la producción y utilización de los recursos forrajeros del Ecuador (entre otros Hess, 1992; Ramirez *et al.*, 1996; Molinillo & Monasterio, 2002; Dirección General de Promoción Agraria, 2005; Vera, 2006; Cárdenas & Garzón, 2011; Castro Revelo, 2013; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2013; Chilpe Torres & Chuma Alvarez, 2015) se observan que los mismos se centran fundamentalmente en la evaluación de recursos naturales disponibles, introducción, mejora y fertilización de especies introducidas. Con menor intensidad se consideran las formas de pastoreo utilizadas y diversos aspectos de manejo que hacen a la degradabilidad y estabilidad de los recursos. Si bien es factible que haya en desarrollo estudios específicos sobre la distribución de los animales en pastoreo en los distintos ambientes de Ecuador, no hemos podido recuperar ninguna información sobre el particular. Al considerar las referencias relacionadas con la conducción de los animales, se observan modalidades muy restrictivas (pastoreo con sogueo), intermedias (como el pastoreo libre) y sistemas controlados de pastoreo con planificación de uso rotativo de parcelas dentro de un mismo potrero. Respecto al pastoreo con sogueo se han expuesto beneficios e inconvenientes de su implementación (entre otros, López & Ramírez, 1994; Meunier, 2007; Cárdenas & Garzón, 2011). Su amplia difusión en distintos países del mundo, generalmente en establecimientos de reducida escala, ha estado asociada a pautas culturales devenidas de la explotación familiar a nivel de fincas o pequeñas unidades de producción. Es posible inferir que: - la creciente disponibilidad de equipos y accesorios simples para subdividir los potreros, cualquiera sea el tamaño de los mismos, - la necesidad de ocupar menos tiempo en la conducción del pastoreo, para dedicarlo a otras actividades productivas de las fincas, - el recambio generacional en la responsabilidad de conducir los sistemas productivos, y - los esfuerzos que se realizan desde la esfera gubernamental-institucional para reemplazar el pastoreo con sogas por otras formas controladas del pastoreo, harán revertir en los próximos años el alto porcentaje actual de esta práctica en los sistemas de producción. El pastoreo libre, entendiéndolo como tal a un simple confinamiento de los animales dentro de una cerca o alambrado perimetral y con muy bajo o nulo control del desplazamiento de los mismos (Gómez Gaspar & Rúa Franco, 2010; Rúa Franco, 2010), es mencionado permanentemente por sus impactos negativos sobre la producción de la pastura y de los animales como un sistema a sustituir por cualquier forma de pastoreo de mayor control. Finalmente, es posible ver en las últimas décadas un sin número de propuestas para la implementación de sistemas de pastoreo controlados, desde los muy simples con rotación de unas pocas parcelas hasta las propuestas de la implementación de los llamados pastoreo racional intensivo o Voisin (Dirección General de Promoción Agraria, 2005; Gómez Gaspar & Rúa Franco, 2010).

Aunque es muy abundante y diversa la bibliografía que considera a esas modalidades de pastoreo, existe un vacío de información en cuanto a la distribución de los animales en pastoreo y los factores que la regulan en los diversos ecosistemas productivos del Ecuador. Cabe así preguntarse dónde sería más relevante realizar estudios enfocados a comprender el proceso de pastoreo. Desde el punto de vista de la extensión y/o estabilidad productiva de los sistemas de producción animal consideramos que hay tres regiones ganaderas contrastantes donde estos estudios podrían cobrar relevancia: los Valles Interandinos, la Costa y la Amazonia. En la región de los Valles Interandinos, los sistemas de producción implementados sobre pasturas cultivadas y/o pastizales se podrían beneficiar simplemente infiriendo la distribución de los animales por la detección de áreas sobre y subutilizadas por los animales, cualquiera fuera el nivel de carga animal y conducción del pastoreo. Para ello si bien no se descarta el empleo de animales con GPS, sería posible utilizar metodologías más simples, como la observación visual de los animales y su ambiente de pastoreo. Ya sea por sobre o subpastoreo las pasturas se pueden degradar y en consecuencia impactar en los niveles de producción animal individual y por hectárea. En el caso de áreas sobrepastoreadas por habilitar nichos a ser colonizados por especies de menor o nulo valor nutritivo, en el caso de subpastoreo por un exceso de maduración del forraje y una consiguiente disminución en su valor nutritivo. El conocer como los animales utilizan el área a pastorear permitirá un mejor ajuste de la carga animal y la/s estrategia/s para la conducción de la misma de forma tal de hacer más equilibradas las tasas de crecimiento de la pastura con las tasas de consumo de los animales. En la región de la Costa y en la

Amazonia, la heterogeneidad de la vegetación es una fuente a explorar para una mejor y eficiente utilización de los recursos disponibles. Por esta razón podría resultar de utilidad evaluar cómo los animales utilizan espacial y temporalmente a los pastizales, para lo cual emplear animales con collares GPS sería una herramienta valiosa. Específicamente en la región de la Costa, evaluar los factores ambientales que regulan el pastoreo podría permitir desarrollar criterios para la planificación de mejoras en los establecimientos (divisiones, reparos, aguadas, lugares de administración de suplementos) con el objetivo de brindar mayor confort a los animales y por lo tanto lograr un incremento en su productividad. Finalmente en el área ganadera de la Amazonia, el conocimiento de los factores que regulan la distribución de los animales facilitará la implementación de los sistemas silvopastoriles, permitiendo atenuar los procesos de degradabilidad ambiental, atribuida actual y parcialmente a los animales por falta de control del pastoreo. Conocer las interacciones de los animales con los estratos arbóreo y herbáceo puede facilitar las tareas de desmonte o raleo de la vegetación leñosa para aumentar el confort animal y la productividad. El estudio de las interacciones vegetación:animal puede ser de suma utilidad para detectar ambientes térmicos más o menos favorables para las razas de animales, a sostener o a introducir, para elevar los niveles de producción actuales.

En un reciente congreso, revisando investigaciones realizadas en la última década en el Ecuador continental, Añazco Romero (2011) expresa que, aunque los sistemas agroforestales han estado presentes desde los albores de la agricultura, la ganadería y la silvicultura y forman parte esencial de la historia y la cultura de los pueblos de América y de otros continentes, aún existen dudas sobre la sostenibilidad de los mismos. Esto genera desconfianza en quienes desean fomentarlos como parte del uso de la tierra, de la agricultura sostenible, de la ganadería ecológica, del manejo integral de cuencas, de la conservación de los suelos, del manejo forestal sostenible o de la adaptación al cambio climático. En esa contribución, Añazco Romero (2011) se formula una pregunta fundamental, cómo se puede demostrar si realmente son sostenibles los sistemas agroforestales en el Ecuador. Entre los múltiples factores que pueden afectar dicha sostenibilidad, algunos se vinculan con la interacción planta: animal. El autor establece que la consideración de la dimensión ambiental contribuye de manera significativa a tener una mayor y mejor cantidad de especies de plantas y animales, a crear adecuadas condiciones microclimáticas y a disminuir la erosión de los suelos. A partir de su análisis concluye que se puede demostrar que los sistemas agroforestales son sostenibles.

Un panorama distinto al descrito para Ecuador sobre la generación del conocimiento del proceso de pastoreo en ambientes tropicales se puede observar en Colombia, donde en los últimos años se ha comenzado a desarrollar estudios con el objetivo de evaluar los factores ambientales que condicionan a los animales en pastoreos en sistemas agropastoriles. Así, Mora Delgado y colaboradores, trabajando en valles cálidos de la zona andina, han realizado avances en el conocimiento de las interacciones biofísicas que operan en los sistemas agroforestales, considerando también aspectos vinculados a medios de vida y desarrollo rural. Estos estudios abordan la consideración, exploración y evaluación de la agrobiodiversidad a escala de fincas. Además en ellos se busca, entre otros aspectos, estudiar el comportamiento animal en potreros arbolados, la repuesta de gramíneas a la sombra, la percepción de los productores sobre las interacciones, y la eficiencia productiva de los sistemas silvopastoriles de esos ambientes, para convertir estos resultados de investigación en verdaderos insumos para el desarrollo (Mora Delgado, 2011). Polanía *et al.* (2013) evaluaron el movimiento de bovinos en pastoreo y la influencia de diferentes factores bióticos (cobertura arbórea y disponibilidad de forraje) y abióticos (principalmente temperatura ambiental) en una pastura de 54 ha, con árboles dispersos, localizado en una hacienda localizada en el valle cálido de Tolima. Se monitoreó el movimiento de vacas secas (F1 de Holstein x Brahman y Brahman comercial), equipadas con collares GPS, durante dos periodos diferenciados por la precipitación y la temperatura ambiente (fresco y caluroso). Se encontró que el comportamiento de los bovinos de diferente composición racial presentó patrones de pastoreo y actividad diferenciados, siendo los factores abióticos los que más incidieron en los patrones de movimiento. Los autores, al analizar la complejidad del proceso de pastoreo, señalan que, en las regiones tropicales, la temperatura es tal vez el factor climático de mayor relevancia, la cual junto con la radiación solar tiene un importante impacto sobre la distribución de los animales en pastoreo y sus actividades. Así mismo, la humedad relativa, la precipitación y la velocidad del viento generan alteraciones en el ritmo de las actividades diarias relacionadas con la ingesta de alimento y la

búsqueda de confort por parte de los animales, tratando de equilibrar fluctuaciones térmicas del cuerpo, respiración, circulación de la sangre y funcionamiento de glándulas de secreción interna. Polanía *et al.* (2013), basados en Miranda de Vargas Junior *et al.* (2010), expresan que la mala distribución de los bebederos dentro de los potreros, sumado a las deficientes prácticas de pastoreo a las que son sometidos los bovinos, emergen como las causas principales de los bajos niveles de aprovechamiento del forraje disponible y del deterioro precoz en las pasturas del trópico. Polanía *et al.* (2013) concluyen sobre la importancia de analizar tanto al componente racial como al clima en este tipo de estudios que tratan de dilucidar el comportamiento animal en pastoreo y los factores bióticos y abióticos que lo regulan. En ese estudio la temperatura ambiental resultó un factor de relevancia, aunque la composición genética también explicó diferencias de comportamiento, ya que los animales cebuinos presentaron un mayor nivel de actividad total y de recorrido que los F1. Los bovinos F1 prefirieron zonas de baja e intermedia cobertura arbórea (<20% y 20-40%, respectivamente), siendo importante la preferencia por coberturas intermedias en las horas de mayor temperatura ambiental (10 a 14 h), especialmente en los días más calurosos. Ese patrón fue más acentuado con animales Brahman. Las coberturas más densas (60-80% y >80%) fueron visitadas esporádicamente en horas nocturnas por ambos tipos de animales. Al considerar la actividad diaria de pastoreo en relación a la temperatura ambiente y la distancia a la fuente de agua, se registró una preferencia de los animales por explorar más área en búsqueda de comida en horas más frescas y la permanencia en áreas cercanas a la fuente de agua en las horas más calurosas.

## **5. CONSIDERACIONES FINALES**

Es mucho lo que se ha avanzado en la última década en el conocimiento no sólo de cómo se distribuye el ganado en diferentes sistemas de producción a nivel mundial, sino también de cuáles son las causas de dicha distribución y de su impacto sobre la vegetación. Este conocimiento ha permitido entender el impacto del pastoreo en la estabilidad de dichos sistemas y diseñar estrategias de manejo que aseguren un equilibrio entre estabilidad y productividad.

En América se han desarrollado estudios de esta naturaleza en sistemas de producción muy diversos, tales como pastizales áridos, templados húmedos, subtropicales y tropicales. Los resultados de estos estudios, muestran una gran variación en el impacto de los diversos factores que afectan el desplazamiento y por ende la distribución de los animales. Por ejemplo, en el pastizal subtropical de Corrientes el principal determinante de la distribución fue el tipo de vegetación herbácea, en el pastizal templado el tipo de monte y en el semiárido la estructura de la vegetación (bosque vs. pastizal abierto). Sin embargo, al analizar la información en su conjunto, debe tenerse en cuenta que cada uno de estos estudios fue realizado en las condiciones de uso representativas de cada región, pero que la evidencia empírica permite inferir que la distribución de los animales, aún en un mismo ecosistema, podría variar según carga y modalidad de uso. La gran cantidad de factores que impactan la distribución de los animales, así como su variabilidad por localización geográfica y sistema de producción, lleva a concluir que, si bien es importante detectar patrones generales de cómo opera el proceso de pastoreo, sería más razonable dedicar inicialmente el esfuerzo a la realización de estudios locales que permitan dar respuestas sobre cómo el ganado se distribuye e impacta la vegetación en áreas ganaderas determinadas.

Mientras esos estudios se desarrollan en algunas regiones, los responsables técnicos pueden considerar la aplicación de ciertos criterios de manejo del pastoreo. Así, los objetivos de manejo de la vegetación deberían ser al menos de la misma prioridad que los objetivos de manejo del ganado. La elección de la modalidad de pastoreo también se basa en la capacidad del productor para interpretar tanto las respuestas de las plantas forrajeras como las del animal, al tiempo de tomar las mejores decisiones de manejo para su empresa. Restricciones tales como competencia en tiempo con otras operaciones en el establecimiento pueden ser un determinante de qué modalidades son mejores para un productor en particular. Otros factores que deben ser considerados son la disponibilidad y ubicación de aguadas para el ganado, topografía del establecimiento y disponibilidad de recursos, junto con el costo inicial y de mantenimiento de las diferentes modalidades. Cada productor es único

y ningún método puede satisfacer las necesidades de todas las situaciones. Por otra parte, si bien son numerosas las ventajas y desventajas propias de cada modalidad de pastoreo que se mencionan en la literatura, los usuarios potenciales se preguntan, previo a la adopción de una dada conducción del pastoreo, cuál es comparativamente lo más eficiente. La bibliografía disponible permite asumir que el uso de una mezcla de varias modalidades de pastoreo rotativo, junto con pastoreo continuo con carga variable, puede ser más apropiado para alcanzar objetivos de manejo, que el uso permanente de una particular estrategia (Brizuela & Cibils 2011). Quizás el mayor beneficio derivado del empleo de una o más metodologías está directamente relacionado al uso de moderadas tasas de carga animal. Así, se ha sugerido la implementación de sistemas de pastoreo simples, basados en manejos adaptativos y oportunistas (O'Reagain & Turner 1992). En este contexto se ha planteado si es factible utilizar diferentes estrategias de pastoreo para alcanzar simultáneamente la sustentabilidad y rentabilidad de un sistema de producción ganadero, frente a la contingencia de la variabilidad de las precipitaciones y su impacto en la disponibilidad de forraje (O'Reagain *et al.*, 2009). Evidencias experimentales indican que ambos objetivos son factibles de lograr cuando la estrategia de pastoreo se sustenta en la utilización de cargas bajas constantes (próximas a la capacidad de carga de largo plazo del sistema), más que en relación a estrategias que utilizaron cargas más altas, ya fueran ellas aplicadas en forma constantes o variables estacionalmente en función de algún criterio de ajuste. A cargas próximas a la capacidad de carga se lograron consistentemente las mejores respuestas (ganancia individual, estado corporal).

## BIBLIOGRAFÍA

- Allred, B.W., S.D. Fuhlendorf, R.G. Hamilton, 2011. The role of herbivores in Great Plains conservation: comparative ecology of bison and cattle. *Ecosphere* 2(3), 17 pp.
- Anderson, D.M., 2001. *Virtual fencing - A prescription range animal management tool for the 21st century*. En: Sibbald, A.M., I.J. Gordon (Eds.). Proc. of the Conference on Tracking Animals with GPS. Aberdeen: Macaulay Land Research Institute, pp. 85-94.
- Anderson, D.M., R.E. Estell, A.L. Gonzalez, A.F. Cibils, L.A. Torell, 2015. Criollo cattle: Heritage genetics for arid landscapes. *Rangelands*, 37(2), 62-67.
- Añazco Romero, M.J. 2011. *Sostenibilidad de los sistemas agroforestales del Ecuador*. III Seminario Internacional de Agroforestería, Agroforestería Neotropical, 1(1), Colombia.
- Bailey, D.W., 2005. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. *Rangeland Ecol. Manag.*, 58, 109-118.
- Bailey, D.W., F.D. Provenza, 2008. *Mechanisms determining large-herbivore distribution*. En: Prins, H.T., F. van Langevelde (Eds.). Resource Ecology: Spatial and Temporal Dynamics of Foraging. Dordrecht: Springer, pp. 7-28.
- Bailey, D.W., G.R. Welling, 1999. Modification of cattle grazing distribution with dehydrated molasses supplement. *J. Range Manage.*, 52, 575-582.
- Bailey, D.W., G.R. Welling, 2007. Evaluation of low-moisture blocks and conventional dry mixes for supplementing minerals and modifying cattle grazing patterns. *Rangeland Ecol. Manag.*, 60, 54-64.
- Bailey, D.W., G.R. Welling, E.T. Miller, 2001. Cattle use of foothills rangeland near dehydrated molasses supplement. *J. Range Manage.*, 54, 338-347.
- Bailey, D.W., J.E. Gross, E.A. Laca, L.R. Rittenhouse, M.B. Coughenour, D.M. Swift, P.L. Sims, 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *J. Range Manage.*, 49, 386-400.
- Bailey, D. W., S. Lunt, A. Lipka, M. G. Thomas, J. F. Medrano, A. Cánovas, G. Rincon, M.B. Stephenson, D. Jensen, 2015. Genetic influences on cattle grazing distribution: Association of genetic markers with terrain use in cattle. *Rangeland Ecol. Manag.*, 68, 142-149.

**MASKANA, 1er CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL ESPECIALIZADA EN BOVINOS, 2015**

- Bailey, D.W., H.C. Van Wagoner, R. Weinmeister, D. Jensen, 2008. Evaluation of low-stress herding and supplement placement for managing cattle grazing in upland and riparian areas. *Rangeland Ecol. Manag.*, 61, 26-37.
- Bertiller, M.B., J.O. Ares, 2008. Sheep spatial grazing strategies at the Arid Patagonian Monte, Argentina. *Rangeland Ecol. Manag.*, 61, 38-47.
- Black Rubio, C.M., A.F. Cibils, R.L. Endecott, M.K. Petersen, K.G. Boykin, 2008. Piñon Juniper woodland use by cattle in relation to weather and animal reproductive state. *Rangeland Ecol. Manag.*, 61, 394-404.
- Brizuela, M.A., A.F. Cibils, 2011. *Implicancias de la carga y distribución de los animales en pastoreo en la utilización de pasturas*. Cap. 13. Producción Animal en Pastoreo. En: Cangiano, C.A., M.A. Brizuela (Eds.), 2da ed., Buenos Aires: Ediciones INTA, pp. 349-376.
- Brizuela, M.A., M.S. Cid, E.M. Díaz Falú, R. Fernández Grecco, A. Cibils, 2011. Valor nutritivo y utilización espacio-temporal por vacunos de un pastizal templado. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 32(Supl. 1), 276.
- Brock, B.L. y C.E. Owensby. 2000. Predictive models for grazing distribution: A GIS approach. *Journal of Range Management* 53:39-46.
- Cárdenas M., A., J.P. Garzón, 2011. *Guía de manejo de pastos para la Sierra Sur Ecuatoriana*. Estación Experimental del Austro. Inst. Nac. Aut. de Inv. Agrop., Cuenca, Ecuador. Bol. Divul. No. 407, 23 pp.
- Castro Revelo, M.J. 2013. *Producción y consumo de las pasturas del reño lactante del CADET. Tumbaco-Pichincha*. Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 76 pp.
- Chilpe Torres, M.I., J.L. Chuma Alvarez, 2015. *Parámetros productivos, reproductivos, manejo y sanidad en ganado lechero de las Parroquias Tarquí, Cumbe y Victoria de Portete*. Tesis de Grado Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 190 pp.
- Cibils, A.F., L.D. Howery, G.B. Ruyle, 2004. Diet and habitat selection by cattle: the relationship between skin- and gut-defense systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 88, 187-208.
- Cibils, A.F., J.A. Miller, A.M. Encinias, K.G. Boykin, B.F. Cooper, 2008. Monitoring heifer grazing distribution at the Valles Caldera National Preserve. *Rangelands*, 30, 19-23.
- Cid, M.S., M.A. Brizuela, 1998. Heterogeneity in Festuca arundinacea pastures created and sustained by cattle grazing. *J. Range Manage.*, 51(6), 644-649.
- Cid, M.S., C.M. Ferri, M.A. Brizuela, O. Sala, 2008. Structural heterogeneity and productivity of tall fescue pasture grazed rotational by cattle at four stocking densities. *Grassl. Sci.*, 54, 9-16.
- Cid, M.S., M.A. Brizuela, E.M. Díaz Falú, G. Cendoya, R. FernándezGrecco, L. Ventroni, A. Cibils, 2011. *Diet botanical composition and grazing distribution of cows in paddocks with different type of wood*. IX International Grassland Congress, Rosario, Argentina, p. 591.
- Cid, M.S., R. FernándezGrecco, M. Oesterheld, J. Paruelo, A. Cibils, M.A. Brizuela, 2011. Grass-fed beef production systems of Argentina's flooding pampas: Understanding ecosystem heterogeneity helps improve livestock production. *Outlook Agr.*, 40, 181-189.
- Cook, C.W., 1966. Factors affecting utilization of mountain slopes by cattle. *J. Range Manage.*, 19, 200-204.
- Coughenour, M., 1991. Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *J. Range Manage.*, 44, 530-542.
- De Alba Martinez, J., 2011. *El libro de los Bovinos Criollos de America*. Mexico DF: Mundi Prensa Mexico, 444 pp.
- DelCurto, T., M. Porath, C.T. Parsons, J.A. Morrison, 2005. Management strategies for sustainable beef cattle grazing on forested rangelands in the Pacific Northwest. *Rangeland Ecol. Manag.*, 58, 119-127.
- Díaz Falú, E.M., 2011. *Selección de sitios de alimentación por bovinos y ovinos en pastoreo mixto en un pastizal subtropical*. Tesis de Magister Scientiae del Programa de Postgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina.

**MASKANA, 1er CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL ESPECIALIZADA EN BOVINOS, 2015**

- Díaz Falú, E.M., M.Á. Brizuela, M.S. Cid, A.F. Cibils, M.G. Cendoya, D. Bendersky, 2014. Daily feeding site selection of cattle and sheep co-grazing a heterogeneous subtropical grassland. *Livest. Sci.*, 161, 147-157.
- Dirección General de Promoción Agraria, 2005. *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas Alto Andinas*. Ministerio de Agricultura, Dirección de Crianzas, 32 pp.
- Ganskopp, D.C., 2001. Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 73, 251-262.
- Ganskopp, D.C., D.W. Bohnert, 2009. Landscape nutritional patterns and cattle distribution in rangeland pastures. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 116, 110-119.
- Gillen, R.L., W.C. Krueger, R.F. Miller, 1984. Cattle distribution on mountain rangeland in northeastern Oregon. *J. Range Manage.*, 37, 549-553.
- Gómez Gaspar, M., M. Rúa Franco, 2010. *Una experiencia de campo con PRV en Ecuador*. Acceso: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/140-PRV\\_EN\\_ECUADOR.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/140-PRV_EN_ECUADOR.pdf).
- Heitschmidt, R.K., J.W. Stuth (Eds.), 1991. *Grazing Management: An ecological perspective*. Timber Press, 259 pp.
- Hess, C.G., 1992. *La racionalidad de una economía agropecuaria: Una contribución hacia el desarrollo en los Páramos Ecuatorianos*. MAG/GTZ, Serie Técnica No. 2, Quito, Ecuador.
- Hobbs, N.T., 1996. Modification of ecosystems by ungulates. *J. Wildl. Manage.*, 60, 695-713.
- Hodgson, J., 1990. *Grazing management: Science into practice*. Longman Handbooks in Agriculture, 203 pp.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper, C.H. Herbel, 2004. *Range management principles and practices* (Fifth ed.). Prentice Hall, New Jersey.
- Howery, L.D., F.D. Provenza, R.E. Banner, C.B. Scott, 1996. Differences in home range and habitat use among individuals in a cattle herd. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 49, 305-320.
- Howery, L.D., D.W. Bailey, G.B. Ruyle, W.J. Renken. 2000. Cattle use visual cues to track food locations. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 67, 1-14.
- Kothmann, M.M., 1980. *Nutrition of livestock grazing on range and pasture lands*. Chapter 6. Part A. In: Church, D.C. (Ed.), *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*, Vol 3. Practical Nutrition (2nd. ed.), O&B Books, Corvallis, Ore.
- Lange, R.T., 1985. Spatial distributions stocking intensity produces by sheep flocks grazing Australian chenopod shrublands. *T. Roy. Soc. South Aust.*, 109, 167-174.
- Launchbaugh, K.L., L.D. Howery, 2005. Understanding landscape use patterns of livestock as a consequence of foraging behavior. *Rangeland Ecol. Manag.*, 58, 99-108.
- López, L., P. Ramírez, 1994. *Sistemas de producción agropecuarios en una zona de piedemonte o selva alta de la Amazonia Ecuatoriana*. Proyecto de Fomento Ganadero (PROFOGAN), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), GTZ, División de Capacitación, Quito, Ecuador, 58 pp.
- Meunier, A., 2007. *Ganadería en el sur de la Amazonía ecuatoriana: Motor de la colonización y base de la economía agraria. ¿Será capaz de adaptarse a los nuevos retos?* Disponible en [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-03/010043076.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010043076.pdf), 47 pp.
- Miner, J.R., J.C. Buckhouse, 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.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2013. *Estudios de cadenas pecuarias de Ecuador*. 75 pp.
- Miranda de Vargas Junior, F., F.S. Wechsler, P. Rossi, V.M. Oliveira, P. Schmidt. 2010. Ingestive behavior of Nelore cows and their straightbred or crossbred calves. *Rev. Bras. Zootecnia*, 39, 648-655.

**MASKANA, 1er CONGRESO INTERNACIONAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL ESPECIALIZADA EN BOVINOS, 2015**

- Molinillo, M., M. Monasterio, 2002. Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotrópicos*, 15(1), 19-34.
- Mora Delgado, J., 2011. *Avances de investigación en sistemas agroforestales pecuarios: interacciones biofísicas, medios de vida y desarrollo rural*. III Seminario Internacional de Agroforestería, Agroforestería Neotropical, 1(1).
- Morley, F.H.W., 1981. Management of grazing systems. En: Morley F.H.W. (Ed.). *Grazing animals*. Amsterdam: Elsevier, pp 379-400.
- Muegler, W.F., 1965. Cattle distribution on steep slopes. *J. Range Manage.* 18, 255-257.
- Newman, J., 2007. *Herbivory*. En: Stephens, D.W., J.S. Brown, R.C. Ydenberg (Eds.). *Foraging: Behavior and Ecology*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 175-220.
- O'Reagain, P.J., J.R. Turner, 1992. An evaluation of the empirical basis for grazing management recommendations for rangeland in southern Africa. *J. Grassl. Soc. South. Afr.*, 9, 38-49.
- O'Reagain, P., J. Bushell, C. Holloway, A. Reid, 2009. Managing for rainfall variability: effect of grazing strategy production in a dry tropical savanna. *Anim. Prod. Sci.*, 49, 85-89.
- Owens, M.K., K.L. Launchbaugh, J.W. Holloway, 1991. Pasture characteristics affecting spatial distribution of utilization by cattle in mixed brush communities. *J. Range Manage.* 44, 118-123.
- Peinetti, R.H., E.L. Fredrickson, D.P.C. Peters, A.F. Cibils, O.J. Roacho-Estrada, A.S. Laliberte, 2011. Foraging behavior of heritage versus recently introduced herbivores on desert landscapes of the American Southwest. *Ecosphere*, 2(5), 14 pp.
- Polanía, Y., J. Mora, R. Serrano, R. Pineros, 2013. Movimiento de ganado en pastoreo en un sistema silvopastoril del valle cálido del Magdalena tolimense (Colombia). *Rev. Col. Ciencia Anim.*, 6, 58-66.
- Porath, M.L., P.A. Momont, T. DelCurto, N.R. Rimbey, J.A. Tanaka, M. McInnis, 2002. Offstream water and trace mineral salt as management strategies for improved cattle distribution. *J. Anim. Sci.*, 80, 346-356.
- Prileson, V.J., 2013. *Resource selection patterns of cattle grazing woodland-grassland mosaics in New Mexico*. MS Thesis, New Mexico State University, Las Cruces, 113 pp.
- Provenza, F.D., J.J. Villalba, C.D. Cheney, S.J. Werner, 1998. Self-organization of foraging behaviour: From simplicity to complexity without goals. *Nutr. Res. Rev.*, 11, 199-222.
- Ramirez, N., C. Izquierdo, O. Paladines, 1996. *Producción y utilización de pastizales en cinco zonas agroecológicas del Ecuador*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Red de Pastizales Andinos (REPAAN). Disponible en [http://infoandina.mtnforum.org/sites/default/files/publication/files/Produccion\\_pastizales\\_ecuador.pdf](http://infoandina.mtnforum.org/sites/default/files/publication/files/Produccion_pastizales_ecuador.pdf), 118 pp.
- Rúa Franco, M., 2010. *¿Cómo aforar un potrero para pastorear correctamente?* Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/139-AFORAR\\_POTRERO.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/139-AFORAR_POTRERO.pdf), 18 pp.
- Russell, M.L., D.W. Bailey, M.G. Thomas, B.K. Witmore, 2012. Grazing distribution and diet quality of Angus, Brangus, and Brahman cows in the Chihuahuan Desert. *Rangeland Ecol. Manag.*, 65, 371-381.
- Sawalhah, M.N., A.F. Cibils, C. Hu, H. Cao, J.L. Holechek, 2014. Animal-driven rotational grazing patterns on seasonally grazed New Mexico rangeland. *Rangeland Ecol. Manag.*, 67, 710-714.
- Sawalhah, M.N., A.F. Cibils, H. Cao, D.M. VanLeeuwen, J.L. Holechek, C.M. Black-Rubio, R.L. Wesley, R.L. Endecott, T.J. Mulliniks, M.K. Petersen. *Forage and weather influence day- vs. nighttime cow behavior and calf weaning weights on rangeland*. (Enviado).
- Senft, R.L., L.R. Rittenhouse, R.G. Woodmansee, 1983. The use of regression models to predict spatial patterns of cattle behavior. *J. Range Manage.* 36, 553-557.
- Senft, R.L., M.B. Coughenour, D.W. Bailey, L.R. Rittenhouse, O.E. Sala, D.M. Swift, 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience*, 37, 789-799.



- Stafford Smith, D.M., 1988. *Modeling: three approaches to predicting how herbivore impact is distributed in rangelands*. New Mexico Agr. Exp. Sta.Reg. Res., Rep. 628, Las Cruces, USA.
- Tiedemann, A.R., T.M. Quigley, L.D. White, W.S. Lauritzen, J.W. Thomas, M.L. McInnis, 1999. *Electronic (fenceless) control of livestock*. Res. Pap. PNW-RP-510. Portland, OR, USA: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 23 pp.
- Umstatter, C. 2011. The evolution of virtual fences: A review. *Comput. Electron. Agr.*, 75, 10-22.
- Vaillant, M., D. Cepeda, P. Gondard, A. Zapatta, A. Meunier (Eds.), 2007. *Mosaico agrario: Diversidades y antagonismos socio-económicos en el campo ecuatoriano*. SIPAE-IRD-IFEA. Disponible en <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/42000.pdf>, 312 pp.
- Vera, R., 2004. *Perfiles por país del recurso pastura/forraje, ECUADOR*. FAO. Disponible en <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Ecuador-Spanish.pdf>, 20 pp.
- Walburger, K.J., M. Wells, M. Vavra, T. DelCurto, B. Johnson, P. Coe, 2009. Influence of cow age on grazing distribution in a mixed-conifer forest. *Rangeland Ecol. Manag.*, 62, 290-296.
- Walker, J.W., 1995. Viewpoint: Grazing management and research now and in the next millennium. *J. Range Manage.* 48, 350-357.
- VanSoest, P.J., 1982. *Nutritional ecology of the ruminant* (2<sup>nd</sup> ed.). Cornell University Press, 476 pp.
- Wesley, R.L., A.F. Cibils, J.T. Mulliniks, E.R. Pollak, M.K. Petersen, E.L. Fredrickson, 2012. An assessment of behavioural syndromes in rangeland-raised beef cattle. *Appl. Animal Behav. Sci.*, 139, 183-194.
- Williams, R.E., 1954. Modern methods of getting uniform use of ranges. *J. Range Manage.* 7, 77-81.
- Winder, J.A., D.A. Walker, C.C. Bailey, 1996. Effect of breed on botanical composition of cattle diets on Chihuahuan desert range. *J. Range Manage.* 49, 209-214.