

Manejo del pastoreo fijo o variable en la evaluación de pasturas

Marvin B. Riewe*

Resumen

Los resultados de estudios agronómicos y de laboratorio permiten desarrollar hipótesis relacionadas con el efecto favorable de nuevas pasturas o de prácticas de manejo en la producción de ganado. En la investigación de pasturas, estas hipótesis requieren confirmación mediante ensayos de pastoreo.

El diseño apropiado de los ensayos de pastoreo exige que se tengan en cuenta la carga animal y el sistema de pastoreo. Se discute, pues, el uso de sistemas de pastoreo continuo y rotacional y el uso de cargas fijas o variables. Estos sistemas de manejo se analizan en relación con problemas de aleatoriedad y control de variables en ensayos de pastoreo, haciendo énfasis en el efecto que ejerce la carga animal en la producción por animal y por unidad de área.

Introducción

Las grandes diferencias encontradas en los estudios de corte de forraje realizados en pequeñas parcelas no siempre se traducen en resultados significativos en la producción de carne, leche o lana; por ello, los ensayos de pastoreo son necesarios para confirmar el valor, traducido como producción animal, de las especies o variedades forrajeras nuevas, y de las prácticas mejoradas incluyendo entre ellas las estrategias de manejo del pastoreo. Los

* Profesor, Agricultural Research Station, Texas A & M University, Angleton, Texas.

beneficios que se obtienen a corto plazo de ciertas prácticas mejoradas, ya sea de manejo o agronómicas, pueden perderse, en gran medida, antes de que haya oportunidad de obtener una ganancia económica basada en un sistema de manejo bien equilibrado. Por tanto, los ensayos de pastoreo suficientemente prolongados, donde se evalúan los méritos de las variables en estudio, son esenciales para el desarrollo de sistemas eficientes de producción de ganado.

El interés particular de este trabajo es discutir el uso de las cargas fijas o variables en la evaluación de las pasturas, considerando los sistemas de pastoreo continuo y rotacional. Se estudiarán las ventajas y desventajas de utilizar cargas animales y sistemas de pastoreo a la luz de los objetivos específicos de un ensayo de pastoreo. Sin embargo, conviene discutir en primera instancia, así sea brevemente, dos puntos: aleatoriedad y efecto de carga, que son fundamentales para el diseño de los ensayos de pastoreo y para la interpretación de los resultados. La definición de los términos empleados en este escrito sigue las convenciones de Hodgson (1979).

Consideraciones básicas

Aleatoriedad y variables estudiadas

La aleatoriedad de las variables estudiadas en un ensayo de pastoreo es un problema difícil y merece atención. La aleatoriedad deseada no siempre es posible en trabajos seriados en el tiempo tales como los que se realizan en ensayos de pastoreo; así, por ejemplo, lo que ocurre hoy depende de lo que ocurrió ayer. Por otro lado, la aleatoriedad supone que cuando las variables en estudio se asignan al azar, el efecto de las variables no aleatorias, y que no se hallan en estudio, sigue una distribución normal. Las variables no aleatorias pueden, sin embargo, interactuar significativamente con las variables estudiadas. No haber tenido en cuenta, de manera apropiada, el efecto del sitio, del año, de la carga animal o de la alimentación suplementaria son apenas unos pocos ejemplos de las fallas en que incurren los ensayos de pastoreo.

Mucha de la aleatoriedad 'aparente' en los ensayos de pastoreo no es un efecto obtenido verdaderamente al azar sino, más bien, un efecto no aleatorio sin identificar. Esto se puede atribuir, en gran parte, a la ausencia de ciertos conocimientos al diseñar o al interpretar los resultados de un ensayo de pastoreo. En algunos casos está implícita la cuestión de la factibilidad; por ejemplo, los recursos para controlar ciertas variables o hacer ciertas mediciones sencillamente no están disponibles. Infortunadamente, en otros casos las razones son la omisión, el descuido o la falta de conocimientos.

En alguna etapa de la fase de diseño de un ensayo de pastoreo el investigador debe suponer que la variación imposible de atribuir a la parte determinística del modelo se genera por algún proceso aleatorio (Lucas, 1964). Sin embargo, el investigador debe considerar que esta suposición de aleatoriedad puede no ser cierta; en tal caso, no habría garantía contra sesgos.

No prestar atención en forma adecuada a la interacción entre los efectos no aleatorios y las variables estudiadas explica en parte las diferencias de parecer en lo que respecta a los méritos de la carga fija y de la carga variable o del pastoreo continuo frente al pastoreo en rotación.

Efecto de la carga animal en ensayos de pastoreo

Se han realizado muchos ensayos de pastoreo en los que la carga animal, fija o variable, se ha confundido con las variables en estudio. Con frecuencia, las diferencias entre tratamientos han sido tal vez un efecto del uso de diferentes cargas animales con las cuales se pastorean los diversos tratamientos. Si el tratamiento A produce menores ganancias por animal pero tiene mayor capacidad de carga y produce mayor ganancia por unidad de área que el tratamiento B, entonces la diferencia entre A y B puede deberse a la carga animal empleada para pastorear los respectivos tratamientos. La relación entre el comportamiento animal (ganancia de peso o producción de leche) y la carga animal no puede olvidarse si se desea resolver la cuestión del uso apropiado de cargas fijas o variables en los ensayos de pastoreo.

El aumento de la carga (animales/ unidad de área) más allá del valor crítico produce un efecto negativo —básicamente lineal dentro del área de interés económico— en la ganancia de peso vivo por animal (Riewe, 1961; Cowlinshaw, 1969; Jones y Sandland, 1974) como se ilustra en la Figura 1. A medida que aumenta la carga animal —para ejercer una mayor presión de pastoreo, es decir, una mayor demanda de la cantidad total de forraje disponible— la ganancia de peso vivo por animal disminuye y, hasta cierto punto, la ganancia de peso vivo por unidad de área aumenta; sin embargo, a mayores aumentos en la carga animal, la ganancia de peso vivo por unidad de área también disminuye (Figura 2). No obstante, en un punto inferior al nivel crítico de carga la ganancia por animal no aumentará y puede, en realidad, ser inferior a lo que se obtendría con una carga animal más alta (Burns et al., 1970; Edey et al., 1978).

Con una presión de pastoreo ligera, el animal tiene la oportunidad de pastorear selectivamente el forraje más tierno y digestible; la selectividad en la misma pastura sería menor con una presión de pastoreo más alta. Cuando aumenta ésta, se consume mayor proporción del forraje disponible aunque la cantidad consumida por animal sea inferior (Pieper et al., 1959; Campbell,

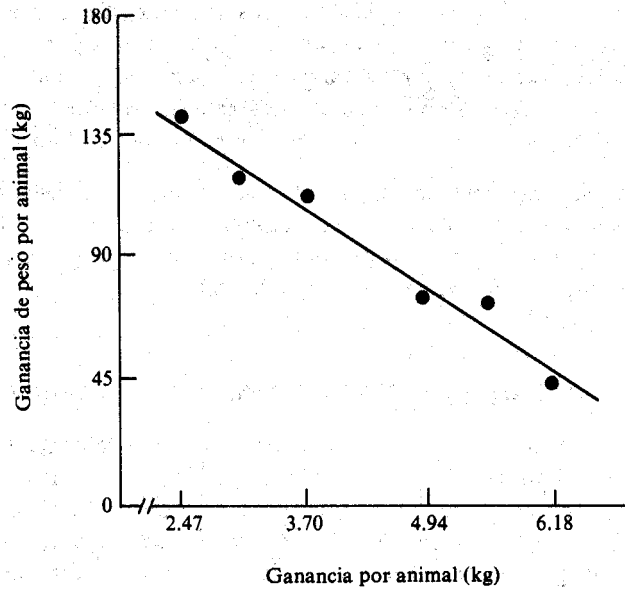


Figura 1. Efecto de la carga en la ganancia de peso por animal, en una pastura de *Paspalum dilatatum* (Dallis grass) asociado con trébol blanco, sometida a pastoreo.

FUENTE: Riewe, 1976.

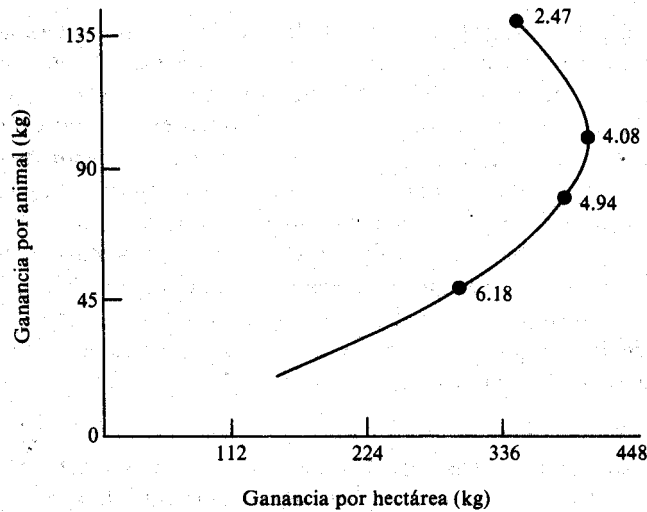


Figura 2. Efecto de la carga en la ganancia de peso por animal y por hectárea, en pasturas de *Paspalum dilatatum* (Dallis grass) asociado con trébol blanco. Los números junto a los puntos de la curva representan animales/ha.

1966; Hull et al., 1967; Hodgson et al., 1971); dispondrá, por tanto, el animal de menor cantidad de energía digestible para dedicarla a ganancia de peso vivo o a producción de leche.

Ciertos modelos teóricos (Owen y Ridgman, 1968; Conniffe et al., 1970) que visualizan una relación curvilínea entre la ganancia de peso vivo por animal y la carga animal pueden ser conceptualmente superiores al modelo lineal si se aceptan diversos supuestos. Sin embargo, Sandland y Jones (1975) han demostrado que el modelo lineal simple incluye, en gran parte, las ventajas teóricas de los modelos considerados superiores. Otros modelos (Mott, 1960) son difíciles de justificar conceptualmente o carecen de datos experimentales de respaldo (Peterson et al., 1965). La modificación que Matches y Mott (1975) hicieron al modelo diseñado por Mott (1960) parece ser, en teoría, apropiada (Figura 3).

Aunque la ganancia de peso o producción por unidad de área se acepta comúnmente como un parámetro importante, tiene, en realidad, un valor limitado en la evaluación ya sea biológica o económica de las pasturas. La razón es que una ganancia de peso por unidad de área se puede lograr con combinaciones diferentes de los parámetros del modelo, como son producción por animal y carga animal o capacidad de carga.

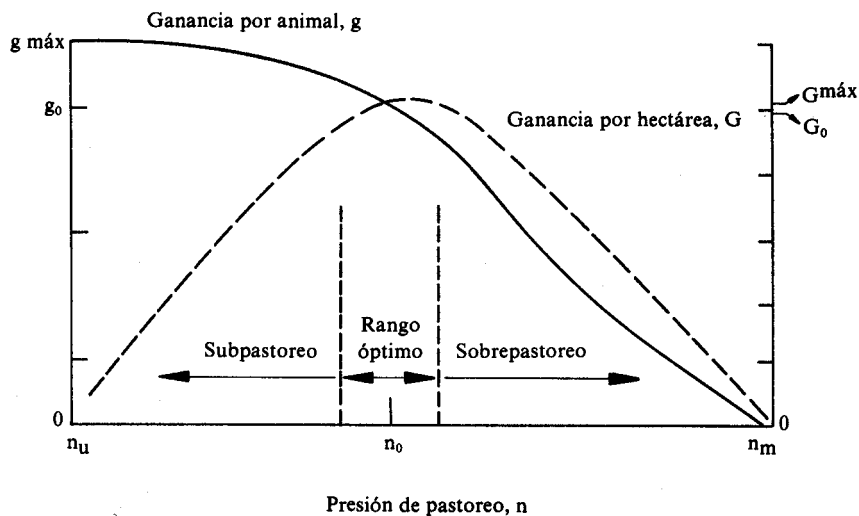


Figura 3. La relación entre la ganancia de peso vivo, por animal y por hectárea, y la presión de pastoreo permite calcular el punto y el rango óptimos de esta última variable.

FUENTE: Matches y Mott, 1975.

Dos pasturas que arrojen la misma producción por unidad de área podrían dar diferentes retornos económicos. Por consiguiente, el enfoque del pastoreo experimental como el de la producción comercial debe dirigirse a evaluar el comportamiento por animal y el número de éstos. En la medida en que la ganancia de peso por unidad de área no se considere un parámetro importante, las estrategias de manejo del pastoreo tendrán poco significado desde el punto de vista económico (Riewe, 1981). En suma, gran parte del desacuerdo aparente en torno al uso de cargas animales fijas o variables o de un sistema de pastoreo u otro, se puede atribuir al peso excesivo que se ha dado a la producción animal por unidad de área.

Objetivos de los ensayos de pastoreo

El uso de cargas fijas o variables o de un sistema de pastoreo en particular dependen mucho de los objetivos del ensayo de pastoreo. Aquí se consideran tres objetivos:

- Documentar el *comportamiento animal* en diferentes tipos de pastura.
- Relacionar *atributos de la pastura* con la respuesta de los animales.
- Integrar las *nuevas pasturas* o prácticas de manejo al sistema de producción.

Comportamiento animal en pasturas de diversos tipos

Tradicionalmente, los ensayos de pastoreo han servido para confirmar los resultados de los estudios agronómicos realizados en parcelas pequeñas. En los experimentos en que no se han incluido varias cargas para cada uno de los tratamientos agronómicos, se debe tomar, obviamente, una decisión sobre la carga animal o la presión de pastoreo adecuadas y acerca de si ésta última se alcanza más fácilmente con cargas fijas o variables. No sobra señalar, una vez más, que el pastoreo con una sola carga, ya sea variable o fija, con repeticiones o sin ellas, produce datos de valor limitado. Estos datos pueden ser útiles para identificar los limitantes de la pastura que merezcan un estudio más detallado. Mayor consideración requiere, generalmente, ya sea en los centros de investigación o a nivel de la finca, la integración de nuevas pasturas al sistema de producción predominante en una región o localidad.

Para saber si una pastura nueva —o una práctica mejorada como la fertilización o el manejo del pastoreo— puede incorporarse al sistema pastura-animal, es necesario conocer tanto el máximo nivel de ganancia —o producción por animal— que se puede esperar de aquella pastura o práctica,

como la tasa de disminución de la producción animal cuando aumenta la presión de pastoreo o la carga animal. La evaluación de los diferentes tipos de pastura quedaría incompleta sin esa información. Es indispensable, además, no confundir el efecto que ejerce la carga en la producción animal con el efecto —en esa misma producción— de otras variables que se estudien.

La carga animal se ha utilizado como una variable en la evaluación comparativa del comportamiento de los animales que pastorean ya sea diferentes gramíneas tropicales (Watson y Whiteman, 1981; Escuder, 1983), o ya diferentes híbridos de *Cynodon* sp. (Conrad et al., 1981), o diferentes niveles de nitrógeno en *Pennisetum clandestinum* (Mears y Humphreys, 1974), o el empleo de nitrógeno o de leguminosas con las gramíneas (Jones y Sandland, 1974; Riewe, 1976), o también diferentes sistemas de pastoreo (Reiwe, 1965). Jones (1981) discutió las características esenciales de estos ensayos en lo que respecta a la calidad nutricional del forraje y a la persistencia de las pasturas.

Relación entre el comportamiento animal y los atributos de la pastura

Los ensayos de pastoreo diseñados para aclarar los principios que actúan en la interfase pastura-animal se han multiplicado durante los últimos 25 años. Una vez reconocido el efecto de la carga en la producción animal, aumentó el interés en establecer relaciones entre las respuestas del animal y los atributos de la pastura. Las siguientes son algunas de esas relaciones:

- a. - Ganancia de peso y forraje disponible (Willoughby, 1959; Tayler, 1966; Allden y Whitaker, 1970; Hodgson et al., 1971).
 - Producción de leche y forraje disponible (Baker et al., 1981).
 - Producción de lana y forraje disponible (Rowe, 1982).
- b. - Consumo de forraje y forraje disponible (Arnold y Dudzinski, 1967).
 - Consumo de forraje y altura de la pastura (Hodgson, 1981).
 - Consumo de forraje y estructura de la pastura (Chacón y Stobbs, 1976).
- c. - Tamaño del bocado y estructura de la planta (Stobbs, 1973a).
 - Tamaño del bocado, rendimiento foliar, y densidad foliar (Stobbs, 1973b).
 - Tamaño del bocado y altura de la pastura (Forbes, 1983).

En estudios de esta naturaleza se ha hecho, generalmente, un esfuerzo por controlar todas las variables posibles, con el fin de evaluar únicamente el efecto de la variable que se estudia. Con este fin, se han utilizado a menudo ya sea la carga variable o un sistema de pastoreo en rotación.

Integración de nuevas pasturas o prácticas mejoradas a los sistemas de producción

Las nuevas pasturas o las prácticas mejoradas (fertilizante, manejo del pastoreo) harán parte, generalmente, de un sistema total de producción de ganado que suministre los nutrimentos necesarios para que el animal subsista, por ejemplo, durante 12 meses del año o hasta su venta. Es esencial, por tanto, evaluar el efecto de las nuevas pasturas, o de las nuevas prácticas, en la producción del sistema considerado como un todo. Se presume que ya se ha recopilado considerable información sobre la nueva pastura o práctica que se evaluará, y que se ha desarrollado la hipótesis de que su empleo favorecerá la totalidad del sistema de producción, satisfaciendo una necesidad claramente definida. Es necesario, por tanto, conocer el nivel de producción por animal que se puede obtener con la nueva pastura o práctica, así como calcular la carga que permitirá alcanzar la producción por animal requerida.

Si el sistema de producción al cual se va a introducir la nueva pastura o práctica es sencillo —p.ej., carneros solamente para producción de lana o novillos solamente para engorde— entonces el procedimiento experimental —o sea, la elección de la carga, del sistema de pastoreo, y del método de estimación del error— puede diferir un poco de aquellos métodos utilizados en la evaluación del comportamiento animal en diferentes tipos de pasturas. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de producción de ganado son más complejos, ya que puede estar implicada más de una categoría de animales (novillos, vacas lactantes) o dos o más especies de animales (bovinos y ovinos o cabras).

Es importante que el investigador tenga en mente los factores fundamentales de la adopción de nuevas pasturas en un sistema de producción pecuaria; algunos de estos factores son:

- buen comportamiento de la pastura en una escala comercial;
- manejo de la pastura compatible con el manejo existente;
- simplicidad;
- una relación costo:beneficio favorable;
- semilla disponible, si la especie o el cultivar son nuevos.

Otra consideración, imprescindible en la experimentación relacionada con los sistemas de producción, es el conflicto que puede surgir entre el control del error experimental (número de repeticiones) y la factibilidad del experimento. Generalmente, prevalece lo factible a expensas del control del error por una razón obvia: si la nueva pastura o la práctica mejorada satisfacen los criterios de compatibilidad con el sistema, de simplicidad, y de una relación costo:beneficio favorable, entonces se puede esperar que las fincas comerciales constituyan un tipo de repetición en el tiempo y en el espacio. Si en los

experimentos con estas repeticiones se confirman los resultados anteriores, entonces ocurre, usualmente, una adopción extensa de la nueva pastura o de la práctica mejorada. Si esta clase de experimentación sin repeticiones no confirma los hallazgos anteriores, las nuevas pasturas o prácticas probablemente no serán adoptadas, no importa el grado de control aplicado al error experimental.

En los estudios de pastoreo en sistemas de producción probablemente prevalecerán, para el sistema global, las cargas fijas (excepto para nacimientos, muertes, compras rutinarias y ventas), y a nivel de los componentes del sistema, la carga variable. Se pueden citar varios ejemplos. Con el fin de suministrar más alimento a las ovejas en su última fase de gestación, durante el invierno, Brown (1977) reservó una parte de la finca para descanso durante el otoño; de este modo aumentó la carga animal en el resto de la finca. La carga, para la finca considerada como un todo, permaneció fija, pero se tornó variable para cada uno de los dos componentes. FitzGerald (1976) aumentó de manera semejante la carga animal en un sector de la finca durante la primavera; permitió así que el otro sector descansara y obtuvo heno en pie, o ensilaje, para alimentar los animales durante el otoño. En una parte de esa finca prevaleció una carga variable mientras que para la finca, en su conjunto, la carga permaneció fija.

En otro experimento, Jones y Evans (1984) utilizaron cargas variables en pasturas de *T. repens* y *Desmodium* sp.; sin embargo, la carga permaneció fija para el sistema total. Por otro lado, es factible utilizar una carga variable en el sistema total cuando se manejen dos o más clases de ganado; por ejemplo, vacas lactantes junto con terneros y novillos para engorde.

Cuando se hace investigación para integrar pasturas o prácticas nuevas a los sistemas de producción, se podría emplear el pastoreo rotacional según lo define Hodgson (1979) siempre y cuando se considere apropiado para el sistema total, es decir, cuando se utilice rutinariamente en las fincas comerciales o cuando lo exijan la pastura o la práctica nuevas. Si el pastoreo rotacional no hace parte del sistema pero se considera indispensable para la persistencia de la pastura y, por ende, para producir un impacto en el sistema total, entonces la relación costo:beneficio debe ser extremadamente favorable para que ese sistema de pastoreo sea aceptado por los productores.

Cargas fijas o cargas variables

El uso de cargas fijas o variables en ensayos de pastoreo se ha considerado como un medio para aumentar la objetividad en la conducción de tales ensayos. Los conceptos de carga fija (Wheeler, 1962) y de carga variable

(Mott y Lucas, 1952; Blaser, et al., 1983) han sido defendidos por su objetividad.

Cuando se usa carga animal fija, el número de animales permanece constante durante la estación de pastoreo o en el período experimental de éste. Se espera que la cantidad de forraje disponible por unidad de área y por animal varíe durante la estación. Tales variaciones pueden ser mínimas, bastante grandes, o incluso excesivas, según el tipo de planta forrajera y el ambiente en que se desarrolla. Aunque el número de animales permanece constante, su normal crecimiento durante la estación aumentará, presumiblemente, la demanda de forraje. Sin embargo, a medida que avanza la estación, el consumo de forraje por unidad de peso puede disminuir debido a la inferior calidad del forraje disponible.

En el sistema de cargas animales variables se hace uso de dos categorías de ganado: los animales fijos y los animales *volantes*. Los primeros o animales de prueba, permanecen en la pastura durante la estación —o en el período experimental de pastoreo— y se utilizan para estimar el comportamiento animal en la pastura estudiada. Los animales *volantes* se colocan en la pastura cuando el forraje disponible excede los requerimientos diarios de los animales de prueba estimados por el investigador. Los animales *volantes* se trasladan a pasturas similares cuando el forraje disponible en la pastura experimental disminuye.

El uso de cargas fijas se ha citado como una manera de pastorear objetivamente los tratamientos probados en los ensayos de pastoreo. Se citan también como ventajas de este sistema las siguientes:

- los resultados de los ensayos de pastoreo con cargas fijas se aplican más directamente a nivel de la finca;
- ni la producción por animal ni la producción por unidad de área se sobrestiman, y se obtiene un producto animal compatible con los requisitos locales del mercado.

Entre las desventajas de utilizar cargas fijas se mencionan estas: pueden ocurrir fluctuaciones extremas en el forraje disponible para el pastoreo, y se pueden enmascarar diferencias potenciales entre los tratamientos (Ivins et al., 1958; Wheeler et al., 1973).

Entre las ventajas del uso de cargas variables se menciona la siguiente: el número de animales, o peso vivo, por unidad de forraje se mantiene a un nivel similar para todos los tratamientos en el ensayo de pastoreo, evitando así el sobrepastoreo o el subpastoreo. Este uso permite que la determinación de las ganancias de peso por animal, de la capacidad de carga y de la ganancia de peso por unidad de área se haga bajo condiciones de carga óptima.

Este procedimiento, sin embargo, adolece de una seria deficiencia: el término óptimo, en sí mismo, no es definitivo. La carga animal que permita la máxima o casi máxima ganancia por animal se considera, a veces, como la óptima. Con frecuencia, la carga animal que produzca la máxima ganancia, o producción por unidad de área se acepta como óptima. Por otro lado, la carga animal económicamente óptima no es, en general, ninguna de las dos anteriores: se encuentra más bien en algún punto entre ellas, siendo ocasionalmente mayor que aquélla que produce la máxima ganancia por unidad de área. Se ha planteado que, aun habiendo definido el óptimo, se asume como conocida la ración de forraje que se requiere para la carga óptima (Mott, 1984). Las evidencias disponibles hacen dudoso este supuesto (Johnstone-Wallace y Kennedy, 1944; Willoughby, 1959; Allden y Whittaker, 1970; Hodgson et al., 1971; Jamieson y Hodgson, 1979a; Jamieson y Hodgson, 1979b; Watson y Whiteman, 1981). Este problema se complica aún más por la falta de uniformidad en los métodos utilizados para determinar la cantidad de forraje disponible y por la calidad variable de este mismo forraje.

Es imposible determinar la relación entre las presiones de pastoreo o cargas y la producción animal utilizando una sola presión de pastoreo o carga animal, ya sea fija o variable. Sin embargo, como se indicó anteriormente, el conocimiento de esta relación es fundamental para evaluar, en forma apropiada, las diferencias entre las pasturas o entre los tratamientos dentro de las pasturas.

El uso de cargas animales variables, o de cargas fijas mediante un rango de cargas, se ha evaluado en dos ensayos, por lo menos. Burns et al. (1970) utilizaron *Cynodon dactylon* y hallaron menores errores en la estimación de la ganancia de peso de los novillos empleando cargas variables en vez de cargas fijas. En contraste, Marten y Jordan (1972), utilizando una mezcla de *Medicago sativa* y *Dactylis glomerata*, encontraron menores errores en la estimación de la ganancia de peso de los carneros cuando aplicaban cargas fijas; sin embargo, concluyeron que se podrían obtener resultados similares con cargas animales fijas o variables, siempre y cuando se conociera el rendimiento potencial de la pastura. Citaron, como principal desventaja de la carga fija, los recursos requeridos para obtener, antes del ensayo de pastoreo, algunos estimativos del rendimiento potencial de la pastura. Por consiguiente, si no se puede establecer adecuadamente el rendimiento potencial de una especie forrajera en estudios de parcelas pequeñas, la carga animal variable podría ser ventajosa en la fase inicial de la evaluación de los diferentes tipos de pastura sometidos a pastoreo.

Una revisión del uso de cargas animales fijas o de cargas variables (Wheeler et al., 1973) indica que en las pasturas cultivadas en las regiones húmedas templadas de Estados Unidos y de Europa, y en áreas cubiertas con pasturas de corto ciclo y no anuales, se utilizan frecuentemente cargas animales

variables. La producción de forraje en estas áreas muestra, generalmente, una variación estacional durante el tiempo de crecimiento activo mayor de la que se experimenta en regiones subtropicales o tropicales y en regiones áridas o semiáridas. La variación se intensifica, con frecuencia, por la aplicación de fertilizantes, especialmente de nitrógeno; en tales casos, las cargas animales variables serían más apropiadas.

Hay menor necesidad de utilizar cargas variables cuando la producción de forraje es relativamente uniforme a lo largo del año bien por una baja precipitación o bien por una precipitación razonablemente uniforme. En general, el uso de cargas fijas puede ser el método adecuado en los siguientes casos:

- a. La tasa de crecimiento del forraje no presenta variaciones extremas.
- b. El exceso de forraje producido puede utilizarse exitosamente in situ y su uso puede posponerse en el tiempo.
- c. La producción animal más eficiente, desde el punto de vista económico, puede ocurrir a niveles de disponibilidad de forraje inferiores a los requeridos para mantener el peso del animal, como cuando se trata de la producción de lana.

Pastoreo rotacional

El concepto de pastoreo rotacional, basado en el movimiento de ganado entre dos o más divisiones o potreros, se remonta, por lo menos, a 400 años atrás (Smith, 1956). Hacia 1800, la mayor parte de las ideas modernas relacionadas con el pastoreo rotacional ya estaban vigentes; entre ellas se destacan las siguientes:

- La rotación rápida entre muchas divisiones de la pastura.
- La aplicación de abonos orgánicos o fertilizantes, junto con el pastoreo en rotación, para aumentar los rendimientos de forraje.
- La introducción del ganado más productivo a un potrero para que sea el primero en pastorearlo, seguido por el ganado de menores requerimientos (como las vacas secas) que pastorearía el forraje residual menos nutritivo.

Entre las ventajas de la rotación se han mencionado: una mayor producción de forraje, una mayor capacidad de carga, y mejor comportamiento animal. Se puede asegurar que quienes han abogado por el pastoreo rotacional asocian el sobrepastoreo con el pastoreo continuo.

La evaluación objetiva del concepto de pastoreo rotacional se inició en la tercera década de este siglo. Primero se publicaron los resultados de un

estudio a largo plazo que comprendía experimentos de corte de una variedad estolonífera ('creeping bentgrass') realizados en Inglaterra por Woodman y asociados. Cincuenta años después, los datos disponibles sobre ensayos de pastoreo que hayan sustentado las conclusiones obtenidas, en experimentos de corte, por éstos y otros investigadores son aún escasos (Wheeler, 1962; Riewe, 1976).

Donde *M. sativa* es un componente importante de la pastura, la ventaja del pastoreo en rotación sobre el pastoreo continuo ha sido clara (Fuelleman, et al., 1948; Brundage y Petersen, 1952; Davis y Pratt, 1956; Blaser et al., 1969; Heineman, 1970). El pastoreo rotacional favorece abiertamente la supervivencia de la alfalfa en la pastura asociada. La alfalfa presenta un crecimiento erecto y es muy palatable, caracteres que facilitan su defoliación por los animales en pastoreo. En contraste, el pastoreo continuo ha favorecido la supervivencia de *Trifolium repens* así como un comportamiento animal igual o superior al obtenido con el pastoreo rotacional (Holdaway y Pratt, 1933; Ahlgren, et al., 1944; Mayton et al., 1947; Davis y Bell, 1957; Hunt et al., 1958; Riewe et al., 1959; Blaser et al., 1969; Hull et al., 1971).

En general, cuando se incluye una leguminosa en la pastura se puede esperar que el comportamiento animal sea superior con aquel sistema de pastoreo que favorezca la supervivencia y el crecimiento de la leguminosa. La relación entre la supervivencia de la leguminosa y el sistema de pastoreo varía con el tipo de aquélla, y es quizá tan importante para las leguminosas tropicales como para las leguminosas de climas templados.

En diversos estudios se ha hallado un impacto significativo de la carga animal en el comportamiento animal, independientemente del sistema de pastoreo utilizado (McElvain y Savage, 1951; McMeekan y Walsh, 1964; Riewe, 1965; Hull et al., 1967; Blaser et al., 1969). Un elemento común en estos estudios ha sido la aparición de una interacción entre la carga animal (presión de pastoreo) y el sistema de pastoreo. Con una carga animal leve o moderada, el comportamiento animal en una pastura bajo pastoreo continuo fue igual o superior al obtenido bajo rotación. Sin embargo, el pastoreo rotacional favoreció el comportamiento animal en las pasturas donde las cargas animales eran más fuertes, como se ilustra en la Figura 4.

Aunque se puede obtener un mejor comportamiento animal con cargas altas en pastoreo rotacional, en comparación con el pastoreo continuo, la producción o ganancia por animal se reduce debido al efecto de una mayor presión de pastoreo. En términos económicos, una mayor producción por unidad de área debe ponderarse frente a la disminución en la producción por animal (Riewe, 1981). Considerando también el aspecto económico, el empleo de sistemas de rotación que permitan obtener una mayor producción por unidad de área sería favorable en los casos en que los gobiernos, como política, subsidien la producción total.

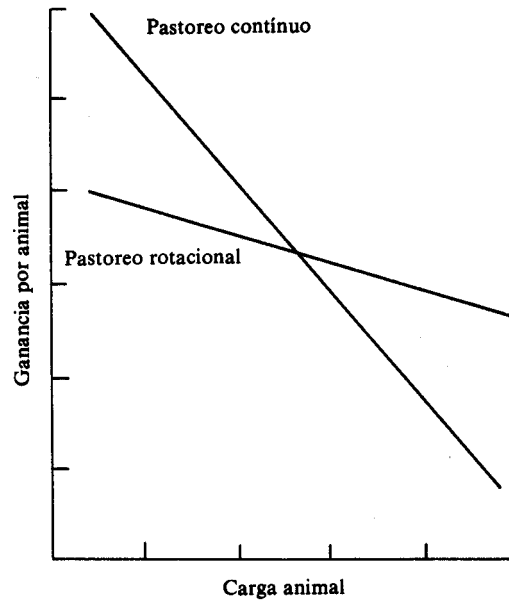


Figura 4. Las relaciones entre la ganancia por animal en la unidad de tiempo, y la carga animal (animales por unidad de área) correspondientes a dos sistemas de pastoreo, continuo y rotacional, interactúan en un punto.

A menos que una pastura soporte en forma continua un pastoreo intenso, el ganado no defolia, ni con frecuencia ni totalmente, una planta individual; lo contrario ocurriría al segar la pastura a una altura de 2 a 4 cm. Por ejemplo, Morris (1969) observó que, bajo pastoreo continuo, un área de 8 x 8 cm de *D. glomerata* fue pastoreada, en promedio, una vez cada 36 días con un índice de área foliar (IAF) de 5.3; una vez cada 24 días, con un IAF de 4.1; y una vez cada 19 días, con un IAF de 3.0. En forma similar, Hodgson (1966) observó que macollas individuales de *Lolium perenne*, pastoreado en forma continua, fueron defoliadas al cabo de 11 a 14 días con pastoreo leve, y a los 7 u 8 días con pastoreo intenso. Curl y Wilkins (1982) confirmaron más tarde estas observaciones; de ellas se desprende la siguiente conclusión: en pastoreo, tanto la frecuencia como el grado de defoliación de las plantas individuales reflejan más un efecto de la presión o de la carga animal que del sistema de pastoreo.

Pastoreo en secuencia

Una modificación del pastoreo común rotacional, ya sea basado en el tiempo de descanso de los potreros o en la disponibilidad del forraje, es el concepto de

pastoreo en secuencia, en el cual se da acceso a los potreros primero a los animales que requieran forraje de mejor calidad, y después a los animales cuyo requerimiento nutricional sea menor. Este sistema de pastoreo en secuencia se conoce también como 'pastoreo de líderes-seguidores', 'pastoreo superior e inferior' y 'primero y último pastoreo'.

En este sistema, grupos sucesivos de animales con diferentes requerimientos nutricionales pueden moverse dentro de un programa de rotación. Como ejemplos podrían mencionarse las vacas lecheras seguidas por el ganado seco, o el ganado joven seguido por vacas maduras, o los terneros lactantes seguidos por sus madres.

Según Smith (1956), Marshall sugirió el concepto de pastoreo en secuencia (líderes-seguidores) desde 1788. El valor de este sistema ha sido comprobado por el trabajo que realizaron, con vacas lecheras en lactación, Bryant et al. (1961) y Archibald et al. (1975). Por otro lado, Blaser et al. (1960) hallaron que la digestibilidad del forraje consumido por los primeros animales de las secuencias de pastoreo fue mayor que la del forraje consumido por los últimos.

En general, el mérito de este sistema depende de que los requerimientos nutricionales de los grupos de animales que integran la rotación sean considerablemente diferentes y de que el forraje disponible tenga un valor nutricional relativamente alto.

Elección del sistema de pastoreo

El pastoreo en rotación ha tenido, y tiene aún, notables seguidores sin que las razones que lo apoyan sean totalmente claras. Sin embargo, para algunos la 'sensación de tener control' parece importante. Excepto en casos específicos, la pastura es un sistema con una alta capacidad amortiguadora ('buffer'), carácter que no es fácilmente modificado por el sistema de pastoreo. Este hecho no siempre se reconoce. Hay otra razón para preferir el pastoreo rotacional: se presume que la cantidad de forraje disponible en la pastura puede estimarse más fácilmente en este sistema que en el pastoreo continuo. Esta suposición corrobora, naturalmente, la idea de que muchas personas gustan de la 'sensación de tener control'. Debe indicarse, sin embargo, que la asignación del forraje al ganado en el pastoreo rotacional no es necesariamente más correcta si la comparamos con la que se hace en el pastoreo continuo. Una última razón puede ser el efecto estético causado por el pastoreo rotacional, en el cual las pasturas están cercadas uniformemente.

La elección del sistema de pastoreo debe apoyarse más en el manejo fácil que en las posibles diferencias en productividad animal que separan un

sistema de otro. Ante todo, se debe prestar atención a la simplicidad, a la facilidad del manejo, y al mantenimiento de la productividad de la pastura.

Control de variables: problemas especiales

En un ensayo de pastoreo se considera deseable, con frecuencia, fijar en un nivel relativamente constante todas las variables que sea posible; para lograrlo, se recurre a menudo tanto a un sistema de pastoreo rotacional como a una carga variable. Sin embargo, en un ecosistema determinado en el cual la productividad de un animal depende de las interacciones secuenciales entre algunas o muchas variables, aquel control de variables puede crear problemas relativamente significativos. En los ensayos de pastoreo se espera, normalmente, la aparición de patrones de correlación puesto que los eventos observados están distribuidos ordenadamente en el tiempo. Estos eventos, por su parte, pueden ser difíciles de incluir satisfactoriamente en los modelos de ajuste de los datos, ya sean lineales o no lineales.

Forraje disponible

La situación anterior se visualiza mejor cuando se intenta relacionar la ganancia de peso de los animales con una expresión adecuada del forraje disponible para el pastoreo. La acción en que el animal consume el forraje de una pastura es una función del número de animales, del tamaño y del estado fisiológico de los animales, de su facilidad para 'cosechar' el forraje, de la tasa de digestión, y de la digestión total del forraje; estas variables están influenciadas, a su vez, por el tipo, la edad, y las características químicas y físicas del forraje disponible.

Si la carga animal es continua, la cantidad y la naturaleza del forraje presente en la pastura se hallan en un estado dinámico que sigue, por lo menos, dos direcciones como resultado de fuerzas opuestas. En la primera, los animales en pastoreo reducen la masa total del forraje. Sin embargo, todos los animales presentes en la pastura —suponiendo que todos sean iguales— tienen un interés no dividido por todo el forraje presente, es decir, no sólo por una fracción discreta del total. Ignorando, por el momento, el crecimiento del forraje, la cantidad total de éste disminuye con el pastoreo de tal manera que, con el tiempo, cada animal experimenta un interés no dividido por una menor cantidad total de forraje disponible. El animal individual no está limitado a una fracción discreta del forraje total de donde él pueda seleccionar forraje al azar, sino que tiene acceso a todo el forraje.

El pastoreo continuo puede causar una disminución persistente del forraje total disponible para el pastoreo. Sin embargo, casi simultáneamente ocurre

un fenómeno opuesto, cual es el crecimiento de la pastura que sirve para suplir nuevas existencias de forraje disponible. Si el nuevo crecimiento es igual a la tasa de remoción de forraje o la supera, el forraje disponible total puede mantenerse constante o aumentar.

La dificultad para recolectar datos suficientes y para expresar matemáticamente la dinámica de la pastura persuaden al investigador a aceptar —quizás sin otra alternativa— valores estáticos como descriptores de los atributos de la pastura. Además, debido a que se requiere un tiempo mínimo finito para medir respuestas animales importantes —como consumo o componentes del consumo, digestión, ganancia de peso, producción de leche— en función de las características de la pastura, se utilizan promedios de dichos atributos para describir la pastura. Así, para cuantificar los atributos de la pastura en el período de tiempo en cuestión se utilizan, p. ej.: el promedio del forraje disponible; el contenido, en promedio, de proteína, de fibra o de minerales; y el promedio de la digestibilidad del forraje.

No siempre se puede hacer con precisión la estimación del forraje disponible bajo pastoreo continuo; así p. ej., es difícil establecer relaciones entre la respuesta animal y el forraje disponible por unidad de área. Por ello, Spedding et al. (1966) indicaron que relaciones importantes como éstas podrían establecerse con mayor precisión mediante del uso del pastoreo rotacional.

Ración de forraje

El concepto de ración diaria de forraje, definido por Hodgson (1979) como el peso de forraje permitido por unidad de peso animal por día, se ha aplicado al estudio de la relación de la respuesta animal en términos del forraje disponible. Este concepto parece apropiado para sistemas de pastoreo rotacional en los que el forraje disponible, en los potreros individuales, se consume rápidamente en intervalos finitos de tiempo. Asimismo, el término de ración diaria de forraje parece aceptable para sistemas en que los potreros son pastoreados durante uno o dos días y se puede ignorar el crecimiento del forraje durante el período de ocupación (Greenhalgh et al., 1966; Combellas y Hodgson, 1979; LeDu et al., 1979).

Jamieson y Hodgson (1979a) hallaron que en el pastoreo en franjas (rotación diaria) de *L. perenne* el consumo de forraje disminuía sustancialmente en la medida en que decrecía la ración de forraje; y ello sin que los animales trataran de aumentar el tiempo de pastoreo. Este efecto indica, probablemente, que el comportamiento de los animales estaba condicionado para recibir diariamente una nueva ración de forraje. En un segundo estudio, Jamieson y Hodgson (1979b) observaron el consumo de forraje de *L. perenne* en pastoreo continuo y vieron que tal consumo se restringió en este sistema porque disminuyó el forraje por unidad de área. En contraste, en el pastoreo

rotacional los terneros intensificaron su tiempo de pastoreo en la medida en que se reducía el forraje disponible, resultado asociado con un menor tamaño del bocado y menor tasa de consumo. En tales condiciones, aumentar el área de la pastura a la cual los animales tienen acceso —o sea, suministrar una ración de forraje más abundante— resultaría en mayor consumo únicamente en el momento en que, al crecer las especies forrajeras en la pastura, se produjera un aumento en la disponibilidad del forraje por unidad de área. Posteriormente, Hodgson (1981) informó que en *L. perenne* el tamaño del bocado y la tasa de consumo fueron más sensibles a las variaciones en la altura del forraje en el pastoreo en franjas que en el continuo; en éste último los cambios ocurridos en la pastura fueron más lentos.

La ración de forraje se determina dividiendo la cantidad de forraje por unidad de área entre el peso vivo animal por unidad de área. Sin embargo, el mismo valor cuantitativo de ración de forraje se puede derivar de una serie de combinaciones de las dos variables. Aunque el término 'ración de forraje' aporta una medida instantánea del equilibrio entre el peso de los animales y el peso del forraje en el sistema, no dice nada sobre la dinámica del forraje o sobre el consumo esperado.

La razón de que no sea posible, en ocasiones, demostrar una correlación significativa entre la respuesta de los animales y el forraje disponible por unidad de área, sería o la ausencia de dicha correlación o que la masa de forraje no se midió con suficiente precisión. Se podría presentar una correlación significativa entre la respuesta animal y la ración de forraje únicamente en virtud de una relación significativa entre el peso vivo, o la carga animal, y la ración de forraje. Por otra parte, podría aparecer una correlación significativa entre la respuesta animal y la ración de forraje únicamente si existiera una buena relación entre esa ración, de un lado, y del otro, el forraje por unidad de área o el peso animal por unidad de área o ambos. Esta discusión ilustra el problema de la autocorrelación y, además, los hallazgos sorprendentes que hace el investigador al tratar de establecer relaciones de causa y efecto.

En los ensayos en que se ha determinado la respuesta animal a la ración de forraje, en el pastoreo en franjas, el forraje por unidad de área ha sido generalmente alto (más de 3000 kg/ha) de tal manera que la ración de forraje se ha controlado, en gran medida, por el peso de los animales. En el pastoreo continuo, en cambio, la masa de forraje disponible es una respuesta al consumo de forraje según lo determine la carga animal o el peso de los animales y, a su vez, el animal responde a la cantidad de forraje disponible o a la altura de la planta, como es de esperarse en un sistema dinámico. Puesto que la ración diaria de forraje implica una porción discreta del forraje total disponible, no describe la naturaleza dinámica de un sistema pastoreado de modo continuo.

Así pues, es esencial prestar cuidadosa atención a los patrones de correlación y al comportamiento de los animales en ensayos de pastoreo para no extraer conclusiones absurdas.

Conclusiones

La decisión de aplicar cargas fijas o variables en un ensayo de pastoreo estará determinada por los objetivos del ensayo, por la variabilidad o estacionalidad en el crecimiento del forraje, y por la duración del período de pastoreo. Se prefiere el empleo de cargas variables cuando se espera un crecimiento del forraje muy fluctuante y un período de pastoreo menor de un año, es decir, un método de pastoreo estacional. Por otro lado, las cargas fijas serán preferibles cuando el pastoreo se realice durante todo el año, cuando el crecimiento del forraje sea poco variable, y cuando su excedente se pueda conservar in situ.

El empleo de uno u otro sistema de pastoreo dependerá de los requerimientos que tengan las plantas deseables en la pastura. Por ejemplo, para que una leguminosa persista en la pastura, es posible que se requiera de un pastoreo rotacional. Si este no es el caso, es poco lo que se puede esperar del pastoreo rotacional en términos de producción animal. La simplicidad del manejo y facilidad de practicarlo son también consideraciones importantes al momento de elegir un sistema de pastoreo.

El sistema de pastoreo, o método de empleo de carga, ha suscitado en algunos ensayos la confusión del efecto de carga en producción animal con otras variables en estudio. Esto ha hecho difícil la interpretación de los resultados y ha llevado incluso a conclusiones ilógicas que, obviamente, deben evitarse.

Referencias

- Ahlgren, H.L.; Rupel, I.W.; Bohstedt, G. y Graul, E.J. 1944. Eight-years results on the effectiveness of fertilization and management in increasing the production of permanent pastures. *J. Amer. Soc. Agron.* 36:301-315.
- Allden, W.G. y Whittaker, I.A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: The interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Aust. J. Agric. Res.* 21:55-66.
- Archibald, K.A.E.; Campling, R.C. y Holmes, W. 1975. Milk production and herbage intake of dairy cows kept on a leader and follower grazing systems. *Anim. Prod.* 21:147-156.

- Arnold, G.W. y Dudzinski, M.L. 1967. Studies on the diet of grazing animals. II. The effect of physiological status in ewes and pasture availability on herbage intake. *Aust. J. Agric. Res.* 18:349-359.
- Baker, R.D.; Alvarez, F. y LeDu, Y.L.P. 1981. The effect of herbage allowance upon the herbage intake and performance of suckler cows and calves. *Grass and Forage Sci.* 36:189-199.
- Blaser, R.E.; Bryant, H.T.; Hammes Jr., R.C.; Boman, R.L.; Fotenot, J.P. y Poland, C.E. 1969. Managing forages for animal production. *Virginia Poly. Inst. Res. Div. Bulletin* 45.
- ; Johnson, J.T.; McClaugherty, F. y Fotenot, J.P. 1983. Animal production with controlled and fixed stocking and managed stocking rates. *Proc. 14th Int. Grassld. Congr.* p. 612-615.
- Brown, T.H. 1977. A comparison of continuous grazing and deferred autumn grazing of Merino ewes and lambs at 13 stocking rates. *Aust. J. Agric. Res.* 28:947-961.
- Brundage, A.L. y Petersen, W.E. 1952. A comparison between daily rotation grazing and continuous grazing. *J. Dairy Sci.* 35:623-630.
- Bryant, H.T.; Blaser, R.E.; Hammes Jr., R.C. y Hardison, W.A. 1961. Method for increased milk production with rotational grazing. *J. Dairy Sci.* 35:623-630.
- Burns, J.C.; Mochrie, R.D.; Gross, H.D.; Lucas, H.L. y Teichman, R. 1970. Comparison of set-stocked and put-and-take systems with growing heifers grazing coastal bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. Pers.). *Proc. 11th Int. Grassld. Congr.* p. 904-909.
- Campbell, A.G. 1966. Grazed pasture parameters. *J. Agric. Sci.* 67:199-221.
- Chacón, E. y Stobbs, T.H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27:709-727.
- Combellas, J. y Hodgson, J. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. I. The effect of variations in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. *Grass and Forage Sci.* 34:209-214.
- Conrad, B.E.; Holt, E.C. y Ellis, W.C. 1981. Steer performance on Coastal, Callie and other hybrid bermudagrasses. *J. Anim. Sci.* 53:1188-1192.
- Cowlishaw, S.J. 1969. The carrying capacity of pastures. *J. Br. Grassld. Soc.* 24:207-214.
- Curl, M.L. y Wilkins, R.J. 1982. Frequency and severity of defoliation of grass and clover by sheep at different stocking rates. *Grass and Forage Sci.* 37:291-297.
- Davis, R.R. y Pratt, A.D. 1956. Rotational versus continuous grazing with dairy cows. *Ohio Agric. Exp. Sta. Bulletin* 778.
- , y Bell, D.S. 1957. A comparison of bird's-foot-trefoil-bluegrass and ladino clover-bluegrass for pasture. I. Response of lambs. *Agron. J.* 49:426-440.

- Edye, L.A.; Williams, W.T. y Winter, W.H. 1978. Seasonal relations between animal gain, pasture production and stocking rate on two tropical grass-legume pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 29:103-113.
- Escuder, C.J. 1983. Relation of animal production to stocking rate on cultivated pastures in Cerrados areas of Brazil. *Proc. 14th Int. Grassld. Congr.* p. 738-740.
- FitzGerald, R.D. 1976. Effect of stocking rate, lambing time and pasture management on wool and lamb production on annual subterranean clover pasture. *Aust. J. Agric. Res.* 27:261-275.
- Forbes, T.D.A. 1983. Recent progress in forage production and utilization in Scotland. *Proc. 39th South. Pasture and Forage Crop Improv. Conf.* p. 115-124.
- Fuelleman, R.F.; Burlison, W.L. y Kammlade, W.G. 1948. Methods of management of a bromegrass-alfalfa mixture. *J. Ani. Sci.* 7:100-109.
- Greenhalgh, J.F.D.; Reid, G.W.; Aitken, J.M. y Florence, E. 1966. The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. I. Short-term effects in strip-grazed dairy cows. *J. Agric. Sci.* 86:355-365.
- Heinemann, W.W. 1970. Continuous and rotation grazing by steers on irrigated pastures. *Washington Agric. Exp. Sta. Bulletin* 724.
- Hodgson, J. 1966. Frequency of defoliation of individual tillers in a set-stocked sward. *J. Br. Grassld. Soc.* 21:258-263.
- . Tayler, J.C. y Lonsdale, C.R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves. *J. Br. Grassld. Soc.* 26:231-237.
- . 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Sci.* 34:11-18.
- . 1981. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Sci.* 36:49-57.
- Holdaway, C.W. y Pratt, A.D. 1933. Progress report of pasture fertilization at the Virginia Agricultural Experiment Station. *J. Dairy Sci.* 16:95-99.
- Hull, J.L.; Meyer, J.H. y Raguse, C.A. 1967. Rotation and continuous grazing on irrigated pastures using beef steers. *J. Anim. Sci.* 26:1160-1164.
- ; Raguse, C.A. y Hendersen, W.D. 1971. Further studies on continuous and rotational grazing of irrigated pasture by yearling beef steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 32:984-988.
- Hunt, R.E.; Kincaid, C.M. y Litton, G.W. 1958. Rotational versus continuous grazing of cattle, sheep and horses. *Virginia Agric. Exp. Sta. Bulletin* 495.
- Ivins, J.D.; Dilnot, J. y Davison, J. 1958. The interpretation of data of grassland evaluation in relation to the varying potential outputs of grassland and livestock. *J. Br. Grassld. Soc.* 13:23-28.

- Jamieson, W.W. y Hodgson, J. 1979a. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Sci.* 34:261-271.
- , y ———. 1979b. The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass and Forage Sci.* 34:273-282.
- Johnston-Wallace, D.B. y Kennedy, K. 1944. Grazing management practices and their relationship to the behaviour and grazing habits of cattle. *J. Agric. Sci.* 34:190-197.
- Jones, R.J. y Sandland, R.L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate; derivation of the relation from the results of grazing trials. *J. Agric. Sci.* 83:335-342.
- , 1981. Interpreting fixed stocking rate experiments. En: Wheeler, J.L. y Mochrie, R.D. (eds.). *Forage evaluation: Concepts and techniques.* AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia. p. 419-430.
- LeDu, Y.L.P.; Baker, R.D. y Barker, J.M. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. II. The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance. *Grass and Forage Sci.* 34:249-260.
- Lucas, H.L. 1964. Stochastic models in biological models; their sources and significance. En: Gurland, J. (ed.). *Models in medicine and biology.* Univ. Wisconsin Press, Madison, WI. E.U. p. 355-383.
- Marten, G.C. y Jordan, R.M. 1972. Put-and-take vs. fixed stocking for defining three grazing levels by lambs of alfalfa-orchardgrass. *Agron. J.* 64:69-72.
- Matches, A.G. y Mott, G.O. 1975. Estimating the parameters associated with grazing systems. En: Reid, R.L. (ed.). *Proc. 3rd World Conf. Anim. Prod.* University Press, Sidney, Australia. p. 203-208.
- Mayton, E.L.; Grimes, J.C. y Rogers, H.T. 1947. Effect of grazing management on beef gains from white clover-grass pastures in Central Alabama. *J. Amer. Soc. Agron.* 39:584-595.
- McElvain, E.H. y Savage, D.A. 1951. Eight year comparisons of continuous and rotational grazing on Southern Plains Experimental Range. *J. Range Manage.* 4:42-47.
- McMeekan, C.P. y Walske, M.J. 1964. The interrelationship of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. *J. Agric. Sci.* 61:147-163.
- Mears, P.T. y Humphreys, L.R. 1974. Nitrogen response and stocking rate of *Pennisetum clandestinum* pastures. I. Pasture nitrogen requirement and concentration, distribution of dry matter, and botanical composition. *J. Agric. Sci.* 83:451-467.
- Morris, R.M. 1969. The pattern of grazing in continuously grazed swards. *J. Br. Grassld. Soc.* 24:65-70.

- Mott, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proc. 8th Int. Grassld. Congr. p. 606-611.
- . y Lucas, H.L. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. Proc. 6th. Int. Grassld. Cong. p. 1380-1385.
- . 1984. Relationship of available forage and animal performance in tropical grazing systems. Proc. Amer. Forage and Grassld. Coun. Conf. p. 373-377.
- Peterson, R.G.; Lucas, H.L. y Mott, G.O. 1965. Relationship between rate of stocking and per acre performance on pasture. Agron. J. 57:27-30.
- Pieper, R.; Cook, W. y Harris, L.E. 1959. Effect of intensity of grazing upon nutritional content of the diet. J. Anim. Sci. 18:1031-1037.
- Riewe, M.G.; Smith, J.C.; Hold, E.C. y Jones, J.H. 1959. Systems of grazing dallisgrass-white clover pastures. Texas Agric. Exp. Sta. PR-2115.
- . 1961. Use of the relationship of stocking rate to gain of cattle in an experimental design for grazing trials. Agron. J. 53:309-313.
- . 1965. An experimental design for grazing trials using the relationship of stocking rate to animal gain. Proc. 9th Int. Grassld. Congr. p. 1507-1510.
- . 1976. Principles of grazing management. En: Grasses and legumes in Texas. Texas Agric. Exp. Sta. Research monograph 6C. p. 170-206.
- . 1981a. Expected animal response to certain grazing strategies. En: Wheeler, J.L. y Mochrie, R.D. (eds.). Forage evaluation: Concepts and techniques. AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia. p. 341-355.
- . 1981b. The economics of grazing. En: J.L. Wheeler and R.D. Mochrie (eds.). Forage evaluation: Concepts and techniques. AFGC/CSIRO, Melbourne, Australia. p. 517-526.
- Rowe, B.A. 1982. A relation between wool production per animal and annual pasture dry matter production per animal. Aust. J. Agric. Res. 33:705-709.
- Sandland, R.L. y Jones, R.J. 1975. The relation between animal gain and stocking rate in grazing trials: An examination of published theoretical models. J. Agric. Sci. 85:123-128.
- Smith, J.H. 1956. Some early advocates of rotational grazing. J. Br. Grassld. Soc. 11:199-202.
- Spedding, C.R.W.; Large, R.V. y Kydd, D.D. 1966. The evaluation of herbage species by grazing animals. Proc. 10th Int. Grassld. Congr. p. 479-483.
- Stobbs, T.H. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. Aust. J. Agric. Res. 24:809-819.
- . 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing

Setaria anceps and *Chloris gayana* at various stages of growth. Aust. J. Agric. Res. 24:821-829.

———. 1975. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture. III. Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kanzungula swards. Aust. J. Agric. Res. 26:997-1007.

Taylor, J.C. 1966. Relationship between the herbage consumed or carcass energy increment of grazing beef cattle and the quantity of herbage on offer. Proc. 10th Int. Grassld. Congr. p. 463-470.

Watson, S.E. y Whiteman, P.C. 1981. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands. II. Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. J. Agric. Sci. (Cambridge) 97:353-364.

Wheeler, J.L. 1962. Experimentation in grazing management. Herb. Abstr. 32:1-7.

———; Burns, J.C.; Mochrie, R.D. y Gross, H.D. 1973. The choice of mixed or variable stocking rates in grazing experiments. Exp. Agric. 9:289-302.

Willoughby, W.M. 1959. Limitations to animal production by season fluctuations in pasture and management procedures. Aust. J. Agric. Res. 10:248-268.