

Mediciones de la respuesta animal en ensayos de pastoreo: ganancia de peso

Oswaldo Paladines*

Resumen

La producción animal que resulta del pastoreo de una pradera es la medida más útil y más ajustada a la realidad que se puede obtener de esa pradera y es, por tanto, la mejor medida del valor de un germoplasma forrajero.

Si bien la producción animal se puede expresar como ganancia de peso, como producción de leche, o como peso de terneros destetados, para fines de evaluación y selección de germoplasma se prefiere medir la ganancia de peso por dos razones: la varianza entre animales es menor, y el manejo experimental de estos animales es más fácil. Se asume que la clasificación por categorías animales obtenida según la ganancia de peso será igual a la que se obtiene según la producción de leche o según el peso de los terneros.

La medida de la ganancia de peso depende de factores genéticos y ambientales que inciden sobre la varianza y que deben ser controlados para que ésta se reduzca a un nivel donde sea posible detectar diferencias empleando un número reducido de animales. Se tendrá cuidado de mantener uniformes la raza, el sexo, la procedencia, el peso inicial y la edad de los animales experimentales; éstos serán, de preferencia, novillos jóvenes después del destete.

Los animales recibirán una preparación preexperimental que incluya un control sanitario y se decidirá de antemano si se utilizarán estimulantes del crecimiento; en caso afirmativo, éstos se aplicarán para todos los tratamientos de germoplasma forrajero. Toda información previa que se pueda obtener

* Profesor, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

debe tenerse en cuenta cuando se distribuyan los animales en los tratamientos. En la práctica, la información previa disponible es escasa.

Se debe decidir con anticipación la metodología que se empleará durante el período experimental. Aquella comprende los siguientes aspectos: el modo como los animales se distribuirán en los tratamientos —distribución totalmente aleatoria, en bloques, o en grupos similares; la frecuencia del pesaje, que depende a su vez del modo en que se realice el pastoreo: si es continuo se recomiendan pesajes cada 28 días o según múltiplos de cuatro semanas, y si es rotacional se prefiere el tercero o cuarto día después del ingreso de los animales a un potrero o lo más cerca posible a cada lapso de 30 días; la mecánica del pesaje —con ayuno previo o sin él, en un solo día o en varios días consecutivos; la hora y la secuencia en que se hará el pesaje, que deben ser constantes.

En el transcurso de un experimento se pierden con frecuencia animales a causa de enfermedades o accidentes; otros manifiestan un comportamiento (actitud o respuesta) extraño respecto a los demás animales del experimento. Esos animales deben ser reemplazados lo antes posible y para hacerlo se mantiene un grupo de animales (3 a 5% del total) similares a los usados en la prueba. Se recomienda hacer, finalmente, los reemplazos programados después de períodos fijos de tiempo (a ser posible, cada 12 meses) y en forma simultánea para todos los tratamientos.

El animal como medida de la producción de forraje

La producción primaria de una asociación de especies forrajeras es el resultado de la interacción entre la capacidad genética de crecimiento de esas especies y el medio ambiente. Por tal razón, la evaluación —hecha por cortes en la vegetación— y la consiguiente selección del germoplasma forrajero más productivo, pretenden revelar la capacidad verdadera del germoplasma para crecer en el ambiente específico en que se realiza la investigación.

En etapas posteriores de la evaluación, cuando se integran la asociación y el animal en pastoreo, es posible seleccionar aquel germoplasma capaz de mantener su ritmo de crecimiento aun bajo la acción perturbadora del animal. En la segunda reunión de trabajo de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), Paladines y Lascano (1983) discutieron los efectos de la interacción entre el medio ambiente, el pasto, y los animales en pastoreo, e hicieron recomendaciones metodológicas para estudiarlas. La conclusión derivada por Hodgson (1981) de que el corte, como medida de producción del germoplasma forrajero no es una guía válida de su ulterior comportamiento bajo pastoreo, se acepta generalmente, a pesar de que, en ocasiones, no se haya encontrado un efecto específico del pastoreo en esa

producción (Aldrich and Elliot, 1974; Camlin and Stewart, 1975). Estos últimos casos se han referido a especies como *Lolium perenne* y *Trifolium repens* que, morfológicamente, están bien adaptados al pastoreo. Aun cuando el germoplasma sea capaz de mantener su presencia y su productividad bajo pastoreo, no garantiza que los animales consumirán la mezcla de especies forrajeras en cantidades suficientes para sostener una adecuada producción comercial. Por tanto, es necesario medir la producción animal en condiciones de pastoreo, para conocer, con relativa certeza, la capacidad de producción de las nuevas pasturas.

No es posible, con los conocimientos actuales, predecir en forma indirecta la producción animal de una pastura. El problema principal radica en la predicción del consumo animal bajo pastoreo. En algunos casos se ha encontrado correlación entre el consumo o la producción animal —o ambas variables— y la cantidad de materia verde en base seca (MVS) disponible ('t Mannetje, 1974) pero esa correlación (0.73) es aún baja para emplearla con fines de predicción. Por otro lado, cuando se correlacionó la ganancia de peso con la disponibilidad de materia seca (MS), o con el contenido de N, o con la digestibilidad de la materia verde, la relación no fue significativa.

En otros casos, el consumo de forrajes tropicales se ha correlacionado con el contenido de nitrógeno de la *dieta consumida* (Siebert y Hunter, 1977) pero el coeficiente de correlación ($r = 0.83$) no tiene valor de predicción. En el mismo trabajo, la correlación entre el consumo y la digestibilidad de la materia orgánica y entre el consumo y el contenido de la pared celular del forraje fue aún más baja. La correlación entre el consumo de materia orgánica digerible (MOD) y el contenido de N de la dieta consumida ($r = 0.95$) mejoró sensiblemente; Siebert y Hunter (1977) derivaron incluso ecuaciones para predecir la ganancia de peso por día de los novillos partiendo del contenido de N de la dieta ($r = 0.99$). Los valores obtenidos indican la activa participación del N en los procesos que limitan el consumo de las especies forrajeras en el trópico, y son válidos para las praderas de gramínea pura y de gramínea más leguminosa. Desde el punto de vista práctico, y aunque estos datos pudieran generalizarse, no desaparecería la necesidad de obtener muestras del forraje consumido para predecir el consumo o la ganancia de peso, o ambas variables, ya que la correlación entre ganancia de peso y contenido de N del *forraje disponible*, dentro de ciertos límites, no es alta ('t Mannetje, 1974).

Las mediciones de la capacidad productiva de las pasturas tomadas en el animal deben hacerse bajo condiciones tan cercanas como sea posible a aquéllas en que las pasturas serán utilizadas. La selección de la especie y del tipo de animal que debe emplearse es, por ello, importante. Si la pastura se dedica a la producción de leche, deben emplearse vacas lecheras en producción; si la pastura se usa para ganado de carne, será necesario emplear vacas de cría ('t Mannetje et al., 1976).

Algunos autores como Morley y Spedding (1968) opinan que el diseño de las pruebas de pastoreo no sólo debe considerar el tipo de ganado que se utilizará sino también el sistema de producción prevalente en la región. Esta indicación es válida puesto que una misma pradera puede emplearse para muchos propósitos y en muchas combinaciones en un mismo predio, pero se debe reconocer que será imposible probar la nueva pastura en todos los sistemas de producción. Se sugiere, por tanto, que en las pruebas de pastoreo se considere el sistema de producción dentro de un contexto general, teniendo en cuenta sus componentes más importantes (p. ej., lechería, cría, engorde, pradera suplementaria); aunque así se hiciera, al evaluar el germoplasma con un criterio comparativo, como ocurre en las pruebas regionales, es necesario considerar más de dos mezclas o combinaciones de germoplasma forrajero que exigen, por su número, el diseño de experimentos simples y fáciles de establecer y de manejar. En estos casos parece lógico el uso de un tipo de animal fácil de uniformar y de manejar durante la prueba. No sin razón, la gran mayoría de los experimentos de pastoreo han empleado novillos jóvenes en la etapa de crecimiento activo.

El autor no conoce ningún experimento en que se hayan evaluado pasturas con novillos y vacas lecheras simultáneamente, y que permita determinar las interacciones *tipo de animal x germoplasma forrajero*. Sin embargo, parece verosímil esperar que el grado de productividad de las pasturas sea igual para ambos tipos de animales. Hay que recordar, además, que en la práctica ganadera los resultados obtenidos con una pastura mejorada no reflejan necesariamente los obtenidos bajo condiciones experimentales y que, por tanto, estos últimos se deben emplear sólo como una guía útil del *potencial* de producción de una nueva especie o de una mezcla de especies.

Fuentes de variación en el comportamiento animal

En toda población animal, tanto la genética como el ambiente son fuentes de variación que influyen en la capacidad de crecer o de producir de los animales. La genética da como resultado la capacidad de producir que los individuos han heredado, mientras que el ambiente es el resultado de las condiciones climáticas o de las prácticas de manejo a que está sujeto el animal durante su edad productiva. Para el ganado de climas tropicales es muy importante la capacidad heredada por los individuos de adaptarse al medio cálido y húmedo. Parecería que las capacidades heredadas tanto para producir como para adaptarse al medio ambiente trabajaran en direcciones opuestas porque no es posible obtener individuos que sean, al mismo tiempo, altamente productivos y altamente resistentes a las condiciones de un ambiente adverso (Vercoe y Frisch, 1981). La acción peculiar y combinada del genotipo y el

medio se denomina 'interacción genéticoambiental', es decir, un animal no tendrá la misma ubicación, relativamente, en la escala de producción que sus congéneres situados en ambientes diversos.

Variación genética

Desde el punto de vista de los ensayos de pastoreo, lo más importante es utilizar animales cuya capacidad genética para producir sea uniforme, cualidad que permitiría minimizar la varianza de los parámetros de producción que deben medirse. Conviene también seleccionar grupos de animales que posean una capacidad genética de producción elevada para que las diferencias que puedan ocurrir entre los tratamientos sean fácilmente detectables.

Comparando las razas y sus cruces, Frisch y Vercoe (1977) encontraron que las diferencias en ganancia de peso correlacionaban estrechamente con el consumo de forraje; además, el consumo de forraje fue mayor en las razas europeas cuando los animales permanecieron en un ambiente libre de estrés climático o sanitario. Sin embargo, en el clima tropical del Norte de Queensland (Australia) la distribución de la ganancia de peso resultó diferente para las razas y sus cruces, con ventajas comparativas, en este caso, para los cruces de ganado europeo con Brahman (Vercoe y Frisch, 1981). La diferencia en el comportamiento de las razas en los dos ambientes se relacionó con la presencia de los siguientes limitantes del crecimiento de los animales: garrapatas, parásitos internos, calor, fluctuaciones en la nutrición, y querato-conjuntivitis (Frisch, 1976); todos ellos predominan en las condiciones de pastoreo del trópico.

En suma, aun si las razas europeas y las razas índicas se comportaran de igual manera en condiciones de medio ambiente controlado (Preston y Willis, 1970; Frisch y Vercoe, 1977), se ha demostrado muy bien que en condiciones de pastoreo en el trópico (ambiente no controlado) el ganado índico y sus cruces con ganado europeo exhiben un mejor comportamiento productivo. Esta superioridad se manifiesta, además, en la predominancia de estos animales en el trópico.

La solución práctica al interrogante sobre el tipo o raza de ganado que se empleará en las pruebas de pastoreo es ésta: utilizar los animales que predominen en la zona. Conviene recordar, además, que el énfasis, en estas pruebas de pastoreo, recae en la comparación del rendimiento animal obtenido en una u otra pastura experimental; es entonces necesario emplear animales con un potencial genético de producción suficiente para detectar diferencias entre las pasturas ('t Mannetje et al., 1976).

Es necesario también tener en mente que con estas pruebas de pastoreo se pretende, de un lado, cuantificar la producción potencial de la nueva pastura

con la intención de extrapolar resultados, y de otro, determinar *ex ante* la factibilidad de su uso (Paladines, 1983). Por ello, si en la prueba se emplean animales de capacidad de producción muy superior a la de los locales, la productividad estimada de la pastura, dentro de los sistemas de producción, puede ser errónea. Esta situación se comprobó en un experimento de pastoreo en que se usaron animales comerciales del cruce cebú x criollo y un cruce de cebú x Charolais (1/2 sangre); los resultados se presentan en el Cuadro 1. La ventaja de emplear el ganado cruzado con Charolais consistió en un incremento de 45%, en promedio, en la ganancia de peso/ha, el cual elevó la rentabilidad potencial de la fertilización nitrogenada desde un 12%, con cebú comercial, a un 31% con Charolais x cebú (CIAT, 1973).

Cuadro 1. Ganancia de peso del ganado cebú comercial y de los cruces de Charolais x cebú, pastoreados en pasto pangola.

Nivel de nitrógeno aplicado (kg/ha por año)	Ganancia de peso (kg/día) por animal:		Ganancia de peso (kg/año) por ha en animal:		Ventaja (%) del animal cruzado
	Comercial	Cruzado	Comercial	Cruzado	
168	0.390	0.570	692	1030	46
332	0.379	0.638	793	1352	70
500	0.375	0.507	910	1237	36
672	0.367	0.473	998	1283	29

Fuente: CIAT, 1973.

Variación ambiental

El efecto cuantitativo global del ambiente en la ganancia de peso de los vacunos equivale, aproximadamente, al efecto genético, como se aprecia en los coeficientes de heredabilidad para la ganancia de peso que fluctúan alrededor de 0.5. La obra de Preston y Willis (1970) contiene una revisión completa de los efectos genéticos y ambientales en las características productivas de los vacunos para carne. El efecto del ambiente en la ganancia de peso después del destete de los animales se manifiesta a través de las correlaciones encontradas entre el comportamiento animal antes del destete y después de él. En general, las correlaciones del ambiente con el peso al nacimiento y el peso al destete son bajas; no obstante, en algunos casos las correlaciones entre el ambiente y la ganancia de peso antes del destete han sido negativas, un indicio del efecto de ganancia compensatoria.

Medida de la ganancia de peso

Tipo de animal

Es útil replantear las razones que justifican el empleo de un tipo determinado de animal en las pruebas de pastoreo. Se menciona, como la base de discusión más amplia, la opinión emitida por Morley y Spedding (1968) y que ha sido luego apoyada por muchos otros investigadores (Wiloughby, 1971; Hodgson, 1981; Gardner, 1983). Aquellos dos autores afirman que las pruebas de pastoreo deben diseñarse en consonancia con el sistema de producción al cual se aplicará más tarde el resultado de ellas. La primera decisión es obvia: seleccionar los animales que correspondan al sistema.

Al comparar nuevas pasturas, se debe hacer énfasis en la selección de las especies que presenten las mejores características de productividad en el tiempo (persistencia). Para lograr este objetivo con el mayor grado de precisión, se debe usar un tipo de animal fisiológicamente activo y sensible a los cambios cuantitativos y cualitativos del alimento disponible. El animal que cumple mejor con este requisito es la **vaca lechera** en producción; su empleo se discutirá en otra sección de este manual.

El **animal joven** en crecimiento activo y durante la época posterior al destete, es el segundo animal más sensible porque en esta etapa de su vida obtiene una ganancia de peso importante en un período de tiempo corto (Grassland Research Institute, 1961). El investigador puede decidir que el experimento emplee otro tipo de animal, p. ej., la vaca de cría con su ternero, cuando el sistema de producción imperante en la región así lo requiera. Esta decisión es correcta porque la información cuantitativa obtenida tendrá mayor y más directa aplicación al problema de la ganancia de peso. Sin embargo, en el momento de diseñar el experimento, el investigador deberá recordar que la sensibilidad para medir las diferencias entre un tratamiento y otro es menor en un sistema de cría (vaca y ternero) que en un sistema de crecimiento de novillos (recría) y que, además, en aquél aumenta la complejidad física y estadística de la prueba (Burns et al., 1983).

El diseño de experimentos con vacas de cría es, físicamente, más complejo, porque se debe tomar en consideración el servicio (monta o inseminación artificial) de las vacas, el cual debe hacerse de tal manera que el procedimiento que se emplee no modifique los resultados. Esto quiere decir que cada uno de los potreros del experimento deberá recibir el mismo número de toros o de inseminaciones —o de unos y otras— durante un período de servicio de igual duración, para que se ofrezca, en todos los tratamientos, la misma oportunidad de concepción. La distribución equitativa de los toros no es fácil ya que la fertilidad y la agresividad reproductiva del macho puede influir en el resul-

tado de la prueba. La inseminación artificial es una alternativa que da buen resultado si cumple dos condiciones:

- garantizar el uso del mismo inseminador; y
- detectar el celo en las hembras de manera eficiente y efectiva.

Detectar celo en el ganado de cría no es fácil y requiere de toros especialmente preparados.

Estadísticamente, la prueba con vacas de cría se hace más compleja por las siguientes razones:

- Aumenta la variabilidad, dado que a la varianza asociada con la ganancia de peso de los terneros se agrega aquella asociada con los cambios (ganancia y pérdida) de peso de las vacas.
- La varianza de la eficiencia reproductiva de un grupo de vacas, en un potrero determinado, es la suma de los efectos de las vacas, así como del servicio y de la pastura.

El nivel de alimentación de las vacas durante el período comprendido entre el parto y el servicio influye en la eficiencia reproductiva, una prueba más de que la pastura puede tener influencia en la reproducción (Wiltbank et al., 1962; Wiltbank et al., 1964).

Una consideración final respecto al uso de vacas de cría: el tamaño del experimento debe aumentar, por lo menos, al doble del que tendría un experimento con animales para recría porque se debe alimentar la vaca y además el ternero, y porque la varianza se eleva pues se requiere un mayor número de animales para obtener igual precisión. En las siguientes secciones se hará referencia solamente a las pruebas de pastoreo con animales en recría.

Selección de los animales para los experimentos

Una vez elegido el tipo de animal que se utilizará, se escogen los animales. En la práctica, sobre todo en áreas relativamente aisladas de los centros comerciales de ganado, el investigador no cuenta con muchas alternativas para conseguir los animales experimentales y debe aceptar los que se hallan disponibles en la estación experimental o en la zona del ensayo. En tal caso, la selección previa de los animales y la correcta distribución de éstos en los tratamientos será una tarea mucho más importante. Los factores, pues, de mayor importancia en la selección de los animales experimentales son cuatro: la raza, el sexo, la procedencia, y el peso o la edad.

Raza

La primera decisión —y la más lógica— del investigador es escoger la raza de ganado que mejor se adapte al ambiente en el cual se realizarán las pruebas.

En el trópico se acepta que, por lo menos en condiciones de pastoreo, el ganado cebú y sus cruces con el ganado criollo o europeo obtienen mayor ganancia de peso después del destete que las razas puras de ganado criollo, europeo, o cebú (Hernández, 1978; Bailon et al., 1977; Bauer et al., 1981; Verde et al., 1981; Plasse, 1983). El investigador debería, por tanto, tener en cuenta estos efectos de las razas y de sus cruces para la conformación homogénea de los grupos de animales. Lo ideal sería escoger todos los animales de una misma raza o de un cruce de ascendencia conocida.

El investigador puede desear más de una raza o cruce de ganado en un experimento, o podría verse forzado a utilizarlas; ahora bien, con más de una raza aumentaría la varianza de la prueba y esto disminuiría su precisión. En tales casos la decisión correcta sería:

- aumentar el número de animales por tratamiento; y
- distribuir cada raza uniformemente entre los tratamientos.

Sexo

En una etapa de recría hay tres grupos sexuales que se pueden considerar: novillas, toretes y novillos. Para un programa de selección y evaluación de especies forrajeras, en cambio, una política acertada es mantener el mismo sexo de los animales en todas las pruebas a lo largo del tiempo. Esta uniformidad permitirá luego establecer comparaciones —aunque no siempre estadísticas— entre las pasturas, sobre todo cuando se ha conservado una especie forrajera, o una mezcla de ellas, como control permanente.

Disponer de animales de un mismo sexo en el tiempo será, entonces, el primer criterio de selección; este criterio correlaciona bien, generalmente, con el sistema de producción prevalente en una región. Las novillas, conviene recordarlo, tienen una tasa de crecimiento menor que los novillos; y la de éstos, a su vez, es menor que la de los toretes.

Procedencia

Animales de diferente procedencia pueden exhibir un comportamiento variable (Mott y Miles, 1947). Las diferencias en la ganancia de peso de los animales jóvenes de diversa procedencia representan la sumatoria de los efectos genéticos y de aquéllos debidos al manejo animal. Dentro de un área determinada, el efecto cuantitativo de las diferencias causadas por el manejo será mucho mayor que el de las diferencias genéticas; aquéllas son importantes en el crecimiento ulterior de los novillos por dos razones:

- a. Cuando el animal joven ha recibido un nivel insuficiente de alimento hasta el punto de experimentar efectos perdurables, su capacidad de crecimiento se reducirá (Bohman, 1955) y así no podrá expresar el verdadero potencial de la pastura.

- b. Cuando la restricción alimentaria ha sido transitoria, es decir, se ha obtenido una ganancia de peso menor pero no existe una restricción permanente, el animal obtendrá una *ganancia compensatoria* al ingresar a la pastura experimental, y creará una imagen falsa del potencial de producción de ésta (CIAT, 1977; Paladines y Leal, 1979).

En la práctica, sólo se dispondrá de información previa sobre los animales de las pruebas de pastoreo cuando se escojan aquéllos producidos en la propia institución o en fincas con un nivel tecnológico muy alto que llevan registros; en estos casos, los animales no habrán sufrido, con seguridad, restricciones alimentarias serias. Cuando no hay efectos nutricionales permanentes, el peso del animal al nacimiento, su ganancia de peso anterior al destete, o su peso al destete no ejercen ningún efecto en la ganancia de peso en la recría (Matches, 1969).

En todos los sistemas de producción de ganado de cría hay un período de escasez transitoria del forraje que coincide con la época de invierno en los climas templados y con la época de baja precipitación pluvial en el trópico. El efecto fisiológico de la ganancia compensatoria eleva el crecimiento inmediatamente posterior al período de restricción, lográndose recuperar durante este tiempo entre el 60 y el 80% del peso que no fue ganado en la época crítica (Paladines y Leal, 1979). Si los animales experimentales ingresan a la prueba de pastoreo al comienzo de la época de lluvias, obtendrán una ganancia compensatoria que no corresponderá al verdadero potencial de la pastura e introducirá una fuente adicional de error en las medidas de producción. Es recomendable comenzar el período de pastoreo en la época seca — es decir, de restricción de forrajes— y terminarlo al final de la época de lluvias; de este modo, la pastura habrá podido demostrar su capacidad para la producción animal durante la época seca y para el mantenimiento de esa producción en la época de lluvias que sigue a aquélla, aun cuando ocurriera la ganancia compensatoria.

Peso o edad

El peso y la edad de los animales en crecimiento, en una población uniforme, se hallan correlacionados. En animales de origen desconocido, sin embargo, esta afirmación no siempre es verdadera porque dependerá del plano alimenticio en el cual aquéllos se hayan desarrollado. Para las pruebas de pastoreo que utilicen la ganancia de peso como parámetro de respuesta, la edad más adecuada del ganado cebú y de sus cruces es el período posterior al destete, que se extiende hasta el momento en que el animal alcanza los 400 kg de peso.

El peso al destete fluctúa comúnmente entre los 90 y 120 kg (Plasse, 1983) de tal manera que el animal puede lograr una ganancia de 250 a 300 kg en el período experimental sin que sobrepase la etapa de crecimiento acelerado.

Dentro de este rango, el peso y la edad iniciales de los animales no influyen en las ganancias de peso obtenidas más tarde (Kincaid et al., 1945; Mott y Miles, 1947; Lynd et al., 1956; Matches, 1969) de tal manera que los grupos experimentales pueden ser distribuidos en forma aleatoria. Una práctica común, que tiende a minimizar las diferencias de manejo ocurridas antes de un experimento, es la conformación de grupos de animales según su peso para sacar más tarde al azar, de cada grupo, los animales que se distribuirán en los tratamientos.

Manejo anterior al período experimental

Información previa útil

La información preliminar de mayor utilidad es la *raza* (y los cruces presentes) y el nivel previo de *alimentación* ya que, como se discutió anteriormente, ambos factores influyen significativamente en la ganancia de peso de los animales en pastoreo. Esta información no se puede utilizar como covariable en el análisis estadístico porque no se refiere a variables continuas, pero sirve para formar grupos homogéneos dentro de cada clase.

Información obtenida en el campo experimental

En la estación experimental, una vez reunidos los animales, se pueden observar dos características del animal: la *edad bucal*, según el desgaste de los dientes, y el *estado sanitario* del ganado. El desgaste de los dientes sirve para eliminar del grupo de animales aquéllos muy adentrados en la edad adulta. El contacto con los animales durante algunas semanas antes de iniciar el pastoreo y el manejo que ellos reciben en el corral y en la báscula permiten observar detenidamente a cada individuo y saber si son muy nerviosos y si están libres de parásitos e infecciones externas.

Un período de pastoreo anterior al experimento (preexperimental) en condiciones uniformes para todos los animales sería, como se ha sugerido, una buena medida para detectar el potencial de producción de los animales y para establecer, con los datos de ganancia de peso, una covariable que se pueda utilizar al final de la prueba de pastoreo. Sin embargo, no se ha encontrado una buena correlación entre las ganancias de peso anterior y posterior al experimento (Matches, 1969); esto se debe, seguramente, a que los animales, durante el período preliminar, están aún influidos por el efecto del tratamiento previo.

Preparación preexperimental

Manejo sanitario. Antes de distribuir los animales en los potreros experimentales se deben aplicar las prácticas sanitarias que aseguren la inmunidad de esos animales a las enfermedades y plagas del ganado comunes en la

región. Aparte de las vacunas de uso convencional en esa región, conviene tratar el ganado con antiparasitarios internos antes de que ingrese a los potreros y repetir la dosis 21 días más tarde. Los parásitos internos ejercen un marcado efecto en la ganancia de peso de los animales de origen europeo, pero relativamente pequeño en los animales de raza cebú y en sus cruces en la etapa de crecimiento posterior al destete (Turner y Short, 1972). La aplicación inicial del tratamiento antiparasitario será suficiente para los animales cebú o sus cruces, hasta cuando sean retirados del experimento; a los animales europeos, en cambio, se les deben repetir periódicamente los tratamientos contra los parásitos internos y externos, teniendo en cuenta los exámenes de laboratorio y las revisiones hechas al animal, ya que este ganado es mucho más sensible que el cebú. Se recomienda establecer un programa riguroso de baños antigarrapaticidas —aunque los parásitos no afecten la ganancia de peso de los animales— para evitar que las praderas se infesten indebidamente.

Estimulantes del crecimiento. Hay en el mercado una variedad de productos químicos que estimulan el crecimiento de los animales en pastoreo. En la actualidad, un alto porcentaje de animales recibe, durante el tiempo de su engorde, alguno de estos estimulantes. En las pruebas de pastoreo destinadas a comparar pasturas no es conveniente emplear estimulantes. No se han demostrado aún interacciones específicas entre el tipo de la pastura y el efecto estimulante de las drogas; no obstante, los estimulantes pueden acrecentar las diferencias que ocurran entre un tratamiento y otro porque —se sabe ya— estas drogas ejercen un efecto positivo solamente cuando el nivel de alimentación del ganado es alto.

En ciertos casos en que se considere útil el estudio de los estimulantes del crecimiento, el investigador puede implantar un grupo del ganado de cada tratamiento con el estimulante y dejar el otro grupo como control: así estudiará el efecto del implante y de la interacción pastura x estimulante del crecimiento. Esta nueva variable experimental aumenta, obviamente, la varianza total y reduce el número de grados de libertad del error; en consecuencia, se pierde sensibilidad en la prueba estadística. Para contrarrestar esta dificultad, se debe aumentar el número de animales en cada potrero.

Manejo del ganado en el período experimental

Repeticiones por tratamiento

Cuando se emplean animales para medir la productividad de una pastura, la ganancia de peso obtenida, por animal y por hectárea, incluye dos componentes de la varianza.

- a. La varianza debida a la cantidad y a la calidad del forraje de la pastura.

- b. La varianza debida a las diferencias individuales de producción entre animales (Mott y Lucas, 1952; Petersen y Lucas, 1960).

Para controlar la varianza en la producción y en la calidad del forraje de la pastura se diseñan repeticiones de campo, es decir, más de un potrero (repetición) para cada tratamiento; la varianza debida a los animales, en cambio, se reduce aumentando su número en cada potrero. La verdadera diferencia entre uno y otro caso es que el aumento en el número de potreros es una auténtica repetición estadística, en tanto que un mayor número de animales por potrero no equivale a un aumento de las repeticiones. Se incrementa el número de animales que pastorean una repetición (un potrero) para asegurar que la medida de la producción de esa repetición ha sido realizada con la debida precisión.

La estimación del error (varianza residual) presente en la medida de la ganancia diaria de peso, en promedio, de los animales que pastorean un potrero se puede hacer empleando la ecuación propuesta por Petersen y Lucas (1960); ésta considera, como componentes de esa varianza, la duración del período de pastoreo, t , el número de individuos que pastorearon el potrero durante el período t , a , y el número de animales-día de ocupación del potrero, d . La ecuación, que se define como el coeficiente de variación de la ganancia diaria de peso por animal (CV_{GPD}) en porcentaje, se expresa así:

$$CV_{GPD} = \frac{(157.2)^2}{t} + \frac{(17.3)^2}{a} + \frac{(225.4)^2}{d} \quad (1)$$

La ecuación (1) fue desarrollada partiendo de un amplio número de experimentos de pastoreo realizados en el sureste y oeste medio de los Estados Unidos, por lo cual la información cuantitativa que genere podría perder relevancia en otras zonas ecológicas; permite, no obstante, esa ecuación determinar el efecto relativo obtenido al variar el número de animales y la duración de las pruebas. En el Cuadro 2 se presentan, estimados mediante esta ecuación, datos cuyo CV disminuye al aumentar la duración del pastoreo y el número de animales por potrero. El incremento en la precisión de la estimación es muy alto cuando los animales por potrero varían de uno a tres y cuando el período de pastoreo aumenta de 28 a 84 días; sin embargo, el error no se reduce suficientemente sino hasta el punto en que se emplean de tres a cinco animales durante un período de 168 días, por lo menos.

Pepper y Mayer (1982) calcularon la probabilidad de detectar diferencias entre los tratamientos de pastoreo en una pradera natural en Queensland partiendo del número tanto de animales por potrero como de repeticiones de campo. El Cuadro 3 reproduce esos resultados. Se observa que la probabilidad dicha aumenta más cuando crece el número de repeticiones de campo que cuando se incrementa el número de animales. Esta tendencia sugiere, pues,

Cuadro 2. Coeficientes de variación (CV) de la ganancia de peso diaria por potrero según el número de animales y la duración de la prueba de pastoreo, estimados con la ecuación de Petersen y Lucas (1960).

Animales (no.)	Coeficiente de variación (%) en prueba que dure:				
	28 días	84 días	168 días	224 días	365 días
1	54.7	34.6	27.4	25.2	21.2
3	39.8	24.4	18.6	16.9	14.6
5	36.1	21.8	16.4	14.7	12.5
7	34.0	20.6	15.3	13.6	14.4
9	33.4	19.9	14.6	13.5	10.8

Cuadro 3. Diferencias verdaderas detectadas como significativas entre medias de tratamientos según una probabilidad de $P \leq 0.05$.

Animales por potrero (no.)	Potreros por tratamiento (no.)	Diferencias detectadas como ganancias de peso (kg/animal por día) en:					
		Queensland del Norte ^a			Queensland Central		
		$P \leq 0.1$	$P \leq 0.15$	$P \leq 0.20$	$P \leq 0.1$	$P \leq 0.15$	$P \leq 0.20$
5	2	33	61	83	22	42	64
	3	54	87	98	38	68	90
	4	69	95	99	49	82	97
10	2	42	73	92	25	47	69
	3	67	94	99	42	74	92
	4	81	98	99.9	54	87	98

a. En época de lluvias.

FUENTE: Pepper y Mayer, 1982.

que es preferible diseñar experimentos de pastoreo con muchos potreros pequeños, por tratamiento, que con pocos potreros de mayor tamaño (Christian y Shaw, 1952; Yates et al., 1964). Cuando el experimento contempla áreas pequeñas con un solo animal, los potreros deben estar dispuestos de tal manera que los animales puedan verse unos a otros desde cualquier punto; de lo contrario, su comportamiento será aberrante (t Mannetje et al., 1976).

De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 3, para medir diferencias del 20% entre tratamientos, y con 90% de confianza, se requerirían 3 repeticiones y 5 animales en cada potrero. En la práctica, el costo de

estos experimentos es alto y difícilmente se podrían establecer más de tres repeticiones. Haydock (1982) sugiere la posibilidad de usar la ganancia de peso de los animales de un potrero para estimar la varianza residual en el análisis estadístico de los experimentos de pastoreo que no tienen repeticiones de campo; no importarían, en este caso, la ausencia de una estimación del error debido a los potreros ni el hecho de que la varianza atribuida a los animales esté confundida con el tratamiento. Este análisis evita que la extrapolación de los resultados sea riesgosa e imprecisa. Cuando se ha empleado este diseño, la confiabilidad de los resultados ha derivado tanto de las profundas diferencias halladas entre los tratamientos como de la larga duración de la prueba, y los resultados han sido consistentes año tras año (Shaw y 't Mannetje, 1970; Paladines y Leal, 1979).

Manejo y trato de los animales

El trato dado al ganado en los experimentos de pastoreo debe sujetarse a las normas de comportamiento técnico y 'humanitario' prescritas para el manejo de los hatos comerciales.

Cualquier estímulo externo que cause perturbación o estrés al ganado puede acarrear un comportamiento productivo inferior. Esta generalización es válida a pesar de que los mecanismos exactos del estrés y del 'acostumbramiento' no han sido aún plenamente aclarados (Dantzer y Mormede, 1983). Gardner y Centeno (1966) encontraron indicaciones de alteración en el comportamiento de los corderos de un experimento de pastoreo por causa del tráfico contiguo a la finca. En otros casos, el estrés producido por la competencia de espacio en las vacas lecheras, si bien provocó síntomas hormonales de estrés, no disminuyó la producción (Friend et al., 1979). En estudios de laboratorio que emplearon ratas como modelo para demostrar los efectos del estrés que produce la competencia por el alimento, se registraron efectos significativos en los niveles de la glucosa circulante en la sangre y en la velocidad de crecimiento de las ratas.¹

El manejo de los animales debe ser pausado, silencioso y sereno. La excitación manifestada por el personal que maneja el ganado se comunicará enseguida a los animales. No se deben usar lazos, látigos, ni picanas (mecánicas o eléctricas). No se debe gritar ni correr, y si es preciso usar caballos para el manejo del ganado, conviene hacerlo rutinariamente. Este manejo sereno garantizará un comportamiento dócil de los animales. Para hacer factible un buen manejo del ganado, es preciso disponer de un corral suficientemente amplio y de construcción firme, con balanza, y con un brete resistente que permita inmovilizar los animales sin lastimarlos.

1. Paladines, O., resultados no publicados.

Distribución de los animales

Algunos aspectos de la distribución de los animales en los tratamientos experimentales fueron mencionados en secciones anteriores. Hay además dos formas generales de distribución: totalmente aleatoria y por grupos.

La distribución *totalmente aleatoria* presupone la existencia de un grupo uniforme de animales por tipo, raza, sexo y procedencia. Se prescinde del tipo porque se espera que las pruebas, en la mayoría de los casos, emplearán animales en crecimiento. La raza es un factor importante e influye en forma significativa en la respuesta animal; el sexo causa también un efecto cuantitativo en esa respuesta, y la procedencia del animal afecta su ganancia de peso por razones genéticas y de manejo. La edad o el peso de los animales al iniciar la prueba —o ambas variables— mantenidas dentro de los límites del crecimiento activo, o sea, con 100 a 400 kg de peso vivo, no han ejercido ningún efecto en la ganancia de peso obtenida más tarde (Mott y Miles, 1947; Kincaid et al., 1945; Lynd et al., 1956; Matches, 1969).

Se recomienda que la distribución de los animales se haga *por grupos* tomando en cuenta solamente el peso inicial del ganado, con tal que se disponga de un lote de animales totalmente uniforme respecto al tipo, la raza, el sexo y la procedencia. Aunque, como se dijo anteriormente, el peso inicial no influye sobre la *ganancia de peso* obtenida luego, las diferencias en el peso, en promedio, de los tratamientos ocasionan, a su vez, diferencias en la *intensidad de pastoreo* de los tratamientos y estas últimas influirán sobre la cantidad de forraje consumido diariamente por unidad de superficie; este consumo, que será variable, creará, finalmente, diferencias en la ganancia de peso por hectárea. Es conveniente que el peso promedio de los animales que pastorean los diversos tratamientos sea igual, resultado que se logra formando grupos de peso semejante y, como ya se dijo, distribuyendo luego un número igual de animales de cada grupo en cada uno de los tratamientos.

Frecuencia del pesaje

El peso de los animales cumple dos propósitos en las pruebas de pastoreo. El primero, y el más importante, es el de representar una *medida de la respuesta* de las pasturas experimentales. Esa respuesta se expresa como ganancia de peso por hectárea en un período determinado de tiempo y se mide como la diferencia de peso de los animales al inicio y al final de un período definido de pastoreo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$GPH_n = \frac{PF - PI}{s} \quad (2)$$

donde:

GPH_n = ganancia de peso por ha, en el período de tiempo n .

n	=	período de pastoreo, en días.
PF	=	peso final del animal, en kg.
PI	=	peso inicial del animal, en kg.
S	=	superficie del potrero, en ha.

Con esta información básica se pueden calcular otros parámetros de la productividad de la pastura, como se explica enseguida:

- La ganancia de peso por animal que se calcula como:

$$GPA_n = \frac{GPA_n}{A} \quad (3)$$

donde:

GPA_n = ganancia de peso por animal, en el período de tiempo n

A = número de animales en el potrero.

- La ganancia por animal y por día que se expresa así:

$$GPA_d = \frac{GPA_n}{n} \quad (4)$$

donde:

GPA_d = ganancia de peso diaria por animal.

- La ganancia de peso por ha y por día que se expresa así:

$$GPH_d = \frac{GPH_n}{n} \quad (5)$$

donde:

GPH_d = ganancia de peso por ha y por día.

Para los cálculos anteriores bastarán los pesos inicial y final de los animales. Se acostumbra, sin embargo, pesarlos periódicamente para cumplir el segundo propósito el cual, a su vez, consta de dos objetivos. En las pruebas que aplican una carga fija durante el período de pastoreo, los pesajes intermedios —o sea, periódicos entre el inicial y el final— cumplen, esencialmente, un objetivo de *control*, es decir, aseguran que cada uno de los animales se encuentra sano y sin perturbaciones físicas que le impidan desarrollarse normalmente. En las pruebas de pastoreo se prefiere hacer esos pesajes según períodos fijos que pueden ser quincenales, mensuales o bimensuales; cualquier período es adecuado si permite detectar a tiempo los problemas que padezca el ganado. En la práctica, la mayoría de los investigadores pesan los animales cada 28 días (Hughes, 1976).

Al pesar los animales, se aprovecha su paso por el corral y por el brete para realizar todas las medidas sanitarias y de identificación, y para tomar las muestras de sangre, de orina, de heces fecales u otras que se consideren necesarias. Según la experiencia del autor, es recomendable programar así la semana del pesaje:

- el lunes: preparar la balanza y el baño garrapaticida, tomar las muestras en la pastura, y hacer otras labores preparatorias;
- del martes al jueves: pesar los animales;
- el viernes hacer la limpieza del corral, de la balanza, del brete, del baño, y de los demás elementos de trabajo.

Estas previsiones permiten hacer un pesaje rápido y sin interrupciones.

Los pesajes intermedios cumplen un segundo objetivo: *ajustar la presión de pastoreo* cuando se apliquen cargas variables ('put-and-take stocks') en el experimento. En este caso, el pesaje debe realizarse con la frecuencia que el objetivo del experimento lo requiera; los detalles del método experimental con que debe hacerse ese pesaje se discutirán en otra sección.

Método para el pesaje

En las pruebas de pastoreo, se debe pesar a cada animal en forma individual, ya que el peso por grupo es válido para los cálculos de productividad de la pradera pero no permite hacer una estimación de la varianza dentro del potrero. Además, el peso en grupo carece de control para detectar problemas individuales.

La balanza debe registrar pesos con 1 a 3 kg de imprecisión. Las balanzas de mayor precisión son buenas pero, en general, su costo ha aumentado enormemente. No es una idea práctica pretender una precisión mayor de 1 kg de error si se considera que un animal puede evacuar más de 5 kg de heces y orina en un solo evento. Hughes y Harker (1950) encontraron que la varianza residual en el peso del ganado vacuno, de un día para otro, equivalía a $\pm 0.75\%$ del peso vivo; en novillos de 300 kg eso significa una variación de ± 2.25 kg.

Tres consideraciones especiales deben discutirse con relación al peso: el pesaje repetido, el ayuno previo, y la hora del pesaje.

Pesaje repetido. Para determinar los pesos inicial y final de los animales se recomendaba hacer el pesaje en dos o tres días consecutivos y utilizar el promedio como el peso verdadero (Lush et al., 1928; Koch et al., 1958). Sin embargo, varios investigadores han comprobado que no se obtiene una precisión mayor con este método (Baker et al., 1947; Bean, 1948). Se debe repetir el pesaje de los animales solamente cuando se sospeche, por alguna razón, que se han cometido errores en el peso previo.

Ayuno previo al pesaje. La mayor fuente de variación en el peso de un animal, entre un día y otro, es el contenido del tracto digestivo (Koch et al., 1958); esta variación es particularmente notoria cuando se comparan animales que provienen de regímenes alimenticios diferentes (Whiteman et al., 1954) y puede ser importante cuando se pesan animales provenientes de experimentos en que se aplicaron cargas animales diversas. El contenido digestivo es una fracción importante del peso del animal, aun después del ayuno. Paladines y Bateman (1968) encontraron, en ganado criollo, cebú y sus cruces, que el contenido digestivo húmedo, luego de 24 horas de ayuno, correspondía a un 10.5% del peso vivo (rango: 9.8-11.1%) como promedio anual de los cuatro años del experimento, y con un coeficiente de variación de 10.9%. El peso, en promedio, del contenido digestivo fue de 28.9 kg en novillos cuyo peso vivo fluctuaba entre 183 y 351 kg, y no se hallaron diferencias en el porcentaje del contenido de *digesta* entre animales de diferente peso. Sin embargo, otros autores han encontrado que el contenido digestivo, expresado como porcentaje del peso del animal, es menor en la medida en que aumenta este peso (Hughes, 1976). El tipo de dieta influye también en el contenido digestivo; así, Seebeck (1967) encontró mayor contenido porcentual en una de dos raciones empleadas.

El ayuno consiste en un período de tiempo durante el cual el animal no recibe alimento pero puede tomar agua. El ayuno se debe realizar en un corral para evitar el consumo inadvertido de alimento. La pérdida de peso durante el ayuno es una función del peso vivo del animal y tiende a ser una proporción constante del peso. Esa pérdida de peso es mayor cuando aumenta el consumo de alimento (t Mannelje et al., 1976) y, de acuerdo con los resultados obtenidos por Whiteman et al. (1954), es consistentemente mayor cuando la restricción de alimentos no incluye el agua.

La importancia de la precisión en los pesajes del animal está en relación directa con la magnitud de las diferencias de peso que se pretenda medir. En general, las diferencias de peso entre el comienzo y el final de la prueba de pastoreo serán mayores si se extiende la duración de la prueba. La precisión de los pesajes es más crítica en los experimentos de corta duración, y en estos casos se deben eliminar las diferencias causadas por el contenido digestivo mediante ayuno sin alimento ni agua. Algunos investigadores afirman que esta restricción total reduce la ganancia de peso que se obtenga más tarde (Grassland Research Institute, 1961); no obstante, los efectos no son duraderos.

Actualmente se recomienda el pesaje de animales que hayan ayunado de 12 a 18 horas como la alternativa más conveniente (t Mannelje et al., 1976; Corbett, 1978). Este ayuno se practica en las horas de la noche, encerrando los animales en el corral, sin agua, al final de las labores del día anterior, y pesando el ganado temprano por la mañana; así, el ayuno no tendrá efecto nocivo en los animales (Meyer et al., 1960; Meyer, 1962).

Hora del pesaje. La hora del día en que se pese el ganado es importante ya que el peso de los animales experimenta cambios diurnos que están asociados con el hábito de pastoreo (alteraciones en el contenido del retículo-rumen) y con la temperatura y la exposición al sol. La hora del día en que la variación del peso, entre un individuo y otro en pastoreo, es menor se halla tres o cuatro horas después del amanecer (Hughes y Harker, 1950; Tayler, 1954). En ese momento termina el primer período importante de pastoreo del ganado y el retículo-rumen de los animales está lleno. En latitudes en que la hora del amanecer no es constante, el tiempo del inicio del pastoreo también cambia (Arnold, 1962). En el trópico, el comportamiento en pastoreo del ganado europeo es diferente del que manifiesta el de tipo cebú: el primero pastorea en horas en que la temperatura es más baja (Payne et al., 1951) hábito que no tiene el ganado cebú (Harker et al., 1954 y 1961).

Obviamente, la preocupación por las horas de pastoreo antes del pesaje carece de sentido cuando los animales permanecen en el corral, pero aun así es importante que el pesaje se realice después de cierto número de horas de ayuno como p.ej. 12 horas nocturnas. Hughes (1976) concluyó que la varianza en el pesaje —obtenido de 3 a 4 horas después del amanecer— de animales sin ayuno, es igual a la varianza del pesaje de animales con ayuno nocturno; por tanto, el ayuno no es necesario si se puede realizar la labor de pesaje luego del período indicado después del amanecer. El problema, a nivel práctico, es pesar todos los animales en un tiempo suficientemente corto para que las pérdidas de peso por disminución del contenido del retículo-rumen no alteren la varianza. Hughes y Harker (1950) hallaron que la tasa de pérdida de peso en vacunos de 600 kg de peso vivo, con el retículo rumen lleno, era de 1.8 a 2.3 kg por hora después del pastoreo; por consiguiente, en una labor de pesaje de cuatro horas, la diferencia respecto al contenido ya mencionado, entre los primeros y los últimos animales, puede acercarse a los 100 kg.

Para obviar estos problemas es recomendable el ayuno nocturno ya que la tasa de reducción en el peso vivo decrece con el tiempo de ayuno. En la Figura 1 se observa este efecto del ayuno y, además, que las pérdidas son mayores en los meses de primavera cuando el consumo y la digestibilidad del forraje aumentan. El ayuno no se practica con vacas lecheras porque la restricción de alimento, aun durante algunas horas, perjudicaría inmediatamente la producción de leche.

Día de la rotación. Los cambios en el contenido digestivo, ocasionados por un menor consumo al transcurrir los días de pastoreo en los sistemas de rotación de potreros, deben tomarse en cuenta para programar el pesaje (Hughes, 1976). Los cambios en el consumo a lo largo del período de ocupación de un potrero fueron documentados por Chacón y Stobbs (1976) en pasturas tropicales. En los primeros días, los animales consumieron principalmente hojas e hicieron un consumo ad libitum limitado por la capacidad del retículo-

rumen. A los 5 ó 6 días de pastoreo, el consumo fue un 55% del inicial, y el día décimo era un 22% del mismo. Esta diferencia debe reflejarse en el contenido digestivo y ocasiona variaciones en el peso que pueden ser significativas cuando se computan resultados de corta duración. En sistemas donde la rotación es muy frecuente, se ha encontrado que los pesos tomados el día que cae en mitad del período de pastoreo son menos variables y más representativos de los cambios verdaderos de peso (Hughes, 1976). Así se ha averiguado que el consumo durante las primeras horas del día puede ser menor en un sistema de rotación diaria en franjas que en un sistema donde la rotación sea más prolongada (Grassland Research Institute, 1961).

Para evitar los errores asociados con el consumo variable a lo largo de la rotación, es necesario hacer el pesaje del ganado un mismo día de la rotación: el día medio, de preferencia, cuando la rotación es corta (4 a 6 días); y del 40. al 60. día en rotaciones largas.

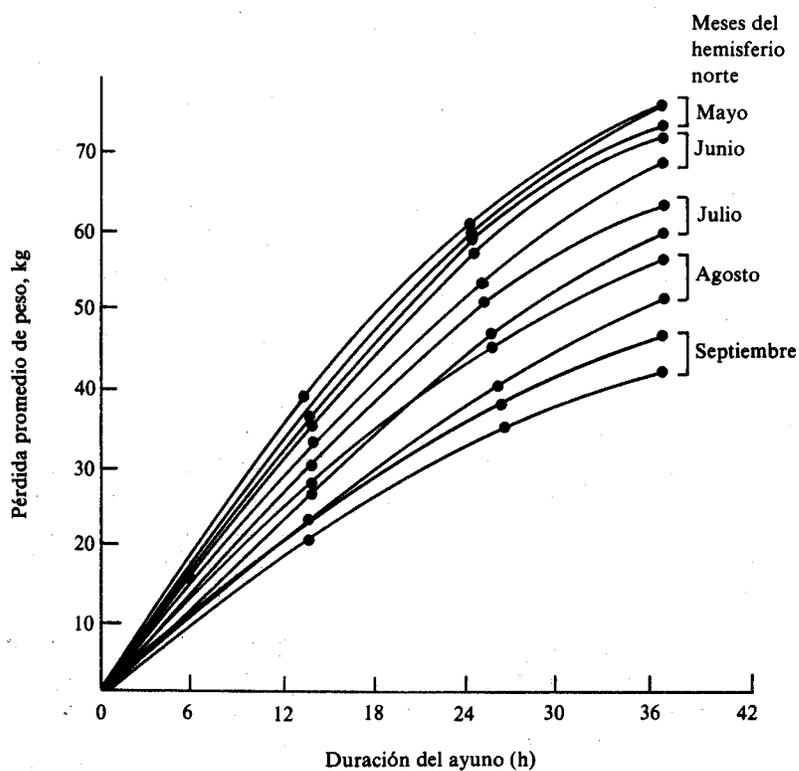


Figura 1. Pérdida de peso de los novillos durante el ayuno en el hemisferio norte. Las pérdidas de peso son promedios.

FUENTE: Hughes, 1976.

Métodos para disminuir la varianza

Dos de los métodos que se emplean para reducir la varianza en el peso de los animales se discutieron en la sección anterior; ellos son: ayuno de 12 a 18 horas, y pesaje del ganado 3 ó 4 horas después del amanecer. Otros dos métodos han sido recomendados frecuentemente: la igualación del contenido digestivo, y el peso del cuerpo libre de contenido digestivo.

Igualación del contenido digestivo. Se aplica principalmente a los pesajes iniciales y finales de un período experimental. El método consiste en mantener a todos los animales de un experimento, durante un período de 4 a 8 días, en pastoreo conjunto en una pradera con buena disponibilidad de forraje. Esta práctica debería reducir las diferencias que se presentan en el contenido digestivo debidas a los efectos residuales de la alimentación previa (Balch y Line, 1957) y es, sin duda, lo mínimo que se debe hacer al iniciar un experimento. Cuando éste finaliza, se espera que las diferencias entre un tratamiento y otro sean lo suficientemente grandes para que las diferencias en peso del contenido digestivo, que perduren luego del ayuno, no influyan significativamente sobre la varianza. Tayler (1954) recomienda que, el día anterior al pesaje cuando finaliza el pastoreo, se trasladen los animales a una pastura parcialmente pastoreada para aminorar las diferencias en el contenido digestivo. En los pesajes intermedios es preferible no perturbar el comportamiento rutinario de los animales.

Peso del cuerpo sin contenido digestivo. En cualquier experimento que compare dietas para el ganado, incluyendo los experimentos de pastoreo, existe un efecto de la dieta sobre la producción de carne que es preciso determinar. Por esta razón, la medida de respuesta animal que se considera más apropiada es el peso del cuerpo libre de contenido digestivo; en esa medida se da crédito a todos los órganos y tejidos en que se han convertido los nutrimentos de la pradera. Medir el peso libre de contenido digestivo exige el sacrificio de los animales y el pesaje independiente del contenido gastrointestinal. Para determinar el peso inicial, libre de contenido digestivo, se toma una muestra representativa de los animales disponibles (5 a 8% de la población) y se obtiene ese peso una sola vez por sacrificio; el resultado se aplica a la población total en proporción a su peso vivo. Al finalizar la prueba, se sacrifican todos los animales y se mide su contenido digestivo.

La medida del peso del contenido gastrointestinal es una labor tediosa y desagradable que requiere, primero, vaciar el contenido de todas las vísceras gastrointestinales, separándolo cuantitativamente, y finalmente pesarlo. Por fortuna, se ha descubierto una alta correlación entre el peso de la canal caliente y el peso libre de contenido digestivo y ya se dispone de ecuaciones para calcular el contenido gastrointestinal del ganado europeo (Lofgreen et al., 1962), del ganado criollo, y del cruce criollo x cebú (Paladines y Bateman, 1968). Esas ecuaciones son:

$$\begin{aligned} \text{Para ganado europeo: } Y &= 32 + 1.45 X & (5) \\ S_{yx} &= 11.0 \text{ kg;} \\ r^2 &= 0.9 \end{aligned}$$

Para ganado criollo, y para criollo x cebú:

$$\begin{aligned} Y &= 41 + 1.36 X & (6) \\ S_{yx} &= 9.2 \text{ kg;} \\ r^2 &= 0.9 \end{aligned}$$

Este método puede emplearse solamente en aquellos casos en que la prueba de pastoreo se desarrolle cerca de un centro de sacrificio de animales y cuando se puedan sacrificar los animales sin perjuicio. Meyer et al. (1960) y Meyer (1962) han propuesto métodos que refinan aún más las medidas llevando la expresión de producción animal hasta la cantidad de energía y proteína acumuladas en el cuerpo del animal; estos métodos, si bien mucho más ilustrativos, requieren de un equipo que sobrepasa la capacidad de la institución regional.

Remplazo de animales

Remplazos periódicos programados. Una pregunta frecuente en las pruebas de pastoreo es ésta: ¿Cuánto tiempo se deben mantener los animales dentro del experimento? La respuesta más adecuada es que la duración del experimento, como las demás variables, dependerá del sistema de producción al cual se piense aplicar los resultados. En la recría y el engorde de novillos —el caso más simple— los animales deberían permanecer en la pradera durante todo el período posterior al destete hasta el momento en que adquieran el peso de sacrificio. Este método tiene una desventaja: no es igual para todos los animales el tiempo de permanencia en la prueba. Por ejemplo, en un experimento² donde se compararon tres niveles (alto, medio y bajo: A, M y B) de aplicación de nitrógeno al pasto para (*Brachiaria mutica*), los animales obtuvieron los siguientes promedios de permanencia, en días, en el experimento —se añade el rango y el CV respectivo— hasta alcanzar el peso de sacrificio (470 kg, sin ayuno):

En tratamiento A: $\bar{X} = 301$ días; rango = 174—364; CV = 29%
 En tratamiento M: $\bar{X} = 289$ días; rango = 143—363; CV = 13%
 En tratamiento B: $\bar{X} = 261$ días; rango = 143—363; CV = 33%

Algunos animales, dentro del mismo tratamiento, permanecieron en el experimento más del doble del tiempo que otros, a pesar de que su peso inicial, con ayuno, fue uniforme; sus promedios de permanencia, también en días son:

2. CIAT, resultados no publicados.

En A: \bar{X} = 345 días; CV = 5.4%

En M: \bar{X} = 349 días; CV = 6.4%

En B: \bar{X} = 340 días; CV = 3.9%

Las diferentes fechas de salida de los animales dificultan el manejo de la información y obligan a mantener siempre un número elevado de animales livianos como remplazo. Para compensar por la desigual permanencia de los animales en la prueba, se recomienda cambiarlos todos —generalmente a finales de la época de lluvias— prescindiendo del peso que hayan alcanzado.

Remplazos ocasionales. Es necesario, a veces, retirar del experimento animales que, por su comportamiento irregular, no representen debidamente el grupo de animales experimentales; al hacerlo, debe existir la seguridad de que ese comportamiento no es un efecto del tratamiento experimental. Las siguientes razones justifican el cambio de los animales:

- enfermedad diagnosticada que impida el crecimiento normal del animal;
- comportamiento perverso del animal;
- accidentes que causen deterioro permanente al animal; y
- la muerte accidental del animal.

El comportamiento perverso describe al animal que constantemente demuestra desadaptación al manejo experimental, que infunde intranquilidad en el resto del ganado, y que prolonga indebidamente las faenas de pesaje y, en general, del manejo. En el ganado cebú y en los cruces con cebú se encuentran, con frecuencia, animales de este tipo, especialmente cuando se emplean lotes de ganado comercial deshabitados al manejo en el corral. Para todos estos remplazos se debe mantener, en cada lote de animales, un grupo de remplazo que equivalga a un 3 a 5% del lote. Se debe proporcionar a los remplazos una alimentación semejante a la del lote experimental.

Referencias

- Aldrich, D.T.A. y Elliot, C.S. 1974. A comparison of the effects of grazing and of cutting on the relative herbage yields of six varieties of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Proc. 12th. Int. Grassld. Congr., Moscow, 1974. Section 5. p. 11-17.
- Arnold, G.W. 1962. The influence of several factors in determining the grazing behaviour of Border Leicester x Merino sheep. J. Brit. Grassld. Soc. 17:41-51.
- Bailon, G.; Muñoz, H.; Vohnout, K. y Deaton, O.W. 1977. Aspectos genético-fisiológicos del crecimiento del ganado de carne en el trópico. Memoria ALPA 12:57-65.

- Baker, A.L.; Phillips, R.W. y Black, W.H. 1947. The relative accuracy of one-day and three-day weaning weights of calves. *J. Anim. Sci.* 6:56-59.
- Balch, E.C. y Line, C. 1957. Weight changes in grazing cows. *J. Dairy Res.* 24:11-19.
- Bauer, B.; Plasse, D. y Verde, O. 1981. Peso al destete de 17 grupos raciales de bovinos de carne en el Beni, Bolivia. *Memoria ALPA* 16:144-145. (Compendio.)
- Bean, H.W. 1948. Single weight versus a three-day average weight for sheep. *J. Anim. Sci.* 7:50-54.
- Bohman, V.R. 1955. Compensatory growth of beef cattle: The effect of hay maturity. *J. Anim. Sci.* 14:249.
- Burns, J.C.; Giesbrecht, F.G.; Harvey, R.W. y Linnerud, A.C. 1983. Central Appalachian hill land pasture evaluation using cows and calves. I. Ordinary and generalized least squares analysis for an unbalanced grazing experiment. *Agron. J.* 75:865-871.
- Camlin, M.S. y Stewart, R.H. 1975. Reaction of Italian ryegrass cultivars under grazing as compared with cutting. *J. Brit. Grassld. Soc.* 30:121-129.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1973. Informe Anual 1973. Cali, Colombia. p. 35.
- . 1978. Informe Anual 1977. Cali, Colombia. A1-A124.
- Corbett, J.L. 1978. Measuring animal performance. En: 't Mannetje, L. (ed.) Measurement of grassland vegetation and animal production. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Bulletin 52. Hurley, England. p. 163-231.
- Chacón, E. y Stobbs, T.H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 27:709-727.
- Christian, C.S. y Shaw, N.H. 1952. A study of two strains of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) and of Lucerne (*Medicago sativa* L.) as components of a mixed pasture at Lawes in southeast Queensland. *Aust. J. Agric. Res.* 3:277-299.
- Dantzer, R. y Mormede, P. 1983. Stress in farm animals: a need for reevaluation. *J. Anim. Sci.* 57:6-18.
- Friend, T.H.; Gwazdauskas, F.C. y Polan, C.E. 1979. Changes in adrenal response from free stall competition. *J. Dairy Sci.* 62:768-771.
- Frisch, J.E. 1981. A model of reasons for breed differences in growth of cattle in the tropics. *Proc. Aust. Sc. Anim. Prod.* 11:85-88.
- y Vercoe, J.E. 1977. Food intake eating rate, weight gains, metabolism rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. *Anim. Prod.* 24:343-358.
- Gardner, A.L. 1983. Evaluación por corte y por pastoreo en parcelas pequeñas: comparación de resultados. En: Paladines, O. y Lascano, C. (eds.). Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas, metodologías de evaluación. CIAT, Cali, Colombia. p. 107-120.

- y Centeno, G.A. 1966. Removal of the effects of uneven grazing in pasture experiments. *J. Brit. Grassld Soc.* 21:264-269.
- Grassland Research Institute. 1961. Research techniques in use at the Grassland Research Institute. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Bulletin 45. Hurley, England, 1961. p. 166.
- Harker, K.W.; Taylor, J.I. y Rollinson, D.H.L. 1954. Studies on the habits of Zebu cattle. I. Preliminary observations on grazing habits. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 44:193-198.
- ; Rollinson, D.H.L.; Taylor, J.I.; Gourlay, R.N.; y Nunn, W.R. 1961. Studies on the habits of Zebu cattle. VI. The results of different pastures. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 56:137-141.
- Haydock, D.P. 1982. Consequences arising when the design of a grazing trial is not ideal. *Anim. Prod. Aust.* 15:52-54.
- Hernández B., H. 1978. Factores ambientales y genéticos en ganado de carne tropical. *Memoria ALPA* 13:145. (Compendio).
- Hodgson, J. 1981. Testing and improvement of pasture species. En: Morely, F.H.W. (ed.). *Grazing animals; World animal science* Bl. Elsevier. p. 309-317.
- Hughes, J.C. 1976. Short-term variation in animal liveweight and reduction of its effect on weighing. *Anim. Breed. Abstr.* 44:111-118.
- Hughes, G.P. y Harker, K.W. 1950. The technique of weighing bullocks on summer grass. *J. Agric. Sci.* 40:403-409. Johnson, W.M. y Laycock, W.A. 1963. Kind, number and selection of livestock for grazing studies, and animal measurements most suited for evaluating results. *Range Research Methods* p. 137-142.
- Kincaid, C.M.; Litton, G.W. y Hunt, R.E. 1945. Some factors that influence the production of steers from pasture. *J. Anim. Sci.* 4:164-173.
- Koch, R.M.; Schleicher, E.W. y Arthaud, V.H. 1958. The accuracy of weights and gains of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 17:604-611.
- Lynd, J.Q., Graybill, F. y Totuse, K.R. 1956. Factors affecting results of grazing trials with yearling steers. *Agron. J.* 48:352-355.
- Lush, J.L.; Christensen, F.W.; Wilson, C.V. y Black, W.H. 1928. The accuracy of cattle weights. *J. Agric. Res.* 36:551.
- ; Mannetje, L. 1974. Relations between pasture attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. *Proc. 12th Int. Grassld. Cong.* vol. III. p. 299-304.
- ; Jones, R.J. y Stobbs, T.H. 1976. Pasture evaluation by grazing experiments. En: Shaw, N.H. y Bryan, W.W. (eds.). *Tropical pasture research. Commonw. Bur. Past. Field Crops. Bulletin* 51. Hurley, England. p. 194-234.
- Matches, A.G. 1969. Pasture research methods. *Proc. National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, 1969.*
-

- Meyer, H.J.; Lofgreen, G.P. y Barrett, W.N. 1960. A proposed method for removing sources of error in beef cattle feeding experiments. *J. Anim. Sci.* 19:1123-1131.
- Meyer, J.H. 1962. Removing sources of error in lamb feeding experiments. *J. Anim. Sci.* 21:127-131.
- Morley, F.H.W. y Spedding, C.R.W. 1968. Agricultural systems and grazing export ments. *Herb. Abstr.* 38:279-287.
- Mott, G.O. y Miles, S.R. 1947. Relationship of certain factors upon the gains of steers on pasture. *J. Anim. Sci.* 5:41. (Resumen).
- y Lucas, H.L. 1952. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pasture. *Proc. 6th Int. Grassld. Cong.* 6:1380-1385.
- Paladines, O. 1983. Evaluación y selección de germoplasma forrajero. Depto. de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p. 58.
- y Bateman, J.V. 1968. Predicción del peso del cuerpo libre de contenido digestivo en vacunos. *Turrialba* 18:21-25. y Leal, J. 1979. Manejo y productividad de las praderas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Tergas, L.E. y Sánchez, P.A. (eds.). *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. CIAT, Cali, Colombia. p. 331-346.
- y Lascano, C. 1983. Recomendaciones para evaluar germoplasma bajo pastoreo en pequeños potreros. En: Paladines, O. y Lascano, C. (eds.). *Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas; metodologías de evaluación*. CIAT, Cali, Colombia. p. 165-183.
- Payne, W.J.A.; Laing, W.I. y Raikova, E.N. 1951. Grazing behaviour of dairy cattle in the tropics. *Nature (London)* 167:610-611.
- Pepper, P.M. y Mayer, R.J. 1982. Replication rates for grazing experiments with beef cattle on native pasture in central and north Queensland. *Anim. Prod. Aust.* 15:56-58.
- Petersen, R.G. y Lucas, H.L. 1960. Experimental errors in grazing trials. *Proc. 8th Int. Grassld. Cong.* p. 8:747-750.
- Plasse, D. 1983. Crossbreeding results from beef cattle in the Latin American Tropics. *Anim. Breed. Abstr.* 51:799-797.
- Preston, T.R. y Willis, M.B. 1970. *Intensive beef production*. Pergamon Press, Oxford. p. 544.
- Seebeck, R.M. 1967. Developmental growth and body weight loss of cattle. I. Experimental design, body weight growth and the effects of developmental growth and body weight loss on the dressed carcass and official. *Aust. J. of Agric. Res.* 18:1015-1031.
- Shaw, N.H. y 't Mannetje, L. 1970. Studies on a Spear grass pasture in central coastal Queensland. The effect of fertilizer, stocking rate, and oversowing with *Stylo-*

- santhes humilis* on beef production and botanical composition. Trop. Grassld. 4:43-56.
- Siebert, B.D. y Hunter, R.A. 1977. Prediction of herbage intake and liveweight gain of cattle grazing tropical pastures from the composition of the diet. Agric. Systems 2:199-208.
- Taylor, J.C. 1954. Technique of weighing the grazing animal. Proc. Brit. Soc. Anim. Prod. p. 3-16.
- Turner, H.G. y Short, A.J. 1972. Effects of field infestations of gastrointestinal helminths and of cattle ticks (*Boophilus microplus*) on growth of three breeds of cattle. Aust. J. Agric. Res. 23:177-193.
- Vercoe, J.E. y Frisch, J.E. 1981. Animal breeding for improved productivity. En: Hacker, J.B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Proc. Int. Symp., St. Lucia, Queensland, Australia. Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal, U.K. p. 327-342.
- Verde, O.; Plasse, D. y Bauer, B. 1981. Peso a los 18 meses de catorce grupos raciales de bovinos de carne en el Beni, Bolivia. Memoria ALPA 16:145. (Compendio).
- Whiteman, J.V.; Loggins, P.F.; Chambers, D.; Pope, L.S. y Stephens, D.F. 1954. Some sources of error in weighing steers on grass. J. Anim. Sci. 13:832-842.
- Wiltbank, J.N.; Rowden, W.W.; Ingalls, J.C. y Zimmerman, D.R. 1964. Influence of post-partum energy level on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake prior to calving. J. Anim. Sci. 23:1049-1053.
- ; Rowden, W.W.; Ingalls, J.E.; Gregory, K.E. y Koch, R.M. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. J. Anim. Sci. 21:219-225.
- Willoughby, W.M. 1971. Feeding value and utilization of pasture. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 8:415-421.
- Yates, J.J.; Edey, L.A.; Davies, J.G. y Haydock, K.P. 1964. Animal production from a *Sorghum almum* pasture in southeast Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 4:326-335.