

Reproducción del ganado de carne en pasturas de la altillanura de los Llanos Orientales de Colombia: Elementos para la toma de decisiones

R. R. Vera*

Introducción

Gran parte de los Llanos Orientales de Colombia, así como otras regiones con sabanas neotropicales, están dedicadas a sistemas de cría de vacunos (Vera y Seré, 1985). En estos sistemas se ha reconocido ampliamente que la nutrición deficiente de las hembras de levante y las vacas constituye la principal limitación para el aumento del desempeño reproductivo, el cual es generalmente muy bajo (Vera et al., 1986). Los efectos de la nutrición sobre el crecimiento, desarrollo y edad a la pubertad de novillas han sido ampliamente discutidos y fueron revisados, entre otros investigadores, por Bronson y Rissman (1986), Crichton al. (1959), Donaldson y Takken (1968) y Joubert (1973), quienes señalan la relación empírica que hay entre peso, edad e inicio de la pubertad. Del mismo modo, se ha encontrado una relación estrecha, pero igualmente empírica, entre peso y desempeño reproductivo en vacas (Hale, 1975; Johnsson y Obst, 1984; Louw et al., 1988; Mukasa-Mugerwa, 1989). Por el contrario, las relaciones causales entre nutrición, peso, edad y desempeño reproductivo de novillas y vacas adultas aún no se comprenden en detalle (Bronson y Rissman, 1986; Foster, 1988), por lo que, sin excepción, los modelos predictivos y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones siempre están basados en resultados empíricos.

Los Llanos Orientales de Colombia, la región donde se realizó el presente estudio, está sujeta a un proceso de cambio tecnológico dinámico, el cual ha sido documentado recientemente por Cadavid (1995). La principal innovación tecnológica es la creciente

incorporación de nuevas pasturas, principalmente de *Brachiaria humidicola* y de *B. dictyoneura* cv. Llanero, en sustitución de la sabana nativa y, en menor medida, de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (Cadavid, 1995). Las causas y motivaciones económicas de este proceso de cambio, en relación con procesos tales como expectativas de valoración de la tierra y la infraestructura existente, fueron analizadas por Smith et al., (1997). Se espera que esta creciente incorporación de nuevos pastos, y la consiguiente intensificación de los sistemas de producción ganadera, tendrán un impacto positivo sobre el desempeño reproductivo de los hatos en la región. El propósito de este trabajo es sintetizar la información generada en experimentos conducidos en el Centro de Investigaciones ICA-CIAT Carimagua y en fincas de la región sobre el impacto del uso de diferentes pasturas tropicales mejoradas en el desempeño reproductivo, con la finalidad de identificar diferentes estrategias de manejo del hato de cría compatibles con la dotación de recursos actuales de la región.

El análisis y la interpretación de experimentos y observaciones referidos al desempeño reproductivo es relativamente más complejo que para otros parámetros de producción. Las técnicas de análisis estadístico han sido discutidas, entre otros, por Amézquita (1993), en tanto que Morris (1980) discutió el efecto de sesgos introducidos por las diferentes estrategias de selección y descarte de animales utilizadas en experimentos sobre la interpretación de los datos de desempeño reproductivo de vacunos. Igualmente, el uso de empadre estacional vs. continuo también puede introducir dificultades en comparaciones de resultados provenientes de diferentes experimentos. Por otro lado, se debe admitir que los cambios en sistemas de producción raramente están asociados con modificaciones de un solo factor productivo, por lo cual el confundimiento de diferentes variables es

* Líder del Programa de Tierras Tropicales Bajas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

frecuentemente inevitable, particularmente en sistemas de cría. Estas reservas se deben tener en cuenta en la interpretación de los resultados que se discuten a continuación.

Materiales y métodos

Los resultados aquí presentados provienen de experimentos de larga duración realizados en el CI. Carimagua y de observaciones de menor duración realizadas en fincas colaboradoras de la región. En todos los casos en que la evaluación del desempeño reproductivo se realizó en pasturas con animales sometidas a una sola carga, ésta fue ajustada periódicamente para mantener niveles de forraje en oferta compatibles con los identificados por Hoyos et al. (1992), como representativos de un buen manejo de pasturas. Sin excepción, en todos los experimentos se ofreció a voluntad a los animales sal mineralizada completa con 8% de P, como único suplemento.

En ninguno de los experimentos se practicó la selección y el descarte de hembras con base en el desempeño reproductivo, como un esfuerzo por imitar las prácticas de manejo frecuentemente utilizadas por los productores. Consecuentemente, los índices reproductivos reportados se deben considerar como valores mínimos, susceptibles de ser mejorados si dicha selección se practica con base en registros de desempeño. Igualmente, con una sola excepción que se mencionará más adelante, se utilizó siempre el empadre continuo con un mínimo de 3% de toros rotados a intervalos periódicos de 3 a 4 meses, previa revisión de los mismos. El peso de novillas al empadre varió ligeramente entre experimentos y fincas, como también se indica más adelante.

En todos los casos se utilizaron toros puros de la raza Brahman, frecuentemente registrados en los libros genealógicos de la respectiva asociación, pero carentes de pruebas de progenie, representativos de los toros puros "comerciales" fácilmente disponibles en la región. En todos los experimentos y fincas, tanto las novillas de levante como las vacas, fueron de raza Brahman pura, o en el caso de que fueran fenotípicamente cruzadas,

predominaba dicha raza. Sin excepción, el destete de los terneros se hizo a una edad promedio de 9 meses.

Resultados y discusión

Crecimiento y pubertad

Cajas et al. (1985) estudiaron el efecto de la tasa de crecimiento de novillas Brahman en pasturas de *B. humidicola* sobre la edad y peso a la manifestación de la pubertad, señalada por la aparición del primer celo detectado por toros marcadores. Las novillas tenían un peso inicial de 171 ± 3 kg y una edad promedio de 441 ± 10 días. Para alcanzar tasas de crecimiento contrastantes y representativas de las reportadas por Kleinheisterkamp y Häbich (1985) a nivel de finca, se sometieron las novillas a tres cargas diferentes. En la tasa de crecimiento baja fue necesario suspender el tratamiento después de 2 años, ya que a los 3 años de edad los animales sólo pesaban 210 kg (Cuadro 1).

Los resultados muestran que, si bien algunos animales presentaron celo a un peso muy bajo, como en el caso de 2 novillas del tratamiento de baja tasa de crecimiento, la mayoría de ellos necesita entre 250 y 270 kg para manifestar la pubertad. De hecho, y en coincidencia con lo demostrado por otros autores (Joubert, 1973), el peso es un factor más importante que la edad en la manifestación y posterior mantenimiento de celos, aunque existe evidencia de que esta última puede parcialmente compensar el efecto de bajos pesos corporales (Kirkwood et al., 1987). De todos modos, los animales sometidos a la tasa de crecimiento baja presentaron hipoproteinemia significativa, siendo su proteína en suero de 6.67% vs. 7.24% en las novillas de las tasas media y alta ($P < 0.05$), asociada con menores contenidos de N fecal y contenidos normales de P, Ca y Mg en el suero. El consumo alto de sal mineralizada registrado durante 12 meses consecutivos (56 ± 23 , 55 ± 30 y 66 ± 30 g/día por cabeza en las tasas alta, media y baja, respectivamente) probablemente explica el mantenimiento de concentraciones sanguíneas normales de dichos minerales en presencia, sin duda,

Cuadro 1. Ganancia de peso, edad y peso al primer celo en novillas Brahman sometidas a diferentes tasas de crecimiento desde el destete.

| Tasa de crecimiento | Animales (no.) | Ganancia de peso (g/día) | Animales con primer celo detectado (no.) | Peso al primer celo (kg) | Edad al primer celo (días) |
|---------------------|----------------|--------------------------|--|--------------------------|----------------------------|
| Alta | 17 | 311 ± 42 | 11 | 268 ± 25 a* | 793 ± 88 a |
| Media | 17 | 220 ± 38 | 9 | 249 ± 27 a | 824 ± 37 ab |
| Baja | 17 | 17 ± 37 | 2 | 205 ± 14 b | 915 ± 21 b |

* Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

de subnutrición proteica y energética en los animales en la tasa baja de crecimiento.

Lo anterior resalta, en consecuencia, la importancia de mantener ritmos de crecimiento moderados en condiciones de ganadería extensiva, para lograr la manifestación del ciclo estral a partir de los 2 años de edad de las novillas en ausencia de deficiencias minerales. Con base en los resultados anteriores, estas metas se pueden alcanzar aun con recursos forrajeros de baja calidad (Hoyos y Lascano, 1985), pero a muy bajo costo, como en el caso de *B. humidicola*. Como se demostrará más adelante, tales resultados pueden reproducirse a nivel de finca.

Crecimiento, peso y edad a la primera concepción

Los animales del experimento antes citado, conjuntamente con un grupo de 16 novillas que tuvieron una tasa alta de crecimiento en un período posterior, se colocaron durante el período de lluvias en una pastura de *B. humidicola* con una carga de 2 animales/ha, a partir de 270 kg de PV promedio del grupo respectivo (Vera, 1991). Durante la segunda mitad de la estación seca se transfirieron a sabana nativa con una carga de 0.2 animales/ha. A partir de ese momento, se empadronaron con toros Brahman en monta continua, como se describió anteriormente. Los resultados observados hasta la primera concepción se resumen en el Cuadro 2.

A partir del Cuadro 2 es evidente que, al igual que existe un peso promedio para la manifestación de la pubertad, también existe un peso promedio entre 280 y 300 kg para una primera concepción exitosa, el cual es independiente en gran medida del tratamiento a que los animales hayan estado expuestos anteriormente. Igualmente es obvio que la naturaleza de la relación entre peso y edad a la primera concepción difiere entre tratamientos, particularmente cuando se compara la

tasa baja de crecimiento con las demás (Vera, 1991). Estas diferencias en la naturaleza de dicha relación fue estudiada por Vera (1991), usando técnicas estadísticas de análisis de sobrevivencia (Kalbfleisch y Prentice, 1980), y encontró que existían diferencias significativas ($P < 0.05$) entre dicho tratamiento, aplicado entre el destete y la pubertad, con las demás tasas de crecimiento.

Los animales en la tasa baja realizaron crecimiento compensatorio a expensas de postergar su primera concepción, como lo demuestra la edad significativamente mayor de dicho evento (Cuadro 2).

Por último, es posible elaborar y ajustar modelos que permiten calcular, con base en el peso de los animales, la probabilidad de concepción con éxito y resultante en parto. Para el efecto, esta probabilidad en novillas entre 200 y 400 kg de PV, provenientes del experimento antes mencionado y de otro realizado en una finca donde se levantaron novillas en las asociaciones *Andropogon gayanus* cv. Carimagua-*Stylosanthes capitata* cv. Capica, *B. humidicola* cv. Humidicola-*Desmodium ovalifolium* CIAT 350 o en sabana nativa (Vera y Seré, 1989), se ajustó a un modelo de predicción de tipo sigmoide (Vera et al., 1993) de la forma siguiente:

$$\text{Probabilidad de concepción (rango 0-1)} = 1/[1 + a \cdot \exp(-k \cdot \text{peso})] \quad (1)$$

donde, a y k son parámetros.

Los resultados de este tipo de análisis, tanto en los experimentos presentados en este artículo, como en otros disponibles en la literatura, se deben interpretar con precaución, debido a que la probabilidad de concepción está muy influenciada por las decisiones que se tomen en relación con el peso y/o edad al que las novillas se exponen al toro por primera vez. Como se indicó anteriormente en el experimento realizado en el CI. Carimagua, tal exposición se realizó cuando el

Cuadro 2. Ganancia de peso vivo animal, peso y edad a la primera concepción en novillas expuestas a tres tasas de crecimiento entre el destete y el peso objetivo para empadrear.

| Tasa de crecimiento | Peso objetivo (kg) | Edad al peso objetivo (días) | Ganancia diaria de peso (kg/día) | Peso a primera concepción (kg) | Edad a primera concepción (días) |
|---------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| Baja | 220 | 925 ± 16 | 0.097 c* | 288 a | 1223 a |
| Media | 270 | 938 ± 14 | 0.215 b | 282 a | 1066 b |
| Alta 1 | 270 | 818 ± 20 | 0.259 a | 282 a | 1036 b |
| Alta 2 | 270 | 892 ± 16 | 0.232 ab | 300 a | 1100 b |
| E.S. | | | 0.042 | 33 | 140 |

* Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

promedio de peso de los animales en tasas altas y medias era de 270 kg, y 220 kg en la tasa de crecimiento baja, en tanto que en la finca 5 el empadre de las novillas se realizó a los 300 kg. En este último caso, las ganancias de peso vivo observadas durante 24 meses a partir del destete a los 9 meses se resumen en el Cuadro 3.

Tanto en el caso del experimento realizado en el CI. Carimagua como en la finca 5, la variación de peso entre animales fue considerable, por lo que los resultados del ajuste del modelo de predicción sólo son válidos para grupos de animales y no para animales individuales. Los valores de los parámetros de la ecuación 1 y los pesos calculados para niveles crecientes de concepción se incluyen en el Cuadro 4. Asimismo se observa que las decisiones tomadas en relación con el peso de empadre afectaron los pesos requeridos para tasas de concepción bajas, pero el efecto no fue significativo a mayores pesos y tasas de concepción.

Desempeño reproductivo a largo plazo

El seguimiento de las concepciones y pariciones de los animales antes mencionados, incluida la quinta

parición, reveló que los animales sometidos a estrés durante los primeros 3 años (tasa baja de crecimiento), consiguieron llegar a pesos asintóticos significativamente mayores que en los demás tratamientos (Cuadro 5), cuando se ajustó el modelo de crecimiento de Gompertz (Joandet y Cartwright, 1969) a los datos individuales. El modelo ajustado fue el siguiente:

$$\text{Peso calculado} = 31 \cdot \exp [d \cdot (1 - \exp(-c \cdot \text{edad, días}))] \quad (2)$$

donde, d y c son parámetros y 31 es el peso promedio al nacer.

Los pesos asintóticos encontrados son equivalentes del "peso a la madurez" estimado por la ecuación de Gompertz, pero en el presente contexto representan el peso asintótico que el sistema de pastoreo permite lograr, sin tener connotaciones sobre la expresión del potencial genético de los animales.

Los pesos asintóticos que aparecen en el Cuadro 5 fueron afectados negativamente por el peso de las novillas a la primera concepción ($r = -0.65$, $P < 0.001$), lo cual indica que en sistemas de pastoreo que sólo permiten modestas ganancias de peso, las novillas que

Cuadro 3. Ganancias de peso vivo animal de novillas destete entre los 9 y 33 meses de edad en la finca 5. Llanos Orientales de Colombia.

| Pastura | Animales (no.) | Carga (animal/ha) | Ganancia (kg/animal por día) | D.E. |
|--|----------------|-------------------|------------------------------|-------|
| <i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i> | 24 | 1.04 | 0.330 a* | 0.072 |
| <i>B. humidicola</i> + <i>D. ovalifolium</i> | 23 | 1.69 | 0.150 c | 0.060 |
| Sabana | 10 | 0.15 | 0.195 b | 0.033 |

* Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

Cuadro 4. Parámetros de la ecuación sigmoide (ecuación 1) y pesos calculados para diferentes tasas de concepción en novillas sometidas a diferentes tratamientos de levante. Llanos Orientales de Colombia.

| | Tasa de crecimiento hasta el empadre | | | Resultados en la finca 5 |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------|---------------------|--------------------------|
| | Baja | Media | Alta | |
| Peso de empadre (kg) | 220 | 270 | 270 | 300 |
| Parámetros: ^a | | | | |
| a | 2,000 | 2,140,644,040 | 7,636,788 | 3,694,232 |
| k | 0.03 | 0.08 | 0.057 | 0.0525 |
| Concepción (%) | | | Peso necesario (kg) | |
| 50 | 253 | 269 | 278 | 288 |
| 60 | 267 | 274 | 285 | 296 |
| 70 | 282 | 279 | 293 | 304 |
| 80 | 300 | 286 | 302 | 315 |

a. La correlación asintótica entre los parámetros no fue significativa ($P > 0.05$).

Cuadro 5. Pesos asíntóticos o logrados a la madurez por novillas que estuvieron sometidas hasta la pubertad a diferentes tasas de crecimiento. Llanos Orientales de Colombia.

| Tasa de crecimiento | Pesos asíntóticos |
|---------------------|-------------------|
| Baja | 350 a* |
| Media | 331 ab |
| Alta 1 | 325 ab |
| Alta 2 | 311 b |

* Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan ($P < 0.05$).

conciben a pesos más bajos tienden a mantener, durante el resto de su vida productiva como vacas, pesos bajos. Lo anterior sugiere la necesidad de aumentar el nivel nutricional de esos animales para evitar comprometer sus pesos posteriores, ya que en sistemas extensivos de cría de vacunos, el peso de la vaca al momento del descarte será un porcentaje alto del total de producción de carne —peso de la vaca más peso de los terneros destetos producido— durante toda su vida productiva.

El mayor peso asíntótico logrado por animales que durante la etapa de novillas estuvieron sometidos a baja tasa de crecimiento (Cuadro 5) no parece lógico. Sin embargo, la limitada evidencia existente en la literatura muestra claramente que novillas y vacas sometidas a períodos alternados de ganancia y pérdida de peso, reinician sus ciclos estrales luego de períodos de estrés nutricional, a pesos mayores que los requeridos cuando tal alternación no existe (Donaldson y Takken, 1968; Hale, 1975). Este fenómeno, aunado a la significativamente mayor edad a la primera concepción (Cuadro 2), claramente llevaría a largos intervalos entre partos y, consecuentemente, a un menor número de terneros producidos durante la vida útil de las vacas. En efecto, a lo largo de los 10 años de este experimento, el número de terneros destetos por vacas que habían estado sometidas a baja tasa de crecimiento fue de 3.38, en comparación con 4.00 en las demás vacas ($P < 0.01$). Sin embargo, las primeras tendieron a destetar terneros de mayor peso ajustado a los 240 días (127, 139, 141 kg de PV para las tasas de crecimiento alta, media y baja, respectivamente), lo cual es consistente con los mayores pesos asíntóticos conseguidos por estos animales (Cuadro 5).

La combinación de mayores pesos al destete, pero menor número de terneros producidos durante la vida útil de las vacas, resultó en la falta de significancia ($P > 0.05$) en el total de kilogramos destetados, los cuales fueron de 66.5, 80.1 y 64.6 kg/vaca por año en los tratamientos de baja, media y alta tasa de

crecimiento, respectivamente. A partir de estos resultados se deduce la necesidad de mejorar la nutrición de las novillas que conciben a temprana edad y peso bajo, inclusive mejor que la alcanzada en pasturas de *B. humidicola* en la Altillanura, para que las ventajas de la concepción a edad temprana no se vean negativamente compensadas por menores pesos de los terneros al destete y de las vacas adultas. Igualmente, es claro que novillas sometidas a estrés nutricional severo en su etapa de crecimiento, como en este caso, las del tratamiento de baja tasa de crecimiento, deben recibir un tratamiento posterior a la pubertad que les permita un rápido crecimiento compensatorio, para que logren el máximo número de concepciones durante el resto de su vida útil.

Es posible que estas estrategias alternativas de alimentación en pastoreo impliquen una considerable flexibilidad en los métodos de levante de novillas de carne para reemplazo en los hatos de cría (Vera et al., 1993), lo que coincide con resultados de Clanton et al. (1983), quienes trabajaron con tasas de crecimiento mayores que las aquí registradas.

Los pesos de las vacas a la concepción aumentaron significativamente con el número de la preñez. El promedio general, calculado por el método de cuadrados mínimos, fue de 306 ± 41 kg, y los promedios para las concepciones 1 a 4 fueron de 284, 302, 317 y 319 kg, respectivamente, sin un efecto significativo de los tratamientos originales de las novillas ($P > 0.05$). Los pesos registrados 56 días antes del parto de las vacas siguieron tendencias similares, con un promedio general de 386 ± 45 kg, siendo mayor en la primera parición (341 kg). Tal como era de esperarse, debido a la demora en la primera concepción de las novillas del tratamiento de baja tasa de crecimiento, éstas presentaron ($P < 0.05$) mayor peso preparto (380 kg) que las de los tratamientos de tasas media (365 kg) y alta (358 kg). Los pesos posparto y al destete de las vacas siguieron tendencias similares. A través de todos los tratamientos y entre las concepciones 1 a 5, los promedios de los pesos a concepción, preparto, posparto y destete aumentaron 10.2 ± 2.8 , 8.0 ± 3.8 , 8.8 ± 3.2 y 15.5 ± 2.9 kg por concepción, respectivamente. El promedio para los intervalos entre partos (IEP) fue de 584 ± 10 días, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos o concepciones (Vera, 1991).

Los resultados obtenidos a nivel de finca no son diferentes de los anteriores. Por ejemplo, en la finca 4, durante 24 meses se levantaron novillas en varios regímenes de pastoreo (Cuadro 6), con la finalidad de lograr diferentes tasas de crecimiento y comparar pasturas. El empadre se realizó cuando cada grupo

Cuadro 6. Ganancias de peso vivo de novillas entre 9 y 33 meses de edad. Finca 4, Llanos Orientales de Colombia.

| Pastura | Tratamiento (no.) | Animales (no.) | Carga (animal/ha) | Ganancia (kg/animal por día) | D.E. |
|--|-------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-------|
| A. gayanus + S. capitata (Ag + Sc) | 1 | 40 | 1.33 | 0.245 a | 0.036 |
| Ag + Sc en época de lluvias y sabana en época seca | 2 | 20 | 1.33 0.15 | 0.218 b | 0.019 |
| Igual a la anterior hasta el empadre, luego sabana | 3 | 40 | 1.33 0.15 | 0.217 b | 0.029 |
| Sabana | 4 | 40 | 0.15 | 0.118 c | 0.027 |

llegó a un peso medio de 300 kg. En esas condiciones, el desempeño reproductivo durante los 3 años siguientes fue el que aparece en el Cuadro 7.

De los resultados de peso vivo, ganancias de peso e IEP antes presentados se deduce que los tratamientos presentaron un equilibrio que sería muy sensible a cambios en el nivel nutricional, pero con efectos predecibles bastante exactos para grupos de animales. Sin embargo, y a pesar de representar sistemas de cría de mínimos insumos físicos y de bajos requerimientos de manejo, basados en una pastura de reconocidas limitaciones nutricionales, el desempeño reproductivo general de los animales se aproximó a una tasa de parición anual mínima de 60% a 65%, lo cual representa una mejoría considerable sobre las reportadas en sistemas basados exclusivamente en la sabana nativa (Kleinheisterkamp y Hábich, 1985). Los parámetros aquí reportados podrían mejorarse significativamente si se hiciera el descarte de novillas y vacas con base en el desempeño reproductivo, pero esto requeriría el uso de registros individuales, lo cual representa un nivel de administración que no es

Cuadro 7. Desempeño reproductivo de novillas sometidas a diferentes tratamientos. Finca 4, Llanos Orientales de Colombia.

| Tratamiento ^a | Parto no: | | | Intervalo entre partos 1 y 2 (meses) |
|--------------------------|--------------|------|------|--------------------------------------|
| | Edad (meses) | | | |
| | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | 39 a* | 58 a | 75 | 19 |
| 2 | 39 a | 58 a | n.d | 19 |
| 3 | 44 b | 65 b | n.d | 21 |
| 4 | 54 b | n.d. | n.d. | n.d. |

- a. Los tratamientos (pasturas) son iguales a los que aparecen en el Cuadro 6.
 * Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan (P < 0.05).
 n.d. Datos no disponibles por suspensión del experimento.
 Las cifras en itálica representan datos incompletos, por suspensión del experimento.

frecuente en sistemas extensivos de producción y que, probablemente, refleja el limitado incentivo económico que presenta dicha práctica (Thornton, 1989).

Crecimiento compensatorio y eficiencia reproductiva

Como se sugirió anteriormente, una posible estrategia de levante consiste en mantener las novillas de reemplazo, a partir del destete y hasta el empadre, en pasturas de moderada calidad con ganancias diarias de peso vivo modestas, inferiores a 300 g, para posteriormente hacer uso del crecimiento compensatorio, transfiriéndolas a niveles de alimentación superiores. Esta hipótesis se evaluó en un experimento (Vera et al., s.f.) en el cual nuevamente se llevaron novillas destetadas hasta un peso vivo de 270 kg, en tres tasas de crecimiento (alta = 0.20, media = 0.18 y baja = 0.11 kg/día, respectivamente) en pasturas de *B. humidicola*. Posteriormente, cada grupo se subdividió en dos, que pasaron a pasturas de *B. humidicola* para mantener una tasa baja, o a *B. decumbens* para lograr una tasa alta de crecimiento. Se obtuvieron así seis grupos de animales, producto de la combinación factorial de tres tratamientos inicialmente y, posteriormente, de dos. En la segunda fase, las ganancias de peso vivo en *B. decumbens* variaron entre 0.22 y 0.35 kg/día por animal, dependiendo del tratamiento recibido anteriormente, mientras que en *B. humidicola* variaron entre 0.12 y 0.25 kg/día por animal.

Al igual que en experimentos anteriores, el peso a la concepción fue semejante en los seis tratamientos (310 kg) y, en consecuencia, estuvo asociado con diferencias considerables en la edad a la primera parición (P < 0.05). Las tasas de crecimiento y aumento de peso de los animales fueron influenciados por la combinación de tratamientos pre y posempadre, pero el efecto principal fue el régimen de pastoreo en la segunda fase (P < 0.01), como lo demuestran los pesos asintóticos derivados del ajuste de una función logística a los datos (Cuadro 8).

Cuadro 8. **Peso (kg) asintótico de vacas sometidas a seis tratamientos factoriales de crecimiento.**

| Tasa de crecimiento en la primera fase | Tasa de crecimiento en la segunda fase | |
|--|--|------|
| | Alta | Baja |
| Alta | 387 | 349 |
| Media | 390 | 345 |
| Baja | 381 | 332 |
| E.S. del promedio | 44 | |

Las tendencias anteriormente citadas se reflejaron en los pesos de las vacas al destete, 336 y 273 kg para las tasas alta y baja de crecimiento, respectivamente; de los terneros destetos, 173 y 152 kg para las mismas tasas; y los intervalos de parto de 543 y 723 días, respectivamente. Es importante mencionar que, en general, los tratamientos a que se sometieron las novillas en la primera fase tuvieron poco a ningún efecto residual sobre su desempeño reproductivo posterior como vacas.

En consecuencia, estos resultados comprueban la hipótesis de que en estos sistemas extensivos se dispone de bastante flexibilidad en el levante de las novillas de reemplazo y que, dentro de los límites experimentados aquí, los atrasos en su crecimiento posdestete se pueden compensar a partir del empadre y posterior tratamiento de las vacas adultas. Aún así, subsiste la duda sobre el desempeño reproductivo de novillas y vacas levantadas y mantenidas en mejores condiciones nutricionales desde el destete hasta la madurez. Este aspecto fue el motivo para el siguiente experimento.

Crecimiento continuo y desempeño reproductivo

Para verificar el efecto de tasas de crecimiento positivo continuas y mayores, se levantaron 26 novillas Brahman en pasturas de *B. decumbens*, con una carga de 1.5 animales/ha. Los animales se mantuvieron en las mismas pasturas a partir del destete durante un total de 9 años (Vera et al., s.f.). Al contrario de la práctica habitual, estos animales se empadronaron con una edad promedio de 1071 ± 28 días y peso de 358 ± 5 kg. El empadre fue estacional y en dos periodos: 90 días al final de la estación lluviosa y 45 días al comienzo de la misma.

Al igual que en los casos mencionados anteriormente, se ajustaron modelos logísticos al peso de los animales. El peso promedio asintótico alcanzado fue 388 ± 8 kg, aunque hubo evidencias significativas ($P < 0.05$) de que el mismo tendió a decrecer

ligeramente a lo largo del período de observación. El peso a la concepción siguió la misma tendencia, la cual disminuyó de 421 kg en la primera concepción a 373 kg en la cuarta. Por el contrario, el peso de las vacas al destete no fue afectado significativamente por el número de la concepción y presentó un promedio de 356 ± 6 kg. El IEP promedio fue de 445 ± 15 días, sin diferencias significativas entre partos. Por el contrario, los pesos de los terneros al destete disminuyeron significativamente ($P < 0.01$) entre pariciones a una tasa de 11.5 kg. En general, estos resultados no difieren sustancialmente de los anteriormente presentados y, en particular, de los niveles de desempeño reproductivo obtenidos en novillas levantadas en niveles bajos a moderados hasta el empadre y transferidas, posteriormente, a niveles de crecimiento más altos, como las experimentadas por los animales del tratamiento alta tasa de crecimiento, ilustrado anteriormente.

Discusión general

Las relaciones entre nivel de nutrición, crecimiento y desempeño reproductivo en sistemas de cría extensivos presentados en este artículo son empíricas y utilizan el peso del animal como variable indicadora del estado nutricional de grupos de animales de raza Brahman exentos de deficiencias minerales ostensibles (Vera y Rivera, 1990). Este enfoque, exclusivamente empírico, es necesario mientras las relaciones causales entre nutrición y los mecanismos endocrinológicos que regulan los eventos reproductivos no sean lo suficientemente entendidos como para realizar una síntesis que sirva para desarrollar modelos predictivos. Tal síntesis no parece estar cercana aún (Inskip, 1994; Niswender et al., 1994).

Los resultados aquí presentados sugieren con claridad que, dentro de un amplio rango, el peso es una variable de alta importancia en la expresión de la pubertad y en la determinación de la probabilidad de concepción. Tal como lo sugirieron Clanton et al. (1983), entre otros, la ocurrencia de la pubertad en novillas de razas de carne ocurrirá siempre al mismo peso, independientemente del régimen de crecimiento previo. Estos resultados también verifican dicha hipótesis en animales que crecieron en tasas muy inferiores a las reportadas por los autores antes citados, pero que son características de las encontradas en sistemas extensivos de los Llanos Orientales de Colombia, como lo demuestran los resultados obtenidos a nivel de finca en este y otros trabajos anteriores (Kleinheisterkamp y Häbich, 1985). En general, se ha verificado que dicha relación entre peso y concepción se mantiene dentro de un amplio rango de niveles nutricionales en pastoreo sin suplementación, pero que

se pueden modificar si se altera la relación acetato:propionato en el rumen mediante la suplementación con concentrados (Marston et al., 1995) o con modificadores de la fermentación ruminal como la monensina (Moseley et al., 1982).

Dentro de las posibilidades evaluadas en este estudio, es claro también que es posible seguir varias estrategias alternativas para lograr en forma consistente tasas de parición entre 60% y 80% en sistemas de pastoreo. Tasas de crecimiento relativamente altas, tales como las logradas en el experimento con *B. decumbens*, están exentas del riesgo de sobrealimentar a las novillas, lo cual posiblemente perjudicaría su producción de leche más tarde (Johnsson y Obst, 1984; Sejrnsen, 1994), a la vez que aseguran un adecuado crecimiento mamario entre la pubertad y el primer parto. Sin embargo, juzgando por los pesos de los terneros al destete, es obvio que novillas sometidas a restricción alimentaria en pasturas de inferior calidad, como *B. humidicola*, son capaces de lograr los mismos resultados si a partir de la primera concepción tienen acceso a pasturas de mejor calidad. Los resultados de desempeño reproductivo y peso de vacas para las estrategias de manejo más eficientes, fueron ligeramente inferiores a los reportados por Badillo (1996) para 11 fincas del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia que usan pasturas iguales a las referidas en este artículo y localizadas en una región que, en general, posee suelos ligeramente más fértiles que los de la altillanura y donde las condiciones de manejo de las fincas tienden a ser más intensivos. Lo anterior implica, en consecuencia, que las estrategias de manejo de novillas y vacas aquí propuestas son factibles y ya han sido implementadas en regiones más favorecidas.

Un aspecto muy importante que debe ser considerado en los ensayos aquí presentados, es el hecho de que los animales experimentales se han movido dentro de rangos de peso adulto relativamente estrechos y dentro de los cuales modificaciones del peso del orden de 30 a 50 kg pueden tener un impacto altamente significativo. Es probable que estas modificaciones en el peso, frecuentemente confundidas con variaciones estacionales en la cantidad y calidad del forraje en oferta, pasen desapercibidas para el productor, lo que dificultaría el manejo reproductivo de novillas y vacas de cría. Esta es probablemente una de las tantas razones por las cuales la adopción de tecnologías reproductivas ha estado rezagada aún en países desarrollados (Anónimo, 1995; Williams, 1990).

A pesar de lo expuesto anteriormente, los resultados presentados muestran que en los Llanos Orientales de Colombia es posible lograr tasas de

eficiencia reproductiva bastante altas, manejando los recursos forrajeros disponibles para los animales y utilizando el peso de los mismos como indicador de su estado nutricional. También es claro que es posible lograr niveles de desempeño reproductivo considerablemente superiores a los habituales, mediante una variedad de estrategias de pastoreo que aseguran pesos mínimos en la primera y en las siguientes concepciones, y que en gran medida dichos resultados serán independientes del régimen en que se levantan las novillas de reemplazo.

Agradecimientos

El autor agradece a S. Cajas, H. Ayala, C. A. Ramírez, O. García, R. Botero, T. Romero y a A. Rodríguez por su colaboración para la realización de los trabajos de campo; a R. Coe por su colaboración para la realización de algunos análisis estadísticos, y a los propietarios de las fincas donde se desarrollaron los trabajos.

Summary

The Eastern Plains of Colombia, where the present study was conducted, are undergoing a dynamic process of technological change, the main innovation being to increasingly replace native savannas by incorporating new pastures, mainly of *Brachiaria humidicola* and *B. dictyoneura* cv. Llanero, and, to a lesser extent, of *B. decumbens* cv. Basilisk. The results presented here are from long-term experiments conducted at the Carimagua Research Station and from shorter term observations carried out on collaborating farms of the region. When reproductive performance was evaluated in pastures with a stocking rate of one head per hectare, periodic adjustments were made to maintain the levels of forage-on-offer as representative of good pasture management. In all the experiments, the animals received, on an ad lib. basis, a supplement of complete mineralized salts containing 8% P. Recorded reproductive indexes should be considered as minimum values, capable of being improved. With one exception, continuous mating was always used, with a minimum of 3% of the bulls rotated at intervals of 3 to 4 months, before their revision. Heifer weight at mating varied slightly among experiments and farms. In all cases, pure Brahman bulls were used, and in all experiments and farms, both the nursing heifers and cows were pure Brahman or, if their pedigree was not assured, that race predominated. Without exception, calves were weaned at an average age of 9 months. The results clearly suggest that, within a broad range, weight is a highly important variable in the expression of puberty and in the probability of conception. These results also confirm the hypothesis that puberty in beef heifers always occurs at the same weight, regardless of

previous growth regimes. The study also showed that several alternative strategies can be followed to consistently achieve calving rates between 60% and 80% in grazing systems. Systems permitting growth rates as high as those obtained in the experiment with *B. decumbens* do not run the risk of overfeeding the heifers (which would probably damage subsequent milk production) and, at the same time, they ensure an adequate mammary growth between puberty and first calving. However, judging by the weights of calves at weaning, heifers submitted to dietary restrictions in lower quality pastures, such as *B. humidicola*, are obviously capable of achieving the same results if, beginning with first conception, they have access to better quality pastures. A most important aspect of the trials presented here is that the experimental animals shifted within relatively narrow ranges of adult weight, and weight modifications of 30 to 50 kg can have a highly significant impact. These results show that, in the Eastern Plains of Colombia, sufficiently high reproductive efficiency rates can be achieved by managing the forage resources available for animals and using their weight as an indicator of nutritional status. Levels of reproductive performance considerably higher than normal levels can also be achieved through a variety of grazing strategies that ensure a minimum weight at first conception as well as at subsequent conceptions. Such results are largely independent of the regime on which replacement heifers are raised.

Referencias

- Amézquita, M. C. 1993. Methodologies for the analysis of categorical data: Case studies. CIAT Seminar.
- Anónimo. 1995. Producers don't use much of the reproductive management technology. BEEF, Enero 1995.
- Badillo, M. 1996. Parámetros para el primer servicio de novillas Brahman en Colombia. Revista El Cebú 288:24-38.
- Bronson, F. H. y Rissman, E. F. 1986. The biology of puberty. Biol. Rev. 60:157-195.
- Cadavid, J. V. 1995. Comportamiento y limitantes de la adopción de pastos y cultivos asociados en los Llanos Orientales de Colombia. Tesis de Maestría, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Cali, Colombia. 157 p.
- Cajas, S.; Vera, R. R.; Tergas, L. E.; y Ayala, H. 1985. Efecto de la carga sobre el crecimiento y manifestación del celo en novillas levantadas en pasturas mejoradas. Pasturas Trop. 7:2-7.
- Clanton, D. D.; Jones, L. E.; y England, M. E. 1983. Effect of rate and time of gain after weaning on the development of replacement beef heifers. J. Anim. Sci. 56:280-285.
- Crichton, J. A.; Aitken, J. N.; y Boyne, A. W. 1959. The effect of plane of nutrition during rearing on growth, production, reproduction and health of dairy cattle. Anim. Prod. 1:145-162.
- Donaldson, L. E. y Takken, A. 1968. Effects of nutrition changes on oestrus in heifers. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 7:180-192.
- Foster, D. L. 1988. Puberty in the female sheep. En: Knobil, E. y Neill, J. D. (eds.). The physiology of reproduction. Raven Press, Nueva York, E.U.
- Hale, D. H. 1975. Nutrition, hormones and fertility. Rhod. Agric. J. 72:69-73.
- Hoyos, P. y Lascano, C. 1985. Calidad de *Brachiaria humidicola* en pastoreo en un ecosistema de bosque semi-siempre verde estacional. Pasturas Trop. 7:3-5.
- _____; Vera, R. R.; Lascano, C.; y Franco, M. A. 1992. Manejo del pastoreo por productores de la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. En: Pizarro, E. A. (ed.). Primera Reunión Ecosistema Sabanas, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Documento de Trabajo no. 177. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 679-684.
- Inskoop, E. K. 1994. Symposium: Ovarian function in mammals. Introductory remarks. Biol. Reprod. 50:3-4.
- Joandet, G. E. y Cartwright, T. C. 1969. Estimation of efficiency of beef production. J. Anim. Sci. 29:862-868.
- Johnsson, I. D. y Obst, J. M. 1984. The effects of level of nutrition before and after 8 months of age on subsequent milk and calf production of beef heifers over three lactations. Anim. Prod. 38:57-68.
- Joubert, D. M. 1954. The influence of winter nutritional depression on the growth, reproduction and production of cattle. J. Agric. Sci. 44:5-66.
- Kalbfleisch, J. D. y Prentice, R. L. 1980. The statistical analysis of failure time data. Wiley, Nueva York, E.U.
- Kirkwood, R. N.; Cumming, D. C.; y Aherne, F. X. 1987. Nutrition and puberty in the female. Proc. Nutr. Soc. 46:177-192.
- Kleinheisterkamp, I. y Häbich, G. 1985. Colombia: Estudio biológico y técnico. En: Vera, R. R. y Seré, C. (eds.). Sistemas de producción pecuaria extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 231-278.
- Louw, B. P.; Thomas, C. R.; y Lishman, A. W. 1988. The influence of loss and gain of body mass on ovarian activity in beef cows. S. Afr. J. Anim. Sci. 18:1-7.
- Marston, T. T.; Lusby, K. S.; y Wetteman, R. P. 1995. Effects of postweaning diet on age and weight at puberty and milk production in heifers. J. Anim. Sci. 73:63-68.

- Morris, C. A. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production. Associations with fertility in the first joining season and with age at first joining. Anim. Breed. Abstr. 48:655-676.
- Moseley, W. M.; Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. C.; Short, R. E.; y Staigmiller, R. B. 1982. Relationship of growth and puberty in beef heifers fed monensin. J. Anim. Sci. 55:357.
- Mukasa-Mugerwa, E. 1989. A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (Zebu) cattle. Monograph no. 6. International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Ababa, Etiopía.
- Niswender, G. D.; Juengel, J. L.; McGuire, W. J.; Belfiore, C. J.; y Wiltbank, M. C. 1994. Luteal function: The estrous cycle and early pregnancy. Biol. Reprod. 50:239-247.
- Sejrsen, K. 1994. Relationships between nutrition, puberty and mammary development in cattle. Proc. Nutr. Soc. 53:103-111.
- Smith, J.; Cadavid, J. V.; Rincón, A.; y Vera, R. R. 1997. Land speculation and intensification at the frontier: A seeming paradox in the Colombian savanna. Agric. Syst. 54:501-520.
- Thornton, P. K. 1989. Computer experimentation with an energy-based simulation model of animal production in the eastern savannas of Colombia. Trop. Agric. 66:217-220.
- Vera, R. R. 1991. Growth and conception in continuously underfed Brahman heifers. Anim. Prod. 53:45-50.
- _____; Ramírez, C. A.; y Ayala, H. 1993. Reproduction in continuously underfed Brahman cows. Anim. Prod. 57:193-198.
- _____; _____; y Velásquez, N. s.f. Growth patterns and reproductive performance of grazing Brahman cows in a tropical environment. (En impresión.)
- _____, y Rivera, B. 1990. Phosphorous and calcium status of breeding cows in extensive ranching systems. En: Rose, M. (ed.). Herbivore nutrition research. 2. International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Brisbane, Australia, 1987. An occasional publication of the Austr. Soc. Anim. Prod. p. 207-208.
- _____, y Seré, C. (eds.). 1985. Sistemas de producción pecuaria extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela. Informe final del Proyecto ETES. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 538 p.
- _____, y _____. 1989. Resultados obtenidos con *Andropogon gayanus* en las fincas de los productores de ganado. En: Toledo, J. M.; Vera, R. R.; Lascano, C.; y Lenné, J. (eds.). *Andropogon gayanus* Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 323-356.
- _____; _____; y Tergas, L. E. 1986. Development of improved grazing systems in the savannas of Tropical America. Proc. Second International Rangeland Congress, Adelaide, Australia. p. 107-111.
- Williams, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: A review. J. Anim. Sci. 68:831-852.