

Balance de energía, nitrógeno y fósforo en sistemas de ceba bovina en pastoreo

Energy, Nitrogen, and Phosphorus Balances in Grazing Cattle Fattening Systems

Miguel Moreno Nápoles¹; Guillermo E. Guevara Viera^{2*}; Zoe Acosta Gutiérrez³; Jorge Alberto Estévez Alfayate⁴; Ángel E. Ceró Rizo⁴; Johny Carmilema Asmal²; Clelia K. Guzmán Espinosa²; Servando A. Soto Senra⁴; Carlos S. Torres Inga²; Raúl V. Guevara Viera²

1. Ministerio de la Agricultura, Delegación provincial Ciego de Ávila, Subdirección de ganadería, Cuba

2. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Azuay, Ecuador

3. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente (CITMA), Delegación Provincial de Camagüey, Cuba

4. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Camagüey, Cuba

guillermo.guevara@ucuenca.edu.ec

RESUMEN

Antecedentes: El objetivo del trabajo fue estimar la eficiencia en la producción lechera de 1 168 casos en la Sierra Sur Andina Ecuatoriana, mediante la aplicación de un modelo de redes neuronales con per-ceptrón multicapa.

Métodos: Los casos fueron tomados de fuentes secundarias provistas por el instituto oficial de estadísticas nacionales del Ecuador para el año 2016. Las variables seleccionadas para el modelo fueron: producción total de leche el día de ayer (P) como variable dependiente y número total de ganado vacuno (GV), el total de trabajadores en el terreno (E) además de la superficie total a cargo de la persona productora (S) como variables independientes. Los criterios de selección de las variables fueron: la existencia de datos por cada caso y el impacto de ellas en la variable dependiente.

Resultados: La eficiencia promedio fue del 8,11 %, donde la cantidad de casos detectados con eficiencia > 0,70 fueron en total 11 (0,9 % de la muestra). Posteriormente, los casos estudiados se clasificaron en tres grupos en función de la eficiencia calculada: Grupo 1 (eficiencia ≤ 0,4), Grupo 2 (eficiencia > 0,4 hasta ≤ 0,7) y Grupo 3 (eficiencia > 0,7).

Conclusiones: Al compararlos se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0,01$) para las variables producción total de leche al año de la granja, y además de otras variables como: total de trabajadores en el terreno, área de la granja, total de vacas, total de unidades de ganado vacuno, partos, vacas preñadas y vacas servidas.

Palabras clave: *ganado vacuno, engorde, nutrientes, reciclaje, eficiencia*

ABSTRACT

Aim: The aim of this work was to estimate the efficiency of milk production in 1 168 cases in Ecuadoran Sierra Sur Andina, with the implementation of neural networks with multilayer perceptrons.

Materials and Methods: These cases were collected from secondary samples provided by the Official Institute of National Statistics of Ecuador, in 2016. The variables chosen for the model were total milk production on the previous day (P), as dependent variable; and total cattle heads (CH), total laborers in the field (E), and total surface attended by laborer (S), as independent variables. The selection criteria were the existence of data from individual cases, and their impact on the dependent variable.

Results: The average efficiency was 8.11 %, from which the total cases detected efficiently (> 0.70) accounted for 11 (0.9 % of the sample). Later, the cases studied were classified into three groups, depending on the efficiency calculated: Group 1 (≤ 0.4 efficiency); Group 2 ($> 0.4 - \leq 0.7$ efficiency); and Group 3 (> 0.7 efficiency).

Conclusion: A comparison produced several statistical differences ($P < 0.01$) for variables total milk production/year on the farm, total field laborers, farm size, total cows, total cattle heads, calvings, pregnant cows, and served cows.

Key words: *cattle, bovine, fattening, recycling, efficiency*

INTRODUCCIÓN

El incremento en la producción, junto con mejoras en tecnologías y técnicas de manejo, ha requerido que la importación de materias primas a las fincas sea mediante el uso intensivo de alimentos balanceados, sales minerales y fertilizantes químicos. Dentro de este esquema, los nutrientes que son ampliamente incorporados en la fertilización agrícola son el nitrógeno y el fósforo, elementos secundarios y microelementos, pues las formas más disponibles en el suelo son generalmente insuficientes para satisfacer los requerimientos de los forrajes y otros cultivos (Pérez Infante, 2010; Guevara Viera *et al.*, 2016).

El manejo de nutrientes es un área de reciente interés, como forma de disminuir la contaminación por nitrógeno y fósforo y otros minerales en los sistemas ganaderos de leche y carne. En este sentido, los balances de nutrientes (diferencia de ingresos provenientes por insumos respecto a egresos a través del producto) permiten comprender su dinámica, conocer su potencial para ser retenidos y ciclados dentro del propio sistema y estimar la magnitud del costo ambiental (contaminación, pérdidas y/o transferencia de dichos nutrientes fuera del sistema) y económico, por el valor de los abonos y su aplicación en el sistema (Hristov, Hazen y Ellsworth, 2006; Martín, Díaz y Hernández, 2007; Guevara Viera *et al.*, 2016).

El balance de energía y otros nutrientes en una finca lechera, es una herramienta agroambiental que permite considerar sistemas de manejo que disminuyan la eficiencia energética y las pérdidas de los elementos al medio ambiente (Roca *et al.*, 2018). Las entradas de nutrientes en alimentos y fertilizantes, pueden ser mayores que las salidas en leche, animales vendidos y cultivos. Por esta razón, es necesaria la determinación del balance de cada mineral en las granjas lecheras de la región, para las posibles mejoras al manejo de la misma y ganar en su sostenibilidad y eficiencia.

No se conoce con certeza el tipo de regulaciones que se puedan implementar en Ecuador y es necesario investigar al respecto y para estar en concordancia con ellas, es necesario contar con información que permita cuantificar la cantidad de nitrógeno que ingresa y que sale de las fincas (MAGAP, 2013; Roca *et al.*, 2018). Es difícil medir, de manera rutinaria, pero no imposible, la cantidad de N que se pierde en una granja y si se utilizan estrategias para estimar un tipo de pérdida (ejemplos la volatilización y uso excesivo o inadecuado de fertilizantes).

Por lo tanto, el balance de N en una finca (total de ingresos de N menos total de egresos en forma de productos) es considerado la mejor forma práctica de estimar la cantidad de N que permanece en la finca, que puede ser aprovechado-reutilizado y que, además, puede representar un riesgo potencial para el ambiente por eutrofización (Pérez Infante, 2010; Guevara Viera *et al.*, 2016). Por esta razón, el objetivo del trabajo fue la determinación del balance de energía, nitrógeno y fósforo en sistemas de ceba bovina inicial y final en pastoreo, como herramienta para su manejo y contribuir en su sostenibilidad y eficiencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Empresa Pecuaria Genética Turiguanó, del municipio Morón, provincia Ciego de Ávila, Cuba, cuyo objetivo fundamental es producción de carne. Su extensión es de 7 218,88 ha con un área agrícola de 3 261,52 ha, de las cuales 2 557,57 ha están dedicadas a pastos naturales, 572,26 ha a forraje y a cultivos 131,69 ha.

Se utilizó un sistema de pastoreo continuo durante todo el año, con una variada composición botánica de pastos naturales, entre los que se encuentra la Tejana (*Paspalum notatum*) y cultivados como la Guinea común (*Panicum maximum*), Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y especies arbóreas como Algarrobo (*Prosopis juliflora*), Piñón (*Gliricidia sepium*), Guásima (*Guasuma ulmifolia*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala*), con algunos géneros de leguminosas nativas rastreras como *Desmodium*, *Centrosema* y *Calopogonium*, especies indeseables como Marabú (*Dichrostachys glomerata*), Aroma (*Acacia farnesiana*) Caguazo (*Paspalum virgatum*).

El abasto de agua a los animales se garantiza a través de molinos de viento con tanques circulares que poseen un bebedero a su alrededor. Para el estudio del balance de energía y proteína, se utilizaron los datos obtenidos en la unidad, considerándose el litro como el equivalente a un kilogramo de este producto. Los cálculos se basaron en las tablas de conversión de la energía de los productos, según Funes-Monzote y Monzote (2013). Los balances realizados se efectuaron según el método empleado por Guevara, De Armas, Guevara y Curbelo (2006) energía, nitrógeno y fósforo. Para el procedimiento del balance de energía, nitrógeno y fósforo, se determinaron las entradas y las salidas del sistema y se restaron las salidas de las entradas, lo que arroja el valor numérico del balance en cada nutriente.

Se empleó el coeficiente equivalente de proteína para productos vegetales y pecuarios para el consumo humano empleado en cálculos similares por Funes-Monzote y Monzote (2013) para multiplicarlo por los kilogramos producidos y que salen del sistema y se empleó la equivalencia de 6,25 de nitrógeno para determinar este elemento (N). Los indicadores de sostenibilidad determinados fueron: balance de energía, de nitrógeno y de fósforo.

Para determinar la composición botánica de las unidades evaluadas se utilizó la metodología de los pasos descrita por García-Trujillo y Corbea (1982). Para la alimentación suplementaria de los animales, se empleó miel final como concentrado energético, Norgold como concentrado proteico y sal mineral. La miel final se suministró a razón de 2,0 kg por animal, el Norgold 1,0 kg/a/día y la sal mineral 0,1 kg por animal/día, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 podemos apreciar el balance de energía de la unidad, el cual muestra un saldo negativo, pues las entradas superaron ampliamente a las salidas, por parte de las entradas se destacaron los productos como el concentrado suministrado y el combustible. En estas unidades no se realizan tareas de gran desgaste físico como la chapea manual, la siega para conservar heno o ensilaje y no hay corte de forraje y acarreo, lo que hace que la entrega de energía por parte de los obreros no sea relevante en el balance. El gasto de energía por causa del uso de medicamentos y miel posee un menor peso dentro del sistema ganadero.

Tabla 1. Balance de energía (MJ/año) en el sistema de ceba

Concepto	Energía (MJ/ año)
Carne bovina (MM MJ/ año)	2 829 656
Combustible (MM MJ/ año)	4 349 920
Medicamentos (MM MJ/ año)	12 410 770
Mieles (MM MJ/ año)	8 645 954
Trabajo humano (MM MJ/ año)	9,4
Concentrados (MM MJ/ año)	13 546 370

Total de energía que entra al sistema (MM MJ/ año)	38 953 024
Total de energía producida que sale del sistema (MM MJ/ año)	2 829 665
Total de energía que sale del sistema (MM MJ/ año)	2 829 655
Energía Comestible (MM MJ/ año)	2 829 655
Personas que alimenta al año por ha (#)	18 339
Balance de energía (MM MJ/ año)	(- 36 123 368)

Guevara, De Armas, Guevara y Curbelo (2006) obtuvo un balance favorable debido a que el sistema que estudiaba era muy diversificado; en nuestro caso es muy poco diversificado. El número de personas que cada una de sus hectáreas puede alimentar desde el punto de vista de la energía comestible, es mayor al encontrado por Guevara, De Armas, Guevara y Curbelo (2006) y por Funes-Monzote y Monzote (2013). El balance realizado por estos autores resultó positivo debido a la gran contribución de energía que aportó los vegetales, en el sistema estudiado por ellos; en nuestro caso existen deficiencias, pues la entrada de energía solo es brindada por la carne producida, porque no poseen otras producciones que contribuyan a mejorar el sistema.

El ganado en pastoreo en el trópico bajo frecuentemente presenta deficiencias múltiples de nitrógeno y otros elementos minerales, debido a que los pastos y forrajes muy pocas veces logran satisfacer los requerimientos de estos nutrientes. Este déficit de nutrientes en los pastos está estrechamente relacionado con las características de los suelos. El nitrógeno es un componente fundamental de la dieta de los animales, sobre todo de los que tienen elevadas necesidades de producción: crecimiento, lactación y gestación, porque es el elemento básico para la síntesis de las proteínas (Ayanz, 2006).

En la Tabla 2 se muestra el balance de nitrógeno, el cual arrojó un saldo negativo, Funes-Monzote y Monzote (2013) plantea que el problema del nitrógeno en los sistemas agropecuarios es de los más difíciles de resolver, siempre que no sea por la conocida vía de la aplicación en gran escala de fertilizantes nitrogenados. Una de las formas más viables para solucionar esta dramática situación, es la inclusión de las leguminosas en las áreas de gramíneas por su alto valor proteico, digestibilidad y aceptable composición mineral; además de la fijación que hacen del N atmosférico, que beneficia la calidad y producción de la gramínea (Guevara Viera *et al.*, 2016; Roca *et al.*, 2018).

Tabla 2. Balance de Nitrógeno (kg/ha/año) en el sistema de ceiba

Concepto	Nitrógeno (kg/ha/año)
Total N ₂ que entra al sistema (kg)	51,44
N ₂ que sale en la carne bovina (kg)	86,64
Proteína comestible (kg)	503,90
Proteína por ha año (kg)	121,72
Personas/ ha que se pueden alimentar con proteína animal (#)	32,57
Balance N ₂ (kg/ha/año)	(- 35,20)

Los suelos del trópico húmedo, generalmente son deficitarios de fósforo, elemento de vital importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas (CIAT, 2013). En la Tabla 3 se muestra el balance de fósforo, su deficiencia puede reducir el crecimiento de las células, disminuir la floración y fructificación, reduce el número total de semillas y su tamaño. También actúa directamente sobre la utilización de los carbohidratos y el crecimiento radical, particularmente de raicillas laterales y fibrosas.

Tabla 3. Balance de Fósforo (kg/ha/año) en el sistema de ceba

Concepto	Fósforo (P/ ha/año)
Total de P que entra al sistema (kg)	16,01
Total de P que sale del sistema (kg)	24,49
Personas/ha que pueden utilizar el P producido en el sistema/requerimientos	105,1
Balance P (kg/ha)	(-8,48)

IICA (2009) en el Manual de Buenas Prácticas en Explotaciones Ganaderas de carne bovina, plantea un promedio total de fósforo 0,70 % en terneros de 45-90 kg de peso vivo y de 0,4 % en dietas balanceadas para ganado bovino de carne.

Dada la importancia del fósforo presente en el ecosistema ganadero, los balances del nutriente permitirán conocer el potencial de riesgo ambiental, convirtiéndose en indicadores claves de la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios. El balance permitirá realizar las recomendaciones, sobre cuáles serían las mejores estrategias globales de mejoramiento a partir de la comprensión del ciclo mineral (NRC, 2010; Pérez Infante, 2010; Bargo, 2014).

Los balances de minerales y en primer término el nitrógeno y derivado de eso su eficiencia de utilización son de relevancia para estimaciones de esta índole en sistemas de ganado lechero a pastoreo. Estos minerales se suelen encontrar en la formación de proteínas el nitrógeno y de sales de calcio y fósforo y otros nutrientes y son imprescindibles para la vida (NRC, 2010, CIAT, 2013; Crespo, 2015).

En el caso del fósforo existen en el mundo extensas áreas deficientes en estos minerales y las deficiencias se cubren con balanceados, fertilizantes completos y orgánicos y con la suplementación mineral directa, lo cual es una práctica muy correcta y segura (Kristensen, Mogensen y Knudsen, 2011; Bargo, 2014; Guevara Viera *et al.*, 2016) y solo en el caso de indicadores como el balance de energía, que demuestra aún hay potencial para convertir más energía a productos beneficiosos de salida.

El trinomio energía-nitrógeno-fósforo, es un indicador integral de los sistemas lecheros y se ve influido por un número de factores como son las características físicas de cada sistema, clima, ecosistema ganadero, época del año, manejo de la agrotecnia y fertilización y otros insumos para producir los forrajes, alimentación extra a los pastos y el tipo de animal (Pérez Infante, 2010; Bargo, 2014).

CONCLUSIONES

Son necesarias estrategias para aumentar el aprovechamiento de la energía y los nutrientes como nitrógeno y fósforo e incrementar la producción bovina de carne en su fase final, por lo que las mejoras del reciclaje, el balance y la eficiencia de utilización de la energía y estos minerales, están ligadas a los incrementos en peso vivo/día y a mejores pesos finales a industria en esta fase.

AGRADECIMIENTOS

A la dirección de la Empresa Pecuaria Genética “Turiguanó” y a su personal técnico de campo y operarios, por permitir el acceso a sus áreas de producción con sus rebaños y a los registros de los sistemas ganaderos en los aspectos agrotécnicos, zootécnicos y veterinarios para realizar el estudio.

REFERENCIAS

- AYANZ, A. S. (2006). *Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado*. Madrid: Univ. Politécnica de Madrid.
- BARGO, F. (2014). *Eficiencia de utilización del nitrógeno en sistemas lecheros pastoriles*. XXXVIII Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal, Frutillar, 23 al 25 de octubre.
- CIAT. (2013). *Relación suelo-planta y reciclaje de nutrientes*. En: Programa de pastos tropicales. Informe anual 1989. Documento de trabajo No. 69:11-13.
- CRESPO, G. (2015). Factores que influyen en el reciclaje de nutrientes en pastizales permanentes, avances en el desarrollo de su modelación. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49 (1), 1-11.
- FUNES-MONZOTE, F. y MONZOTE, M. (2013). *Results on Integrated Crop-Livestock-Forestry Systems with Agroecological Bases for Development of the Cuban Agriculture*. 13th IFOAM, Basel, Switzerland.
- GARCÍA TRUJILLO, R. y CORBEA, L. A. (1982). *Métodos de muestreos de pastizales, Curso de post-grado de introducción, mejoramiento y evolución de los pastizales*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey.
- GUEVARA, G. V.; DE ARMAS, D.; GUEVARA, R. V. y CURBELO, L. R. (2006). Sostenibilidad de una unidad de producción lechera. *Rev. Prod. Animal*, 14 (2), 44-48.
- GUEVARA, R. V.; MARTINI, A.; LOTTI, C.; CURBELO, L.; GUEVARA, G. E.; LASCANO, P. *et al.* (2016). Milk Production and Sustainability of the Dairy Livestock Systems with a High Calving Concentrate Pattern at the Early Spring. *RedVet*, 17 (5), 6-10.
- HRISTOV, A.; HAZEN, W. y ELLSWORTH, J. (2006). Efficiency of Use of Imported Nitrogen, Phosphorous, and Potassium and Potential for Reducing Phosphorous Imports on Idaho Dairy Farms. *J. Dairy Sci.*, 89 (9), 3702-3712.
- KRISTENSEN, T.; MOGENSEN, L.; KNUDSEN, M. T. (2011). Effect of Production System and Farming Strategy on Greenhouse Gas Emissions from Commercial Dairy Farms in a Life Cycle Approach. *Livestock Science*, 140 (1-3), 136-148.
- IICA (2009). *Manual de Buenas Prácticas en Explotaciones Ganaderas de Carne Bovina*. Tegucigalpa: Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura.
- MARTÍN, P. C.; DÍAZ, A. y HERNÁNDEZ, J. L. (2007). Una nota sobre el crecimiento y ceba de toretes Santa Gertrudis en una finca de ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41 (2), 7-12.
- NRC (2010). *Nutrients Requirements of Dairy Cattle*. Washington D. C., USA: National Academy of Sciences.
- PÉREZ INFANTE, F. (2010). *Ganadería eficiente, bases fundamentales*. La Habana, Cuba: Ed. MINAG.
- ROCA, A. J.; LASCANO, PAOLA J.; ARCOS, C. N.; CUEVA, NANCY M.; MOLINA, ELSA J.; CURBELO, L. M. *et al.* (2018). Balance forrajero, de energía y nitrógeno en pastizales arborizados con Algarrobo (*Prosopis juliflora* (S.W.) DC.) bajo pastoreo de vacas lecheras. *Revista de Producción Animal*, 30 (1), 38-46.

Recibido: 10-9-2018

Aceptado: 16-9-2018

Conflicto de intereses: Ninguno