

Optimización de la transportación y distribución de gallinaza para la alimentación del ganado lechero en la época de seca

Reinier Lema Camejo*, Silvio J. Martínez Sáez**, Redimio Pedraza Olivera** y Edry A. García Cisneros***

* Empresa Avícola Camagüey, Departamento de Producción, Camagüey, Cuba

** Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba

*** Facultad de Electromecánica, Universidad de Camagüey, Cuba

lemareinier@yahoo.es

RESUMEN

Con el objetivo de optimizar la transportación y distribución de la gallinaza para la alimentación de ganado lechero en la época de seca, se estimó la producción anual de estas excretas en la Empresa Avícola Camagüey, Cuba; también se calculó la disponibilidad de alimentos voluminosos por vaca en época de sequía, en la Empresa Pecuaria Triángulo 3. Se confeccionaron dos raciones: 1) A base de pastos y forrajes (mantenimiento); 2) pastos y forrajes + gallinaza + melaza, esta última para animales que producen 5 kg de leche. Se calcularon las necesidades de gallinaza por unidades, distancias de transportación, consumo y costo de combustible, grasas y lubricantes, y costo por tonelada de gallinaza que se distribuye por rutas. Se determinaron las rutas de transportación viables y las más ventajosas desde el punto de vista económico, así como la cantidad de gallinaza que debe transportarse por rutas. Se propuso un modelo matemático que permite optimizar el proceso de transportación y distribución de la gallinaza hasta las unidades bovinas.

Palabras clave: *optimización, transportación, gallinaza*

Optimizing Delivery and Distribution of Poultry Dung for Dairy Cattle Feeding During Dry Season

ABSTRACT

Annual production of poultry dung at the Avian Center in Camagüey, Cuba, was estimated to optimize poultry dung delivery and distribution for dairy cattle feeding during dry season. Besides, bulk food availability per dairy cow during dry season was also estimated at the Livestock Center "Triángulo 3". Two food intakes were prepared: 1) pasture and forage (maintainance), and 2) pasture and forage + poultry dung + molasses for dairy cows producing 5 kg of milk. Poultry dung demand was estimated taking into account dairy farms number; transportation distances; fuel, oil, and lubricant consumption and costs, and poultry dung ton cost per delivery route. Economically viable and more profitable delivery routes as well as poultry dung quantity to be delivered by each route were determined. A mathematical model for optimizing the process of delivering and distributing poultry dung to every dairy farm is proposed.

Key Words: *optimization, delivery, poultry dung*

INTRODUCCIÓN

En Cuba la producción de excretas de gallinas ponedoras y pollo de ceba sobrepasa las 50 000 toneladas de materia seca. Si a esto se le añade el reemplazo de ponedoras y el material de cama (pollinaza) de todas las categorías de aves que se crían en piso, el volumen total de residuos de la avicultura en el país supera las 100 000 t anuales (Ortiz, 2004).

La ganadería se ha desarrollado en forma extensiva e intensiva en base a pasto natural y cultivado; sin embargo, los pastos tropicales por sí solos no satisfacen completamente los requerimientos

nutricionales de animales en crecimiento y producción (Romero y González, 2005), lo que se relaciona con las variaciones en su producción de biomasa asociada a la época del año.

Dentro de los residuos agroindustriales de posible uso en la alimentación animal se destacan la gallinaza y litera de pollos de engorde (D'Mello y Devendra, 1995). El costo de su transporte y procesamiento no debe ser inconveniente para su empleo.

La transportación se considera uno de los puntos críticos en la cadena de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación animal;

por lo que no debe verse de forma aislada en los diferentes procesos productivos.

El presente trabajo muestra cómo optimizar la transportación y distribución de la gallinaza de la Empresa Avícola de Camagüey e incluirla como suplemento en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo durante la época de seca, para producir 5 kg de leche por vaca diario.

MATERIALES Y MÉTODOS

De los departamentos de producción de la Empresa Avícola Camagüey y Empresa Pecuaria Triángulo 3, se tomaron: el promedio de ponedoras de las unidades productoras de huevos y promedio de vacas en producción, respectivamente; así como la extensión de áreas bajo pastoreo y forrajeras con sus correspondientes especies en la segunda. De los departamentos de Costos, Finanzas y Precios se extrajeron los costos de materias primas y los precios de productos y subproductos; y de los de Transporte se obtuvieron las distancias entre las distintas unidades avícolas y bovinas, tipos de motores, índices de consumo y capacidad de carga de los vehículos de las unidades lecheras.

Propuesta de alimentación animal

Para calcular el volumen de excretas se consideraron los criterios de Stephenson *et al.* (1989) y Estrada (2005); se estimó 1 750 g de peso promedio por ave. Se convirtió de 75 a 18,1 % de humedad de las excretas, según base de datos de Calrac 1.0 (1996).

Se calculó la disponibilidad diaria de pastos y forrajes en el período poco lluvioso, considerando el 70 % de aprovechamiento para pastos en seca y 85 % para los forrajes (Romero y González, 2005).

Se confeccionaron las raciones con el software Calrac 1.0 (1996) para vacas de 400 kg de peso vivo, en segunda lactancia, con potencial productivo de 15 kg, con 3,8 % de grasa y requerimientos energéticos altos por concepto de pastoreo. Se elaboraron dos dietas: una en la que se incluye sólo pastos y forrajes y otra en la que además de alimentos voluminosos se emplea el suplemento gallinaza + melaza para producir 5 kg de leche. Se asumió que todos los animales disponían de sal mineral INRA A2 y agua *ad libitum*. Se determinaron las necesidades de gallinaza por UBPC.

Optimización de la transportación

Se determinaron las distancias de transportación de ida y regreso y consumo de combustible por

rutas según Silveira (1982). Se propuso un índice de consumo para los camiones remotorizados con motores YUMZ-6 e IRIS de 8 y 9 km/l, respectivamente. Se calculó el consumo de diesel mediante la ecuación:

$$C. D = \# \text{ km} / I. C$$

Donde:

C. D: consumo diesel

km: número de kilómetros a recorrer

I. C: índice consumo de combustible

Se consideró el consumo de grasas y lubricantes por rutas como el 5 y 10 % del consumo de combustible, respectivamente (González, 1985). Se calculó el costo de transportación y el costo por tonelada de gallinaza a distribuir por ruta. Se identificaron las rutas cuyo costo por tonelada a distribuir no excedieran el 27 % (79,43 CUP) del precio de una tonelada de DDGS (Norgold® - 294,18 CUP/t) en granja (León-Velarde y Quiroz, 1994). Para la selección de las rutas se utilizó el criterio de los mínimos costos posibles a partir de la implementación de la Teoría de Graphos (Sampieri, 1988). Se determinó la cantidad de subproducto a transportar desde las unidades ponedoras hacia las unidades bovinas.

Formulación general del problema de optimización

Para obtener el modelo de optimización de la transportación y distribución de la gallinaza se partió de un modelo general de optimización (Dartois, 1995), adaptado al problema en estudio para determinar el óptimo en la minimización de los costos de transportación y distribución de la gallinaza, desde las unidades avícolas hasta las unidades bovinas, es decir:

$$\text{Min} Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij}$$

Donde:

i: unidades avícolas.

j: unidades bovinas.

Z: costos de transportación y distribución (CUP)

X_{ij}: cantidad de gallinaza a transportar desde la unidad avícola i hasta la unidad bovina j (t)

Se empleó el programa Microsoft Office Excel (2003) para determinar los indicadores propuestos y el paquete estadístico Systat (Wilkinson, 1997) para la selección de rutas viables económicamente, con la opción seleccionar casos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alimentación animal

La disponibilidad de alimentos voluminosos en seca es de 7 kg de MS, insuficientes para cubrir las necesidades por animal, que deben ser de aproximadamente el 3,5 % (14 kg) de su peso vivo (400 kg) de acuerdo con Combellas (1998). Al confeccionar la ración en la que se incluyen sólo pastos, y forrajes se determinó que los alimentos voluminosos por sí solos, no cubren los requerimientos nutricionales de mantenimiento; pues se establece un balance negativo en cuanto a las necesidades de energía metabólica y proteína bruta de -3,60 Mcal y -40 g, respectivamente; sin embargo, al suplementar con gallinaza y melaza se demostró que para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales en producción es necesario administrar, además de la dieta base, 2,1 kg del subproducto avícola y 3,3 kg de melaza por vaca. El por ciento de inclusión en la dieta de gallinaza fue de 15,13; este se encuentra dentro de los límites de inclusión de esta materia prima (30 a 40 %) según valores citados por Ruiz (1984). La inclusión de melaza en la ración fue de 23,57 %, por debajo de su límite superior de inclusión, que de acuerdo con Parsi *et al.* (2001) puede llegar hasta 25 %.

Optimización de la transportación

Para la optimización se partió del planteamiento de la función *objetivo* en un problema clásico de programación lineal (Dartois, 1995); en este caso se procedió a minimizar el consumo de combustible durante el proceso de transportación y, por consiguiente, los costos totales que se incurre por este concepto; se obtuvo entonces como modelo:

$$\text{MinZ} = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{14} X_{ij} * \text{Cdg} = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{14} X_{ij} * \$/t$$

Donde:

i: unidades avícolas.

j: unidades bovinas.

Z: costos de transportación y distribución (CUP).

X_{ij}: cantidad de gallinaza a transportar desde la unidad avícola i hasta la unidad bovina j (t).

Cdg: costo de distribución de la gallinaza (CUP/t).

La Fig. 1 resalta las rutas identificadas como viables económicamente. La Unidad Básica de

Producción Cooperativa (UBPC) Alberto Becerra no se consideró, pues los costos de distribución de la gallinaza sobrepasan el valor óptimo \$ 79,43 (27 % costo tonelada DDGS). León y Quiroz (1994) señalan que los costos de empleo de los residuos agroindustriales no deben rebasar el 35 % del precio de los alimentos convencionales.

Las cantidades de subproducto a distribuir por rutas se señalan en la Fig. 2. Estas se determinaron para cubrir las demandas de subproducto por parte de las unidades lecheras y teniendo en cuenta, a la vez, las ofertas por parte de las unidades avícolas.

Se propuso no distribuir gallinaza hacia las unidades Batalla de Jimaguayú, La Unión y Mártires de Barbados, pues la demanda de la Empresa Ganadera (5 352 417 kg) excede la oferta disponible del residuo avícola (3 849 980 kg), por lo que se priorizaron al resto de las UBPC con el fin de optimizar la transportación. Quedaron 142 493 kg de gallinaza sin destino aparente, los cuales se pueden emplear para suplementar la alimentación de otras categorías de animales de las unidades bovinas seleccionadas como óptimas para recibir subproducto avícola.

Debido a que los sistemas de crianza avícola intensivos de gallinas ponedoras se rigen por el principio zootécnico-veterinario: “todo dentro, todo fuera”; debe existir coordinación entre las empresas avícolas y ganaderas, para planificar el sacrificio de las granjas avícolas ponedoras y la extracción de excretas, en época de pocas precipitaciones con el objetivo de facilitar el posterior secado y almacenamiento del residuo (Álvarez, 2001); así como garantizar el correcto estado técnico de los medios de transporte que deben emplearse durante el período acordado.

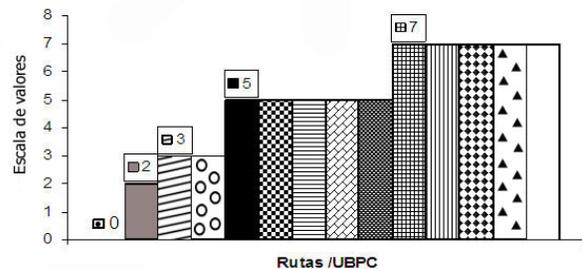


Fig. 1. Cantidad de rutas óptimas de transportación por UBPC

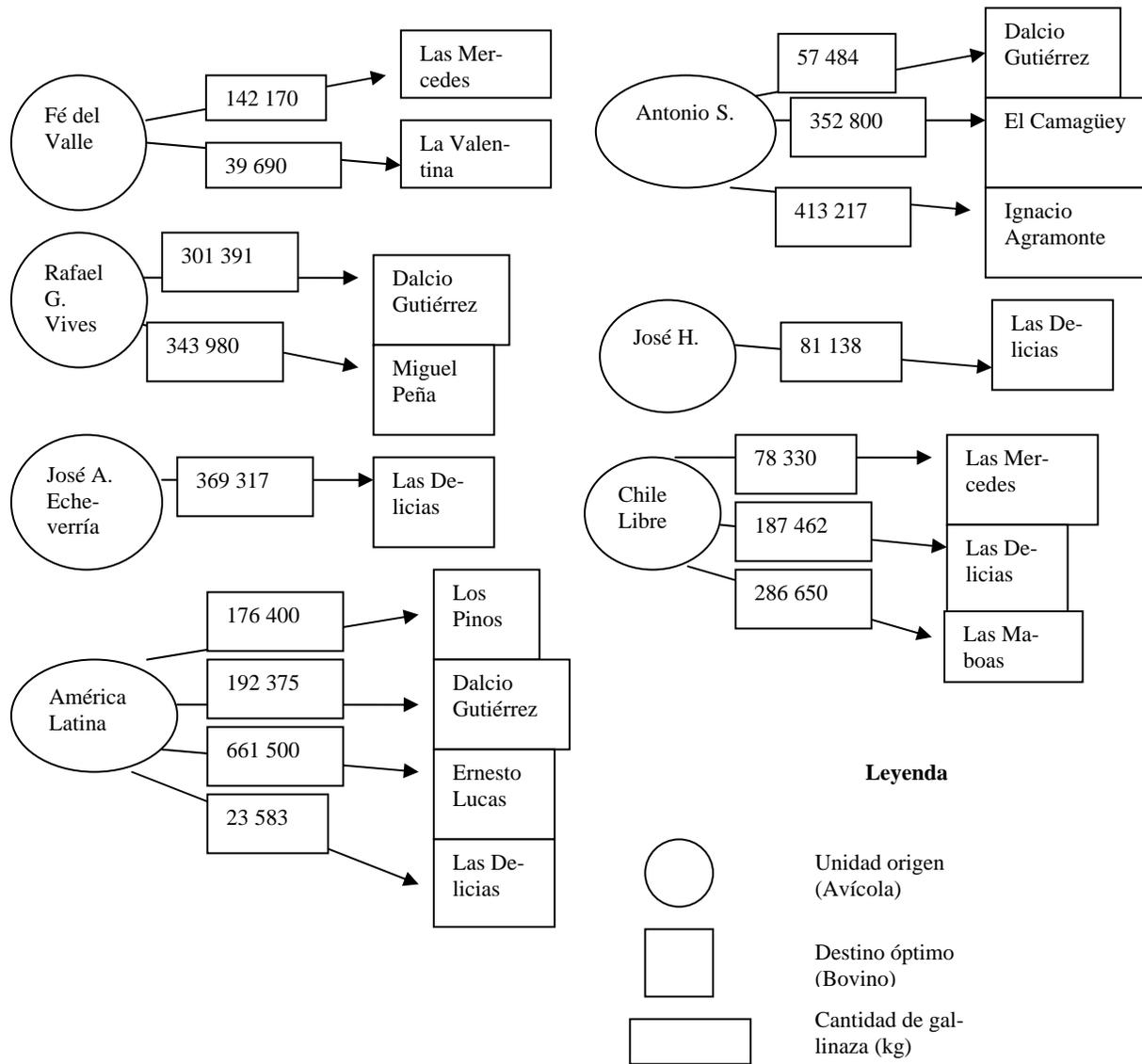


Fig. 2. Rutas de transportación seleccionadas y cantidades de gallinaza para transportar

CONCLUSIONES

El modelo matemático permite optimizar la transportación y distribución de la gallinaza de la Empresa Avícola Camagüey en la alimentación de las vacas lecheras de la Empresa Pecuaria Triángulo 3 en época de seca.

Es más viable económicamente distribuir gallinaza hacia las unidades ganaderas cuyos costos de transportación por toneladas no excedan los 79,43 CUP.

RECOMENDACIONES

Apoyarse en los resultados del trabajo para desarrollar estrategias que optimicen la transporta-

ción y distribución de cualquier residuo de valor nutricional para rumiantes, e incluso para otras especies.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ, R. (2001). *Efecto de la suplementación con cama de pollos sobre las variables productivas de mautes y vacas de doble propósito a pastoreo*. Tesis de grado en Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Venezuela.
- COMBELLAS, J. (1998). *Alimentación de la vaca de doble propósito y de sus crías*. Venezuela: Fundación Inlaca.

- D' MELLO, J. D. y DEVENDRA, C. (1995). Tropical legumes in animal nutrition. *CAB International Wallingford*, (3), 216-221.
- DARTOIS, LAURENT. (1995). *Política de renovación vehicular*. Diplomado de ahorro de la energía en el autotransporte. México: Editorial CONAE.
- ESTRADA PAREJA, MÓNICA MARÍA (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. Facultad de Ciencias administrativas y Agropecuarias de la Corporación Universitaria Lasallista. Extraído el 8 de junio de 2010, desde <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/vol2n1/gallinaza.pdf>.
- GONZÁLEZ, V. (1985). *Explotación del parque de maquinaria*. La Habana: Ed. MES.
- CALRAC. (1996). *Software para la alimentación de rumiantes* (Versión 1.0). Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- LEÓN-VELARDE, C. y QUIROZ, R. (1994). *Análisis de sistemas agropecuarios: uso de modelos biomatemáticos*. Puno, Perú: CIRNMA.
- ORTIZ, A. (2004). Evaluación de desechos de la industria cafetalera y azucarera como camas avícolas en Guantánamo y su aprovechamiento en la alimentación de ovinos. En J. Parsi, L. Godio, R. Miazzi, R. Maffioli, A. Echevarría y P. Provencal (2001). *Cursos de Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I*. Córdoba, República Argentina: FAV UNRC.
- ROMERO, F. y GONZÁLEZ, J. (2005). *Efecto de diferentes fuentes de proteínas en la producción de leche de vacas suplementadas con caña de azúcar*. Extraído el 15 de mayo de 2009, desde http://www.ciat.cgiar.org/tropileche/documentos/informes%2520anuales/anual_report_98/reporte%2520anual98esp/efec_dife_nivel.htm.
- RUÍZ, M. E. (1984). *Utilización del estiércol de aves en el engorde de bovinos*. Primer Curso COLVEZA sobre alternativas para la intensificación del engorde de bovinos en el Trópico, Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas de Antioquia, Medellín.
- SAMPIERI, C. (1988). *Técnicas para la optimización por métodos gráficos*. Italia: Ed. El Mundo.
- SILVEIRA, R. J. (1982). *Teoría y cálculo de máquinas agrícolas*. La Habana, Cuba: Ed. Pueblo Nuevo y Educación.
- STEPHENSON, A. H.; MCCASKEY, T. A. y RUFFIN, B. G. (1989). Treatments to Improve the Feed Nutrient Value of Deep Stacked Broiler Litter. *J. Dairy Sci.*, 67 (1), 441-445.
- WILKINSON, L. (1997). *The System for Statistics* (version 7,01 for Windows). Evanston IL, SYSTAT Inc.

Recibido: 30-9-2011

Aceptado: 15-10-2011