

Elección de planes óptimos de producción pecuaria del instituto de investigación agroindustrial Santiago Antúnez de Mayolo de Tingua

*Francisco Enrique Huerta Berríos
Ricardo Enrique Toledo Quiñones*

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito optimizar la relación técnica de producción pecuaria del Instituto de Investigación Agroindustrial Santiago Antúnez de Mayolo, IIASAM Tingua, a partir de los datos estadísticos relevados de las series históricas sobre los indicadores técnicos de la producción tanto de porcinos, ovinos como de bovinos, para estos dos últimos, de acuerdo a las razas existentes. Con tal fin se integró la investigación agropecuaria con la económica con ayuda del análisis econométrico; es decir se estimaron los modelos de beneficios económicos del cumplimiento de los objetivos de desarrollo del conocimiento científico y tecnológico del referido Instituto de Investigación universitaria.

Como resultado se obtuvieron las optimizaciones tanto del peso de los tipos de ganado como la edad de los mismos; asimismo, un Plan Óptimo de Producción para la crianza del ganado porcino. Se estimó también los modelos econométricos de optimización de la alimentación de los tipos de ganado que mostraron problemas de autocorrelación, lo cual hace suponer que los datos históricos obtenidos por el IIASAM Tingua no están del todo siendo sistematizados correctamente, limitando la aplicabilidad de los resultados en la práctica administrativa y de gestión del Instituto.

En suma, la importancia que reviste esta investigación está en que permite medir la vinculación de las bases teóricas de la función de producción pecuaria y de la optimización técnica con la práctica productiva observada e inferir que los resultados hallados son susceptibles de ser utilizados teóricamente y, con cierta reserva en la toma de decisiones prácticas de administración y gestión productiva del referido Instituto, por las limitaciones de la calidad de los datos seriales.

Palabras clave: Función de producción pecuaria; peso del ganado; edad del ganado; producción de leche; plan de producción.

ABSTRACT

The purpose of this research is to optimize the technical relationship of livestock production of the Institute of Agroindustrial Research Santiago Antúnez de Mayolo, IIASAM TINGUA, from the statistical data collected from the historical series on the technical indicators of the production of both pigs, sheep and cattle, for the latter two, according to the prevailing breeds. To this end, agricultural research was integrated with economic research with the help of econometric analysis; that is to say, the models of economic benefits of meeting the objectives of development of scientific and technological knowledge of the aforementioned University Research Institute were estimated.

As a result, optimizations were obtained for both the weight of the types of livestock and their age; likewise, an Optimal Production Plan for raising pigs. The econometric models of optimization of the feeding of the types of livestock that showed autocorrelation problems were also estimated, which suggests that the historical data obtained by the IIASAM TINGUA would not be being systematized correctly, limiting the applicability of the results in practice. administrative and management of the Institute.

In sum, the importance of this research is that it allows us to measure the link between the theoretical bases of the livestock production function and technical optimization with the observed productive practice and infer that the results found are capable of being used theoretically, and with certain reservations in the practical decisions of administration and productive management of the referred Institute, due to the limitations of the quality of the serial data.

Keywords: Livestock production function; livestock weight; cattle age; milk production; production plan.

INTRODUCCIÓN

La función de producción microeconómica es una relación tecnológica que liga la cantidad de producto a obtener con las cantidades de los diferentes factores de producción variables, dadas las cantidades de los otros factores productivos, el tipo de organización del proceso productivo. Dicha relación es posible determinar de modo experimental o no experimental, especialmente en las funciones de producción agropecuarias. Esta línea constituye un importante campo de investigación, a cuyas referencias bibliográficas relevantes accedimos para enmarcar teóricamente el presente estudio, entre ellos: (Cañas, 1994); (Herrero, 1972); (Iñiguez, 1976); (Pazos, 1977); (A., 1996); (Avilés, 1984); (Soley, 1978); (Ruiz y otros, 1982) y otros.

En países subdesarrollados como Perú, sin embargo, esta línea de investigación de la economía agrícola aún está rezagada y merece un mayor impulso a fin de contribuir en el mejoramiento de la gestión y administración de la producción ganadera en las fincas agropecuarias, por ser la base de una deseable seguridad alimentaria de la población y del despegue de la agricultura y la agroindustria en el país, particularmente en el departamento de Áncash, así como de otros territorios con similar realidad, que también se hallan rezagados en estas áreas estratégicas de desarrollo.

En la producción, al adicionar valor a un bien o servicio para su venta y la generación de beneficios económicos, conviene su realización sí, como resultado, se obtiene un margen que supere los costos incurridos. Esta condición obliga a que los criterios de optimización productiva tengan que estar sistemáticamente integradas con su optimización dentro del mercado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación responde a un diseño no experimental por cuanto se realizó sin manipular deliberadamente las variables, sino observar los hechos tal y como se manifestaron

en la realidad concreta del centro de producción pecuaria del IIASAM TINGUA, perteneciente a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, ubicado en la Provincia de Yungay, Región Áncash. Asimismo, de acuerdo con el número de momentos o puntos en el tiempo en los cuales se recolectaron los datos (dimensión temporal). La investigación comprende, por un lado, el diseño longitudinal, por cuanto se analiza los cambios que se han dado a través de los años operativos del referido centro de producción pecuaria del IISAM TINGUA, con lo cual se buscó obtener inferencias respecto al cambio sus determinantes y consecuencias para los tipos de ganado seleccionados; por otro lado, el diseño transeccional, para lo cual se recolectaron datos en un solo momento del tiempo, o tiempo único, con el propósito de describir las variables de investigación y su interrelación con sus determinantes. Este diseño fue descriptivo y explicativo ex post facto, en tanto se buscó indagar los valores y la incidencia de las variables determinantes en circunstancias transcurridas.

MODELO ECONOMETRICO

El análisis empírico se basa en una función de producción micro económica que liga la producción láctea con los alimentos concentrados utilizados, junto a otros inputs intermedios. Se empleó, específicamente el modelo lineal, puesto que permite una estimación sencilla y de fácil interpretación, el mismo que responde a la siguiente expresión:

$$Y_t = a + bX_t + \mu; \text{ donde:}$$

Y es la producción final de leche por año;

X es el consumo de alimento concentrado por el ganado vacuno lechero por año;

a y b son los parámetros a estimar y μ la variable estocástica.

Para los casos de optimización, se utilizó el modelo cuadrático siguiente:

$$PESO = \alpha + \beta_1 EDAD - \beta_2 EDAD^2; \text{ donde:}$$

PESO se refiere al tipo de ganado (ovino, bovino según las razas Holstein o Brown Swiss, y los porcinos); y EDAD se refiere a cada uno de los tres tipos de ganado antes especificados, en kilogramos por tipo de ganado.

α es la dimensión tecnológica,
 β_1 y β_2 los parámetros de la EDAD.

El método de regresión que se utilizó fue el de los Mínimos Cuadrados Ordinarios, que resultó consecuente para el presente estudio.

Para la estimación de la relación producción–mercado y ante las limitaciones del presupuesto asignado a la investigación, se recurrió al uso de los datos secundarios; pero se obtuvo directamente para el caso del ganado porcino, lo que permitió generar un Plan Óptimo de Producción para el Instituto.

RESULTADOS

Marranas: optimización por edad

No se encontró una relación posible de ser modelizada debido al comportamiento errático de los datos, en tanto éstos no siguen una tendencia definida y, por lo tanto, resultaron poco útiles y confiables.

Ovinos raza hampshire down: optimización por edad

Modelo estimado:

$$\text{Peso (kg)} = 14,5651134 + 15,4155337 \cdot \text{EDAD} - 1,26828621 \cdot \text{EDAD}^2$$

Se encontró que el modelo tiene adecuados indicadores estadísticos y no tiene problemas desde el punto de vista del análisis de regresión. Para optimizar el peso de los ovinos de la raza Hampshire Down en función de la edad, se siguieron estos pasos:

Paso 1: Derivada de la función

Para el efecto se calcula la primera derivada $dP/dEDAD$

$$dP/dEDAD = 15.4155337 - 2 \cdot 1.26828621 \cdot \text{EDAD}$$

Paso 2: Igualar a cero

Igualamos la derivada a cero para encontrar la edad óptima:

$$15.4155337 - 2.53657242 * EDAD = 0$$

Paso 3: Resolviendo para la EDAD.

Despejamos la edad óptima:

$$2.53657242 * EDAD = 15.4155337$$

$$EDAD = 15.4155337 / 2.53657242 = 6.08$$

Paso 4: Sustitución para calcular el peso óptimo.

Sustituyendo la edad óptima en la función original para encontrar el peso:

$$PAG_{\text{óptimo}} = 14.5651134 + 15.4155337 * 6.08 - 1.26828621 * 6.08^2$$

Se calcula:

$$1. 15.4155337 * 6.08^2 = 93.758$$

$$2. 1.26828621 * 6.08^2 = 1.26828621 * 36.96 = 46.917$$

De manera que:

$$P_{\text{óptimo}} = 14.5651134 + 93.758 - 46.917 = 61.41$$

El resultado. El peso óptimo de los ovinos de la raza Hampshire Down a una edad de aproximadamente 6.08 unidades de tiempo es aproximadamente 61.41 kg.

$$1. 15.4155337 * 6.08 = 93.758$$

$$2. 1.26828621 (6.08)^2 = 1.26828621 * 36.96 = 46.917$$

Entonces:

$$\text{PAG óptimo} = 14.5651134 + 93.758 - 46.917 = 61.406$$

El resultado es que el peso óptimo de los ovinos de la raza Hampshire Down a una edad de 6.08 unidades de tiempo es 61.41 kg.

Bovinos de raza Holstein: optimización por edad

Modelo estimado:

$$\text{Peso (kg)} = 111,942275 + 100,080851*EDAD - 4,71184294*EDAD^2$$

Para optimizar el peso de los Bovinos de la raza Holstein por edad, se siguieron estos pasos:

Calculamos la primera derivada $dP/dEDAD$:

$$dP/dEDAD = 100.080851 - 2*4.71184294*EDAD$$

Paso 2: Igualar a cero

Se iguala la derivada a cero para encontrar la edad óptima:

$$100.080851 - 9.42368588*EDAD = 0$$

Paso 3: Resolver para EDAD

Despejando la edad óptima:

$$9.42368588*EDAD = 100.080851/9.42368588 = 10.61 \text{ años}$$

Paso 4: Sustitución para calcular el peso óptimo

Sustituyendo la edad óptima en la función original para encontrar el peso:

$$\text{PAG óptimo} = 111.942275 + 100.080851*10.61 - 4.71184294$$

Cálculos:

$$1. 100.080851 \times 10.61 \approx 10669.73.$$

$$2. 4.71184294 \times (10.61)^2 \approx 4.71184294 \times 112.67 \approx 530.84$$

Cálculo del peso óptimo del bovino a la edad de aproximadamente 10.61 años.

Usando la fórmula:

$$\text{Peso} = 111.942275 + 100.080851 \times 10.61 - 4.71184294 \times (10.61)^2$$

Cálculo de cada término:

$$100.080851 \times 10.61 \approx 1067.499$$

$$(10.61)^2 \approx 112.5721$$

$$4.71184294 \times 112.5721 \approx 530.139$$

Entonces:

El peso óptimo de los bovinos de raza Holstein a una edad de aproximadamente 10.61 unidades de tiempo es aproximadamente 530.139 kg .

Bovinos de raza Brown Swiss: optimización por edad

Modelo estimado:

$$\text{Peso (kg)} = 105,133292 + 94,2853801 \cdot \text{EDAD} - 5,10722927 \cdot \text{EDAD}^2$$

Paso 1: Derivada de la función

Se calcula la primera derivada $dP/d\text{EDAD}$:

$$dP/d\text{EDAD} = 94.2853801 - 2 \cdot 5.10722927 \cdot \text{EDAD}$$

Paso 2: Igualar a cero

Se iguala la derivada a cero para encontrar la edad óptima:

$$94.2853801 - 10.21445854 \cdot \text{EDAD} = 0$$

Paso 3: Resolver para EDAD

Despejamos la edad óptima:

$$10.21445854 \cdot \text{EDAD} = 94.2853801 / 10.21445854 = 9.23$$

Paso 4: Sustitución para calcular el peso óptimo

Sustituyendo la edad óptima en la función original para encontrar el peso:

$$\text{PAG óptimo} = 105.133292 + 94.2853801 * 9.23 - 5.10722927 * (9.23)^2$$

Calculamos:

$$1. 94.2853801 * 9.23 \approx 869.6394$$

$$2. 5.10722927 * (9.23)^2 \approx 5.10722927 * 85.06 \approx 434.355$$

Entonces:

$$\text{PAG óptimo} \approx 105.133292 + 869.63 - 434.35 \approx 540.41$$

Resulta que, el peso óptimo de los bovinos de raza Pardo Suizo a una edad de aproximadamente **9.23 unidades de tiempo** es aproximadamente **540.41 kg**.

Bovinos de raza Holstein: rendimiento y consumo

Modelo estimado:

$$\text{Litros de leche (mes)} = 70,8677909 + 2,35807061 * \text{CONSUMO CONCENTRADO}.$$

Se halla que pese a que el modelo tiene adecuados indicadores estadísticos muestra problemas de autocorrelación, lo cual no fue posible corregirse aplicando los métodos econométricos usuales.

Es importante tener en cuenta que esto puede afectar la validez de las estimaciones. Sin embargo, dado que el modelo es simple y lineal, procederemos a optimizarlo dentro de sus limitaciones.

Paso 1: Evaluar el modelo

El modelo es lineal y no contiene un término cuadrático ni interacciones, lo que significa que la producción de leche se incrementa de manera constante con el consumo concentrado.

Paso 2: Encontrar el Punto Óptimo

Dado que el modelo es lineal, no hay un punto de máximo o mínimo en el sentido clásico. En este caso, la producción de leche aumenta indefinidamente con el aumento del consumo concentrado, dentro de rangos razonables de consumo.

Paso 3: Análisis práctico

- 1. Rango de Consumo:** Se debe establecer un rango práctico para el consumo concentrado, basado en la alimentación y condiciones de salud de los bovinos.
- 2. Límite de Producción:** Determinar un límite en el consumo concentrado que sea sostenible y no perjudique la salud del ganado.

Figura 1

Ganado bovino mejorado del CIESAM Tíngua



Nota. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/unasam/noticias/584617-unasam-proyecta-mejoramiento-genetico-e-incremento-de-sembríos-de-forrajes-en-ciesam-tingua>

Paso 4: Cálculo de Producción

El cálculo de la producción de leche para un valor específico de consumo concentrado, simplemente se reemplaza el valor en la ecuación:

$$Y_o = 70.8677909 + 2.35807061 \cdot \text{CONSUMO CONCENTRADO}$$

Resulta que, para un consumo concentrado de 10 kg/día, la producción de leche sería aproximadamente **94,45 litros/mes.**

De manera que se concluye que, Debido a la naturaleza lineal del modelo, no hay un “óptimo” en el sentido tradicional. En lugar de eso, es crucial establecer límites prácticos y considerar los efectos de la autocorrelación en la interpretación de los resultados.

Modelos de rendimiento y consumo

Se verificó que, pese a que los modelos elaborados para todos los casos tienen adecuados indicadores estadísticos, poseen problemas de autocorrelación, no habiendo podido corregirse aplicando los métodos econométricos. Sólo se muestra la evidencia teórica que posibilitará mejorar el sistema de obtención de los datos, por ser de gran importancia en la adopción de decisiones.

Porcinos: optimización

Debido a los problemas de autocorrelación encontrados, se optó en la investigación por un análisis completo sólo a nivel de los porcinos.

Modelo estimado:

$$\text{Peso (kg)} = 4,02323459 + 84,2592348 * \text{EDAD} - 9,32249637 * \text{EDAD}^2$$

Para calcular el máximo técnico en el caso de la función cuadrática, derivamos la expresión anterior:

$$\text{Primera derivada} = 84,2592348 - 18,6449927 * \text{EDAD}$$

Igualando a cero la primera derivada, se obtiene:

$$\text{Edad (años)} = 4,52$$

Se maximiza el peso a la edad en 4,52 años, la segunda derivada de la función del producto total en peso debe ser negativa, lo cual es una condición suficiente de maximización.

De aquí se obtiene que:

$$\text{La segunda derivada es} = -18,6449927$$

Por lo tanto, el peso total máximo que se obtiene es:

$$\begin{aligned} \text{Peso (kg)} &= 4,02323459 + 84,2592348 * (4,52) - 9,32249637 * (4,52)^2 \\ \text{Peso (kg)} &= 194,41 \end{aligned}$$

Ahora bien, utilizando la información secundaria para un mercado posible de cubrir que se fundamente en la preferencia de un segmento de consumidores de carne limpia y que no sea portadora de enfermedades, se efectúa la proyección siguiente:

Tabla 1
Proyección de ventas de porcinos

Año	n	Ventas (Kg)	Ventas (n° de animales)
1	00	132 421	681
2	01	136 102	700
3	02	142 968	735
4	03	150 037	772
5	04	157 327	809
6	05	164 855	848
7	06	172 641	888
8	07	180 698	929
9	08	189 044	972

Se planifica que la capacidad máxima de producción, en un nivel optimizado, pueda llegar a 852 porcinos, el número de lechones ha sido estimado considerando que el 80% de las marranas se reproducirán, que tendrán en promedio 6 lechones en cada parto que se producirá dos veces al año. El desarrollo del período óptimo se fundamenta en la fórmula teórica siguiente:

$$X^* = \frac{2,6^* (1-a)^{1,12}}{r} \quad ; \text{ Donde:}$$

X^* = Período óptimo,

a = factor de escala y

r = tasa de descuento.

El tamaño óptimo se dedujo de $D_n = D_0 (1 + r)^n$; donde:

D_n = Tamaño óptimo,

D_0 = Magnitud del mercado actual,

n = Período óptimo.

Por la característica del proceso productivo ganadero, no generará inventarios y las pérdidas se deberán a las muertes de los ganados, lo cual técnicamente se estima en un 5% de la producción.

El Plan de Producción se efectuó en dos etapas, hasta llegar a un nivel donde no se generaba incompatibilidad entre la capacidad máxima y el total de producción.

Tabla 2

Plan de producción de porcinos

Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Ventas	700	735	772	809	809	809	809	809
- Requerimiento	0	0	0	0	0	0	0	0
- Incremental	0	0	0	0	0	0	0	0
Subtotal de producción	700	735	772	809	809	809	809	809
Muertes	37	39	41	43	43	43	43	43
Total de producción	737	774	813	852	852	852	852	852
Índice de producción	87%	91%	95%	100%	100%	100%	100%	100%

FUENTE: Elaboración propia sobre la base de las estimaciones.

DISCUSIÓN

En las relaciones funcionales elaboradas se comprueba que se cumple que conforme se vaya aumentando las cantidades de los factores variables de producción, la cantidad de producto irá aumentando, hasta llegar a un cierto límite, pasando este límite nuevos incrementos de los factores variables de producción, generará una disminución en la cantidad de producto. A ese límite, que representa la producción máxima posible, se le llama máximo técnico.

El máximo técnico en tanto exista información sobre la demanda en el mercado posibilita elaborar modelos de optimización que puedan posibilitar un Plan Óptimo de Producción.

En algunos modelos debido a que se tiene problemas de calidad de datos, el supuesto es que existe “manipulación de datos” que genera que tales datos son reiterativos y monótonos, y no muestran la variabilidad necesaria, induciendo a un patrón sistemático de comportamiento lo que se traduce en la autocorrelación.

Para fijar óptimos de producción existen varios métodos alternativos de efectuarlo, todos ellos relacionan el proceso productivo con el mercado, se investiga una posibilidad bajo el criterio de modelos econométricos y fórmulas desarrolladas para mercados crecientes, en tanto mejore la calidad del recojo de datos por el IIASAM, se podrá generar mejores modelos de decisión.

CONCLUSIONES

Es preciso aclarar que, en el análisis micro econométrico mediante el cual se vinculó el uso del concentrado y la chala en la crianza de porcinos, ovinos y bovinos, las estimaciones han resultado no significativas estadísticamente al demostrar que existe autocorrelación, por lo que se optó por correlacionar las variables de edad de los animales frente al peso de los mismos.

La optimización productiva de las diversas crianzas, a partir de los modelos de producción estimados resultaron satisfactorios para la toma de decisiones de gestión productiva del Instituto.

Hay un registro inconsistente en los reportes informativos pecuarios, hecho que merece ser superado con una debida sistematización del registro estadístico, el relevamiento y análisis de los datos.

Se desarrolló y se ha propuesto un Plan Óptimo de Producción que relaciona los estudios de optimización técnica con los estudios de demanda y oferta del mercado de los productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cañas, J. y Fresno, R. (1994). Funciones de Producción Lineales de Variedades de Maíz en Andalucía. *Investigaciones Agro Económicas*, 9(2).
- Herrero, C. (1972) Un modelo para el análisis de las elasticidades de producción y su aplicación a la agricultura italiana, en el período 1 960 – 1 969. INIA, *Servicios Económicos Sociales Agrarios*, N°2.
- Iñiguez, A y Martínez Vicente, J. (1976) Estimación de Elasticidades de Oferta de algunos de los principales productos agrarios españoles. *Revista de Estudios Agro Sociales* N°97.
- Pazos, Diego (1977) Funciones de Producción en Judías Blancas y Tablas de Óptimos Económicos. *Revista de Estudios Agro Sociales* N°99.
- Rodríguez, A. (1996) Umbrales de Rentabilidad en Explotaciones con Vacas de Cría de la Cornisa Cantábrica. *Investigaciones Agro Económicas*, 11(1).
- Ruiz Avilés, P. et al. (1984) Notas sobre los niveles óptimos de utilización en los cultivos de algodón y girasol en los regadíos del Valle del Guadalquivir. INIA, *Serie Economía y Sociología Agraria*, N°8.
- Soley, Alberto (1978) *Administración de Explotaciones Ganaderas en Costa Rica*. Editorial Costa Rica.
- Ruiz, P., Romero, C. y Cañas, J. (1982) Funciones de Producción e Inputs Económicos para el cultivo de la soja, una aplicación en el Valle del Guadalquivir. INIA. *Serie Economía y Sociología Agraria*. N°6.