



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO

ZOOTECNISTA

TESIS

**Determinación del óptimo técnico y económico en
conejos, alimentados con dieta comercial mezclada con
*Acacia farnesiana***

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

LUIS GUSTAVO JARAMILLO PLATA

ASESOR

DR. en C. SAMUEL REBOLLAR REBOLLAR

Temascaltepec, Estado de México; junio de 2022.

Índice

ÍNDICE DE CUADROS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
2.1 General.....	12
2.2 Específicos.....	12
III. HIPÓTESIS	13
3.1 General.....	13
3.2 Específicas.....	13
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	14
4.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	14
4.2 Material Biológico.....	15
4.3. Composición Nutricional de las dietas.....	15
4.4. ALIMENTO COMERCIAL.....	17
4.5. Modelo Estadístico.....	18
4.5.1. Modelo estadístico utilizado.....	20
V. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUNICULTURA	23
5.1 Producción mundial de carne de conejo.....	23
5.1.1 Países productores.....	23
5.2 Consumo mundial de carne de conejo.....	24
5.2.1 Países consumidores.....	24
5.3 Comercio mundial de carne de conejo.....	25

5.3.1	Importaciones mundiales	25
5.3.1	Exportaciones mundiales	26
5.4	Producción de conejos en México	29
5.4.1	Estados o entidades productoras	29
5.5	México. Comercio exterior de carne de conejo.....	29
5.5.3	Consumo nacional aparente de carne de conejo	30
VI.	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CONEJOS.....	31
6.1	Sistema intensivo	31
6.2	Semi intensivo	32
6.3	Extensivo	32
6.4	Sobre extensivo	33
VII.	LA IMPORTANCIA DE LA CUNICULTURA EN MÉXICO	34
7.1	Razas utilizadas	35
7.1.1	<i>Nueva Zelanda</i> blanco.....	35
7.1.2	Californiano.....	35
7.1.3	Mini lop.....	36
7.1.4	Mariposa.....	37
7.2.1	Importancia de la alimentación en conejos.....	38
7.3.1	Tipos de alimentación en conejos	38
7.4.1	Importancia de la fibra en la alimentación del conejo.....	39
7.5.1	Instalaciones de los conejos.....	40
7.6.1	<i>Acacia farnesiana</i>	41
VIII.	LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	42
8.1	Insumos fijos	43
8.2	Insumos variables	43
8.3	Corto plazo	44
8.4	Largo plazo.....	44
8.5	Óptimo técnico o de máxima eficiencia técnica (NOT).....	45
8.6	El óptimo económico o punto de máxima ganancia	47

8.7 Producto promedio o producto medio (PMe)	48
8.8 Producto marginal (PMg)	50
8.9 Funciones del producto medio y marginal	53
8.10 Etapas de la producción	54
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro. 1. Composición de las dietas.....	16
Cuadro. 2. Análisis proximal del alimento en la experimentación de la raza de conejos Nueva Zelanda.....	17
Cuadro. 3. Declaratoria nutrimental de alimento comercial para conejos, marca Conejo Plus +.....	18
Cuadro. 4. Producción mundial de carne de conejo.	23
Cuadro. 5. Importaciones mundiales de carne de conejo.	25
Cuadro. 6. Carne de conejo. Exportaciones mundiales.	26
Cuadro. 7. Ganancia semanal de peso en bovinos Charoláis.	60
Cuadro. 8. Resultados estadísticos del modelo estimado para conejos estabulados.	68
Cuadro. 9. Costo, ingreso y ganancia en conejos estabulados y alimentados con adición de Acacia farnesiana al NOT y NOE.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raza de conejo Nueva Zelanda blanco.....	35
Figura 2. Raza de conejo Californiano.....	36
Figura 3. Raza de conejo Mini lop.	37
Figura 4. Raza de conejo Mariposa.....	37
Figura 5. Función de producción.	45
Figura 6. Optimo técnico (NOT).	46
Figura 7. Producto Medio (PMe).....	49
Figura 8. Producto medio y Producto marginal.	52
Figura 9. Etapas de la producción.....	56
Figura 10. Etapas de la producción.....	57
Figura 11. A) Ganancia semanal de peso vivo y B) Consumo de alimento semanal	62

RESUMEN

El objetivo de esta tesis de licenciatura consistió en estimar los niveles óptimo técnico (NOT) y nivel óptimo económico (NOE) a través de la determinación de una función de producción cuadrática con rendimientos marginales decrecientes en conejos estabulados, alimentados con dieta comercial y adición de *Acacia farnesiana*, durante 30 días. Para ello se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 30 unidades experimentales durante un periodo de estabulación de 30 días (octubre 2020), el peso vivo inicial de los conejos fue 500 a 600 gramos y el peso vivo final 1.74 ± 0.65 kilogramos. Al no existir diferencia estadística significativa de los bloques, se procedió a utilizar un modelo de regresión bivariable cuadrático en el que el peso vivo final fue la variable dependiente y el alimento consumido como la variable explicativa. Los resultados mostraron que los niveles óptimo técnico y óptimo económico del insumo variable fueron 14.35 y 11.10 kilogramos, el peso promedio de los conejos fue 1.89 y 1.79 kilogramos y la ganancia en dinero de 141.68 y \$160 por cada conejo finalizado durante el experimento. Se concluye que con el nivel óptimo técnico no necesariamente, la ganancia en dinero es mayor con relación al nivel óptimo económico; por lo que el cunicultor debería utilizar la recomendación técnica del peso al nivel óptimo económico.

Palabras clave: *Acacia farnesiana*, conejos estabulados, función de producción, nivel óptimo técnico, nivel óptimo económico.

ABSTRACT

The objective of this undergraduate thesis was to estimate the optimal technical levels (NOT) and optimal economic level (NOE) through the determination of a quadratic production function with diminishing marginal returns in stabled rabbits, fed a commercial diet and the addition of *Acacia farnesiana*, for 30 days. For this, a completely randomized block design was used with 30 experimental units during a 30-day housing period (October 2020), the initial live weight of the rabbits was 500 to 600 grams and the final live weight 1.74 ± 0.65 kilograms. As there was no statistical difference between the blocks, a quadratic bivariate regression model was used in which the final live weight was the dependent variable and the food consumed was the explanatory variable. The results showed that the optimum technical and optimum economic levels of the variable input were 14.35 and 11.10 kilograms, the average weight of the rabbits was 1.89 and 1.79 kilograms, and the profit in money was 141.68 and \$160 for each rabbit finished during the experiment. It is concluded that with the optimal technical level, the gain in money is not necessarily greater in relation to the optimal economic level; therefore, the rabbit farmer should use the technical recommendation of the weight at the optimum economic level.

Keywords: *Acacia farnesiana*, stabled rabbits, production function, optimal technical level, optimal economic level.

I. INTRODUCCIÓN

La cunicultura se entiende como la rama de la producción animal, definida como la ciencia y conjunto de técnicas aplicadas para la cría, manejo y aprovechamiento racional de los conejos domésticos, con el propósito de obtener el máximo rendimiento productivo al mínimo costo. Al respecto, en el trabajo de Aceves (2019) se definen el arte de la cría del conejo doméstico, y planteada como actividad económica la producción cunícola tiene como finalidad obtener carne de calidad, al mejor costo y con el debido respeto al medio ambiente.

La carne de conejo es un alimento adecuado para incluir en una dieta equilibrada, completa y sana para el consumo humano. Es carne magra con contenido calórico moderado, contenido proteico elevado y rica en vitaminas y minerales; por tanto, es idónea para incluirla en la dieta diaria. Esta carne representa en contenido de colesterol uno de los más bajos de las carnes magras (26.5 mg/ 100 gramos), tiene un bajo contenido calórico, con porcentaje de grasa reducido (Castillo *et al.*, 2014).

En México, la producción de esta carne se desarrolla de forma similar con el resto del mundo; se fortalece por su facilidad en el manejo de los animales y por el tiempo de producción corto, lo que ha inducido a un gran número de pequeños y medianos productores rurales y suburbanos a emprender tal actividad productiva. Pese a que la carne de conejo no destaca en los consumos nacionales, aporta a los productores de las unidades de producción proteínas de origen animal de calidad, así como ingresos económicos adicionales provenientes de la venta de productos y subproductos; además de que la actividad cuenta con una distribución en todo el territorio nacional (más importante en las regiones templadas del centro del país), en el que predomina el sistema de producción familiar (Alcázar *et al.*, 2020).

En México, pese al incremento en la producción, el consumo promedio de carne de conejo se ha mantenido entre 100 y 120 gramos (g) por persona al año (Rosas, 2013;

Cruz et al., 2019). En 2018, el país registró un volumen de 18.3 miles de toneladas (t) de carne de conejo y, en 2020, se ocupó la novena posición mundial con una disponibilidad de 1.1 millones de cabezas, de las cuales exportó 12.8 miles de animales (SENASICA, 2021a).

En el sistema de producción estabulada, el conejo requiere de la utilización de insumos fijos y variables, lo que implica costos fijos y costos variables, que en su totalidad se conocen como costos privados totales (Rebollar, 2021a). La producción bajo tales condiciones se realiza en tiempos cortos durante el año, por lo que el análisis de esta variable mediante la utilización de la teoría microeconómica de la producción, inserta en el área de la economía agropecuaria; específicamente, la función de producción resulta viable; sobre todo porque el tiempo de producción de esta carne pecuaria se ajusta al uso temporal de dicha teoría, que es el corto plazo (Rebollar *et al.*, 2008; Parkin y Loría, 2015).

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar la cantidad óptima de alimento comercial mezclado con *Acacia farnesiana* (al 2 y 4%) que maximice el peso del animal a través de la estimación de los niveles óptimo técnico (kilogramos de peso) y óptimo económico (ganancia en dinero) en conejos estabulados en Temascaltepec, Estado de México.

2.2 Específicos

1. Describir el sistema de producción de conejos, con relación al tipo de instalaciones que se utilizaron para la obtención de datos de campo.
2. Cuantificar la utilización del insumo comercial asignado a los conejos, así como el rendimiento en kilogramos de carne.
3. Estimar el nivel óptimo técnico del efecto del insumo comercial sobre el peso del animal, considerando las condiciones de producción.
4. Estimar el nivel óptimo económico del efecto del insumo comercial sobre el peso del animal, considerando las condiciones de producción.
5. Comparar la ganancia, en dinero, de los niveles con relación a lo que generó el productor en granja.

III. HIPÓTESIS

3.1 General

La asignación actual de la dieta (insumo variable comercial mezclado con *Acacia farnesiana* al 4%), en términos de cantidad por conejo y en promedio para el total de conejos, que utiliza el productor en la engorda, produce menos ganancia en dinero, en comparación a la que se generaría mediante el modelo de optimización técnica y económica.

3.2 Específicas

1. En las condiciones actuales de producción de conejos, tanto el ingreso económico, costos y ganancia en dinero que genera el productor, no son los óptimos con relación a los niveles óptimo técnico y óptimo económico que se generarían con el modelo.
2. La cantidad de insumo variable comercial, alimento comercial con la leguminosa, que se asigna a los conejos, por parte del productor, es mayor que lo que se genera con el modelo de optimización, por lo que la ganancia en dinero es mayor con este último.
3. El modelo de optimización permite generar una recomendación técnico económico viable a todos los productores de conejos que produzcan en condiciones similares a las de este estudio.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Para esta investigación, la información de campo se tomó de Rebollar (2021a), cuyo trabajo consistió en una evaluación económica de la *Acacia farnesiana* en la alimentación de conejos de la raza *Nueva zelanda*, bajo condiciones estabuladas en Temascaltepec, Estado de México. En el trabajo de Rebollar (2021a) se generó información de campo que no se analizó porque no fue parte de los objetivos de dicho trabajo, por lo que se decidió utilizarla en esta investigación bajo una metodología de Teoría de la Producción con enfoque de Economía Agropecuaria.

4.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El municipio de Temascaltepec se localiza en la zona sur del Estado de México, y la distancia a la capital del Estado es de 66 kilómetros (km) y de la Ciudad de México (CDMX) es de 140 km.

El mapa de la República Mexicana indica que de acuerdo a la ubicación geográfica del municipio de Temascaltepec, se encuentra entre las coordenadas 19° 03' latitud norte y 100° 02' longitud oeste.

La altitud promedio de dicho municipio es de 1,740 metros sobre el nivel del mar (msnm). Cuenta con una extensión territorial total de 547.5 km² (Wikipedia, 2022)

El municipio de Temascaltepec limita al norte con Valle de Bravo y Amanalco de Becerra, en la zona sur con Tejupilco, San Simón de Guerrero y Texcaltitlán, en la parte este con los municipios de Zinacantepec y Coatepec Harinas y al oeste con Zacazonapan y Tejupilco.

El nombre del municipio "Temascaltepec" quiere decir "cerro de los temascales o baños de vapor". El Instituto Nacional de Estadística y Geografía "INEGI" señaló que de acuerdo

a los resultados obtenidos del tercer conteo de población realizado en el 2010, el municipio de Temascaltepec cuenta con una población total de 32,870. 33.

4.2 Material Biológico

En el trabajo de Rebollar (2021a) se utilizaron 30 conejos machos de la raza *Nueva zelandia*, provenientes de una granja de la región (Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) de San Diego Cuentla), con una edad promedio de 25 a 30 días (d) de nacidos, un peso aproximado (PVI) de 500 a 600 gramos (g) y en condiciones buenas de salud, los cuales tuvieron las siguientes características:

- Peso: los animales alcanzaron un peso alrededor de 600 g
- Edad: a partir de los 30 d de edad se pusieron en experimentación
- Estado fisiológico: animales sanos de salud que no presentaron ningún tipo de enfermedad.

En ese trabajo, los conejos se confinaron en jaulas individuales, comedero y bebedero, durante 30 de d (del 19 de octubre de 2019 al 7 de noviembre de 2019) distribuidos mediante un diseño estadístico completamente al azar, en 10 bloques, tres tratamientos, con tres repeticiones por bloque. Durante la alimentación, se consideró un periodo de ambientación de tres de previo al experimento.

4.3. Composición Nutricional de las dietas

La composición de las dietas fue: la primera que consistió en asignación de alimento comercial para conejos más 2% de inclusión de *Acacia farnesiana*; la segunda, alimento comercial con 4% de inclusión de la leguminosa y la tercera sólo alimento comercial (Cuadro 1).

Cuadro. 1. Composición de las dietas.

Dieta	Alimento comercial / <i>Acacia</i> <i>farnesiana</i> 2%	Alimento comercial / <i>Acacia</i> <i>farnesiana</i> 4%	Alimento comercial
Tratamiento	1	2	3

Fuente: tomado de Rebollar (2021a).

El análisis proximal por cada tratamiento se presenta en el Cuadro 2:

Cuadro. 2. Análisis proximal del alimento en la experimentación de la raza de conejos Nueva Zelanda.

Ingredientes	T1	T2	T3
Alimento comercial	93%	91%	100%
Huizache	2%	4%	0%
Melaza de caña	5%	5%	0%
Total	100%	100%	100%
Materia Seca	91.16	90.04	84.76
Cenizas	7.79	7.48	7.91
Extracto etéreo	10.63	10.59	9.66
Fibra Detergente Neutro (FDN)	42.53	41.26	39
Fibra Detergente Acida (FDA)	38.29	35.18	28.99
Proteína	15.29	15.02	17.62

Fuente: Rebollar (2021a).

4.4. ALIMENTO COMERCIAL

En el Cuadro 3 se especifica la declaratoria nutrimental del alimento comercial para conejos en engorda, de acuerdo con la marca de Unión Tepexpan. Los ingredientes que incluye el alimento son a base de granos molidos, subproductos de granos, pasta de oleaginosas, subproductos de oleaginosas, aceite vegetal, entre otros.

Cuadro. 3. Declaratoria nutrimental de alimento comercial para conejos, marca Conejo Plus +.

Concepto	%
Proteína cruda (mínimo)	16.5
Grasa cruda, mínimo	3.0
Fibra cruda, máximo	12.0
Cenizas, máximo	9.0
Humedad, máximo	12.0
E. L. N., por diferencia	44.5

Fuente: Unión Tepexpan, 2022.

4.5. Modelo Estadístico

Con la información de pesos de los conejos y consumo de alimento tanto por bloque como por tratamiento se realizó el análisis estadístico de los tratamientos con el propósito de determinar qué porcentaje de inclusión de *Acacia farnesiana* en cada unidad experimental generó el mejor efecto en los animales al considerar las variables: ganancia de peso (GP) y en el peso vivo final (PVF), para lo cual, en la investigación de Rebollar (2021a), se utilizó el modelo estadístico de bloques al azar:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + B_j + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Media

t_i = Tratamientos (con 2 y 4% de *Acacia farnesiana* y sin *Acacia*).

Para ello, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) del modelo de bloques al azar para determinar el efecto de la leguminosa en los tratamientos, para lo cual se hizo uso del procedimiento GLM (General Linear Model) de SAS.

En ese trabajo, se determinó que no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) de la leguminosa a nivel de tratamiento, pero sí a nivel de bloque ($P < 0.05$) al 4% de adición de *Acacia farnesiana* sobre las variables ganancia diaria de peso (GDP) y peso vivo final (PVF) (Rebollar, 2021a).

Po tanto, continuando con la sección de materiales y métodos, el peso vivo inicial (PVI) de todos los bloques fue 0.97 ± 0.12 kg (Rebollar, 2021a). El bloque 1 registró el PVI mayor con un promedio de 1.16 kg y el bloque 10 el menor PVI con 0.76 kg. Aunque, estadísticamente, no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en PVI. El peso vivo final (PVF) de todos los bloques que se alcanzó al final del experimento fue 1.74 ± 0.14 kg; es decir, una ganancia de peso total en todo el periodo experimental de 0.77 kg; cabe aclarar que 1.74 es la media y 0.14 la desviación estándar (Rebollar, 2021a).

Al final del experimento, el bloque 2 obtuvo un PVF mayor con 1.918 kg y el bloque 10, el menor PVF con 1.543 kg. El total de alimento consumido por todos los bloques, sin diferenciar el porcentaje de adición de la leguminosa en la dieta, y durante todo el periodo experimental fue, en promedio, 5.50 ± 0.49 kg, con predominancia mayor del bloque 2 (6.10 kg) y menor por el bloque 8 (4.99 kg) (Rebollar, 2021a). Adicionalmente, al sumar el alimento que se consumió por todas las unidades experimentales durante el experimento, ascendió a 54.8 kg.

Por tanto, dado que no hubo diferencia estadística a nivel de tratamiento al 2 y al 4% de inclusión de la leguminosa ($P < 0.05$), nuevamente, se confirma que se decidió utilizar la información de campo a nivel de bloque (cuya variable dependiente y/o de respuesta fue el peso vivo final, PVF) y consumo de alimento como un todo; es decir, que en el modelo estadístico de la función de respuesta, la variable señalada como Y fue el PVF de cada bloque y X (variable independiente o explicativa) que describió el consumo total de alimento por cada bloque durante todo el periodo que duró el experimento.

4.5.1. Modelo estadístico utilizado

Con la información generada por cada bloque sobre consumo de alimento y el PVF, para obtener la función de producción adecuada, se utilizó un modelo de regresión lineal bivariable de segundo grado (Gujarati y Porter, 2009; Wooldridge, 2010). Con lo anterior, se obtuvo una función de producción (una ecuación). El análisis de resultados consideró sólo la función de producción que se estimó con la información promedio.

El modelo propuesto fue:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon_i$$

Donde Y es la variable de respuesta o variable dependiente y representó el peso vivo final (PVF) de los conejos a nivel promedio de cada bloque; β_0 fue el intercepto, β_1 y β_2 los parámetros a estimar, X la cantidad de alimento total (con la adición de la leguminosa al 4%) que consumió cada bloque (kg) y ε_i el error aleatorio, estadístico o estocástico.

Se espera que, en la estimación del modelo estadístico, el coeficiente de β_1 sea con signo positivo y el de β_2 sea negativo como condición necesaria y suficiente, de acuerdo a la teoría microeconómica (Rebollar *et al.*, 2022) con enfoque pecuario, para obtener la concavidad de la curva de respuesta y poder con ello estimar los niveles óptimo técnico (NOT) y económico (NOE), llamados niveles de optimización (Rebollar *et al.*, 2011; Rebollar *et al.*, 2022).

Una vez que se estimó la función de producción, se procedió a estimar el valor del nivel óptimo técnico (NOT) relacionado a la utilización del alimento, con el procedimiento matemático consistente en la primera derivada de la función de producción igualada a cero, que se conoce también como producto marginal (PMg). La condición matemática para el NOT (Rebollar *et al.*, 2011; Rebollar *et al.*, 2014; Rebollar *et al.*, 2016; Rebollar-Puebla, 2021; Rebollar *et al.*, 2022) se obtuvo como:

$$\frac{dy}{dx} = 0; \text{ es decir, } PMg = 0$$

La función de PMg (Producto marginal) es la que resulta después de derivar, respecto al insumo variable, la función estimada del producto total o función de producción con un insumo variable (relación técnica insumo-producto).

La operación matemática para generar el valor del nivel óptimo económico (NOE), consistió en igualar la función del PMg a la relación de precios del insumo (P_x) y del producto (P_y); es decir, al cociente del precio del alimento (P_x) y el precio del conejo *in vivo* (P_y), como sigue (Rebollar *et al.*, 2014; Rebollar *et al.*, 2016; Rebollar *et al.*, 2022):

$$\frac{dy}{dx} = \frac{P_x}{P_y}, \text{ es decir, } PMg = \frac{P_x}{P_y} \text{ o bien } PMg * P_y = P_x$$

Por último, se obtuvo el costo total como:

$$CT = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

Ingreso total (IT):

$$IT = \sum_{j=1}^m P_j Y_j$$

Y, ganancia (G):

$$G = IT - CT \text{ (Rebollar } et al., 2022).$$

P_i es el precio del insumo variable y X_i la cantidad utilizada, pero la que se obtuvo con el modelo de optimización; asimismo, Y_i fue la cantidad de producto (el peso de los conejos) que se obtuvo del modelo de optimización (de la función de producción). En este trabajo y para el periodo en el que se realizó, el costo del insumo variable (X_i) referente al

alimento concentrado fue de 11.2 pesos por kilogramo (\$/kg) y como precio del producto (precio del conejo), 45 \$/kg.

La información del modelo de regresión, referente a peso, en kg, de los conejos y la cantidad de alimento consumido, se procesó con la utilización del SAS (Statistical Analysis System) (2009), versión para Windows en español, con el procedimiento GLM (General Model Linear).

V. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUNICULTURA

5.1 Producción mundial de carne de conejo

5.1.1 Países productores

De acuerdo con la FAO (2021a), se estima que la producción anual de conejos en la actualidad se remonta a más de un millón de toneladas. Por ejemplo, de acuerdo con información disponible, que por cierto, no existe en abundancia, en el 2000, China resaltó como el productor más grande con 315 000 t, seguida por Italia (221 000 t.), España (135 000 t) y Francia (85 000 t). Entre los otros países productores hay que citar a Egipto (69 600 t), Malta (1 350 t) y Chipre (830 t).

En 2019 se produjeron, en el mundo, 633 millones de conejos, equivalente a 1.3 millones de toneladas de carne (Mt), este volumen fue menor en 30% con relación a 2012 (1 785 miles de toneladas), *hubo un retroceso en la producción de carne en el mundo* (Cuadro 4, Gráfico 1) (Statista, 2021), de éstas, África participó con 63 500 t, América con 13 200, Asia con 443 100 t, Europa con 104 800

Cuadro. 4. Producción mundial de carne de conejo.

Año	Producción (miles de t)
2012	1,785
2013	1,740
2014	1,675
2015	1,370
2016	1,428
2017	1,356
2018	1,300
2019	1,250

Fuente: Statista 2021, con datos de la FAO.

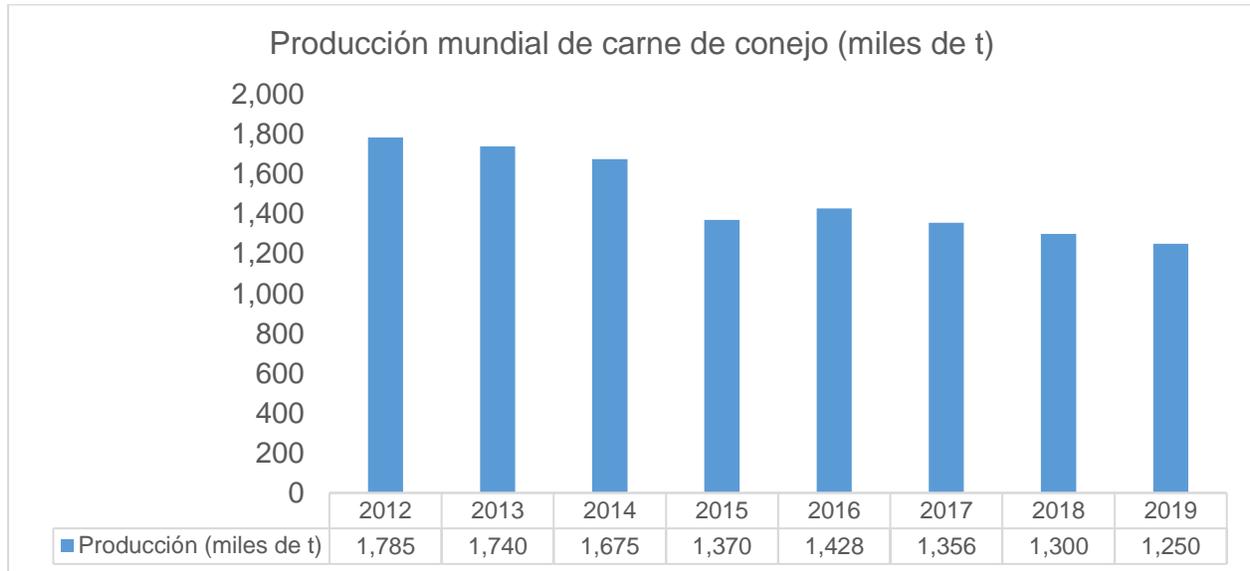


Gráfico 1. Producción mundial de carne de conejo (Statista, 2021, con datos de la FAO).

5.2 Consumo mundial de carne de conejo

5.2.1 Países consumidores

La información disponible señala que el consumo global de carne de conejo alcanzó su punto máximo en 2017 y se espera que mantenga su crecimiento en el plazo inmediato, llegando en el año que se menciona, a 1.5 millones de t, un 2.9% más que en 2016.

El país con el volumen mayor de consumo de carne de conejo fue China (925 mil toneladas), que representa aproximadamente 62% del consumo total. El consumo de carne de conejo en China superó en seis veces el del siguiente en relevancia, Corea las cifras registradas por el segundo consumidor mayor del mundo, Corea del Norte, con 154 000 t. La tercera posición la ocupó Egipto con 57 000 t.

Impulsado por la creciente demanda de carne de conejo en todo el planeta, se espera que el mercado mantenga una tendencia al alza en el consumo durante los siguientes 10 años. Se pronostica que el desempeño del mercado seguirá con su patrón de tendencia

actual, expandiéndose con un crecimiento medio del 2.3% entre 2017 y 2025, lo que podría hacer llegar la demanda a 1.8 millones de toneladas para fines de 2025 (Eurocarne, 2021).

5.3 Comercio mundial de carne de conejo

5.3.1 Importaciones mundiales

De acuerdo con cifras de la FAO (2021b), las importaciones mundiales de carne de conejo han ido a la baja. Así, mientras que en 2015 el volumen mundial importado fue 30 382 t, en 2019 el volumen decreció a 24 335 t; es decir, en tan solo cinco años las importaciones mundiales de esta carne se redujeron en 6 047 t. Durante el periodo 2015-2019, la TCMA (tasa de crecimiento media anual) de las importaciones mundiales fue -5.4% (Cuadro 5, Gráfico 2).

Cuadro. 5. Importaciones mundiales de carne de conejo.

Año	Importaciones (t)
2015	30,382
2016	29,778
2017	28,413
2018	29,087
2019	24,335

Fuente: FAO (2021).

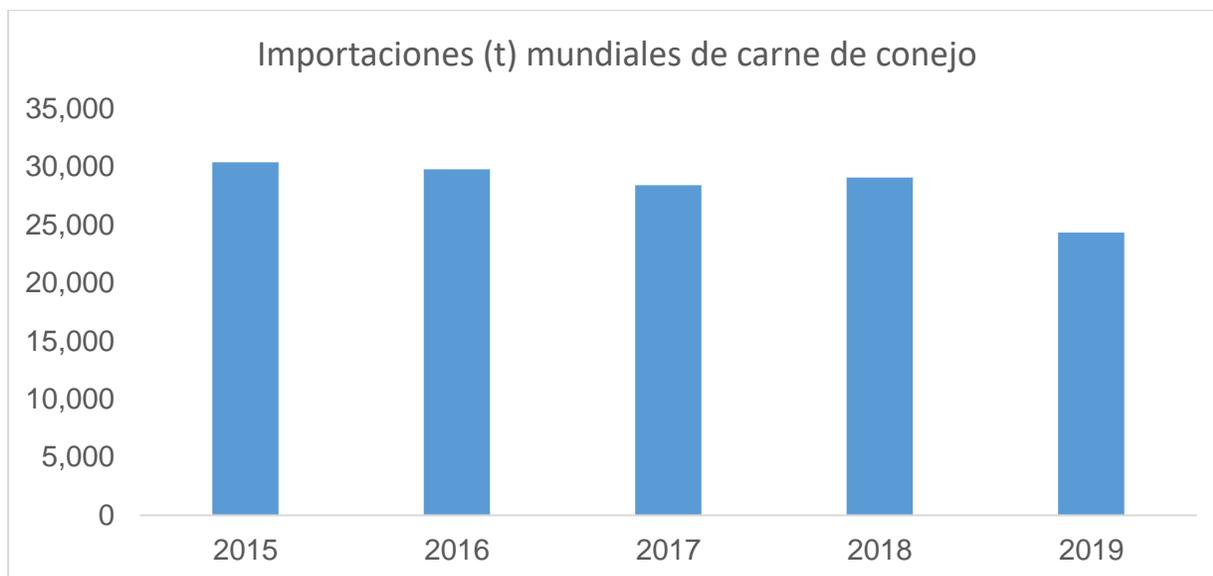


Gráfico 2. Carne de conejo. Importaciones mundiales.

Fuente: elaboración propia con datos de la FAO (2021).

5.3.1 Exportaciones mundiales

Por su parte, las exportaciones mundiales también fueron a la baja durante 2015-2019, mientras que en 2015 se exportaron en todo el mundo, 37 358 t de carne de conejo, en 2019 tal volumen fue 29 234 t, equivalente a una TMCA de 5.9% (Cuadro 6, Gráfico 3) (FAO, 2021b).

Cuadro. 6. Carne de conejo. Exportaciones mundiales.

Año	Exportaciones (t)
2015	37358
2016	33725
2017	35119
2018	31514
2019	29234

Fuente: elaboración propia con datos de la FAO (2021c).

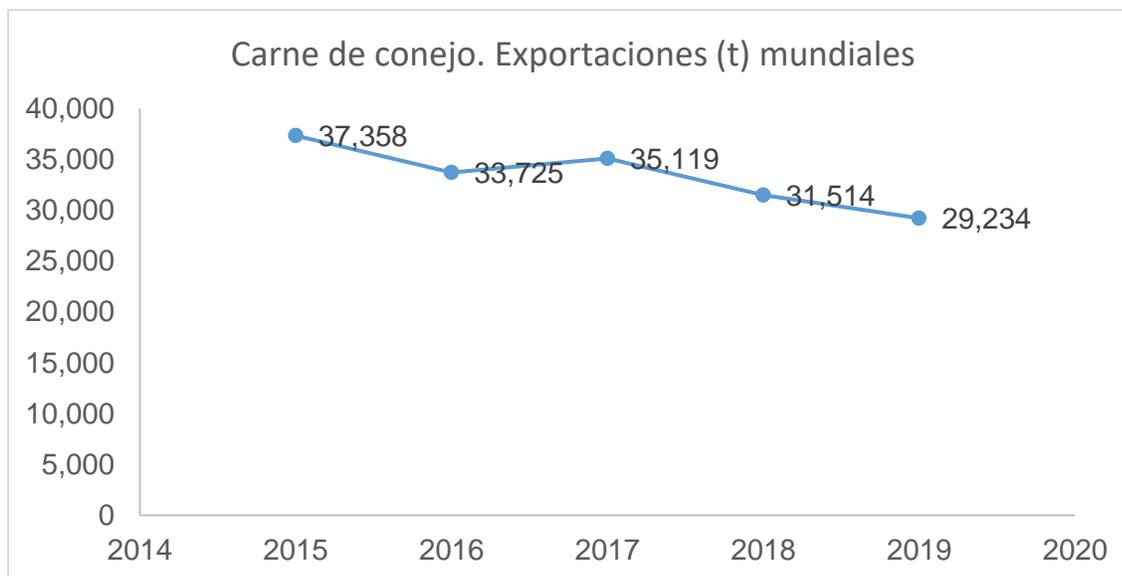


Gráfico 3. Carne de conejo. Exportaciones mundiales.

Fuente: elaboración propia con datos de la FAO (2021b).

En el Gráfico 4, se observa que durante el periodo 2015-2019, las exportaciones mundiales de carne de conejo, superaron a las importaciones, por lo que hubo un saldo positivo a favor; es decir, que la diferencia aritmética, entre exportaciones menos importaciones, fue positiva.

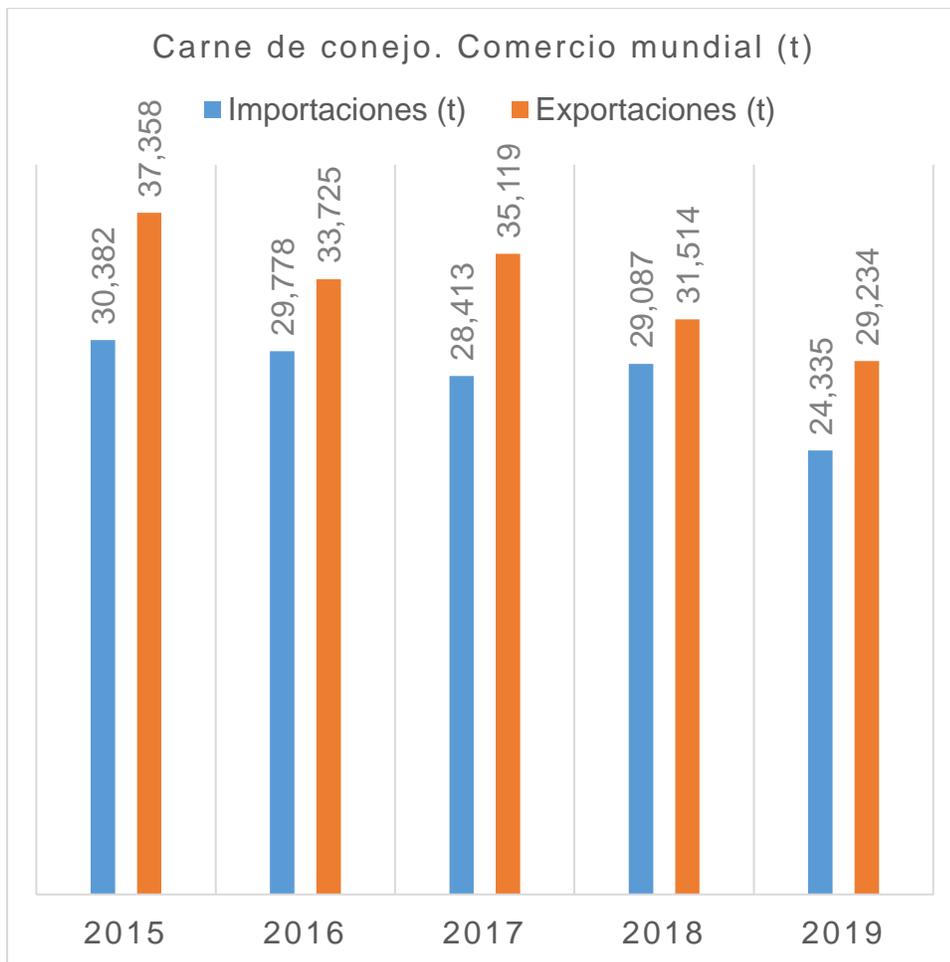


Gráfico 4. Importaciones y exportaciones de carne de conejo (t).

Fuente: FAO (2021b).

5.4 Producción de conejos en México

5.4.1 Estados o entidades productoras

De acuerdo con la SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), la cunicultura representa una de las actividades pecuarias que registra auge nacional, debido a la facilidad en el manejo de esa especie, y a que su versatilidad, misma que contribuye a que pequeños y medianos productores incursionen en la explotación de conejos.

El principal producto que brinda el sector cunícola es, precisamente, la carne de conejo. Se afirma que de este cárnico de demanda alta y calidad se obtienen el jamón, salchicha, salami, chorizo, entre otros alimentos. Cabe añadir que se estima una producción total nacional mayor a las 15 mil toneladas (t).

Los principales productores son: Puebla, Tlaxcala, Morelos, Ciudad de México, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Jalisco y Estado de México.

Del mamífero en cuestión también se derivan su piel, pelo, patas, manos y cola; materias primas que se destinan a la industria de la vestimenta para su transformación. Asimismo, sus huesos se utilizan en la elaboración de artesanías, y su excremento a manera de fertilizante de hortalizas, principalmente (SADER, 2021).

5.5 México. Comercio exterior de carne de conejo

Con base en el SENASICA (2021b), y producto de la enfermedad hemorrágica del conejo (VEHC2) el inventario cunícola en 2020 fue de alrededor de 1.11 millones de cabezas; sin embargo, en 2018, la producción nacional de carne de conejo se ubicó en 18 297 t.

La información sobre comercio exterior de carne de conejo en México ha sido irregular, no hay una base de datos oficial que muestre el comportamiento temporal del mercado, en términos de exportaciones e importaciones tanto de animales vivos como de carne;

es decir, que haya acceso oficial y al público de datos sobre el mercado de la carne de conejo; pero de acuerdo con el SENASICA, en 2020 se exportaron 12 803 animales vivos, equivalente a un valor de 144 960 USD; mientras que en 2019 se exportaron 9 300 animales.

5.5.3 Consumo nacional aparente de carne de conejo

En México, la carne de conejo no es tan consumida como la de pollo, res y cerdo. Se tiene el dato registrado del consumo por persona cercano a 128 gramos (g), en tanto, el del pollo es de 32 kg por persona por año (Animalgourmet, 2021).

VI. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CONEJOS

6.1 Sistema intensivo

Sistema que se caracteriza por lapsos interparto de hasta 40 días (d), lo cual implica que la hembra se aparee antes de los diez días postparto. El estro postparto se presenta entre las 12 y las 24 horas (h) después de parir; si éste no es aprovechado, la hembra nuevamente estará receptiva entre los días cuatro y cinco postparto, y después, otra vez entre los 9-10 días postparto.

Para aplicar este sistema es imprescindible el cuidado esmerado de los animales viente en todos los sentidos pues demanda un esfuerzo metabólico intenso: las conejas acaban de parir, comienzan la lactación de su camada y muy poco tiempo después inician nuevamente otra gestación. Este proceso demanda que los animales reciban una nutrición excelente, sean inspeccionados clínicamente de 25 manera frecuente y estén alojados bajo instalaciones de alta calidad, mismas que permitan un control adecuado de las condiciones ambientales.

Permite obtener potencialmente entre nueve y 10 partos/hembra/año. Bajo este sistema las conejas producen una gran cantidad de gazapos al nacimiento, pero no necesariamente todos ellos son destetados y mucho menos alcanza el peso al mercado. Puesto que la productividad de una hembra viente se mide en función de la cantidad de gazapos que logra llevarse al mercado, es cuestionable la aplicación de este sistema, pues demanda la práctica de destetar a los gazapos antes de los 30 d de edad y además se caracteriza por manifestar una alta mortalidad de vientres alrededor del parto. Debido a incapacidades fisiológicas, los gazapos destetados antes de los 30 d de edad son altamente susceptibles al padeciendo de diarreas.

Por lo general se considera que si los animales son alimentados exclusivamente con dietas industrializadas, se ha calculado que cada hembra-vientre debe lograr llevar 40

conejos al mercado para que se considere rentable su permanencia como reproductora. Para llevar a la práctica este sistema intensivo, es posible (aunque no imprescindible) la aplicación del “manejo en bandas” y la reproducción mediante la inseminación artificial.

6.2 Semi intensivo

Sistema que se caracteriza por aparear a las hembras vientre entre los 10 y los 17 d postparto; de esta manera el lapso entre dos partos consecutivos tiene una duración promedio de 45 d, con lo cual es posible obtener ocho partos/hembra/año.

Las hembras también deberán amamantar y gestar al mismo tiempo, pero a través de un menor esfuerzo metabólico si se compara con el sistema intensivo; de esta 26 manera, es probable que muchas hembras vientre alcanzan 10 – 12 partos en su vida productiva.

Bajo este sistema semi intensivo es posible destetar a los gazapos entre los 35 y 40 d de edad, lo cual es deseable pues los conejos ya están más maduros y sus funciones digestivas están casi en plenitud, si se comparan con aquellos producidos bajo es sistema intensivo. Proporcionalmente se presentan menos diarreas en los animales destetados y consecuentemente es mayor la cantidad de conejos que alcanzan el peso al mercado, incrementando significativamente la productividad/hembra/año. Muchos cunicultores lo consideran el sistema productivo más adecuado.

6.3 Extensivo

Sistema productivo en el que las conejas vientre son apareadas entre los 18 y los 28 d postparto. Permite obtener entre 6.5 y 7.0 partos/hembra/año. Posee la ventaja de que los gazapos pueden ser destetados entre las siete y casi ocho semanas de vida, lo cual reduce prácticamente a cero la mortalidad durante la fase de engorda. Es un sistema recomendable si se alimenta a los animales parcialmente con una dieta industrializada y parcialmente con forraje y verdura de segunda clase; incluso hasta con desperdicios caseros.

Bajo este sistema es deseable producir entre 30 y 35 conejos/hembra a la venta y seguir trabajando de manera rentable. Constituye un sistema adecuado para los ambientes urbanos y rurales de México.

6.4 Sobre extensivo

Sistema en el que las conejas reproductoras son apareadas después de los 28 d postparto. El destete ya es, prácticamente, natural y se extiende a poco después de 27 d y los 2 meses de edad de los gazapos. Si el propósito es la producción de carne, difícilmente puede ser considerado un sistema con intenciones comerciales, pues los costos de alimentación son elevados y la productividad/hembra/año es baja. Sin embargo, intencionalmente, se aplica cuando las reproductoras han visto comprometido su estado de salud y entonces se les concede tiempo para recuperarse entre uno y otro parto (Rebollar, 2021a).

VII. LA IMPORTANCIA DE LA CUNICULTURA EN MÉXICO

La cunicultura de México fue estimulada por la FAO desde 1945 gracias a que la producción de conejo es una actividad que ayuda a abatir la pobreza y genera alimentos nutritivos que fortalecen el desarrollo de zonas rurales, además de que los productores de traspatio consideran a sus animales como una fuente extra de ingresos (Terán *et al.*, 2011), a partir de 1973 el gobierno federal impulsó la cunicultura a través de paquetes familiares, la cunicultura presentó un crecimiento significativo hasta finales de 1988 por la presencia de la enfermedad hemorrágica viral (Olivares *et al.*, 2009; Mendoza, 2001), y es hasta 1996 cuando se empieza a reponer esta actividad, en el 2000 se obtiene una producción importante en los estados del centro y norte del país (Olivares *et al.*, 2009).

Según datos de FAOSTATA (2009), citado por Olivares *et al.* (2009), de 1960 a 1971 la producción en México no era significativa ya que la producción no superaba a los 350 toneladas (t), para el año de 1974 la producción empezó a aumentar y con ello el consumo. En 1976 la producción aumento en un 40% aproximadamente, para 1982 la producción tuvo un gran despunte al colocarse en 4,711 t.

La cunicultura continúa siendo una actividad ganadera de la cual no se tiene un registro completo (número de productores, localización, volumen de producción, entre otros aspectos), esto, debido a que aún se considera una actividad moderada en comparación con la producción de otros tipos de ganado. Por lo cual, el poder determinar su importancia económica y social aún resulta complicado (Flores, 2016).

De acuerdo con el INEGI (2007), citado en Flores (2016), hace referencia a que la producción nacional para el año 2007 fue de 500,349 cabezas (cab), se estima que, de esta producción, el 80% se realiza de manera familiar, el 20% que resta se lleva a cabo de manera semi intensiva e intensivo, donde se utilizan métodos y técnicas modernas.

7.1 Razas utilizadas

Algunas de las razas de conejo que se utilizan para producir carne se mencionan a continuación:

7.1.1 Nueva Zelanda blanco

Es un animal grande que pesa de 4.0 a 5.5 kg se ha convertido en la mejor raza productora de carne joven de América. Tiene un crecimiento rápido y produce un conejo entre 1.8 y 2.0 kg a las ocho semanas de edad, aunque para lograrlo, la alimentación debe ser buena. Además, posee una carne con musculatura importante en los cuartos traseros y la espalda y, también tiene excelente aptitud para la cría (Rebollar, 2021a; Rebollar, 2021b).



Figura 1. Raza de conejo Nueva Zelanda blanco.

Fotografía extraída de <https://clinicainido.es/razas-de-conejos-y-sus-caracteristicas/>.

7.1.2 Californiano

Originario de Estados Unidos (EE.UU), es un conejo grande con un peso entre los 3.5 y los 4.8 kilogramos (kg). Se distingue fácilmente por su pelaje, siendo aceptado solo una

capa: cuerpo blanco con manchas negras o casi negras en patas, cola, orejas y nariz. Los ojos son rojos y su pelo es fino y suave (Clinicanido, 2022).



Figura 2. Raza de conejo Californiano.

Fotografía extraída de <https://clincanido.es/razas-de-conejos-y-sus-caracteristicas/>.

7.1.3 Mini lop

Tanto el Mini Lop como el Lop Enano, son razas, relativamente, nuevas, creadas a partir de cruza para reducir cada vez más su tamaño, hasta conseguir el tamaño actual, donde su peso oscila entre 1.2 y 1.6 kg. El cuerpo es corto y ancho y sus orejas extremadamente largas, anchas y caídas. Son conejos de fácil manejo y adaptación.



Figura 3. Raza de conejo Mini lop.

Fotografía extraída de <https://clnicanido.es/razas-de-conejos-y-sus-caracteristicas/>.

7.1.4 Mariposa

Se trata de un conejo activo, que necesita tener horas de actividad al día, siendo más activo a primera hora de la mañana y al anochecer. Le debe su nombre a la marca de color alrededor de su nariz, donde se aprecian las “alas” a ambos lados. Su cuerpo es arqueado y sus patas largas y delgadas, con orejas grandes y verticales.



Figura 4. Raza de conejo Mariposa.

Fotografía extraída de <https://clnicanido.es/razas-de-conejos-y-sus-caracteristicas/>

7.2.1 Importancia de la alimentación en conejos

El conejo, al igual que cualquier especie animal, para vivir y producir precisa ingerir sustancias que en el interior de su organismo se transforman en materia propia, y en vital que promueva todo el fisiologismo del ser; tales sustancias constituyen los alimentos, cuyo costo alcanza 70% del costo total de producción (Rebollar, 2021a; Rebollar, 2021b).

7.3.1 Tipos de alimentación en conejos

Hay dos formas básicas de suministrarle alimento a los conejos: o consumo libre o consumo limitado. Ambos tienen ventajas y desventajas. Con el método libre se abaratan los costos de mano de obra y se permite a los conejos ajustar el consumo a sus necesidades. Esto permite el máximo desarrollo de los conejos y evita la aglomeración espontánea alrededor del comedero, ya que 13 cada conejo tiene tiempo suficiente para alimentarse. Este es el método más usado por los criadores comerciales.

Por otro lado, la ventaja del consumo limitado es que permite al criador una observación más cuidadosa de cada jaula en lo que a enfermedades se refiere. Aunque se deduce que con este sistema se reducen los problemas de enterotoxemia, un alimento que contenga una proporción adecuada de fibra (por ejemplo, 15%) no debería ocasionar este tipo de problemas digestivos (Rodríguez, 2012).

Es por ello que la alimentación es un factor importante en el desarrollo de los animales por eso se debe asegurar que el alimento ofrecido cubra las necesidades nutricionales de los conejos en cada una de sus etapas para así tener una mejor respuesta de los animales.

7.4.1 Importancia de la fibra en la alimentación del conejo

El uso de fuentes forrajeras o arbustivas en la dieta, aporta diferentes tipos de fibra, importantes en la salud y la digestión de los conejos. Por ello debe comprenderse que, digestivamente, si se analizan los procesos de la fibra dietética en el tracto del conejo, ésta es clasificada en dos tipos; soluble e insoluble.

Ambas tienen un importante desempeño en la fisiología digestiva del conejo, la primera es un potente activador de la fermentación cecal con un aumento de la producción de biomasa microbiana y ácidos grasos de cadena corta (Gidenne, 1996), la segunda permite un adecuado tiempo de tránsito del alimento por el TGI e interviene en el proceso de formación de heces duras dando consistencia al alimento en tránsito (García *et al.*, 2000).

Las consecuencias digestivas de la fibra se determinan tanto con la cantidad consumida como la degradabilidad de los componentes de la pared celular según su estructura físico-química y al tamaño de la partícula. La fibra dietaria (ácido detergente) recomendada en conejos es de un 20% y un consumo reducido de ésta, incrementa la incidencia de problemas digestivos sobre todo en la etapa de crecimiento.

El consumo se reduce en un 25% en dietas que disminuyen de un 20% a un 12% de fibra ácido detergente en animales post destete. En animales de engorde (42-70 días), el mismo rango de reducción afecta el consumo en un 18%, al igual que en animales adultos. El crecimiento también se reduce significativamente con bajos niveles en fibra debido a una reducción en la conversión alimenticia (20%) (Gidenne, 1996), e hipomotilidad del TGI, lo cual reduce la cantidad de cecotropos producidos

Se ha demostrado que la inclusión de fuentes de fibra más solubles en las dietas favorece un aumento de la longitud de las vellosidades intestinales, y por el contrario, la inclusión de fuentes de fibra lignificada puede producir atrofia en la estructura del tejido y alterar el

funcionamiento normales de las células epiteliales del intestino encargadas de romper diversas moléculas alimenticias y transportarlas al interior del cuerpo (enterocitos intestinales) (García *et al.*, 2000).

Por ello, las características en la digestión fibrosa por parte del conejo representan un espacio favorable para insertar la producción de conejos en sistemas diversificados, basados en la integración de especies animales y vegetales, enmarcados en una estrategia de reciclaje de nutrientes, como modo armónico de uso racional y sustentable de los recursos disponibles (Mora, 2010).

7.5.1 Instalaciones de los conejos

Desde el punto de vista técnico, idealmente una granja de conejos debe estar constituida cuando menos por dos naves: una de maternidad y una de engorda. Esto se debe a que la maternidad, por alojar a los reproductores, demanda un control ambiental estricto para facilitar que los animales manifiesten todo su potencial genético y productivo sin necesidad de gastar energía para enfrentar condiciones ambientales adversas como el frío, el calor, la humedad, etc.

El área de engorda, sin embargo, alojará a los animales recién destetados durante 35 o 40 días y durante esta fase los animales no son tan susceptibles a los factores ambientales adversos. A pesar de estos argumentos lo más común en granjas de mediana y pequeña escala es que exista una sola nave y se procure un control del ambiente intermedio. Otras áreas imprescindibles de una granja son: oficina, almacén de alimento, almacén de equipo, almacén de material de cama, estercolero, cisterna (Jiménez, 2020).

Es importante también conocer que a estos animales se les debe de proporcionar un ambiente donde ellos se encuentren en buenas condiciones, como lo son:

- Temperatura alrededor de 15 a 20 °c
- Que tenga buena luz interior
- No haya ruidos
- Sea un lugar sombreado
- Que no tenga corrientes de aire
- Etc.

7.6.1 *Acacia farnesiana*

También conocida como *Mimosa farnesiana* o *Vachellia farnesiana*, es un arbusto o árbol pequeño caducifolio y de tallos múltiples, caracterizado por una copa esparcida y densa, ramas espinosas y flores fragantes, conocido comúnmente como aroma o huizache (López *et al.*, 2012). Se caracteriza por las espinas cónicas, blanquecinas y persistentes, flores aromáticas y frutos glabros, casi negros.

En un estudio realizado con ganado ovino se demostró que *Acacia farnesiana* es una alternativa para la alimentación de estos animales mostrando crecimiento moderado y pocos efectos en la digestión del animal (García-Winder *et al.*, 2009). Es utilizada para la conservación de los suelos, control de la erosión, recuperación de terrenos degradados y fijación de Nitrógeno dentro de los servicios de restauración que ofrece la planta, además de otros servicios y utilidades tales como barreras rompe vientos, cercos vivos, adhesivo (García-Winder *et al.*, 2009).

Se puede decir que al hablar de *Acacia farnesiana* favorece con propiedades para los animales a que aprovechen mejor su alimento y a la vez ayudan como desparasitarse por lo cual ayuda a presentar ganancias de peso mayores a la vez también como lo son económicamente.

VIII. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

Una función de producción¹ debe entenderse como una relación técnica insumo-producto que se expresa de forma matemática, gráfica o tabulada, y muestra la cantidad máxima de un producto que se puede producir en un tiempo determinado para cada uno de los conjuntos de insumos (factores productivos) alternos, al utilizar las mejores técnicas de producción disponibles. Cuando al menos uno de los insumos permanece constante, se dice que es una situación de corto plazo; es decir, la función de producción ocurre en el corto plazo (Rebollar *et al.*, 2022).

La función de producción (Miller y Meiners, 1990), desde otro punto de vista es una lista, cuadro o expresión matemática que expresa la cantidad máxima de producto total que se puede obtener con una cantidad dada de factores productivos o insumos (fijos y variables), permaneciendo constante uno de ellos; dado el estado del arte² y la tecnología existente. La función de producción es una relación técnica insumo-producto, que expresa la cantidad máxima de producto total que se puede obtener con una cierta cantidad de insumos fijos y variables.

Simbólicamente, una función de producción puede escribirse como:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Donde Y es la cantidad de producto total y (x_1, x_2, \dots, x_n) son los insumos que forman parte en la producción de Y. El símbolo funcional f significa la forma de relación que transforma los insumos en producto total. Por cada combinación de insumos, habrá una cantidad única como producto total. Por ejemplo Y podría representar el rendimiento de maíz; X₁ el fertilizante; X₂ humedad del suelo en la siembra; X₃ densidad de siembra; X₄ disponibilidad de lluvia durante la temporada de crecimiento; y demás insumos variables.

¹ Más información en: Doll, J. P. y Orazem F. 1984. Production Economics. Theory with applications. Segunda Edición. John Wiley & Sons. Singapore. 192 p. Páginas recomendadas: 21-60.

² El estado del arte o estado de arte, se refiere a los conocimientos propios o inherentes que cada productor dispone y que han sido aprendidos por experiencia propia.

La expresión de arriba no especifica cuáles insumos son variables y cuales son fijos. Los insumos fijos, claramente, juegan un rol importante en la producción, que con frecuencia son conocidos como unidades técnicas.

Los insumos fijos se incluyen en la notación para una función de producción, insertando una línea vertical entre los insumos fijos y variables. Por ejemplo:

$$Y = f \left(x_1, x_2, / \dots, \frac{x_n}{x_M} \right)$$

Donde X_M se refiere a insumos fijos (unidades técnicas) mientras que los otros insumos son variables, en tanto que Y es el nivel de producción o la cantidad de producto total.

8.1 Insumos fijos

Los insumos fijos son recursos, cosas que no se consumen íntegramente en un ciclo de producción, no son fáciles de modificar o cambiar en el corto plazo, no dependen del volumen de producción y permanecen haya o no producción. Los insumos fijos duran más de un ciclo productivo, pero están expuestos a desgaste debido a su utilización o pierden valor por el surgimiento de otros más modernos, más veloces o mejor eficientes.

8.2 Insumos variables

Los insumos variables son aquéllos que dependen y están, completamente, relacionados con el volumen de producción, con la producción; varían cuando ésta cambia, están directamente vinculados al nivel de ella y su magnitud puede variar cuando la empresa modifica planes de producción; son susceptibles de cambiar en el corto plazo.

8.3 Corto plazo

Definir el corto plazo puede ser relativo y dependerá del tipo de empresa, producto, insumos, financiamiento, etc. Existen muchos puntos de vista en la literatura; sin embargo, un concepto que encierra a lo que es el corto plazo, es que tiene que ver con aquel periodo de tiempo en donde, de todo el conjunto de insumos que existe, al menos uno de ellos es fijo. En el corto plazo las empresas no pueden modificar sus planes de expansión. Esto significa que en el corto plazo ninguno de los insumos puede ser modificado.

8.4 Largo plazo

En el largo plazo, no existen proporciones fijas de insumos, todos ellos son variables; así, el largo plazo es un periodo de tiempo, mayor a un ciclo productivo; a veces mayor a un año; donde todos los insumos son variables. Las empresas pueden modificar planes de producción en función a requerimientos de insumos, producto de nuevas y más demanda del mercado, pueden contratar más trabajadores, comprar más equipo y maquinaria, crear nuevas plantas, etc.

Una forma adicional de representar la función de producción es a través de un cuadro de producción, en el que se muestre, con base a la teoría que ante incrementos del insumo variable, la producción inicia desde un nivel de cero, aumenta, llega a su nivel máximo y después decrece, para dar paso a la tasa de rendimientos decrecientes. Además debe permitir visualizar claramente la Ley de los Rendimientos Decrecientes, el comportamiento del producto marginal, producto medio, producto total y las etapas de la producción.

Se dice que a medida que el nivel de insumo variable aumenta, el nivel de producto total, producto de la adición sucesiva de unidades de insumo variable, aumenta primero a tasas crecientes, luego a tasas constantes y después decrece. La situación de este

comportamiento obedece a la *Ley de los Rendimientos Físicos Marginales Decrecientes* que se verá poco más adelante.

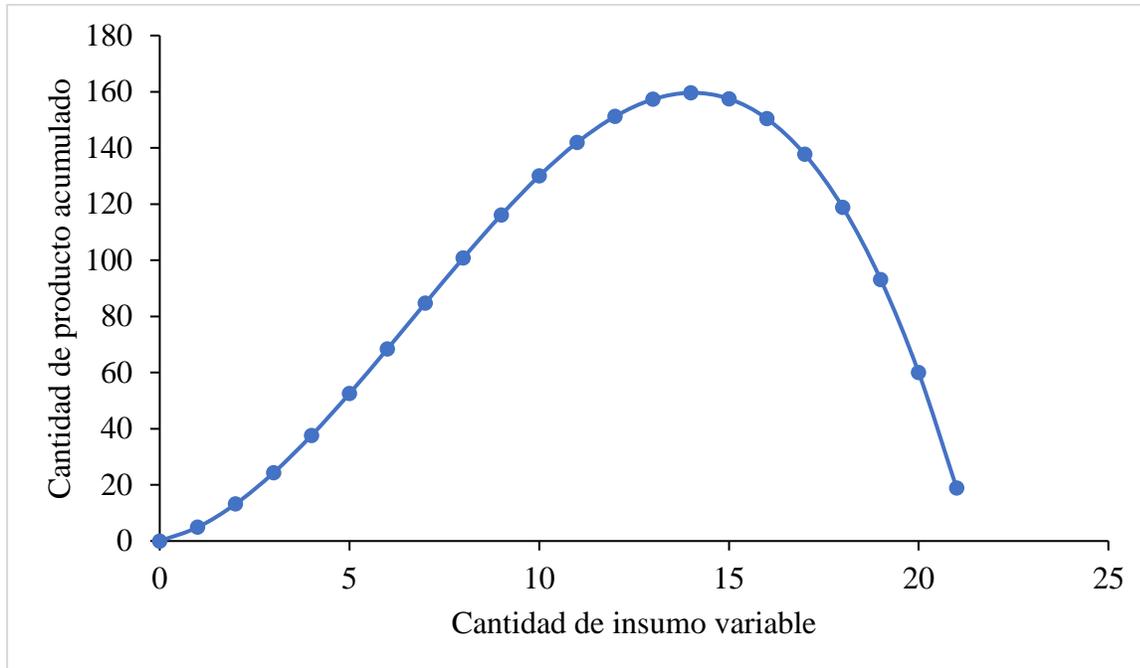


Figura 5. Función de producción.

Fuente: elaboración propia.

8.5 Óptimo técnico o de máxima eficiencia técnica (NOT)

Matemáticamente, la máxima producción, se obtiene cuando se iguala a cero la primera derivada de la Función de Producción, lo que desde el punto microeconómico se conoce como nivel del óptimo técnico (NOT) o punto de máxima producción. En el NOT, el producto marginal (como el incremento en la producción ante el incremento unitario en el uso del insumo variable) ya no crece y alcanza el nivel de cero, para después, tener tasas decrecientes negativas. El incremento en el nivel de utilización del insumo variable ya no genera incrementos en la producción, por lo que es irrazonable, técnica y económicamente, continuar en tal nivel de producción; tanto el producto marginal (PMg) como el producto medio (PMe) decrecen. En este nivel de producción, ninguna empresa

es, económicamente, rentable, por ser una etapa (de tres que tiene la función de producto total) ineficiente (Figura 6).

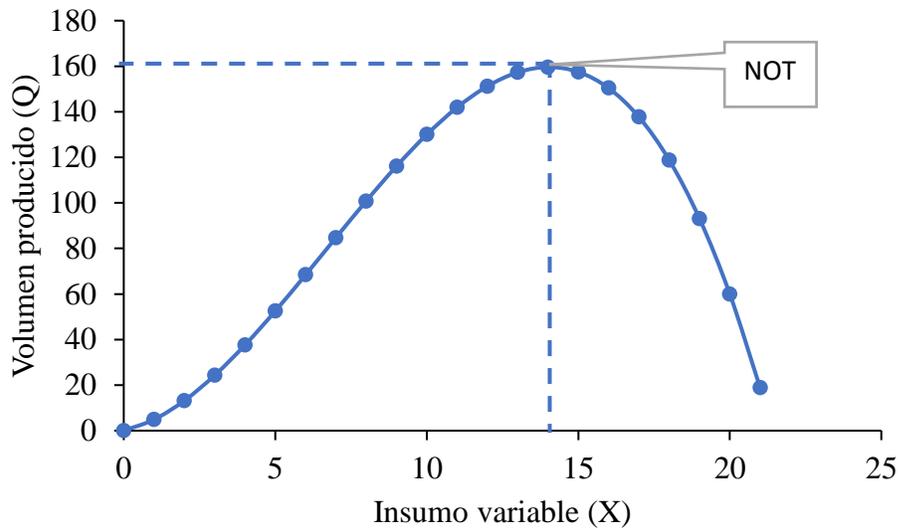


Figura 6. Optimo técnico (NOT).

Fuente: elaboración propia.

En el óptimo técnico, no intervienen los precios del insumo y del producto; aunque en el fondo sí pues también se estima la rentabilidad en ese nivel de optimización y se producirá en el nivel de utilización del insumo variable que aporte el mayor volumen de producción por unidad. Una vez determinada la función, es posible indicar que la producción en un inicio tendrá un crecimiento rápido a medida que aumenta el suministro del insumo variable, se llegará a un punto en el que el producto total tenderá a decrecer a niveles no satisfactorios, en éste se obtendrá el máximo producto total o nivel óptimo técnico (NOT) (Rebollar *et al.*, 2022).

8.6 El óptimo económico o punto de máxima ganancia

El nivel óptimo económico (NOE) o nivel de máxima ganancia en dinero, se obtiene en el tramo de la curva de la Función de Producción que abarca, solamente, la etapa II de la producción, la etapa rentable o eficiente. Esto es, el NOE se encuentra después del punto donde el PMe es máximo y antes del punto donde el PMg es cero, pero no al nivel donde el producto total es máximo; esto es, el NOE se localiza en algún punto de la distancia AB en la función de PT. En ese tramo de función, debe cumplirse el principio de concavidad o convexidad de la misma, condición necesaria que permite poder optimizar la Función de Producción y demostrar que no siempre el nivel de máxima producción, implica obtener la máxima ganancia en dinero para el empresario o producción.

Desde este punto de vista, el objetivo que persigue cualquier productor, al aplicar diversas combinaciones de insumo variable, es: maximizar su ingreso o rendimiento total (nivel óptimo técnico) y maximizar su ganancia³ (nivel óptimo económico). Ya se ha dicho que en el primer caso, no intervienen los precios y se producirá en el nivel de utilización del insumo variable que aporte el mayor volumen de producción por unidad de insumo; lo cual, económicamente, no es recomendable; una vez que no se maximizaría la ganancia en dinero, pues su aplicación sólo es válida cuando se desea producir el volumen máximo sin importar los costos⁴. Este nivel de optimización implica que el producto marginal es menor que el costo marginal; es decir, el costo por la utilización del insumo variable, es mayor al ingreso obtenido por la cantidad de producto obtenido.

Por su parte, el óptimo económico o de máxima ganancia, es aquel en el que, sin importar el monto del capital invertido se busca la combinación de insumos que genere la máxima ganancia en dinero; tal condición se encuentra definida por la igualdad que existe entre el producto marginal y el costo marginal; es decir, el costo de un insumo debe ser igual

³ Más información en: Castellanos PM, Martínez GA, Beatriz CC, Martínez DMA, Rendón SG. 2006. Región confidencial para el óptimo económico de una Función de Producción Cobb-Douglas. *Agrociencia* 40:117-124.

⁴ Información adicional, en: Huerta OV. 1985. Óptimos económicos en la engorda de pollos. Tesis Profesional, Departamento de Economía Agrícola-Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 75 páginas.

al precio que se obtiene por el producto generado debido al insumo variable. O bien, donde el producto marginal se iguala a la relación de precios (del insumo y del producto).

La diferencia más importante entre el NOT y el NOE radica en que el primer caso se trata de llegar al punto de máxima producción u obtener el nivel más alto de producto total, sin importar los precios; en tanto que, en el segundo caso, con menos cantidad de insumo variable y menor producción, se obtiene la mayor ganancia en dinero, por lo que es factible afirmar que no siempre la máxima producción implica obtener o generar la máxima ganancia en unidades monetarias (dinero). En otras palabras, la máxima producción no necesariamente implica la máxima ganancia. Esto es:

Condición matemática para obtener el nivel de insumo variable de máxima ganancia⁵, es donde el valor (P_y) del PMg es igual al precio del insumo (P_x):

$$VPMg = P_x \Rightarrow P_y PMg = P_x \Rightarrow PMg = \frac{P_x}{P_y}$$

8.7 Producto promedio o producto medio (PMe)

El producto medio (PMe), es el cociente que resulta de dividir la cantidad de producto total (PT) entre la cantidad de insumo variable. En otras palabras, es la relación cuantitativa entre el producto total (PT) por cada unidad de insumo variable (X) utilizado en el proceso. El PMe, representa el nivel de aportación promedio, que cada nivel de insumo variable realiza a la producción. Gráficamente, el PMe se obtiene trazando cualquier línea desde el origen a cualquier punto de la función de producto total. El PMe representa como:

$$PMe = \frac{Y}{X} = \frac{PT}{X}$$

El PMe se obtiene, simplemente, al dividir cada valor del PT sobre cada valor de X en su respectivo nivel de utilización.

⁵ José Luis Morales Hernández, Samuel Rebollar-Rebollar, Juvencio Hernández Martínez, Felipe de Jesús González Razo. 2015. Determinación del óptimo técnico y económico en el cultivo de papa de temporal. *Paradigma Económico*, 7(1): 87-106. ISSN: 2007-3062. paradigmaeconomico@uaemex.mx.

Gráficamente, en el punto A de la Figura 7, el PMe es máximo, y esto se logra cuando la línea o el “rayo” que parte del origen es tangente por encima de la función de PT.

Matemáticamente, el máximo valor del Producto Medio (PMe) se obtiene al derivar la función del PMe respecto al insumo variable X e igualar el resultado a cero, o simplemente, al derivar respecto a X e igualar a cero. Luego, el valor de X sustituido en la respectiva ecuación, representa la obtención del valor del máximo producto medio o promedio. Esto es:

$$PMe \text{ máximo} = \frac{dPMe}{dx}$$

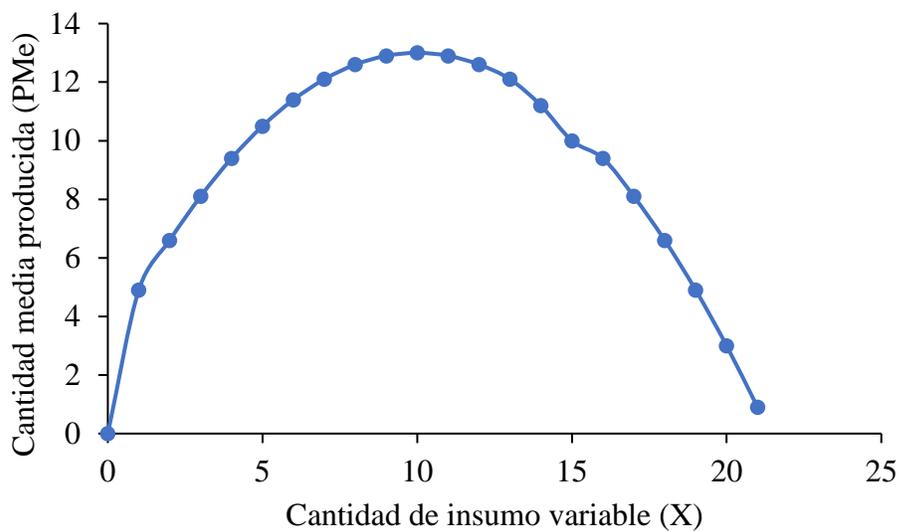


Figura 7. Producto Medio (PMe).

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo. Sea la función de producción (Y):

$$Y = 3X + 2X^2 - 0.1X^3$$

De acuerdo a lo anterior:

$$PMe = \frac{Y}{x} = \frac{3x + 2x^2 - 0.1x^3}{x} = 3 + 2x - 0.1x^2$$

Lo cual implica que la derivada igualada a cero del PMe, sería igual a:

$$\frac{dPMe}{dx} = 2 - 0.2x = 0$$

Al resolver la ecuación se obtiene $X = 10$ unidades de insumo variable. De tal manera, que al sustituir $X = 10$ en la ecuación del PMe, se obtiene:

$$PMe = 3 + 2(10) - 0.1(10)^2 = 13$$

8.8 Producto marginal (PMg)

Se define como la variación en el **producto total (PT)** debida a un cambio de una unidad en la cantidad de insumo variable. Dicho de otra forma, es el valor del incremento en el producto total (PT o Y) por cada incremento unitario en el nivel de insumo variable (X). Esto es:

$$PMg = \frac{\Delta PT}{\Delta x} = \frac{dY}{dx} = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

En términos de derivadas, el producto marginal (PMg), se obtiene como sigue:

$$PMg = \frac{dY}{dx}$$

El PMg representa la condición de primer orden respecto a la función matemática del producto total.

Se observa que el PMg primero crece, toma su máximo cuando $X = 6.66 \pm$ igual a 7 y luego decrece paulatinamente hasta llegar a valores negativos; es decir, la añadidura progresiva de unidades de insumo variable al proceso de producción, tiene como respuesta que el aumento del PT a cada nivel de X sea cada vez menor, hasta llegar a un nivel de uso del insumo variable donde resulta ilógico o antieconómico continuar con el proceso de producción.

Gráficamente, el producto marginal se representa al obtener el, respectivo, incremento sobre cada punto en la función de producto total. Así, el PMg es máximo en el punto de cambio de concavidad de la función. Cuando la función de producto total cambia de giro; es decir, en su punto de inflexión, ahí el producto marginal es máximo e inicia las tasas de rendimiento decrecientes del mismo. En el punto de inflexión, es imposible trazar una tangente que toque por abajo a la función de producto total. Así, en el punto 6.66, casi 7.0, estaría representando la obtención del máximo producto marginal de la función de producción (Figura 8).

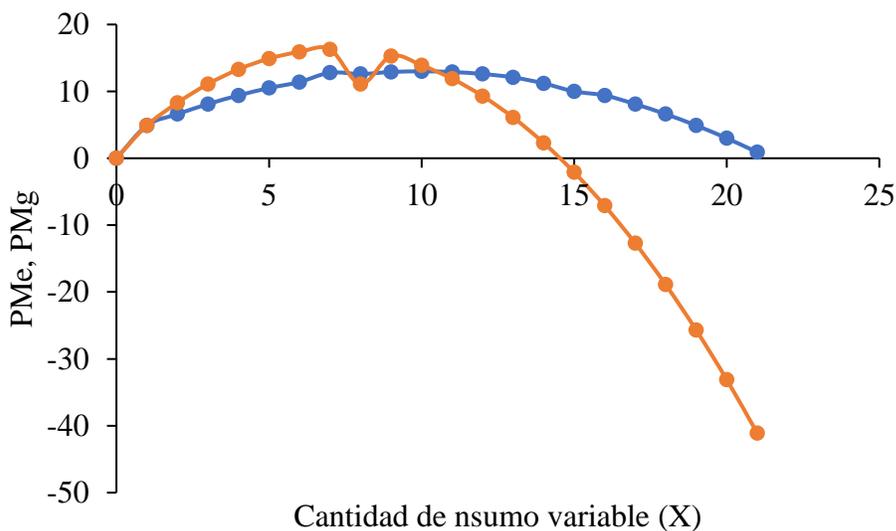


Figura 8. Producto medio y Producto marginal.

Fuente: elaboración propia.

En su forma matemática, el PMg puede obtenerse a través de la derivada de la función de producción Y respecto al nivel de insumo variable X , o simplemente respecto a X e igualada a cero. El producto marginal significa la respuesta en el nivel de producción que genera cada unidad adicional de utilización de insumo variable, o cuánto aumenta el producto total por cada incremento unitario del insumo variable.

En otras palabras, el máximo valor del producto marginal se obtiene al derivar la función del producto marginal respecto al insumo variable (X) e igualar a cero. O a través de la segunda derivada (condición de segundo orden) de la función de producto total (PT) respecto a la variable X (insumo variable). Así, siguiendo con el mismo ejemplo de la función de producción anterior:

$$Y = 3x + 2x^2 - 0.1x^3$$

La primera derivada (condición de primero orden) correspondería al PMg:

$$PMg = \frac{dY}{dx} = 3 + 4x - 0.3x^2$$

Lo que equivale a obtener el nivel de insumo variable que implicaría la máxima producción. De tal manera, que al obtener la derivada de la función PMg e igualando a cero, esto es:

$$\frac{dPMg}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{dPMg}{dx} = 4 - 0.6x = 0$$

Al despejar X de la desigualdad, da un valor de 6.66. Este valor, al sustituirlo en la ecuación del PMg estaría indicando el máximo incremento del producto total ante incrementos unitarios en la utilización del insumo variable.

8.9 Funciones del producto medio y marginal

Las formas de las funciones PMe y PMg se determinan por la forma de la función del producto total (PT) correspondiente. Mediante el PMe en cualquier punto sobre la función del PT se determina la pendiente de la línea recta que va del origen hasta ese punto sobre la función del PT. Generalmente la función del PMe es primero creciente, hasta llegar a un punto máximo en que empieza a decrecer, pero sigue siendo positiva en tanto el PT sea positivo.

El PMg entre dos puntos sobre la función del PT es igual a la pendiente de dicha función entre esos dos puntos. La función del PMgtambién empieza creciente, llega a un punto máximo — antes de que el PMe alcance su valor máximo — y luego disminuye. El PMg se convierte en cero cuando el PT se encuentra en el punto máximo y es negativo cuando el PT comienza a decrecer. El tramo descendente de la función del PMg demuestra la Ley de los Rendimientos Físicos Marginales Decrecientes, conceptualización teórica y una de las leyes en Economía, quizá, más complejas de entender. La Ley de los Físicos Marginales Decrecientes (Rebollar *et al.*, 2022), dice:

Que, en un proceso productivo, la añadidura progresiva de unidades de insumo variable a dicho proceso llegará un momento en que la producción total ya no crecerá, sino que cada vez se obtendrán menores niveles de producto total. Teóricamente, esta ley sólo se cumple en el corto plazo.

La Ley de los Rendimientos Decrecientes, implica costos crecientes y menor productividad a corto plazo, por las siguientes razones:

- a) El costo variable (CV) y, por consiguiente, el costo total (CT) de producir unidades adicionales de un producto se aumentan cuando dicha producción se expande a corto plazo. En otras palabras, cuando el producto marginal declina, se necesitan más unidades de un insumo variable para producir cada unidad adicional del producto.
- b) La productividad, que es el producto medio del insumo variable, por ejemplo, trabajo, eventualmente declina a corto plazo si se añaden unidades adicionales de trabajo a cantidades fijas del insumo fijo, por ejemplo, capital y, de recursos naturales. La única forma de mantener un alto nivel de productividad, a corto plazo, es aumentar los demás insumos variables cuando se añaden unidades de trabajo al proceso de producción.

Por otra parte, debido a que, en el largo plazo, todos los insumos son variables, o no hay insumos fijos, la Ley de los Rendimientos Decrecientes no se aplica a la producción a largo plazo.

8.10 Etapas de la producción

Es a través de la relación que existe entre las funciones del P_{Me} y P_{Mg} con la que se pueden definir Tres Etapas de la Producción (Rebollar *et al.*, 2022):

Etapas I: al considerar el gráfico de cualquier función de producción clásica (Rebollar *et al.*, 2022), esta etapa comienza desde el origen o desde el cero hasta el punto donde el P_{Me} alcanza su máximo. Esta etapa se dice que no es adecuada para el productor, ya que podría aumentar la producción total al utilizar menor cantidad de insumos que permanecen fijos a corto plazo. En esta etapa, la tasa de crecimiento del P_{Mg} es mayor que la del P_{Me}, por lo que el P_{Me} es creciente y se habla, entonces, de rendimientos crecientes a escala.

Etapas II: inicia desde el máximo valor del P_{Me} hasta el punto donde el P_{Mg} es cero o bien hasta donde la producción es máxima. Es la única etapa de la producción aceptable

para el productor racional. Es la etapa óptima porque se aprovecha la máxima eficiencia del insumo variable en el corto plazo. En esta etapa, la tasa de crecimiento del PMg es menor que la del PMe, por lo que el PMe es decreciente, pero mayor que el PMg y se habla entonces de rendimientos decrecientes a escala, pero positivos.

El inicio de la Etapa II de la producción, corresponde al punto donde el PMg es igual al PMe. Esto es, lo que en promedio genera la utilización del insumo variable, es igual a lo que genera cada unidad adicional de incremento del insumo al producto total. Matemáticamente, tal punto se obtiene cuando se igualan las funciones del PMg con la función del PMe.

Etapa III: comprende el intervalo en que el PMg es negativo. El productor o empresario no debería operar en esta etapa, debido a que podría aumentar la producción total al utilizar menor cantidad del insumo variable. Por tanto, aquí, los rendimientos son decrecientes a escala pero negativos.

Las Tres Etapas de la Producción, con sus correspondientes PMg y PMe, pueden observarse en la Figura 9, cuando se varía la cantidad del insumo X y se mantienen constantes los demás en un tiempo específico.

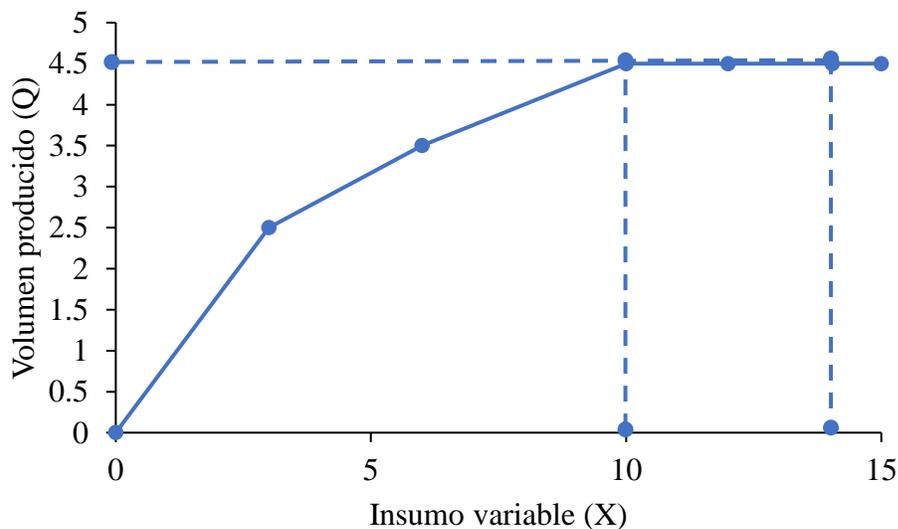


Figura 9. Etapas de la producción.

Fuente: elaboración propia.

Un concepto que se utiliza, en la Teoría de la Producción, por los economistas, es el que se conoce como *Elasticidad de la Producción* (ϵ_p) (Rebollar *et al.*, 2022), el cual se define como el cociente que resulta de dividir el producto marginal (PMg) sobre el producto medio (PMe), esto es:

$$\epsilon_p = \frac{\left(\frac{dY}{Y}\right)}{\left(\frac{dX}{X}\right)} = \frac{\left(\frac{dY}{Y}\right)}{\left(\frac{dX}{X}\right)} = \left(\frac{dY}{dX}\right) \left(\frac{X}{Y}\right) = \frac{\left(\frac{dY}{dX}\right)}{\left(\frac{X}{Y}\right)^{-1}} = \frac{\left(\frac{dY}{dX}\right)}{\frac{1}{\frac{X}{Y}}} = \frac{\left(\frac{dY}{dX}\right)}{\left(\frac{Y}{X}\right)} = \frac{PMg}{PMe}$$

La *Elasticidad de la Producción*, sirve para saber en qué etapa de la producción se halla el proceso productivo (Figura 10). Cuando se dispone de la ecuación o magnitud de un sistema de producción o actividad productiva, basta entonces con obtener el respectivo producto medio y marginal y realizar la operación necesaria. Entonces, con base al valor de la elasticidad de la producción, la Etapa I se ubicará donde la $\epsilon_p > 1$, pues por definición, en esta etapa, el PMg es mayor que el PMe; la Etapa II cuando $0 < \epsilon_p < 1$, dado que el PMe es mayor que el PMg, pero los dos son positivos y, la Etapa III cuando la $\epsilon_p < 0$, aquí el PMg es decreciente y negativo, en tanto que el PMe es decreciente y positivo, aunque en niveles de insumo variable posteriores, el PMe puede convertirse en negativo (Figura 10).

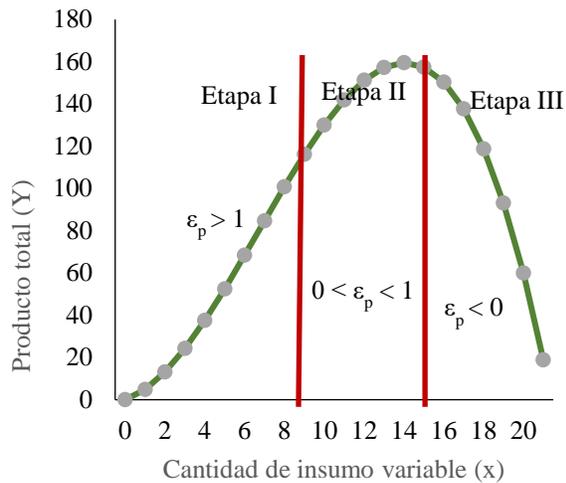


Figura 10. Etapas de la producción.

Fuente: Tomado de Rebollar *et al.*, 2022.

Cuando se quiere probar la estimación de la elasticidad de la producción, el siguiente ejemplo (tomado de Rebollar *et al.*, 2022) permite entender su cálculo. Sea la Función de Producción: $Y = 25 + 8X - 0.2X^2$. Los precios del insumo y del producto son 20.0 y 5.0 u.m., respectivamente. Se pide encontrar los niveles de X (insumo variable) que representan al óptimo técnico y al óptimo económico; además dígase en qué etapa de la producción se estaría operando.

Solución:

$$PMg = 0 \Rightarrow \frac{dY}{dX} = 8 - 0.4X = 0 \Rightarrow 0.4X = 8 \Rightarrow x = 20$$

X = 20 es el valor del insumo X que a su vez representa el óptimo técnico. Por otro lado:

$$PMg = \frac{PX}{PY} = 8 - 0.4x \Rightarrow x = \frac{20}{5} = 4$$

Por lo tanto:

$$8 - 4 - 0.4X = 0 \Rightarrow x = \frac{4}{0.4} = 10$$

X=10 es el valor de X que representa el óptimo económico

Para obtener le etapa de la producción, se procede a sustituir el nivel de X del óptimo económico en las ecuaciones del PMg y PMe, como sigue:

$$PMg = 8 - 0.4X = 8 - 0.4(10) = 8 - 4 = 4$$
$$PMe = \frac{25}{x} + 8 - 0.2X = \frac{25}{10} + 8 - 0.2(10) = 2.5 + 8 - 2 = 8.5$$

Así, la Elasticidad de la producción es:

$$\frac{PMg}{PMe} = \frac{4}{8.7} = 0.47$$

Este valor se ubica en la etapa II de la producción, donde la elasticidad de la producción es mayor que cero, pero menor que uno.

El signo de la variable cuadrática de una función de producción es de importancia grande, sobre todo, cuando se desea obtener los óptimos (técnico y económico). Para funciones de producción con exponente cuadrático, siempre debe esperarse que el signo del coeficiente sea negativo, ello para que al momento de obtener el producto marginal del insumo variable e igualarlo a cero, pueda probarse el nivel del óptimo técnico o de máxima producción. Además es importante para demostrar que la máxima producción no representa la máxima ganancia. Para el caso de funciones de producción con exponente cúbico, es importante que se observe que el signo del coeficiente del factor cúbico sea siempre negativo, de lo contrario, no se podrá optimizar la función, debido a que la

concavidad de la función de producto total tomará una forma completamente distinta a una función de producción clásica (Rebollar *et al.*, 2022).

Para estos casos, se tienen publicados algunos productos, donde se ha aplicado la Teoría de la Producción, específicamente, aplicaciones de funciones de producción⁶. De manera alterna, otra expresión matemática que permite obtener el nivel del óptimo económico es (Rebollar *et al.*, 2022):

$$\pi = P_y Y - P_{x_1} X_1 - P_{x_2} X_2 - CFT$$

Donde π = Ganancia, CFT = Costos Fijo Total, P_x = Precio del insumo variable X, X = Cantidad de insumo variable, P_y = Precio del producto y Y = cantidad de producto o cantidad producida.

Las condiciones de Kuhn-Tucker (primera derivada parcial de la función), son:

$$\frac{\partial \pi}{\partial X_1} = P_y \frac{\partial Y}{\partial X_1} - P_{x_1} = 0$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial X_2} = P_y \frac{\partial Y}{\partial X_2} - P_{x_2} = 0$$

Al considerar solo un insumo variable: $Y = f(X_1)$, aunque se puede generalizar a más de uno:

$$P_y f(x_1) - P_{x_1} x_1 = \pi$$

⁶ Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., Rojo-Rubio, R., González-Razo, F. J., Mejía-Hernández, P., Cardoso-Jiménez, D. 2008. Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral. *Universidad y Ciencia*, 24(1): 67-73.

Adicionalmente en: Samuel Rebollar Rebollar, Germán Gómez Tenorio, Juvencio Hernández Martínez, Felipe de Jesús González Razo, Francisca Avilés Nova. 2008. Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 14(3): 255-262.

$$\frac{\partial \pi}{\partial X_1} = P_y \frac{\partial Y}{\partial X_1} - P_{x_1} = 0$$

$$P_{x_1} = P_y \frac{\partial Y}{\partial X_1}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = \frac{P_{x_1}}{P_y}$$

En otras palabras, el producto marginal es igual a la relación de precios, o bien, el valor del producto marginal es igual al precio del insumo variable. Esta es la condición del óptimo técnico de un sistema de producción o empresa.

$$PMg = \frac{Px}{Py}$$

A manera de revisión bibliográfica que apoya la teoría de la función de producción en el ámbito agropecuario, la información del Cuadro 7 permite observar cómo se genera dicha relación insumo-producto: los datos se refieren a bovinos carne, raza Charoláis, engordados en corral en el sur del Estado de México⁷. El supuesto es que los demás insumos se mantienen fijos.

Cuadro. 7. Ganancia semanal de peso en bovinos Charoláis.

GSP (KG)	PVF (KG)	ALIMENTO (KG)	PVF (KG)	Días (D)
0.0	290.0	0.0	290.0	0
5.6	295.6	66.0	295.6	7
8.4	304.0	67.0	304.0	14
11.2	315.2	67.0	315.2	21
14.0	329.2	67.0	329.2	28

⁷Rodolfo Rogelio Posadas Domínguez. 2010. Óptimo técnico y económico en bovinos productores de carne engordados en corral en el sur del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México-Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (MCARN).

18.9	348.1	68.6	348.1	35
20.3	368.4	69.9	368.4	42
21.0	389.4	71.5	389.4	49
21.7	411.1	75.6	411.1	56
21.0	432.1	79.8	432.1	63
15.4	447.5	80.5	447.5	70
11.9	459.4	82.6	459.4	77
9.8	469.2	85.5	469.2	84
7.7	476.9	89.6	476.9	91

Fuente: Posada (2010).

GSP: Ganancia Diaria de Peso; PVF = Peso Vivo Final.

Los datos del Cuadro 7 se presentan en la Figura 11 (a y b), el cual se ajusta a una función de producción típica con rendimientos físicos marginales decrecientes. Esto es, que unidades sucesivas de insumo variable, que, en este caso, fue el alimento, en momento los bovinos carne tendrán tasas de aumento en el peso, luego, dicha tasa crecerá de forma decreciente, tomará el máximo peso y luego disminuirá a medida que se consuma más alimento.

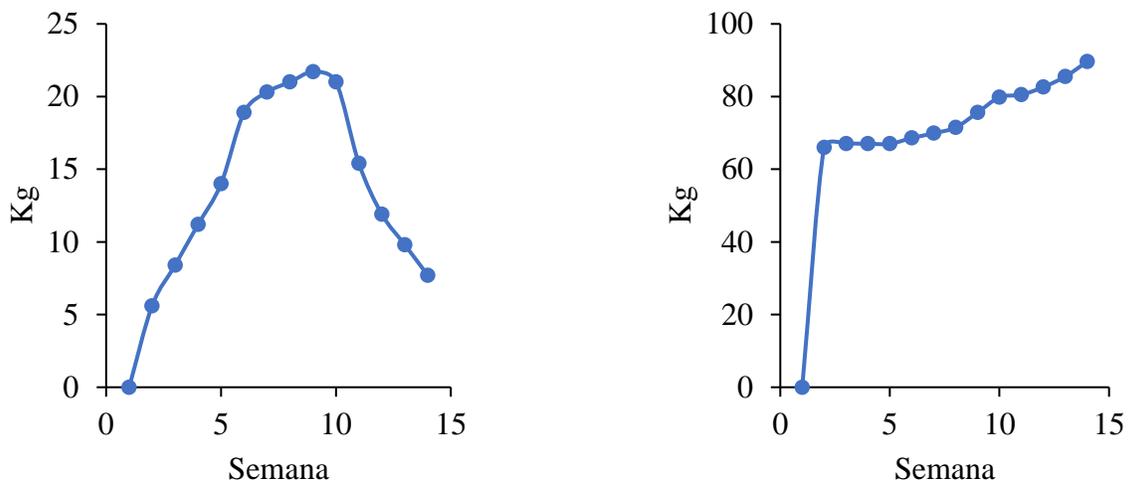


FIGURA 11. A) GANANCIA SEMANAL DE PESO VIVO Y B) CONSUMO DE ALIMENTO SEMANAL

FUENTE: POSADAS (2010).

La ganancia diaria de peso (peso vivo=PV), indica que a medida que transcurre el tiempo, el animal incrementa su peso para luego disminuir en las últimas semanas del periodo de engorda. Asimismo, se observa el comportamiento del consumo de alimento (insumo variable) realizado por los bovinos carne, a medida que transcurren el periodo de engorda. Puede verse que conforme aumenta el periodo, los animales se vuelven más demandantes de alimento. Llega un momento en que el alimento ya no responde positivamente en la ganancia de peso.

Los datos de la Figura 10 se ajustaron a un modelo polinomial. Es importante revisar la teoría matemática respecto de modelos bioeconomicos en donde las variables independientes son colineales.

$$Y = \alpha + \beta_1 A_{i1} + \beta_2 A_{i2}^2 + \beta_3 A_{i3}^3 + \varepsilon_i$$

$$Y = \gamma + \lambda_1 S_{i1} + \lambda_2 S_{i2}^2 + \lambda_3 S_{i3}^3 + v_i$$

Donde Y = peso in vivo de bovinos carne, α y γ = intercepto de la función, β_i y λ_i = parámetros del modelo, A = variable independiente, alimento, ε y ν = error estocástico, aleatorio o estadístico y S = variable independiente en semanas.

Los mejores modelos estimados (puede utilizar una cantidad importante de software estadísticos) por mínimos cuadrados ordinarios y con el software SAS (Sistema de Análisis Estadístico) fueron:

$$Y = 289.9458 - 33.0615A + 0.8220A^2 - 0.0048A^3$$

$$Y = 291.4867 - 0.0341S + 0.06395S^2 - 0.0004540S^3$$

En los dos modelos estimados, como se ha dicho en páginas anteriores se observan coeficientes negativos para los términos cúbicos y ello permite que la concavidad de la función tome una dirección correcta, para determinar los óptimos técnico y económico de la producción, en este caso, el peso de bovinos carne.

El óptimo técnico para el modelo con variable dependiente el alimento (A), se obtiene en el punto de la función donde $\frac{dY}{dA} = PMg = 0$. El resultado es un modelo cuadrático que se resuelve con la fórmula general:

$$\frac{dY}{dA} = -33.061 + 1.644A - 0.0144A^2 = 0$$

$$A = \frac{-(1.644) \pm \sqrt{1.644^2 - 4(-0.0144)(-33.061)}}{2(-0.0144)} = \frac{-1.644 \pm \sqrt{2.7027 - 1.9043}}{-0.0288}$$

$$= \frac{-1.644 \pm \sqrt{0.7984}}{-0.0288} = \frac{-1.644 \pm 0.8935}{-0.0288} = \frac{-1.644 - 0.8935}{-0.0288} = \frac{-2.5375}{-0.0288} = 88.11$$

El valor de $A = 88.11$ kg de alimento, representa el óptimo técnico, o máximo peso del bovino carne.

Al sustituir $A = 88.11$ kg de alimento en la función de producción, da un valor de $Y = 475.08$ kg de peso in vivo final del bovino carne. Es decir, que por cada semana que transcurra, el animal debería comer 88.11 kg de alimento para llegar a su peso máximo, que, en la función de Producto Total, se ubica en el punto donde la pendiente es cero, o también, cuando el producto marginal de la función es cero.

Por otro lado, al estimar para estimar el óptimo económico, se requiere conocer el precio del insumo variable, en este caso, el precio de una unidad de alimento, y el precio de venta del producto. Así, si se considera que el precio de venta por kg de peso vivo del animal es 20 u.m. y el precio de la dieta de alimento es 27.5 u.m./kg, el óptimo económico se obtiene cuando:

$$PMg = \frac{P_A}{P_Y} =$$

$$PMg = \frac{dY}{dA} = -33.061 + 1.644A - 0.0144A^2 = \frac{27.5}{20.0} = 1.375$$

$$-33.061 + 1.644A - 0.0144A^2 = 1.375$$

$$-33.061 - 1.375 + 1.644A - 0.0144A^2 = 0$$

$$-34.436 + 1.644A - 0.0144A^2 = 0$$

Resolviendo por la fórmula general para la variable independiente A, se tiene que:

$$A = \frac{-1.644 \pm \sqrt{1.644^2 - 4(-0.0144)(-34.436)}}{2 * -0.0144} = \frac{-1.644 \pm \sqrt{2.7077 - 1.9835}}{-0.0288}$$

$$A_1 = \frac{-1.644 + \sqrt{2.7077 - 1.9835}}{-0.0288} = 27.53$$

$$A_2 = \frac{-1.644 - \sqrt{2.7077 - 1.9835}}{-0.0288} = 86.63$$

El valor de $A=86.63$ kg de alimento que representan el óptimo económico.

Si se sustituye el valor de $A = 86.63$ kg en la Función de Producción (Y), se tiene que $Y = 473.9$ kg de peso vivo del animal, que representan el óptimo económico de peso in vivo. Continuando con el mismo modelo, en Teoría Económica, sabe que la máxima producción no es la máxima ganancia económica, es decir, cuando un productor o una empresa tratan de llegar al punto de máxima producción, eso no es garantía de la obtención de la máxima ganancia en dinero.

Para probar lo anterior, se requiere estimar la función ganancia (ingresos totales menos costos totales), primero con el valor de A del óptimo técnico y luego con el del óptimo económico. Esto se demuestra a continuación:

Cuando $A = 88.107$ kg, equivale a $\frac{88.107}{7} = 12.59$ kg/día y $(12.59 \text{ kg})(90 \text{ días}) = 1,131.1$ kg/engorda.

En promedio, el costo total (CT) por animal producido fue:

$$CT = P_A * A = 2.75 * 1\,131.1 = 3\,116.02$$

Así mismo, el ingreso total (IT) promedio por animal:

$$(IT) = (475.08 \text{ kgPV})(20 \text{ u. m.}) = 9\,501.6 \text{ u. m.}$$

Finalmente, la ganancia monetaria (G) promedio por animal fue:

$$G = IT - CT = 9\,501.6 - 3\,116.02 \text{ u. m.} = 6\,385.6 \text{ u. m.}$$

Cuando $A = 86.53$ kg de alimento (nivel de insumo variable que representa el óptimo económico), $\frac{88.53}{7} = 12.36$ Kg de alimento consumidos por día y $(12.36)(90 \text{ días}) = 1\,112.4$ kg de alimento consumidos en todo el periodo de engorda.

$$CT = 2.75 * 1\ 112.4 = 3\ 059.1\ u.m.$$

$$IT = (473.9\ kgPV) (20\ u.m.) = 9\ 478\ u.m.$$

Por lo que la ganancia (G) obtenida sería:

$$G = 9\ 478.0 - 3\ 059.1 = 6\ 418.9$$

Por lo que con esto queda demostrado, que el punto de máxima producción o máximo peso del bovino de engorda (óptimo técnico), no necesariamente significa obtener la máxima ganancia en dinero. Pues, siempre el óptimo económico se logra antes que el óptimo técnico, con lo que la ganancia en dinero, siempre es mayor. En términos económicos, no conviene llegar al nivel del óptimo técnico porque se estaría dejando de ganar.

En el modelo:

$$Y = 291.4867 - 0.0341S + 0.06395S^2 - 0.0004540S^3$$

Ahora, la variable independiente, es el número de semanas (S) de engorda en bovinos carne. Para encontrar los niveles de S del óptimo técnico y óptimo económico, el procedimiento de solución es similar al modelo anterior.

La ecuación que resulta al usar la primera derivada de la función igualada a cero es:

$$- 0.0341 + 0.1278 S - 0.001365 S^2 = 0$$

Al resolver la ecuación por Fórmula General, se obtiene $S = 93.29$

Es decir, que el número de días óptimo para que el bovino carne llegue a su máximo peso es de 93.29 días.

Si se sustituye el valor de $S = 93.29$ en la función de producción:

$$Y = 291.4867 - 0.0341S + 0.06395S^2 - 0.0004540S^3 = 475.01$$

El valor de $Y = 475.01$ kg, representa el peso promedio en pie del animal engordado o al final del proceso productivo.

Por tanto, si se obtiene el valor del CT y del IT para generar el valor de la ganancia, el resultado sería:

$$IT = 20 * 475.01 = 9\,500.2 \text{ u.m.}$$

Por su parte, el costo total (CT), por concepto de alimento (insumo variable) de todo el periodo de engorda asciende a \$2 915.0. Dado que la experiencia en campo, por parte de engordadores ha demostrado, que un animal se come, en promedio, 1,060 kg de alimento, por lo que multiplicados por el precio/kg, da el valor de 2 915 u.m.

La ganancia es igual a:

$$G = 9\,500.2 - 2\,915.0 = 6\,585.2$$

El nivel óptimo económico se soluciona, cuyo resultado fue \$6,904.78 kg.

Por lo que se concluye una vez más que la ganancia obtenida con el nivel del óptimo económico es mayor que la que se obtiene con el óptimo técnico. Lo que constituye una recomendación técnico-económica veraz hacia el productor. Esto es, no conviene, bajo ninguna manera, que el engordador de ganado bovino trate de llevar a los animales al máximo peso in vivo, pues ello representaría pérdidas para el productor de ganado (Rebollar *et al.*, 2022).

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta tesis de Licenciatura, la función de producción que se estimó ($n = 30$) para conejos estabulados, alimentados con alimento comercial y adición de *Acacia farnesiana* al 2 y 4% en la dieta fue:

$$Y = -0.336 + 0.310X - 0.0108X^2$$

Los estadísticos de importancia para el modelo estimado se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro. 8. Resultados estadísticos del modelo estimado para conejos estabulados.

Parámetro	Estimador	EE	tc	Pr > t
Intercepto	-0.336	2.741	-0.120	0.904
X	0.310	0.505	0.610	0.551
X ²	-0.108	0.231	-0.460	0.65
Fc	2.13 (P < 0.05)			
R ²	0.27			

Fuente: elaboración propia, con resultados de la salida del modelo de regresión. EE: Error estándar. tc: t-calculada.

Con base en los resultados, en general, el modelo es, estadísticamente significativo en términos del valor de la F-calculada (Fc), pese a que el valor de este estadístico apenas rebasó la barrera del valor de la Fc de 2.0 (Gujarati y Porter, 2010).

Por variables, el modelo no fue significativo estadísticamente, por lo que es lógico pensar que la no inclusión de otras variables biológicas con influencia en el peso vivo final de los conejos (variable dependiente) pudieron haber incrementado su significancia, pero ese no fue tal propósito en este trabajo; sin embargo, con base en la teoría microeconómica de la producción, el modelo presentó lógica económica, que de hecho fue lo que se esperaba y, por ende, significancia económica debido a que el signo de la variable X² fue

el esperado o deseado; es decir negativo; lo que permitió dar la concavidad de la curva de la función de producción (Nicholson y Snyder, 2015) y en efecto, su respectiva optimización; es decir, el poder generar los niveles óptimo técnico y óptimo económico aplicados a la engorda estabulada de este tipo de animales zootécnicos de interés económico.

Puede afirmarse, hasta este nivel del trabajo, que los resultados estadísticos del modelo se deban, en parte, al efecto de la leguminosa en el comportamiento del peso final de los conejos. De hecho, varios autores han incluido forrajes secos en dietas experimentales para conejos, por ejemplo Nieves *et al.* (2008) utilizaron morera; Mora (2010) utilizó leucaena (*Leucaena leucocephala*) y maní forrajero (*Arachis pintoï*) (Nieves *et al.*, 2009), con buenos resultados productivos.

En términos económicos, -0.336, el valor del intercepto de la función de producción estimada de los conejos estabulados, carece de significado económico (Rebollar *et al.*, 2008) al no ser posible concebir que, en promedio, los conejos alcancen un peso vivo final negativo cuando todas las variables toman un valor de cero. Por su parte 0.310, que antecede a la variable X del modelo estimado, significa que por kg de alimento adicional con adición de la leguminosa que hayan consumido los conejos durante el periodo experimental, la ganancia de peso habría sido de 310 g, similar a la afirmación de Nieves *et al.* (2009) y Mora (2010).

9.2. Niveles óptimo técnico (NOT) y económico (NOE)

El NOT se considera el punto de máxima producción, el nivel más alto de la curva de función de producción, donde matemáticamente, la primera derivada de la ecuación estimada es cero y, sin importar el precio del insumo variable y del producto, todo productor y/o empresario tratará de llegar a ese punto de máxima producción. Por su parte, el NOE es un punto (en el gráfico de la función de producción) en el que el valor del insumo variable X es menor con relación al que se obtiene con el NOT; aquí, si importa el precio del insumo variable y el precio del producto y, en consecuencia, la ganancia en

dinero al NOE es mayor con relación a la del NOT (Rebollar *et al.*, 2011; Rebollar *et al.*, 2014).

9.3. Costo, ingreso y ganancia al NOT y NOE

Al considerar la función de producción estimada para los conejos estabulados y alimentados con alimento comercial adicionado con la leguminosa, el procedimiento para obtener el valor de X, la cantidad de insumo variable (alimento consumido por los conejos) que representa al NOT, es el siguiente:

En la función de producción estimada:

$$Y = -0.336 + 0.310X - 0.0108X^2$$

Al derivar a Y respecto a X e igualar a cero, el resultado fue:

$$\frac{dY}{dX} = 0.310 - 0.0216X = 0$$

Al despejar X, se conoce entonces el valor del insumo variable; es decir, la cantidad de alimento total adicionado con leguminosa, promedio, que consumieron los conejos durante el periodo que duró el experimento, equivalente al NOT, esto es:

$$0.0216X = 0.310$$

$$X = \frac{0.310}{0.0216} = 14.35 \text{ kg de alimento}$$

Cuando se sustituye X = 14.35 kg en la función de producción estimada Y, se obtiene:

$$Y = -0.336 + 0.310(14.35) - 0.0108(14.35)^2$$

$Y = -0.336 + 4.45 - 2.22 = 1.89$ kg de peso, promedio, de los conejos, correspondiente al NOT.

En el cálculo de la ganancia (G) al NOT, se utiliza la expresión (Rebollar *et al.*, 2008); $G = IT - CT$; por lo que $IT = (P_y)(Y) = (\$160) (1.89 \text{ kg}) = \302.40 y, el $CT = (P_x)(X) = (\$11.2) (14.35 \text{ kg}) = \160.72 . Así, la G por cada conejo, al NOT es, $G = \$302.40 - \$160.72 = \$141.68$.

Para estimar la ganancia (G) al NOE, la primera derivada de la función de producción estimada se iguala a la relación de precios del insumo (P_x) y del producto (P_y) (Rebollar *et al.*, 2014):

$$\frac{dY}{dX} = \frac{P_x}{P_y} = 0.310 - 0.0216X = \frac{\$11.2}{\$160} = 0.07$$

$$0.310 - 0.07 = 0.0216X$$

$$0.0216X = 0.240$$

$$X = \frac{0.240}{0.0216} = 11.1 \text{ kg de alimento al NOE}$$

Cuando se sustituye X en la función de producción (Y) que se estimó:

$$Y = -0.336 + 0.310 (11.10) - 0.0108(11.10)^2 = -0.336 + 3.44 - 1.33 = 1.77 \text{ kg de peso, promedio de los conejos, correspondiente al NOE.}$$

La ganancia, en dinero, el NOE, se obtuvo como $G = IT - CT$. Por lo que el $IT = (P_y)(Y) = \$160 (1.77 \text{ kg}) = \283.20 y, el valor del $CT = (P_x) (X) = (\$11.2) (11.1 \text{ kg}) = \123.20 . Por tanto, la ganancia estimada al NOE es: $G = \$283.20 - \$123.20 = \$160.00$ (Cuadro 9)

Cuadro. 9. Costo, ingreso y ganancia en conejos estabulados y alimentados con adición de *Acacia farnesiana* al NOT y NOE.

Concepto	NOT	NOE
X, insumo variable (en kg de alimento)	14.35	11.10
Costo total, en \$	160.72	123.20
Ingreso total, en \$	302.40	283.20
Ganancia, en \$	141.68	160.00

Fuente: elaboración propia, con base en la estimación de la función de producción. NOT: nivel óptimo técnico. NOE: nivel óptimo económico.

Los resultados que se obtuvieron al nivel del NOE, tanto el costo, ingreso y ganancia, fueron, prácticamente, similares a los que obtuvo Rebollar (2021), es decir, cuando el peso promedio fue 1.74 kg, CT = \$122.34; IT = \$279.104, con ello, la ganancia promedio fue \$156.76. Lo anterior, contrasta con los reportados por Vázquez (2017), el cual obtuvo costos de alimentación por conejo en promedio de \$84.79 y el precio de venta promedio de \$95.00 teniendo una ganancia de \$10.21 por conejo.

Con referencia en la teoría microeconómica (Nicholson y Snyder, 2015; Parkin y Loría, 2015; Rebollar *et al.*, 2022), se confirma que el nivel de utilización del insumo variable (alimento comercial y adición de *Acacia farnesiana*) el NOT fue mayor con relación al NOE y de forma similar con el costo, ingreso y ganancia. Al NOE, la ganancia en dinero fue mayor que en el punto de máxima producción. Por otra parte, se confirma la hipótesis de que, al comparar los dos niveles de optimización, al NOE la ganancia por conejo fue mayor que al NOT, además también se cumple el supuesto teórico de que el óptimo económico se encuentra por debajo del óptimo técnico (Rodríguez *et al.*, 2017).

VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se planteó este trabajo, los resultados que se obtuvieron sí se acercaron a la realidad. El uso del insumo variable al NOT fue mayor que al NOE, con ello se confirma la hipótesis de esta investigación. La ganancia en dinero que se obtuvo al NOE rebasó a la que se generó al NOT, pese a que este último, representa el punto de máxima producción. Al contrastar los resultados contra lo que se obtuvo en campo, la ganancia en dinero al NOE fue mayor que la del NOT; por lo que, una vez más, la máxima producción no necesariamente significa obtener la máxima ganancia en dinero. Finalmente, tanto la metodología, resultados y conclusiones de este trabajo pueden ser repetidos en cualquier otra investigación bajo condiciones similares y constituyen una recomendación técnico-económica para los agentes económicos que se dediquen a la producción de esta pequeña especie pecuaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves-Martínez, R. (2019). Análisis económico de la producción cunícola en la región de los Volcanes del Estado de México. Tesis de Licenciatura en Médico Veterinario Zootecnista. Centro Universitario Amecameca-Universidad Autónoma del Estado de México. <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105885/Documento%20-%20tesis.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Consulta el 29 de abril de 2022.
- Alcázar-Montañez, C. D., Jandete-Díaz, G. H., Vázquez-García, M. C. Marisa del Carmen Vázquez García & Romero-López, J. A. (2020). *Buenas prácticas para la producción de carne de conejo*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. https://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/practicas_conejo/Buenas_Practicas.pdf. Consulta el 17 de febrero de 2022.
- Animalgourmet. (2021). Consumo de carne de conejo por persona en México. <https://www.google.com/search?sxsrf=AOaemvLPrthvDMABzJI1nKJfnW8NBkYBYA:1635360823723&q=Consumo+per+c%C3%A1pita+de+carne+de+conejo+en+M%C3%A9xico+2019&sa=X&ved=2ahUKEwi9lejnoevzAhVcl2oFHRoyBGoQ1QJ6BAgUEAE&biw=1280&bih=609&dpr=1>. Consulta el 27 de octubre de 2021.
- Castillo-Arteaga, M. G., Cruz-García, I. A., Denisse-Ramírez, D. A., González-Sánchez, M. S., Tapia-Cardona, I. y. & Vargas-Sierra, M. (2013). Carne de conejo, alternativa a favor de la salud. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/download/1821/5772?inline=1>.
- Cruz-Monterrosa, R. G., Díaz-Ramírez, M., Jiménez-Guzmán, J., García-Garibay, M., Miranda-de la Lama, G., Hernández-Jabalera, A., Mena-Martínez, M., León-Espinoza, E., & Rayas-Amor, A. (2019). Características de la carne de conejo y su vida de anaquel evaluada con el perfil de aminas biogénicas. *Agroproductividad* 12(11): 67-73. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1498>.

- Eurocarne. (2021). Comercio mundial de carne de conejo. <https://eurocarne.com/noticias/codigo/43145/kw/Destacan%20que%20el%20comercio%20mundial%20de%20carne%20de%20conejo%20creci%C3%B3%20hasta%20los%206.400%20millones%20de%20d%C3%B3lares>. Consultado el 22 de octubre de 2021.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, por sus siglas en inglés). (2021a). La FAO reconoce el papel, creciente e importante, de la cunicultura. La producción mundial de conejos sobrepasa el millón de toneladas. https://www.fao.org/waicent/ois/press_ne/pressspa/2001/prsp0157.htm. Consulta el 22 de octubre de 2021.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, por sus siglas en inglés). (2021b). Database. Comercio mundial de carne de conejo. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/TCL>. Consulta el 25 de octubre de 2021.
- Flores, J. D. (2016). Análisis situacional y propuesta de estrategias para apoyar el desarrollo de la cunicultura de tipo semi-industrial en el municipio de Texcoco, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorada en Ingeniería.
- (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia). *Biota Colombiana* 13(2): 232-246. <https://www.redalyc.org/pdf/491/49125845004.pdf>.
- Garduño-Millán, M., Román-Montes de Oca, E., Reynoso-Patiño, M., Saldaña-Fernández, C., López-Barbosa, L., Cruz-León, A. & García-Matías, F. (2019). La cunicultura de traspatio como parte de las estrategias de seguridad alimentaria en Morelos, México. *Revista ESPAMCIENCIA*, 10(2), 43-51. Recuperado de http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/174.
- García, J., Carbaño, R., Pérez-Alba, L., De Blas, J. C. (2000). Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. *J. Anim. Sci.* 78: 638- 646.

- García-Winder, L. R., Goñi-Cedeño, S., Olgún-Lara, P. A., Díaz-Salgado, G., Arriaga-Jordán, C. M. (2009). Huizache (*Acacia farnesiana*) whole pods (flesh and seeds) as an alternative feed for sheep in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. Abril de 2009. DOI 10.1007/s11250-009-9355-2.
- Gidenne, T. (1996). Nutritional and ontogenic factors effecting rabbit caeco-colic digestive physiology. 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. Vol. 1: 13-28.
- Gujarati, N. D & Porter, D. C. (2009). *Econometría*. México, D. F.: Mc Graw Hill Interamericana.
- Jiménez-Castillo, L. V. & Martínez-Castillo, M. A. (2020). Vacunar a los conejos de ahora en adelante, ¿por qué?. <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/vacunar-a-los-conejos-de-ahora-en-adelante-y-por-que/>. Consulta el 18 de febrero de 2022.
- Leroy-Miller, R. y Meiners, R. E. (1990). *Microeconomía*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- López-Camacho, R., González-M, R., Cano, M. (2012). *Acacia farnesiana* (L.) Willd.
- Mendoza, B. (2001). Situación de la cunicultura en México. Ciclo internacional de conferencias en cunicultura empresarial. UACH.
- Mora-Valverde, D. (2010). Usos de la morera (*Morus alba*) en la alimentación del conejo. El rol de la fibra y la proteína en el tracto digestivo. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2),357-366. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v21n2/a17v21n2.pdf>.
- Nicholson, W., Snyder, C. 2015. Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. 11ava ed. CENGAGE Learning. México, Distrito Federal.
- Nieves, D., Schargel, I., Terán, O., González, C., Silva, L., Ly, J. 2008. Estudios de procesos digestivos en conejos de engorde alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. Digestibilidad fecal. *Revista Científica FCV-LUZ* 18(3):271-277. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95918306.pdf>.
- Nieves, D., Terán, O., Vivas, M., Arciniegas, G., González, C., Ly, J. 2009. Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. *Revista Científica FCV-LUZ* 19(2):173-180. <https://www.researchgate.net/publication/262592754> Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales.

- Olivares-Pineda, R., Gómez-Cruz, M. A., Schwentesius-Rindermanm, R., Carrera-Chávez, B. (2009). Alternativas a la producción y mercadeo para la carne de conejo en Tlaxcala, México. *Región y Sociedad* 21(46): 191-207. <https://www.redalyc.org/pdf/102/10212161008.pdf>.
- Parkin, M. & Loría. E. (2015). *Microeconomía. Versión para América Latina*. México, D. F.: Mc Graw Hill.
- Rebollar, R. S., Hernández, M. J., Rojo, R. R., González, R. F. J., Mejía, H. P., Cardoso, J. D. 2008. Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral. *Universidad y Ciencia* 24(1):67-73. <http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/abril2008/index.html>.
- Rebollar Rebollar, S., Gómez Tenorio, G., Hernández Martínez, J., Rojo Rubio, R., González Razo, F. J. & Avilés Nova, F. (2008). Determinación del óptimo técnico y económico en una granja porcícola en Temascaltepec, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 14(3), 255-262. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7147>.
- Rebollar Rebollar, S., Guzmán Soria, E., Hernández Martínez, J., Terrones Cordero, A. y González-Razo, F. J. (2022). *Microeconomía básica. Teoría y práctica*. Querétaro, Qro.: BUK.
- Rebollar-Rebollar, S., Posadas-Domínguez, R. R., Hernández-Martínez, J., González-Razo, F. J., Guzmán-Soria, E. & Rojo-Rubio. R. (2011). Technical and economics optimal in feedlot cattle. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 413-420. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/842>.
- Rebollar, R. S., Gómez, T. G., Hernández, M. J., Callejas, J. N., Guzmán, S. E. 2014. Óptimos económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 25(1):161-168. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43730495013>.
- Rebollar-Rebollar, S., Callejas-Juárez, N., Hernández-Martínez J. & Gómez-Tenorio, G. (2016). Isocuanta de la producción de leche semi intensiva en una región del Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 23(2),171-177. <http://cienciaergosum.uaemex.mx/index.php/ergosum/article/view/1299/3413>.

- Rebollar-Rebollar, S., Gómez-Tenorio, G., Callejas-Juárez, N., Guzmán-Soria, E. & Hernández-Martínez, J. (2014). Óptimos económicos en cortes de carne de cerdo en dos regiones de México. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1),161-168. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/download/14216/28760?inline=1>.
- Rebollar, J. R. 2021. Evaluación económica de la *Acacia farnesiana* en la alimentación de conejos. Tesis de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/109681>.
- Rebollar-Puebla, M. (2021b). Función de producción en pollos de engorda línea Cobb 500 bajo sistema intensivo en Temascaltepec 2020. Tesis de Licenciatura en Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Centro Universitario UAEM Temascaltepec-UAEMÉX.
- Reyes, J. J., Martín, P. C., Gálvez, M., Rey, S., Capdevila, J., Noda, A. y Redilla, C. (2015). Comportamiento productivo de vacas mestizas Siboney, en condiciones de estabulación en el trópico. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 19(1),41-51. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83738998004>.
- Rodríguez, G. I. (2012). Competitividad del sistema agroalimentario localizado productor de carne de conejo de la zona sur oriente del Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México
- Rodríguez, L. G., Carrillo J. C., Hernández M. J., Borja B. M. (2017). Análisis diferencial técnico-económico de los sistemas productivos de guajolotes en el Estado de México. *Ciencia Ergo Sum* 24(1): 25-33. <https://doi.org/10.30878/ces.v24n1a3>
- Rosas, P. (2013). Demanda actual y potencial de la carne de conejo en el municipio de Texcoco, Estado de México. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Campus Montecillo Postgrado de Socioeconomía, Estadística e Informática Economía. <https://es.scribd.com/doc/290382078/Rosas-PeraltaN-MC-Economia-2013>.
- SADER. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. (2021). *Todo sobre la producción de carne de conejo*. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/conoce-todo-sobre-la-produccion-de-carne-de-conejo>. Consulta el 27 de octubre de 2021.

- SAS Institute Inc (2009) *SAS/STAT 9.2 User's Guide (2da ed)*. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- SAS (Statistical Analysis System). (2003). SAS, versión 9.1.3. Institute Inc, Cary. N. C., USA.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria. (2021a). *Situación actual de la Enfermedad Hemorrágica del Conejo (VEHC2) en México y EUA*.
https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/infografias/anml/ehvc/info_evhc_MexicoEUA.pdf. Consulta el 27 de octubre de 2021.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Alimentaria. (2021b). Infografías. Conejo.
https://dj.senasica.gob.mx/Contenido/infografias/anml/ehvc/info_evhc_MexicoEUA.pdf.
- Statista. (2021). Producción mundial de carne de conejo, 2012-2019.
<https://es.statista.com/estadisticas/525924/produccion-mundial-de-carne-de-conejo/>. Consulta el 22 de octubre de 2021.
- Terán, V. O. E., Espinosa, A. E., Brunett, P. L., Márquez, M. O., Soto C. H. A. (2011). *Programas sectoriales enfocados al desarrollo sustentable de la cunicultura familiar*. La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes, Vol. I. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Vázquez, O. A. S. (2017). La cunicultura como actividad complementaria en sistemas de producción de leche en pequeña escala que implementan pastoreo de praderas cultivadas en el noroeste del Estado de México. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UAEMÉX.
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67623/TESIS+FINAL+ALEXI+S+SEBASTIAN+VAZQUEZ+OLVERA-split-merge.pdf;jsessionid=>
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. México, Distrito Federal: CENGAGE-Learning.
- Wooldridge, M. 2009. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. 4a ed. Cengage Learning. Distrito Federal, México.

