

c.1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**NIVELES OPTIMOS BIOLOGICOS O
ECONOMICO DE PAJA TRATADA CON
HIDROXIDO DE SODIO EN DIETAS PARA
CONEJOS EN CRECIMIENTO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA:

ROMELIA PIÑA MENDOZA

ENERO DEL 2001

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
FICHA DE EXAMENES PROFESIONALES

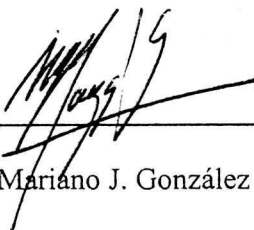


**NIVELES OPTIMOS BIOLOGICOS O ECONOMICO DE PAJA TRATADA
CON HIDROXIDO DE SODIO EN DIETAS PARA CONEJOS EN
CRECIMIENTO**

Tesis realizada por **Romelia Piña Mendoza** bajo la dirección del Comité Asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el
grado de:

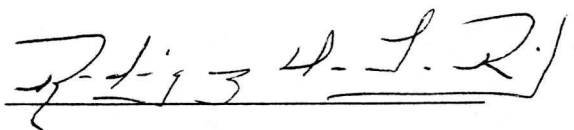
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL

DIRECTOR:



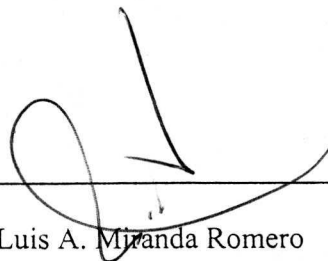
Ph.D. Mariano J. González Alcorta

ASESOR:



Ph.D. Raymundo Rodriguez de Lara

ASESOR:



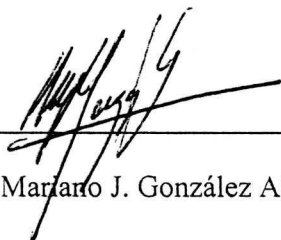
A. 37879

Dr. Luis A. Miranda Romero

**NIVELES OPTIMOS BIOLOGICOS O ECONOMICO DE PAJA TRATADA
CON HIDROXIDO DE SODIO EN DIETAS PARA CONEJOS EN
CRECIMIENTO**

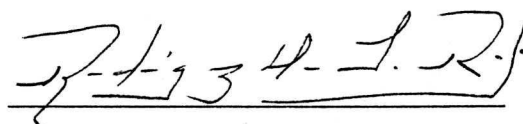
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Romelia Piña Mendoza** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



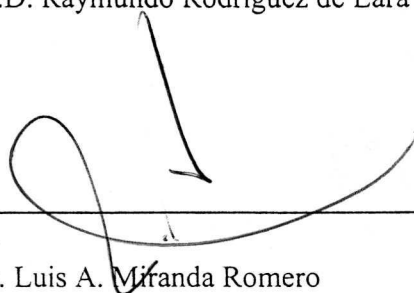
Ph.D. Mariano J. González Alcorta

ASESOR:



Ph.D. Raymundo Rodriguez de Lara

ASESOR:



Dr. Luis A. Miranda Romero

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Posgrado en Producción Animal por los conocimientos adquiridos durante mi estancia y el apoyo brindado para la culminación de mi maestría.

Al Dr. Mariano González Alcorta por su acertada dirección y el tiempo dedicado al desarrollo y revisión de la presente tesis, pero sobre todo por creer en mí y por su valiosa amistad.

Al Dr. Raymundo Rodríguez de Lara por su asesoría y colaboración en el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Luis Miranda Romero por sus aportaciones y sugerencias que contribuyeron a mejorar el contenido del presente documento.

A COCICEMAC “Conejos Centro de Investigación Científica del Estado de México, A.C.”, en particular a la Ing. Marianella Fallas por haber facilitado las instalaciones para realizar el tratamiento químico de la paja y el ensayo de crecimiento.

A la empresa Malta Cleyton, Planta Vallejo, en especial al MC. José Beltrán y al Ing. Bernardo Serrano por todas las facilidades otorgadas para realizar el proceso de “peletizado” de las dietas en dicha planta.

DEDICATORIA

A mi esposo: Angel Leyva Ovalle, con quien he compartido momentos difíciles y momentos felices, por su inmenso amor y su apoyo incondicional. Gracias por darle sentido a mi vida.

A mis padres: Javier Piña Martínez y Virginia Mendoza Avilez, quienes además de la vida, con su ejemplo me han enseñado a luchar siempre hasta alcanzar la meta. Gracias por guiarme por el camino correcto de la vida.

A mis hermanos: Mirasolva, Nivardo, Vladimir, Rebeca, Francisca, Rosana, Javier, Nanci y Cupatitzio, por todo el cariño que siempre me han demostrado.

A mis amigas: Beatriz Aguilar, Leticia Bravo y Laura Ramirez, por su valiosa amistad y por todos los momentos compartidos.

Al MC. Raúl Ortega González, por su interés en mí superación a lo largo de mi formación profesional y por su gran amistad.

DATOS BIOGRAFICOS

Datos generales:

Nombre: Romelia Piña Mendoza

Lugar de origen: Morelia, Michoacán

Fecha de nacimiento: 19 de enero de 1972

Formación académica:

Escuela Primaria Rural “Miguel Hidalgo y Costilla” La Quemada, Mich.(1977-1983)

Escuela Secundaria Federal No. 6 “Dr. Alfonso García Robles” Morelia, Mich. (1983-1986).

Escuela preparatoria No. 2 “Ing. Pascual Ortíz Rubio”. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. (1986-1988).

Licenciatura: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. (1988-1993).

Profesión: Médico Veterinario Zootecnista.

Desempeño profesional:

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Período (1993-1994). Puesto: Residente auxiliar del laboratorio de Anatomía y Ciencias Morfológicas, Morelia, Mich.

Rastro Frigorífico Municipal de Morelia. Período (1994-1995). Puesto: Inspector sanitario. Morelia, Mich.

RESUMEN

Piña Mendoza Romelia y González Alcorta Mariano Jesús.

NIVELES OPTIMOS BIOLOGICOS O ECONOMICO DE DE PAJA TRATADA CON HIDROXIDO DE SODIO EN DIETAS PARA CONEJOS EN CRECIMIENTO

(Enero, 2001)

Se realizó un experimento en el Centro de Investigación Científica del Estado de México, A.C., para evaluar la sustitución de diferentes niveles de paja tratada con NaOH por alfalfa en el comportamiento productivo de conejos en crecimiento y estimar los niveles óptimos biológicos (NOB) y económico (NOE) de la paja tratada en la dieta. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con dos bloques considerando el peso inicial de los conejos; distribuidos en cinco niveles de paja tratada (33.704; 25.270, 16.850, 8.460 y 0 %). Las variables de respuesta fueron consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, peso final y mortalidad por enteritis. La sustitución de paja tratada no afectó negativamente el comportamiento productivo y solamente el 3.3% de la mortalidad total fue por enteritis. El NOB (9.955%) para peso vivo y el NOE (9.908) de paja tratada no coincidieron.

Palabras Clave: Conejos, engorda, paja tratada, NaOH, óptimo biológico, óptimo económico, comportamiento productivo.

ABSTRACT

Piña Mendoza Romelia y González Alcorta Mariano Jesús.

OPTIMAL BIOLOGICAL OR ECONOMIC DIETARY LEVELS OF SODIUM HIDROXIDE TREATED STRAW FOR GROWING RABBITTS

(January, 2001)

An experiment was carried out at “Centro de Investigación Científica del Estado de México, A.C.”, in order to evaluate the substitution of different sodium hydroxide treated straw levels by lucerne on the rabbit growing performance to estimate the optimal biological (OBL) and the optimal economical levels (OEL) of treated straw in the diet. A randomized blocks experimental design was applied, with two blocks taking an initial weight of rabbits, distributed in five levels of treated straw (33.704; 25.270, 16.850, 8.460 and 0 %). The response variables were feed intake, weight gain, final weight and enteritis mortality. The treated straw dietary level did not affect the rabbit performance and only 3.3% of the total mortality was due to enteritis. The OBL (9.955%) to maximize weight and the OEL (9.908) of treated straw were different.

Key words: Rabbits, fattening, treated straw, NaOH, optimal biological, optimal economical, performance.

CONTENIDO

	Página
Indice de cuadros.....	xii
Indice de figuras.....	xvi
Indice de anexos.....	xvii
I.- Introducción.....	1
II.- Revisión de literatura.....	3
2.1. Marco de referencia.....	3
2.1.1. Situación de la cunicultura en México.....	3
2.1.2. Producción nacional de carne de conejo y consumo per cápita.....	4
2.1.3. Participación gubernamental.....	5
2.1.5. Situación de la producción de alfalfa a nivel nacional.....	5
2.1.4. Situación de la producción de la paja de cebada en México.....	7
2.1.6. Impacto del uso de paja tratada con NaOH en la formulación de dietas de máxima utilidad al productor.....	8
2.2. Marco conceptual.....	9
2.2.1. Definición y clasificación de la fibra.....	9
2.2.2. Métodos para estimar el contenido de fibra en los alimentos.....	11
2.2.3. Funciones y requerimientos de fibra en conejos.....	13
2.2.4. Fuentes de fibra comúnmente utilizadas en la alimentación de conejos.....	14
2.2.5. Tratamientos usados para mejorar la digestibilidad de alimentos fibrosos..	15

2.2.6. Uso de pajas tratadas con NaOH en la alimentación animal.....	17
III. Problemática, hipótesis y objetivos.....	20
3.1. Problemática.....	20
3.2. Hipótesis.....	20
3.3. Objetivos.....	21
IV. Materiales y métodos.....	22
4.1. Estimación del porcentaje adecuado de hidróxido de sodio por kilogramo de paja.....	22
4.2. Tratamiento químico a la paja de cebada usada en las dietas experimentales.....	22
4.3. Ensayo de crecimiento.....	23
4.3.1. Localización.....	23
4.3.2 Animales y manejo.....	23
4.3.3. Dietas experimentales.....	24
4.4. Variables medidas.....	25
4.5. Análisis estadístico.....	26
4.6. Estimación de parámetros de los modelos de regresión.....	27
4.7. Selección del modelo de regresión.....	28
4.8. Construcción del modelo econométrico.....	28
4.8.1. Modelo para estimar el (NOB) de paja tratada con NaOH.....	28
4.8.2. Modelo para estimar el NOE de paja tratada de NaOH.....	29

4.10. Análisis de sensibilidad.....	30
4.11. Comparación de los NOB y el NOE de paja tratada en dietas para conejos en crecimiento.....	30
V. Resultados.....	31
5.1 Estimación del porcentaje adecuado de hidróxido de sodio por kilogramo de paja.....	31
5.2 Ensayo de crecimiento.....	32
5.2.1. Mortalidad.....	38
5.3. Selección de los modelos de regresión.....	39
5.4. Parámetros de los modelos de regresión seleccionados.....	40
5.5. Cálculo del nivel óptimo biológico (NOB) de paja tratada con NaOH en la dieta.....	41
5.6. Cálculo del nivel óptimo económico (NOE) de paja tratada con NaOH en la dieta.....	42
5.7. Análisis de sensibilidad a través de la variación de parámetros.....	42
5.8. Comparación de niveles óptimos biológicos y económicos de paja tratada.....	43
VI. Discusión.....	45
VII Conclusiones.....	52
VIII Literatura citada.....	53
IX. Anexos.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción nacional de conejo	3
Cuadro 2. Importaciones de alfalfa en México	7
Cuadro 3. Requerimientos de fibra para conejos en engorda según varias fuentes de literatura.....	14
Cuadro 4. Niveles de inclusión de las principales fuentes de fibra recomendados en la engorda de conejos.....	14
Cuadro 5. Ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de borregos alimentados con paja tratada con NaOH y paja sin tratar.....	17
Cuadro 6. Efecto de la fuente de fibra en la digestibilidad de FDN y parámetros cecales en conejos.....	19
Cuadro 7. Niveles de inclusión de paja tratada con NaOH y de alfalfa.....	24
Cuadro 8. Composición de las dietas experimentales.....	24
Cuadro 9. Costos/Kg de alimento (pesos mexicanos) de cada uno de los diferentes tratamientos.....	25
Cuadro 10. Contenido de fibra detergente neutro en la paja de cebada tratada con NaOH a diferentes concentraciones.....	31

Cuadro 11. Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda (42 días de duración).....	32
Cuadro 12. Comportamiento productivo de conejos en la etapa de engorda (42 días de duración), considerando el peso inicial de los conejos.....	33
Cuadro 13. Consumo de alimento (g) semanal de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda.....	35
Cuadro 14. Ganancia diaria de peso (g) por semana de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda.....	35
Cuadro 15. Conversión alimenticia por semana de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda	36
Cuadro 16. Peso final (g) semanal de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda.....	36
Cuadro 17. Consumo de alimento (g) semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos.....	37

Cuadro 18. Ganancia diaria de peso (g) semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos.....	37
Cuadro 19. Conversión alimenticia semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos.....	37
Cuadro 20. Peso final (g) semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos.....	37
Cuadro 21. Mortalidad de conejos en engorda alimentados con diferente nivel de paja tratada en la dieta.....	38
Cuadro 22. Mortalidad de conejos en engorda, considerando su peso inicial (bloque).....	39
Cuadro 23. Cuadrados medios del error de modelos de regresión lineal, para la selección de los modelos mas precisos.....	39
Cuadro 24. Análisis de regresión para consumo de alimento, conversión alimenticia y peso final.....	41
Cuadro 25. Solución óptima de (solver) Excel para los bloques 1 y 2, que maximizan el peso final (NOB), de conejos en engorda.....	41
Cuadro 26. Solución óptima de (solver) Excel para los bloques 1 y 2, que maximizan las utilidades (NOE), en conejos en engorda.....	42

Cuadro 27. Análisis paramétrico de la variación del precio del conejo en pie en el NOE de la paja tratada con NaOH en la dieta.....	43
Cuadro 28. Análisis paramétrico de la variación del precio del kg de paja tratada en NOE de dicho ingrediente en la dieta de conejos en crecimiento.....	43
Cuadro 29. Comparación de resultados de optimización en la asignación de paja tratada con NaOH en dietas para conejos en crecimiento (bloque uno).....	43
Cuadro 30. Comparación de resultados de optimización en la asignación de paja tratada con NaOH en dietas para conejos en crecimiento (bloque dos).....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Métodos gravimétricos para la determinación de la fibra y naturaleza del residuo analizado.....	12
Figura 2.- Contenido de fibra detergente neutro en la paja de cebada tratada con NaOH a diferentes concentraciones	31
Figura 3.- Peso final real (R) y estimado (E) con el modelo cubico, en conejos en engorda a los 72 días, con diferente nivel de paja tratada del bloque uno.....	40
Figura 4.- Peso final real (R) y estimado (E) con el modelo cubico, en conejos en engorda a los 72 días, con diferente nivel de paja tratada del bloque dos.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Programa de SAS para transformar datos porcentuales de mortalidad a medias angulares de arcoseno	57
Anexo 2. Programa de SAS para estimar los parámetros de los modelos de regresión de las variables.....	57
Anexo 3. Método de la derivada para estimar el NOB de paja tratada en la dieta.....	58
Anexo 4. Análisis de varianza de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de conejos durante toda la etapa de engorda	59
Anexo 5. Gráficas del comportamiento productivo de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada en la dieta, durante la engorda	60
Anexo 6. Gráficas del comportamiento productivo, considerando el peso inicial de los conejos	61

I. INTRODUCCION

Por sus características biológicas el conejo es una alternativa para transformar eficientemente alimentos de baja calidad en productos de alto valor nutritivo para el hombre. Entre estas características se encuentran la capacidad para alimentarse con dietas altas en forraje, compite poco con el humano por el consumo de granos y tiene alta capacidad productiva y reproductiva. Además, su carne es de elevado contenido en proteína (18-21%) y bajo nivel de grasa (6.10%) (Cheeke, 1984).

Desafortunadamente, en México la cunicultura es una de las actividades pecuarias menos difundidas y entre la población no existe el hábito de consumir carne de conejo. En 1996 el consumo anual per-cápita fue de 182 g, mientras que países como Italia y Francia en el mismo año fueron de 5.587 y 2.756 Kg, respectivamente (Colín y Lebas, 1996). El producir y ofrecer carne de conejo barata, representa una alternativa para incrementar el consumo per-cápita de dicha carne en México. La formulación de dietas mediante modelos econométricos ha mostrado la factibilidad de maximizar el peso vivo del conejo y las utilidades del productor.

Por otra parte, la fibra dietaria es después de la energía el nutrimento económicamente más importante en la formulación de dietas para conejos en engorda. La alfalfa es la principal fuente de fibra; en las dietas comerciales, las cuales en su mayoría contienen de 15 a 45% de harina o heno de alfalfa. Sin embargo, es un cultivo caro y de composición nutritiva variable; por lo tanto, es conveniente buscar y evaluar

fuentes alternativas de fibra de menor costo, que sustituyan a la alfalfa sin afectar el comportamiento productivo y salud del conejo.

La paja de cebada es un residuo agrícola lignocelulósico que se puede utilizar en la alimentación de conejos, debido a su elevada disponibilidad y bajo costo; sin embargo, se caracteriza por una baja digestibilidad, por causa de la unión química que presenta la celulosa y hemicelulosa con la lignina. Con el propósito de mejorar la digestibilidad de la fibra (romper el enlace covalente entre lignina y carbohidratos estructurales) la paja de cebada puede ser tratada con hidróxido de sodio; lo cual tiene un efecto benéfico en la alimentación de rumiantes; sin embargo, con relación a la producción de conejos existe poca información. Algunos trabajos han mostrado resultados satisfactorios (Bielanski *et al.*, 1996), otros no encuentran beneficio alguno (Mercier *et al.*, 1980); debido, probablemente a la variación que hay en la concentración de NaOH usado para tratar la paja y el nivel de inclusión de la paja tratada. Por lo anterior, es importante evaluar la inclusión de diferentes niveles de paja tratada con NaOH como sustituto de la alfalfa, en los indicadores productivos de conejos en crecimiento, así como estimar los niveles óptimos biológico (NOB) y económico (NOE) de la paja tratada en la dieta.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. MARCO DE REFERENCIA

2.1.1. Situación de la cunicultura en México

En 1973, como parte de las acciones emprendidas para el fomento de la cunicultura, por parte del Gobierno Federal, fueron creados el Centro Nacional de Cunicultura en Irapuato, Gto. y los Centros de Reproducción Cunicula, con cobertura estatal, en Ixtacuixtla, Tlax., Aguascalientes, Ags., y Colima, Col. Para 1983, se notó un crecimiento sustancial en la existencia de conejos en el país, pasando de 113,452 conejos en 1972 a 1,158, 625 (Haro, 1987). Sin embargo, en 1988 la producción nacional de conejo se afectó negativamente debido al brote de la Enfermedad Hemorrágica Viral (EHV) en más de diez estados de la República Mexicana (Ceron y Peña, 1997). De acuerdo con el último Censo Agropecuario, se estima que la producción nacional de conejo es de 433,063 cabezas. De esta producción, el 75% es realizada de manera extensiva (traspatio), en donde la mayor parte de la producción es utilizada para el consumo local; el 25% de la producción se lleva acabo de forma intensiva y semi intensiva (Cuadro1).

Cuadro 1. Producción nacional de conejo.

Estado	Cabezas de conejo	%
México	49,573	11.4
Puebla	50,467	11.7
Veracruz	18,864	4.4
Michoacán	16,598	3.8
Yucatán	2,244	0.5
Jalisco	11,423	2.7
Oaxaca	15,987	3.6
Hidalgo	116,807	27.0
Chiapas	11,429	2.6
Guanajuato	11,133	2.5
Total	433,063	100.0

VII Censo Agropecuario 1991, INEGI. México, D.F.

La producción de conejo en el estado de Hidalgo representa el 27% de la producción total, mientras que el estado con menor producción es el estado de Yucatán con 0.5% del total. En conjunto, los estados de Hidalgo, México y Puebla producen el 50% del conejo a nivel nacional; área de influencia de la Universidad Autónoma de Chapingo. La producción de conejo en los estados de Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas y San Luis Potosí, prácticamente es nula. En el Estado de México, la mayor producción de conejo se localiza en la altiplanicie del Valle de México, constituido por los municipios de Amecameca, Chalco, Texcoco, Chiconcuac, Xochimilco y Tlanepantla. En el estado de Hidalgo, la mayor parte de la producción se encuentra en la zona de Ixmiquilpan y Pachuca; en Puebla en Cholula y en Guanajuato se registra la mayor producción en Irapuato y Salamanca (Ceron y Peña, 1997).

2.1.2. Producción nacional de carne de conejo y consumo per cápita

En el período de 1983 a 1996 la producción de carne de conejo se incrementó de 3,221.800 a 15,000 kilogramos. Esta misma tendencia se observó en el consumo per cápita de carne de conejo ya que su consumo en 1988, fue de 46 g/persona año⁻¹ y en 1996 el consumo llegó a los 182 g/persona año⁻¹ (Ceron y Peña, 1997). Sin embargo, el consumo per cápita en México es muy bajo en comparación con el de la carne de pollo, que en 1996 fue de 15.9 kg /persona año⁻¹ (UNA, 1997). Esto puede ser debido, entre otras causas a su elevado costo y a que la carne de conejo solamente se vende en lugares y sitios comerciales definidos como los restaurantes y los mercados tradicionales del D.F., Amecameca, Texcoco, Pachuca, Puebla, Tlaxcala y Guadalajara.

2.1.3. Participación gubernamental

La Confederación Nacional Ganadera y la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, como parte del Plan Nacional de Rescate a la Cunicultura en México, han elaborado el Programa de Paquetes Familiares Cunícolas tecnificados para resolver el grave problema de la desnutrición y lograr que una familia de aproximadamente cinco miembros pueda comer carne una o dos veces por semana a muy bajo costo. Por otra parte, el Centro Nacional de Cunicultura y Especies menores (CNC) mantiene y mejora las líneas de selección genética; lo cual permite ofrecer animales de excelentes índices reproductivos y productivos que el país requiere ya sea en forma directa o a través de granjas multiplicadoras. Asimismo, el CNC capacita a comunidades y productores interesados en el aprovechamiento integral de los conejos en las áreas básicas, empresarial, de curtiduría y peletería; Además otorga asistencia técnica, oferta implementos e insumos para explotaciones cunícolas, asesora y elabora proyectos de desarrollo cunícola.

2.1.4. Situación de la producción de alfalfa a nivel nacional

La alfalfa es un cultivo muy importante para el país, sobre todo en aquellas regiones donde se sitúan un gran número de establos lecheros (norte y centro), ya que este forraje representa el 50% de la dieta para ganado lechero y no se ha podido sustituir por ningún otro cultivo. También se utiliza pero en menor escala para la alimentación de ganado de carne, ovinos, caprinos, cerdos, aves y caballos (Quintero, 1999).

Dentro de los cultivos perennes, después del café y de la caña de azúcar, la alfalfa ocupa el tercer lugar de importancia, en cuanto a superficie sembrada y valor de producción, y el segundo en cuanto a producción.

Durante el año de 1997, el país tuvo una superficie sembrada de 217 577 hectáreas, con una producción de 15 991 893 toneladas de alfalfa verde. Los estados de la República Mexicana que más producen alfalfa son Guanajuato e Hidalgo, con una superficie sembrada de 49,871 y 31, 718 hectáreas, y una producción de 2,853.3 y 3,200.1 miles de toneladas, respectivamente. Les siguen los estados de Baja California, Coahuila y Durango, con una superficie sembrada de 20,453, 21,433 y 19,008 hectáreas y una producción de 1,690.9, 1,341.7 y 1,376.2 miles de toneladas, respectivamente. Seguidos de Puebla y estado de México con una superficie sembrada de 13,486 y 13,076 y una producción de 1,140.8 y 978.5 miles de toneladas, respectivamente. Otros estados como Aguascalientes, Jalisco y San Luis Potosí, participan con menos del 5%, en indicadores de superficie y producción (SAGAR, 1997). Sin embargo, año con año en México, se hacen grandes importaciones de alfalfa procedentes de Canadá, Estados Unidos; esto debido a que con la producción nacional, no alcanza a satisfacer las necesidades de las principales cuencas lecheras, principalmente ubicadas en el centro y norte de la República Mexicana (Cuadro 2).

Cuadro 2. Importaciones de alfalfa en México.

Año	Volumen (Toneladas)	Valor (Dólares)
1988	30,368	2 726 325
1989	13,529	1 010 027
1990	10,308	904 159
1991	8,004	800 820
1992	14,535	1 435 615
1993	35,829	3 505 576
1994	30,416	3 173 533
1996	17,166	2 107 682
1997	17,385	2 402 000
1998	5,384	800 409
1999	6,600	847 224

BANCOMEXT/ SECOFI; 1999. Banco de comercio exterior. México, D.F.

2.1.4. Situación de la producción y uso de la paja de cebada en México

En México, el cultivo de la cebada es la materia prima principal en la fabricación de cerveza, bajo la forma de malta. Aproximadamente el 8% de la producción total de cebada se destina como forraje, específicamente en la alimentación de rumiantes, debido a su valor nutritivo, mismo que se discutirá en una sección posterior. La paja de este cultivo agrícola tiene gran importancia debido a que representa una fuente potencial de fibra dietaria y a la elevada cantidad producida; se estima que la cantidad de paja de cebada alcanzó las 787, 540 toneladas en 1989. La producción de cebada y por lo tanto de paja de cebada en México se localiza principalmente en el Altiplano central de México, abarcando los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México, Puebla y Querétaro, lugares en donde se practica también la cunicultura (Ascencio, 1994).

2.1.6. Impacto del uso de paja tratada con NaOH en la formulación de dietas de máxima utilidad al productor

No obstante que la paja de cebada es una fuente potencial de fibra dietaria, esta tiene el inconveniente de que se digiere escasamente debido a su alto grado de lignificación. Se ha demostrado que el tratamiento de las pajas con NaOH provoca posiblemente que mayor cantidad de celulosas y hemicelulosas, entren al ciego para que sean degradadas por las enzimas bacterianas de ciego y colon proximal a sustancias más simples, las cuales son fermentadas, convirtiéndose en ácidos grasos volátiles y otros gases (CO_2 y CH_4) que contribuyen para satisfacer hasta el 30% de las necesidades energéticas de mantenimiento (Cheeke, 1984). Rueda (1999) determinó que el volumen de gas de la fermentación ruminal *in vitro* de la alfalfa es menor al producido por la fermentación de la paja de cebada tratada con hidróxido de sodio. Además contrario a lo que suponía hasta hace poco la disminución de lignina, que se deriva al aplicar el tratamiento con NaOH, no altera el funcionamiento digestivo normal del conejo, ya que ha sido comprobado recientemente que la celulosa es tan eficiente como la lignina para prevenir la enteritis frecuentemente mortal en esta especie (Gidenne, 1996).

En la formulación de dietas para conejos en engorda se debe tratar de incrementar los indicadores productivos a su máximo potencial genético y mantener costos de producción bajos. La formulación econométrica de máximo peso vivo, cumple con el primero de los objetivos de la nutrición cunícola y con la formulación econométrica de máxima utilidad, se supera el segundo objetivo ya que se puede obtener al menos \$0.5 de utilidades extras por kg de conejo (Serrano y Terrones, 1995). Tanto la utilización de

paja de cebada tratada con NaOH, como la formulación econométrica de máximo peso vivo y máxima utilidad (con validación adecuada), ofrecen al productor alternativas para incrementar la producción y disminuir el costo de la carne de conejo al consumidor.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Definición y clasificación de la fibra

El termino “fibra” en nutrición animal se define como la suma de los polisacáridos y ligninas no amiláceos que forman parte de la pared celular vegetal, dichos componentes únicamente pueden ser hidrolizados por enzimas bacterianas del ciego del conejo (De Blas y Wiseman, 1998). Las características químicas de la fibra son variables y dependen de factores como el peso molecular, la naturaleza de los monómeros y tipo de enlaces químicos que se forman entre los polímeros. Neuman (1989) clasifica los componentes de la fibra en cinco grandes categorías, de acuerdo a su estructura y propiedades químicas: La primer clase comprende oligosacáridos y polisacáridos como β -glucanos y α -galactosidos componentes solubles en agua. Las cuatro clases restantes incluyen polímeros insolubles en agua: ligninas, celulosa, hemicelulosa y pectinas.

Los oligosacáridos y polisacáridos solubles en agua incluyen varias clases de moléculas con un grado de polimerización que va de 15 a más de 2000 (β -glucanos), muchos de ellos son insolubles en etanol. También se incluye los α -galactosidos que se encuentran en las semillas de la soya. En general, debido a su gran variabilidad

estructural no existe un método preciso para determinar estos componentes en los alimentos (De Blas y Wiseman, 1998).

Mc Donald *et al.* (1979) definen a la celulosa como un polisácarido de elevado peso molecular en donde la unidad que se repite es la celobiosa. Su grado de polimerización es de 8000-10,000. Es el carbohidrato que se encuentra en mayor proporción en la pared celular de las plantas. Cuantitativamente, la cascarilla de leguminosas y oleaginosas contienen de 400-500g de celulosa kg^{-1} de materia seca (MS), mientras que los forrajes y la pulpa de remolacha contienen de 100-300 g. de celulosa /kg de MS La paja de cebada contiene 430g de celulosa kg^{-1} de materia seca (De Blas y Wiseman, 1998).

La hemicelulosa es el segundo componente más abundante de la fibra, esta formada por unidades de azúcares pentósicos y hexósicos con ácidos de tipo urónico. Su grado de polimerización es mas bajo que el de la celulosa; también, es más soluble en ácidos y bases que la celulosa y más digestible (Devoré y Muñoz, 1976). Cuantitativamente, los forrajes y subproductos agroindustriales (cascarillas y pulpas) contienen de 100-250 g. de hemicelulosa kg^{-1} de MS, mientras que los granos solo contienen de 20-100 g. de hemicelulosa kg^{-1} de MS. La paja de cebada contiene 260g. de hemicelulosa kg^{-1} de MS (De Blas y Wiseman, 1998).

La celulosa y hemicelulosa son muy importantes en la nutrición del conejo, ya que en el transcurso de la fermentación cecal se producen ácidos volátiles (AGV), proteína microbiana y lípidos, que el animal hospedero puede utilizar (Gutiérrez, 1981).

La lignina es un polímero tridimensional complejo, compuesto por unidades de fenil-propano. Su verdadera estructura aún es desconocida y puede variar de una planta a otra. La lignina tiene particular interés en la alimentación animal, por ser indigestible (son resistentes a las enzimas bacterianas) y por interferir con la digestibilidad de otros componentes de la pared celular, actuando como barrera física entre los microorganismos del rumen y los carbohidratos estructurales (Church, 1986). Cuantitativamente, la paja de cebada contiene 120g. de lignina kg^{-1} de MS; mientras que los forrajes o plantas jóvenes contienen solo 50 g. de lignina kg^{-1} de MS, sin embargo el grado de lignificación aumenta de acuerdo a la edad de la planta (De Blas y Wiseman, 1998).

Las pectinas son un grupo de polisacáridos que se encuentran en la lámina media de la pared celular, sirven como pegamento en el tejido de la planta (Gutiérrez, 1981). Cuantitativamente, las semillas de leguminosas como la soya y la haba contienen de 40-100 g. de pectinas kg^{-1} de MS (De Blas y Wiseman, 1998).

2.2.2. Métodos para estimar el contenido de fibra en los alimentos

Considerando la diversidad de moléculas que componen la fibra, no existe en la actualidad ningún método de análisis que permita un fraccionamiento preciso de los

diferentes componentes de la fibra. En alimentación animal existen métodos más o menos precisos para aislar y determinar varias clases de fibra.

Con el método de *Weende*, utilizado comúnmente, de forma rutinaria en cunicultura para definir las recomendaciones de fibra, solamente se determina la celulosa bruta, la cual corresponde únicamente a una porción de la celulosa y las ligninas, excluyendo a los demás componentes de la fibra (Gidenne, 1996). Además de que no se toma en cuenta la naturaleza de las demás componentes de fibra presentes en el alimento (Figura 1).

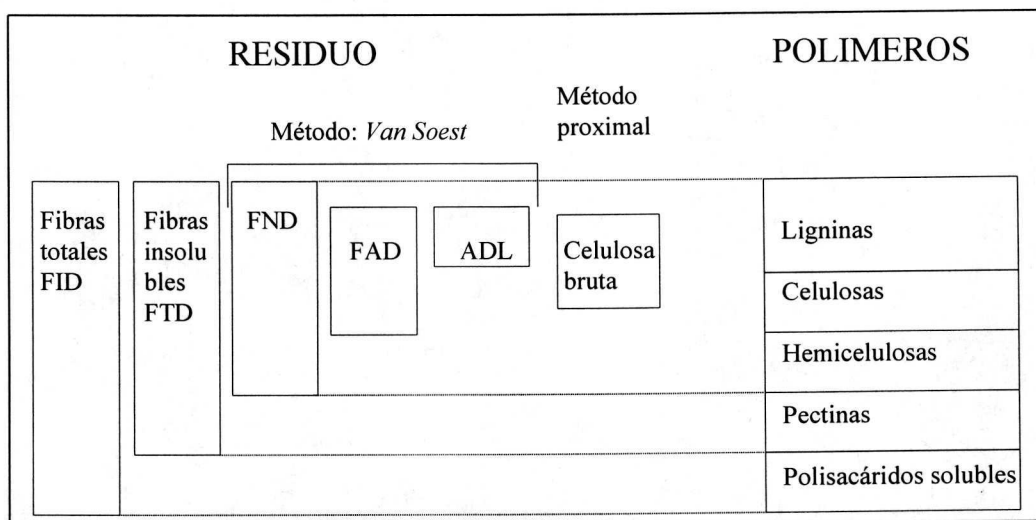


Figura 1. Métodos gravimétricos para la determinación de la fibra y naturaleza del residuo analizado.

El método de *Van Soest*, al ser capaz de diferenciar varias clases de fibra, corrige parte del problema de la fibra bruta; debido a que con esta técnica se pueden determinar dos clases de fibra, la Fibra Acido Detergente (FAD), que incluye celulosas y ligninas; también se puede estimar la Fibra Neutro Detergente (FDN), que incluye la FAD más las hemicelulosas (González y Piquer, 1996).

2.2.3. Funciones y requerimientos de fibra en conejos

En conejos, la fibra dietaria tiene una función fisiológica importante ya que regula la velocidad de tránsito del alimento en el aparato digestivo y evita la proliferación de bacterias patógenas en ciego; por consiguiente tiene efecto protector contra las diarreas. Además de la función lastre, una porción de la fibra dietaria es degradada por las enzimas bacterianas del ciego y del colon proximal a sustancias simples (azúcares), los cuales a su vez son fermentados y convertidos en ácidos grasos volátiles (Gidenne, 1996). Uno de los factores que afecta la digestibilidad de la fibra es el grado de lignificación de los alimentos. Los forrajes lignocelulósicos, generalmente se digieren menos del 15%; sin embargo, para materiales no lignificados como la pulpa de remolacha, la digestibilidad es mayor al 60% (Fraga *et al.*, 1991). Los ácidos grasos volátiles formados como resultado de la actividad bacteriana y posteriormente absorbidos a través de la pared del ciego, contribuyen a satisfacer entre el 10 a 30% de las necesidades energéticas para mantenimiento de los conejos, según la naturaleza de la fibra en la dieta (De Blas, 1989).

La determinación del nivel mínimo de fibra de la dieta que permita un adecuado estado sanitario y un índice de conversión alimenticia bajo, ha sido objeto de numerosos trabajos. Este requerimiento varía en función del tipo o naturaleza de la fibra y el equilibrio con los demás nutrimentos. En el Cuadro 3, se presentan las recomendaciones de fibra de diversos autores para conejos en engorda.

Cuadro 3. Requerimientos de fibra para conejos en engorda según varias fuentes de literatura.

Autor	Año	% de fibra	Tipo de fibra
NRC	1977	12.0	F.B.
Schlolaut	1982	10.0	F.B.
Lebas	1984	14.0	F.B.
De Blas	1989	15.0	F.B.
De Blas	1989	19.0	F.D.A.
Maertens	1998	14.5	F.B.
Maertens	1998	18.5	F.D.A.
Maertens	1998	4.7	L.D.A.
Gidene	2000	5.0	L.D.A.

F.B.: Fibra Bruta

F.D.A.: Fibra Acido Detergente

L.D.A.: Lignina Acido Detergente

2.2.4. Fuentes de fibra comúnmente utilizadas en la alimentación de conejos

Se incluyen en esta categoría las harinas de alfalfa, los forrajes secos de gramíneas y leguminosas, las pajas de cereales y otros subproductos agroindustriales (pulpa de remolacha). En el Cuadro 4 se muestra el contenido de fibra y los niveles de incorporación recomendados para las principales fuentes de fibra en conejos.

Cuadro 4. Niveles de inclusión de las principales fuentes de fibra recomendados en la engorda de conejos.

Ingrediente	Nivel de inclusión (%)²	Contenido de fibra (%)¹
Alfalfa	15-60	FB:26.1, FDA: 32.6
Pajas de cereales	5-30	FB:39.5, FDA: 47.4
Paja tratada con NaOH	5-20	FB: 36.5, FDA:44.4
Pulpa de remolacha	3-15	FB:18.0, FDA:42.8
Cascarilla de soya	2-12	FB:35.5

¹De Blas y Wiseman (1998).

²González y Piquer (1996).

F.B.: Fibra Bruta.

F.D.A.: Fibra Acido Detergente.

Las leguminosas son los ingredientes mas usados en la alimentación del conejo y de estas la alfalfa henificada o en harina, es la materia prima de elección. La alfalfa puede constituir prácticamente el 100% de la ración si no se buscan crecimientos elevados. En la

actualidad la mayoría de los alimentos comerciales para conejos incluyen esta materia prima (Cheecke, 1984). La alfalfa se caracteriza por tener de 14-22% de proteína de digestibilidad baja (55-60%), ligeramente deficiente en lisina, arginina y aminoácidos azufrados. Su contenido en vitaminas y minerales es adecuado; es una fuente rica de calcio y fósforo (De Blas, 1989).

Las pajas de cereales son una de las principales fuentes de fibra indigestible. La composición química de la paja varía poco de un cereal a otro. La paja de cebada comprende las hojas y tallos que permanecen una vez finalizado el crecimiento vegetativo y después de cosechar las semillas maduras (Ascencio, 1994). Se caracteriza por ser una buena fuente de fibra cruda (41%), deficiente en proteína (3.7-4.3%) y fósforo. En rumiantes y probablemente en conejos, la paja de cebada es más digestible que la de trigo. Como el conejo digiere de forma ineficiente la fibra de la paja, con la finalidad de mejorar su digestibilidad se somete a tratamiento químico con hidróxido de sodio (De Blas, 1989).

2.2.5. Tratamientos usados para mejorar la digestibilidad de alimentos fibrosos

Los forrajes intactos son recalcitrantes a la acción de los microorganismos del rumen. Por lo tanto, la ruptura del forraje ya sea al molerlo o al masticarlo, hace más accesible la obtención de los nutrimentos por los microorganismos (Cheng *et al.*, 1984).

En conejos el moler los ingredientes para reducir el tamaño de partícula incrementa el tiempo de retención de la digesta en ciego y la fermentación bacteriana, aumentando en forma moderada la digestibilidad de la fibra (Fraga, *et al.*, 1991), debido

al mecanismo que limita la entrada al ciego de partículas fibrosas de gran tamaño(> 0.3mm) de la dieta de los otros componentes nutritivos, excretan la fibra y las partículas pequeñas son retenidas para su fermentación. El molido de los ingredientes para reducir el tamaño de partícula incrementa el tiempo de retención en ciego, tiempo en el que la digesta esta a disposición de la acción bacteriana (Aduku *et al.*, 1988).

Klopfsenstein (1978) y Combe *et al.* (1989) estudiaron el efecto de diferentes compuestos químicos que ayudan a mejorar la calidad nutritiva y la digestibilidad de pajas y rastrojos. Dentro del procesamiento químico los métodos más comunes son: tratamientos alcalinos con hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), hidróxido de amonio (NH_4OH), hidróxido de potasio (KOH), sulfato de amonio (NH_3SO_4), amonio anhidro (NH_3) y el sulfuro de sodio (NaS_2); El tratamiento más efectivo fue el hidróxido de sodio. Las investigaciones realizadas al respecto indican que el NaOH rompe los enlaces covalentes entre la lignina y los carbohidratos estructurales (hemicelulosa y celulosa), haciendo disponible los carbohidratos estructurales al ataque enzimático. (Ochoa, 1983). El tratamiento con NaOH en paja de trigo solubiliza la hemicelulosa e incrementa la digestibilidad y la tasa de digestión de la celulosa y hemicelulosa (Sosa, 1982). La remoción parcial de la lignina de la pared celular al aplicar NaOH a la paja incrementa 10 veces el número de bacterias ruminales que colonizan el alimento (Klopfsenstein, 1978). Con el tratamiento con NaOH en pajas y rastrojos hace que la hemicelulosa se digiera hasta en 100%, debido al incremento de digestibilidad de la fibra detergente neutro (Combe *et al.*, 1989).

2.2.6. Uso de pajas tratadas con NaOH en la alimentación animal

Huerta (1988) estudió la inclusión de 40% de paja de cebada tratada con NaOH y 40% de paja sin tratar, en el comportamiento productivo de borregos. La ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se mejoró en 95, 20 y 39%, respectivamente con el tratamiento químico con NaOH (Cuadro 5), también Sosa (1982) y Ochoa (1983); coinciden en que la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se mejoran cuando el animal consume pajas o rastrojos tratados con NaOH.

Cuadro 5. Ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de borregos alimentados con paja tratada con NaOH y paja sin tratar.

Variables	Paja sin tratar	Paja tratada
Ganancia de peso, g/día	63.0a	123.0b
Consumo, g/día	1069.0a	1281.0b
Conversión alimenticia	16.9a	10.4b

Medias diferentes en la misma línea indican diferencias ($p>0.05$).

Huerta (1988).

Existe poca información de la respuesta productiva de conejos alimentados con paja tratada con hidróxido de sodio, aun cuando algunos trabajos muestran resultados satisfactorios otros no encuentran beneficio alguno. Cabe señalar que existe gran variación en el porcentaje de NaOH usado para tratar la paja, así como en el nivel de inclusión de la paja tratada.

De Blas *et al.* (1979) alimentaron conejos en crecimiento con niveles de 0, 5, 10 y 15% de paja de cereal (sin especificar) tratados con 2% de NaOH, en sustitución de harina de alfalfa y encontraron mayor ($p>0.05$) ganancia de peso con los niveles de 10 y

15% (36.9 y 38.7 g/día, respectivamente) y una mejor ($p>0.05$) conversión alimenticia con el 15% de paja tratada (3.21).

Mercier *et al.*(1980) estudiaron la sustitución de alfalfa por paja de trigo tratada con 2% de NaOH y paja sin tratar, en tres niveles de incorporación (10, 20 y 30%) en la alimentación de conejos en engorda. Sin embargo no encontraron diferencia ($p>0.05$) en consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y mortalidad, entre los tres niveles de paja tratada y paja sin tratar.

La paja de cebada tratada con 6.8% de NaOH en niveles elevados (30 y 45%), presento mayor ($p>0.05$) ganancia de peso que los mismos niveles de paja sin tratar (35.6 y 35.2 vs. 31.2 y 31.5 g/dia respectivamente) sin diferencias en conversión alimenticia. Sin embargo, la mortalidad fue muy elevada (26%) para los tratamientos con paja tratada (Partridge *et al.*, 1984).

Bielanski *et al.* (1996) evaluaron el efecto de 12% de paja de cebada tratada con NaOH en dieta, usando como testigo una dieta con 30% de forraje seco. No encontraron diferencia ($p>0.05$) en consumo de alimento y ganancia de peso entre dietas; sin embargo, el mayor consumo y ganancia diaria de peso numericamente fueron para la dieta con paja tratada (5.56 kg/conejo/etapa) y (30.9 g de ganancia diaria de peso). La conversión alimenticia fue menor ($p>0.05$) para la dieta con paja tratada (3.63 kg), inferior en 0.2 kg a la otra dieta.

García et al., (1996) determinaron el coeficiente de digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (FDN) y algunos parámetros cecales de conejos alimentados con dietas a base 62% de paja tratada con NaOH o 62% de cascarilla de girasol y las compararon con una dieta con 75% de harina de alfalfa. La digestibilidad de la fibra FDN fue similar para las dietas con paja tratada y con alfalfa, superiores en 7.5% a la dieta con cascarilla de girasol. El pH cecal más elevado fue para la dieta con paja tratada y el más bajo para la dieta con harina de alfalfa. La concentración de ácidos grasos volátiles de la dieta con paja tratada superó casi el doble a las dietas con harina de alfalfa o cascarilla de girasol (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la fuente de fibra en la digestibilidad de FDN y parámetros cecales en conejos.

Variable	Harina de alfalfa	Paja tratada con NaOH	Cascarilla de girasol
FDNd,%	17.5	16.7	10.0
pH	5.8	6.2	6.0
AGV, mmol l-1	38.2	64.3	49.5

FDNd: Coeficiente de digestibilidad de la fibra neutro detergente.

AGV: Ácidos grasos volátiles.

García *et al.* (1996).

Rueda (1999), estudió la cinética de fermentación *in vitro* de la paja de cebada tratada con 10% de NaOH comparada con paja sin tratar y alfalfa; mediante la técnica de producción de gas, usando como inoculos líquido ruminal y contenido cecal. El tratamiento de la paja de cebada con NaOH mejoró ($P < 0.01$) la producción de gas con respecto a la paja sin tratamiento (219.6 vs. 179.2 ml/ g MS), pero sin diferencias en tiempo de retardo ni en la tasa de digestión.

III. PROBLEMÁTICA, HIPOTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Problemática

No existe información suficiente acerca de la inclusión de paja de cebada tratada con NaOH en dietas para conejos en engorda, con respecto a los indicadores productivos y económicos, a pesar de que contiene fibra más digestible que la alfalfa y su costo es menor. Además, no existe investigación alguna referente a la estimación de los niveles óptimos biológico y económico de la paja de cebada tratada con NaOH, consecuentemente no se sabe si el nivel óptimo biológico coincide con el nivel óptimo económico. También se desconoce el efecto de la variación de los precios de las fuentes de fibra antes mencionadas y del precio del conejo en pie en los niveles óptimos económicos.

3.2. Hipótesis

Con base a los marcos de referencia y conceptual de la problemática se plantean las siguientes hipótesis.

I. La sustitución de paja tratada con NaOH por alfalfa, no afecta negativamente la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y peso final de conejos en crecimiento, debido a la mayor digestibilidad de la fibra de la paja tratada. Además, no causa mortalidad por enteritis.

II. El nivel óptimo económico de paja de cebada tratada con NaOH, en dietas para conejos en crecimiento, no coincide con los niveles óptimos biológicos.

III. El nivel óptimo económico de paja de cebada tratada con NaOH en dietas para conejos en crecimiento, depende de la variabilidad del precio del kilogramo de la paja de cebada tratada con NaOH y del conejo en pie.

3.3. Objetivos

La presente investigación tiene como objetivos.

I. Evaluar diferentes niveles de sustitución (0, 25, 50, 75 y 100%) de alfalfa por paja de cebada tratada con hidróxido de sodio en la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, peso final y mortalidad por enteritis en dietas para conejos en crecimiento.

II. Estimar los niveles óptimos biológicos y económico de paja de cebada tratada con NaOH por alfalfa, mediante el sistema de formulación econométrico de máximo peso vivo y de máxima utilidad para conejos en engorda.

III. Determinar el efecto de la variación del precio del kilogramo de paja de cebada tratada y del conejo en pie, en el nivel óptimo económico de paja de cebada tratada con NaOH.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Estimación del porcentaje adecuado de hidróxido de sodio por kilogramo de paja

La paja de cebada se molió en un molino con una malla de 0.5 cm de diámetro. Después se colocaron 10 g de paja en frascos de cristal de 250 ml con diferentes concentraciones (0, 2, 4, 8, 10 y 20%) de hidróxido de sodio Peso/Peso de paja y dos repeticiones por cada concentración durante 72 horas, al termino de las cuales se lavaron cinco veces con agua común para eliminar el exceso de NaOH; una vez secas las muestras se les determinó la fibra detergente neutro (FDN), mediante el método de análisis de Van Soest (Goering y Van Soest, 1970).

4.2. Tratamiento químico a la paja de cebada usada en las dietas experimentales

Posteriormente se hizo el tratamiento químico de toda la paja usada en la elaboración de las dietas; se utilizó un deposito de agua con capacidad de 750 l y dos tambos con capacidad de 200 l cada uno. En el primero de los tambos se colocaron 75 kg de paja y en los últimos se hizo una solución de NaOH al 10% (7.5 kg de NaOH/400 l de agua común) la cual fue transferida al deposito con paja. Este fue cerrado herméticamente con su tapa y a las 72 h se drenó la solución del deposito y se lavó con flujo continuo de agua durante tres a cinco horas; después se secó al sol 12 días, volteándose cada tercer día.

4.3. Ensayo de crecimiento

4.3.1. Localización

La prueba de crecimiento se realizó de agosto a septiembre del 2000, en las instalaciones de “Conejos Centro de Investigación Científica del Estado de México, A.C.”, ubicado en San Miguel Coatlinchán, Municipio de Texcoco, México, a una altitud de 2240msnm., con coordenadas 19° 27' de Latitud Norte y 98° 53' de Longitud Oeste, con un clima C(Wo)(W)b(i')g : templado con lluvias en verano, temperatura media de 15.2° C y una precipitación media anual de 636 mm (García, 1988).

4.3.2 Animales y manejo

Se utilizaron 150 conejos machos de la cruce Nueva Zelanda Blanco x California destetados a los 28 días y se asignaron a dos bloques con base al peso inicial. El primer bloque lo conformaron 75 conejos con un peso inicial de 350 a 650 g y el segundo bloque animales de 651 a 800 g. Posteriormente se agruparon al azar cinco conejos por jaula, los cuales formaron la unidad experimental. A cada tratamiento se le asignaron aleatoriamente seis repeticiones. Para el manejo e identificación, los animales fueron marcados en la oreja izquierda. El alimento y agua se proporcionaron a libre acceso, se registraron el suministro y los rechazos de alimento semanalmente. También se llevó un control individual del peso inicial y final de los conejos cada semana. Se usaron cinco niveles de paja tratada con NaOH en sustitución de alfalfa en la dieta de conejos en crecimiento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Niveles de inclusión de paja tratada con NaOH y de alfalfa.

Tratamiento	Nivel de inclusión de paja tratada (%)	Nivel de inclusión de alfalfa (%)
1	33.704	0.000
2	25.270	8.460
3	16.850	16.850
4	8.460	25.270
5	0.000	33.704

4.3.3. Dietas experimentales

La dieta base fue elaborada con el nivel máximo de paja tratada con NaOH (sin alfalfa), que cubrió los requerimientos de los nutrimentos para conejos en la etapa de crecimiento, mediante el método determinístico de formulación de raciones de mínimo costo, Programación Lineal (dieta 1 del Cuadro 8).

Cuadro 8. Composición de las dietas experimentales.

Ingrediente	Dieta 1(%)	Dieta 2(%)	Dieta 3(%)	Dieta 4(%)	Dieta 5(%)
Paja tratada con NaOH	33.704	25.270	16.850	8.460	0.000
Alfalfa	0.000	8.460	16.850	25.270	33.704
Soya	27.439	27.439	27.439	27.439	27.439
Sorgo	27.645	27.645	27.645	27.645	27.645
DL-Metionina	0.161	0.161	0.161	0.161	0.161
Aceite Vegetal	3.996	3.996	3.996	3.996	3.996
Carbonato de calcio	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925
Ortofosfato de calcio	2.133	2.133	2.133	2.133	2.133
Sal	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Premezcla Vitamínica*	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Premezcla Mineral**	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Análisis calculado del aporte de nutrimentos de las dietas

Energía Digest. (Kcal)	2250.00	2334.80	2418.50	2503.00	2580.00
Proteína (%)	16.00	16.50	17.00	17.50	18.00
Lisina (%)	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98
Arginina (%)	1.16	1.18	1.20	1.23	1.25
Metionina (%)	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43
Metionina + cistina (%)	0.65	0.66	0.67	0.68	0.70
Fibra cruda (%)	15.00	14.10	13.30	12.40	11.80
Calcio (%)	0.90	0.91	0.92	0.93	0.95
Fósforo (%)	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
Min. fósforo mineral (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

*Aporte por kg de premezcla: Vit. A 4800 MUI (Miles de unidades internacionales), Vit. D₃ 1000 UI, Vit E 1200 UI, Vit. K₃ 0.8g, Tiamina 0.9g., Riboflavina 3 g., Piridoxina 1.4g., Vit. B₁₂ 8mg., Niacina 18g., ácido pantoténico 5 g., Biotina 50 mg., antioxidante 10 g.

** Aporte por kg de premezcla: Hierro 110g., Zinc 50g, Manganeseo 110 g, cobre 2 g, Yodo 0.3g, Selenio 0.1 g, Cobalto 0.2g, y excipiente cbp 1000 g.

Para las cuatro dietas restantes únicamente se varió el nivel paja tratada y de alfalfa; los niveles de inclusión de los demás ingredientes fueron iguales (Cuadro 8).

Las dietas experimentales fueron “peletizadas”. Las dimensiones del “pellet”, para todas las dietas fueron: 0.6 cm de diámetro y 1.4 – 2.3 cm de longitud.

4.4. Variables medidas

En el experimento las variables consideradas fueron:

a) Biológicas:

El consumo de alimento, la ganancia de peso y peso final, fueron medidos semanalmente. Con los datos obtenidos de estas variables se calculó la conversión alimenticia. También se evaluó la mortalidad por enteritis.

b) Económicas:

- Ingreso: Esta variable es el resultado de multiplicar el peso vivo del conejo, por el precio del kilogramo de conejo, el cual en este período fue de \$ 18.00 (Precio del día que se vendió el conejo)
- Egreso por concepto de alimentación: Esta variable es el resultado de multiplicar el consumo de alimento por el costo del kg de alimento (Cuadro 9).

Cuadro 9. Costos/Kg de alimento (pesos mexicanos) de cada uno de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Nivel de paja tratada NaOH (%)	Nivel de alfalfa (%)	Costo/Kg de dieta ¹
1	33.70	0.00	2.40
2	25.27	8.46	2.50
3	16.85	16.85	2.61
4	8.46	25.27	2.71
5	0.00	33.70	2.81

¹ Precios basados en el costo de los ingredientes en la fecha de elaboración de las dietas (Enero, 2000).

- Utilidades: Este rubro resulta de restar los ingresos menos egresos por concepto de alimentación.

Es importante señalar que en la variable egreso solo se tomó en cuenta el costo por alimentación, aunque existen muchos más gastos en la producción de conejos. Sin embargo; como solo se incurrió en gastos de alimentación, ya que no se ocupó mano de obra para tratar la paja (trabajo que se hizo personalmente) y dado que las instalaciones, agua, transporte, etc., son parte de “COCIMECAC”, no hubo gasto en estos rubros. Para estimar el costo de la paja tratada, se consideró el precio del kilogramo de paja de cebada más el costo de la cantidad de hidróxido de sodio por kg de paja. El análisis económico se realizó conjuntamente con el análisis de optimización.

4.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el procedimiento ANOVA del paquete de cómputo estadístico SAS (1982), de acuerdo a un diseño con 2 bloques completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones, con la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo nivel de paja tratada con NaOH en la variable respuesta.

β_j = Efecto del j-ésimo peso inicial de los conejos en la variable respuesta.

E_{ij} = Error aleatorio.

Las medias de tratamientos fueron comparadas por la prueba de Tukey con nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Para la variable mortalidad previamente se realizó la transformación de los datos a medias angulares de arco seno, siguiendo los procedimientos del mismo paquete de cómputo (Anexo 1).

4.6. Estimación de parámetros de los modelos de regresión

Con los datos obtenidos del ensayo de crecimiento por semana (Edad), se estimaron los parámetros de tres modelos de regresión lineal para predecir las respuestas en peso final (PFIN), consumo de alimento (CA), ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (CONVAL) a partir del nivel de paja tratada en la dieta, y se registro el cuadrado medio del error, para después seleccionar el mejor modelo de predicción para el peso final. Los modelos usados fueron los siguientes: **1) Lineal** (Steel y Torrie, 1985): **PFIN,CA,GP,CONVAL** = $\beta_0 + \beta_1 * \text{edad} + \beta_2 * \text{bloque} + \beta_3 * \text{NP} + \text{Error}$; **2) Cuadrático** (Steel y Torrie, 1985): **PFIN,CA,GP,CONVAL** = $\beta_0 + \beta_1 * \text{edad} + \beta_2 * \text{bloque} + \beta_3 * \text{NP} + \beta_4 * \text{NP}^2 + \text{Error}$; **3) Cubico** (Steel y Torrie, 1985): **PFIN,CA,GP,CONVAL** = $\beta_0 + \beta_1 * \text{edad} + \beta_2 * \text{bloque} + \beta_3 * \text{NP} + \beta_4 * \text{NP}^2 + \beta_5 * \text{NP}^3 + \text{Error}$

Donde:

$\beta_0, \beta_1, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ son los parámetros a estimar, **bloque** corresponde al peso inicial de los conejos. **NP** es el nivel de paja tratada en dieta.

Los programas de SAS utilizados para estimar los parámetros de los modelos se encuentran en el Anexo 2. Es importante aclarar que la estimación de parámetros y la selección de modelos de regresión fueron realizados simultáneamente.

4.7. Selección del modelo de regresión

Dado que lo que se busca es predecir con la mayor precisión posible las variables respuesta, el criterio para elegir el mejor modelo fue la magnitud de los cuadrados medios del error (CME). El mejor modelo de predicción fue el que presentó el valor más pequeño del CME obtenido al momento de hacer la estimación de los parámetros.

4.8. Construcción del modelo econométrico

Se construyeron dos modelos econométricos, uno para estimar el nivel óptimo biológico y otro para el nivel óptimo económico de paja tratada con NaOH, con el propósito de maximizar la ganancia de peso y las utilidades respectivamente, esto con base a dos conceptos principalmente, la función objetivo y las restricciones.

4.8.1. Modelo para estimar el (NOB) de paja tratada con NaOH

Se realizó por dos métodos, derivando la siguiente ecuación:

$$P. \text{ Final} = \beta_0 * 1 + \beta_1 * \text{Edad} + \beta_2 * \text{Bloque} + \beta_3 \text{NP}^1 + \beta_4 * \text{NP}^2 + \beta_5 * \text{NP}^3$$
 (Anexo 3) y el de optimización del modelo econométrico.

Función Objetivo:

0) Peso final (PF)

Max. PF = $f(\text{edad, bloque, NP})$

Restricciones:

1) Límite superior de Paja Tratada: ≤ 0.33704

Condición:

$x: \geq 0$; esta ecuación representa las condiciones de no negatividad, o sea, la inclusión de paja tratada con NaOH a niveles superiores o iguales a cero.

En donde:

PF: Peso final

NP: Nivel de paja tratada

$$f: PF = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \text{Error}$$

4.8.2. Modelo para estimar el NOE de paja tratada de NaOH

Función Objetivo:

0) Utilidad (U):

$$\text{Max } U = \$C * PF - \$D * CAC$$

Restricciones:

1) $CAC = f(PT)$

2) $PF = g(PT)$

3) $Ax = b$

Condición:

$x: \geq 0$; esta ecuación representa las condiciones de no negatividad, o sea, la inclusión de paja tratada con NaOH a niveles superiores o iguales a cero.

Donde:

\$C: Precio del conejo en pie

Peso F: Peso final del conejo

CAC: Consumo acumulado de alimento

\$D: Precio de la dieta

A: Costos y aportes de nutrimentos de los ingredientes (X_i)

x: Ingredientes y otras variables endógenas del sistema.

b: Requerimientos de nutrimentos

La solución al modelo econométrico para maximizar el peso final y las utilidades se realizó con el optimizador (Solver) de Excel 97®, el cual simula y optimiza la función objetivo.

4.10. Análisis de sensibilidad

Se realizó al variar los precios del kilogramo la paja tratada con NaOH y del Kg de conejo en pie (10, 20, 30% superior e inferior al precio normal). Y así determinar el impacto en el costo de la dieta y los NOE.

4.11. Comparación del NOB y NOE de paja tratada en dietas para conejos en crecimiento

Las hipótesis de desigualdad de los NOB y NOE de paja tratada en la dieta se probó a través de compararlos mutuamente.

V. RESULTADOS

5.1 Estimación del porcentaje adecuado de hidróxido de sodio por kilogramo de paja

La Fibra Detergente Neutro (FDN) de la paja de cebada tratada con diferentes concentraciones de NaOH (Cuadro 10) disminuyó de 92% en la paja sin tratar a 61% cuando se trato con 10% de NaOH. Se observa que conforme aumentó la concentración de NaOH de 0 a 10%, el contenido de FDN disminuyó sustancialmente, pero a concentraciones superiores al 10%, el NaOH ya no afecta el contenido de FDN (Fig.2). Por lo anterior, se consideró que la concentración adecuada de NaOH para incrementar la digestibilidad de la fibra de la paja de cebada fue al 10%.

Cuadro 10. Contenido de fibra detergente neutro en la paja de cebada tratada con NaOH a diferentes concentraciones

	0%	4%	8%	10%	20%
FDN	91.95	78.80	69.80	61.3	61.2

FDN: Fibra detergente Neutro

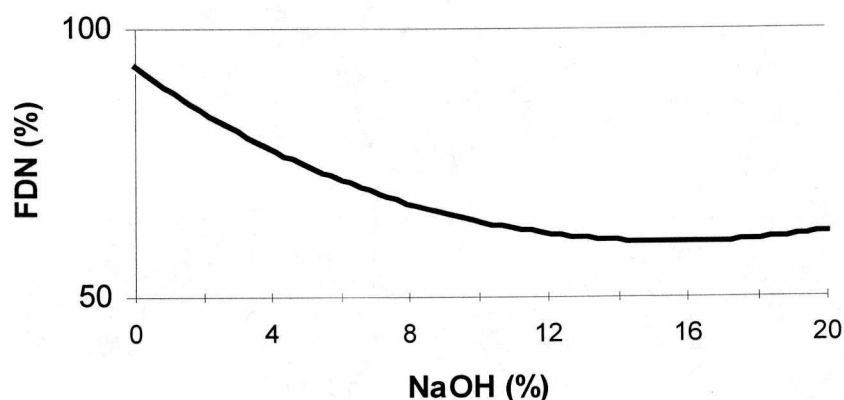


Figura 2. Contenido de fibra detergente neutro (FDN) en la paja de cebada tratada con NaOH a diferentes concentración.

5.2 Ensayo de crecimiento

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 4) y la comparación de medias de toda la etapa de engorda (Cuadro 11), muestran diferencias ($P < 0.05$) en consumo de alimento y conversión alimenticia; en ambos casos el tratamiento uno, que corresponde al nivel más alto de paja tratada con NaOH (33.704 %), fue menor que los cuatro tratamientos restantes. Con respecto a la ganancia de peso y el peso final de los conejos los cinco tratamientos fueron similares ($P < 0.05$). Es importante resaltar que existe una tendencia numérica en la cual los tratamientos cuatro y tres superan a los tratamientos dos y cinco que presentaron los valores más bajos; además, cabe destacar que los errores estándar de los tratamientos en cada variable fueron muy grandes y no similares entre ellos.

Cuadro 11. Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda (42 días de duración).

Trat.	Consumo Total de alimento (g)		Ganancia Total de peso(g)		Conversión alimenticia		Peso Final (g)	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	3552.7a	70.42	1418.4a	45.02	2.51a	0.45	2061.11a	62.765
2	4046.6a	161.11	1345.4a	104.59	3.34b	0.26	1853.19a	132.925
3	4339.7b	213.59	1428.9a	72.64	3.03b	0.42	2072.71a	111.807
4	4390.9b	291.48	1482.6a	69.83	2.95b	0.12	2130.21a	115.519
5	4006.2b	148.70	1324.7a	58.22	3.04b	0.13	1968.24a	95.614

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

En el Cuadro 12, se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias, considerando el peso inicial de los conejos (Bloques) para toda la etapa de engorda; en el cual no se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre bloques en consumo de alimento; ganancia de peso y conversión alimenticia; sin embargo, el peso final de los

conejos pertenecientes al bloque dos (peso inicial de 651-800g.) es mayor ($P<0.05$) que el de los conejos del bloque uno (peso inicial de 350-650g).

Cuadro 12. Comportamiento productivo de conejos en la etapa de engorda (42 días de duración), considerando el peso inicial de los conejos

Bloque	Peso inicial (g)	Consumo total de alimento (g)		Ganancia total de peso (g)		Conversión alimenticia		Peso Final (g)	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	350-650	3958.1a	107.24	1366a	51.10	2.93a	0.124	1905.01a	62.022
2	651-800	4176.0a	160.73	1395a	46.69	3.01a	0.123	2129.17b	58.374

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P<0.05$)

EE= Error estándar

En los Cuadros 13 y 14 se presentan el consumo de alimento (g) y la ganancia diaria de peso semanal. En consumo el tratamiento con el nivel más alto de paja tratada presentó menor ($P<0.05$) consumo en la primera y segunda semana; para el resto de las semanas se siguió la misma tendencia pero sin diferencias estadísticas entre tratamientos. En ganancia de peso semanal, no se observó diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo, en las semanas tres, cuatro y seis el tratamiento uno tuvo mayor ganancia que los demás tratamientos. Respecto a la conversión alimenticia en las seis semanas el tratamiento uno obtuvo el menor ($P<0.05$) valor entre tratamientos (Cuadro 15). Para peso final en todas las semanas, los tratamientos cuatro, tres y uno son los mayores valores aunque sin diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos (Cuadro 16). Con base en los análisis estadísticos presentados anteriormente, se puede decir que la sustitución de paja de cebada tratada con NaOH por alfalfa no afecta negativamente el comportamiento productivo de conejos durante la engorda.

Las medias de consumo de alimento por semana, considerando el peso inicial de los conejos (Cuadro 17) fue menor ($P<0.05$) para el bloque uno (350-650 g.) en todas las

semanas a excepción de la cuarta semana en la que fueron similares, aunque con la misma tendencia a ser mayor en el bloque dos (651-800 g.). La ganancia de peso en la primera, segunda y cuarta semana fue similar ($P<0.05$) en los dos bloques (Cuadro 18), pero en la tercera, quinta y sexta semana el bloque uno fue mayor ($P<0.05$). Mientras que para conversión alimenticia (Cuadro 19), las dos últimas semanas el bloque uno presentó menor conversión ($P<0.05$) que el bloque dos. Para peso final los conejos pertenecientes al bloque dos presentaron los menores ($P<0.05$) pesos en las seis semanas de duración de la etapa de engorda. Por lo anterior, el peso inicial de los conejos (peso al destete), afecta el comportamiento productivo del conejo posteriormente en la etapa de engorda.

Cuadro 13. Consumo de alimento (g) semanal de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda

Trat	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	49.36 ^a	2.22	72.29 ^a	4.25	92.52 ^a	1.60	98.74 ^a	4.05	91.36 ^a	9.34	103.24 ^a	9.68
2	67.15 ^b	4.13	93.83 ^b	3.00	104.64 ^a	7.99	102.36 ^a	10.47	103.02 ^a	15.89	107.08 ^a	13.95
3	73.89 ^b	5.28	97.07 ^b	5.01	112.54 ^a	5.43	107.67 ^a	8.18	114.63 ^a	16.12	114.15 ^a	20.12
4	76.09 ^b	5.25	97.75 ^b	1.87	104.80 ^a	4.17	113.84 ^a	9.67	101.91 ^a	15.82	132.87 ^a	16.86
5	77.48 ^b	1.62	98.28 ^b	5.60	109.63 ^a	10.93	97.26 ^a	5.40	83.81 ^a	14.95	105.84 ^a	19.69

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 14. Ganancia diaria de peso (g) por semana de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda

Trat	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	35.49 ^a	3.20	33.00 ^a	2.87	37.36 ^a	1.60	32.99 ^a	1.75	25.90 ^a	3.10	36.67 ^a	4.30
2	40.01 ^a	2.54	30.98 ^a	1.48	34.87 ^a	3.74	27.44 ^a	3.40	27.19 ^a	4.68	29.25 ^a	4.99
3	42.85 ^a	3.69	32.75 ^a	3.16	35.17 ^a	3.35	28.15 ^a	2.32	30.39 ^a	4.96	31.20 ^a	6.79
4	45.90 ^a	4.45	32.00 ^a	1.20	30.22 ^a	2.66	31.64 ^a	2.74	27.77 ^a	5.19	36.64 ^a	5.72
5	39.73 ^a	1.85	30.84 ^a	3.06	32.70 ^a	4.89	24.44 ^a	1.37	21.00 ^a	4.42	31.94 ^a	7.98

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 15. Conversión alimenticia por semana de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda

Trat	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	1.42 ^a	0.07	2.21 ^a	0.09	2.49 ^a	0.10	3.00 ^a	0.04	3.57 ^a	0.12	2.89 ^a	0.15
2	1.68 ^b	1.04	3.04 ^b	0.10	3.08 ^b	0.17	3.77 ^b	0.11	3.82 ^b	0.10	3.79 ^b	0.18
3	1.73 ^b	0.04	3.04 ^b	0.17	3.27 ^b	0.16	3.83 ^b	0.06	3.87 ^b	0.15	3.91 ^b	0.24
4	1.68 ^b	0.08	3.07 ^b	0.10	3.52 ^b	0.17	3.60 ^b	0.06	3.86 ^b	0.20	3.78 ^b	0.22
5	1.98 ^b	0.14	3.26 ^b	0.17	3.49 ^b	0.19	3.97 ^b	0.00	4.19 ^b	0.22	3.53 ^b	0.29

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 16. Peso final (g) semanal de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada con NaOH durante la etapa de engorda

Trat	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	891.13 ^a	57.1	1123.6 ^a	51.6	1392.0 ^a	58.9	1623.0 ^a	65.6	1804.4 ^a	80.6	2061.1 ^a	62.7
2	920.46 ^a	71.6	1137.3 ^a	80.0	1391.4 ^a	92.4	1578.8 ^a	108.3	1777.2 ^a	135.4	1853.2 ^a	132.9
3	942.00 ^a	76.8	1179.5 ^a	82.7	1430.7 ^a	98.5	1641.4 ^a	105.9	1854.3 ^a	134.8	1994.8 ^a	179.0
4	986.90 ^a	75.8	1210.5 ^a	74.0	1433.4 ^a	87.8	1665.5 ^a	84.0	1872.0 ^a	114.9	2130.2 ^a	115.5
5	921.67 ^a	44.5	1146.0 ^a	58.5	1398.2 ^a	85.3	1331.0 ^a	253.2	1741.8 ^a	106.9	1968.2 ^a	95.6

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 17. Consumo de alimento (g) semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos

Bloque	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	63.49 ^a	3.04	88.48 ^a	3.42	94.81 ^a	3.51	102.55 ^a	5.45	77.6 ^a	8.14	138.46 ^a	5.57
2	74.10 ^b	3.66	95.20 ^b	3.61	114.84 ^b	3.64	105.39 ^a	4.51	120.2 ^b	6.20	86.80 ^b	9.27

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 18. Ganancia diaria de peso (g) semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos

Bloque	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	38.56 ^a	1.84	31.36 ^a	1.86	29.63 ^a	1.72	28.89 ^a	1.95	19.91 ^a	2.58	23.75 ^a	2.39
2	43.04 ^a	2.29	32.48 ^a	1.03	38.49 ^b	1.78	28.98 ^a	1.31	32.99 ^b	1.80	43.02 ^b	2.86

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 19. Conversión alimenticia semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos

Bloque	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	1.65 ^a	0.05	2.91 ^a	0.14	3.30 ^a	0.14	3.62 ^a	0.10	4.06 ^a	0.11	3.27 ^a	0.11
2	1.74 ^a	0.08	2.94 ^a	0.10	3.04 ^a	0.12	3.66 ^a	0.09	3.66 ^b	0.09	3.89 ^b	0.16

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

Cuadro 20. Peso final (g) semanal en la etapa de engorda, considerando el peso inicial de los conejos

Bloque	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
1	808.16 ^a	26.357	1031.1 ^a	28.91	1256.6 ^a	27.6	1368.1 ^a	97.6	1606.8 ^a	52.3	1873.8 ^a	79.8
2	1056.70 ^b	19.787	1287.6 ^b	22.43	1561.6 ^b	34.8	1767.6 ^b	34.8	2013.0 ^b	36.9	2129.1 ^b	58.3

Medias con la misma literal en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

EE= Error estándar

5.2.1. Mortalidad

En el Cuadro 21 se presenta la mortalidad durante toda la etapa de engorda, considerando el nivel de paja tratada en dieta; el tratamiento uno el cual contiene el mayor nivel de paja tratada presentó el menor ($P<0.05$) porcentaje con respecto al tratamiento cinco que no contiene paja tratada con NaOH; para el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas entre ellos. Del total de mortalidad durante la etapa de engorda (17.33) solamente el 3.3% fue ocasionado por enteritis y el 14% restante fue causado por problemas respiratorios. Por lo tanto, la sustitución de paja tratada por alfalfa no afecta el funcionamiento digestivo normal del conejo.

Cuadro 21. Mortalidad de conejos en engorda alimentados con diferente nivel de paja tratada en la dieta.

Trat.	No. de conejos muertos	%	Causas
1	2	6.6 a	2 por problemas respiratorios.
2	4	13.3 ab	4 por problemas respiratorios.
3	4	13.3 ab	4 por problemas respiratorios.
4	4	13.3 ab	3 por problemas respiratorios; 1 por enteritis.
5	10	33.3 b	6 por problemas respiratorios; 4 por enteritis.
Total	24	17.33	19 por problemas respiratorios; 5 por enteritis.

Medias con las mismas literales en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P<0.05$)

Cuando se analiza la mortalidad considerando el bloque (peso inicial de los conejos), no se encontraron diferencias ($P<0.05$) entre bloques (Cuadro 22). Por lo anterior se considera que el peso al destete no fue un factor determinante en la mortalidad de los conejos durante la engorda.

Cuadro 22. Mortalidad de conejos en engorda, considerando su peso inicial (bloque).

Bloque	No. conejos muertos	%	Causas
1 (350-650g.)	14	9.3 a	11 por problemas respiratorios y 3 por enteritis.
2 (651-800g.)	12	8.0 a	10 por problemas respiratorios; 2 por enteritis.
Total	26	17.3	21 por problemas respiratorios; 5 por enteritis.

Medias con las mismas literales en la columna, indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$)

5.3. Selección de los modelos de regresión

En el Cuadro 23 se presentan los cuadrados medios del error de los modelos de regresión usados para la selección del modelo de regresión de las variables, el que presentó el menor cuadrado medio del error y que por lo tanto se ajusta mejor a los datos para predecir peso final y ganancia de peso fue el cúbico, para consumo de alimento el cuadrático y para conversión alimenticia el lineal.

Cuadro 23. Cuadrados medios del error de modelos de regresión lineal, para la selección de los modelos mas precisos.

Variables	Modelos de regresión lineal		
	Lineal	Cuadrático	Cúbico
Consumo de alimento	107305.750	93868.960	94395.780
Ganancia de peso	15335.920	15145.850	14553.800
Conversión alimenticia	0.045	0.048	0.052
Peso final	36072.380	35881.430	34156.700

Los pesos finales reales y el estimado (predicho) se muestran en las figuras 2 y 3.

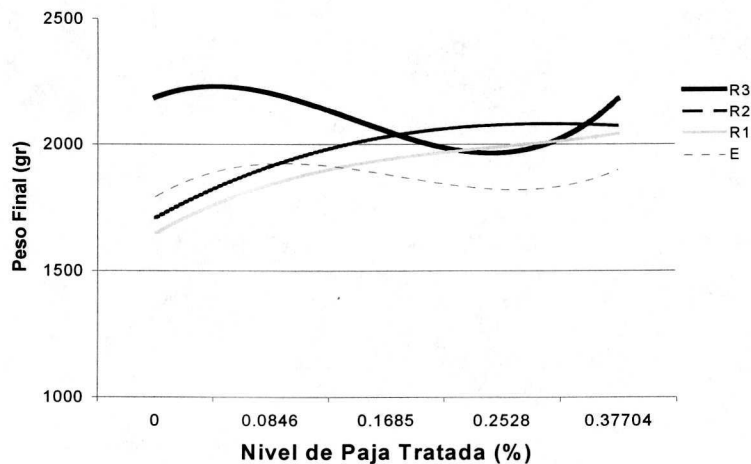


Figura 3. Peso final Real (R) y Estimado (E) con el modelo cúbico, en conejos en engorda a los 72 días, para Bloque 1.

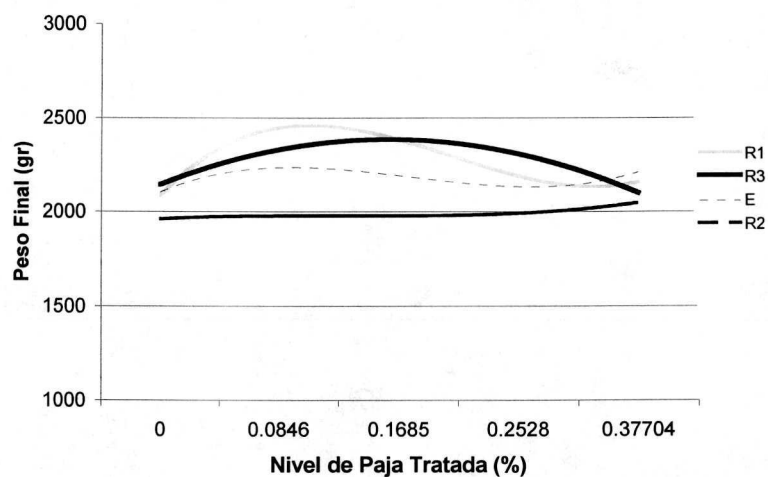


Figura 4. Peso final Real (R) y Estimado (E) con el modelo cúbico, en conejos en engorda a los 72 días, para Bloque 2.

5.4. Parámetros de los modelos de regresión seleccionados

El análisis de regresión detectó efectos altamente significativos ($P < 0.01$) en edad, bloque (peso inicial) y el nivel de paja; para consumo de alimento y peso final. Para

conversión alimenticia se encontró una respuesta similar, pero no hubo efecto altamente significativo de bloque (Cuadro 24).

Cuadro 24. Análisis de regresión para consumo de alimento, conversión alimenticia y peso final.

Parámetro	Consumo de alimento			Conversión alimenticia			Peso Final		
	Estimador		EE	Estimador		EE	Estimador		EE
Intercepto	-3789.741	**	137.346	0.7558	**	0.0999	-745.001	**	82.883
Edad	96.430	**	1.795	0.0331	**	0.0013	28.177	**	1.0920
Bloque	186.362	**	45.673	0.0188	NS	0.0343	312.629	**	27.552
Nivel Paja	1887.770	**	627.4330	-1.59422	**	0.1388	2896.915	**	839.217
(Nivel Paja) ²	-8661.571	**	1692.392				-19541.514	**	5856.092
(Nivel Paja) ³							33431.382	**	10659.407
R ²	0.943661			0.805273			0.827768		

EE= Error estándar ** Altamente significativo (p<0.01) NS No significativo.

5.5. Cálculo del nivel óptimo biológico (NOB) de paja tratada con NaOH en la dieta

A partir de los estimadores obtenidos del modelo, se calculó el NOB de paja tratada con NaOH para maximizar peso final de los conejos en crecimiento, por el método de la derivada (0.099557) fue igual al calculado por Excel. (Cuadro 25).

Cuadro 25. Solución óptima de (solver) Excel para los bloques 1 y 2, que maximizan el peso final (NOB), de conejos en engorda.

	Bloque 1	Bloque 2
Máximo peso final (g)	1921.34436	2233.97421
NOB de paja tratada	0.0995	0.0995
Inclusión óptima de ingredientes en la dieta		
Alfalfa	0.23748	0.23748
Soya	0.22639	0.22639
Sorgo	0.33762	0.33762
HCL-Lis	0.02634	0.02634
DL-Met.	0.00172	0.00172
Carbonato de Ca	0.00949	0.00949
Ortofosfato	0.02137	0.02137
Sal	0.00500	0.00500
Premezcla vitamínica	0.02500	0.02500
Premezcla mineral	0.01000	0.01000

5.6. Cálculo del nivel óptimo económico (NOE) de paja tratada con NaOH en la dieta

El NOE de paja tratada con NaOH para la engorda de conejos fue de 0.09908 (Cuadro26) muy cercano, pero no igual al valor del NOB para maximizar peso vivo. Por consiguiente, el NOB y el NOE no coinciden.

Cuadro 26. Solución óptima de (solver) Excel para los bloques 1 y 2, que maximizan las utilidades (NOE), en conejos en engorda.

	Bloque 1	Bloque 2
Máximas utilidades	24.754	29.946
NOE de paja tratada	0.09908	0.09908
Inclusión óptima de ingredientes en la dieta		
Alfalfa	0.23795	0.23795
Soya	0.21723	0.21723
Sorgo	0.38672	0.38672
DL-Met.	0.00176	0.00176
Carbonato de Ca	0.01390	0.01390
Ortofosfato	0.02133	0.02133
Sal	0.00500	0.00500
Premezcla vitamínica	0.02500	0.02500
Premezcla mineral	0.01000	0.01000

5.7. Análisis de sensibilidad a través de la variación de parámetros

El análisis de sensibilidad realizado (Cuadros 27 y 28) muestra que el NOE de paja tratada con NaOH es sensible a la variación del precio del conejo (de 0.005 a 0.12%) y de la paja tratada (0.15 a 0.47%); Por lo tanto, el NOE depende de la variación que pueda existir en el precio del conejo y de la paja tratada con NaOH.

Cuadro 27. Análisis paramétrico de la variación del precio del conejo en pie en el NOE de la paja tratada con NaOH en la dieta

Variación del precio (%)	Precio del kg de conejo en pie (\$)	de NOE de paja de cebada tratada	Costo por kg de dieta (\$)	Utilidades \$/conejo
+ 30%	23.40	0.09919	2.339	35.130
+ 20%	21.60	0.09916	2.339	31.671
+ 10%	19.80	0.09912	2.339	28.213
0%	18.00	0.09908	2.339	24.754
- 10%	16.20	0.09903	2.339	21.296
- 20%	14.40	0.09896	2.239	17.830
- 30%	12.60	0.09888	2.239	14.379

Cuadro 28. Análisis paramétrico de la variación del precio del kg de paja tratada en NOE de dicho ingrediente en la dieta de conejos en crecimiento

Variación del precio (%)	Precio del kg de paja tratada (\$)	de NOE de paja de cebada tratada	Costo por kg de dieta (\$)	Utilidades \$/conejo
+ 30%	1.56	0.09459	2.377	24.608
+ 20%	1.44	0.09606	2.365	24.656
+ 10%	1.32	0.09756	2.352	24.705
0%	1.20	0.09908	2.339	24.754
- 10%	1.08	0.10064	2.325	24.805
- 20%	0.96	0.10227	2.311	24.856
- 30%	0.84	0.10384	2.297	24.808

5.8. Comparación de niveles óptimos biológicos y económicos de paja tratada

La asignación del nivel de paja tratada con NaOH, depende del objetivo de optimización en la formulación de dietas (Cuadro 29 y 30). El bloque (peso inicial de los conejos) no afecta dicho nivel de asignación. Sin embargo, si influye en las variables, peso final (PF), conversión alimenticia (CA) y en las utilidades del productor.

Cuadro 29. Comparación de resultados de optimización en la asignación de paja tratada con NaOH en dietas para conejos en crecimiento (bloque uno).

Objetivo	Nivel de paja tratada (%)	Costo de la dieta \$/kg.	Peso vivo (g)	Conversión alimenticia	Utilidades \$/conejo
Mín. costo ¹	0.19898	2.241	1859.725	3.07	23.632
Máximo PF ²	0.09955	2.910	1921.344	3.23	22.351
Mínima CA ²	0.33704	2.401	1830.142	2.85	21.772
Max. utilidad ²	0.09908	2.339	1921.342	3.23	24.754

Nota: El nivel de paja tratada se complementa con el nivel de alfalfa hasta 0.33704 kgs. por dieta.

1 Resuelto por programación lineal.

2 Resuelto por programación no lineal.

Cuadro 30. Comparación de resultados de optimización en la asignación de paja tratada con NaOH en dietas para conejos en crecimiento (bloque dos)

Objetivo	Nivel de paja tratada (%)	Costo de la dieta (\$/kg)	Peso vivo (g)	Conversión alimenticia	Utilidades \$/conejo
Mín. costo ¹	0.19898	2.241	2172.357	3.09	28.842
Máximo PV ²	0.09955	2.910	2233.974	3.25	27.435
Mínima CA ²	0.33704	2.401	2142.771	2.87	26.951
Max.utilidad ²	0.09908	2.339	2233.972	3.25	29.946

Nota: El nivel de paja tratada se complementa con el nivel de alfalfa hasta 0.33704 kgs. por dieta.

1 Resuelto por programación lineal.

2 Resuelto por programación no lineal.

VI. DISCUSION

6.1 Ensayo de crecimiento

El consumo de alimento promedio estimado para los cinco tratamientos fue menor que lo obtenido por Mercier *et al.* (1980), quienes reportan consumos de 115 a 130 g/día; además, el tratamiento uno que fue el nivel más alto de paja tratada fue menor ($P>0.05$) que los cuatro tratamientos restantes. Esto no puede ser atribuido a la concentración energética de las dietas, ya que en ambos estudios la cantidad de energía digestible de las dietas fue entre 2250 y 2500 kcal/kg de alimento; lo cual coincide con lo señalado por Lebas (1975), quien estudió el comportamiento de conejos en crecimiento, alimentados con diferente nivel de energía digestible (2258, 2552, 2888 y 3079 kcal /kg). Concluye que la energía ingerida varía poco y por lo tanto no afecta el consumo de alimento, cuando la concentración energética se encuentra entre 2250 y 2500 kcal/kg. Por lo anterior, el bajo consumo de alimento, es atribuido a la palatabilidad del alimento y, ya que en dicho tratamiento no se incluyo nada de alfalfa, el desperdicio de alimento fue 25% mayor que cuando se adiciono alfalfa. Lo cual coincide con los resultados obtenidos por De Blas *et al.* (1979), quienes encontraron menor consumo de alimento en el tratamiento que no contenía alfalfa y tenía el nivel más elevado de (15%) de paja tratada con NaOH. González y Piquer (1996) sugieren combinar las fuentes de fibra no convencionales (pajas, pulpas y cascarillas) poco palatables con alfalfa para mejorar el consumo.

La ganancia diaria de peso estimada para los cinco tratamientos coincide con los 30 a 40 g obtenidos por Lebas (1986) para dietas peletizadas. También es similar a lo

estimado por Partridge *et al.* (1984), quienes con niveles de 15, 30 y 45% de paja tratada con NaOH obtuvieron 31, 33.5 y 35.2 g. de ganancia diaria de peso. La menor ganancia de peso estimada para los diferentes niveles de incorporación de paja tratada con NaOH, (sin diferencias estadísticas significativas) fue para el tratamiento cinco (30.1g./Día) que no contiene paja tratada una repuesta similar fue obtenida por De Blas *et al.* (1979), quienes encontraron que la más baja ganancia (30.3g./Día) fue para el tratamiento con 0% de paja tratada. El beneficio de utilizar una fuente de fibra de digestible, como la paja de cebada tratada con NaOH, provoca que mayor producción de ácidos grasos volátiles ácidos volátiles (AGV), proteína microbiana y lípidos, que el conejo puede utilizar y así tener un crecimiento similar o superior al de la alfalfa.

La conversión alimenticia de los cinco tratamientos obtenida coincide con lo reportado por Lebas (1984) para dietas granuladas (2.62 a 3.9). El tratamiento uno fue el de menor conversión alimenticia (2.51), el cual es similar a lo obtenido por Mercier *et al.* (1980), quienes reportan 2.60 con el 30% de incorporación de paja tratada. En general la conversión alimenticia estimada en la presente investigación fue buena; esto se debe a que al incluir fibra de mayor digestibilidad (paja tratada), a pesar de que disminuye el consumo de alimento, se incrementa la digestibilidad de los demás nutrimentos y el rendimiento nutrimental de la ración con efectos benéficos en la eficiencia alimenticia (Bielanski *et al.* 1996).

El hecho de que no se encontraron diferencias significativas en algunas variables fue debido a la gran variabilidad genética, característica de los conejos híbridos. Las

razas seleccionadas para ganancia de peso y conversión alimenticia, muestran muy poca variabilidad, comparadas con los animales cruzados cuyas curvas de crecimiento y consumo de alimento, presentan un desarrollo irregular en la etapa de engorda. Koehl y Maribito (1995) citados por Maertens (1996).

Respecto al peso final estimado de los conejos a los 72 días de edad (semana 6) los cinco tratamientos son similares a lo señalado por Lebas *et al.* (1986), quienes mencionan que el conejo productor de carne, en condiciones intensivas alcanza su peso comercial a los 70 días de edad, con un peso promedio de 1.9 a 2.1 kg. Sin embargo, se observan diferencias en el peso final al considerar el bloque (peso inicial de los conejos). Rodríguez *et al.* (1981) citado por De blas (1989), mencionan que cuanto mayor es el peso al destete de los gazapos mayor es su crecimiento en la etapa de engorda. Lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio. De acuerdo con los autores antes mencionados, por cada 100g de incremento al destete, la velocidad de crecimiento media por etapa aumenta en 1.4 g/día. El menor peso final de animales con bajo peso inicial se debe a que no existe efecto de crecimiento compensatorio, ya que los gazapos de bajo peso al destete son animales que han recibido una menor cantidad de leche de la madre durante la lactancia y que por lo tanto son sometidos a una alimentación restringida desde el nacimiento y en general los efectos del crecimiento compensatorio sólo se manifiestan cuando la restricción tiene lugar después del destete. Por lo tanto gazapos más pesados presentan mayor peso final.

6.1.1. Mortalidad

La mortalidad total obtenida (17.3%) para la etapa de engorda y para cada uno de los cinco tratamientos fue superior a lo indicado por Cheke (1984), quien señala que no se debe superar el 5% de mortalidad para este período. Sin embargo, la causa más frecuente de las bajas fueron los problemas respiratorios (14%) y solo el 3.3% fueron causadas por enteritis, este último difiere de lo obtenido por Bielanski *et al.* (1996), quienes reportan 9% de mortalidad por problemas entericos. También es diferente al encontrado por Partridge *et al.* (1984), quienes señalan 26% de mortalidad por la misma causa. En general, la mortalidad causada por enteritis se encuentra dentro de los indicadores requeridos para la engorda y nos indica que la composición nutricional de las dietas no afectó el funcionamiento normal digestivo del conejo; ya que todas las dietas empleadas tenían la cantidad de fibra cruda adecuada para un óptimo crecimiento y la prevención de trastornos digestivos. Es importante mencionar que el tratamiento 5, que corresponde a la dieta a base de 100% de alfalfa, presenta el 80% del total de mortalidad de enteritis (durante la primera semana). Lo cual coincide con lo señalado por Gidenne (1996) , quien menciona que con dietas a base de pulpa de remolacha (fibra digestible) se estabiliza antes la flora cecal (a las 5 semanas de edad) que con respecto a una dieta con alfalfa (a las 7 semanas de edad).

La elevada mortalidad causada por problemas respiratorios se debe principalmente a las condiciones de alojamiento, ya que la galera donde se alojaron los conejos no tenía ambiente controlado y algunas ventanas de la puerta no tenían cristales.

6.2. Nivel óptimo biológico (NOB) de la paja tratada con NaOH

El NOB de paja tratada con NaOH para conejos en engorda (9.955%) se encuentra dentro del rango recomendado por De Blas (1989), quien sugiere que su inclusión en la dieta sea de 5–15%. La concentración de energía y fibra del NOB de paja tratada (2264 kcal DE/kg y 12.4% FC) difiere del NOB de energía y fibra (2200 kcal DE/kg y 14% FC); para conejos en crecimiento estimados por Serrano y Terrones (1995). Esto debido a los diferentes ingredientes utilizados, la digestibilidad de la fibra, presentación de las dietas (pellets, harina), condiciones ambientales y raza de los animales.

6.3. Nivel óptimo económico (NOE) de la paja tratada con NaOH

El NOE de paja tratada con NaOH (9.908%) puede ser diferente al NOB de dicho ingrediente. Este resultado coincide con lo que señala González (1994), quien menciona que el NOB de un nutrimento o ingrediente es diferente al NOE. Esto debido a la ley de rendimientos decrecientes, la cual menciona que más allá de cierto punto los aumentos en la cantidad de un insumo variable (paja tratada con NaOH) conducen a disminuciones en el producto marginal de ese insumo. Finalmente, la función de producción se vuelve cóncava, a medida que aumenta la cantidad de insumo variable. En la curva de producción existe un punto (NOE) en el cual al agregar una unidad del insumo variable, se obtiene cierto nivel de producción, sin embargo, es mayor la cantidad de dinero que se invierte en el insumo variable que la cantidad de dinero que se obtiene por el incremento en la producción. Generalmente, el NOE se encuentra antes del NOB en la curva de

producción (Gould y Lazear, 1994). Además, el NOB y el NOE estuvieron en función del peso final de los conejos.

6.4 Análisis de sensibilidad a través de variación de parámetros

El NOE es más sensible al cambio del precio de la paja tratada, que al cambio del precio del conejo. Esto debido el precio de la paja tratada afecta más el precio de la dieta. La utilidad (\$) es mucho más sensible al cambio del precio del conejo, esto debido al impacto directo del precio del conejo en las utilidades. Estos resultados coinciden con los de Orozco y González (1996), quienes al disminuir un 15% del precio del cerdo en pie o de la lisina sintética del precio normal, disminuyó el NOE de L-lisina de 1.32 a 0.72%. Sin embargo, no siempre el NOE de un ingrediente o nutrimento son sensibles a la variación del precio del animal en pie y del nutrimento o ingrediente. García (1998) menciona que esto se debe a los modelos utilizados en la predicción del consumo de alimento y ganancia de peso y al rango probado, con cambios de precios muy pequeños.

6.5. Comparación de niveles óptimos biológicos y económicos de la paja tratada

La formulación econométrica de máxima utilidad (FMU) arrojó \$1.122/conejo de utilidad extra comparada con la formulación de mínimo costo (FMC), aun cuando el costo de la dieta de la FMC es inferior en \$0.098 a la FMU; lo cual coincide con lo obtenido por García (1998) quien encontró \$2631.6 de utilidad extra para el caso de una empresa porcícola con 360 cerdos en crecimiento comparado con la formulación de mínimo costo (FMC). Esto debido a que al formular una dieta de Mínimo costo con las recomendaciones de los diferentes autores, para conejos en crecimiento, no garantiza

obtener el máximo peso vivo o la mínima conversión alimenticia, ni tampoco garantiza obtener la máxima utilidad. Cuando se quiere maximizar el peso vivo de los animales se obtienen 62g. extras con los modelos econométricos comparado con la FMC y cuando se quieren mejorar la conversión alimenticia los modelos econométricos muestran 0.22 unidades menos que con la FMC.

VII. CONCLUSIONES

La sustitución de alfalfa, por paja tratada con NaOH, no afectó negativamente la ganancia de peso y el peso final, mientras que mejora la conversión alimenticia y disminuye el consumo de alimento de conejos en crecimiento (28 a 72 días de edad).

La salud digestiva del conejo en crecimiento no se afectó negativamente por la sustitución de alfalfa por paja tratada con NaOH.

El nivel óptimo económico (9.955%) de paja tratada con NaOH no coincidió con el nivel óptimo biológico para maximar peso vivo (9.908%) o para minimizar conversión alimenticia (33.704%).

El nivel óptimo económico de paja tratada con NaOH fué sensible a la variación en el precio del kg de conejo en pie y de la paja tratada.

VIII. LITERATURA CITADA

- Ascencio, R. J.L. 1994. Engorda de corderos con diferentes niveles de paja de cebada. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- BANCOMEXT. 1999. Sistema de información Comercial de México (SICM), Bancomext. SECOFI. México, D.F.
- Bielanski, P., Niedzwiadek, S., Zajac, J. 1996. Parameters of fattening and slaughter performance of rabbits fed on mixtures containing untreated and treated straw, 6th. World Rabbit Congress. Toulouse. Vol. I pp. 101-104.
- Ceron, R. M. y Peña C. G. 1997. Evaluación técnico financiera de la producción de conejo de engorda. Tesis de Licenciatura. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Cheeke, P.R. 1984. Rabbit Nutrition and feeding: Recents advances and future perspectives. Appl, Rabbit Res. 12:31-37.
- Cheng, K.J., Stewart, C. S: and Costerton, J. W.1984. Electron microscopy of bacteria involved in the digestion of plant cell walls. Anim. Feed Sci. Technol. 10:93-120.
- Church, D.C. 1986. Livestock feeds and feeding. Second Edition. Published by Prentice-Hall. New Jersey. USA.
- Colín, M., Lebas, F. 1996. Rabbit meat production in the world. A proposal for every country. 6th. World Rabbit Congress. Toulouse. Vol. 3:P 223-228.
- Combe, J.B. Dinius, D.A. y Wheeler, W.E. 1989. Effect of alkali treatment on intake and digestion of barley straw by steers. J. Anim. Sci. 49:169-176.
- De Blas, J.C. Merino, I. Fraga, J. Gálvez, J. 1979. A note on the use hydroxide treated straw pellets diets for growing rabbits. Anim. Prod. 29(3), 427-430.
- De Blas, J.C. 1989. Alimentación del conejo. Segunda edición. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- De Blas, J. C. y Wisemman J. 1998. The Nutrition of the rabbit. Primera edición. Edit.CABI Publisihing.
- Devoré, G. y Muñoz, M.E. 1976. Química orgánica. 5ta. Reimpresión. México.
- Fraga, M. J., Pérez de Ayala, P., Carbaño, R. and De Blas, J. C. 1991. Effect of type of fiber on the rate of passage and the contribution of soft faeces to nutrient intake of finishing rabbit. J. Anim. Scie. 69:1566-1574.

- García, G.A. 1998. Niveles óptimos biológico y económico de L-lisina en dietas para cerdos en crecimiento. Tesis de Maestría en Producción Animal. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- García, J.M. Carbaño, R., Pérez-Alba, L., De Blas, J.C. 1996. Effect of fiber source on neutral detergent fiber digestion and caecal traits in rabbits. 6th. World Rabbit Congress. Toulouse. Vol. 1:P 175-178.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de Copen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres Offset Larios México. 227 pp.
- Gidenne, T. 1996. Nutritional and ontogenic factors affecting rabbit caeco-colic digestive physiology. 6th. World Rabbit Congress, Toulouse. Vol. 1:13-27.
- Gidenne, T. 2000. Recent advances in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements. A Review. World Rabbit Sci., Vol. 8 :23-32.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis 24. USDA. Agricultural Handbook 379. USDA, Washington, D.C.
- González, A. M.j. 1994. La formulación econométrica: Un beneficio para el productor. departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. pp. 25-27.
- González, M. G y Puiquer V. J. 1996. Diseño de programas alimenticios para conejos: aspectos teóricos y formulación práctica. Cunicultura 13:27-43.
- Gould, J. P. y E. P. Lazear. 1994. Teoría microeconómica. Tercera edición en español. De. Fondo de Cultura Económica. Mexico, D.F. 870 p.
- Gutiérrez, O.E. 1981. Efecto del tratamiento químico y la suplementación de cuatro nutrientes en la digestibilidad *in vitro* del rastrojo de maíz y la médula de caña. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx.
- Haro, A. E.H. 1987. Situación actual de la cunicultura en México. Seminario: Situación y perspectivas de la cunicultura en México. Texcoco, Méx.
- Huerta, B.M. 1988. Avances y aspectos prioritarios de la investigación en nutrición ovina en México. 1er. Congreso Nacional de Producción Ovina. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinos. P. 12-14.
- INEGI, 1991. Las unidades de producción rurales, VII censo agropecuario 1991.
- Klopfensteins, T.J. 1978. Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci. 46:841-848.

- Lebas, F. 1975 Influence de la teneur en energie de l' aliment sur les performances de croissance chez le lapin. Ann. Zootech.
- Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R. y De Rochambea, H. 1986. El conejo : cría y patología. FAO (Producción y Sanidad Animal). Italia.
- Lebas, F. 1984. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, Paris.
- Maertens, L. 1987. Nutrición cunicula Necesidades y estrategias de alimentación. Nutrición y Reproducción. Primer Congreso de Cunicultura de las Américas. Montecillo. Edo. De México.
- McDonald, P., Edwards R.A. y Greenhalgh. 1979. Nutrición animal. De. Acribia. 2ª. Ed.
- Mercier P. M., Seroux M. M. y Francak Y. M. 1980. Utilisation de la paille par le lapin a l'engraissement. II . World Rabbit Congr., Barcelona, España. Pp. 136-146.
- Neuman, A.L. 1989. Ganado vacuno para la producción de carne. Trad. Ma. G. C. Almada. Ed. Limusa. Méx.
- NRC, 1977. Nutrient requeriments of rabbits. 2º rev. De. The National Reserch Council. Washington.
- Ochoa, P.J. 1983. Patrones de fermentación y rendimiento en canal de borregos alimentados con rastrojo de maíz tratado con NaOH. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Orozco, M. R. y M. González A. 1996. Análisis y perspectivas de la formulación de dietas de máxima utilidad(\$) en la alimentación de cerdos. *In*: Memorias del seminario de actualización en nutrición porcina. Organizado por la UACH. 30 y 31 de mayo de 1996. Irapuato, Gto.
- Partridge, G.G., Radwan, M., Allan, S.J., and Fordyce, R. (1984). Use of treated straws in diets for growing rabbits. Proc. World Rabbit Congr., 3rd, Vol. 1, pp. 347-354.
- Quintero, R. E. 1999. Fertilización química y biológica en la producción forrajera de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Rueda, B. J.A. 1999. Producción de gas durante la fermentación *in vitro* de paja de cebada tratada con hidróxido de sodio por microorganismos cecales del conejo y ruminales.
- SAGAR; 1997. Anuario Estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I y II. México, D.F.

- SAS Institute. 1982. SAS User's Guide: Statistics. Edition North Carolina, USA.
- Schlolaut, M. 1982. La nutrición del conejo. Ed. Servicios de información. Dep. Nutrición Animal. Hoffman. La Roche. Basilea.
- Serrano, S. B. y Terrones F. H. 1995. Determinación de niveles óptimos biológicos y económicos, de energía y fibra en conejos en crecimiento. .). Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Sosa, M.V. 1982. Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia de borregos alimentados con rastrojo de maíz tratados con NaOH. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Ed. McGraw-Hill. México, D.F. 622 p.
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 1997. Boletín informativo mensual. UNA. No. 3. Abril de 1997. México, D.F.
- Velázquez, S.L. 1995. Comportamiento de rumiantes alimentados a base de subproductos lignocelulolísticos. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Programa de SAS para transformar datos porcentuales de mortalidad a medias angulares de arcoseno

```
DATA MORTESIS;
INPUT Y BLO TRA;
Y= ARSIN (SQRT (Y/100))*(180/3.1416);
CARDS;
...
...
...
;
PROC PRINT;
PROC ANOVA;
CLASSES BLO TRA;
MODEL Y=BLO TRA;
MEANS BLO TRA/TUKEY;
RUN;
```

Anexo 2. Programa de SAS para estimar los parámetros de los modelos de regresión de las variables

```
DATA TOTSEM;
INPUT EDAD TRAT BLO NIVPT NIVAL GANANCIA CONSUMO;
NP = NIVPT / 100 ;
CONVALAC = CONSUMO / GANANCIA ;
CARDS;
42  1  1  33.704  0  237  340.612601
.  .  .  .  .  .  .
49  1  1  33.704  0  439  775.395873
.  .  .  .  .  .  .
56  1  1  33.704  0  681.8  1386.25669
.  .  .  .  .  .  .
63  1  1  37.704  0  878  2017.142813
.  .  .  .  .  .  .
72  1  1  37.704  0  1012  2511.118059
.  .  .  .  .  .  .
79  1  1  37.704  0  1334  3940.33255
.  .  .  .  .  .  .
PROC MEANS DATA = TOTSEM ;
/* DATOS DE TODAS LAS EDADES Y BLOQUEADOS */
/* MODELO LINEAL */
PROC GLM DATA = TOTSEM;
MODEL GANANCIA CONSUMO CONVALAC = EDAD BLO NP;
/* MODELO CUADRATICO */
PROC GLM DATA = TOTSEM;
MODEL GANANCIA CONSUMO CONVALAC = EDAD BLO NP NP*NP;
/* MODELO CUBICO */
PROC GLM DATA = TOTSEM;
MODEL GANANCIA CONSUMO CONVALAC = EDAD BLO NP NP*NP NP*NP*NP;
RUN ;
```

Anexo 3. Método de la derivada para estimar el NOB de paja tratada en la dieta.

$$P. \text{ Final} = \beta_0 * 1 + \beta_1 * \text{Edad} + \beta_2 * \text{Bloque} + \beta_3 \text{NP}^1 + \beta_4 * \text{NP}^2 + \beta_5 * \text{NP}^3$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial P. \text{ Final}}{\partial \text{NP}} &= 1 * \beta_3 + 2 * \beta_4 * \text{NP} + 3 * \beta_5 * \text{NP}^2 = 0 \\ &= \beta_3 + 2\beta_4 \text{NP} + 3\beta_5 \text{NP}^2 = 0 \\ &\quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ &\quad c \quad +b \quad x \quad +a \quad x^2 \end{aligned}$$

Utilizando la formula:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

Donde:

$$a = 3\beta_5$$

$$b = 2\beta_4$$

$$c = \beta_3$$

$$x = \text{NP}$$

$$1) x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

sustituyendo en 1):

$$2) \text{NP} = \frac{-(2 * \beta_4) \pm \sqrt{(2 * \beta_4)^2 - 4(3 * \beta_5)(\beta_3)}}{2(3 * \beta_5)}$$

Donde:

$$B0 = -745.00107$$

$$B1 = 28.17729$$

$$B2 = 312.62985$$

$$B3 = 2896.91557$$

$$B4 = -19541.514$$

$$B5 = 33431.3823$$

$$\text{NP} = 0.09955708$$

$$\text{NP}^2 = 0.00991161$$

$$\text{NP}^3 = 0.00098677$$

Sustituyendo valores en 2)

$$\text{NP} = 0.09955708$$

Anexo 4. Análisis de varianza de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de conejos durante toda la etapa de engorda.

Cuadros de análisis de varianza de consumo de alimento

F. de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calc.	Pr > F
Modelo	5	3042167.76448115	608433.55289623	2.83	0.0378
Error	24	5153623.22429693	214734.30101237		
Total corregido	29	8195790.98877808			
R-cuadrada		C.V.	Root MSE	Media	
0.371187		11.39338	463.39432562	4067.22453987	

Fuente	GL	Aova SS	Cuadrado medio	F calc	Pr > F
TRA	4	2687288.55878049	671822.13969512	3.13	0.0332
BLO	1	354879.20570070	354879.20570070	1.65	0.2109

Cuadros del análisis de varianza de ganancia de peso

F. de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calc	Pr > F
Modelo	5	223319.62166664	44663.92433333	1.36	0.2747
Error	24	789151.34800002	32881.30616667		
Total corregido	29	1012470.96966666			
R-cuadrado		C.V.	Root MSE	Media	
0.220569		13.13426	181.33203293	1380.60333333	

Fuente	GL	Anova SS	Cuadrado medio	F calc	Pr > F
TRA	4	217095.94133332	54273.98533333	1.65	0.1943
BLO	1	6223.68033332	6223.68033332	0.19	0.6674

Cuadros del análisis de varianza de conversión alimenticia

F. de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
Model	5	2.22864465	0.44572893	3.33	0.0199
Error	24	3.20876266	0.13369844		
Corrected Total	29	5.43740731			
R-cuadrado		C.V.	Root MSE	Media	
0.409873		12.27580	0.36564798	2.97860898	

Fuente	GL	Anova SS	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
TRA	4	2.18194292	0.54548573	4.08	0.0116
BLO	1	0.04670173	0.04670173	0.35	0.5600

Anexo 5. Comportamiento productivo de conejos alimentados con diferente nivel de paja tratada en la dieta, durante la engorda

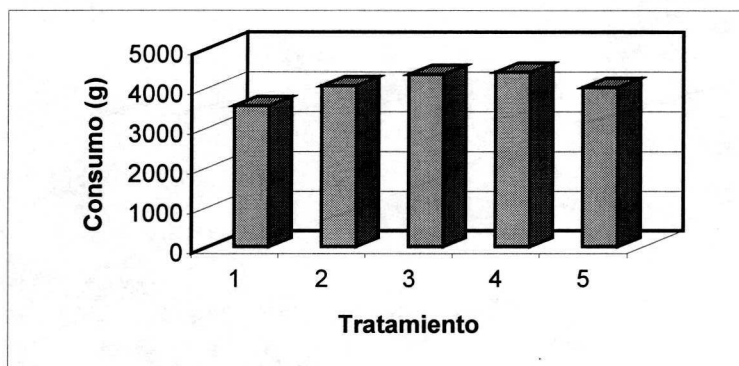


Figura 5 A. Consumo de alimento de diferente nivel de paja tratada de conejos en engorda.

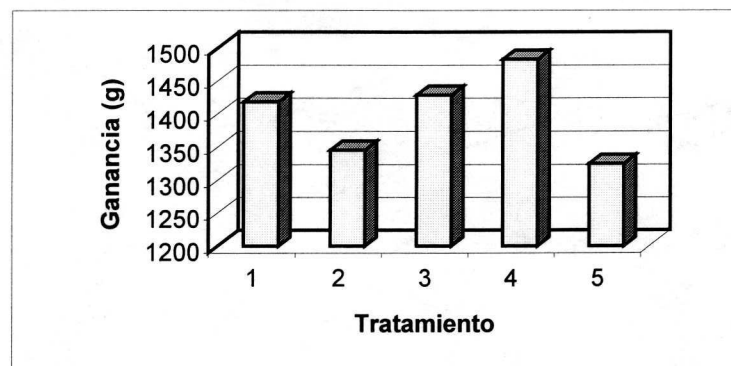


Figura 6 A. Ganancia de peso de conejos en engorda, alimentados con diferente nivel de paja tratada.

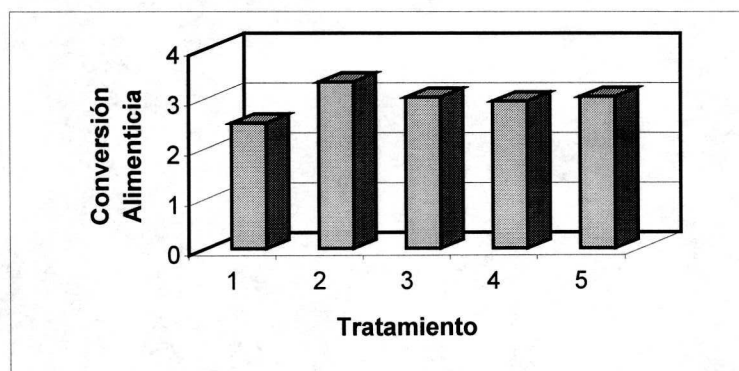


Figura 7 A. Conversión alimenticia de conejos en engorda, alimentados con diferente nivel de paja tratada.

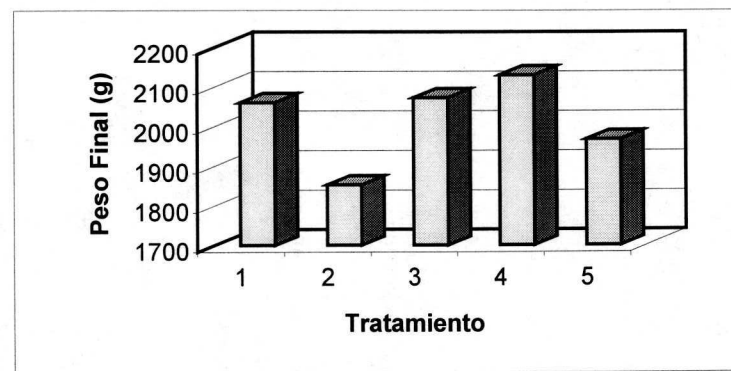


Figura 8 A. Peso final de conejos en engorda, alimentados con diferente nivel de paja tratada.

Anexo 6. Comportamiento productivo, considerando el peso inicial de los conejos.

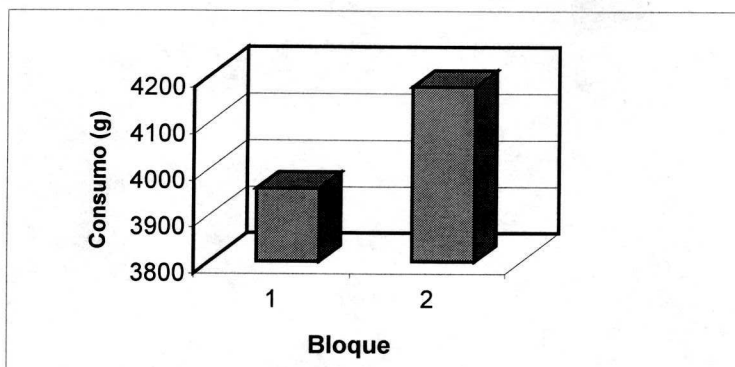


Figura 9 A. Consumo de alimento de conejos de diferente peso inicial.

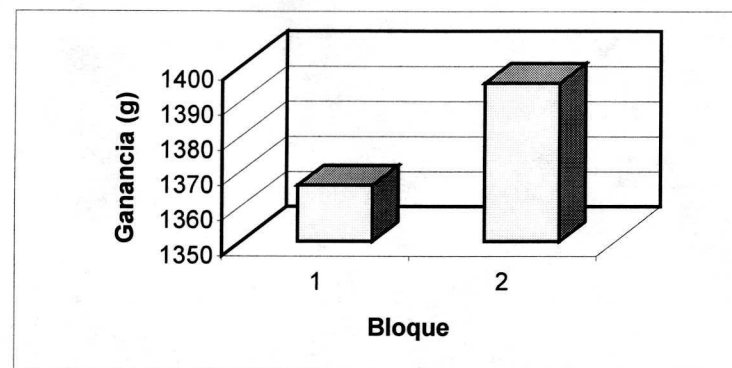


Figura 10 A. Ganancia de peso de conejos con diferente peso inicial.

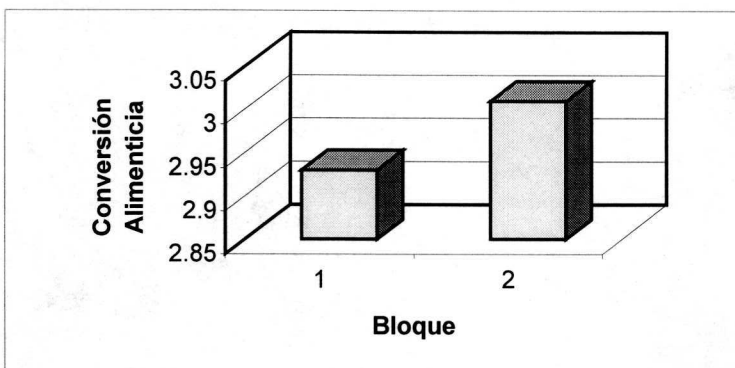


Figura 11 A. Conversión alimenticia de conejos con diferente peso inicial.

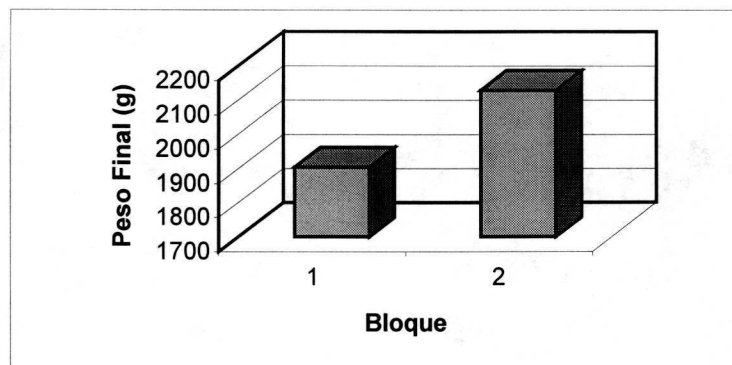


Figura 12 A. Peso final de conejos con diferente peso inicial.

